

Volume 7, No. 1 Juni 2018

p-ISSN : 2301-4652

e-ISSN : 2503-068X

Jurnal Ilmiah

SESTRUM

Sistem - kEndali - Tenaga - elektRonika - telekomUnikasi - koMputer



Jurusan Teknik Elektro
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

DEWAN REDAKSI**Pengarah****Dekan Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa**

Dr. Eng. A.Ali Alhamidi, S.T., M.T.

Penanggung Jawab**Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa**

Dr. Supriyanto, S.T., M.Sc.

Editor in Chief

Teguh Firmansyah, M.T., (SCOPUS ID: 54971241500 h-Index =5) Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Indonesia.

Reviewer

1. Dr. Supriyanto Praptodinoyo, (SCOPUS ID: 24802473100 h-Index =4) Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Indonesia.
2. Dr. Yus Rama Denny, (SCOPUS ID: 55262560100 h-Index =6) Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Indonesia
3. Dr. Wahyuni Martiningsih, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Indonesia., Indonesia
4. Dr. Romi Wiryadinata, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Indonesia
5. Dr. Alimuddin Alimuddin, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Indonesia.
6. Dr. Iman Santoso, M.Sc, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Indonesia.
7. Dr. Irma Saraswati, M.T. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Indonesia.
8. Muhammad Sadikin, M.T., (SCOPUS ID: 55611843800 h-Index =2) Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Indonesia
9. Teguh Firmansyah, M.T., (SCOPUS ID: 54971241500 h-Index =5) Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Indonesia
10. Imamul Muttakin, M.Sc., (SCOPUS ID: 36703129000 h-Index =4) Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Indonesia

Kesekretariatan :

1. Anggoro Suryo, M.Kom.
2. Hartono, S.T., M.T.
3. Rocky Alfanz, S.T., M.Sc.
4. Ri Munarto, Ir., M.Eng.
5. Siswo Wardoyo, S.T., M.Eng.
6. Suhendar, S.Pd., M.T.
7. Heri Haryanto, S.T., M.T.
8. Herudin, S.T., M.T.
9. Rian Fahrizal, S.T., M.Eng.
10. Muhammad Otong, S.T., M.T.
11. Yeni Apriyeni, A.Md.



DATA BIBLIOGRAFI

SETRUM merupakan jurnal ilmiah yang diterbitkan oleh Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa (UNTIRTA). Jurnal Ilmiah SETRUM adalah singkatan dari “**S**istem – **k**Endali – **T**enaga – **e**lekt**R**onika – **t**elekom**U**nikasi - **k**o**M**puter” yang merupakan 5 Bidang Keahlian yang ada di Jurusan Teknik UNTIRTA. SETRUM diterbitkan setiap 6 bulan sekali, pada **bulan Juni** dan **bulan Desember** setiap tahunnya dan terbit pertama kali pada bulan Juni 2012. SETRUM disajikan dalam Bahasa Indonesia dilengkapi dengan abstrak dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris.



DAFTAR ISI

Tinjauan Teoritis pada Pelaksanaan Prosedur Konstruksi Sistem Pembumian Model Grid di Gardu Induk Arief Goeritno	1-18
Implementasi Pengaturan Kelembaban Tanah Pembumian Berbasis Mikrokontroler Arduino Hikmatul Amri, Jefri Lianda	19-25
Identifikasi Osteoporosis Pada Vertebra Spinalis Menggunakan Metode Blended Statistical-Index Singh Wiyono Wiyono, Budi Nugroho, Noviana Prima, Teguh Firmansyah, Siswo Wardoyo	26-35
Detektor Sensor Sht11 Sebagai Monitoring Suhu Dan Kelembaban Ruang Berbasis Mikrokontroler Atmega16a Di-Smart Avr System Agus Herawan, Ahmad Fauzi	36-45
Perancangan dan Realisasi Alat Demonstrasi PC-based Control untuk Simulasi Keamanan Bangunan menggunakan Embedded PC Erwani Merry Sartika, Indra Maulidin, Tara Anggada Putra	46-59
Rancang Bangun Pemanfaatan Alternator Sepeda Motor Automatic Untuk Sistem Genset dan Sistem Backup Power Roman Lesmana, Romi Wiryadinata, Wahyuni Martiningsih	60-68
Analisis Pengereman dinamik pada Motor Induksi 3 Fasa dengan metode Injeksi Arus Searah dan Kapasitor Eksitasi Sendiri Fuzzy C-Means Clustering Ri Munarto, Bobby Rinaldi	69-78
Desain Kontrol Sistem Eksitasi Steam Turbine Generator (Stg) Pada Combine Cycle Power Plant 120 Mw Pt.Krakatau Daya Istrik Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Muhamad Otong, Ri Munarto, Dasep Iskandar	79-90
Eliminasi Arus Inrush Transformator Pada Beban Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Metode Pre-Insertion Resistor Wahyuni Martiningsih, Herudin Herudin, Ponco Windianto	91-98
Sistem Monitoring Meteorologi Menggunakan Mikrokontroler Berbasis Web Romi Wiryadinata, Andhika Raharja Mukti, Rian Fahrizal	99-106
Optimalisasi Metode Deteksi Wajah berbasis Pengolahan Citra untuk Aplikasi Identifikasi Wajah pada Presensi Digital Denny Hardiyanto, Dyah Anggun Sartika	107-116
Aplikasi Mobile Untuk Pencegahan Pencurian Kendaraan Menggunakan Protokol IEEE 802.11 Munaf Ismail, Jenny Putri Hapsari, Sri Artini Dwi Prasetyowati	117-126



-
- Filter Pasif Single Tuned LC sebagai Kompensator Harmonisa Pada Beban Listrik 127-135
Rumah Tangga Menggunakan Matlab Simulink
Totok Harianto, Yanu Shalahuddin, Diah Arie Widining K.
- Perancangan Antena Mikrostrip Frekuensi 2,6 GHz Metode Simulasi untuk Aplikasi 136-146
Ground Penetrating Radar (GPR)
Muhammad Darsono, Arlendo Talahatu Pasorong
- Rancang Bangun Alat Pengukur Kadar Asam Askorbat pada Buah dengan Metode 147-157
Titration Iodimetri
Ayssa Nurmastika, Danang Erwanto, Aulia Dewi Rosanti, Farrady Alif Fiolana
- Studi Komparasi Kwh Meter Pascabayar Dengan Kwh Meter Prabayar Tentang Akurasi 158-168
Pengukuran Terhadap Tarif Listrik Yang Bervariasi
Dendi Gunawan, Danang Erwanto, Yanu Shalahuddin
- Rancang Bangun Alat Prediksi Kondisi Tubuh Ideal Menggunakan Metode Fuzzy Logic 169-181
Sugeno
Muhammad Azizul Fikri, Danang Erwanto, Dian Efytra Yuliana
- Implementasi Sistem Informasi Manajemen Inventaris Berbasis Web Di Pusat Teknologi 182-196
Informasi Dan Komunikasi – BPPT
Alief Maulana, Muhammad Sadikin, Arief Izzuddin



Tinjauan Teoritis pada Pelaksanaan Prosedur Konstruksi Sistem Pembumian Model *Grid* di Gardu Induk

Arief Goeritno

Program Sudi Teknik Elektro, Universitas Ibn Khaldun Bogor, Kota Bogor, Jawa Barat.

Informasi Artikel

Naskah Diterima : 17 Maret 2018

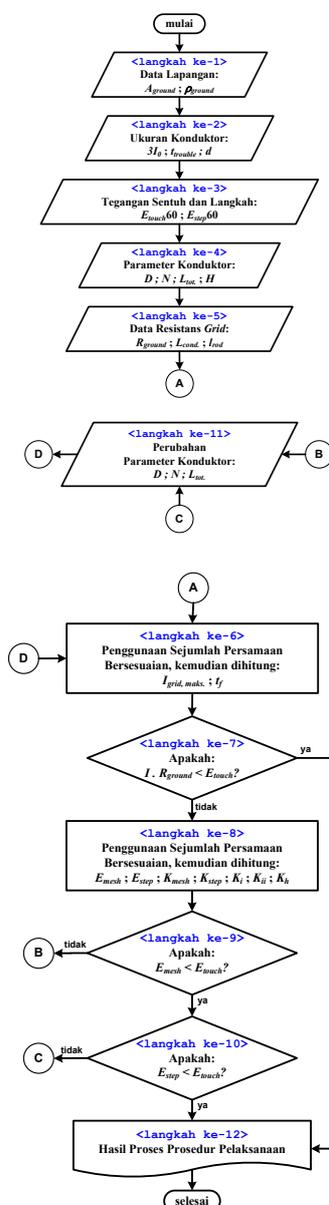
Direvisi : 21 Juni 2018

Disetujui : 25 Juni 2018

*Korespondensi Penulis:

arief.goeritno@uika-bogor.ac.id

Graphical abstract



Abstract

A theoretical review into implementation of construction procedure for the grounding grid system at substation has been done. The construction procedure based on a number of International standards, through a number of objectives in the form of (a) determination of conductor and connection selection; (b) determination of soil conditions; (c) calculating the value of earth resistance in the ground system; (d) maximum grid current calculation; and (e) calculation of mesh voltages and steps, and (f) flow chart of construction implementation procedures. The selection of conductors and connections, including (i) material and the size of the conductor and (ii) the connections. Determination of soil conditions, including structure, resistivity, and soil model. Calculation of the earth resistance value in the grounding grid system is based on the number of layers soil and soil uniformity. Maximum grid current calculation, including (i) determination of the location and type of worst disturbance, (ii) calculation of the noise current dividing factor, (iii) the calculation of the descending factor, (iv) the determination of the projection correction factor. Mesh and step voltage calculations include (i) mesh voltage and (ii) step voltage, (iii) limits for mesh and step voltage, and (iv) minimum length of embedded conductor. The flowchart of the implementation of construction procedure for the grounding grids system at substation is a sequence of criteria that must be met for the acquisition of an efficient security system, but safe for humans according to IEEE standards

Keywords: Implementation of construction procedure, grounding grids system, substation

Abstrak

Telah dilakukan tinjauan teoritis pelaksanaan untuk perolehan prosedur konstruksi terhadap sistem pembumian model grid di gardu induk. Prosedur konstruksi didasarkan kepada sejumlah standar Internasional, melalui sejumlah tujuan berupa (a) penetapan pemilihan konduktor dan sambungan; (b) penentuan kondisi tanah; (c) perhitungan nilai resistans bumi pada sistem pembumian; (d) perhitungan arus *grid* maksimum; dan (e) perhitungan tegangan *mesh* dan langkah, dan (f) diagram alir prosedur pelaksanaan konstruksi. Pemilihan konduktor dan sambungan, meliputi (i) material dan ukuran konduktor dan (ii) sambungan. Penentuan kondisi tanah, meliputi struktur, resistivitas, dan model tanah. Perhitungan nilai resistans bumi pada sistem pembumian model *grid* didasarkan kepada jumlah lapisan dan keseragaman tanah. Perhitungan arus *grid* maksimum, meliputi (i) penentuan lokasi dan jenis gangguan terburuk, (ii) penghitungan faktor pembagi arus gangguan, (iii) penghitungan faktor penurunan, dan (iv) penentuan faktor koreksi proyeksi. Perhitungan tegangan *mesh* dan langkah, meliputi (i) tegangan *mesh* (*mesh voltage*) dan (ii) tegangan langkah (*step voltage*), (iii) batasan-batasan untuk tegangan mesh dan langkah, dan (iv) panjang minimum konduktor tertanam. Diagram alir pelaksanaan prosedur konstruksi sistem pembumian model *grid* di gardu induk merupakan urutan kriteria parameter-parameter yang wajib dipenuhi untuk perolehan sistem pengaman yang efisien, tetapi aman bagi manusia sesuai standar-standar IEEE.

Kata kunci: Pelaksanaan prosedur konstruksi, sistem pembumian model *grid*, gardu induk

© 2018 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved

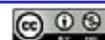
1. PENDAHULUAN

Mayoritas keberadaan sumber energi primer sebelum dikonversi menjadi tenaga listrik di pusat-pusat pembangkitan terletak jauh dari pusat-pusat beban listrik (elektrik) [1]-[3]. Pusat-pusat beban listrik tersebut direpresentasikan dengan kelompok rumah tangga, prasarana umum, pusat-pusat kegiatan komersial, dan/atau kelompok industri [4], sehingga keberadaan saluran transmisi (pengiriman) dan sistem distribusi (penyaluran) menjadi suatu keharusan [5]. Keberadaan Gardu Induk (GI) atau *substation* dalam sistem tenaga listrik (*electrical power system*) dengan fungsi sebagai penaik tegangan di daerah pembangkitan maupun sebagai penurun tegangan di lokasi penghubung antara saluran transmisi dan sistem distribusi merupakan suatu keniscayaan [6]. Gardu Induk merupakan bagian penting dalam sistem tenaga listrik [7], termasuk keberadaan pemutus tenaga (PMT) bermedia minyak jenis *bulk oil circuit breaker (BOCB)* [8] atau lainnya, juga sebagai bentuk dukungan terhadap upaya pengiriman dan penyaluran tenaga listrik ke konsumen [6],[9]. Kebutuhan terhadap keberadaan GI didasarkan kepada pertimbangan praktis dan teknis [10]. Pertimbangan praktis berupa (i) pemenuhan terhadap pertumbuhan beban-beban listrik, (ii) pengakomodasian terhadap pembangkit-pembangkit baru, dan (iii) penjagaan (*maintaining*) terhadap pemenuhan keadilan sistem [10]. Pertimbangan teknis ditekankan kepada (i) penggunaan transformator sebagai penaik atau penurun tegangan arus bolak-balik (*alternating current, ac*), (ii) pengalihan aliran listrik akibat keberadaan saluran lain yang terganggu, dan (iii) pemberian dukungan terhadap proses keberlangsungan dan keberlanjutan (*ongoing and sustainability*) aliran daya (*power flow*) [10].

Peranan GI demikian besar dan penting [10],[9], telah terciptakan upaya untuk perlindungan (proteksi) terhadap GI dari gangguan secara elektrik maupun non-elektrik [11], [12]. Salah satu upaya perlindungan terhadap gangguan elektrik, berupa pembuatan sistem pembumian untuk GI [9]-[12]. Dua alasan penting keberadaan sistem pembumian di GI [11]-[16], yaitu (a) penyediaan prasarana untuk penyaluran arus listrik gangguan ke bumi yang tidak lebih dari nilai batas operasi peralatan dan (b) penyediaan lingkungan yang aman untuk perlindungan personal di sekitar fasilitas pembumian dari bahaya sengatan listrik karena kondisi kesalahan, yaitu terbebas dari bahaya tegangan langkah dan sentuh. Cakupan sistem pembumian meliputi semua fasilitas pembumian yang saling terhubung di area GI, termasuk jaring pembumian (*grounding grids*), kawat pembumian saluran udara (*overhead ground wire*), konduktor netral, kabel daya dalam tanah (*underground power cable*), semua pondasi bangunan, sumur-sumur dalam (*deep wells*), dan lainnya [13]. Jaring atau anyaman pembumian terdiri atas jaring atau jala-jala konduktor yang ditanam secara horizontal dan elektrode bumi (*ground rods*) terbuat dari logam yang saling dihubungkan [11]. Perancangan anyaman pembumian digunakan untuk pengendalian level tegangan pada nilai aman dan harus dengan pertimbangan terhadap sistem pembumian secara keseluruhan sebagai penyedia sistem yang aman dengan biaya ekonomis [17],[18].

Lokasi dan penempatan sistem pembumian GI tidak terlepas dari problematika penyediaan luas tanah yang berkaitan dengan kebutuhan untuk konstruksi bangunan maupun sistem pembumiannya [19]-[22]. Penempatan GI di kawasan dengan nilai jual tanah sangat tinggi, telah menjadi kendala tersendiri [23]. Solusi terhadap hal itu, dapat ditempuh dengan konstruksi GI yang sangat kompak (tidak terlalu diperlukan luas tanah sebagaimana GI konvensional), sedangkan terhadap masalah luas tanah untuk tempat sistem pembumian dapat ditempuh dengan perencanaan yang teliti untuk perolehan luas tanah seminimum mungkin [23]. Pemasangan sistem pembumian diperlukan untuk tempat-tempat dengan: (i) pengaruh tegangan pembumian dibatasi pada suatu nilai tertentu yang tidak berbahaya bagi keamanan seseorang, (ii) peralatan dalam kondisi normal dan gangguan, dan (iii) jaminan kesinambungan pelayanan [11]-[16]. Sistem pembumian pada area pembangkitan tenaga listrik, biasanya merupakan suatu *grid* [24], yaitu gabungan antara elektrode bumi (batang logam berbentuk silinder) ditanam secara vertikal di dalam tanah [25]-[30] dan konduktor (*bare conductor*) yang dibuat saling berhubungan berbentuk suatu *grid* atau jaring atau anyaman yang ditanam secara horizontal di dalam tanah [11]-[16],[24], sehingga dapat digunakan istilah sistem pembumian elektrode dan konduktor jaring atau dikenal dengan model *grid* atau *grounding grid* [11]-[16],[24],[31],[32].

Tinjauan teoritis terhadap pelaksanaan prosedur konstruksi ini didasarkan kepada sejumlah standar, yaitu sesuai IEEE Std 80-2013 [11], IEEE Std 81-2012 [19], IEEE Std 665-2011 [24], IEEE Std 837-2014 [33], dan CEI/IEC 497-1: 1994 [17] untuk perolehan sejumlah tujuan. Tujuan pada tinjauan teoritis ini, memperoleh (a) penetapan pemilihan konduktor dan sambungan; (b) penentuan kondisi tanah; (c) perhitungan nilai resistans bumi pada sistem pembumian; (d) perhitungan arus *grid* maksimum; dan (e) perhitungan tegangan mesh dan langkah, dan (f) diagram alir pelaksanaan



prosedur konstruksi [11]. Pemilihan konduktor dan sambungan, meliputi (i) material dan ukuran konduktor dan (ii) sambungan. Penentuan kondisi tanah, meliputi struktur, resistivitas, dan model tanah. Perhitungan nilai resistans bumi pada sistem pembumian berkenaan dengan jumlah lapisan dan keseragaman tanah. Perhitungan arus *grid* maksimum, meliputi (i) penentuan lokasi dan jenis gangguan terburuk, (ii) penghitungan faktor pembagi arus gangguan, (iii) penghitungan faktor penurunan, dan (iv) penentuan faktor koreksi proyeksi. Perhitungan tegangan *mesh* dan langkah, meliputi (i) tegangan *mesh* (*mesh voltage*) dan (ii) tegangan langkah (*step voltage*), (iii) batasan-batasan untuk tegangan *mesh* dan langkah, dan (iv) panjang minimum konduktor tertanam.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan

Tinjauan terhadap sejumlah pustaka berkenaan dengan pelaksanaan prosedur konstruksi sistem pembumian model *grid*, meliputi (a) konsepsi umum dasar-dasar prosedur, (b) aspek-aspek dasar untuk prosedur, (c) kriteria dalam prosedur, dan (d) parameter-parameter kritis.

2.1.1 Konsepsi umum dasar-dasar pelaksanaan prosedur

Dua alasan penting sehubungan dengan pemakaian sistem pembumian model *grid* [11], adalah (i) di dalam suatu GI, sebuah batang elektrode bumi tunggal tidak cukup untuk penjaminan keamanan sistem pembumian, sehingga dalam perkembangannya, ketika beberapa batang elektrode bumi dihubungkan satu dengan lainnya dan dihubungkan ke semua bagian netral peralatan elektrik, *body* mesin, dan struktur bangunan suatu gedung, dihasilkan sebuah bentuk *grid* pembumian dengan elektrode bumi dan (ii) untuk kondisi dimana nilai arus disipasi ke dalam tanah tinggi, hal ini perlu pemasangan sistem pembumian model *grid* dengan nilai resistans rendah untuk penjaminan, bahwa gradien tegangan tidak terbangkitkan sebagai tegangan permukaan yang berbahaya bagi seseorang. Kombinasi elektrode bumi dan *grid* diperoleh keuntungan [11], yaitu (i) bentuk *grid* pada sistem pembumian sangat efektif dalam pengurangan bahaya tegangan langkah (*step voltage*, E_{step}) dan tegangan sentuh (*touch voltage*, E_{touch}) pada permukaan tanah, saat *grid* ditanam pada kedalaman 0,3-0,5 meter di bawah permukaan bumi [34],[35]; (ii) elektrode bumi tertanam di dalam bumi sangat efektif dalam penetralisasian nilai arus gangguan apabila bertemu dengan tanah bumi yang berlapis-lapis dan lapisan tanah tersebut dengan nilai resistivitas elektrik lebih tinggi dari lapisan di bawahnya; dan (iii) jika elektrode bumi yang dipasang lebih tertonjolkan sepanjang sekeliling *grid* dalam kondisi tanah yang tidak *uniform* (seragam), elektrode bumi berpotensi sebagai penambah nilai gradien tegangan dekat cabang di sekelilingnya. Keadaan umum keberadaan elektrode bumi dalam sistem pembumian terdapat 2 (dua) grup pembumian, yaitu (i) grup elektrode bumi utama dan (ii) grup elektrode bumi bantu [25]-[30]. Grup elektrode bumi utama dirancang khusus untuk perlepasan arus gangguan ke dalam bumi, sedangkan grup elektrode bumi bantu direncanakan terbatas atau tertentu dalam implementasinya [11],[16], [25]-[30].

2.1.2 Aspek-aspek dasar untuk pelaksanaan prosedur

Prosedur pelaksanaan konstruksi terhadap sistem pembumian model *grid* biasanya dimulai dari peninjauan lokasi, diobservasi semua peralatan utama, dan keberadaan struktur bangunan. Untuk penentuan ide dasar dan konsepsi model *grid*, beberapa hal dapat dijadikan patokan untuk awal pelaksanaan [11,19]. *Loop* konduktor dipasang secara praktis untuk penutupan bagian areal GI. Penutupan areal tersebut digunakan untuk pengurangan konsentrasi arus yang besar dan gradien tegangan yang tinggi antara daerah *grid* dan ujung kawat, selain untuk pengurangan nilai resistans pembumian model *grid* [11]-[16],[34]. Uraian berkenaan dengan hal itu, yaitu:

- (a) Dalam *loop*, konduktor terletak secara paralel dengan *grid* sepanjang struktur bangunan dan di sela-sela perlatan untuk kemudahan pemasangan kawat pembumian pada peralatan [11];
- (b) Sebuah bentuk sistem *grid* untuk GI dapat digunakan konduktor tembaga ukuran 4 mm² ditanam pada kedalaman 0,3-0,5 m di bawah permukaan dan jarak antar konduktor 3-7 meter, setiap percabangan atau persilangan, konduktor diikat bersama, elektrode bumi dapat dipasang di setiap percabangan atau pada setiap 2 (dua) percabangan atau ditempatkan pada peralatan yang penting [11]; dan
- (c) Sistem *grid* dapat diperluas pada sebuah GI dan sering lebih dari garis pagar, kawat berserat banyak atau dengan diameter lebih besar dapat digunakan pada tempat-tempat dengan konsentrasi arus tinggi yang mungkin terjadi, seperti pada generator atau susunan kapasitor atau lainnya [11].



2.1.3 Kriteria dalam prosedur

Kemungkinan terburuk keberadaan tegangan sentuh di dalam GI berupa tegangan *mesh*, sedangkan tegangan langkah kurang begitu berbahaya, jika dibandingkan dengan tegangan *mesh*. Untuk pengurangan tegangan langkah dapat dilakukan dengan penanaman kerikil atau batu pada permukaan tanah untuk perolehan nilai resistans yang cukup tinggi [11]. Untuk ruang *grid* pembumian yang sama, tegangan *mesh* bertambah dari titik tengah ke sudut *grid*. Penambahan tersebut bergantung kepada ukuran *grid*, jumlah dan letak elektroda, jarak paralel penghantar, diameter dan kedalaman penanaman konduktor, dan resistans dan struktur tanah. Jenis *grid* pembumian di dalam tanah dengan resistivitas tanah seragam dan ukuran *grid*, dihasilkan perbandingan tegangan *mesh*. Rasio tegangan *mesh* dari posisi pojok ke tengah [11], seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Rasio tegangan *mesh* dari posisi pojok ke tengah

Ukuran <i>Grid</i> (<i>meshes</i> . <i>meshes</i>)	Tegangan <i>mesh</i> (sudut/tengah)
10 . 10	2,71
20 . 20	5,55
30 . 30	8,85

Grid pembumian berbentuk segi empat dan jarak antar penghantar paralel sama, tanpa elektrode. Tegangan *mesh* dihitung di tengah-tengah *grid* [11], [16].

2.1.4 Parameter-parameter Kritis

Parameter-parameter kritis, meliputi (i) arus maksimum *grid* ($I_{grid,maks.}$), (ii) waktu gangguan ($t_{trouble}$) dan waktu kejut (t_{shock}), (iii) resistivitas tanah (ρ), (iv) resistivitas lapisan permukaan ($\rho_{surface}$), dan (v) ukuran *grid* pembumian [11],[16]. Nilai waktu gangguan dan kejut pada umumnya sama, kecuali kejutan yang berturut-turut (seperti penutupan kembali pada saklar). Pemilihan ini berpengaruh terhadap kecepatan peniadaan gangguan, faktor penurunan (D_f), dan aliran arus yang diizinkan pada. Nilai umum untuk $t_{trouble}$ dan t_{shock} berkisar 0,25–1 detik [19]. Tegangan gradien dan resistans *grid* secara langsung bergantung kepada resistivitas tanah. Dalam kenyataan, resistivitas tanah bervariasi, sehingga dibutuhkan data yang cukup untuk kondisi tanah yang digunakan. Penentuan resistivitas tanah dapat berpedoman pada kondisi [36]-[39], dengan (a) tanah dapat diklasifikasi dalam jenis tanah seragam, apabila perbedaan antara dua nilai pengetesan terbaik dan terburuk tidak lebih dari 30% dan (b) pada model tanah 2 (dua) lapis dan *grid* pembumian berada pada lapisan atas, nilai resistivitas tanah lapisan atas ($\rho_{surface}$) dapat digunakan untuk penyederhanaan persamaan, sedangkan apabila lapisan atas lebih resistif pada perencanaan dengan model tanah seragam, maka tegangan langkah dan sentuh lebih besar dibanding perencanaan dengan model tanah 2 (dua) lapis [36]-[39]. Untuk pengurangan aliran arus melalui tubuh seseorang, lapisan permukaan dapat di tambah batu kerikil, karena lapisan batu kerikil dengan resistans jenis berkisar antara 1000–5000 $\Omega.m$ [36]-[39]. Pembatasan ukuran *grid* didasarkan kepada faktor keekonomian dan teknis pemasangan. Berdasarkan faktor keekonomian, semakin besar ukuran *grid* semakin banyak bahan yang diperlukan. Ukuran luas daerah sistem pembumian merupakan salah satu faktor terpenting dalam penentuan resistans *grid* pembumian, yaitu semakin luas daerah pembumian, maka nilai resistans pembumian, *ground potential rise* (*gpr*), dan tegangan *mesh* semakin kecil [40],[41].

Sejumlah parameter dalam pelaksanaan prosedur konstruksi sesuai IEEE Std 80-2013 [11],[16], yaitu:

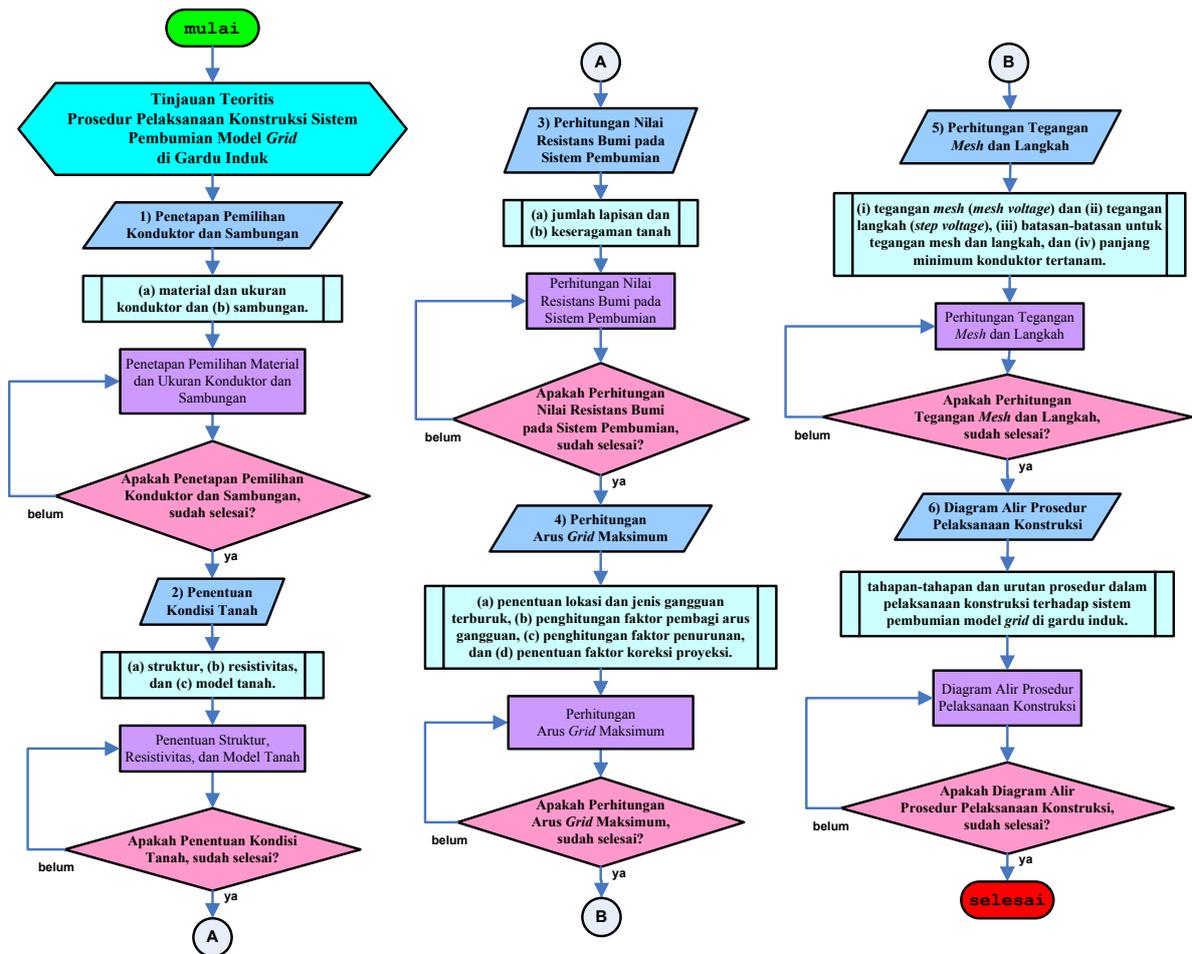
- $3I_0$ = arus gangguan simetris di dalam GI, [ampere];
- $I_{grid,maks.}$ = arus *grid* maksimum teralirkan antara *grid* pembumian dan tanah di sekitarnya termasuk komponen dc, [ampere];
- ρ_{ground} = resistivitas tanah, [$\Omega.m$];
- $\rho_{surface}$ = resistivitas tanah permukaan, [$\Omega.m$];
- $h_{surface}$ = ketebalan lapisan permukaan, [m];
- C_p = faktor proyeksi untuk pengambangan;
- $C_{surface}$ = faktor pengurangan untuk resistivitas lapisan permukaan;

- $t_{trouble}$ = keberlangsungan arus gangguan terhadap penghantar pembumian, [detik];
- t_f = keberlangsungan arus gangguan untuk faktor penurunan, [detik];
- t_{shock} = keberlangsungan arus kejutan untuk penentuan arus yang diizinkan pada tubuh, [detik];
- $h_{cond.}$ = kedalaman penanaman *grid* pembumian, [meter];
- d = diameter penghantar *grid* pembumian, [mm];
- A_{ground} = luas daerah cakupan *grid* pembumian, [m²];
- D = jarak antar konduktor pada *grid* dalam posisi paralel, [meter];
- D_f = faktor penurunan untuk penentuan arus *grid* maksimum ($I_{grid, maks.}$);
- N = jumlah konduktor pada posisi paralel dalam satu sisi;
- K_{mesh} = faktor jarak untuk penentuan tegangan *mesh* (E_{mesh});
- K_{step} = faktor koreksi terhadap tegangan langkah (E_{step});
- K_i = faktor koreksi terhadap ukuran panjang pada penyesuaian dan pengaruh konduktor;
- K_{ii} = faktor koreksi terhadap ukuran berat pada penyesuaian dan pengaruh konduktor;
- K_h = faktor koreksi berat pada pengaruh panjang konduktor;
- $L_{tot.}$ = jumlah panjang konduktor *grid* dan elektrode;
- R_{ground} = nilai resistans system pembumian, [Ω];
- E_{mesh} = tegangan mesh pada titik pusat dari sudut *mesh*, [volt];
- E_{step} = tegangan langkah antara titik di atas pojok luar *grid* dengan suatu titik berjarak 1 meter dari diagonal sisi luar *grid*, [volt];
- E_{touch}^{50} = tegangan sentuh (*touch*) yang diizinkan (untuk berat seseorang = 50 kg);
- E_{touch}^{70} = tegangan sentuh (*touch*) yang diizinkan (untuk berat seseorang = 70 kg);
- E_{step}^{50} = tegangan langkah (*step*) yang diizinkan (untuk berat seseorang = 50 kg); dan
- E_{step}^{70} = tegangan langkah (*step*) yang diizinkan (untuk berat seseorang = 70 kg).

2.2. Metode

Metode merupakan urutan tahapan-tahapan dalam pembuatan tinjauan teoritis untuk sebuah prosedur pelaksanaan konstruksi sistem pembumian model *grid* yang didasarkan kepada sejumlah standar Internasional maupun standar nasional Indonesia (SNI), agar sesuai tujuan pembuatan tinjauan teoritis ini. Diagram alir metode penyusunan tinjauan teoritis prosedur pelaksanaan konstruksi sistem pembumian di gardu induk, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.





Gambar 1 Diagram alir metode penyusunan tinjauan teoritis prosedur pelaksanaan konstruksi sistem pembumian di gardu induk

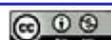
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pemilihan Konduktor dan Sambungan

3.1.1 Material dan ukuran konduktor

Setiap elemen sistem pembumian, termasuk konduktor untuk *grid*, sambungan-sambungan, kawat-kawat penghubung, dan elektrode bumi harus sesuai kriteria [40],[41], yaitu: (i) nilai konduktivitas cukup, agar tidak sebagai penyumbang pada perbedaan tegangan di titik pembumian; (ii) tahan terhadap kerusakan mekanis dalam kondisi nilai arus gangguan dan waktu keberlangsungan gangguan; dan (iii) secara mekanis dapat diandalkan dan kuat, khususnya pada lokasi yang berakibat korosi atau tidak terlindungi dari korosi. Bahan tembaga sering digunakan, karena (i) nilai konduktivitas tinggi dan (ii) tahan terhadap korosi saat digunakan di dalam tanah, karena tembaga bersifat katode terhadap bahan lain. Tembaga yang diperkuat baja biasa digunakan untuk elektrode bumi dan kadang-kadang untuk konduktor *grid* [11],[16].

Bahan aluminium juga dapat digunakan, meskipun dalam frekuensi yang lebih sedikit. Penggunaan aluminium harus diperhatikan tingkat kemurniannya. Dua kerugian yang perlu diperhatikan berkaitan penggunaan aluminium, yaitu (i) aluminium dapat rusak dengan sendirinya, khususnya yang ditanam dalam tanah (bagian yang rusak ini menjadi kurang konduktif untuk penggunaan pembumian) dan (ii) kerusakan yang disebabkan oleh arus bolak-balik, juga dapat ditimbulkan sejumlah masalah dalam beberapa kondisi. Baja juga digunakan untuk konduktor pembumian model *grid* di beberapa negara Eropa dan berangsur-angsur diterima secara luas di Amerika, utamanya untuk perbaikan kekurangan-kekurangan yang ada pada tembaga, seperti kekuatan mekanis. Hal tersebut juga berkaitan dengan pengurangan biaya pelaksanaan terhadap sistem pembumian, karena penggunaan tembaga. Untuk penggunaan baja sebagai bahan konduktor atau lainnya, biasanya dalam bentuk baja galvanis atau baja anti karat dan diproteksi terhadap sifat



katodik. Permasalahan korosi dan proteksi katodik merupakan permasalahan yang kompleks pada perencanaan sistem di dalam tanah.

Kenaikan nilai suhu saat berlangsung gangguan hubung singkat dapat ditentukan dengan persamaan Sverak [31],[34], seperti pada persamaan (1).

$$I = A_{cond.} \cdot \sqrt{\left(\frac{TCAP \cdot 10^{-4}}{t_c \cdot \alpha_r \cdot \rho_{cond.,r}} \right) \ln \frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a}} \quad (1),$$

dengan:

I = arus efektif (*root mean square, rms*), [kA];

$A_{cond.}$ = luas penampang konduktor, [mm²];

$TCAP$ = kapasitas termal per satuan volume, [Joule/cm³/°C];

t_c = waktu aliran arus listrik, [detik];

α_r = koefisien panas resistivitas konduktor pada T_r (suhu referensi untuk konstanta benda), [°C];

$\rho_{cond.,r}$ = resistivitas konduktor pembumian pada suhu referensi, [$\mu\Omega \cdot \text{cm}$];

$K_0 = \frac{1}{\alpha_0} = \frac{1}{\alpha_r} - T_r$, dengan α_0 = koefisien panas resistivitas pada 0 °C;

T_m = suhu maksimum yang diizinkan (*fusing temperature*), [°C]; dan

T_a = suhu kamar, [°C].

Parameter-parameter tersebut diperlukan untuk penentuan daya hantar arus pada suatu konduktor. Konstanta-konstanta bahan pada konduktor [11],[16], seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Konstanta-konstanta bahan pada konduktor

Uraian	Kond. Mat. (%)	α_r pada 20 °C	$K_0 = \frac{1}{\alpha_r}$	Fusing Temp. T_m (°C)	ρ_r pada 20 °C	$TCAP$ J/cm ³ /°C
Standard Annealed Soft Copper Wire	100,0	0,00393	234	1083	1,7241	3,422
Commercial Hard Drawn Copper Wire	97,0	0,00381	242	1084	1,7774	3,422
Copper Clad Steel Core Wire	40,0	0,00378	245	1084 / 1300	4,3970	3,846
Copper Clad Steel Core Wire	30,0	0,00378	245	1084 / 1300	5,8620	2,556
Commercial EC Aluminium Wire	61,0	0,00403	228	657	2,8620	2,556
Alluminium Alloy Wire 5005	53,5	0,00353	263	660	3,2226	2,598
Alluminium Alloy Wire 6201	52,5	0,00347	268	660	3,2840	2,598
Alluminium Clad Steel Core Wire	20,3	0,00360	258	660 / 1300	8,4805	2,670
Zinc Coated Steel Core Wire	8,5	0,00320	293	419 / 1300	20,1000	3,931
Stainless Steel No. 304	2,4	0,00130	749	1400	72,0000	4,032

Penggunaan satuan *circulair mil (cmil)* untuk penampang konduktor, maka persamaan (1) diubah menjadi persamaan (2).

$$I = 5,0671 \cdot 10^{-6} \cdot A_{cond.} \cdot \sqrt{\left(\frac{TCAP}{t_c \cdot \alpha_r \cdot \rho_{cond.,r}} \right) \ln \frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a}} \quad (2).$$

Bahan tembaga dengan resistivitas ($\rho_{cond.,r}$) sebesar 1,589 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ pada suhu 0 °C, dengan $TCAP = 3,4964$ joule/cm³/°C dan koefisien suhu = 0,004274 pada suhu 0°C dinyatakan oleh Onderhonk's [31],[34] untuk pengubahan persamaan (2) menjadi persamaan (3).



$$I = A_{cond.} \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{33 s}\right) \log_{10} \left(1 + \frac{T_m - T_a}{234 + T_a}\right)} \quad (3),$$

dengan:

s = waktu selama arus digunakan, [detik].

Dalam penentuan nilai $TCAP$, perlu diketahui terlebih dahulu hubungan antara (i) panas spesifik (kal./gr.⁰C), (ii) berat spesifik (gr./cm³), dan (iii) kapasitas per unit (watt.detik/cm³/⁰C), yaitu (kal./gr.⁰C).(gr./cm³) = 4,184 (watt.detik/cm³/⁰C) = 4,184 (joule/cm³/⁰C) [5]. Berdasarkan nilai-nilai tersebut, $TCAP$ [11],[16], didefinisikan seperti pada persamaan (4).

$$TCAP = 4,184 \cdot SH \cdot SW \quad (4),$$

dengan:

SH = *Specific Heat*, panas spesifik, (kal./gr.⁰C);

SW = *Specific Weight*, berat spesifik (gr./cm³).

Berdasarkan penggunaan persamaan (1) dan (3), dapat ditentukan luas penampang (dalam satuan mm²) konduktor yang digunakan [11],[16], seperti ditunjukkan pada persamaan (5).

$$A_{cond.} = I \cdot \sqrt{\frac{t_c \cdot \alpha_r \cdot \rho_{cond.,r} \cdot 10^4}{TCAP} \cdot \frac{1}{\ln \left(1 + \frac{T_m - T_a}{K_0 + T_a}\right)}} \quad (5).$$

Penggunaan luas penampang konduktor dalam satuan *cmil*, dihitung dengan persamaan (6).

$$A_{cond.} = 1973,52 \cdot I \cdot \sqrt{\frac{t_c \cdot \alpha_r \cdot \rho_{cond.,r} \cdot 10^4}{TCAP} \cdot \frac{1}{\ln \left(1 + \frac{T_m - T_a}{K_0 + T_a}\right)}} \quad (6).$$

3.1.2 Pemilihan sambungan

Semua sambungan sebagai penghubung antara bagian penting dan sistem pembumian secara terus-menerus harus dievaluasi dalam hal konduktivitas, kemampuan terhadap panas, kekuatan mekanik, dan ketahanan. Hal itu sebagai bentuk penjaminan, bahwa kondisi sambungan tidak menjadi buruk akibat korosi dan tekanan elektromagnetik [33],[11],[16].

3.2. Penentuan Kondisi Tanah

3.2.1 Struktur

Penelitian tanah atau tes tanah pada lokasi GI atau instalasi sangatlah penting dilakukan untuk penentuan komposisi tanah secara umum dan untuk perolehan rancangan terhadap suatu struktur tanah. Sampel tanah dan penelitian geologi lainnya diberikan dalam bentuk lapisan tanah dan material terkandung di dalamnya, sekurang-kurangnya beberapa temuan, seperti resistivitas dan nilai-nilai batasan pada daerah tersebut. Resistivitas tanah direpresentasikan dengan ρ_{ground} dan didefinisikan dengan faktor keseimbangan antara resistans pembumian dan nilai kapasitans di sekelilingnya. Sejumlah nilai resistivitas tanah pada sejumlah jenis tanah [11],[16], seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Sejumlah nilai resistivitas jenis tanah pada sejumlah jenis tanah

Jenis Tanah	Resistivitas rerata ($\Omega.m$)
<i>Wet organic soil</i>	10
<i>Moist soil</i>	100
<i>Dry soil</i>	1000
<i>Bedrock</i>	10000

3.2.2 Resistivitas (ρ_{ground})

Suatu kawasan tertentu yang telah dilakukan penelitian terhadap struktur tanah, jarang sekali dengan nilai resistivitas tanah yang *uniform* (seragam). Struktur tanah secara umum terdiri atas beberapa lapisan dan tiap-tiap lapisan dengan nilai resistivitas berbeda. Perubahan secara bertahap ke arah vertikal, meskipun terjadi juga ke arah horizontal. Pengambilan data hasil pengukuran resistivitas tanah dilakukan terhadap beberapa titik dalam suatu lokasi. Sejumlah teknik pengukuran diterangkan secara detail dalam IEEE Std 81-2012 [19]. Metode 4-pin Wenner [25],[11],[16]



merupakan metode umum di samping metode 3-pin yang digunakan, dilakukan dengan bantuan *earth tester* atau *megger ground tester* yang dikenal dengan metode *fall of potential* [11],[16].

3.2.3 Model

Berdasarkan hasil penyelidikan dan pengukuran terhadap resistivitas tanah, maka dapat ditentukan model tanah. Model tanah secara umum dikenal 2 (dua) jenis, yaitu model tanah seragam (*uniform*) dan tidak seragam [36]-[39]. Model tanah *uniform*, baik arah horizontal maupun vertikal dan dari hasil pengukuran diberikan nilai yang relatif sama, sehingga tanah *uniform* dengan nilai resistivitas *uniform* pada semua titik di suatu kawasan dengan sistem pembumian *grid* yang dibangun dinyatakan sama. Untuk kondisi dimana terdapat variasi nilai resistivitas yang tidak terlalu besar, maka perbedaan dapat diabaikan [36]-[39],[11],[16], Model tanah tidak *uniform* merupakan kondisi tanah tidak *uniform*, baik arah horizontal maupun vertikal dan berlapis-lapis (*multi layers*). Untuk penggunaan tanah tidak *uniform*, dikenal dengan model tanah 2 (dua) lapis (*two layers*). Sistem pembumian pada model tanah 2 lapis dengan karakter berbeda dari model tanah *uniform* [36]-[39].

3.3. Perhitungan Resistans Bumi untuk Sistem Pembumian

Sebuah sistem pembumian ideal, merupakan sistem dengan nilai resistans mendekati nol. Nilai resistans pembumian pada sebagian besar sistem saluran transmisi dan GI lebih kurang 1 Ω atau kurang, sedangkan pada gardu listrik ukuran kecil atau sistem distribusi dapat diizinkan untuk nilai 1 sampai 5 Ω yang bergantung kondisi tempat [11],[24],[16],[26],[27]. Nilai minimal resistans pembumian dapat dihitung dengan persamaan berdasarkan asumsi sebuah piringan logam tertanam pada kedalaman nol, sehingga nilai resistans bumi [11],[16] dapat ditentukan dengan persamaan (7).

$$R_{ground} = \frac{\rho_{ground}}{4} \sqrt{\frac{\pi}{A_{ground}}} \quad (7)$$

dengan:

R_{ground} = resistans pembumian, [Ω],

ρ_{ground} = resistivitas tanah (diambil rata-rata), [$\Omega.m$],

A_{ground} = luas cakupan *grid*, [m^2].

Batasan tertinggi resistans pembumian suatu GI ditentukan dengan penambahan nilai perbandingan resistivitas terhadap panjang total konduktor yang digunakan sebagai *grid* yang tertanam ke persamaan (7). Resistans pembumian yang terdiri atas sejumlah konduktor, bernilai resistans lebih tinggi dari nilai resistans piringan logam, maka persamaan (7) berubah menjadi persamaan (8) [11],[16].

$$R_{ground} = \frac{\rho_{ground}}{4} \sqrt{\frac{\pi}{A_{ground}}} + \frac{\rho_{cond}}{L_{cond}} \quad (8)$$

dengan:

L_{cond} = jumlah panjang seluruh konduktor yang ditanam (meter).

Perbedaan tersebut berkurang seiring dengan penambahan panjang konduktor tertanam dan mendekati nilai nol untuk nilai L_{cond} tidak berhingga. Persamaan (7) dan (8) dapat digunakan untuk sistem pembumian model *grid* dengan kedalaman penanaman konduktor *grid* kurang dari 0,25 m. Untuk kedalaman penanaman konduktor *grid* 0,25-2,5 m, faktor koreksi perlu ditambahkan, sesuai pendekatan yang dikemukakan Sverak [5], seperti pada persamaan (9).

$$R_{ground} = \rho_{ground} \left[\frac{1}{L_{ground}} + \frac{1}{\sqrt{20 A_{ground}}} \left(1 + \frac{1}{1 + h_{cond} \cdot \sqrt{20/A_{ground}}} \right) \right] \quad (9)$$

dengan:

h_{cond} = kedalaman penanaman *grid*, [meter].

Pendekatan untuk *grid* tanpa batang elektrode (*ground rod*) telah dicoba di lapangan dan dihasilkan suatu persamaan seperti yang dikemukakan Schwarz [27],[11],[24],[16],[26], seperti persamaan (10).

$$R_{ground} = \frac{R_1 \cdot R_2 - R_{12}^2}{R_1 + R_2 - 2 R_{12}} \quad (10)$$

dengan:

R_1 = resistans *grid*, [Ω].

R_2 = resistans seluruh batang elektrode, [Ω].

R_{12} = resistans total (gabungan *grid* dan batang elektrode), [Ω].

Penentuan lebih lanjut oleh Schwarz [27],[11],[24],[16],[26], seperti ditunjukkan pada persamaan (11), (12), dan (13).

$$R_1 = \left(\frac{\rho_1}{\pi \cdot L_{cond.}} \right) \left[L_{tot.} \left(\frac{2 L_{cond.}}{h'} \right) + K_1 \left(\frac{L_{cond.}}{\sqrt{A_{ground}}} - K_2 \right) \right] \quad (11);$$

$$R_2 = \left(\frac{\rho_2}{2 \cdot n \cdot \pi \cdot l_{rod}} \right) \left[L_{tot.} \left(\frac{8 l_{rod}}{d_{rod}} \right) - 1 + 2 K_1 \left(\frac{l_{rod}}{\sqrt{A_{ground}}} \right) (\sqrt{n-1})^2 \right] \quad (12);$$

$$R_{12} = \left(\frac{\rho_2}{2 \cdot n \cdot \pi \cdot L_{cond.}} \right) \left[L_{tot.} \left(\frac{2 L_{cond.}}{l_{rod}} \right) + K_1 \left(\frac{L_{cond.}}{\sqrt{A_{ground}}} \right) - K_2 + 1 \right] \quad (13),$$

dengan:

ρ_1 = resistivitas tanah tempat *grid* ditanam pada kedalaman $h_{cond.}$, [$\Omega.m$];

ρ_2 = resistivitas tanah tempat batang elektrode tertanam, [$\Omega.m$];

$L_{cond.}$ = panjang keseluruhan konduktor yang digunakan sebagai *grid* dan ditanam, [meter];

$L_{tot.}$ = panjang total konduktor dan batang elektrode, [meter];

l_{rod} = panjang rerata batang elektrode, [meter];

n = jumlah keseluruhan batang elektrode yang digunakan pada luas cakupan *grid* (A_{ground}), [jumlah batang];

$h' = \sqrt{d_{cond.} \cdot h_{cond.}}$ (untuk konduktor yang ditanam pada kedalaman $h_{cond.}$, m), atau $0,5 d_{cond.}$ (untuk konduktor yang ditanam pada $h_{cond.} = 0$);

$d_{cond.}$ = diameter konduktor;

d_{rod} = diameter batang elektrode, [m];

K_1, K_2 = konstanta-konstanta.

Persamaan (11), (12), dan (13) cocok untuk penghitungan nilai resistans pembumian pada tanah dengan model 2 lapis dengan ketebalan lapisan atas (H) dan elektrode ditanam pada lapisan yang lebih konduktif. Untuk kasus $\rho_1 \geq \rho_2$, dengan *grid* ditanam pada lapisan tanah dengan resistivitas ρ_1 dan elektrode ditanam di lapisan tanah dengan resistivitas ρ_1 dan ρ_2 , maka nilai R_2 dan R_{12} dapat dihitung penggunaan resistivitas antara keduanya ($\rho_{mut.}$) atau dinyatakan:

$$\rho_{mut.} = \frac{l_{rod} (\rho_1 \cdot \rho_H)}{[\rho_H (H - h_{cond.}) + \rho_1 (l_{rod} + h_{cond.} - H)]} \quad (14),$$

dengan:

H = ketebalan lapisan atas, [m];

ρ_1 = resistivitas tanah di bawah kedalaman lapisan atas H , [$\Omega.m$].

Nilai perbedaan yang terjadi antara nilai ρ_1 dan ρ_H tidak begitu besar (nilai ρ_H tidak kurang dari 0,2 ρ_1) dan ketebalan lapisan atas (H) sekurang-kurangnya 0,1 sisi panjang *grid*, hasil perhitungan cukup akurat dan dapat digunakan.

3.4 Perhitungan Arus Grid Maksimum

Nilai arus *grid* maksimum yang diizinkan dirumuskan sebagai berikut:

$$I_{grid, maks.} = C_p \cdot D_f \cdot I_{grid, rms} \quad (15),$$

dengan:

$I_{grid, maks.}$ = arus *grid* maksimum yang mengalir antara *grid* pembumian dan tanah di sekitarnya termasuk komponen *dc*, [ampere],

C_p = faktor koreksi proyeksi untuk pengembangan yang dihitung untuk penambahan arus gangguan selama umur pakai GI (GI tanpa pengembangan, nilai $C_p = 1$),



D_f = faktor penurunan untuk menentukan $I_{grid, maks.}$?

$I_{grid, rms}$ = arus *grid rms* simetris, [ampere].

Arus *grid rms* simetris, adalah bagian arus gangguan pembumian simetris yang mengalir di antara *grid* dan tanah di sekitarnya, nilai arus *grid rms* simetris dirumuskan:

$$I_{grid, rms} = S_f \cdot I_f \quad (16),$$

dengan:

S_f = faktor arus gangguan divisi,

I_f = nilai *rms* arus gangguan pembumian, [ampere].

Faktor arus gangguan divisi (S_f), adalah sebuah faktor perefleksi nilai arus gangguan (yaitu perbandingan terbalik arus gangguan simetris terhadap bagian arus yang mengalir antara *grid* pembumian dan tanah di sekitarnya), besarnya:

$$S_f = \frac{I_{grid, rms}}{3 I_0} \quad (17).$$

3.4.1 Penentuan lokasi dan jenis gangguan terburuk

Jenis gangguan terburuk untuk sistem pembumian cenderung dihasilkan arus *grid* (I_g) maksimum yang tinggi nilainya. Jenis gangguan terburuk didefinisikan sebagai sesuatu nilai arus urutan nol yang tinggi ke bumi, yaitu arus gangguan simetris di dalam GI ($3 I_0$). Untuk gangguan 1 (satu) fase ke *ground* menjadi gangguan terburuk, jika $z_0 \cdot z_1 > z_2^2$, sedangkan untuk gangguan 2 (dua) fase ke *ground* menjadi gangguan terburuk, jika $z_0 \cdot z_1 < z_2^2$, dengan kondisi masing-masing diasumsikan $z_2 = z_1$, maka sehingga masing-masing menjadi $z_0 > z_1$ dan $z_0 < z_1$.

3.4.2 Penghitungan faktor pembagi arus gangguan (S_f)

Asumsi keberadaan arus urutan nol dengan aliran terus-menerus sejak awal untuk keseluruhan gangguan ($I_0 = I_0'' = \text{konstan}$), maka arus *grid rms* simetris dihitung dengan persamaan (17).

$$I_{grid, rms} = S_f \cdot (3 I_0) \quad (18).$$

Untuk penentuan arus *grid rms* simetris, maka harus dihitung nilai faktor arus gangguan divisi (S_f).

Nilai faktor arus gangguan divisi bergantung kepada: (i) lokasi gangguan; (ii) besar resistans *grid* pembumian; (iii) hubungan antara sistem pembumian dengan pipa atau kawat yang ditanam di dekatnya, terhubung tau tidak; dan (iv) kawat pembumian di atas saluran udara (*overhead ground wire*), kawat nol atau bagian pembumian yang dilalui arus balik gangguan. Arus *grid rms* simetris dan arus *grid* maksimum, relatif hanya berada pada lokasi gangguan. Untuk penghitungan faktor arus gangguan divisi, maka kondisi (iii) dan (iv) tersebut diabaikan.

3.4.3 Penghitungan faktor penurunan, D_f

Arus *grid* maksimum sebagaimana telah dijelaskan, merupakan arus bolak-balik maksimum taksimetris yang terdiri atas arus bolak-balik simetris ($I_{grid, rms}$) dan komponen *dc* [24],[11],[27],[16],[26], Arus gangguan taksimetris terdiri atas komponen *ac*, transien, subtransien, dan *dc* atau tunak (*steady state*). Komponen transien, subtransien, dan *dc* berbentuk eksponensial, sehingga arus gangguan tidak simetris merupakan fungsi waktu, sehingga dihitung dengan persamaan (19) [11],[16].

$$i_f(t) = \sqrt{2} \cdot E \left[Y_{ac}(t) \cdot \cos(\omega t) + \frac{1}{Z''} \cdot e^{-t/T_a} \right] \quad (19),$$

dengan:

$i_f(t)$ = arus gangguan taksimetris, [ampere];

E = tegangan efektif (*rms*) fase-netral sebelum gangguan, [volt];

$Y_{ac}(t)$ = admitans *ac* ekuivalen sistem, [*siemens*] atau [mho];

Z'' = impedans subtransien sistem, [Ω];



T_a = konstanta waktu *steady state* (s) atau X/R

Nilai admitans *ac* ekivalen sistem dihitung dengan persamaan (20):

$$Y_{ac}(t) = \frac{1}{Z} + \left(\frac{1}{Z'} - \frac{1}{Z}\right) \cdot e^{-t/T'} + \left(\frac{1}{Z''} - \frac{1}{Z}\right) \cdot e^{-t/T''} \tag{20}$$

dengan:

Z = impedans *steady state* sistem, [Ω];

Z' = impedans transien sistem, [Ω];

T' = konstanta waktu transien;

T'' = konstanta waktu subtransien.

Dalam banyak analisis digunakan $Y_{ac}(t) = \frac{1}{Z''}$, sehingga arus taksimetris pada persamaan (19) berubah menjadi seperti persamaan (21) [11],[16].

$$i_f(t) = \frac{\sqrt{2} \cdot E}{Z''} \left(\cos(\omega t) + e^{-t/T_a} \right) \tag{21}$$

Nilai arus gangguan *rms* taksimetris dihitung dengan persamaan (22).

$$I_F = \sqrt{\frac{1}{t_f} \int_0^{t_f} (i_f(t))^2 \cdot dt} \tag{22}$$

dengan:

I_F = pendekatan nilai arus *rms* tak simetris selama gangguan, [ampere];

t_f = durasi (lama) waktu gangguan, [detik].

Substitusi nilai $i_f(t)$ ke persamaan (22) dan diintegrasikan, persamaan (22) berubah menjadi seperti persamaan (23) [11],[16].

$$I_F = I_f \sqrt{\frac{2}{t_f} \int_0^{t_f} \left(\cos(\omega t) + e^{-t/T_a} \right)^2 \cdot dt} \tag{23}$$

dengan $I_f = \frac{E}{Z''}$, [ampere].

Faktor penurunan D_f didefinisikan sebagai I_F/I_f (pendekatan nilai *rms* arus taksimetris selama gangguan dan nilai *rms* arus gangguan pembumian) atau digunakan persamaan (24).

$$I_f = \sqrt{1 + \frac{T_a}{t_f} \left(1 - e^{-t_f/T_a} \right)} \tag{24}$$

dengan:

T_a'' = konstanta waktu ekivalen subtransien, atau $X''/\omega R''$

Penggunaan semua konstanta di titik dimana gangguan terjadi, maka ditetapkan nilai faktor penurunan. Nilai factor penurunan (D_f) untuk berbagai durasi gangguan dengan $X/R = 20$, [24],[11],[16]., seperti ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Nilai faktor penurunan (D_f) untuk berbagai durasi gangguan dengan $X/R = 20$

Durasi Gangguan (t_f)	Siklus (pada 60 hertz <i>ac</i>)	D_f
0,008	0,5	1,65
0,1	6	1,25
0,25	15	1,10
0,5 atau lebih	30 atau lebih	1,00

3.4.4 Penentuan faktor koreksi proyeksi (C_p)

Faktor koreksi diperlukan pada saat awal perencanaan yang berguna untuk pengembangan di masa yang akan datang, baik penambahan kapasitas atau penyambungan baru suatu peralatan ke sistem pembumian. Untuk kasus penambahan kapasitas, maka arus gangguan (dalam hal ini



pendekatan nilai arus *rms* taksimetris selama gangguan, I_F) lebih dari arus gangguan maksimum [24],[11],[27],[16],[26]. Untuk penyambungan baru dapat terjadi penambahan atau pengurangan arus *grid* maksimum. Kondisi lokasi GI yang dalam perencanaannya tidak untuk dikembangkan, maka pembumian menjadi tidak aman. Penambahan arus *grid* maksimum (I_g) dapat dilakukan dengan penurunan nilai impedans yang digunakan dalam perhitungan atau pengalihan suatu nilai arus gangguan dengan faktor yang cocok berupa faktor koreksi proyeksi (C_p), dengan $C_p \geq 1$. Hal itu telah dikemukakan saat berkaitan dengan persamaan (15), sedangkan untuk GI tanpa pengembangan dengan nilai $C_p = 1$.

3.5 Perhitungan Tegangan Mesh dan Langkah

3.5.1 Tegangan mesh

Secara umum tegangan *mesh* dihitung dengan persamaan (25) [11],[16].

$$E_{mesh} = \frac{\rho \cdot K_{mesh} \cdot K_i \cdot I_{grid, maks.}}{L_{tot}} \quad (25).$$

Definisi menurut Sverak [31],[34],[11],[16],[24] berkenaan dengan nilai K_{mesh} , digunakan persamaan (26).

$$K_{mesh} = \frac{1}{2\pi} \left[\ln \left(\frac{D^2}{16hd} + \frac{(D+2h)^2}{8Dd} - \frac{h}{4d} \right) + \frac{K_{ii}}{K_h} \cdot \ln \frac{8}{\pi(2n-1)} \right] \quad (26),$$

dengan:

$K_{ii} = 1$ untuk *grid* dengan elektrode sekeliling atau sudut *grid* atau

$K_{ii} = \frac{1}{(2n)^{2/n}}$ untuk *grid* tanpa elektrode atau dengan sedikit elektrode dan penempatan elektrode tidak

di sudut sekeliling *grid*;

kedalaman penanaman *grid*.

$K_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_0}}$ dengan nilai $h_0 = 1$ meter, berdasarkan

Nilai K_i dihitung dengan persamaan (27).

$$K_i = 0,656 + 0,172 n \quad (27).$$

Penggunaan persamaan (27), terdapat dua nilai E_{mesh} untuk *grid* dengan elektrode dan *grid* tanpa elektrode. Perhitungan nilai E_{mesh} untuk *grid* dengan elektrode digunakan persamaan (28).

$$E_{mesh} = \frac{\rho \cdot K_{mesh} \cdot K_i \cdot I_{grid, maks.}}{L_{cond.} + 1,15 l_{rod}} \quad (28),$$

sedangkan perhitungan nilai E_{mesh} untuk *grid* tanpa elektrode, digunakan persamaan (29).

$$E_{mesh} = \frac{\rho \cdot K_{mesh} \cdot K_i \cdot I_{grid, maks.}}{L_{cond.} + l_{rod}} \quad (29),$$

dengan:

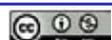
l_{rod} = panjang total elektrode. Nilai 1,15 sebagai penggambaran dalam kenyataan, kepadatan arus lebih tinggi di sekeliling elektrode di konduktor *grid* [11],[16].

3.5.2 Tegangan langkah

Tegangan langkah sesuai IEEE Std 80-2013 [11] didasarkan kepada berat badan seseorang sebesar 60 kg dan nilai resistans badan sebesar 1000 ohm, seperti ditunjukkan pada persamaan (30)

$$E_{step60} = \left[1000 + 6 C_{surface} (h_{step} \cdot K) \cdot \rho_{surface} \right] \frac{0,1365}{\sqrt{t_{shock}}} \quad (30).$$

Nilai $C_{surface}$ ditentukan penggunaan “Diagram alir prosedur perencanaan sistem pembumian di GI”, jika permukaan tanah penggunaan lapisan pengaman dengan nilai resistivitas yang tinggi, seperti lapisan batu kerikil, sedangkan nilai K merupakan faktor refleksi yang dihitung dengan persamaan (31).



$$K = \frac{(\rho_{ground} - \rho_{surface})}{(\rho_{ground} + \rho_{surface})} \quad (31).$$

Nilai t_{shock} ditentukan berdasarkan karakteristik pengoperasian *circuit breaker* (*cb*) “O-C-O” (*open-close-open*) masing diperhitungkan sebagai open-close dan close-open, sehingga 0,12 ditambah 0,12 diperoleh 0,24 detik. Dalam tinjauan teoritis ini dibulatkan menjadi 0,3 detik.

Tegangan langkah didefinisikan seperti persamaan (32).

$$E_{step} = \frac{\rho \cdot K_{mesh} \cdot K_i \cdot I_{grid, maks.}}{L_{tot.}} \quad (32),$$

dengan:

$L_{tot.} = L_{cond.} + l_{rod}$, untuk *grid* tanpa elektrode atau beberapa elektrode di tengah-tengah *grid*, atau

$L_{tot.} = L_{cond.} + 1,15 l_{rod}$, untuk *grid* dengan elektrode di sekeliling *grid*.

Penyederhanaan terhadap tegangan langkah maksimum diasumsikan terjadi di sisi luar sekeliling konduktor pada kedalaman *grid* yang sama (h). Untuk kedalaman $0,25 \leq h \leq 2,5$ meter diperoleh nilai perhitungan dengan persamaan (33).

$$K_{step} = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+d} + \frac{1}{D} (1 - 0,5^{n-2}) \right] \quad (33).$$

Kedalaman kurang dari 0,25 meter diperoleh nilai yang dihitung dengan persamaan (34).

$$K_{step} = \frac{1}{\pi} \left(\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+d} + \frac{1}{D} W \right) \quad (34),$$

dengan:

$$W = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \dots + \frac{1}{n-1}.$$

Untuk $n \geq 6$, maka nilai W , adalah

$$W = \frac{1}{2(n-1)} + \ln(n-1) - 0,423$$

3.5.3 Batasan-batasan untuk tegangan mesh dan langkah

Penggunaan persamaan (27) sampai (34) untuk penentuan E_{mesh} dan E_{step} perlu dilakukan beberapa batasan, yaitu (i) $n \leq 25$ meter; (ii) $0,25 \leq h \leq 2,5$; (iii) $d < 0,25 h$; dan (iv) $D > 2,5$ meter. Batasan tersebut berlaku untuk *grid* berbentuk segi empat atau persegi panjang dengan sejumlah konduktor. Pembatasan tersebut berkaitan dengan beberapa kasus ditemukan ketidakakuratan hasil perhitungan. Implementasi terhadap *grid* empat persegi panjang dengan jarak antar konduktor sama, nilai n untuk penentuan E_{mesh} pada perhitungan K_{mesh} dan K_i digunakan persamaan (35).

$$n = \sqrt{n_A \cdot n_B} \quad (35),$$

dengan n_A dan n_B , adalah jumlah konduktor pada masing-masing sisi (sisi membujur dan melintang).

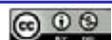
Untuk penentuan E_{step} pada perhitungan nilai K_{step} dan K_i digunakan nilai n maksimum, yaitu penggunaan nilai n_A dan n_B terbesar (maksimum) atau seperti persamaan (36).

$$n = \text{maks.}(n_A, n_B) \quad (36).$$

3.5.4 Panjang minimum konduktor tertanam

Perhitungan awal untuk konduktor tertanam, berpedoman pada ketentuan, bahwa tegangan sentuh maksimum di dalam daerah pembumian harus di bawah nilai aman. Berdasarkan nilai aman tersebut, maka nilai E_{mesh} lebih kecil dari E_{touch} atau $E_{mesh} < E_{touch}$. Tegangan sentuh tersebut berdasarkan IEEE Std 80-2013 [11], didasarkan kepada berat badan seseorang sebesar 60 kg dengan penggunaan persamaan (37).

$$E_{touch, 60} = \left[1000 + 6 C_{surface}(h_{step}, K) \cdot \rho_{surface} \right] \frac{0,1365}{\sqrt{t_{shock}}} \quad (37).$$



Penggunaan persamaan (37) yang disubstitusi ke persamaan yang dikemukakan oleh Dalziel [42] sebagai konversi tegangan sentuh pada seseorang. Perhitungan tegangan sentuh untuk seseorang dengan berat badan 50 dan 70 kg, digunakan persamaan (38) dan (39) [42],[11],[16].

dan

$$E_{touch\ 50} = [1000 + 6 C_{surface}(h_{step}, K) \cdot \rho_{surface}] \frac{0,116}{\sqrt{t_{shock}}} \quad (38),$$

$$E_{touch\ 70} = [1000 + 6 C_{surface}(h_{step}, K) \cdot \rho_{surface}] \frac{0,157}{\sqrt{t_{shock}}} \quad (39),$$

sehingga diperoleh:

$$\frac{\rho \cdot K_{mesh} \cdot K_i \cdot I_{grid, maks.}}{L} < [1000 + 1,5 C_{surface}(h_{step}, K) \cdot \rho_{surface}] \frac{0,116}{\sqrt{t_{shock}}} \quad (40).$$

Berdasarkan persamaan (40) diperoleh panjang konduktor minimum untuk $E_{mesh} < E_{touch\ 50}$, seperti persamaan (41) [42],[11],[16].

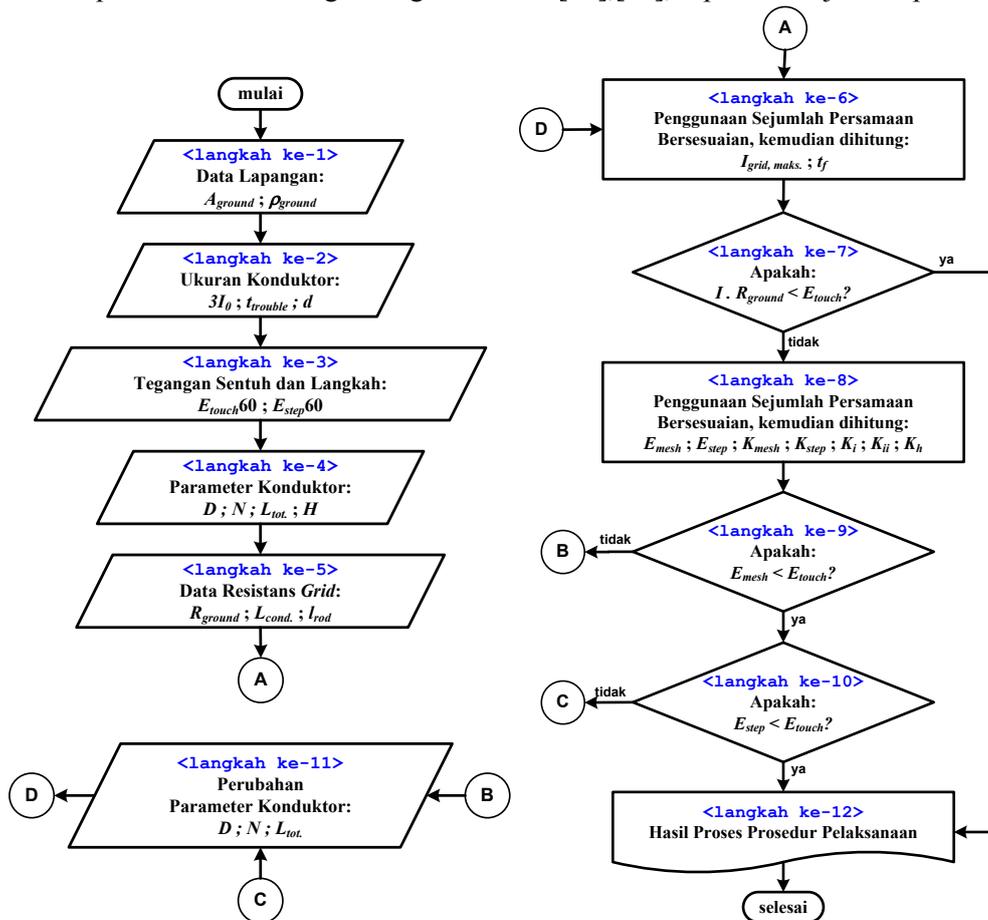
$$L > \frac{\rho \cdot K_{mesh} \cdot K_i \cdot I_{grid, maks.} \cdot \sqrt{t_{shock}}}{[16 + 0,174 \cdot C_{surface}(h_{step}, K) \cdot \rho_{surface}]} \quad (41),$$

Panjang konduktor minimum untuk $E_{mesh} < E_{touch\ 70}$ digunakan persamaan (42).

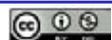
$$L > \frac{\rho \cdot K_{mesh} \cdot K_i \cdot I_{grid, maks.} \cdot \sqrt{t_{shock}}}{[157 + 0,235 \cdot C_{surface}(h_{step}, K) \cdot \rho_{surface}]} \quad (42).$$

3.6 Diagram Alir Tahapan dan Urutan Prosedur

Tahapan dan urutan prosedur dibuat dalam bentuk diagram berdasarkan tahapan-tahapan perolehan tujuan penelitian. Diagram alir tahapan dan urutan prosedur pelaksanaan konstruksi terhadap sistem pembumian model grid di gardu induk [11],[16], seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram alir tahapan dan urutan prosedur pelaksanaan konstruksi terhadap sistem pembumian model grid di gardu induk



4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka ditarik kesimpulan sesuai tujuan, yaitu (1) Setiap elemen sistem pembumian model *grid*, harus dengan kriteria konduktivitas cukup, tahan terhadap kerusakan mekanis, dan secara mekanis dapat diandalkan dan kuat. Bahan tembaga dan aluminium menjadi pilihan; (2) Penentuan kondisi tanah didasarkan kepada (i) struktur, (ii) nilai resistivitas, dan (iii) model tanah; (3) Perhitungan nilai resistans bumi pada sistem pembumian berkenaan dengan jumlah lapisan dan keseragaman tanah; (4) Perhitungan arus *grid* maksimum, meliputi (i) penentuan lokasi dan jenis gangguan terburuk, (ii) penghitungan faktor pembagi arus gangguan, (iii) penghitungan faktor penurunan, dan (iv) penentuan faktor koreksi proyeksi; (5) Perhitungan tegangan *mesh* dan langkah, meliputi (i) tegangan *mesh* (*mesh voltage*) dan (ii) tegangan langkah (*step voltage*), (iii) batasan-batasan untuk tegangan *mesh* dan langkah, dan (iv) panjang minimum konduktor tertanam; dan (6) Diagram alir pelaksanaan prosedur konstruksi sistem pembumian model *grid* merupakan urutan kriteria parameter-parameter yang wajib dipenuhi untuk perolehan sistem pengaman yang efisien, tetapi aman bagi manusia sesuai standard *IEEE*. Rekomendasi terhadap hasil tinjauan teoritis ini digunakan untuk publikasi lanjutan, berupa implementasi yaitu procedure konstruksi diimplementasikan untuk evaluasi sejumlah sistem pembumian di gardu induk penaik tegangan di area pembangkitan atau gardu induk penurun tegangan.

REFERENSI

- [1] S.L. Uppal, "Chapter 24 Static Substation," in *Electrical Power*. Delhi: Khanna Publisher, 1984, pp. 752-776.
- [2] A. Arismunandar, S. Kuwahara, *Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik: Jilid I Pembangkit dengan Tenaga Air*, Cetakan Kelima. Jakarta: Pradnya Paramita, 1991.
- [3] U.S. Department of Energy, Office of Electricity Delivery and Energy Reliability. (published 2015, July). *United States Electricity Industry Primer*. [Online]. DOE/OE-0017, p. 4. Available: <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/12/f28/united-states-electricity-industry-primer.pdf>
- [4] World Energy Council, *World Energy Resources 2016*. [Online]. (24th edition of the World Energy Resources report), pp. 3-11. Available: <https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2016/10/World-Energy-Resources-Full-report-2016.10.03.pdf>
- [5] UK Essays. (published 2015, March 23; viewed 24th Jan. 2018). General Structure of Electrical Power System Engineering. [Online]. Available: <https://www.ukessays.com/essays/engineering/general-structure-of-electrical-power-system-engineering-essay.php?cref=1>.
- [6] J. Burke, "How a Substation Happens," in *The Electric Power Engineering Handbook: Electric Power Substations Engineering*, Third Edition, (J.D. McDonald, ed.). Boca Raton, FL: CRC Press, 2012, pp. 1-7.
- [7] M. Zhang. (2015, Apr. 1-3). "Energy Technology Exploration of Element Power Transmission and Distribution System," in *Proc. of International Conference International Conference on Mechatronics, Electronic, Industrial and Control Engineering (MEIC 2015)*, Shenyang, China. [Online]. *Advances in Engineering Research* Volume 8, pp. 1302-1305. Available: http://download.atlantispress.com/php/download_paper.php?id=19930
- [8] A. Goeritno, S. Rasiman. (published 15th June 2017). "Performance of Bulk Oil Circuit Breaker (BOCB) Influenced by Its Parameters (Case Study at the Substation of Bogor Baru)," in *The 3rd International Conference on Engineering, Technology and Industrial Application (ICETIA)*. [Online]. Available: <http://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.4985446>
- [9] J. Randolph, P.C. Bolin, and A.L. Clapp, "Substation," in *Standard Handbook for Electrical Engineers*, H.W. Beaty and D.G. Fink (editors). New York, NY: McGraw-Hill, 2013, pp. 17.2-17.5.
- [10] Power Systems Engineering. (published 30th May 2012; viewed 24th Jan. 2018). *Why We Need Electrical Power Substations*. [Online]. Available: <http://peguru.com/2012/05/why-d-we-need-electrical-power-substations/>



- [11] IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding, IEEE Std 80-2013 (Revision of IEEE Std 80-2000), 2015.
- [12] H.M. Khodr, G.A. Salloum, and Vladimiro Miranda. (2006, Aug. 15-18). "Grounding System Design in Electrical Substation: An Optimization Approach," in *Proc. 2006 IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition: Latin America, 2006*, Caracas, Venezuela. [Online]. TDC '06 IEEE/PES, pp. 1-5. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/document/4104575/>
- [13] C.R. Bayliss and B.J. Hardy, "Earthing and Bonding," in *Transmission and Distribution Electrical Engineering*, Third edition. Burlington, MA: Elsevier, Ltd., 2007, pp. 215-232.
- [14] R.P. Keil, "Substation Grounding," in *The Electric Power Engineering Handbook: Electric Power Substations Engineering*, Third Edition, (J.D. McDonald, ed.). Boca Raton, FL: CRC Press, 2012, pp. 1-22.
- [15] I. Baleva, "Substation Grounding," M.S. thesis, Electrical and Electronics Engineering, California State Univ., Sacramento, CA, (Aug. 3). 2012.
- [16] V. Balev and P. Charan, "Substation Grounding Optimization," M.S. thesis, Electrical and Electronics Engineering, California State Univ., Sacramento, CA, 2013.
- [17] Effects of Current Passing Through the Human Body, CIE/IEC 497-1:1994, (Revision of CIE/IEC 497-1:1987) 1994.
- [18] A. Ouazani, A. Khellassi, I. Habi, "The Effect of Electric Current on the Human Body," in *International Conference on Systems, Signal Processing and Electronics Engineering (ICSSEE'2012)*, Dubai (UAE), pp. 207-209, December 26-27, 2012.
- [19] IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Grounding System, IEEE Std 81-2012 (Revision of IEEE Std 81-1983), 2012.
- [20] A. El-Morshedy, A.G. Zeitoun, M.M. Ghourab, "Modeling Of Substation Grounding Grids," in *IEEE Proceedings C - Generation, Transmission And Distribution*, 133(5), July 1986, pp. 287-292.
- [21] E.M. Elrefaie, S. Ghoneim, M. Kamal, R. Ghaly, "Evolutionary strategy technique to optimize the grounding grids design," in *Power and Energy Society General Meeting 2012 IEEE*, pp. 1-6, 2012.
- [22] E. Wilcox and M. Lamendola. (published 1st Jan. 2000). "Why Test Grounding?," in EC&M. [Online]. Available: <http://www.ecmweb.com/content/why-test-grounding>
- [23] A. Arismunandar, S. Kuwahara, *Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik: Jilid III Gardu Induk*, Cetakan Kelima. Jakarta: Pradnya Paramita, 1991.
- [24] IEEE Guide for Generating Station Grounding, IEEE Std 665-1995 (R2001) (Revision of IEEE Std 665-1987), 2011.
- [25] F. Wenner, "A method of measuring earth resistances," in *Bulletin of Bureau Standard*, 12(3), Rep. 258, pp. 469-482, 1916.
- [26] H.B. Dwight, "Calculations of Resistances to Ground," in *AIEE Transactions*, pp. 1319-1328, December 1936.
- [27] S.J. Schwarz, "Analytical expression for resistance of grounding systems," in *AIEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, vol.73, no.13, part III-B, pp. 1011-1016, Aug. 1954.
- [28] F. Dawalibi and D. Mukhedkar, "Influence of ground rods on grounding systems," in *IEEE Transactions on Power Apparatus and System*, PAS-98(6), pp. 2089-2098, November/December 1979.
- [29] J. He, G. Yu, J. Yuan, R. Zeng, B. Zhang, J. Zou, Z. Guan, "Decreasing Grounding Resistance of Substation by Deep-Ground-Well Method," in *IEEE Transactions On Power Delivery*, vol. 20, no. 2, pp. 738-744, April 2005.
- [30] C.J. Blattner, "Study of driven ground rods and four point soil resistivity data," in *IEEE Transactions Power Apparatus and System*, PAS-101(8), pp. 2837-2850, August 1982.
- [31] J.G. Sverak, "Optimized grounding grid design using variable spacing technique," in *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, vol. PAS-95, no.1, pp. 362-374, Jan./Feb. 1976.
- [32] Y.L. Chow and M.M.A. Salama, "A Simplified Method for Calculating the Substation Grounding Grid Resistance," in *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 9, No. 2, pp. 736-742, April 1994.



- [33] IEEE Standard for Qualifying Permanent Connections Used in Substation Grounding, ANSI/IEEE Std 837-2014 (Revision of ANSI/IEEE Std 837-1989), 2014.
- [34] J.G. Sverak, "Simplified analysis of electrical gradients above a ground grid: Part I — How good is the present IEEE method?," in *IEEE Transaction on Power Apparatus and Systems*, PAS-103(1), pp. 7–25, January 1984.
- [35] B. Thapar, V. Gerez, Balakrishnan, D.A. Blank, "Simplified Equations for Mesh and Step Voltages in an AC Substation," in *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 6, no. 2, pp. 601-607, April 1991.
- [36] F. Dawalibi and D. Mukhedkar, "Optimum Design of Substation Grounding in Two layer Earth Structure (Part II)," in *IEEE Transactions on Power and Apparatus and Systems*, vol. 94, no. 2, pp. 262-266, March- April 1975.
- [37] F. Dawalibi, J. Ma, R.D. Southey, "Behavior of Grounding System in Multilayer Soils: A Parametric Analysis," in *IEEE Transaction on Power Delivery*, vol. 9, no. 1, pp. 333-342, January 1994.
- [38] Puttarach, N. Chakpitak, T. Kasirawat, and C. Pongsriwat, "Substation Grounding Grid Analysis with the Variation of Soil Layer Depth Method," in *IEEE PES International Conference Power Technology*, Lausanne, Switzerland, pp.1881-1886, July, 2007.
- [39] M.G. Unde, B.E. Kushare, "Grounding Grid Performance of Substation in Two Layer Soil - A Parametric Analysis," in *International Journal of Engineering Sciences & Emerging Technologies*, vol. 1, Issue 2, pp. 69-76, February 2012.
- [40] T.A. Short, "Grounding and Safety," in *Electric Power Distribution Handbook*, Boca Raton, FL: CRC Press LLC, 2004, pp. 13.1-13.48.
- [41] A. Phayomhom, S. Sirisumrannukul, T. Kasirawat, A. Puttarach, "Safety Design Planning of Ground Grid for Outdoor Substations in MEA's Power Distribution System," in *ECTI Transactions on Electrical Engineering, Electronics, and Communications*, vol. 9, no.1, pp. 101-112, February 2011.
- [42] C.F. Dalziel, "Threshold 60-cycle fibrillating currents," in *AIEE Transactions Power Apparatus System*, 79, pp. 667–673, 1960.



Implementasi Pengaturan Kelembaban Tanah Pembumian Berbasis Mikrokontroler Arduino

Hikmatul Amri¹, Jefri Lianda¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bengkalis, Bengkalis, Riau.

Informasi Artikel

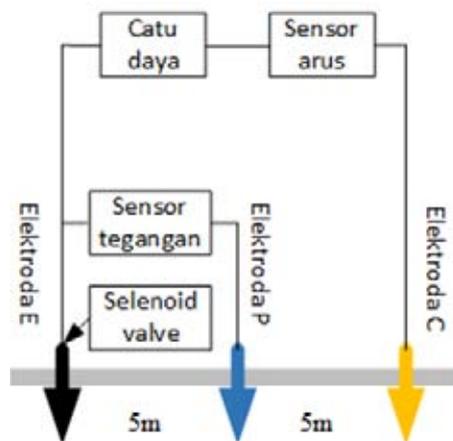
Naskah Diterima : 14 Mei 2018

Direvisi : 6 Juni 2018

Disetujui : 21 Juni 2018

*Korespondensi Penulis :
hikmatul_amri@polbeng.ac.id
jefri@polbeng.ac.id

Graphical abstract



Abstract

In the measurement of grounding resistance in an installation is strongly influenced by type of soil in which grounding electrode is installed, soil layer, soil moisture and temperature. In measurement of grounding resistance, electrical installation condition grounding resistance must be less than or equal to 5Ω . To obtain accurate grounding resistivity measurement results, application of digital system is required. In this research is implementation of reading system, monitoring the grounding resistance and maintaining soil moisture level on the electrode rod so that the maximum 5Ω grounding resistance threshold can be maintained. The purpose of this system is to monitor value of grounding resistance in building area and maintaining soil moisture level for grounding resistance always in ideal conditions. The system can read grounding resistance by obtaining information from a voltage and current sensor, displaying data to LCD and maintaining soil moisture by controlling solenoid valve water that regulates flow of water from tank to ground implanted rod electrode. From the research that has been done, reading error of grounding resistance is 2.40% when compared to meeger measuring instrument, and controller response in regulating solenoid valve water if grounding resistance rises above 5Ω because dry soil has 100% success.

Keywords: grounding resistance, voltage and current sensor, solenoid valve water

Abstrak

Dalam pengukuran tahanan pembumian pada sebuah instalasi sangat dipengaruhi oleh jenis tanah tempat dielektroda pembumian ditanam, lapisan tanah, kelembaban tanah dan temperatur. Pada pengukuran tahanan pembumian, syarat sebuah instalasi listrik harus memiliki tahanan pembumian kurang dari atau sama dengan 5Ω . Untuk memperoleh hasil pengukuran tahanan pembumian yang akurat maka dibutuhkan penerapan sistem digital. Pada penelitian ini merupakan implementasi sistem pembacaan, pemantauan tahanan pembumian dan menjaga tingkat kelembaban tanah pada batang elektroda agar batas ambang tahanan pembumian maksimal 5 ohm bisa terjaga. Tujuan sistem ini untuk memantau nilai tahanan pembumian pada area gedung dan menjaga tingkat kelembaban tanah agar tahanan pembumian pada kondisi ideal. Sistem ini bisa membaca tahanan pembumian dengan memperoleh informasi dari sensor tegangan dan arus, menampilkan data pada LCD dan menjaga kelembaban tanah dengan mengontrol solenoid valve water yang mengatur aliran air dari tangki ke tanah yang ditanamkan elektroda batang. Dari penelitian yang sudah dilakukan diperoleh hasil eror pembacaan tahanan pembumian sebesar 2,40 % jika dibandingkan alat ukur meeger, dan respon kontroler dalam mengatur solenoid valve water jika tahanan pembumian naik diatas 5 ohm karena tanah yang kering memiliki tingkat keberhasilan sebesar 100%.

Kata kunci: tahanan pembumian, sensor tegangan dan arus, solenoid valve water

© 2017 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, sistem pengukuran semakin berperan penting dalam kehidupan manusia. Sistem tersebut sangat membantu pekerjaan manusia.

Peranan penting dari sistem pengukuran merambah dalam segenap aspek kehidupan manusia. Pemanfaatan sistem pengukuran instrumentasi ini memberikan kemudahan bagi para teknisi lapangan salah satunya adalah dalam pengukuran nilai tahanan pembumian (*grounding*).

Dalam pengukuran tahanan pembumian pada sebuah instalasi sangat dipengaruhi oleh jenis tanah tempat dielektroda pembumian ditanam, lapisan tanah, kelembaban tanah dan temperatur. Pada pengukuran tahanan pembumian syarat sebuah instalasi listrik harus memiliki tahanan pembumian kurang dari atau sama dengan 5Ω [1]. Untuk memperoleh hasil pengukuran tahanan pembumian yang akurat maka dibutuhkan penerapan sistem digital.

Pada umumnya alat ukur tahanan pembumian/earth meter yang terdapat di pasaran sistem pembacaannya masih menggunakan jarum atau analog sehingga dalam pembacaan hasil pengukuran tergantung dari kejelian mata penguji/human error sering terjadi [2][3]. Untuk itu penulis ingin membuat sistem pengukuran tahanan pembumian otomatis yang tampilan terlihat langsung (digital) dan jika tahanan tanah naik maka sistem akan berusaha menjaga tahanan tanah tetap di batas ambang yang diperbolehkan. Sistem ini nantinya akan dipasang pada gedung-gedung sehingga sistem grounding pada gedung tersebut dapat maksimal.

Idealnya suatu pembumian besar tahananannya 0 ohm. Tidak ada satu standar mengenai ambang batas nilai tahanan pembumian yang harus diikuti oleh semua badan. Semakin kecil tahanan pembumian semakin baik. Tetapi badan NFPA dan IEEE telah merekomendasikan nilai tahanan pembumian lebih kecil atau sama dengan 5Ω [2]. Peralatan yang digunakan untuk mengukur tahanan pembumian adalah: digital earth resistance tester [3].

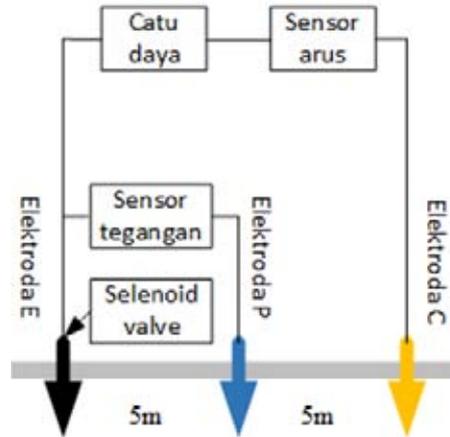
Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Defi yaitu perancangan alat ukur impedansi pembumian. Pada penelitiannya ini, penulis membuat perancangan dilakukan untuk memperoleh alat ukur impedansi pembumian yang mampu mengukur tegangan puncak, arus puncak dan impedansi pembumian dalam satu kesatuan pengukuran. Pengujian alat ukur dilakukan di laboratorium menggunakan sumber tegangan impuls 400V dan rangkaian-rangkaian pengganti untuk keperluan pengujian. Hasil pengujian alat ukur impedansi pembumian ini menunjukkan bahwa alat ukur telah dapat digunakan untuk pengukuran impedansi impuls dan tahanan DC yang menggunakan rangkaian pengganti dengan mengabaikan pengaruh pengkabelan sehingga kesalahan relatifnya cukup kecil 7,13 % [3].

Pada penelitian sebelumnya dilakukan oleh Managam dan Martin dengan judul penentuan nilai impedansi pembumian elektroda batang tunggal berdasarkan karakteristik response impuls. Peristiwa sambaran petir menyebabkan arus impuls dengan frekuensi tinggi sampai orde KHz, sehingga ketika sistem pembumian bekerja karena dikenai arus impuls petir, maka dari hasil penelitian diperoleh rata-rata persentase perbedaan antara resistansi pembumian yang diukur dengan sumber DC dan impedansi pembumian yang diukur dengan sumber impuls sebesar 8,0 %. Dari model tersebut dihitung nilai impedansi pembumian untuk berbagai variasi kedalaman elektroda batang pembumian dari kedalaman 2 sampai 6 meter berdasarkan respon impulsnya. Dari hasil-hasil pengukuran dan perhitungan diperoleh nilai impedansi pembumian terkecil sebesar 23,01 Ohm pada kedalaman elektroda batang 6 meter dengan penurunan impedansi pembumian rata-rata pada setiap kedalaman 1 meter, mulai 2 meter sampai 6 meter sebesar 5,25 Ohm [4].

Pada penelitian sebelumnya dilakukan oleh Jovanović dan kawan kawan dengan menganalisis perbandingan karakteristik sistem pentanahan dari elektroda plat dan grid sebagai bagian dari sistem grounding. Elektroda elektroda plat berupa plat dengan ukuran tertentu yang ditanam pada tanah dan pada satu sisinya dihubungkan dengan sistem pembumian pada instalasi gedung/perumahan sedangkan elektroda grid merupakan elektroda yang membentuk kisi-kisi. Penelitian dilakukan dengan membuat kombinasi pemasangan vertikal dan hirzontal untuk masing-masing elektroda. Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat menyimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara karakteristik elektroda *grid* dan *plate* untuk dimensi yang sama. Disisi lain konstruksi grid lebih murah biayanya jika dibandingkan dengan konstruksi plat, sehingga konstruksi grid menjadi pilihan baru dalam sistem pembumian/*grounding* [5].

Pada penelitian sebelumnya dilakukan oleh Amri dan Jefri dengan judul rancang bangun alat pendeteksi resistansi tanah. Penelitian dilakukan dengan membuat alat ukur tahanan pembumian pengganti *earth tester* dengan mengkombinasikan sensor tegangan DC dan sensor arus tipe ACS712 5A untuk mendapatkan nilai tahanan. Dari hasil pengujian yang dilakukan dapat diketahui rata-rata eror adalah 2,3% jika dibandingkan dengan alat ukur keluaran pabrik yang sudah terkalibrasi [6].

Beberapa cara yang bisa dilakukan untuk mendapatkan tahanan pembumian yang kecil adalah dengan memperdalam penanaman elektroda, memperluas area elektroda dan mencari lokasi tanah yang selalu lembab/basah [7][8]. Untuk itu pada penelitian ini, penulis meneliti tentang rancang bangun alat yang dapat menjaga kelembaban tanah agar mendapatkan tahanan pembumian yang ideal dengan cara menambahkan sistem panyiraman tanah secara otomatis dan terkontrol melalui *solenoid valve water*. Tata letak *hardware* sistem pengaturan kelembaban tanah pada tahanan pembumian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tata letak pemasangan sensor dan aktuator

Dari Gambar 1 dapat diketahui bahwa sensor tegangan dipasang pada elektroda E dan P, sensor arus dipasang pada elektroda E dan C dan solenoid valve water dipasang tepat pada elektroda E untuk menjaga tanah tetap pada kondisi lembab sehingga tahanan pembumian dapat dijaga agar tidak melewati batas ambang. Jarak pemasangan elektroda P, E dan C adalah 5 – 10 Meter [3][6][8].

2. METODE PENELITIAN

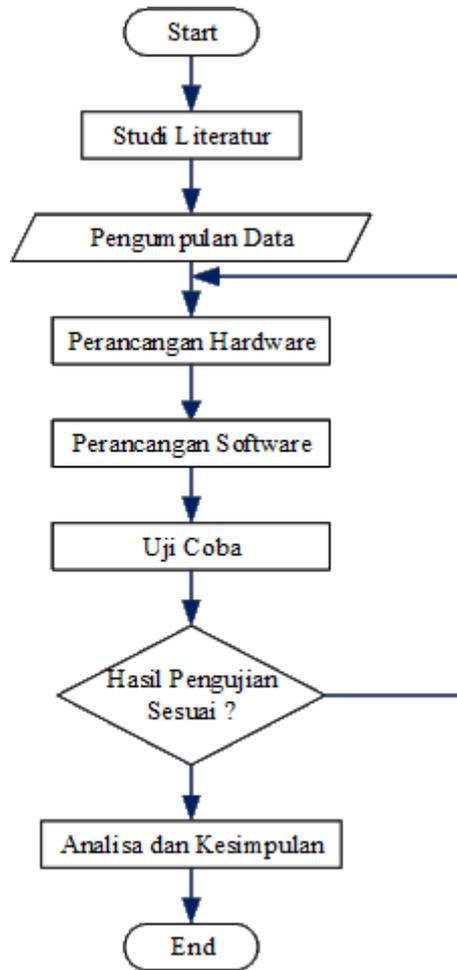
2.1 Metode Penelitian

Secara garis besar, penelitian dilakukan secara bertahap seperti yang akan dijelaskan sebagai berikut:

- a. Melakukan studi literatur sehingga dapat menentukan langkah-langkah merancang sistem.
- b. Perancangan plant secara umum dibagi menjadi 2, yaitu perancangan *hardware* (Perangkat keras) dan perancangan *software* (perangkat lunak). Tahap berikutnya menentukan apa saja komponen yang diperlukan baik hardware maupun algoritma.
- c. Pada *software* juga terbagi menjadi 2 bagian yaitu algoritma yang berfungsi untuk pembacaan sensor-sensor, pengolahan data sensor dan algoritma penjagaan tahanan pembumian untuk tetap mempertahankan pada batas ambang tahanan pembumian
- d. Merealisasikan sistem sesuai dengan perancangan dan analisis yang telah dilakukan.
- e. Tahap selanjutnya melakukan pengujian tahanan pembumian kemudian membandingkan dengan pembacaan alat ukur untuk mengetahui keakurasian.
- f. Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan untuk mengetahui seberapa tingkat keberhasilan sistem, pengecekan sistem dengan rancangan serta melihat tingkat performatansi sistem.
- g. Langkah terakhir adalah analisis eror sistem dan penyebabnya.
- h. Penarikan kesimpulan.

2.2 Diagram Alir Penelitian

Secara sederhana proses sistem pengaturan kelembaban tanah pada tahanan pembumian dapat digambarkan melalui diagram alir pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

2.3 Perancangan Penelitian

Perhitungan nilai tahanan pembumian yang diidentifikasi oleh sensor arus dan tegangan. Untuk menghitung tahanan pembumian, maka digunakan rumus sebagai berikut [6]:

$$V = I * R$$

Dimana:

V : Tegangan terukur sensor tegangan (Volt).

I : Arus terukur sensor arus (Ampere).

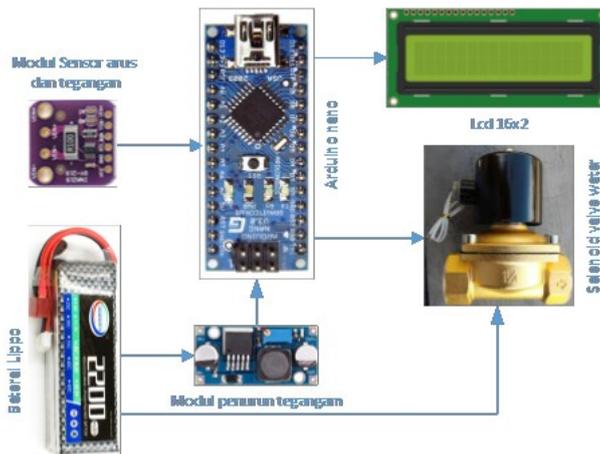
R : Tahanan (Ohm).

Misalkan tegangan terukur adalah 3V, arus terukur adalah 0,6 A., maka kita bisa menghitung tahanan pembumian sebagai berikut:

$$R = \frac{3V}{0.6A}$$

maka didapatkan nilai tahananannya sebesar: 5 Ohm

Desain perancangan peralatan untuk sistem pengaturan kelembaban tanah pada tahanan pembumian yang dibuat dapat dilihat secara lengkap pada Gambar 3. Sistem ini dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino Nano [9] atau jenis mikrokontroler lain sebagai otak/pengendali [10][11][12] dan dibantu beberapa I/O seperti modul arus dan tegangan DC sebagai masukan [14], LCD sebagai penampil data dan *solenoid valve water* [15] untuk mengatur katup air.

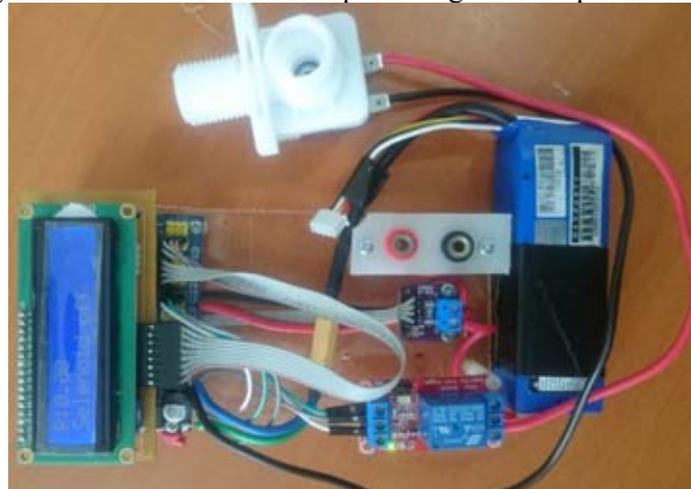


Gambar 3. Desain Perancangan Alat

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Perancangan Prototipe

Hasil perancangan penelitian ini yaitu telah membuat rangkaian elektronika dan pemasangan sensor arus dan tegangan yang akan digunakan untuk mengukur tahanan pembumian. Selain itu, persiapan pemasangan driver untuk solenoid valve agar dapat dikendalikan berdasarkan batas minimal tahanan pembumian yaitu di bawah 5 Ohm. Hasil perancangan alat dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Perancangan Prototipe

3.2. Hasil Pengujian Data

3.2.1. Hasil Pengujian Tahanan Pembumian

Hasil pengujian sensor arus dan tegangan ini akan mengukur besarnya tahanan pembumian. Setiap data yang diukur maka akan ditampilkan dengan satuan Ohm. Pada pengujian ini dilakukan menggunakan sensor arus tegangan tipe INA219. Adapun hasil dari pengujian hasil sensor dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Tahanan Pembumian

No	Nilai Tahanan (Ω)	Output Sensor			Alat Ukur (Ω)	Error (%)	
		Tegangan (V)	Arus (mA)	Tahanan (Ω)		Alat Ukur	Prototipe
1	3,9	11,41	101,07	4,11	4,6	17,95	5,38
2	4,7	11,41	2422,50	4,71	5,6	19,15	0,21
3	5,6	11,41	1984,34	5,75	6,8	21,43	2,68
4	6,8	11,41	1663,27	6,86	7,7	13,24	0,88
5	8,2	11,41	1984,34	8,55	9,4	14,63	4,27
6	10	11,41	1663,27	10,1	10,8	8,00	1,00
Rata-rata eror						2,40	15,73



3.2.2. Hasil Pengujian Keseluruhan

Hasil Pengujian keseluruhan sistem dilakukan dengan melakukan pengujian di lapangan untuk mengetahui kinerja sistem. Pada pengujian ini untuk mengetahui respon dari solenoid dalam mengatur aliran air pada sistem pembumian. Hasil pengujian keseluruhan sistem dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian keseluruhan sistem

No	Nilai Tahanan Terukur (Ω)	Kondisi relai	Respon Solenoid	Kondisi Air	Keterangan
1	4	Tidak aktif	Off	Tidak mengalir	Berhasil
2	4,5	Tidak aktif	Off	Tidak mengalir	Berhasil
3	4,8	Tidak aktif	Off	Tidak mengalir	Berhasil
4	4,9	Tidak aktif	Off	Tidak mengalir	Berhasil
5	5	Tidak aktif	Off	Tidak mengalir	Berhasil
6	5,1	Aktif	On	Mengalir	Berhasil
8	5,2	Aktif	On	Mengalir	Berhasil

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian tentang sistem pengaturan kelembaban tanah pada tahanan pembumian ini dapat diambil kesimpulan yaitu sebagai berikut:

- a. Dari hasil pengujian yang dilakukan dapat diketahui rata-rata eror adalah 2,4% jika dibandingkan dengan alat ukur keluaran pabrik yang sudah terkalibrasi.
- b. Hasil pengujian keseluruhan sistem menunjukkan bahwa sistem bekerja dengan baik yaitu: jika tahanan pembumian yang dideteksi di atas 5 Ohm maka relai akan aktif untuk membuka keran pada solenoid sehingga air bisa mengalir dari tangki ke batang elektroda.

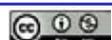
4.2 Saran

Saran yang diberikan untuk penelitian ini yaitu agar dapat dikembangkan dari segi teknologi yaitu:

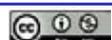
- a. Sistem pengaturan bisa dilakukan secara manual jika sistem otomatis gagal dan dilakukan jarak jauh dengan model remot kontrol.
- b. Pemantauan bisa dilakukan secara *realtime* secara lokal maupun global melalui teknologi *internet of thing* (IoT)

REFERENSI

- [1] M. Saini, A.M.S. Yunus, A. Pangkung, "Pengembangan Sistem Penangkal Petir dan Pentanahan Elektroda Rod dan Plat", *Journal INTEK*, vol.3, no.2, 2016.
- [2] N. Rameli, M.Z.A. Ab-Kadir, M. Izadi, C. Gomes, N. Azis, "Effect of the grounding system on the lightning current profile along a tall structure", *The Institution of Engineering and Technology (IET) Journals*", vol.9, iss.6, pp. 717–727, 2015.
- [3] R. Defi, "Perancangan Alat Ukur Impedansi Pembumian", *Jurnal Teknik Elektro, Universitas Negeri Semarang*, vol.1, no.2, Nov 2011.
- [4] R. Managam, Y. Martin, "Penentuan Nilai Impedansi Pembumian Elektroda Batang Tunggal Berdasarkan Karakteristik Response Impuls", *Jurnal ELKHA, Universitas Tanjungpura*, vol.2, no.2, 2010.
- [5] D. Jovanović, N. Cvetković, N. Raičević, "Comparative Analysis of Plate and Grid Ground Electrode Characteristics as a Part of Grounding System", *IEEE*, 978-1-5090-3720-9/16, 2016
- [6] H. Amri, L. Jefri, "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Resistansi Tanah", *Seminar Nasional Industri dan Teknologi (SNIT)*, 2017.
- [7] M. Mukhsim, Fachrudin, Z.M. Fuad, "Simulasi Pengaruh Kedalaman Penanaman dan Jarak Elektroda Tambahan Terhadap Nilai Tahanan Pembumian", *Jurnal Widya Teknika*, vol.22, no.2, Oktober 2014.



- [8] H. Isyanto, Nurchosid, “Disain Optimalisasi Jarak Grid dan Ground Rod Pada Sistem Pembumian”, Jurnal Elektum Vol. 14 No. 1, April 2017.
- [9] A.D.B. Sadewo, E.R. Widasari, A. Muttaqin, "Perancangan Pengendali Rumah menggunakan Smartphone Android dengan Konektivitas Bluetooth", Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, vol.1, no. 5, Mei 2017.
- [10] E.D. Arisandi, “Kemudahan Pemrograman Mikrokontroller Arduino Pada Aplikasi Wahana Terbang”, Jurnal ilmiah SETRUM, vol.3, no.2, Desember 2014.
- [11] A. Goeritno, Ritzkal, A. Johan, “Kinerja Prototipe Sistem Elektronis Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno R3 Untuk Pemantauan Analogi Instalasi Listrik”, Jurnal Ilmiah SETRUM, vol.5, no.2, Desember 2016.
- [12] R.T. Yunardi, Winarno, Pujiyanto, “Analisa Kinerja Sensor Inframerah dan Ultrasonik untuk Sistem Pengukuran Jarak pada Mobile Robot Inspection”, Jurnal Ilmiah SETRUM, vol.6, no.1, Juni 2017.
- [13] H. Prayitno, E. Rahmawati, “Penentuan Efisiensi Motor DC Menggunakan Mikrokontroler Atmega 328”, Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI), vol.06, no.03, 2017.
- [14] Sutono, “Monitoring Distribusi Air Bersih”, Jurnal Ilmiah SETRUM, vol.5, no.1, Juni 2016.
- [15] Texas Instrument, Data Sheet Sensor Arus dan Tegangan INA219, 2018, Tersedia dari: <https://www.adafruit.com/product/904>, [URL dikunjungi pada 14 Juni 2018]
- [16] Board Arduino Nano, 2018, Tersedia dari: <https://store.arduino.cc/arduino-nano>, [URL dikunjungi pada 14 Juni 2018].



Identifikasi Osteoporosis Pada *Vertebra Spinalis* Menggunakan Metode *Blended Statistical-Index Singh*

Wiyono¹, Budi Nugroho¹, Noviana Prima², Teguh Firmansyah², Siswo Wardoyo².

¹Jurusan Program Studi Teknik Elektronika, Akademi Teknologi Warga, Surakarta, Jawa Tengah.

²Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten.

Informasi Artikel

Naskah Diterima : 16 April 2018

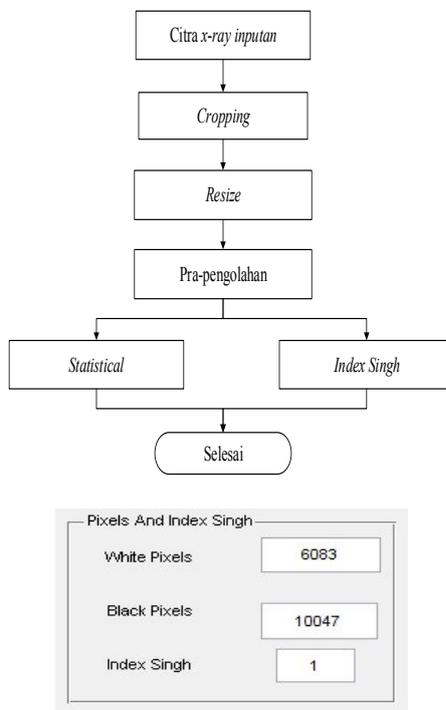
Direvisi : 10 Juni 2018

Disetujui : 25 Juni 2018

*Korespondensi Penulis :

wiyono1967@gmail.com

Graphical abstract



Abstract

The purpose of this research is to make osteoporosis detection aid system by utilizing x-ray image of spinal vertebra as research specimen. To improve the accuracy of the identification system, then used blended method between statistical theory and Index Singh as the determinant of osteoporosis level. This study used 50 sampel test of x-ray image of spinal vertebra obtained from RSO dr. R, Soeharso Surakarta. The completion stage of this research is done by pre-processing x-ray image, calculating the area, calculating the number of pixels, and ending by calculating statistically and comparing Index Singh. The results of this study show the representation of the area based on the highest white pixel is 7,983 pixels while the lowest is 5,410 pixels. Having done the overall testing of this system can provide accuracy of 76%.

Keywords: Osteoporosis, vertebra spinalis, Statistical-Index Singh

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat sistem bantu deteksi osteoporosis dengan memanfaatkan citra hasil *x-ray vertebra spinalis* sebagai spesimen penelitian. Untuk meningkatkan akurasi sistem identifikasinya, maka digunakan *blended method* antara teori statistik dan *Index Singh* sebagai penentu tingkat osteoporosis. Penelitian ini menggunakan 50 sampel uji citra *x-ray vertebra spinalis* yang didapatkan dari RSO dr. R, Soeharso Surakarta. Tahapan penyelesaian penelitian ini dilakukan dengan melakukan pra-pengolahan citra *x-ray*, menghitung luas area, menghitung jumlah pixel, dan diakhiri dengan menghitung secara statistik dan komparasi *Index Singh*. Hasil penelitian ini menunjukkan representasi luas area berdasarkan *pixel* putih yang tertinggi adalah 7.983 *pixel* sedangkan yang terendah adalah 5.410 *pixel*. Setelah dilakukan pengujian secara keseluruhan sistem ini dapat memberikan akurasi sebesar 76%.

Kata kunci: Osteoporosis, vertebra spinalis, Statistical-Index Singh

© 2018 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

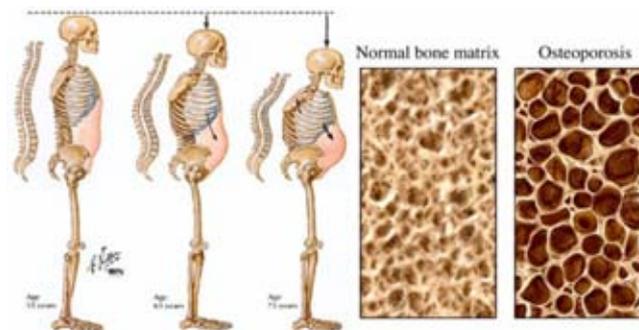
Keropos tulang atau osteoporosis adalah penyakit kronik yang ditandai dengan pengurangan *massa* tulang yang disertai kemunduran mikroarsitektur tulang dan penurunan jaringan kualitas tulang yang dapat menimbulkan kerapuhan tulang. Keadaan ini beresiko tinggi karena tulang menjadi rapuh dan mudah retak bahkan patah. Banyak orang tidak menyadari bahwa osteoporosis merupakan penyakit tersembunyi (*silent diseases*) [1], [2]. Osteoporosis umumnya terjadi ketika seseorang berumur lebih dari 45 tahun dan khususnya pada perempuan (80%) dibandingkan dengan laki-laki (20%) [3]. Di Indonesia pada tahun 2006, proporsi masyarakat Indonesia yang beresiko mengalami osteoporosis sebesar 19,7% dan terus meningkat seiring bertambahnya jumlah lansia. Yayasan Osteoporosis Internasional juga memberi pernyataan bahwa satu dari tiga perempuan dan satu dari

lima pria beresiko terkena osteoporosis. Pada wanita Indonesia, risiko terkena osteoporosis sebesar 23% di usia 50-80 tahun dan akan meningkat menjadi 53% pada usia 70-80 tahun, angka ini termasuk tinggi bila di dibandingkan negara lain di Benua Asia [4]. Meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap pendidikan dan kesehatan, menjadi alasan bertambah lamanya waktu hidup (*long life time*) seseorang, dari rata-rata usia 60-an menjadi 70-an [5]. Untuk mendukung kesadaran masyarakat tersebut maka diperlukan sistem bantu deteksi atau identifikasi osteoporosis yang handal, mudah, dan terjangkau.

Berdasarkan pemikiran tersebut maka pada penelitian ini akan dikembangkan sistem bantu deteksi tingkat osteoporosis menggunakan citra hasil *x-ray* (Radiologi). Perancangan perangkat lunak akan menggunakan algoritma *Index Singh-Statistical* sebagai penentuan tingkat osteoporosis. Pada penelitian ini dilakukan pengkuantisasian data dengan bantuan aplikasi perangkat lunak komputer, yang berupa algoritma pengolahan citra digital untuk meningkatkan kualitas citra (*Image Enhancement*), konvolusi dua dimensi, penghalusan, dan penajaman citra, serta deteksi tepian. Sebagai *state of the art*, pada penelitian ini digunakan metode kombinasi (*Blended*) antara *Statistical* dengan *Index Singh* agar akurasi sistem yang dihasilkan meningkat dari penelitian sebelumnya.

2. OSTEOPOROSIS DAN INDEX SINGH

Osteoporosis adalah berkurangnya kepadatan tulang yang progresif sehingga tulang menjadi rapuh dan patah [6]. Tulang terdiri dari mineral-mineral seperti kalsium dan fosfat, sehingga tulang menjadi keras dan padat. Untuk mempertahankan kepadatan tulang, tubuh memerlukan persediaan kalsium dan mineral lainnya yang memadai, dan harus menghasilkan hormon dalam jumlah yang mencukupi (hormon *paratiroid*, hormon pertumbuhan, *klasitonin*, *esterogen* pada wanita dan *testosteron* pada pria) [2].



Gambar 1. Struktur tulang penderita osteoporosis

Asupan vitamin D dapat membantu menyerap kalsium dari makanan dan memasukan kedalam tulang. Secara progresif, tulang meningkatkan kepadatan sampai tercapai kepadatan maksimal (sekitar usia 30 tahun). Setelah itu kepadatan tulang akan berkurang secara perlahan. Jika tubuh tidak mampu mengatur kandungan mineral dalam tulang maka tulang menjadi kurang padat dan lebih rapuh, sehingga terjadilah *osteporosis*.

Kolumna vertibralis atau rangkaian tulang belakang adalah sebuah struktur lentur yang dibentuk oleh sejumlah tulang yang disebut *vertebra* atau tulang belakang [7]. Diantara tiap dua ruas pada tulang belakang terdapat bantalan tulang rawan. Panjang rangkaian tulang belakang pada orang dewasa mencapai 57 sampai 67 cm. Seluruhnya terdapat 33 ruas tulang, 24 buah diantaranya adalah tulang-tulang terpisah dan 9 ruas sisanya bergabung membentuk 2 tulang [8].

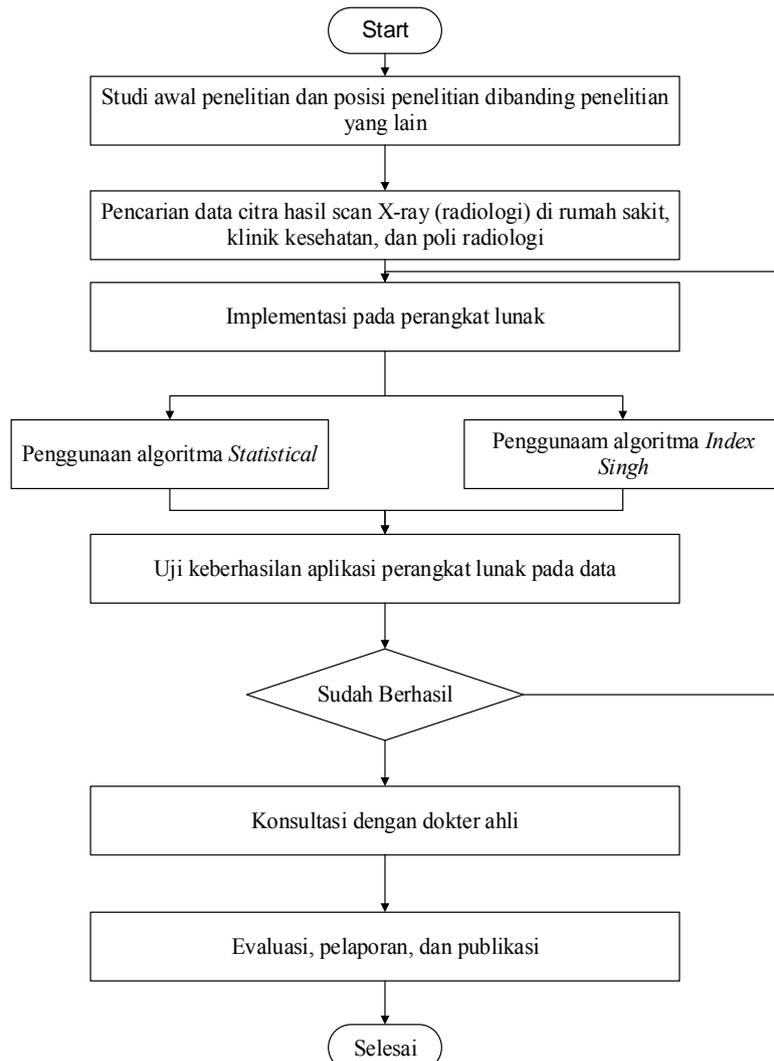
Vertebra dikelompokkan dan dinamai sesuai dengan daerah yang di tempatinya yaitu 1) *vertebra servikal* (7) atau ruas tulang bagian leher membentuk daerah tengkuk, 2) *vertebra thorakalis* atau ruas tulang punggung membentuk bagian belakang *thorak* atau dada sebanyak 12, 3) *vertebra lumbalis* atau ruas tulang punggung pinggang (sebanyak 5) membentuk daerah *lumbal* atau pinggang, 4) *vertebra sakralis* atau ruas tulang belakang membentuk sakrum atau tulang kelangkang sebanyak 5, dan 4 *vertebra koksigeus* atau ruas tulang ekor membentuk tulang *koksigeus* atau tulang ekor.

Singh dan kawan-kawan telah membuat suatu klasifikasi tingkat osteoporosis dengan melihat perubahan pola trabekula pada foto sinar X dari femur proksimal. *Singh* membagi perubahan pola trabekula proksimal femur menjadi 6 tingkat [9] yaitu, *grade 6* dimana semua kelompok trabekula

terlihat jelas. *Grade 5* kelompok trabekula kompresi sekunder terlihat tidak jelas, *grade 4* kelompok trabekula kompresi sekunder telah menghilang. *Grade 3* trabekula tensile hanya terlihat jelas di bagian atas leher femur dan *grade 2* hanya trabekula kompresi primer yang terlihat jelas, sedangkan *grade 1* trabekula kompresi primer sangat berkurang jumlahnya dan tidak jelas.

3. METODE PENELITIAN

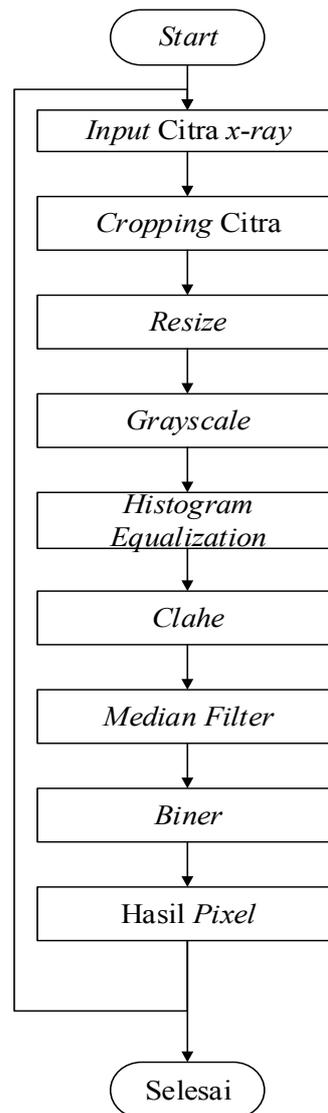
Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya yaitu penelitian [3] dan [5] dengan menambahkan metode kombinasi (*Blended*) antara *Statistical* dengan *Index Singh* agar akurasi sistem yang dihasilkan meningkat dari penelitian sebelumnya. Secara utuh penelitian ini seperti terlihat pada Gambar 2. Indeks Singh adalah metode sederhana yang murah untuk mengevaluasi kepadatan tulang, biasanya digunakan untuk menilai osteoporosis didasarkan pada penampilan radiologis dari struktur tulang *trabecular femur proksimal* pada *radiografi antero-posterior (AP)* [10].



Gambar 2. Flowchart langkah-langkah penelitian

Untuk mempersiapkan sampel citra yang akan digunakan untuk penelitian maka diperlukan proses-proses seperti terlihat pada Gambar 3. Sebagai citra masukan digunakan citra *x-ray* dari osteoporosis *vertebra spinalis* yang diperoleh dari sebuah alat pesawat sinar-X dengan nama merk Shimadzu tipe RADSPEED yang ditangkap pada bagian tulang belakang (*vertebra spinalis*) yang menghasilkan file foto *x-ray* kedalam bentuk format *Joint Photographic Group (JPG)* dengan resolusi sebesar *624 x 762 pixel* dari RS. Ortopedi Prof. Dr. Soeharso Surakarta yang telah divalidasi. Foto *x-ray* didapat sebanyak 50 sampel masing-masing dengan justifikasi osteoporosis, *osteopenia*, dan normal.





Gambar 3. Proses pengolahan citra x-ray

Sebagai tahap awal dilakukan proses *cropping* pada citra *x-ray* dengan resolusi 624 x 762 *pixel* menjadi 126 x 234 *pixel* pada bagian *Region Of Interest* (ROI) citra tulangnya saja dengan memangkas tepi-tepi pada bagian citra *x-ray*, karena untuk mempermudah dalam penganalisaan sehingga pada proses perhitungan area hanya fokus terhadap objek yang ditentukan saja dan dapat mempermudah ukuran penyimpanan citra.

Selanjutnya di-*resize* kedalam ukuran 127 x 127 *pixel* sehingga dimensi citra berukuran sama secara horizontal dan vertikal. Pada proses pengubahan ukuran citra ini juga bertujuan untuk mengurangi beban kerja komputer agar waktu komputasinya lebih cepat.

Tahapan selanjutnya di bagian ini merupakan proses awal (pra-pengolahan) yang dilakukan untuk mendapatkan kualitas citra yang baik serta memperoleh hasil dari *pixel* putih dan *pixel* hitam dari foto *x-ray vertebra spinalis*. Bagian ini dilakukan agar objek yang diinginkan dapat diperoleh dengan hasil yang maksimal. Data citra *x-ray* yang telah di-*resize* kemudian diubah ke dalam citra *grayscale*.

Setelah melalui proses *pre-processing grayscale*, citra *x-ray* masuk ke dalam tahap berikutnya yaitu dengan mengatur nilai *thresholding* agar dapat menentukan tingkat hitam dan putih pada citra yang bertujuan untuk mengetahui hasil objek dari jumlah *pixel* citra *x-ray* tulang *vertebra spinalis* yang ada pada luas *area* tersebut. Dari persamaan sebagai berikut:

$$Area = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m f(i,j)$$

Keterangan : $f(i,j) = 1$ jika (i,j) adalah *pixel* objek

Tahapan ke-4 proses ini merupakan bagian untuk mengetahui kerapatan tulang dengan menghitung total *pixel* dari suatu sempel pada data citra *x-ray* yang telah ditentukan objeknya dengan cara menghitung manual pada kolom dan baris dari citra *x-ray*, yaitu tulang *vertebra spinalis*. Perhitungan ini dilakukan agar hasil perhitungan dari hasil *pixel* citra *x-ray* dapat menentukan bagian dari masing-masing jumlah nilai dari total *pixel* citra *x-ray*.

Perhitungan manual jumlah *pixel*:

$$Total\ pixel = Kolom \times Baris$$

Penjumlahan hasil total *pixel* dari luas area:

$$Total\ pixel = \sum Pixel\ Putih + \sum Pixel\ Hitam$$

Tahapan akhir sistem bantu ini adalah merupakan tahap dari pengumpulan hasil data kuantitatif dari hasil perhitungan tingkat kerapatan tulang pada foto *x-ray vertebra spinalis*. Dalam metode ini hasil dari jumlah data yang telah ada diurutkan satu-persatu ke dalam tabel yang hanya terdiri dari jumlah *pixel* putih saja yaitu dari yang terbesar hingga terkecil. Dari hasil pengurutan tersebut akan diberikan label peng-index-an sesuai *index Singh* yang memiliki tingkatan dari 1 sampai 6. Metode ini digunakan sebagai pengelompokan dari masing-masing hasil *pixel* ke dalam *grade* atau pengklasifikasian tulang dari normal sampai osteoporosis. Metode ini dilakukan dengan mengkombinasikan antara *Statistical* dan *Index Singh*, maka dari *blended Statistical-Index Singh* bertujuan untuk meningkatkan nilai akurasi.

Pembagian kelompok untuk menentukan *index Singh* nya dari data nilai sampel yang didapat digunakan formulasi sebagai berikut:

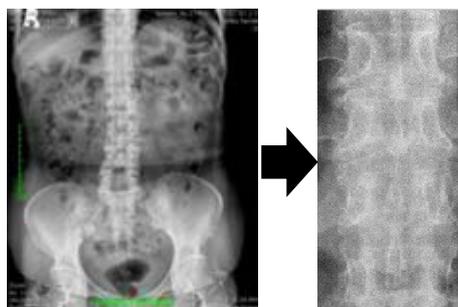
$$Kelompok = \frac{50\ Sempel}{6\ Grade}$$

Sedangkan untuk menentukan nilai presentase *pixel* putih untuk *index Singh* digunakan formulasi sebagai berikut:

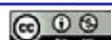
$$Presentase = \frac{Pixel\ Putih}{Pixel\ Putih + Pixel\ Hitam} \times 100\%$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian diawali dari hasil pre-processing sebagaimana dilakukan seperti pada Gambar 3. Tahapan tersebut menghasilkan spesimen citra yang akan diproses lebih lanjut untuk bahan penelitian ini. Hasil penelitian pertama kali dihasilkan seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Citra Asli dan Hasil Cropping

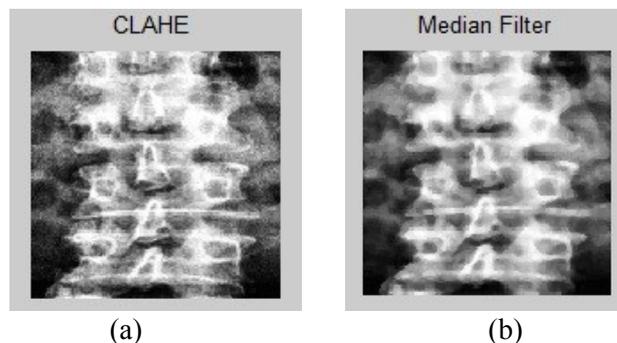


Porses selanjutnya adalah *histogram equalization* hal ini dilakukan untuk pemetaan derajat keabuan citra *x-ray vertebra spinalis* berubah lebih merata sehingga setiap derajat keabuan memiliki jumlah *pixel* yang relatif sama, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



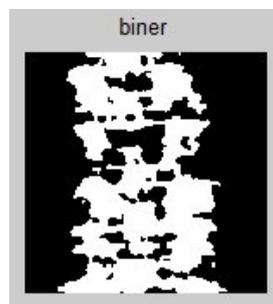
Gambar 5 Hasil *Histogram Equalization*

Tahap selanjutnya adalah CLAHE ini bertujuan meningkatkan kontras pada citra, sehingga struktur tulang pada vertebra spinalis terlihat lebih jelas. Setelah proses sebelumnya CLAHE, kemudian masuk kedalam proses *median filter* yaitu, tahap ini bertujuan untuk mengurangi *noise* pada citra. Seperti pada Gambar 6.



Gambar 6 (a) Hasil dari CLAHE, (b) Hasil dari Median Filter

Proses selanjutnya adalah *binerisasi* pada citra *vertebra spinalis* karena pada proses ini untuk mengidentifikasi keberadaan objek yang akan direpresentasikan sebagai *Region Of Interest (ROI)* dalam citra dan sebagai bentuk pemisahan antara warna hitam sebagai latar belakang (*background*) citra dan warna putih sebagai objeknya. Kemudian dilakukan operasi *thresholding* citra dimana pada proses ini merubah setiap *pixel* hanya dinyatakan dengan sebuah nilai dari dua kemungkinan yaitu 0 dan 1. Nilai 1 menyatakan *pixel* putih sedangkan nilai 0 menyatakan *pixel* hitam, yang ditunjukkan pada Gambar 7.



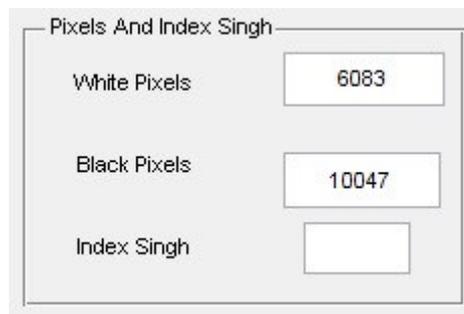
Gambar 7 Citra Hasil *Thresholding*

Setelah didapatkan citra biner, maka akan dilakukan perhitungan area, dimana yang akan dihitung adalah citra *x-ray vertebra spinalis* yang sebelumnya di *thresholding* kedalam bentuk citra hitam dan putih. Dengan perhitungan menggunakan kolom dan baris citra, yang setiap kolom dan baris pada *pixel* putih bernilai 1 dan dijumlahkan dalam total dari keseluruhan *pixel*.



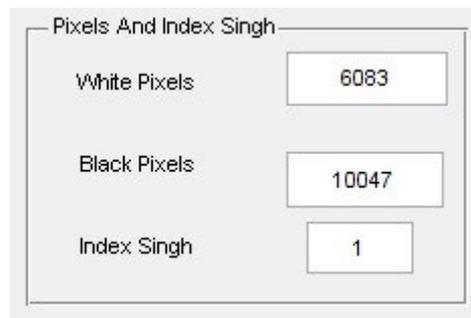
Gambar 8 Area Citra *Vertebra Spinalis* yang akan Dihitung

Terlihat pada Gambar 8 *pixel* putih bernilai 1 serta *pixel* hitam bernilai 0 merupakan sebuah proses dari perhitungan area pada kolom dan baris tersebut, maka hasil dari proses perhitungan area ini menghasilkan jumlah *pixel* yang sudah ditentukan masing-masing jumlah nilainya yang bisa dilihat pada Gambar 9 sebagai berikut.



Gambar 9 Hasil *Pixel* Citra dari Perhitungan Area

Proses *Index Singh* merupakan klasifikasi dari hasil perhitungan area. Nilai klasifikasi ini bernilai dari *grade* 1 sampai 6, sehingga klasifikasi dari *Index Singh* ditentukan dari hasil jumlah *pixel* yang keluar pada proses perhitungan area citra *x-ray vertebra spinalis*, yang sebelumnya sudah masuk kedalam metode *Statistical*. Proses penentuan *Index Singh* terlihat pada kolom Gambar 10.



Gambar 10 Klasifikasi *Index Singh*

Dengan menggunakan gabungan dari *Statistical-Index Singh* terhadap 50 sampel data citra *x-ray* dapat dirangkum hasil *pixel* dan pengelompokan *index Singh* terlihat seperti pada Tabel 1. Penelitian ini menunjukkan jumlah *pixel* putih yang merupakan representasi dari kerapatan tulang vertebra spinalis terbesar adalah 7.983 *pixel* dan *pixel* putih terkecil adalah 5.410 *pixel*.

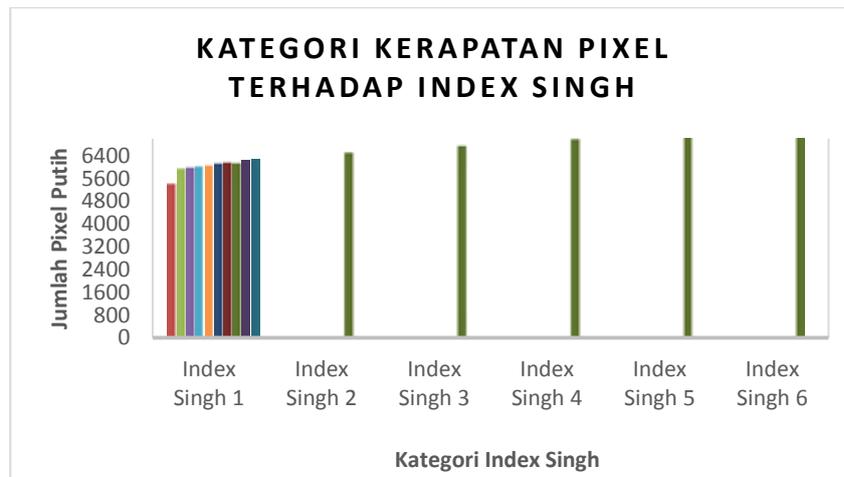
Tabel 1. Jumlah *pixel* putih terhadap *index Singh*

No	<i>Index Singh</i> 1	<i>Index Singh</i> 2	<i>Index Singh</i> 3	<i>Index Singh</i> 4	<i>Index Singh</i> 5	<i>Index Singh</i> 6
1	6.266	6.512	6.747	6.998	7.219	7.983
2	6.215	6.492	6.711	6.980	7.192	7.862



3	6.153	6.477	6.708	6.976	7.103	7.620
4	6.151	6.444	6.645	6.964	7.082	7.571
5	6.109	6.421	6.630	6.893	7.059	7.487
6	6.083	6.379	6.544	6.850	7.028	7.426
7	6.001	6.356	6.543	6.794	7.016	7.339
8	5.966	6.323	6.520	6.778	7.001	7.338
9	5.921	-	-	-	-	-
10	5.410	-	-	-	-	-

Jika digambarkan ke dalam bentuk grafik maka penelitian ini menghasilkan seperti terlihat pada Gambar 11. Hasil dari setiap nilai jumlah *pixel* putih masing-masing dikelompokkan kedalam enam bagian dari *Index Singh* yaitu *grade 1* sampai dengan *grade 6*. Dari jumlah 50 sampel data uji *pixel* putih, hasil dari hitung *pixel* tersebut maka dianggap sebagai nilai dari kerapatan citra *x-ray* tulang *vertebra spinalis*.



Gambar 11. Grafik kategori kerapatan pixel putih terhadap index Singh

Secara keseluruhan pada setiap kelompok *index Singh 1* sampai *index Singh 6* terlihat bahwa di dalam kelompok masing-masing tersebut jumlah setiap subjek dari data *pixel* putih paling banyak dalam kelompok terdapat pada kategori osteoporosis. Keseluruhan *pixel* putih rata-rata pada kelompok masing-masing adalah dalam kategori *osteopenia* dan normal.

Tabel 2. Nilai Presentase Terhadap *Index Singh*

No	<i>Index Singh 1</i>	<i>Index Singh 2</i>	<i>Index Singh 3</i>	<i>Index Singh 4</i>	<i>Index Singh 5</i>	<i>Index Singh 6</i>
1	38,85%	40,37%	41,83%	43,38%	44,76%	49,49%
2	38,53%	40,25%	41,61%	43,27%	44,59%	48,74%
3	38,15%	40,15%	41,59%	43,25%	44,04%	47,24%
4	38,13%	39,95%	41,20%	43,17%	43,91%	46,94%
5	37,87%	39,81%	41,10%	42,73%	43,76%	46,42%
6	37,71%	39,55%	40,57%	42,47%	43,57%	46,04%
7	37,20%	39,40%	40,56%	42,12%	43,50%	45,50%
8	36,99%	39,20%	40,42%	42,02%	43,40%	45,49%
9	36,71%	-	-	-	-	-
10	33,54%	-	-	-	-	-

Nilai persentase dari setiap *pixel* putih citra *x-ray vertebra spinalis* terlihat pada Tabel 2 bahwa dari range 33,54 % - 38, 85% menunjukkan nilai tersebut adalah kelompok dari *Index Singh 1* dengan kategori kelompok *osteoporosis*. Pada *Index Singh 2*, *Index Singh 3*, *Index Singh 4*, dan *Index Singh 5* dengan persentase nilai range dari 39,20% - 44,76% termasuk dalam kategori kelompok *osteopenia*.



Nilai persentase dengan *range* 45,49% - 49,49% nilai rata-rata pada kelompok termasuk dalam *Index Singh* 6 dengan kategori normal.

Setelah dilakukan pengujian sebanyak 50 data sampel, maka diperoleh hasil uji sistem dengan kategori justifikasi osteoporosis, *osteopenia* sebanyak 42 sampel dan sisanya 8 sampel pada kondisi normal. Pengujian terakhir yaitu uji akurasi sistem secara keseluruhan, dimana sampel yang ada akan dibandingkan dengan justifikasi manual oleh dokter secara manual. Hasil uji keseluruhan menunjukkan persentase akurasi data uji sistem dengan validasi justifikasi dokter, yaitu diperoleh sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} &= \frac{\text{Data uji sama sampel}}{\text{jumlah uji data sampel}} \times 100\% \\ &= \frac{38}{50} \times 100\% = 76\% \end{aligned}$$

Dengan pernyataan sebagai berikut :

- a) Akurasi validasi dokter = 100% (benar semua)
- b) Akurasi uji sistem = 76%
- c) Kesalahan uji sistem (*error*) = 24%

Pada proses perhitungan akurasi yang telah diperoleh, yaitu diambil dari hasil jumlah data uji sama sampel citra *x-ray* dibagi dengan seluruh jumlah uji data citra *x-ray* sebanyak 50 sampel, yang keseluruhan sampel tersebut telah di proses kedalam *image processing* dan menggunakan perhitungan luas area pada citra *x-ray vertebra spinalis* yang menghasilkan jumlah *pixel* putih dan *pixel* hitam.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan analisis yang dilakukan maka secara keseluruhan sistem bantu identifikasi deteksi dini osteoporosis menggunakan metode *blended Statistical-Index Singh* dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Citra *x-ray vertebra spinalis* sudah cukup baik untuk digunakan sebagai sampel uji sistem bantu identifikasi osteoporosis sehingga asas murah dan gampang didapat dapat terpenuhi;
2. Metode statistik dapat membantu mengelompokkan jumlah *pixel* putih ke dalam index Singh dalam menentukan grade osteoporosis;
3. Hasil penelitian ini menunjukkan representasi luas area berdasarkan *pixel* putih yang tertinggi adalah 7.983 *pixel* masuk dalam index Singh 6 sedangkan yang terendah adalah 5.410 *pixel* masuk dalam index Singh 1;
4. Setelah dilakukan pengujian secara keseluruhan sistem ini dapat memberikan akurasi sebesar 76%.

Secara keseluruhan sistem bantu identifikasi deteksi osteoporosis ini masih perlu ditingkatkan akurasi agar sistem mampu memberikan tingkat kepercayaan terhadap user lebih yakin dan percaya terhadap keandalannya.

PERNYATAAN

Terimakasih diucapkan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi sesuai dengan surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Program Penelitian Kopertis wilayah VI yang membiayai penelitian ini melalui DIPA Kopertis VI tahun anggaran 2018.

REFERENSI

- [1] A. Sefrina and M. Service, *Osteoporosis The Silent Disease: Mencegah, Mengenal, dan Mengatasi* hingga Tuntas, Yogyakarta: Andi Publisher, 2016.
- [2] W. Anjarwati, *Tulang dan Tubuh Kita*, Yogyakarta: Getar Hati, 2010.
- [3] Wiyono, B. Nugroho, S. Wardoyo and T. Firmansyah, "Analisa Citra X-Ray Tulang Vertebra Spinal Menggunakan Komparasi Pixel Biner Untuk Deteksi Osteoporosis," in *National*



- Conference on Industrial Electrical and Electronic (NCIEE)*, Cilegon, Banten., 2016.
- [4] Sihombing, Markus, U. Sunarya and a. R. D. Atmaja, "Deteksi Penyakit Tulang Osteopenia dan Osteoporosis Menggunakan Metode Threshold Otsu," Telkom University, Bandung, 2014.
- [5] M. Sadikin, I. Muttakin, S. Wardoyo, T. Firmansyah and I. Nawawi, "Deteksi Tingkat Osteoporosis Pada Vertebra Spinalis Menggunakan Index-Singh," *PROtek*, 4(1), pp. 30-34, 2017.
- [6] S. Prihatini, V. K. Mahirawati and A. B. Jahari, "Faktor Determinan Resiko Osteoporosis Di Tiga Provinsi di Indonesia," *Media Penelitian dan Pengembangan Kesehatan*, vol. Volume XX, no. Nomor 2, pp. 91-99, 2010.
- [7] C. Pearce, *Anatomi dan Fisiologi untuk Paramedic*, Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama, 2002.
- [8] "<http://digilib.unimus.ac.id/files/disk1/106/jtptunimus-gdl-handayanig-5251-2-bab2.pdf>," [Online]. Available: <http://digilib.unimus.ac.id/>. [Accessed Senin, 11 Juni 2018].
- [9] R. Harun, "Hubungan Antara Gambaran Singh Index Dengan Umur Orang Makassar,Indonesia," Universitas Hasanuddin, Makassar, 2007.
- [10] M. R. Salamat, N. Rostampour, S. J. Zofaghari, H. Hoseyni-Panah and M. & Javdan, "Comparison of Singh index accuracy and dual energy X-ray absorptiometry bone mineral density measurement for evaluating osteoporosis," *International Journal of Radiation Research*, vol. 8, no. 2, pp. 123-128, 2010.
- [11] W. Anjarwati, *Tulang dan Tubuh Kita*, Yogyakarta: Getar Hati, 2010.



Detektor Sensor Sht11 Sebagai Monitoring Suhu dan Kelembaban Ruang Berbasis Mikrokontroler Atmega16a Di-Smart Avr System

Agus Herawan¹, Ahmad Fauzi²

^{1,2} Peneliti Pusat Teknologi Satelit-LAPAN

Informasi Artikel

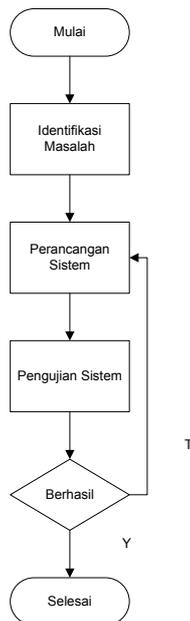
Naskah Diterima : 26 April 2018

Direvisi : 11 Mei 2018

Disetujui : 25 Mei 2018

***Korespodensi Penulis :**
agus.herawan@lapan.go.id

Graphical abstract



Abstract

In a room, whether it is an open or closed room, there are various kinds of circumstances or conditions. The condition affects the value contained relativity weather environment around where we are. As well as the normal condition of the human body temperature that ranges between 36.5°C upto 37.5°C, so it should always be monitored and maintained the normal condition, if not then there is an undesirable state such as fever. Normal human body temperature conditions can be determined by using a measuring instrument such as a thermometer. In this paper designed a series of applications used to monitoring the amount of temperature and humidity of an opened and closed rooms. Results from research using SHT11 sensor shows the magnitude of temperature and humidity performed in close room for 12 hours with an average yield of ambient temperature and humidity chamber are -8.79°C and 84.1%.

Keywords: sensor SHT11, temperature, humidity

Abstrak

Dalam suatu ruang, baik itu ruang terbuka maupun ruang tertutup, terdapat berbagai macam jenis keadaan atau kondisi cuaca. Kondisi tersebut mempengaruhi nilai relativitas cuaca yang terdapat disekitar lingkungan tempat kita berada. Seperti halnya kondisi normal suhu pada tubuh manusia yang berkisar antara 36.5°C sampai 37.5°C, sehingga harus selalu dimonitor dan dijaga kondisi normal tersebut, jika tidak maka terjadi suatu keadaan yang tidak diinginkan seperti demam. Kondisi suhu tubuh manusia normal dapat diketahui dengan menggunakan alat ukur berupa termometer. Pada makalah ini didesain suatu aplikasi rangkaian yang digunakan untuk memonitoring besaran suhu dan kelembaban suatu ruang terbuka dan ruang tertutup. Hasil dari penelitian dengan menggunakan sensor SHT-11 menunjukkan besaran suhu dan kelembaban pengukuran diruang tertutup dilakukan selama 12 jam dengan hasil rata-rata suhu sekitar -8.79°C dan rata-rata kelembaban ruang sebesar 84.1%.

Kata kunci: sensor SHT11, suhu, kelembaba

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi saat ini mendorong era modernisasi yang membawa manusia pada kemajuan iptek yang dapat menciptakan alat yang dapat membantu dan mempermudah kerja manusia dalam melakukan aktivitas sehari-hari maupun kegiatan yang rutin, sehingga menghasilkan hasil yang maksimal. Dalam suatu ruang dengan berbagai macam kondisi dapat kita ketahui situasi dan kondisi ruang terkait seperti cuaca atau suhu, kelembaban, tekanan udara atau besaran fisis lainnya. Keadaan suatu tempat dimana kita berada terdapat berbagai macam kondisi fisis yang mempengaruhi suhu suatu ruang sehingga mempengaruhi kondisi manusia yang berada di kondisi tersebut. Seperti daerah



kutub utara yang memiliki kondisi cuaca suhu ruang bersuhu -43°C hingga -45°C yang lebih dingin dari kutub selatan karena lokasi kutub utara yang terletak ditengah-tengah lautan. Suhu di lemari es yang lebih dingin dibandingkan dengan suhu di ruang dapur.

Berdasarkan fenomena ini penulis membuat alat berbasis mikrokontroler Atmega 16 yang dapat mengukur besarnya suhu dan kelembaban suatu ruang/tempat. Mikrokontroler digunakan sebagai unit pengolah data, dimana data yang diolah dan dibenamkan kedalam mikrokontroler menggunakan bahasa Basic, dan hasil dari keluaran mikrokontroler ditampilkan dalam *Liquid Crystal Display* (LCD) 20x4 yang berkarakter 20 baris dan 4 kolom.

Penelitian dengan menggunakan sensor SHT11 sudah banyak dilakukan diantaranya Penelitian [1] berhasil membuat sistem pengukur suhu ruangan dengan memanfaatkan modul network embedded dan mikrokontroler, sensor suhu dapat difungsikan sebagai sistem terpisah dari komputer server, dan tidak membebani komputer server. Pengukuran suhu dengan tujuan menjaga kondisi sebuah ruang, dibutuhkan pengambilan keputusan ketika muncul kondisi ruang yang tidak sesuai dengan parameter yang ditentukan. Pada penelitian ini untuk membantu kendali kontrol suhu ruangan, digunakan logika fuzzy. Implementasi integrasi sensor SHT11 ke mikrokontroler berupa penyediaan lima port utama mikrokontroler untuk keperluan masukan dan keluar. Lima port utama tersebut, dihubungkan ke: catu daya 12 volt dc, sensor SHT11, *Liquid Crystal* (LCD) 2x16, downloader dan keluaran. Berdasarkan koneksi sensor ke mikrokontroler diperoleh perintah pengalamatan "0000011" untuk pengukuran suhu dan "0000101" untuk pengukuran kelembaban relatif. Pemrograman untuk mikrokontroler, digunakan bahasa BasCom (Basic Compiler) dan memiliki dua target, yaitu suhu dan kelembaban relative [2].

Perancangan sistem untuk pemantauan dan pengendalian lingkungan untuk rumah kaca dengan menggunakan SCM dan sensor suhu dan kelembaban SHT11 [4]. Penelitian [5] telah membuat prototype sistem kendali suhu ruangan menggunakan mikrokontroller AT89S51. Mikrokontroller tersebut merupakan mikrokontroller dengan fasilitas yang bisa dikatakan terbatas. Sistem kerja dari perangkat tersebut adalah Pada saat saklar dinyalakan, komponen-komponen pada implementasi sistem penghangat pada kendali suhu ruangan dengan sensor LM35 berbasis mikrokontroler AT89S51 akan aktif secara hardware maupun secara software.

Penelitian [6] melakukan demonstrasi singkat tentang bagaimana mengumpulkan parameter lingkungan melalui node sensor nirkabel IEEE 802.15.4 compliant dengan menggunakan sensor SHT11. Perancangan simulasi sistem kontrol suhu dan beserta implementasinya berupa prototype sistem kontrol suhu ruangan menggunakan mikrokontroller arduino. Sistem kontrol suhu ini dilengkapi dengan kemampuan untuk mengontrol suhu ruangan yang dapat ditampilkan di *Liquid Crystal Display* (LCD). Penelitian ini menghasilkan prototype sistem kontrol suhu yang dilengkapi dengan fitur penampil suhu dengan *Liquid Crystal Display* (LCD), sehingga suhu ruangan akan tertampil di *Liquid Crystal Display* (LCD) [7].

Penelitian tentang prekursor gempa bumi skala besar sedang dilakukan. Salah satu parameter yang diteliti adalah suhu tanah. Pengukuran suhu tanah secara elektronik dengan menggunakan sensor SHT11 yang merupakan sensor suhu dan kelembaban yang cukup akurat pada rentang suhu $20-30^{\circ}\text{C}$. Penelitian ini menjelaskan aplikasi sensor SHT 11 untuk pengukuran suhu tanah yang dilakukan pada kedalaman 1 m 3 m dan 5 m. Hasilnya didapat data suhu yang cukup baik, meskipun belum terukur tingkat kehandalan dan ketahanan alat ini pada masa pengukuran yang lama secara terus-menerus [8].

Sistem Kendali Suhu dan Pemantauan Kelembaban Udara Ruangan Berbasis Arduino Uno dengan Menggunakan Sensor DHT22 dan Passive Infrared (PIR). Sensor DHT22 digunakan sebagai alat ukur suhu dan kelembaban udara ruangan dan sensor Passive Infrared (PIR) sebagai pendeteksi adanya pergerakan manusia dalam suatu ruangan [9]. Penelitian lain membahas tentang sensor gabungan suhu dan kelembaban SHT11 / 71 dari Sensirion. Aplikasi ini didistribusikan sistem untuk memonitor suhu dan kelembaban [10]. Penelitian [11] memanfaatkan mikrokontroler Arduino Atmega328 pada Arduino UNO yang dirancang dengan menambahkan beberapa komponen pendukung seperti Sensor Flowmeter, Solenoid Valve dan Pompa Air dibuat menjadi sistem kran air otomatis. Sistem ini bekerja dengan dikontrol oleh timer dan sensor flowmeter yang dapat mengatur jadwal buka . Dari hasil perancangan ini, didapat bahwa Keran Air akan terbuka pada saat diberikan instruksi membuka secara otomatis, kemudian akan tertutup apabila Keran Air telah mencapai batas Volume yang telah ditentukan.

Penelitian [12] telah membuat perangkat data logger alternatif dengan mikrokontroler ATmega8535 dan interface berupa Labview sebagai data logging. Pada pengujian, data logger alternatif yang dibuat pada penelitian ini, masih terdapat selisih pengukuran dengan alat ukur acuan sebesar 2,52% untuk pengukuran suhu, dan 4,42% untuk pengukuran tegangan.

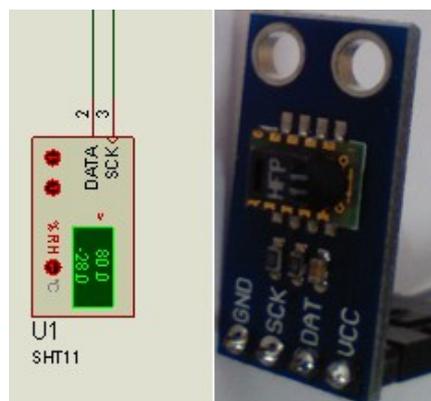
Oleh karena itu, berdasarkan paparan diatas, makalah ini akan membahas desain suatu aplikasi rangkaian yang digunakan untuk memonitoring besaran suhu dan kelembaban suatu ruang terbuka dan ruang tertutup. Pada makalah ini terdapat batasan yang menjadi kendala diantaranya ketersediaan komponen pendukung yang digunakan, hanya menggunakan *Liquid Crystal Display* (LCD) sebagai tampilan hasil dan tidak menggunakan komputer sebagai media keluaran hasil, hanya menampilkan suhu dan kelembaban dan pengukuran dari modul rangkaian sensor ini hanya dilakukan pada ruang tertutup

2. DASAR TEORI

2.1 Sensor SHT11

Sensor SHT 11 merupakan sensor *single chip* dari sensirion yang dapat mendeteksi suhu dengan range -40°C (-40°F) sampai dengan 123.8°C ($+254.9^{\circ}\text{F}$) dan kelembaban relatif suatu ruang atau tempat dari 0%RH sampai 100%RH dengan respon waktu 50 ms. Sensor ini memiliki akurasi pengukuran suhu hingga $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ pada suhu 25°C dan akurasi pengukuran kelembaban relatif hingga $\pm 3.5\% \text{RH}$. SHT11 merupakan modul sensor suhu dan kelembaban relatif dari Sensirion yang dapat digunakan sebagai alat pengindera suhu dan kelembaban dalam aplikasi pengendali atau pemantauan suhu dan kelembaban relatif ruangan [13].

Sensor ini dengan multi modul sensor juga dilengkapi pengkalibrasi output digital. Keluaran dari modul sensor SHT11 adalah digital yang dapat diakses dengan menggunakan teknik pemrograman dan tidak memerlukan ADC atau pengkondisi sinyal. Sensor ini menggunakan antar muka serial 2-wire dan regulasi tegangan internal, sehingga memudahkan dan mempercepat integrasi sistem [3]. Adapun cara penggunaan sensor ini terdiri dari dua pin utama yang terhubung ke mikrokontroler yaitu pin SCK untuk sinkronisasi komunikasi antara mikrokontroler dan SHT11, dan pin DATA yang berfungsi sebagai transfer data. Aplikasi dari sensor ini digunakan pada data logging dalam perkiraan cuaca, bidang otomotif, pemancar, maupun perangkat instrumentasi elektronika lainnya. Berikut skematik modul sensor SHT11 yang digunakan.



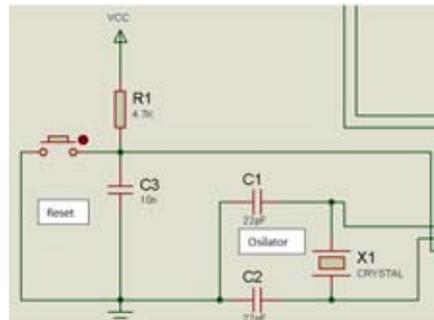
Gambar 1. Skematik modul sensor SHT11

1.2 Rangkaian Osilator dan Reset

Rangkaian osilator merupakan rangkaian osilasi pembangkit pulsa dengan tegangan Vcc +5 Volt DC untuk menjalankan program yang ada di memori internal Atmega16. Pada blok rangkaian juga dipasang kristal 11.059200 MHz sebagai pembangkit pulsa eksternal dan 2 buah kapasitor bernilai 22 pF. Kristal berfungsi untuk membangkitkan frekuensi 11.059200 MHz untuk keseluruhan sistem, sedangkan kapasitor berfungsi sebagai penstabil frekuensi dan menghilangkan *noise* pada mikrokontroler. Mikrokontroler AVR sendiri sudah memiliki osilator internal sebesar 16 MHz

sebagai pembangkit pulsa clock, sehingga dengan adanya piranti osilator eksternal dapat menjaga kestabilan sistem.

Rangkaian reset dibentuk dari kapasitor 10 nF dan resistor 4.7 K Ω yang dihubungkan ke catu +5V dan pin RESET dari Mikrokontroler AVR ATmega 16. Bila pin RESET berlogika “0”, maka mikrokontroler di set ulang dan membaca program dari awal. Pada awal saat catu daya dinyalakan kapasitor dalam kondisi kosong, dan kemudian diisi oleh arus yang berasal dari catu +5V, yang menyebabkan pin RESET berlogika “1” selama proses pengisian kapasitor. Waktu tersebut digunakan untuk menjalankan program yang terdapat didalam mikrokontroler untuk melakukan proses inialisasi. Adapun rangkaian osilator dan reset yang digunakan seperti pada Gambar.2



Gambar 2. Rangkaian Osilator dan Reset

1.3 Rangkaian Mikrokontroler

Mikrokontroler ATmega16 berfungsi untuk akuisisi data dari Intenal ADC 10-bit sebanyak 8 input, serta mengirim dan menerima data dari dan ke mikrokontroler melalui jalur komunikasi serial standar USART dengan kecepatan maksimal 2,5 Mbps. Mikrokontroler Atmega 16 merupakan salah satu jenis mikrokontroler keluarga AVR (*Alf and Vegard's Risc Processor*) seri CMOS 8-bit terdiri dari 32 register dengan 16 MIPS (*Million Instruction Per Second*) berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*) yang lebih baik. Beberapa fitur yang dimiliki yaitu memori yang bersifat *non-volatile*, antarlain 8 Kbytes memori flash untuk pemrograman, 512 bytes memori EEPROM yang dapat diprogram saat operasi dan SRAM internal sebesar 1 Kbyte.

1.4 Display Liquid Crystal Display (LCD) 20x4 baris

Liquid Crystal Display (LCD) merupakan sebuah modul indikator keluaran yang dapat menampilkan data berupa karakter ASCII dengan komsumsi daya yang rendah memiliki driver CMOS yang terdiri dari RAM dan ROM serta Display Data RAM. *Liquid Crystal Display* (LCD) ini mampu menampilkan 20 karakter tiap barisnya dalam 4 baris tampilan sehingga mampu menampilkan 80 karakter .

3. METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Proses penelitian terbagi menjadi beberapa tahap yang dilakukan berdasarkan urutan dalam melakukan penelitian:

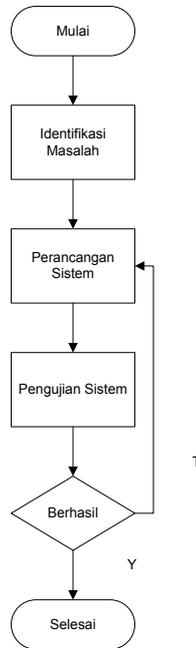
- Studi literatur, yaitu mengumpulkan data-data dari buku referensi dan jurnal-jurnal sesuai dengan topik penelitian yang dilakukan
- Identifikasi masalah yaitu menggali permasalahan yang ditemukan pada obyek yang di teliti guna mencari alternatif solusi yang terkait dengan permasalahan monitoring suhu dan kelembaban
- Perancangan Sistem yaitu merancang masukan dengan menggunakan sensor SHT11 yang mengakuisisi data suhu dan kelembaban, blok pemrosesan oleh mikrokontroler

yang mengolah data dan keluaran menggunakan *Liquid Crystal Display* (LCD) yang menampilkan hasil keluaran sistem

- d) Pengujian Sistem yaitu menguji sensor juga dilakukan pada ruang tertutup untuk mengetahui perubahan kelembaban dan suhu, yang dilakukan setiap jam. Pengujian juga dilakukan dengan menggunakan Labview.

3.2 Diagram Alir Penelitian

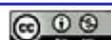
Tahapan Penelitian yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 3

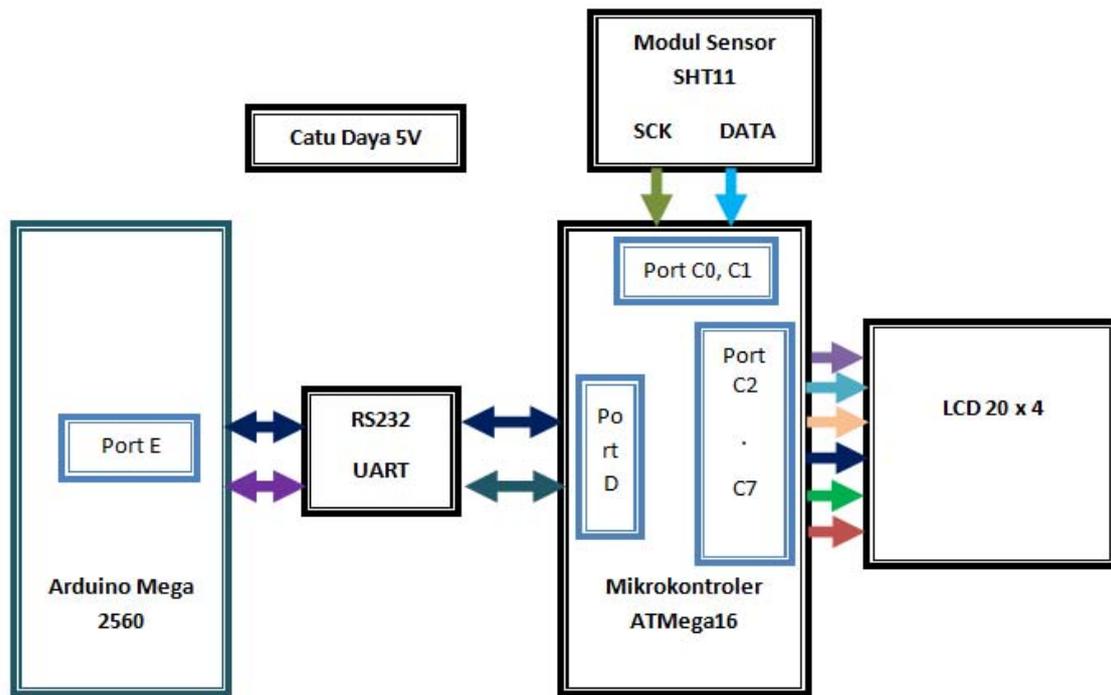


Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

4. PERANCANGAN SISTEM

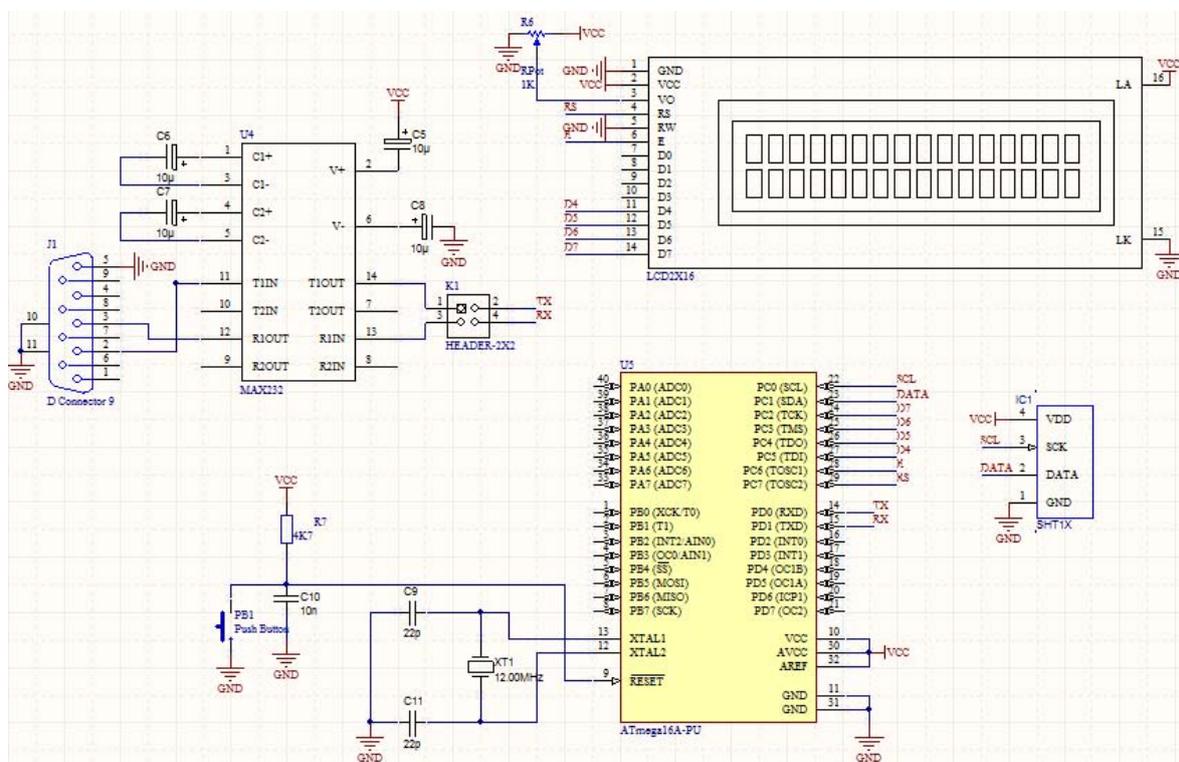
Perancangan alat terdiri dari tiga bagian, yaitu masukan dengan menggunakan sensor SHT11 yang mengakuisisi data suhu dan kelembaban, blok pemrosesan oleh mikrokontroler yang mengolah data dan keluaran menggunakan *Liquid Crystal Display* (LCD) yang menampilkan hasil keluaran sistem. Adapun perancangan sistem seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4.





Gambar 4. Konfigurasi Sistem Rangkaian

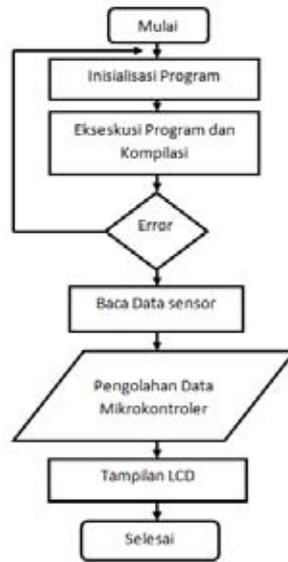
Perancangan sistem menggunakan rangkaian sistem minimum ATmega 16 yang memiliki 4 Port I/O, dimana port C digunakan sebagai keluaran sistem yang ditampilkan oleh *Liquid Crystal Display* (LCD), sedangkan Port C0 dan Port C1 digunakan sebagai masukan sensor untuk sinkronisasi komunikasi dan transfer data. Port D0 dan Port D1 digunakan sebagai komunikasi serial *TTL to RS232*. Dengan port D arduino. Perancangan rangkaian sistem seperti pada Gambar.5



Gambar 5. Perancangan Rangkaian Sistem



Diagram alir untuk proses ini seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Alir Program

5. PEMBAHASAN DAN HASIL

Perancangan dari rangkaian ini menggunakan sensor SHT11 dengan sumber tegangan +5V dan komunikasi dua arah *2-wire* yang mempunyai suhu dan kelembaban relatif dengan keluaran yang dapat dikalibrasi secara digital. Sensor ini menggunakan pin data pada jalur data serial (SDA) untuk melakukan perintah pengalamatan dan pengambilan data untuk mengukur kelembaban relatif dan suhu dan pin clock pada jalur *serial clock* (SCL) yang diolah oleh mikrokontroler melalui *port C* sebagai output. Sehingga dengan menggunakan SHT11 suatu besaran suhu dan kelembaban dapat diukur secara langsung dan diubah menjadi bentuk digital tanpa menggunakan konverter ADC (Analog to Digital Converter).

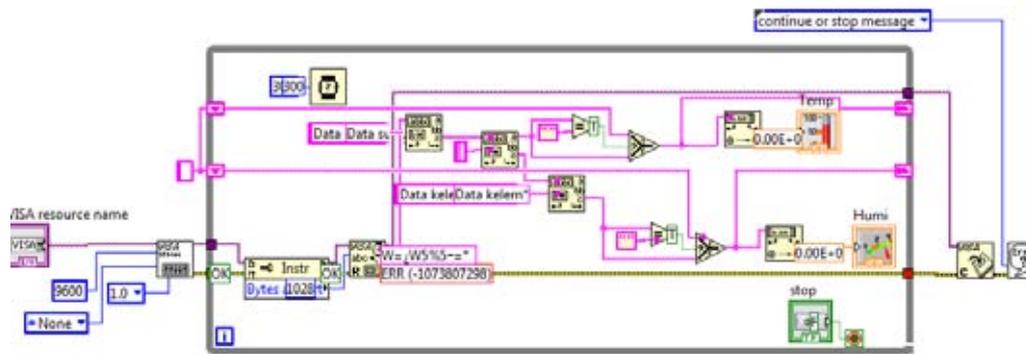
Berikut hasil uji coba perancangan rangkaian sensor suhu SHT-11 dengan menggunakan *proteus 8 professional* dengan keluaran data kelembaban dan suhu yang ditampilkan dengan *Liquid Crystal Display* (LCD) dan virtual terminal seperti pada Gambar 7.. Virtual terminal merupakan instrumen simulasi proteus sebagai gambaran hasil keluaran secara *hardware* jika menggunakan komunikasi serial RS232 secara *real* antara PC dan modul mikrokontroler. Sedangkan Arduino Mega2560 sebagai *template* dan *interface*, dengan *file compiler* yang digunakan adalah *debug.elf* yang merupakan bawaan yang disediakan oleh proteus 8.

Tabel.1 Data Pengujian Sensor Diruang Tertutup

Pengujian Jam ke-n	Data Suhu (°C)	Data Kelembaban (%)	Pengujian Jam ke-n	Data Suhu (°C)	Data Kelembaban (%)
1	-5.4	77.8	7	-6.4	85.2
2	-7.6	78.6	8	-9.8	87.9
3	-6.9	80.1	9	-13.2	87.6
4	-9.7	80.4	10	-12.6	88.4
5	-2.9	82.3	11	-13.1	88.2
6	-5.5	84.7	12	-12.4	88.3

Dari tabel dapat diketahui bahwa hasil data sensor suhu yang dilakukan pada ruang tertutup selama 12 jam menunjukkan rata-rata suhu yang dihasilkan sebesar -8.79°C dengan rata-rata kelembaban ruang sebesar 84.1%. Sebagai hasil perbandingan yang lebih akurat perlu dilakukan pengujian pada ruang terbuka dengan menggunakan media tertentu yang mempengaruhi suhu dan kelembaban ruang yang ingin diukur.

Pengujian juga dilakukan dengan menggunakan Labview. Labview adalah sebuah software pemrograman yang diproduksi oleh National Instrument dengan konsep bahasa pemrograman berbasis grafis atau Blok diagram. Program labview juga dikenal dengan *VI* atau *virtual instrument* karena penampilannya dan operasinya mampu meniru sebuah *instrument*. Banyak aplikasi labview digunakan dalam hubungannya dengan akuisisi data seperti *data logger*. Berikut tampilan blok diagram dari rangkaian sensor suhu yang dibuat dengan labview.



Gambar 9. Blok diagram sensor suhu dengan labview

Dalam perancangan skema ini yang perlu diperhatikan adalah *baud rate* dan komunikasi serial (*COM*) yang digunakan agar didapatkan kesesuaian antara simulasi yang dilakukan di proteus dengan desain Blok diagram di labview.

6. KESIMPULAN

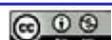
Telah dilakukan pengukuran sensor suhu sht11 menggunakan simulasi proteus, dimana hasil keluaran simulasi dapat ditampilkan di *Liquid Crystal Display* (LCD) 20x4 sebagai media keluaran sistem, sedangkan pengukuran diruang tertutup dilakukan selama 12 jam dengan hasil rata-rata suhu sekitar -8.79°C dan rata-rata kelembaban ruang sebesar 84.1%. Sebagai perbandingan perlu dilakukan pengukuran sensor menggunakan media atau objek lainnya yang mempengaruhi data suhu dan kelembaban ruang terbuka. Pengukuran ini juga dapat diakuisisi datanya dengan menggunakan virtual instrumentasi labview

REFERENSI

- [1] Bahrudin, A. 2013. *Rancang Bangun Alat Pengukuran Suhu Ruangan berbasis Fuzzy Logic dan Jaringan TCP /IP*. Undergraduate Thesis. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.



- [2] Goeritno, A., Nugroho, D., J., Yatim R. *Implementasi Sensor Sht11 Untuk Pengkondisian Suhu Dan Kelembaban Relatif Berbantuan Mikrokontroler*. 2014. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi
- [3] Hastuti, V. *Pengujian Akurasi Alat Pengukur Suhu Dan Kelembaban Menggunakan Sensor SHT11 dan Mikrokontroler Atmega 8* .2013. Jurnal Gema Pendidikan Vol. 20 No.2
- [4] Jun, Y. *Design Of Intelligent Monitoring And Controlling System For Greenhouse*. 2011. Proceedings International Conference on Electrical and Control Engineering.
- [5] Masruchin. *Sistem Kendali Suhu Ruang Berbasis Mikrokontroler AT89S51*. 2010. Prosiding Seminar Nasional VI SDM Teknologi Nuklir.
- [6] Omairi, A., Ismail, H. *Low Power Wireless Temperature And Humidity Sensing Based On CM5000 Node And SHT11 Sensor*. 2017. Proceedings International Conference on Underwater System Technology.
- [7] Prihatmoko D. 2016. *Perancangan dan Implementasi Pengontrol Suhu Ruangan Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno*. Jurnal Simetris. Vol. 7 No.1
- [8] Putranto A., Nurdiyanto, B. *Aplikasi Sensor Sht11 Pada Pengukuran Suhu Tanah*. 2009. Jurnal Meteorologi Dan Geofisika. Volume 10 No.1
- [9] Saputra D., Atsaurry S., Nabilah N., Islam H. 2016. *Sistem Kendali Suhu dan Pemantauan Kelembaban Udara Ruangan berbasis Arduino UNO dengan menggunakan Sensor DHT-22 dan PIR*. Prosiding Seminar Nasional Fisika
- [10] Spasov, G., V., Kakanakov. *Measurement Of Temperature And Humidity Using Sht11/71 Intelligent Sensor*. 2014. Proceedings Conference on Electronic
- [11] Sutono. *Monitorng Distribusi Air Bersih*. 2016. Jurnal Setrum. Vol. 5 No.1
- [12] Wardoyo S., Munarto R., dan Putra R. 2013. *Rancang Bangun Data Logger Suhu Menggunakan Labview*. Jurnal Ilmiah Elite Elektro. Vol. 4 No.1 , Juni : 23 – 30
- [13] Yusfi M., Putra, W., *Derisma*. *Rancang Bangun Sistem Kontrol Temperatur Untuk Proses Pendinginan Menggunakan Termoelektrik*. 2015. Proceedings Bidang Fisika Semirata Bidang Ilmu MIPA BKS-PTN Barat, Universitas Tanjungpura Pontianak.



Perancangan dan Realisasi Alat Demonstrasi PC-based Control untuk Simulasi Keamanan Bangunan menggunakan Embedded PC

Erwani Merry S¹, Indra Maulidin¹, Tara Anggada Putra¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Krinten Maranatha, Bandung, Jawa Barat.

Informasi Artikel

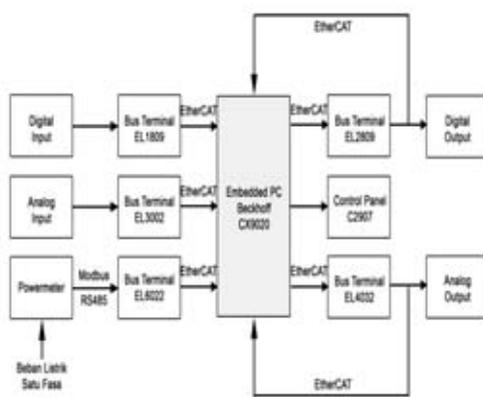
Naskah Diterima : 26 Mei 2018

Direvisi : 22 Juni 2018

Disetujui : 25 Juni 2018

*Korespondensi Penulis :
erwanimerry@gmail.com

Graphical abstract



Abstract

Demonstration mode is a method used to show a process or work of an object. Demonstration methods can be used to illustrate information to others, predict what will happen, facilitate different types of explanations, and some unfamiliar issues can be asked immediately when a process is demonstrated to be clearly answered. Companies in particular that sell electrical appliances use demo tools to explain the various control systems offered, or how to use the tools they sell. Demo tools are needed to explain the benefits of the control system and the use of the tools. Through automated gate control systems, automatic lights, and alarm functions, the simulation of building security systems becomes the case for the community. The development of industrial technology in the present can not be separated from the role of industrial automation. Industrial automation or numerical control is the use of control systems as well as computers used to control industrial machines and process controls to replace human power carriers. PC based control system is a high-ability control platform. The demonstration tool simulates a security system in the form of a digital output for LED lights whose sequence depends on the given digital input (push button and switch) and smart house applications. Analog input is also implemented, but for analog outputs the voltmeter does not generate the correct voltage value when the potentiometer value changes. This is because there is a loading on the voltmeter so that the output that appears on the voltmeter becomes much smaller than it should be.

Keywords: Simulator, Beckhoff, PC-based control, Embedded PC, TwinCAT 3



Abstrak

Metode demonstrasi adalah metode yang digunakan untuk memperlihatkan sesuatu proses atau cara kerja suatu benda. Metoda demonstrasi dapat dipergunakan untuk memberikan ilustrasi dalam menjelaskan informasi kepada orang lain, memperkirakan apa yang akan terjadi, dan memudahkan berbagai jenis penjelasan. Perusahaan khususnya yang menjual alat listrik menggunakan alat demo untuk menjelaskan berbagai sistem kontrol yang ditawarkan, atau cara penggunaan alat yang dijual. Alat demo dibutuhkan untuk menjelaskan manfaat sistem kontrol dan penggunaan alatnya. Melalui sistem pengontrolan gerbang otomatis, lampu otomatis, dan fungsi alarm, simulasi sistem keamanan bangunan menjadi kasus yang dibutuhkan oleh masyarakat. Perkembangan teknologi industri pada masa kini tidak lepas dari peranan otomasi industri. Otomasi industri atau kontrol numerik merupakan pemanfaatan sistem kontrol seperti halnya komputer yang digunakan untuk mengendalikan mesin-mesin industri dan kontrol proses untuk menggantikan operator tenaga manusia. Sistem kontrol berbasis PC merupakan platform kontrol yang memiliki kemampuan yang tinggi. Alat demonstrasi mensimulasikan sistem keamanan berupa digital output untuk lampu LED yang sequence nya tergantung dengan digital input (push button dan switch) yang diberikan dan aplikasi smart house. Analog input juga diimplementasikan, namun untuk pada analog output yang berupa voltmeter tidak memunculkan nilai tegangan yang seharusnya saat nilai potensiometer berubah. Hal tersebut dikarenakan terjadi pembebanan pada voltmeter sehingga keluaran yang muncul pada voltmeter menjadi jauh lebih kecil dari seharusnya.

Kata kunci: Beckhoff, PC-based control, EmbeddedPC, TwinCAT 3,

© 2017 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Menurut Syaiful Bahri Djamarah, metode demonstrasi adalah metode yang digunakan untuk memperlihatkan sesuatu proses atau cara kerja suatu benda. Metoda demonstrasi dapat dipergunakan untuk memberikan ilustrasi dalam menjelaskan informasi kepada orang lain, memperkirakan apa yang akan terjadi, memudahkan berbagai jenis penjelasan, dan beberapa persoalan yang belum dimengerti dapat ditanyakan langsung saat suatu proses ditunjukkan sehingga terjawab dengan jelas[1].

Bagi orang awam memahami manfaat sistem kontrol dan penggunaan alatnya tidak mudah dilakukan, selain pengetahuan yang terbatas, perasaan takut akan penggunaan alat listrik masih banyak dialami. Banyak perusahaan khususnya yang menjual alat listrik menggunakan alat demo untuk menjelaskan berbagai sistem kontrol yang ditawarkan, atau cara penggunaan alat yang dijual. Sistem keamanan bangunan merupakan salah satu kasus yang banyak dibutuhkan oleh masyarakat, diantaranya apabila gerbang telah dibuka dalam waktu 10 detik lupa ditutup kembali, maka gerbang akan menutup dengan sendirinya, untuk mencegah hal-hal yang tidak diinginkan pada malam hari terutama ketika tidak ada yang menunggu rumah maka rumah dilengkapi dengan lampu luar yang akan *on/off* dengan sendirinya, dan fungsi alarm menyala bila pintu atau jendela ada yang membuka paksa.

Perkembangan teknologi industri pada masa kini tidak lepas dari peranan otomasi industri. Otomasi industri atau kontrol numerik merupakan pemanfaatan sistem kontrol seperti halnya komputer yang digunakan untuk mengendalikan mesin-mesin industri dan kontrol proses untuk menggantikan *operator* tenaga manusia. Penggunaan otomasi industri dalam bidang industri juga akan membuat proses produksi maupun proses lain di lingkungan industri menjadi lebih efektif dan efisien[2]. *PC-based Control*—sistem kontrol berbasis *PC (Personal Computer)*—merupakan platform kontrol yang memiliki kemampuan yang tinggi. *PC-based Control* sendiri merupakan solusi untuk masalah biaya pada sistem kontrol yang menerapkan *PLC*, dimana pada *PLC* semakin tinggi performa *PLC* tersebut maka semakin tinggi pula biaya yang dikeluarkan. *Beckhoff Automation GmbH* merupakan salah satu pengembang teknologi otomasi di bidang *PC-based Control*, yang telah mengembangkan bisnisnya di berbagai negara, salah satunya Indonesia, dengan nama *Beckhoff Automation Pte Ltd*[3].

Berdasarkan fakta di lapangan, industri-industri di Indonesia masih menggunakan *PLC* pada sistem kontrolnya[4]. *PC-based Control* yang merupakan salah satu solusi untuk menghadapi permasalahan tersebut masih belum mampu menggantikan atau bekerja sama dengan *PLC* untuk mengatasi masalah tersebut. Hal tersebut mungkin muncul karena dapat dikatakan bahwa *PC-based Control* masih cukup baru di bidang industri di Indonesia[5]. Maka pada paper ini akan menjelaskan perancangan dan realisasi dari alat demonstrasi sistem kontrol berbasis *PC* untuk simulasi keamanan bangunan menggunakan *Embedded PC*.

2. METODE PENELITIAN

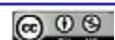
2.1 Metode Penelitian

Berikut ini adalah beberapa tahap yang dilakukan dalam melakukan penelitian ini:

- a) Identifikasi masalah yaitu proses pengenalan dan perumusan masalah sebagai latar belakang hingga tercapainya tujuan dalam penelitian ini.
- b) Studi literatur, yaitu mengumpulkan data-data dari berbagai literatur, buku referensi, dan jurnal sesuai dengan topik penelitian.
- c) Perancangan dan pengujian, yaitu dengan merancang dan merealisasi alat demo.

2.2 Diagram Alir Penelitian

Secara sederhana proses penelitian dijelaskan melalui diagram alir pada Gambar 1.





Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.3 Perancangan Penelitian

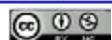
2.3.1 Sistem Keamanan Bangunan

Alat demonstrasi yang digunakan untuk melaksanakan demonstrasi kontrol proses berupa simulasi sistem keamanan bangunan. Sistem keamanan bangunan yang diinginkan adalah sebuah rumah yang dikontrol menggunakan PLC. Aktuator-aktuator yang akan dikontrol adalah sebagai berikut:

1. Gerbang depan rumah dapat dibuka/ditutup secara otomatis menggunakan *motor* dan *switch*.
2. *Gate Motor* 1 aktif jika *Open Gate* aktif dan akan non aktif jika *Limit Switch Gate* 1 aktif.
3. *Gate Motor* 2 aktif jika *Close Gate* aktif dan akan non aktif jika *Limit Switch Gate* 2 aktif.
4. Apabila *Gate* setelah dibuka dan dalam waktu 10 detik lupa ditutup kembali , maka gate akan otomatis menutup sendiri.
5. Untuk mencegah hal – hal yang tidak diinginkan pada malam hari terutama ketika tidak ada yang menunggu rumah maka rumah dilengkapi oleh lampu luar yang diminta agar dapat *on/off* secara otomatis berdasarkan cahaya matahari. Lampu luar aktif jika Sensor Cahaya aktif (hari sudah gelap) dan lampu luar akan non aktif jika sensor cahaya non aktif (mulai terang).
6. Untuk melengkapi sistem keamanan maka disediakan pula dua buah tipe *alarm* yaitu *alarm* lampu berkedip dengan *on* selama 1 detik dan *off* selama 1 detik. Setiap kali 3 siklus *on-off* *alarm* tercapai, *alarm sirene* akan *on* selama 3 detik kemudian mati. Siklus berlangsung terus sampai ada tombol yang mematikan *alarm* lampu.
7. *Alarm* Lampu akan aktif jika sensor *proximity (PS) ON* selama 5 detik atau Sensor *Switch (SWI)* aktif. *Alarm* lampu kembali non aktif jika *SWI* kembali non aktif.
8. Sensor *Switch (SWI)* adalah sensor yang dipasang pada pintu atau jendela untuk merespon apabila ada yang masuk secara paksa.
9. *Alarm Sirene* akan aktif jika *Sensor Switch (SWI)* aktif dan *Alarm Sirene* non aktif jika tombol *acknowledge* aktif.

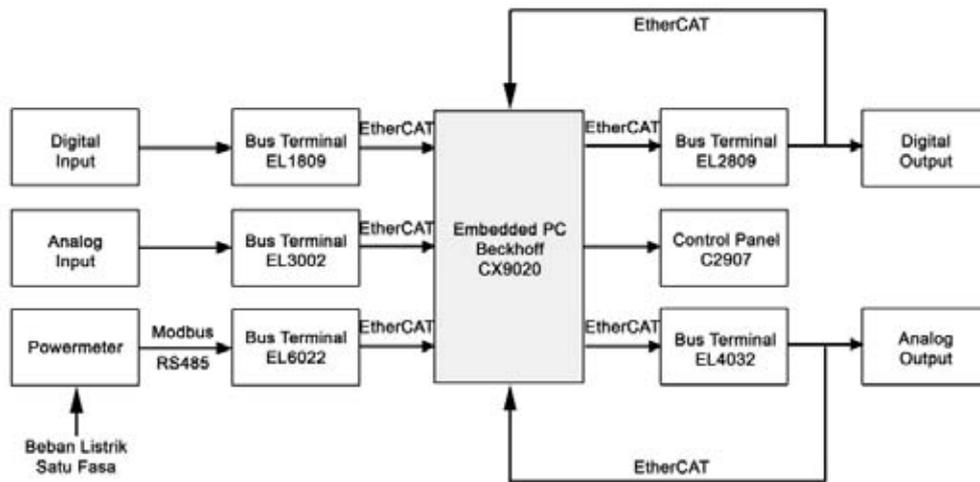
2.3.2 Alat Demonstrasi Sistem Keamanan Bangunan

Alat demonstrasi *PC-based Control* yang dirancang merupakan alat demonstrasi yang dapat digunakan untuk melaksanakan demonstrasi kontrol proses. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, alat ini dilengkapi dengan fungsi *digital input*, *digital output*, *analog input*, dan *analog output*, maupun fungsi lainnya yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan demonstrasi kontrol proses[6]. Untuk



mencoba demonstrasi kontrol proses ini, pada alat demonstrasi ini akan dilengkapi dengan program untuk melaksanakan demonstrasi urutan proses dan simulasi sistem keamanan bangunan.

Alat demonstrasi *PC-based Control* yang dirancang memiliki kemampuan untuk melaksanakan fungsi *digital input*, *digital output*, *analog input*, dan *analog output* serta dilengkapi dengan *special function* berupa komunikasi serial *ModbusRTU* untuk membaca besaran listrik 1 fasa[7]. Gambar 2 menunjukkan diagram blok alat demonstrasi *PC-based Control* yang dirancang, yang terdiri dari *embedded PC CX9020* sebagai kontroler utama yang dilengkapi dengan modul-modul *input/output* berupa *bus terminal* untuk masing-masing fungsi *digital input (EL1809)*, *digital output (EL2809)*, *analog input (EL3002)*, *analog output (4032)*, dan *special function (EL6002)*.



Gambar 2. Diagram blok alat demonstrasi *PC-based Control*

Masukan pada *embedded PC Beckhoff CX9020* berupa *digital input*, *analog input*, besaran listrik 1 fasa yang dibaca oleh *powermeter*, serta umpan balik dari *digital output* maupun *analog output*. Fungsi *digital input* merupakan *input* berupa sinyal digital yang hanya memiliki 2 keadaan, yaitu *HIGH* atau *LOW*, sedangkan *analog input* merupakan *input* berupa sinyal analog dengan nilai yang bervariasi sesuai dengan pembacaan *input/sensor* analog tersebut. Keluaran pada *embedded PC* pun berupa nilai *digital* dan *analog* yang nilainya sesuai dengan *input* yang diberikan yang dapat ditampilkan pada sebuah layar (*Control Panel*)[8].

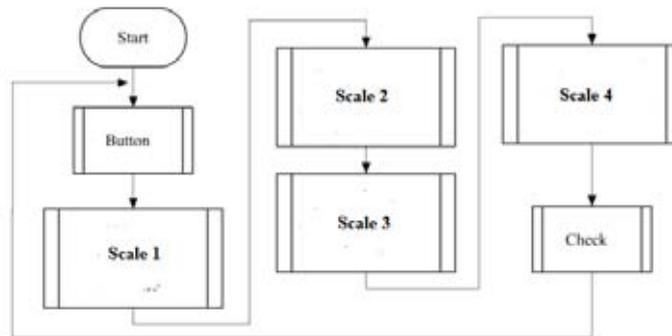
Seluruh masukan maupun keluaran pada sistem dihubungkan pada sebuah *bus terminal* sesuai dengan fungsinya agar dapat membaca nilai *input* maupun mengeluarkan nilai *output*. Masing-masing *bus terminal* tersebut sudah memiliki teknologi *EtherCAT (Ethernet Control Automation Technology)* sehingga pembacaan maupun pengeluaran nilai *input/output* dapat dilaksanakan dengan sangat cepat.

Pada alat yang dirancang, fungsi *digital input* dan *digital output* disediakan sebanyak 16 buah (*channel*) sedangkan untuk *analog input* disediakan sebanyak 4 *channel* dan *analog output* disediakan 2 *channel*, serta masing-masing sebuah *powermeter* untuk membaca besaran listrik 1 fasa dan *Control Panel* untuk fungsi *Human-Machine Interface (HMI)*.

2.3.3 Perancangan Perangkat Lunak

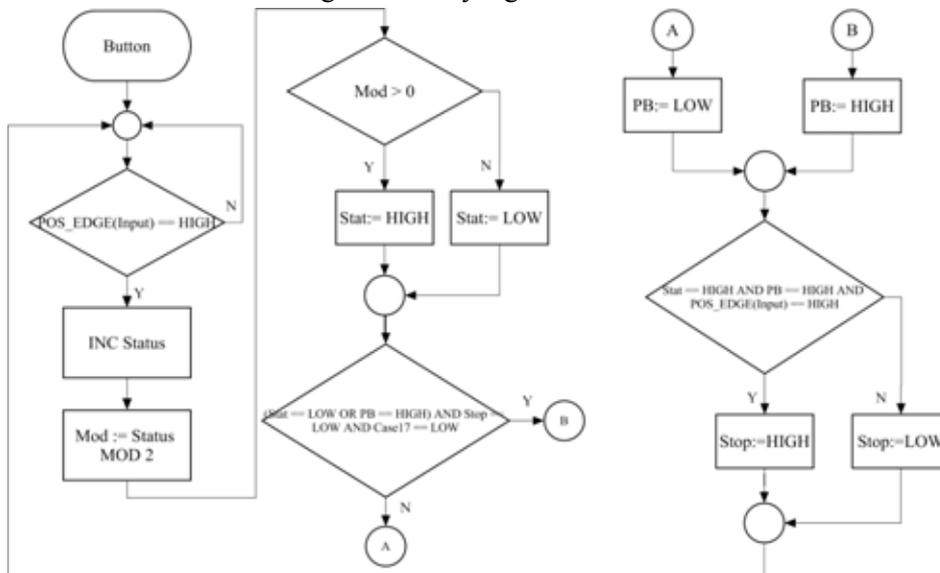
Perangkat lunak yang dirancang untuk melengkapi alat demonstrasi adalah program berupa simulasi keamanan bangunan dan 16 urutan yang berbeda untuk kasus-kasus pada kontrol proses. Program ini dilengkapi dengan *Human-Machine Interface (HMI)* yang menampilkan keadaan *input* dan *output* dari variabel yang digunakan[9].

Program yang dirancang merupakan simulasi keamanan bangunan dan 16 sekuens proses *input/output*. Tiap sekuens yang dibuat diwakili oleh 1 tombol *digital input* dan sekuens lain tidak dapat dijalankan jika sekuens yang sudah dijalankan belum dimatikan dengan menekan tombol yang sama (*interlock*). Untuk menjalankan simulasi keamanan sistem bangunan, *channel 9*, *channel 10*, *channel 11*, dan *channel 12* pada *digital input* harus berada dalam keadaan *HIGH*. Gambar 3 menunjukkan program utama yang dirancang yang terdiri dari fungsi *Button* untuk mendapatkan kondisi nilai *digital input*, penskalaan pada masing-masing *analog input*, dan percabangan proses pada subprogram *Check* berdasarkan kondisi *input*.



Gambar 3. Diagram alir fungsi utama

Setelah *CX9020* dinyalakan, *CX9020* akan memanggil fungsi *button* terlebih dahulu untuk mengecek *push button* yang tertekan. Fungsi *Button* tersebut diperlukan untuk membuat fungsi *interlock* karena karakteristik dari *push button* yaitu bersifat *momentary switch*, yang artinya hanya bernilai *HIGH* atau *LOW* pada saat *push button* ditekan saja. Fungsi berikutnya merupakan fungsi penskalaan nilai *analog input* karena nilai yang terbaca pada *bus terminal* merupakan nilai analog 16 bit. Setelah itu, *CX* akan melanjutkan eksekusi dengan memanggil subprogram *Check* yang berfungsi untuk memulai sekuens sesuai dengan tombol yang sudah ditekan.

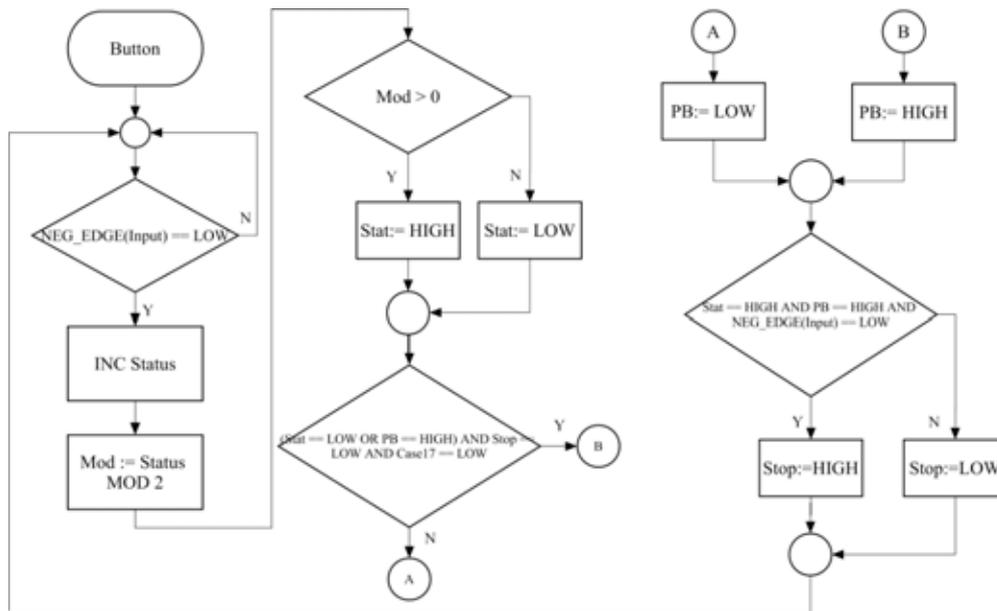


Gambar 4 Diagram alir fungsi *Button* untuk input dari *push button NO*

Fungsi *button* yang dibuat pada program utama adalah fungsi *interlock* untuk *digital input channel 1* hingga *channel 8* yang komponennya berupa *push button*. Fungsi tersebut memanfaatkan *counter up*, modulus, dan *function block compare*, serta *contact positive edge* dan *rise trigger* atau *contact negative edge* dan *falling trigger* sesuai dengan *push button NO* atau *NC* agar sinyal yang



diberikan ketika *push button* ditekan, hal ini mencegah adanya kebocoran arus dari komponen *push button*.



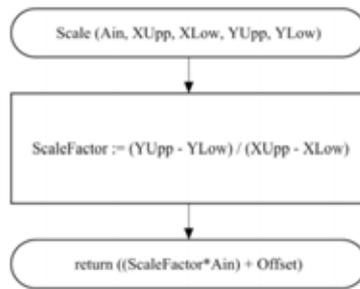
Gambar 5 Diagram alir fungsi *Button* untuk input dari *push button NC*

Gambar 4 merupakan diagram air untuk fungsi *Button* untuk *digital input* dengan komponen *momentary switch*. Algoritma yang dirancang adalah dengan memanfaatkan fungsi modulus yang mengindikasikan banyaknya tombol ditekan. Setiap kali tombol ditekan akan melakukan proses *increment* pada variabel *Status*, variabel tersebut akan dimodulus dengan 2 dan disimpan pada variabel *Mod*. Berdasarkan algoritma tersebut, maka nilai pada variabel *Mod* hanya memiliki 2 nilai: 0 atau 1 berdasarkan genap atau ganjilnya tombol ditekan. Nilai tersebutlah yang menentukan ditekan atau tidaknya *momentary switch* yang disimpan pada variabel *PB*.

Gambar 5 merupakan diagram air untuk fungsi *Button* untuk *digital input* dengan komonen *momentary switch NC*. Diagram alir tersebut memiliki sedikit perbedaan karena *push button NC* akan *trigger* logika 0 pada saat ditekan, oleh karena itu pada algoritma yang dirancang dilakukan *1's complement* untuk memperoleh sinyal *HIGH* saat *push button* ditekan.

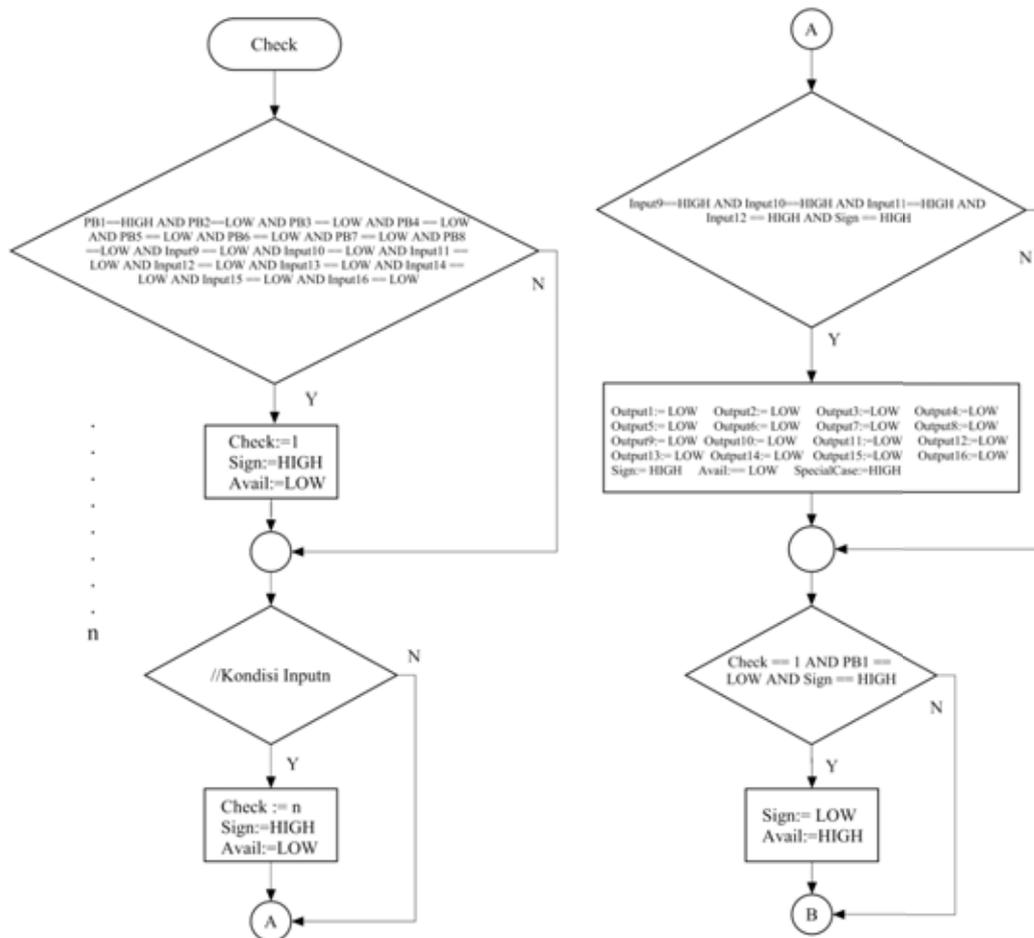
Fungsi *scale* merupakan fungsi yang mengkonversi nilai analog 16 bit yang terbaca pada *bus terminal EL3002* menjadi nilai tegangan input dengan rentang 0 V hingga 10 V dengan nilai *offset* yang bertujuan agar hasil pembacaan maksimal mendekati nilai 10V. Gambar 6 merupakan fungsi untuk melakukan penskalaan dari nilai tegangan *analog input* yang telah diubah ke dalam bentuk desimal 16-bit. Variabel *YUpp* merupakan variabel yang menyimpan nilai maksimum dari hasil keluaran penskalaan yang diinginkan (dalam hal ini 10) dan *YLow* merupakan variabel yang menyimpan nilai minimum dari penskalaan yang diinginkan (0) sedangkan *XUpp* merupakan variabel yang menyimpan nilai input maksimum yang ingin dilakukan penskalaan (dalam hal ini 32767) dan *XLow* merupakan variabel yang menyimpan nilai input minimum dari input yang ingin diskala (0) dan *offset* merupakan nilai yang perlu dijumlahkan agar hasil penskalaan yang diperoleh sesuai dengan nilai yang diinginkan pada saat kondisi *input* sudah mencapai posisi maksimum namun nilai yang dihasilkan tidak sama dengan nilai maksimum seharusnya (*XUpp*), atau digunakan untuk penskalaan dengan nilai keluaran minimum tidak sama dengan nol.





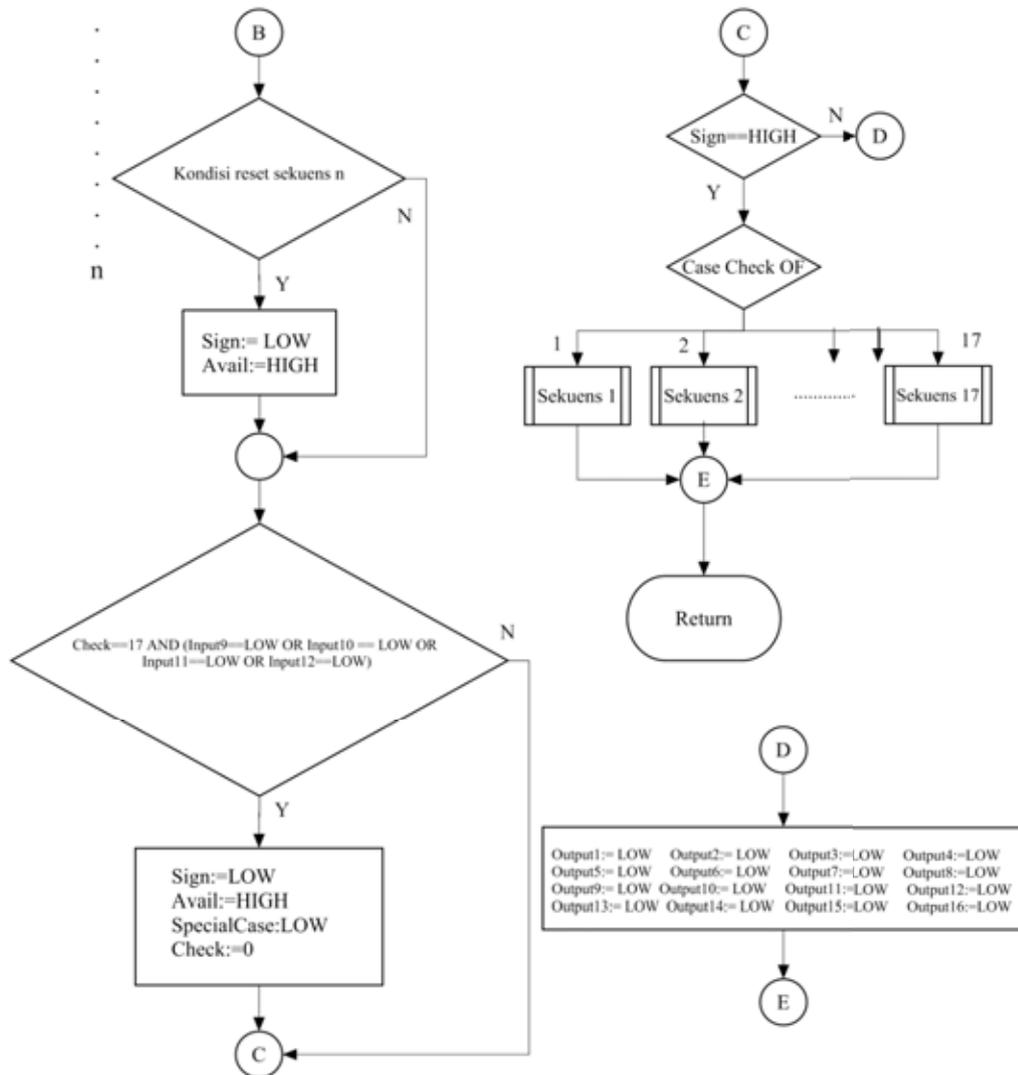
Gambar 6 Diagram alir fungsi *Scale*

Subprogram *Check* merupakan instruksi yang menentukan sekuens mana yang akan dieksekusi. Gambar 7 dan Gambar 8 merupakan diagram alir untuk Algoritma yang dirancang, yaitu dengan memberikan tanda angka setiap kali salah satu tombol atau kombinasi ditekan, dengan syarat tidak ada tombol yang ditekan sebelumnya atau sekuens yang telah dijalankan sebelumnya sudah di-reset, hal ini ditentukan dengan kondisi variabel *Sign*. Sekuens yang dieksekusi sesuai dengan nomor tanda angka setelah tombol ditekan hingga variabel *Sign* bernilai *LOW* yang menandakan sekuens telah di-*reset*.



Gambar 7 Diagram alir subprogram *Check* bagian 1



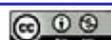


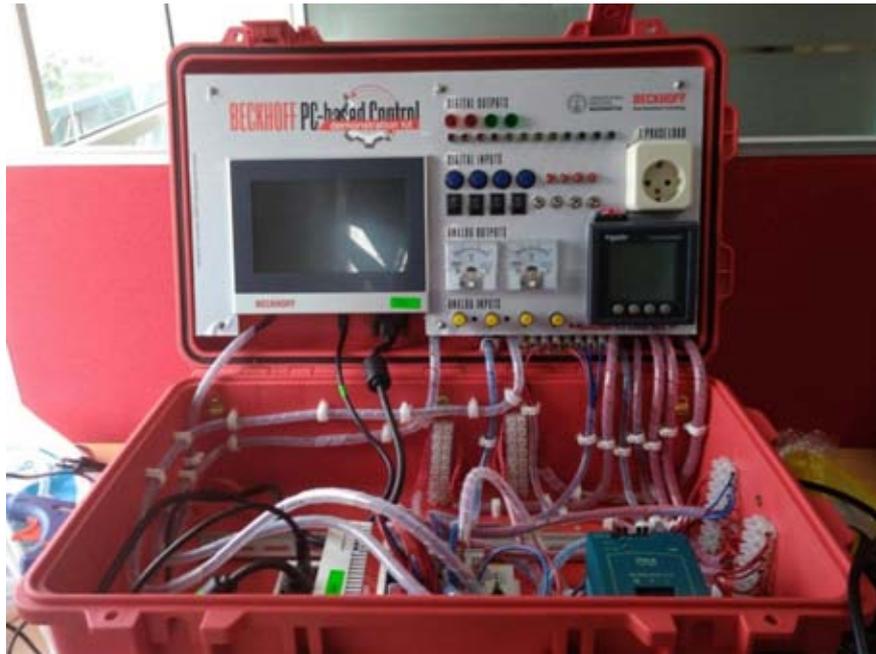
Gambar 8 Diagram alir subprogram *Check* bagian 2

2.3.4 Realisasi Alat Demonstrasi

Alat demonstrasi direalisasikan menggunakan komponen-komponen yang sesuai. Komponen-komponen tersebut dipasang pada sebuah akrilik sehingga membentuk sebuah panel *input/output* dan algoritma-algoritma untuk sekuens proses dan simulasi sistem keamanan bangunan beserta masing-masing *HMI*-nya direalisasikan dengan menggunakan perangkat lunak *TwinCAT 3 XAE*. Program tersebut di-*upload* menuju *CX9020* sebagai kontroler utama untuk menjalankan masing-masing demonstrasi kontrol proses tersebut. Komponen-komponen *input/output* baik berupa *push button*, *toggle switch*, *LED*, *potensiometer*, *voltmeter*, *powermeter*, dan *Control Panel* dipasangkan pada sebuah pelat akrilik dengan ketebalan 5mm, pemasangan tersebut sesuai dengan cetak biru pada Gambar 9. Pengkabelan dilakukan setelah semua komponen dipasang pada pelat akrilik tersebut, pengkabelan dilakukan sesuai dengan skematik rangkaian masing-masing fungsi *I/O*. Setelah pengkabelan selesai dilakukan, panel akrilik ditempatkan pada bagian atas koper yang sudah disediakan.

Kontroler, *bus terminal*, *power supply* ditempatkan di bagian bawah koper yang sudah dipasang dua buah *DIN Rail*. Selain komponen-komponen tersebut, beberapa *terminal block* juga ditempatkan pada bagian bawah koper, *terminal block* tersebut digunakan untuk melakukan pengkabelan dengan hubungan paralel, pemilihan tersebut berdasarkan skematik rangkaian yang cenderung banyak memiliki banyak *node* yang terhubung secara paralel.





Gambar 9. Alat demonstrasi yang sudah direalisasikan

2.3.5 Perancangan Human-Machine Interface (HMI)

Human-Machine Interface (HMI) merupakan sebuah antarmuka yang menghubungkan antara pengguna dengan mesin. *HMI* pada alat demonstrasi ini bertujuan untuk melakukan *monitoring* pada sistem yang telah dirancang, dalam hal ini melihat keadaan seluruh *input/output* maupun parameter lainnya. Parameter-parameter yang akan dirancang untuk diamati pada *HMI* adalah berupa status *digital input*, *digital output*, *analog input*, dan *analog output* serta parameter lain berupa *input status* (sedang aktif atau yang terakhir aktif) pada program sekuens proses dan untuk program simulasi sistem keamanan bangunan parameter yang diamati adalah berupa masing-masing kondisi dari alarm, sirine, lampu taman, gerbang, status sensor, waktu, intensitas cahaya, dan waktu *timer* untuk *delay* gerbang.

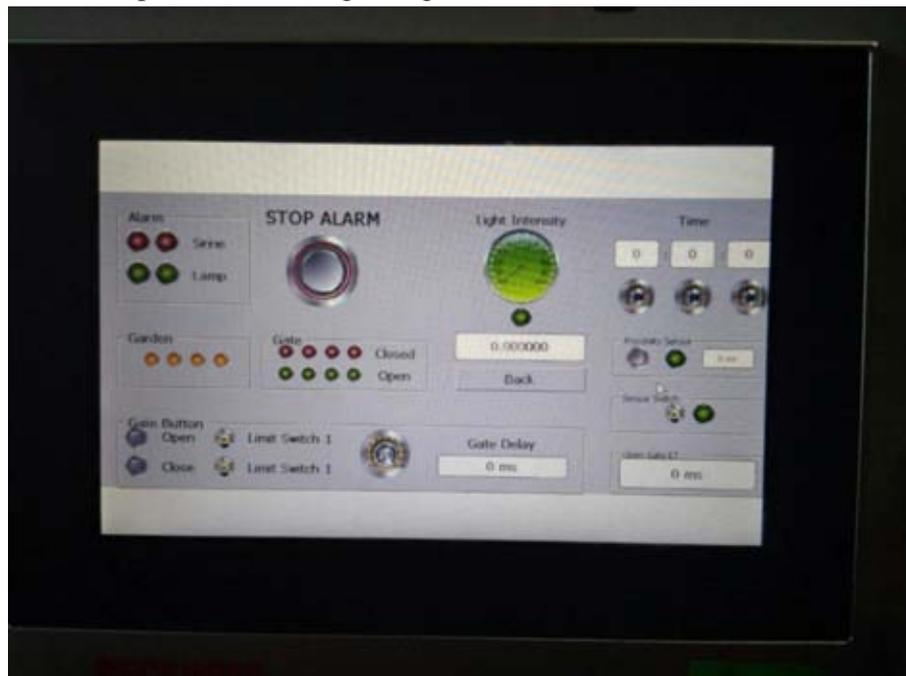
Program yang telah dibuat terdiri 1 buah fungsi *main* dan 29 buah fungsi lainnya: 16 sekuens proses, 1 buah subprogram simulasi keamanan bangunan, 10 fungsi penskalaan, 1 buah fungsi *interlock* dari *input momentary switch*, dan 1 buah subprogram untuk menentukan sekuens yang akan dieksekusi berdasarkan *input* tertentu.

HMI yang telah dibuat terdiri dari 2 jenis: *HMI* untuk 16 sekuens proses dan 1 buah *HMI* khusus untuk simulasi sistem keamanan bangunan. Kedua jenis *HMI* ini pun dibuat dalam perangkat lunak *TwinCAT 3 XAE* pada 1 berkas yang sama dengan programnya. Tampilan pada *HMI* tersebut dapat diubah dengan menekan tombol *Next* pada *HMI* sekuens proses untuk mengubah tampilan menjadi *HMI* simulasi sistem keamanan bangunan. Dengan cara yang sama, tampilan pada *HMI* sistem keamanan bangunan dapat diubah menjadi tampilan *HMI* sekuens proses dengan menekan tombol *Back*. Masing-masing *HMI* dibuat berdasarkan fungsinya untuk melakukan *monitoring* sistem.



Gambar 10. Tampilan HMI simulasi sistem keamanan bangunan

Gambar 10 dan Gambar 11 menunjukkan hasil realisasi pembuatan HMI untuk simulasi sistem keamanan bangunan. Komponen-komponen pada HMI tersebut disesuaikan dengan parameter keamanan gedung yang digunakan, yaitu sirine, lampu alarm, lampu taman, motor gerbang (buka dan tutup), *proximity status*, *sensor switch status* dan intensitas cahaya yang diatur berdasarkan komponen *input* berupa tombol gerbang (buka dan tutup), tombol *stop* alarm, *sensor switch*, *proximity sensor*, waktu, *limit switch*, dan tetapan waktu tunda gerbang.



Gambar 11 Realisasi HMI simulasi sistem keamanan bangunan pada Control Panel

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian *digital input* dan *digital output*

Pengujian ini dilakukan untuk memvalidasi perubahan *digital input* saat belum ditekan/dinyalakan ataupun saat ditekan/dinyalakan dan keluaran dari *digital output* saat dalam keadaan *ON* atau *OFF* dengan melihat perubahannya pada *TwinCAT 3*. *Digital input* berhasil mengeluarkan *logic high* (1) atau *logic low* (0) sesuai dengan sifatnya sebagai *naturally open* (NO)

atau *naturally closed (NC)* dan *logic digital output* sudah berhasil berubah menjadi *high (1)* bila diberi *logic high (1)* atau *logic low (0)* sesuai dengan *input* yang terhubung dengan *output*.

B. Pengujian *analog input* dan *analog output*

Pengujian ini dilakukan untuk memvalidasi perubahan *analog input* saat terjadi perputaran potensiometer atau saat tidak terjadi perputaran potensiometer dan keluaran dari *analog output* dengan melihat perubahan *voltmeter* saat terjadi perputaran potensiometer atau saat tidak terjadi perputaran potensiometer. Nilai pada *analog input* dan *analog output* direpresentasikan dalam tegangan dan *bilangan decimal* yang dimunculkan pada *TwinCAT 3*.

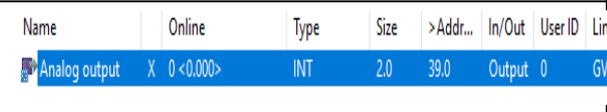
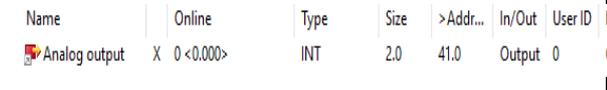
Tabel 1 Antarmuka *analog input* saat tidak terjadi perputaran potensiometer

<i>Analog Input</i>	Gambar								Keterangan
Potensio meter 1	Name	Online	Type	Size	>Addr...	In/Out	User ID	Linked to	<i>Input</i> bernilai $(-23)_{10}$ atau -0.007 $V \approx 0$ V
	Status	0x0000 (0)	Status_761...	2.0	57.0	Input	0		
	Value	X -23 <-0.007>	INT	2.0	59.0	Input	0	GVL_IO.Ain	
Potensio meter 2	Name	Online	Type	Size	>Addr...	In/Out	User ID	Linked to	<i>Input</i> bernilai $(-22)_{10}$ atau -0.007 $V \approx 0$ V
	Status	0x0000 (0)	Status_761...	2.0	61.0	Input	0		
	Value	X -22 <-0.007>	INT	2.0	63.0	Input	0	GVL_IO.Ain2.F	
Potensio meter 3	Name	Online	Type	Size	>Addr...	In/Out	User ID	Linked to	<i>Input</i> bernilai $(-11)_{10}$ atau -0.003 $V \approx 0$ V
	Status	0x0000 (0)	Status_761...	2.0	65.0	Input	0		
	Value	X -11 <-0.003>	INT	2.0	67.0	Input	0	GVL_IO.Ain3.F	
Potensio meter 4	Name	Online	Type	Size	>Addr...	In/Out	User ID	Linked to	<i>Input</i> bernilai $(7)_{10}$ atau 0.002 $V \approx 0$ V
	Status	0x0000 (0)	Status_761...	2.0	69.0	Input	0		
	Value	X 7 <0.002>	INT	2.0	71.0	Input	0	GVL_IO.Ain4	

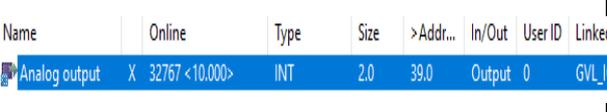
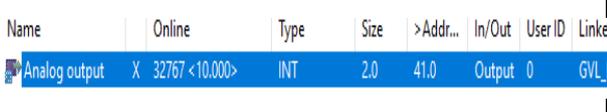
Tabel 2 Antarmuka *analog input* saat terjadi perputaran potensiometer

<i>Analog Input</i>	Gambar								Keterangan
Potensio meter 1	Name	Online	Type	Size	>Addr...	In/Out	User ID	Linked to	<i>Input</i> bernilai $(9180)_{10}$ atau 2.802 V
	Status	0x0000 (0)	Status_761...	2.0	57.0	Input	0		
	Value	X 9180 <2.802>	INT	2.0	59.0	Input	0	GVL_IO.Ain1	
Potensio meter 2	Name	Online	Type	Size	>Addr...	In/Out	User ID	Linked to	<i>Input</i> bernilai $(17882)_{10}$ atau 5.457 V
	Status	0x0000 (0)	Status_761...	2.0	61.0	Input	0		
	Value	X 17882 <5.457>	INT	2.0	63.0	Input	0	GVL_IO.Ain	
Potensio meter 3	Name	Online	Type	Size	>Addr...	In/Out	User ID	Linked to	<i>Input</i> bernilai $(26535)_{10}$ atau 8.098 V
	Status	0x0000 (0)	Status_761...	2.0	65.0	Input	0		
	Value	X 26535 <8.098>	INT	2.0	67.0	Input	0	GVL_IO.A	
Potensio meter 4	Name	Online	Type	Size	>Addr...	In/Out	User ID	Linked to	<i>Input</i> bernilai $(32717)_{10}$ atau 9.985 V
	Status	0x8000 (32768)	Status_761...	2.0	69.0	Input	0		
	Value	X 32717 <9.985>	INT	2.0	71.0	Input	0	GVL_IO.Ain4	

Tabel 3 Antarmuka *analog output* saat tidak terjadi perputaran potensiometer

Analog Input	Gambar	Keterangan
Voltmeter 1		Output bernilai 0 bit atau 0 V
Voltmeter 2		Output bernilai 0 bit atau 0 V

Tabel 4 Antarmuka *analog output* saat terjadi perputaran potensiometer

Analog Input	Gambar	Keterangan
Voltmeter 1		Output bernilai 32767 bit atau 10 V
Voltmeter 2		Output bernilai 32767 bit atau 10 V

Pada Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4 dapat dilihat bahwa *analog input* dan *analog output* sudah dapat menghasilkan nilai dengan benar maka dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa *analog input* dan *analog output* sudah berfungsi dengan baik. *Analog input* berhasil mengeluarkan nilai berupa tegangan saat nilai potensiometer diubah dan nilai keluarannya sebanding dengan nilai potensiometer yang diatur. *Analog output* berhasil menampilkan tegangan yang dihasilkan dari perubahan nilai potensiometer.

Dalam sistem terjadi konversi nilai dimana nilai potensiometer yang berupa *analog* dikonversikan ke nilai *digital* berupa nilai *decimal*. Konversi tersebut menggunakan prinsip *Analog to Digital Converter (ADC)* yang memiliki persamaan :

$$\frac{\text{Resolution of the ADC}}{\text{System Voltage}} = \frac{\text{ADC Reading}}{\text{Analog Voltage Measured}}$$

Dengan :

Resolution of the ADC = Nilai $(2)^N$, N adalah jumlah *bit* yang digunakan sistem

System Voltage = Nilai tegangan yang digunakan sistem

ADC Reading = Nilai konversi dari *analog* ke *digital*

Analog Voltage Measured = Nilai tegangan *analog* yang diukur

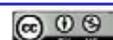
Pada alat demonstrasi jumlah bit yang digunakan sistem ialah 15-bit maka *Resolution of the ADC* bernilai $(2)^{15}$ atau 32768 dan nilai tanganan yang digunakan adalah 10V. Maka perhitungan untuk mencari nilai tegangan yang diukur pada *analog input* saat nilai potensiometer diubah berdasarkan nilai *ADC Reading* yang ditunjukkan pada Tabel 2 :

- Potensiometer 1

$$\text{Analog Voltage Measured} = \frac{9180 \times 10}{32768} = 2.8 \text{ V}$$

- Potensiometer 2

$$\text{Analog Voltage Measured} = \frac{17882 \times 10}{32768} = 5.457 \text{ V}$$



- Potensiometer 3

$$\text{Analog Voltage Measured} = \frac{26535 \times 10}{32768} = 8.098 \text{ V}$$

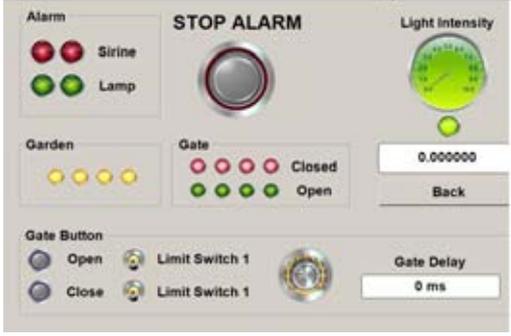
- Potensiometer 4

$$\text{Analog Voltage Measured} = \frac{32717 \times 10}{32768} = 9.985 \text{ V}$$

C. Percobaan program dan HMI

Percobaan ini dilakukan untuk memvalidasi program *visualization* yang telah dirancang dengan menampilkannya melalui HMI pada TwinCAT 3 dan juga waktu yang dibutuhkan HMI untuk muncul pada Control Panel .

Tabel 5 Program yang ditampilkan melalui HMI

Percobaan	Gambar	Keterangan
1		Program berupa aplikasi keamanan rumah yang mengatur lampu, gerbang dan alarm pada rumah.

Tabel 6 Waktu yang dibutuhkan HMI untuk muncul pada Control Panel

Percobaan	Waktu (detik)
1	23.7
2	23.5
3	23.3
4	23.3
5	23.5
6	23.7
7	23.7
8	23.2
9	23.3
10	23.3

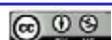
Pada Tabel 5 dan Tabel 6 dapat dilihat bahwa HMI sudah berhasil memunculkan *visualization* dari *demo kit* dan HMI berhasil ditampilkan pada *Control Panel*, maka dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa HMI berfungsi dengan baik.

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Hasil perancangan dan pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan yaitu:

1. Sistem *demo kit* ini dibuat untuk membantu memperkenalkan *PC-based Control* pada bidang industri di Indonesia. *Panel PC* menampilkan HMI pada *demo kit*.
2. Rata-rata jeda waktu untuk menampilkan HMI pada *Panel PC* adalah 23.45 detik.
3. Sistem sudah bisa mengimplementasikan sebuah program aplikasi dari *smart house* melalui *digital input* dan *digital output*. *Analog input* berupa potensiometer sudah bisa menghasilkan tegangan pada sistem dengan rentan nilai dari 0 – 9.985 V. *Analog output* berupa *voltmeter*



belum berhasil menampilkan nilai tegangan yang dihasilkan dari perubahan nilai potensiometer.

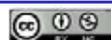
4.2 Saran

Dalam penelitian ini masih banyak sekali kekurangan dan ketidaksempurnaan. Untuk itu, perlu dilakukan pengembangan agar ke depannya menjadi sempurna ataupun lebih baik lagi sehingga memiliki beberapa saran, diantaranya:

1. Mengganti *voltmeter* dengan *voltmeter* yang memiliki nilai tahanan dalam yang besar agar tidak terjadi pembebanan pada *voltmeter*.
2. Menambahkan sistem *IoT (Internet of Things)* pada *demo kit* agar dapat mengimplementasikan *Industry 4.0* yang merupakan kecenderungan saat ini dalam bidang otomasi dan pertukaran data pada teknologi manufaktur.

REFERENSI

- [1] Syaiful Bahri Djamarah dan Aswan Zain, "Strategi Belajar Mengajar-." Rineka Cipta, Jakarta, 2010.
- [2] N. C. Erwani Merry S, T. Rudi Sarjono, "Otomasi pada Simulator Green House dengan SCADA Berbasis Web," *Kendali-tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer, Sist.*, vol. 6, no. 2, pp. 205–214, 2017.
- [3] "beckhoff Automation." 2017.
- [4] H. Maghfiroh, "in Speed Control f DC Motor Base on PLC," no. Figure 1, pp. 233–238, 2013.
- [5] B. Solution, "PC-Based Controls vs. PLC-Based Controls for Machine Automation." p. 2013.
- [6] S. Zheng and F. Liu, "The design of elevator control system based on PLC and configuration," *Adv. Intell. Soft Comput.*, vol. 104, pp. 743–748, 2011.
- [7] X. Wu and H. Zhou, "Control and Simulation of Head Temperature Field of Vascular 3D Based on Beckhoff," pp. 626–631, 2016.
- [8] G. Bonney, H. Höfken, B. Paffen, and M. Schuba, "ICS/SCADA security analysis of a beckhoff CX5020 PLC," *ICISSP 2015 - 1st Int. Conf. Inf. Syst. Secur. Privacy, Proc.*, pp. 137–142, 2015.
- [9] A. Nagar and S. Mehta, "Steam turbine lube oil system protections using SCADA & PLC," *Proc. 2017 Int. Conf. Intell. Comput. Control Syst. ICICCS 2017*, vol. 2018–January, pp. 1376–1381, 2018.
- [10] Beckhoff Automation. 2017. *CX9020 | Basic CPU Module*. https://www.beckhoff.com/english.asp?embedded_pc/cx9020.htm. [Diakses 3 November 2017]
- [11] Beckhoff Automation. 2017. *The Beckhoff Bus Terminal* system. [https://infosys.beckhoff.com/english.php?content=../content/1033/bx8000/2792573963.html&id=.](https://infosys.beckhoff.com/english.php?content=../content/1033/bx8000/2792573963.html&id=..)[Diakses 22 November 2017]
- [12] Beckhoff Automation. 2017. *EtherCAT Terminal*. [https://infosys.beckhoff.com/english.php?content=../content/1033/fieldbusinfosys/3149086475.html&id=.](https://infosys.beckhoff.com/english.php?content=../content/1033/fieldbusinfosys/3149086475.html&id=..) [Diakses 22 November 2017]
- [13] Beckhoff Automation. 2017. *TwinCAT 3 | eXtended Automation (XA)*. <https://www.beckhoff.com/english.asp?twincat/twincat-3.htm>. [Diakses 10 November 2017]
- [14] Johnson, Curtis D. 2003. *Process Control Instrumentation Technology*. Seventh Edition. New Delhi : Prentice-Hall of India.
- [15] Bryan, L.A & E.A Bryan. 1997. *Programmable Controller : Theory and Implementation*. Second Edition. United States of America : Industrial Text Company.



Rancang Bangun Modul Pengendali Berbasis Direct Mode XBee pada Wireless Sensor Network

Roman Lesmana*, Romi Wiryadinata¹, Wahyuni Martiningsih¹

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten.

Informasi Artikel

Naskah Diterima : 11 April 2018

Direvisi : 20 Juni 2018

Disetujui : 24 Juni 2018

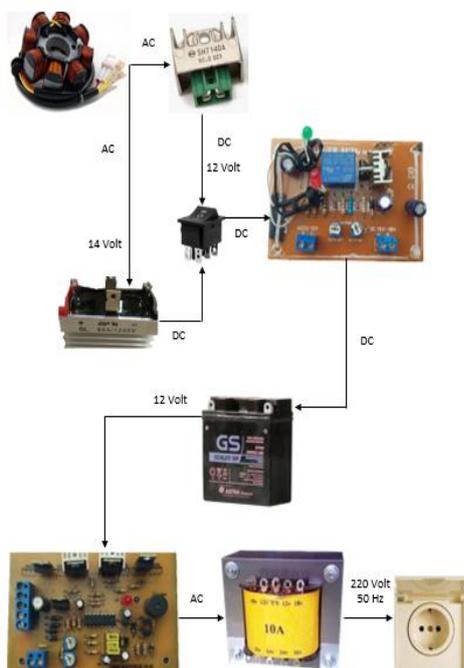
*Korespodensi Penulis :

romanlesmana25@gmail.com,

wiryadinata@untirta.ac.id

yuni_elektro@yahoo.com

Graphical abstract



Abstract

Communities who live far from the reach of the source of electrical energy require a system of electricity that is easy to use and applied. One easy-to-use power plant is the electrical system on a motorcycle. The purpose of this research is to utilize the generator output voltage generated into generator set and backup power system when there is no electricity supply from PLN. The AC voltage in the alternator requires the AC regulator to DC to be connected to the inverter for the obtained voltage of 220 volts 50 Hz. Modification of the design of the utilization of alternator is done by adding windings of each coil 50 winding with 0.7 mm wire diameter. Voltage generated 31 Volts at speed 1362 rpm. For voltage and charging current at alternator source is 13 Volt 1.6 Ampere and 12 Volt 0.5 Ampere for source of regulator. Genset system on this design has a capacity of 120 Watt. 81 watt load test with 12 Volt 10 Ah battery source can last 1 hour. Installed charging system takes 6 hour with fuel consumption 1,000 ml with battery condition 20% from 10 Ah.

Keywords: Generator, Motorcycle Electricity System

Abstrak

Masyarakat yang bertempat tinggal jauh dari jangkauan sumber energi listrik membutuhkan sistem pembangkit listrik yang mudah digunakan dan diaplikasikan. Salah satu pembangkit listrik yang mudah digunakan adalah sistem kelistrikan pada sepeda motor. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memanfaatkan tegangan output yang dihasilkan alternator menjadi sistem genset (generator set) dan sistem backup power disaat tidak ada suplai listrik dari PLN. Tegangan AC pada alternator membutuhkan regulator AC ke DC untuk dihubungkan ke inverter supaya tegangan yang diperoleh sebesar 220 volt 50 Hz. Modifikasi rancang bangun pemanfaatan alternator dilakukan dengan menambah lilitan masing-masing kumparan 50 lilitan dengan diameter kawat 0,7 mm. Tegangan yang dihasilkan 31 Volt di kecepatan 1362 rpm. Tegangan dan arus pengisian pada sumber alternator sebesar 13 Volt 1,6 Ampere dan 12 Volt 0,5 Ampere untuk sumber regulator. Sistem genset pada perancangan ini mempunyai kapasitas 120 Watt. Pengujian beban 81 watt dengan sumber baterai 12 Volt 10 Ah bisa bertahan 1 jam. Sistem charging yang terpasang membutuhkan waktu 6 hour dengan konsumsi BBM 1.000 ml dengan kondisi baterai 20 % dari 10 Ah.

Kata kunci: Generator, Sistem kelistrikan sepeda motor

© 2017 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan bahan bakar selalu meningkat, seiring dengan penggunaannya di bidang industri maupun transportasi. Cara menanggulangi krisis energi, diperlukan solusi energi baru. *Generator* merupakan faktor penting dalam menghasilkan energi listrik, maka diperlukan rancangan *generator* yang mampu bekerja dalam kecepatan putar rendah [1].

Perkembangan sistem pendukung kendaraan bermotor sembarai canggih, hal itu dimaksudkan supaya efisiensi motor bahan bakar maksimal dan mengurangi faktor kerugian yang

ditimbulkan. Diantara sistem pendukung motor bahan bakar yang berhubungan dengan sistem kelistrikan adalah sistem pengisian [2].

Sembaterain banyaknya penambahan jumlah penduduk, berdampak meningkatnya penggunaan alat transportasi. Salah satu model transportasi yang banyak digunakan dan menjadi pilihan mayoritas masyarakat umum adalah sepeda motor [3]. Penerapan *generator* di bidang industri maupun di bidang otomotif, misalnya pada mobil atau sepeda motor perlu konsumsi listrik untuk menghidupkan komponen-komponen yang berperan penting pada sistem motor tersebut [4].

Generator pada bidang otomotif pada sepeda motor disebut *alternator*, sumber listrik pada sepeda motor ini akan dialirkan oleh *alternator* [5]. Banyak yang dapat dimanfaatkan dari *alternator*, misalnya untuk menambah kapasitas listrik yang ditimbulkan oleh *generator* untuk disimpan ke baterai yang cukup besar dan menjadikan sepeda motor ini sebagai genset (genartor set), dengan menambah lilitan standar pada sepeda motor. Hukum Faraday menyebutkan bahwa apabila suatu kumparan dengan jumlah lilitan N ditempatkan di dalam medan magnet sehingga memotong garis gaya magnet atau *fluks* yang berubah menurut waktu maka pada kumparan tersebut akan timbul GGL induksi [6]. Bagian penting dari *generator* pada stator terdiri dari: rangka motor, belitan stator, sikat arang, *bearing* dan terminal box. Sedangkan bagian rotor terdiri dari komutator, belitan rotor, kipas rotor dan poros rotor [7]. Tegangan induksi perfasa yang dibangkitkan oleh kumparan stator dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut [8]:

$$E = 4,44 \times f \times \Phi \times N \quad (1)$$

E adalah gaya gerak listrik dengan satuan (Volt), f frekuensi dengan satuan (Hz), Φ fluksi per kutub (Wb) dan N adalah jumlah Lilitan. Frekuensi *generator* magnet permanen berbanding lurus dengan kecepatan putar *generator* magnet permanen dan dinyatakan secara matematis sebagai berikut [9]:

$$p = \frac{n_s \times f}{120} \quad (2)$$

n_s merupakan kecepatan medan stator yang berkaitan dengan (rpm) dan p jumlah kutub pada rotor sedangkan f merupakan Frekuensi tegangan dengan satuan (Hz).

Baterai adalah sebuah alat yang dapat menyimpan energi dalam bentuk energi kimia[10]. Baterai yang memiliki sel kutub positif (katoda) dan kutub negatif (anoda). Kutub yang bertanda positif menandakan bahwa memiliki energi potensial yang lebih tinggi dari pada kutub bertanda negatif. Kutub bertanda negatif adalah sumber elektron yang ketika disambungkan dengan rangkaian eksternal akan mengalir dan memberikan energi ke peralatan eksternal [11]. Sumber dan media penyimpanan arus pengisian sebagai pemasok arus listrik untuk kebutuhan lampu sepeda motor, sedangkan total daya beban pada baterai menggunakan rumus sebagai berikut [12]:

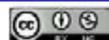
Nilai *charging/discharging* dinyatakan dalam arus (I) dan besarnya arus tersebut tergantung pada kapasitas baterai (C) dan lamanya waktu yang dibutuhkan (T). Lama waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pengisian pada baterai dapat diketahui dengan cara membagi kapasitas baterai (Ah) dengan arus pengisian (A) sebagai berikut [21]:

$$T = \frac{C}{I}, \quad (3)$$

T adalah waktu pengisian (*hour*), C adalah kapasitas baterai (Ah), dan I adalah arus pengisian (A). Adapun penambahan faktor 20% dari T diperlukan sebagai pengganti penurunan efisiensi pada baterai, sehingga persamaanya menjadi sebagai berikut [21]:

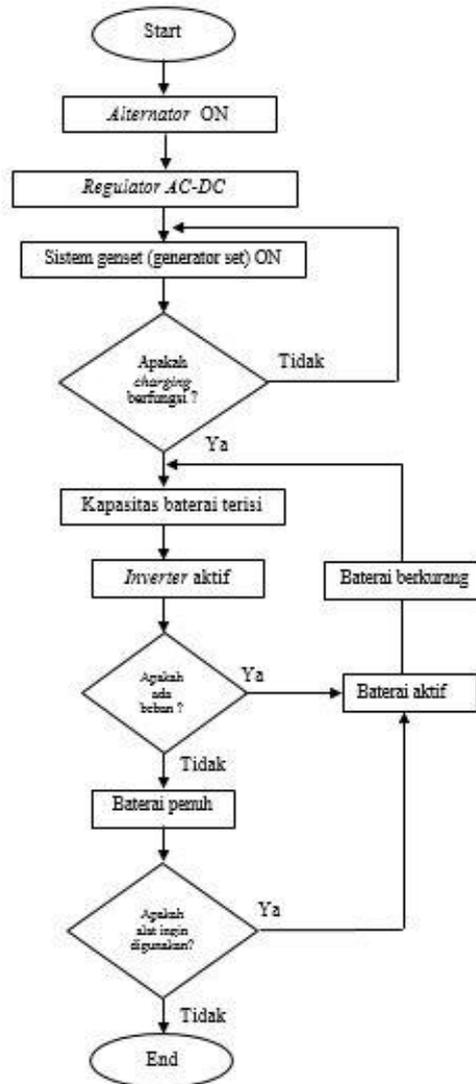
$$T_{ch} = T + (20\% \times T), \quad (4)$$

dengan T_{ch} adalah waktu pengisian setelah penambahan faktor efisiensi (*hour*). Beban induktif dihasilkan oleh lilitan kawat yang terdapat diberbagai alat-alat listrik seperti motor, *transformator*, dan relay. Beban kapasitif merupakan kebalikan dari beban induktif. Beban induktif diciptakan oleh lilitan kawat yang terdapat diberbagai alat-alat listrik seperti motor, *transformator*, dan relay. Kumparan dibutuhkan oleh alat-alat listrik tersebut untuk menciptakan medan magnet sebagai komponen kerjanya. Pembangkitan medan magnet pada kumparan inilah yang menjadi beban induktif pada rangkaian arus listrik AC. Jika beban induktif menghalangi terjadinya perubahan nilai arus listrik AC, maka beban kapasitif bersifat menghalangi terjadinya perubahan nilai tegangan listrik. Beban resistif dihasilkan oleh alat-alat listrik yang bersifat hambatan[14]. Salah satu jenis



diode adalah LED yang memiliki 2 kutub yaitu anoda dan katoda. LED akan menyala bila ada arus listrik mengalir dari anoda menuju katode [15].

2. METODE PENELITIAN



Gambar 1 Alur kerja sistem genset dan *backup power* menggunakan sepeda motor

Pada Gambar 1 saat alternator yang terhubung ke mesin penggerak sepeda motor hidup, sistem genset *on* dan tegangan yang dihasilkan *alternator* yang sudah di rubah dari tegangan AC ke tegangan DC akan terhubung ke sistem *charging* dan akan mengisi baterai 12 Volt 10 Ah. Pada saat beban terpasang pada *inverter* maka kapasitas baterai akan menurun. Sistem *charging* akan selalu terhubung ke baterai dan akan selalu mengisi sampai kondisi baterai penuh ketika *alternator on*. Berikut ini modifikasi *alternator* yang dilakukan untuk meningkatkan tegangan keluaran dari sepeda motor yang akan menjadi sumber utama untuk sistem *backup*. Berikut *alternator* yang akan ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Alternator sepeda motor mio sporty

Alternator menjadi sumber utama pembangkit listrik dari sistem perancangan. Alternator yang di modifikasi dengan cara merubah diameter dan menambah lilitan masing-masing kutub supaya tegangan yang dihasilkan lebih besar. Pada Gambar 2 alternator sepeda motor Mio Sporty diatas adalah alternator standar dengan jumlah kutub 12 dengan diameter kawat tembaga 0,8 mm. Berikut Tabel 1 spesifikasi *pool* sepeda motor.

Tabel 1 Spesifikasi *alternator* dan magnet permanen standar

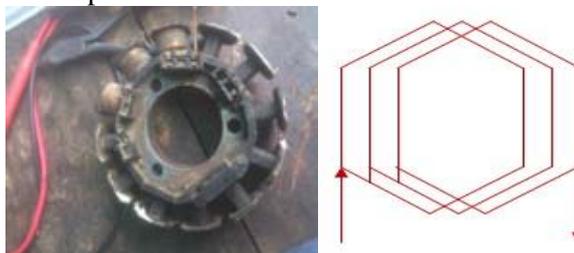
Tipe Motor	Yamaha Mio Sporty
Jumlah kutub	12
Diameter kawat tembaga	0,8 mm
Jumlah lilitan tiap kutub	34 sampai 37 lilitan
Fluks magnet	0,00005209

Dari Tabel 1 spesifikasi *alternator* standar akan di ukur berapa tegangan yang di dapat. Berikut ini pengukuran tegangan dan kecepatan pada *alternator* standar dapat lihat pada Tabel 2 hasil pengujian.

Tabel 2 Hasil pengujian tegangan dan kecepatan pada *alternator standar*

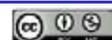
Kecepatan (rpm)	Tegangan (Volt)
1300	25
3000	80
5000	125

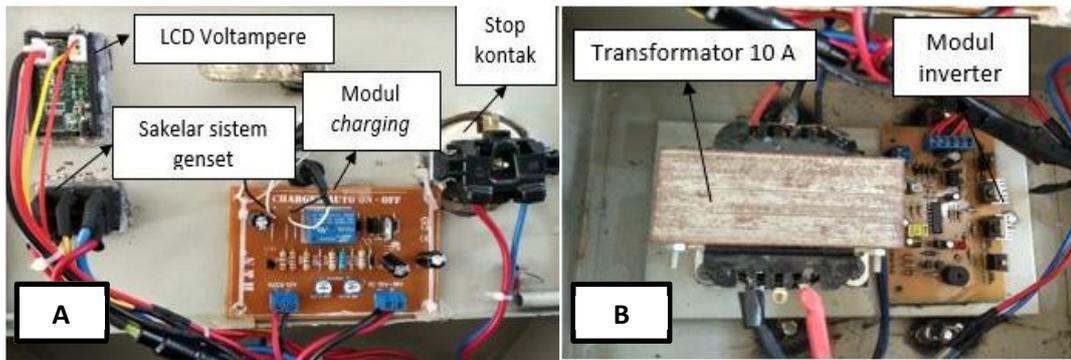
Alternator standar pabrikan didapatkan hasil seperti Tabel 2 nilai tegangan *output* berbea-beda tergantung jenis motor. Sembaterain besar konsumsi kelistrikan yang terpasang pada sepeda motor maka sembaterain besar juga tegangan *output* yang dihasilkan *alternator*. Lilitan pada *alternator* menggunakan jenis lilitan *lap winding*. Berikut ini alur modifikasi kawat tembaga *pool* pada sepeda motor dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Alternator motor mio sporty dan jenis lilitan *lap winding*

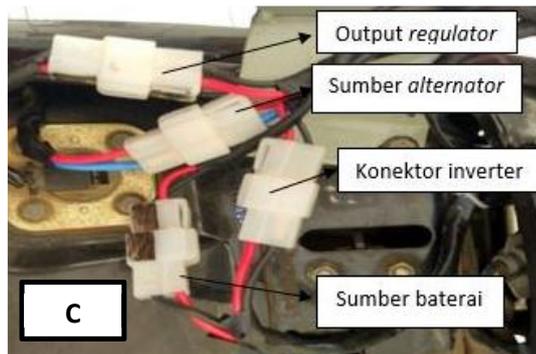
Modifikasi *pool* yang dilakukan merubah jumlah lilitan masing-masing kutub 50 lilitan dengan diameter kawat tembaga 0,7 mm. Tegangan AC pada sumber utama *alternator* akan melewati *regulator*, tegangan yang dihasilkan *regulator* sebesar 11 sampai 13 VDC. Standar komponen sepeda motor yaitu CDI, baterai dan Lampu adalah 12 samapi 13 Volt. Standar komponen sepeda motor yaitu CDI, baterai dan Lampu adalah 12 samapi 13 Volt. Berikut tahapan ini perancangan sistem genset (generator set) dapat dilihat pada gambar 4.





A. Pemasangan *charging*

B. Pemasangan Inverter



C. Konektor penghubung sistem genset panel box ke sepeda motor
Gambar 4 Perancangan sistem genset

Pada gambar 4 poin A pemasangan sistem charging Perancangan sistem dilengkapi dengan indikator untuk lampu hijau menandakan baterai sedang terisi dan ketika baterai penuh indikator lampu berwarna merah. Modul *charging* otomatis pada Gambar 4 menggunakan *regulator* L7812cv untuk menstabilkan tegangan keluaran apabila terjadi perubahan tegangan masukan pada catu daya. Penggunaan *relay* pada rangkaian hanya menggunakan *relay* satu *channel* yang berfungsi sebagai saklar untuk memutus ketika tegangan baterai yang diisi penuh dan menghubungkan ketika baterai kosong sehingga akan terhubung otomatis. Fungsi *relay* pada modul *charging* yang akan bekerja ketika tegangan baterai penuh 12 Volt. Pada modul terdapat rangkaian komparator dan *relay* yang akan diatur supaya bisa mengontrol tegangan baterai ketika pada saat pengisian baterai *relay* di posisi NO (*Normaly Open*), ketika tegangan penuh 12 Volt maka *relay* diposisi NC (*Normaly Close*) dan *coil* langsung akan berpindah sehingga baterai yang digunakan tidak akan cepat rusak.

Poin B pada gambar 4, Penelitian ini menggunakan *inverter* dengan *output* 220 Volt, *inverter* pada penelitian ini menggunakan *transformator center tap* 10 Ampere, sehingga daya pada *inverter* akan disesuaikan dengan kebutuhan dan kehandalan baterai pada sistem pengisian. Modul *inverter* ini mempunyai indikator atau alarm ketika tegangan baterai 9 Volt maka alarm pada modul akan aktif, tetapi *inverter* tetap aktif, alarm itu sendiri hanya sebagai indikator bahwa baterai dalam keadaan rendah pada tegangan 9 Volt. Tegangan baterai 12 Volt yang telah dirubah oleh modul *inverter* menjadi tegangan AC akan dihubungkan ke trafo *step up* dengan input tegangan 12 Volt pada trafo menjadi tegangan *output* 220 Volt dengan frekuensi 50 Hz.

Pada gambar 4 poin C konektor penghubung meggunakana soket pengancing jadi aman untuk digunakan, dengan menggunakan soket jenis ini memudahkan pemasangan, jadi tidak akan tertukar kabel negatif dan positifnya, untuk kabel warna merah menandakan (positif) dan warna hitam menandakan (negtif) sedangkan biru (masa dari sumber AC).

3. **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berikut ini hasil perancangan box panel sistem genset dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Pemasangan *full box* sistem genset pada bagasi sepeda motor

Perancangan yang dibuat sesuai kebutuhan dan kenyamanan saat berkendara, dan bahan yang digunakan pada *box* semua terbuat dari lempengan besi berukuran 1mm–4mm, supaya *box* bisa menahan berat baterai dan *transformator*, sehingga nyaman dibawa untuk berpergian jauh. Berikut ini pengukuran tegangan terhadap kecepatan untuk mengetahui *output* tegangan pada kecepatan tertentu, bisa dilihat pada gambar 6.



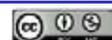
Gambar 6 Pengukuran kecepatan terhadap tegangan *alternator*

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tegangan yang dihasilkan pada *alternator*. Pengujian yang akan dilakukan untuk mengukur tegangan yang dihasilkan oleh kecepatan *alternator*, akan diukur pada kecepatan 1300 rpm, 3000 rpm dan 5000 rpm, setelah itu dibandingkan dengan hasil perhitungan. Pengukuran tegangan *output regulator* hasil perubahan lilitan dan diameter kawat tembaga, bisa dibandingkan perubahan tegangan sebelumnya 25 menjadi 31 Volt di kecepatan 1362 rpm. Kawat tembaga diameter 0,7 mm dan 50 lilitan tiap kumparan. Berikut ini perhitungan frekuensi dan tegangan dengan menggunakan persamaan (1) dan (2). Dari hasil perhitungan frekuensi dan tegangan dengan kecepatan 1300 rpm, 3000 rpm dan 5000 rpm dapat di bandingkan dengan hasil pengujian. Berikut ini Tabel 3 perbandingan hasil perhitungan dan pengujian.

Tabel 3 Hasil perhitungan dan pengujian tegangan *alternator* modifikasi

Kecepatan (Rpm)	Tegangan Alternator (Volt)		Persentase Error (%)
	Perhitungan	Pengujian	
1300	73	30	59
3000	168	90	46
5000	280	135	52

Hasil perhitungan dan pengujian tegangan yang di dapat sangat berbeda, dikarenakan ada beberapa faktor yang menyebabkan data yang diperoleh berbeda. Salah satunya adalah nilai *fluks* magnet permanen menurun dari nilai yang seharusnya, sehingga tegangan yang di dihasilkan berbeda seperti pada Tabel 3.



4.1 Pengujian Tegangan Regulator Terhadap Alternator (standar dan modifikasi) Untuk Sistem Charging

Pengujian *alternator* yang terhubung menggunakan *regulator* mempengaruhi tegangan *output regulator*, fungsi *regulator* ini untuk menyetabilkan tegangan 11 Volt – 13 Volt. Adapun hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 5 Hasil pengujian tegangan *regulator* terhadap kecepatan *alternator* standar dan modifikasi

Kecepatan (Rpm)	Tegangan Output Regulator Terhadap Kecepatan Alternator (Volt)	
	Standar	Modifikasi
1300	11,05	12
2000	12,15	12,50
2500	13,15	13,23
2750	13,13	13,17
4000	12,80	12,85
4500	11,35	11,50
5000	11	11

Tegangan akan berubah-ubah ketika kecepatan bertambah, seperti pada Tabel 4 Kecepatan bertambah tegangan tidak akan naik, tegangan akan turun pada 11 Volt, disebabkan oleh *regulator*, fungsi *regulator* ini akan selalu menjaga tegangan setabil dikisaran 11 Volt sampai 13 Volt pada rpm rendah dan tinggi.

4.2 Perhitungan Beban Lama Pemakaian

Pada penelitian ini beban yang digunakan beban resistif dan kapasitif dengan daya maksimal 81 Watt, menggunakan baterai 12 Volt 10 Ah. Berikut beban seperti lampu TL, LED dan *smartphone*. Pengujian di lakukan membandingkan beban *full* resistif dan beban resistif dan kapasitif. Pengujian di lakukan membandingkan beban *full* resistif dan beban resistif dan kapasitif.

a. Pengujian beban resistif

Pada pengujian baterai menggunakan beban resistif yaitu lampu LED dengan total daya 81 Watt dengan pengujian kondisi baterai hingga 20% dari total kapasitas 10 Ah. Pada pengujian baterai menggunakan 9 lampu LED dengan daya 9 Watt , saat pengujian beban dipasang semua, dengan menggunakan 2 baterai motor dipararel sehingga total kapasitas baterai menjadi 10 Ah. Berikut ini hasil pengamatan pengujian beban resistif yang akan ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil pengamatan pengujian beban resistif lampu LED 81 Watt menggunakan baterai 10 Ah

Waktu (Menit)	Beban Resistif		Kondisi Beban
	Tegangan Baterai (Volt)	Tegangan Output Inverter (Volt)	
0	12	220	Sangat Baik
15	11,95	220	Sangat Baik
30	11,45	210	Baik
45	11,30	210	Baik
60	11,03	200	Baik

Hasil pengujian pada beban resistif memiliki kondisi yang baik, dikarenakan pengujian selama 1 jam dengan kapasitas baterai 10 Ah dapat digunakan dengan baik. Kondisi baterai baru sangat mempengaruhi lama pembebanan selama 1 jam. Tegangan akhir 11,03 Volt. Lamanya pemakaian dipengaruhi faktor daya dan kapasitas baterai yang digunakan.

b. Pengujian beban resistif dan kapasitif

Pengujian beban menggunakan baterai dengan total daya 81 Watt dengan pengujian dilakukan. Pengujian pertama yaitu beban lampu LED dan lampu TL, kedua lampu LED dan

charging smartphone, ketiga lampu TL dan *charging smartphone* dan yang ke empat lampu LED, lampu TL dan *charging smartphone*. Pengujian di lakukan dengan kondisi baterai 100 % dan berapa lama pemakaian beban dengan sisa kapasitas baterai 20 % yang akan ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6 Data pengujian beban resistif dan kapasitif 81 Watt menggunakan baterai 10 Ah

Jenis Beban (Resistif, Kapasitif)	Total Daya Beban (Watt)	Lama Pemakaian (jam)
Lampu LED + Lampu TL	57	1,40
Lampu LED + <i>Charging smartphone</i>	60	1,4
Lampu TL + <i>Charging smartphone</i>	45	2
Lampu LED + Lampu TL + <i>Charging smartphone</i>	81	1,1

Pengujian pada beban ini, banyak hal yang mempengaruhi cepat habisnya kapasitas baterai, disebabkan kurang maksimalnya pengisian baterai. Pada saat beban dipasang baterai cepat habis, untuk beban yang dipakai seperti lampu TL dan *charger smartphone* ini sangat mempengaruhi baterai cepat habis.

4.4.1 Sistem Charging Menggunakan Alternator

Pengujian ini menggunakan *alternator* dengan merubah tegangan AC-DC, menggunakan dioda *bridge* sebagai penyearah tegangan. Proses pemakaian tegangan menggunakan *alternator* tidak dapat dipakai pada saat motor berjalan, dikarenakan tegangan yang dihasilkan tinggi, oleh karena itu *charging* tidak dapat digunakan. Sistem *charging* yang menggunakan *alternator* harus dalam keadaan motor diam dan mesin stabil. Arus yang dihasilkan oleh *alternator* mempengaruhi lama waktu pengisian baterai, dengan arus 1,61 Ampere untuk mengisi penuh baterai dengan kapasitas 10 Ah membutuhkan arus sebesar 1,61 Ampere dengan waktu 6 jam. Berikut ini Tabel 8 Dari hasil perhitungan menggunakan persamaan rumus (3) dan (4) *charging regulator* dengan kondisi baterai 20 % dan 50 % dapat di bandingkan dengan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 7

Tabel 7 Perbandingan waktu pengisian antara perhitungan dan pengujian menggunakan *regulator*

Kondisi baterai (%)	Arus Charging (Ampere)	Waktu Charging Baterai (jam)	
		Perhitungan	Pengujian
20	1,61	18	18,50
50	1,61	11,5	11,60

4.4.2 Sistem Charging Menggunakan Regulator

Pengukuran dilakukan pada sumber *charging* yaitu pada *output regulator*, hal ini dilakukan untuk menjaga supaya baterai yang di *charging* aman. Berikut ini hasil perhitungan dengan persamaan rumus (3) dan (4) pada Tabel 8 perbandingan waktu pengisian antara perhitungan dan pengujian menggunakan *alternator*.

Tabel 8 Perbandingan waktu pengisian antara perhitungan dan pengujian menggunakan *alternator*

Kondisi baterai (%)	Arus Charging (Ampere)	Waktu Charging Baterai (jam)	
		Perhitungan	Pengujian
20	1,61	5,9	6
50	1,61	3,7	3,5

Dari hasil pengujian *charging* dengan kondisi 50 % dan 20 % dengan baterai *alternator* dan *regulator*, dapat di bandingkan untuk lama *charging* yang dibutuhkan. Berikut ini hasil pengujian *charging alternator* dan *regulator* yang akan ditunjukkan pada Tabel 9.

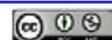
Tabel 9 Hasil pengujian *charging* baterai menggunakan *alternator* dan *regulator*

Kondisi Baterai (%)	Tegangan <i>Charging</i> (Volt)		Arus <i>Charging</i> (Ampere)		Waktu <i>Charging</i> (Jam, Menit)	
	<i>Alternator</i>	<i>Regulator</i>	<i>Alternator</i>	<i>Regulator</i>	<i>Alternator</i>	<i>Regulator</i>
20	12 - 13	11,50 - 12	1,61	0,5 - 0,52	6	18,50
50	12 - 13	11,50 - 12	1,61	0,5 - 0,52	3,50	11,60

Pengujian yang dilakukan pada kondisi baterai 20 % (maksimal pemakaian) dan 50 % dari total kapasitas baterai 10 Ah. Proses *charging* yang lama untuk *regulator* di pengaruhi arus yang di hasilkan hanya 0,52 Ampere sedangkan untuk arus *alternator* sebesar 1,61 Ampere. Pada pengujian *regulator* kondisi baterai 20 % tegangan yang terukur pada *charging* 11,50 Volt sampai 12 Volt, arus pengisian rata-rata 0,5 sampai 0,52 Ampere membutuhkan waktu 18 Jam 30 Menit. Sedangkan untuk pengisian menggunakan *alternator* dengan kondisi baterai 20 % membutuhkan waktu 6 Jam.

REFERENSI

- [1] M. F. Alqodri, C. E. Rustana, and H. Nasbey, *Rancang Bangun Generator Fluks Aksial Putaran Rendah Magnet Permanen Jenis Neodymium (NdFeB) Untuk Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Double-Stage Savonius*, vol. IV, pp. 135–142, 2015.
- [2] R. Subodro, *pada Alternator Konvensional Terhadap Voltage Yang Penelitian sistem pengisian difokuskan pada alternator guna mengatasi kekurangan suplay pengisian yang dibateraiatkan terlalu banyak beban kelistrikan . Eksperimen ini mencari pengaruh yang ditimbulkan yang*, vol. 1, 2015.
- [3] C. A. Apriana, T. Dermawan, B. Suhendro, and J. T. Nuklir, *Desain Sistem Kelistrikan Sepeda Motor Sebagai Alat Bantu Ajar Mahasiswa*, no. September, pp. 240–247, 2015.
- [4] G. F. Price, T. D. Batzel, M. Comanescu, and B. a Muller, *Design and Testing of a Permanent Magnet Axial Flux Wind Power Generator*, 2008 IAJC IJME Int. Conf., 2008.
- [5] A. A. Wijaya, *Perancangan Generator Magnet Permanen dengan Arah Fluks Aksial untuk Aplikasi Pembangkit Listrik*, vol. 4, no. 2, pp. 93–108, 2016.
- [6] R. Mahmudah, *Re-Design dan Modifikasi Generator Cooler Heat Exchanger Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) untuk Meningkatkan*, vol. 2, no. 3, pp. 409–413, 2013.
- [7] L. Jacobus, D. K. Gulo, F. Sains, and U. K. Immanuel, *Rancang Bangun Teslameter Dengan Metode Induksi*, vol. 6, no. 2, pp. 42–47, 2014.
- [8] A. M. S. S, C. Kurniawan, and P. Sebayang, *Efek Air Gap pada Rancang Bangun dan Uji Performa Generator Listrik Fluks Aksial Berbasis Magnet Permanen NdFeB*, vol. 1, no. 1, pp. 6–12, 2017.
- [9] H. Prasetijo, *Generator Magnet Permanen Sebagai Pembangkit Listrik Putaran Rendah*, vol. 8, no. 2, 2012.
- [10] A. Budiman, H. Asy'ari, and A. R. Hbateraim, *Desain Generator Magnet Permanen Untuk Sepeda Litrik*, vol. 12, no. 1, pp. 59–67, 2005.
- [11] M. Listrik, *Untuk Mobil Listrik Menggunakan Energi Sel Surya Dengan Metode Sequensial (Sagita Rochman dan Budi Prijo Sembodo)*,” vol. 12, pp. 61–66, 2014.
- [12] A. F. Farizy and D. A. Asfani, *Desain Sistem Monitoring State of Charge Baterai pada Pengisian Station Mobil Listrik Berbasis Fuzzy Logic Dengan Mempertimbangkan Temperature*, vol. 5, no. 2, 2016.
- [13] M. A. Aswady and S. Agustina, *Rancang Bangun Alat Pengubah Tegangan Ac 220 V 2 Phasa Ke Tegangan 220 V 1 Phasa Di Laboratorium Pt . Pertamina Ru Iii Plaju*, vol. 1, no. 3, pp. 44–49, 2014.
- [14] R. M. Hamid et al., *Rancang Bangun Charger Baterai Untuk Kebutuhanan UMKM*, J. Teknol. Terpadu, vol. 4, no. 2, pp. 130–136, 2016.
- [15] A. Iskandar and A. Supriyadi, *Evaluasi Penggunaan Lampu Led Sebagai Pengganti Konvensional*, J. Tek. Elektro, pp. 16–20.



Analisis Pengereman dinamik pada Motor Induksi 3 Fasa dengan metode Injeksi Arus Searah dan Kapasitor Eksitasi Sendiri Fuzzy C-Means Clustering

Ri Munarto¹, Bobby Rinaldi¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten.

Informasi Artikel

Naskah Diterima : 11 April 2018

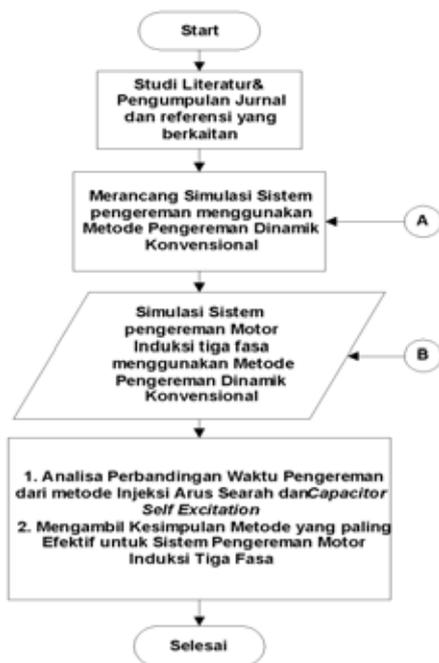
Direvisi : 20 Juni 2018

Disetujui : 24 Juni 2018

*Korespondensi Penulis :

veromatika@gmail.com

Graphical abstract



Abstract

Induction motors are used in many industrial production processes because of their robustness, high reliability and efficiency, low cost, and good self starting. In a vast number of industrial applications and drives, a very important requirement is for motor to be able to be quickly stopped. This is also very necessary to save machine parts and prevent injuries to the people in the vicinity in case a fault occurs. This means that good braking techniques are needed which are able to efficiently remove the kinetic energy of the motor. From experiment using MATLAB Simulink R2014b with DC injection using 22 V and 110 V, found that 110 V DC inject have braking time 0.61 second without load and 0.46 second with load 4,29 N.m, beside that capacitor self excitation with capacitor 1000 μ F have braking time 29.16 second without load and 6.08 with load 4,29 N.m, so it can be found solution that DC inject the most effectif braking.

Key words: three phase induction motor, dynamic braking, DC inject, capacitor self-excitation.

Abstrak

Pada saat motor dihentikan, putaran motor tidak langsung berhenti karena masih ada sisa energi putar yang terdapat pada poros. Penghentian putaran motor induksi dipengaruhi beban yang dilayani, kecepatan putaran dan daya motor. Dua jenis pengereman dinamis yang sering digunakan adalah metode injeksi arus searah dan metode kapasitor eksitasi sendiri. Dari pengujian menggunakan Simulink Matlab diketahui bahwa metode pengereman dinamik injeksi arus searah pada motor induksi 3 fasa menggunakan tegangan 110 V DC dan 220 V DC, diperoleh pengereman dengan injeksi tegangan 110 V DC memiliki waktu pengereman lebih cepat yaitu 0,61 detik kondisi tanpa beban, dan 0,46 detik kondisi dengan beban 4,29 N.m, sedangkan metode pengereman kapasitor eksitasi sendiri menggunakan kapasitor 1000 μ F dan 2000 μ F, diperoleh waktu pengereman dengan kapasitor 1000 μ F memiliki waktu pengereman lebih cepat yaitu 29,16 detik tanpa beban dan 6,08 detik dengan beban 4,2 N.m, sehingga didapat kesimpulan pengereman dinamik dengan injeksi tegangan searah yang paling efektif.

Kata Kunci : Motor induksi tiga fasa, Pengereman dinamis, DC inject, capacitor self-excitation

© 2017 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Penggunaan motor induksi di berbagai industri telah bertambah luas karena motor induksi bersifat kokoh, reliabilitas tinggi, efisiensi tinggi, ongkos perawatannya murah, dan kemampuan self startingnya bagus. Motor induksi digunakan pada industri untuk berbagai keperluan oleh peralatan industri, maka pengoperasian diatur dalam berbagai bentuk pengontrolan. Beberapa bentuk pengaturan yang sering dilakukan di industri antara lain pengasutan arus start, pengaturan dua arah, dan pengereman. Pengereman motor adalah salah satu parameter kontrol terpenting pada

penggunaan di industri. Penghentian sistem penggerak motor secara cepat dalam kondisi gangguan operasi dibutuhkan untuk menyelematkan bagian-bagian mesin dan personal operasi. Pada saat motor dihentikan, putaran motor tidak langsung berhenti karena masih ada sisa energi putar yang terdapat pada poros. Penghentian putaran motor induksi dipengaruhi beban yang dilayani, kecepatan putaran dan daya motor. Semakin besar beban motor, maka kemungkinan motor berhenti lebih cepat dibandingkan tanpa beban. Semakin cepat putaran motor maka kemungkinan berhenti lebih lama dibandingkan putaran lambat.

Semakin besar daya motor, maka kemungkinan berhenti semakin lama, karena torsi yang dihasilkan lebih besar[1]. Sistem pengereman motor listrik pada hakekatnya adalah suatu mekanisme untuk menghasilkan torsi lawan untuk menghentikan putaran motor dengan berhenti cepat atau lambat bergantung pada aplikasi dari sistem. Pengereman pada dasarnya penghilangan energi kinetik yang tersimpan dari bagian-bagian mekanik dari sistem. Penelitian pengembangan sistem pengereman motor induksi yang efektif dan efisien terus dilakukan. Sistem pengereman elektris konvensional dapat dibagi sebagai pengereman regeneratif, plugging atau pengereman tegangan terbalik, dan pengereman dinamik. Pengereman dinamik dibagi lagi menjadi pengereman dinamik bolak-balik, pengereman eksitasi sendiri menggunakan kapasitor, pengereman dinamik arus searah, dan pengereman urutan nol [2].

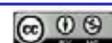
Ketika rotor dari motor induksi diputar lebih lambat daripada kecepatan sinkron yang diset oleh daya output penggerak, motor tersebut akan mentransformasi energi elektrik yang diperoleh dari penggerak menjadi energi mekanik yang tersedia pada poros penggerak dari motor. Proses ini dinyatakan dengan “motoring”. Ketika rotor diputar lebih cepat daripada kecepatan sinkron oleh daya output penggerak, motor tersebut mentransformasi energi mekanik yang tersedia di poros dari motor menjadi energi elektrik yang dapat ditransfer balik ke jaringan utilitas. Proses ini dinyatakan dengan “regenerasi” atau mode “pengereman”. Sistem pengereman yang paling sesuai untuk proses tertentu bergantung pada berbagai faktor seperti penggunaan, kebutuhan energi dan biaya, kompleksitas rangkaian kontrol, keefektifan, dan reliabilitas. Pada penelitian ini, didesain sistem pengereman yang paling sesuai untuk aplikasi yang aman dari gangguan dari proses dengan kombinasi dua atau lebih teknik pengereman konvensional.

Pada pengereman dinamis, energi kinetik dari rotor didisipasikan pada resistor internal atau eksternal sebagai panas setelah dilepaskannya catu daya. Pengereman dinamik banyak digunakan di industri. Pada pengereman dinamis, dimungkinkan penghentian tiba-tiba motor listrik tanpa rugi-rugi dan keausan mekanik. Pada pengereman dinamik, stator tidak mendapatkan catu daya pada saat pengereman. Oleh karenanya rotor berputar kamagnetan sisa. Oleh karenanya, pada kebanyakan tipe motor, terdapat sumber fluks magnetik pada rotor. Ketika stator tidak mendapatkan catu daya dan rotor sedang berputar, fluks ini menginduksi tegangan pada stator. Dengan perkataan lain, motor bertindak sebagai generator dan energi kinetik rotor sekarang ditransfer ke stator sebagai energi elektrik.

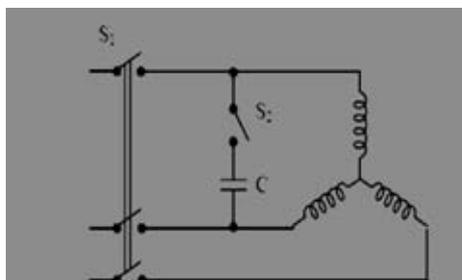
Pengereman dinamik motor induksi tiga fasa didapat ketika motor dioperasikan pada catu daya satu fasa dengan melepas dari sumber daya dengan baik membiarkan terbuka atau menghubungkan dengan fasa lainnya. Saat dihubungkan ke catu daya tunggal, motor tersebut dapat dianggap diumpan oleh kumpulan tegangan tiga fasa urutan positif dan negatif. Torsi neto yang dihasilkan oleh mesin merupakan jumlah torsi yang disebabkan tegangan urutan positif dan negatif. Ketika rotor memiliki resistansi tinggi, torsi neto negatif dan operasi pengereman diperoleh.

Jika dimungkinkan disusun sistem yang mendisipasikan energi ini, pada kenyataannya dapat diturunkan pengereman dinamik. Pengereman dinamik menghasilkan pengereman yang halus dan tidak ada hentakan sehingga hampir tidak menimbulkan kerugian mekanis. Dalam pengereman dinamis, lama waktu pengereman ditentukan oleh nilai arus yang diinjeksikan pada kumparan stator dan kapasitas beban motor. Pada penelitian ini, akan diketahui besar arus searah yang diinjeksikan untuk dapat menghentikan putaran motor secara cepat dan aman.

Terdapat beberapa teknik pengereman, salah satunya adalah pengereman dinamik. Didalam sistem pengereman dinamis eksitasi sendiri, segera setelah motor induksi tiga fasa dilepaskan dari catu daya, rotor dari motor terus berputar karena inersia dari beban dan suatu gaya gerak listrik akan terinduksi pada kumparan stator, dengan mengasumsikan terdapat kemagnetan sisa pada rotor. Jika sebuah kapasitor dengan nilai yang sesuai terhubung sepanjang setiap dua dari terminal stator dengan terminal tiga tetap terbuka, eksitasi akan tetap dipertahankan oleh kapasitor terminal tetapi



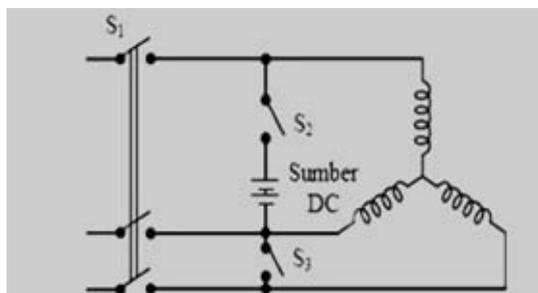
kejenuhan magnetik membatasi gaya gerak listrik terinduksi. Gejala ini dikenal sebagai kapasitor eksitasi sendiri. Kapasitor akan menyimpan energi yang datang dari rangkaian magnetik rotor. Sekarang mesin akan bertindak sebagai generator. Tenaga listrik yang dibangkitkan akan didisipasikan pada tahanan yang ada dalam kumparan dan jadi pengereman dilaksanakan. Disini rotor merugi energi kinetiknya lebih cepat dan pengereman terjadi. Proses ini dikenal sebagai pengereman kapasitif apabila kapasitor digunakan dalam proses pengereman dan ditunjukkan dalam Gambar 1. 1. Untuk mesin tereksitasi sendiri, dibutuhkan nilai kapasitor minimum, dibawah mana tidak terjadi eksitasi. [3]



Gambar 1. Rangkaian pengereman dinamik konvensional kapasitor eksitasi sendiri

Pada pengereman injeksi arus searah, arus frekuensi nol diumpungkan ke kumparan stator, dihasilkan daya celah-udara nol. Motor induksi banyak fasa dapat menghasilkan torsi pengereman dengan menggantikan tegangan arus bolak balik pada kumparan stator dengan tegangan arus searah yang mana ditunjukkan dalam Gambar 2. Ketika tegangan arus searah dipengereman diperoleh ketika sumber arus searah dihubungkan diantara dua stator ketika sumber yang mencatu motor dilepas. Arus searah ini membentuk medan stasioner pada stator yang jumlah kutubnya sama dengan jumlah kutub dari motor, misal motor induksi 3-fasa 4 kutub, juga menghasilkan 4 kutub DC, walaupun hanya dua terminal motor yang dihubungkan dengan sumber arus searah [4].

Keunggulan dari pengereman dinamik dengan injeksi arus searah adalah menghasilkan panas yang jauh lebih kecil daripada pengereman plugging, dimana nilai dari panas hanya sejumlah energi kinetik yang terdapat pada rotor, tidak tiga kali lipat, selain itu pengereman dinamik injeksi arus searah efektif pada kecepatan rendah. Pada pengereman dinamik injeksi arus searah, semakin kecil arus searah yang digunakan akan semakin lama waktu pengereman, namun nilai arus searah dapat diperbesar sehingga akan mempercepat pengereman tanpa menghasilkan suhu yang terlalu tinggi pada stator. Ketika rotor bergerak melalui medan statis, maka tegangan AC akan terinduksi pada rotor, tegangan tersebut menghasilkan arus AC yang menyebabkan rugi rugi I^2R yang akan didisipasikan karena masih terdapat energi kinetik tersimpan pada rotor, motor akan berhenti ketika semua energi kinetik pada rotor sudah habis didisipasikan menjadi panas.



Gambar 3. Rangkaian pengereman injeksi arus searah

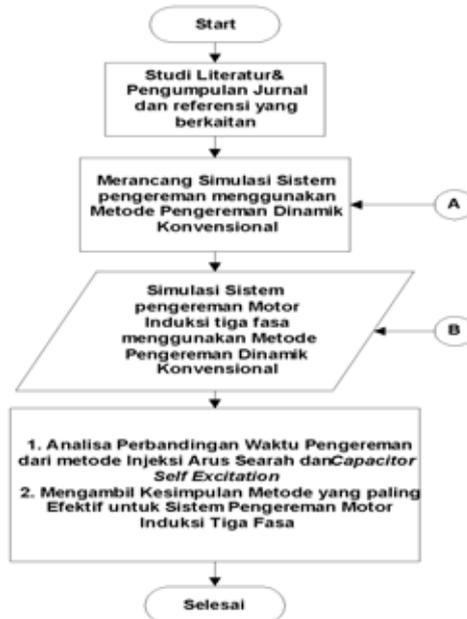
2. METODOLOGI PENELITIAN

Percobaan simulasi dilakukan secara terpisah pada pengereman dinamik metode kapasitor eksitasi sendiri dan injeksi arus searah. Simulasi menggunakan perangkat lunak Simulink Matlab R2014b. Setelah melakukan serangkaian percobaan pada masing-masing metode dengan merubah-ubah beberapa parameter, data resultan ditabelkan dan grafik di plot untuk dianalisis data yang



diperoleh. Untuk semua percobaan simulasi, digunakan motor induksi sangkar tupai 3 fasa, 3 hp (2238 W), 415 V, 1500 rpm, 50 hz yang biasa terdapat di laboratorium.

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan sumber 3 fasa dengan tegangan tetap untuk setiap metode pengereman, motor yang digunakan adalah motor induksi 3 fasa jenis rotor sangkar bertenaga 3 hp dengan kecepatan maksimal. Dengan kondisi sumber dan motor yang sama nantinya diketahui perbedaan karakteristik pengereman dari hasil simulasi. Pertama, dilakukan pengujian tanpa pengereman, bertujuan untuk mengetahui motor berhenti dari kecepatan penuh, hingga berhenti agar dapat diketahui apakah dengan rangkaian pengereman dapat mempengaruhi lama motor berhenti.

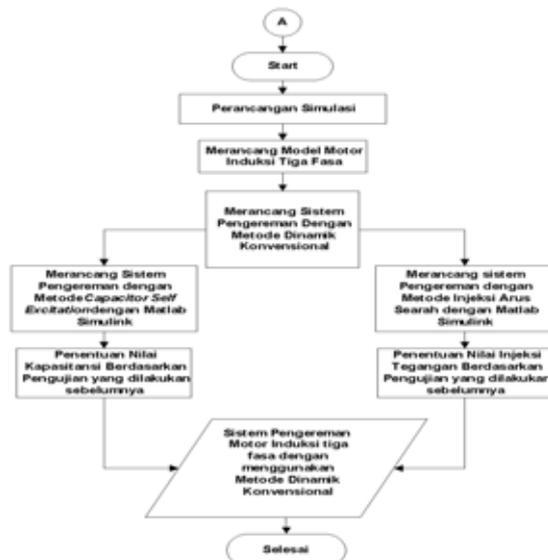


Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

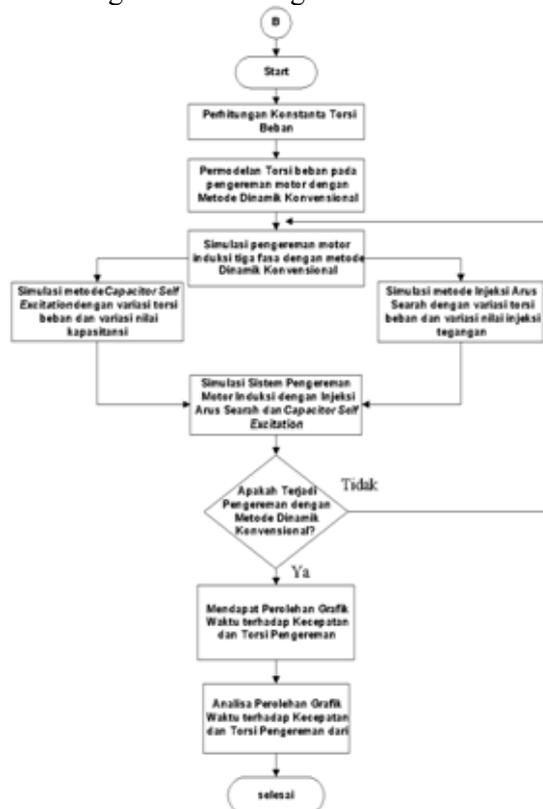
I.1 Perancangan Simulasi

Perancangan simulasi sistem pengereman motor adalah hal yang pertama dilakukan sebelum data dan parameter dimasukkan. Tujuan percobaan kedua jenis pengereman dinamis adalah untuk menentukan metode pengereman mana diantara dua metode pengereman dinamik konvensional yaitu metode injeksi arus searah dan kapasitor eksitasi sendiri yang lebih efektif. Pemodelan motor induksi 3 fasa rotor sangkar, sistem pengereman dinamik konvensional injeksi arus searah dan kapasitor eksitasi sendiri dirancang dengan MATLAB Simulink R2014b. Nilai parameter injeksi tegangan arus searah pada pengereman injeksi arus searah dan nilai parameter kapasitor minimal pada pengereman kapasitor eksitasi sendiri ditentukan dengan cara try and error, juga kondisi beban diberikan. Selanjutnya ditampilkan grafik karakteristik pengereman kecepatan dan torsi terhadap waktu dari masing-masing metode pengereman dinamik injeksi arus searah dan metode kapasitor eksitasi sendiri tanpa dan dengan beban (3,29 N.m). Hasil keempat grafik masing-masing kecepatan dan torsi sebagai fungsi waktu dianalisis untuk memperoleh efektifitas kedua metode pengereman dinamik. Pengereman dinamik didapat ketika motor dioperasikan pada satu fasa dengan melepas satu fasa dari sumber dan baik membiarkan terbuka atau menghubungkan dengan fasa lainnya.





Gambar 5. Diagram Alir Perancangan Sistem Pengereman Dinamik Konvensional Motor Induksi

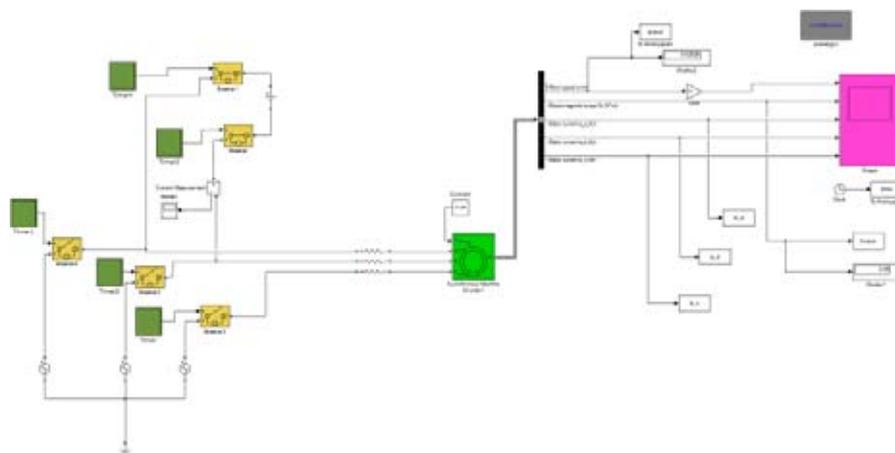


Gambar 6. Diagram Alir Sistem pengereman dinamik motor induksi pada masing-masing metode pengereman

2.2 Perancangan Sistem Pengereman injeksi arus searah

Injeksi arus searah pada sistem pengereman merupakan sumber tegangan arus searah seperti baterai yang terhubung pada masing-masing fasa motor induksi tiga fasa. Sistem pengereman dinamik konvensional injeksi arus searah diatur melalui pengaturan penyambungan (switching) *ideal switching* yang digunakan melalui pengesetan waktu Open dan Close pada *ideal switch*. Berikut rangkaian percobaan pada gambar 6 dibawah:

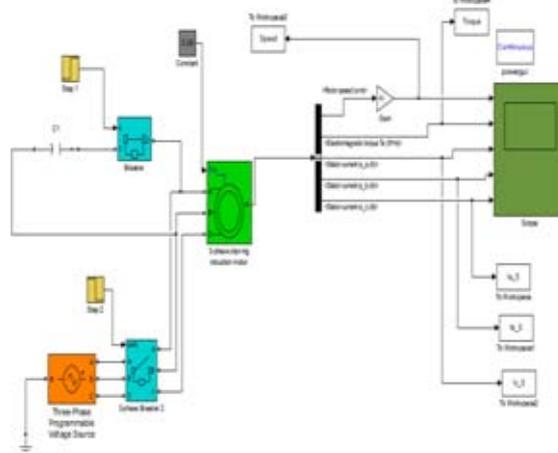




Gambar 7. Sistem pengereman dinamik konvensional injeksi arus searah

1.2 Perancangan Sistem Pengereman kapasitor eksitasi sendiri

Kapasitor eksitasi sendiri yang dirancang pada penelitian ini adalah terdiri dari kapasitor jenis polar dengan karakteristik memiliki kapasitansi yang besar. Pada perancangannya untuk sistem pengereman, Kapasitor dirancang dengan menghubungkannya pada terminal stator dalam konfigurasi delta. Pengereman dengan kapasitor eksitasi sendiri diatur dengan menggunakan fungsi step yang berfungsi sebagai saklar otomatis, sehingga pada saat motor berjalan, maka fungsi step akan mengaktifkan breaker yang sudah terhubung sehingga bekerja, memutus sumber arus bolak balik ke motor dan menghubungkan rangkaian kapasitor ke motor induksi tersebut. posisi pemasangan kapasitor pada rangkaian ini dilakukan secara paralel. Pemodelan rangkaian sistem pengereman motor kapasitor eksitasi sendiri dapat dilihat dari gambar berikut :

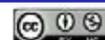


Gambar 8. Pemodelan sistem pengereman elektrik kapasitor eksitasi sendiri

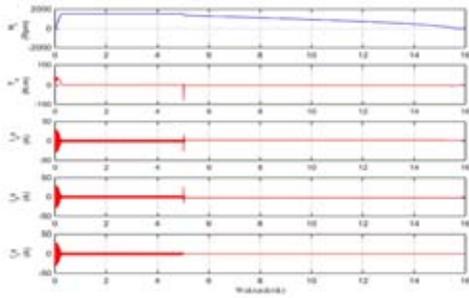
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Simulasi Sistem Pengereman Motor Induksi dengan injeksi arus searah

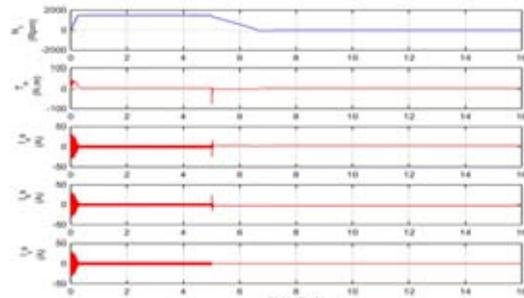
Pengujian pengereman dinamik dengan injeksi arus searah bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan arus searah yang dihubungkan ke dua terminal dan untuk melakukan pengereman pada motor induksi 3 fasa sesaat setelah sumber 3 fasa dilepas dari motor. Sesaat setelah sumber dilepas maka motor induksi 3 fasa akan berhenti dari kondisi kecepatan penuh membutuhkan waktu rata-rata detik dengan arus searah yang digunakan ketika pengereman 0, A dan membutuhkan waktu rata-rata detik untuk berhenti dari kondisi kecepatan penuh dengan arus searah yang digunakan ketika pengereman. Kondisi awal sistem pengereman sebelum injeksi tegangan dilakukan terdiri dari 3 buah sumber AC 220 V, Timer, saklar ideal, torsi beban terhubung dan tanpa terhubung dengan masing-masing fasa dari motor induksi tiga fasa. Kemudian pada sistem pengereman injeksi arus searah, disimulasikan pemberian injeksi tegangan sebesar 22 V dan 110 V dengan kondisi tidak berbeban dan berbeban, dimana ketika pengereman diaktifkan, sumber dilepas



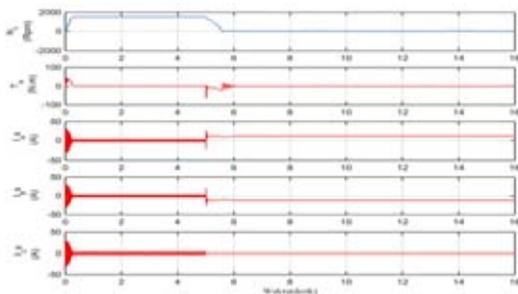
saat $t = 5$ detik. Grafik pengereman dinamik dengan injeksi tegangan 22 Volt dan 110 V dengan dan tanpa beban dapat ditunjukkan pada Gambar 9 sampai Gambar 12.



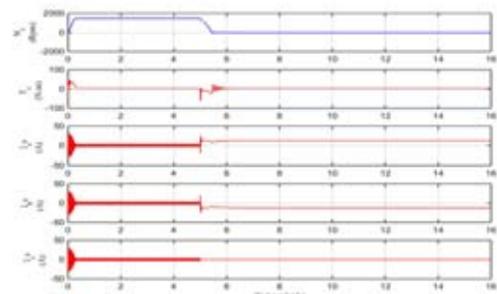
Gambar 9. Karakteristik pengereman dinamik motor induksi dengan injeksi tegangan 22 Volt kondisi tanpa beban



Gambar 10. Karakteristik pengereman dinamik motor induksi dengan injeksi tegangan 22 Volt kondisi beban 3,29 N.m



Gambar 11 Karakteristik pengereman motor induksi dengan Injeksi tegangan 110 Volt kondisi tanpa beban



Gambar 12. Grafik pengereman motor induksi dengan injeksi tegangan 110 Volt kondisi beban 3,29 Volt

Tabel 3.1 Tabel data Pengereman injeksi arus searah

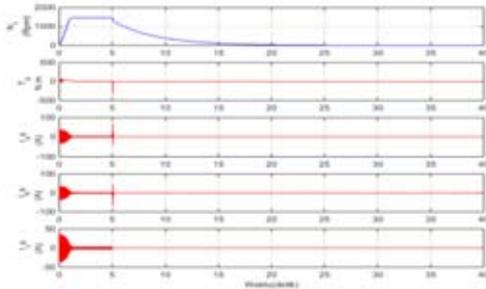
Metode Pengereman	Besar Injeksi tegangan (V)	Waktu Pengereman(detik)	Torsi Pengereman(N.m)
DC Inject (no Load)	22	10,75	0,63 N.m
DC Inject (Load) 3,29 N.m	22	1,75	4,63 N.m
DC Inject (no Load)	110	0,61	18,76 N.m
DC Inject (Load) 3,29 N.m	110	0,46	24,56 N.m

Dari Gambar 9 sampai Gambar 12 dan Tabel 3.1 dapat ditunjukkan dimana pada saat pengereman dioperasikan pada detik ke 5, hingga motor berhenti berputar, untuk injeksi tegangan 22 Volt kondisi tanpa beban motor berhenti pada detik ke 16 atau lama pengereman 10,75 detik, dan kondisi berbeban 3,29 N.m motor berhenti pada detik ke 6,3 atau lama pengereman 1,75 detik. Pada pengereman dinamik injeksi tegangan 110 Volt tanpa beban motor akan berhenti pada detik ke 6 atau lama pengereman 0,61 detik, torsi beban 18,76 N.m, sedang kondisi berbeban 3,29 detik motor akan berhenti pada detik kurang dari 6 atau lama pengereman kurang dari 0,46 detik, torsi beban 24,56 N.m. Dari Gambar 3.1 sampai Gambar 3.4 dan Tabel 3.1, dapat disimpulkan penambahan tegangan injeksi sampai tegangan 110 volt pengereman terjadi efektif baik tanpa atau dengan beban. Penggunaan beban akan menyebabkan lama pengereman akan berkurang. Pada injeksi tegangan 22 Volt, terjadi kenaikan torsi dari 0,63 N.m menjadi 4,63 N.m, dan pada injeksi tegangan 110 Volt terjadi kenaikan torsi dari 18,76 N.m menjadi 24,56 N.m.

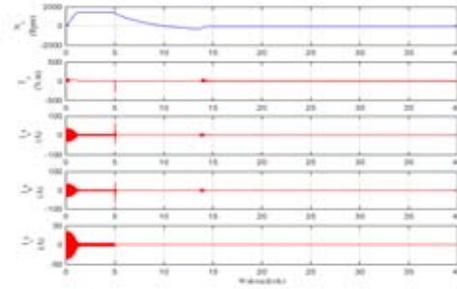


1.1 Simulasi Sistem Pengereman Motor Induksi dengan kapasitor eksitasi sendiri

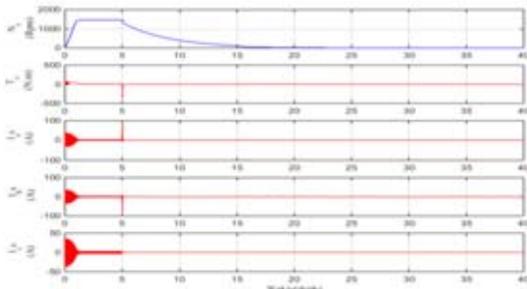
Metode ini memanfaatkan eksitasi komponen kapasitor yang digunakan dalam suatu sistem pengereman dinamik. Kapasitor yang digunakan untuk menyimpan energi yang terbentuk dari perputaran rotor. Prinsip kerjanya menggunakan tegangan yang tersimpan untuk diinduksikan ke stator. Pada simulasi pengujian pengereman dinamik kapasitor eksitasi sendiri pada motor induksi saat sumber dilepas, setelah detik ke 5, motor bergerak melambat dan berhenti pada detik ke , jadi waktu pengereman yang dibutuhkan oleh motor untuk berhenti dari kecepatan penuh yaitu detik pada simulasi menggunakan Simulink Matlab.



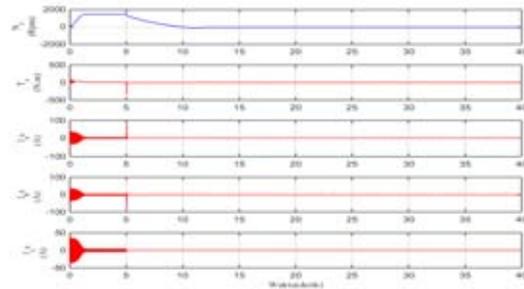
Gambar 13. Karakteristik pengereman dinamik motor induksi kapasitor ekistasi sendiri 1000 µF tanpa beban



Gambar 14. Karakteristik pengereman dinamik motor induksi kapasitor eksitasi sendiri 1000 µF beban 3,29N



Gambar 15. Karakteristik pengereman dinamik motor induksi kapasitor eksitasi sendiri 2500 µF tanpa beban



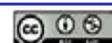
Gambar 16. Karakteristik pengereman dinamik motor induksi kapasitor eksitasi sendiri 2500 µF beban 3,29N

Hasil simulasi pengereman dengan kapasitor eksitasi sendiri dengan nilai kapasitor 1000 µF dan 2500 µF menunjukkan bahwa pada kondisi tanpa beban, kenaikan torsi sebesar 12,29 N.m dan 15,20 N.m. dibutuhkan waktu berhenti selama 29,16 detik dan 6,08 detik.. Pada kondisi beban 3,29 N.m, kenaikan torsi sebesar 17,65 N.m dan 21,78 N.m, motor membutuhkan waktu waktu 6,08 detik dan 8,69 detik setelah pengereman dilakukan untuk dapat berhenti sepenuhnya.

Tabel 3.1 Data hasil Pengereman Kapasitor Eksitasi Sendiri

Metode Pengereman	Besar Kapasitansi (F)	Waktu Pengereman(detik)	Torsi Pengereman(N.m)
Capacitor Self Excitation (no Load)	1000 µF	29,16	12,29 N.m
Capacitor Self Excitation (Load) 6,59 N.m	1000 µF	6,08	17,65 N.m
Capacitor Self Excitation (no Load)	2500 µF	30,17	15,20 N.m
Capacitor Self Excitation (Load) 6,59 N.m	2500 µF	6,19	21,78 N.m

Dari simulasi dengan Simulink Matlab, penggunaan dua metode pengereman dinamik kapasitor eksitasi sendiri dan injeksi arus searah dapat diketahui perbedaan karakteristik pengereman pada motor induksi 3 fasa 3 hp sebagai berikut. Dari grafik pada Gambar 3.1 sampai Gambar 3.4 dapat ditunjukkan bahwa pengereman dengan injeksi arus searah pada motor induksi memiliki



waktu pengereman paling cepat detik. Semakin besar arus searah yang digunakan maka semakin cepat waktu pengereman yang dibutuhkan. Pada pengereman dinamik kapasitor eksitasi sendiri yang ditunjukkan dari Gambar 3.5 sampai Gambar 3.8 dibutuhkan waktu lebih lama. Berdasarkan hasil dan analisis yang sudah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut. Pada metode kapasitor eksitasi sendiri, hanya nilai-nilai kapasitor tertentu yang dapat digunakan.

Pada metode injeksi arus searah, dibutuhkan sumber arus searah untuk melakukan pengereman. Semakin besar nilai arus searah yang digunakan semakin cepat motor berhenti. Dari grafik rpm motor terhadap waktu dan torsi elektromagnetik terhadap waktu, pada kasus tanpa beban dan dengan torsi beban menunjukkan variasi waktu pengereman total untuk kondisi torsi beban berbeda.

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan pembahasan simulasi penelitian yang telah dilakukan, diperoleh simpulan sebagai berikut :

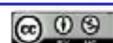
1. Pada metode pengereman dinamik konvensional injeksi arus searah, semakin besar nilai arus searah yang digunakan maka semakin cepat motor akan berhenti. Pada kasus dengan dan tanpa beban ditunjukkan variasi waktu pengereman, motor akan semakin cepat berhenti saat diberikan beban.
2. Pada metode pengereman dinamik konvensional kapasitor eksitasi sendiri, hanya nilai-nilai kapasitor tertentu yang dapat digunakan.
3. Penggunaan pengereman dinamik dengan injeksi arus searah dan kapasitor eksitasi sendiri menghasilkan lama waktu pengereman dengan injeksi arus searah tegangan 22 volt dan 110 volt diperlukan waktu pengereman 1,75 detik dan 0,46 detik pada kondisi berbeban, sedangkan kapasitor eksitasi sendiri dengan nilai kapasitor 1000 μF dan 2500 μF memerlukan waktu pengereman 6,08 detik dan 8,69 detik pada kondisi berbeban, sehingga dapat disimpulkan semakin besar injeksi arus searah dan semakin besar kapasitor yang diberikan akan semakin cepat waktu pengeremannya. Dari hasil simulasi pengereman dinamik motor induksi dengan injeksi arus searah lebih efektif dibandingkan dengan kapasitor eksitasi sendiri, karena waktu pengereman yang didapat lebih cepat.

4.2 Saran

Metode konvensional memiliki kekurangan dimana hanya efektif pada daerah kecepatan tertentu. Sehingga, untuk daerah kecepatan lainnya, maka pengeremannya makin lambat. Hal ini akan menurunkan efisiensi proses pengereman. Permasalahan ini dapat diatasi dengan pendekatan multistage, dengan menggunakan metode pengereman konvensional banyak masing-masing pada daerah kecepatan dimana masing-masing paling efektif. Setiap metode diaktifkan hanya pada daerah kecepatan tertentu dimana yang paling efektif. Jika kecepatan melampaui daerah ini, teknik pengereman berikutnya, yang sekarang lebih efektif, diaktifkan setelah mematikan yang sebelumnya. Efisiensi dan kinerja secara sistem pengereman secara keseluruhan akan ditingkatkan dan waktu pengereman sangat berkurang dibandingkan dengan waktu yang diberikan oleh masing-masing metode pengereman konvensional.

REFERENSI

- [1] Rishabh Singh, Umashankar. S, D. Vijaykumar. “*Dynamic braking of induction motor – Analysis of conventional methods and an efficient multistage braking model*”. VIT University, Vellore, India. 2013
- [2] P.L. Rongmei, Shimi S.L, Dr. S. Chatterji, Vinood K. Sharma “*A Novel fast braking systems for Induction Motor*”, International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT) Volume 1, Issue 6, June 2012
- [3] Wildi, Theodore. “*Electrical Machine, Drives, and Power Systems*”, Prentice Hall Inc, New Jersey. 2002
- [4] Pradipta, Muhammad Hami. “*Pengereman Dinamis Konvensional Pada Motor Induksi Tiga Fasa*” Laporan tugas akhir, Universitas Diponegoro. 2013.
- [5] Zuhail, 1991, “*Dasar Tenaga Listrik*”, Bandung: Institut Teknologi Bandung



- [6] Arindya, Radita, S.T., M.T, 2013, “Penggunaan dan Pengaturan Motor Listrik”, Yogyakarta: Universitas Indonesia
- [7] Say M G. “Alternating Current Machines”. Great Britain. 1976
- [8] Sreenivasa s. Muthy, gunnar j. berg, Chandra s. jha, ajay k. Tandon “ *A Novel Method of Multistage Dynamic Braking of Three-Phase Induction Motors*”. IEEE Transactions on Industry Applications, vol. ia-20. 1984



Desain Kontrol Sistem Eksitasi *Steam Turbine Generator (STG) Pada Combine Cycle Power Plant 120 MW PT.Krakatau Daya Listrik Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation*

Muhamad Otong¹, Ri Munarto², Dasep Iskandar³

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten.

Informasi Artikel

Naskah Diterima : 11 Mei 2018

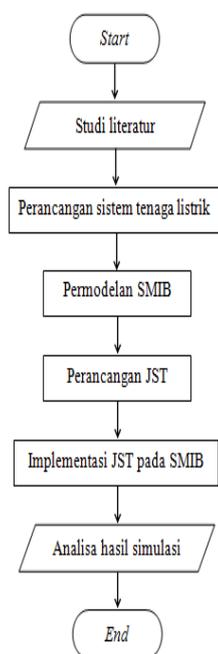
Direvisi : 20 Juni 2018

Disetujui : 24 Juni 2018

*Korespondensi Penulis :

muhamadotonguntirta@yahoo.com

Graphical abstract



Abstract

Excitation System is a vital part of generating electricity in the generator, the function of the excitation system in the generator is to control the output of the generator to remain stable at the changing system load. The excitation control system of the synchronous generator is one of the steps to improve the stability of the power system and to ensure the quality of the electricity generated by the network. In this research used one of the implementation of artificial intelligence technology is Artificial Neural Network designed as controller excitation system generator. The network is designed using a backpropagation learning algorithm, and the Lavenberg-Marquardt training algorithm with a feedforward multilayer network architecture. The result of simulated test and training using Matlab application obtained with presentation of system success equal to 96,387%.

Keywords: Excitation System, JST, Lavenberg-Marquardt, Backpropagation.

Abstrak

Sistem Eksitasi merupakan bagian vital pada proses pembangkitan listrik di generator, fungsi dari sistem eksitasi pada generator adalah untuk mengendalikan output dari generator agar tetap stabil pada beban sistem yang berubah-ubah. Sistem kendali eksitasi generator sinkron adalah salah satu langkah untuk meningkatkan stabilitas sistem tenaga dan untuk menjamin kualitas tenaga listrik yang dihasilkan jaringan. Pada penelitian ini digunakan salah satu implementasi teknologi artificial intelligence, yaitu JST (Jaringan Syaraf Tiruan) yang didesain sebagai pengendali sistem eksitasi generator. Jaringan dirancang menggunakan algoritma pembelajaran backpropagation dan algoritma pelatihan Lavenberg-Marquardt dengan arsitektur jaringan feedforward multilayer. Hasil dari pengujian dan pelatihan yang disimulasikan menggunakan aplikasi matlab diperoleh dengan presentasi keberhasilan sistem sebesar 96,387%.

Kata kunci: Sistem Eksitasi, JST, Lavenberg-Marquardt, Backpropagation

© 2018 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Dalam suatu sistem interkoneksi tenaga listrik ada banyak unit pembangkit yang mentransmisikan tenaga ke beban melalui saluran transmisi. Ketika suatu sistem tenaga listrik mengalami gangguan, maka gangguan tersebut akan membatasi kapabilitas jaringan sistem tenaga. Untuk meningkatkan stabilitas sistem tenaga dan untuk menjamin kualitas tenaga listrik yang dihasilkan jaringan, maka diperlukan sebuah teknologi berupa sistem penguatan atau yang lebih sering disebut sebagai sistem kendali eksitasi. Sistem eksitasi ini adalah sebuah teknik penguatan arus medan magnet yang dibangkitkan pada generator dengan menggunakan prinsip elektromagnetis untuk menghasilkan medan magnet penguatan. Eksiter dan AVR adalah bagian dari sistem eksitasi yang dianggap sebagai sumber dari arus medan untuk generator sinkron. Tambahan sinyal kendali

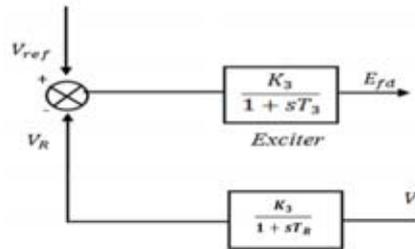
pada sistem eksitasi generator biasanya digunakan untuk meningkatkan stabilitas sistem. Untuk memberikan sinyal kendali pada sistem eksitasi maka digunakan teori kendali *closed-loop feedback*[4].

Fungsi utama sistem eksitasi adalah untuk meregulasi tegangan terminal generator yang dilakukan dengan mengatur tegangan medan yang dipengaruhi tegangan terminal yang bervariasi. Generator merupakan sumber penghasil tenaga listrik pada sistem tenaga. Generator disuplai oleh tenaga dari *prime mover*, sedangkan arus eksitasi disediakan oleh sistem eksitasi. Tegangan eksitasi E_{fd} dihasilkan dari eksiter dan dikendalikan oleh AVR (*Automatic Voltage Regulator*). Tujuannya untuk menjaga tegangan terminal V_t sama dengan nilai referensi V_{ref} [5].

Salah satu implementasi dari teknologi *artificial intelligence* adalah JST (jaringan Syaraf Tiruan) atau ANN (*Artificial Neural Network*). Jaringan syaraf tiruan memiliki potensi besar karena dibangun berdasarkan fondasi matematika yang kuat yang mengikutsertakan alat matematis yang cakap dan mudah dimengerti. Ciri utama yang dimiliki jaringan syaraf tiruan adalah kemampuan untuk belajar. Belajar (*learning*) pada jaringan syaraf tiruan dapat diartikan sebagai proses penyesuaian parameter pembobot interkoneksi yang dimiliki oleh sel. Proses belajar akan dihentikan jika nilai kesalahan atau *error* sudah dianggap cukup kecil untuk semua pasangan data latihan. Jaringan yang sedang melakukan proses belajar disebut berada dalam tahap latihan (*training*). Pada tahap awal pelatihan ini perlu dilakukan terlebih dahulu sebelum melakukan pengujian suatu objek[6]. Pada penelitian kali ini penulis akan membahas tentang Sistem eksitasi *steam turbine generator* (STG) menggunakan jaringan syaraf tiruan algoritma *Backpropagation*, dengan menggunakan parameter-parameter yang diambil dari spesifikasi generator dan eksitasi CAPP PT.Krakatau Daya Listrik yang saat ini sedang mendapatkan perhatian khusus dari divisi *maintenance*.

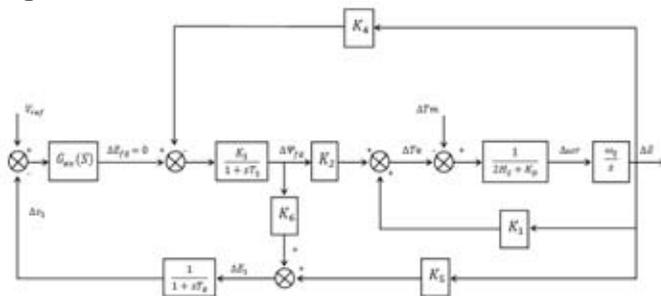
2. METODE PENELITIAN

Sistem penguatan atau sistem eksitasi dari sebuah mesin listrik harus dapat memberikan arus searah kepada kumparan generatornya dan dapat menjaga tegangan terminalnya konstan pada nilai yang diinginkan. *Input* untuk sistem eksitasi adalah tegangan referensi dan tegangan dari transduser. Blok *amplifier* memiliki konstanta waktu T_A dan konstanta *gain* K_A . Transduser berfungsi sebagai sensor dan mengkonversi besaran-besaran lain seperti mekanik menjadi besaran elektrik sebelum dimasukkan ke dalam sistem eksitasi. Parameter T_R melambangkan konstanta waktu tegangan terminal transduser.

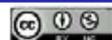


Gambar 1. Sistem Eksitasi dengan *Voltage Transducer*

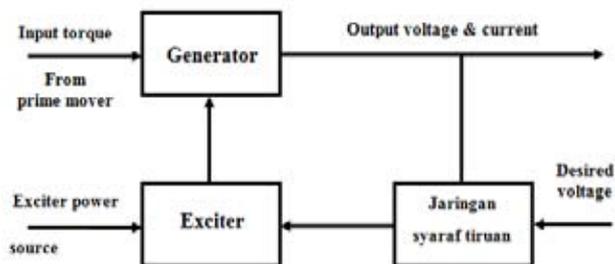
Blok sistem eksitasi di atas kemudian ditambahkan ke dalam diagram blok yang dapat dilihat pada (Gambar 2). Representasi diagram blok dapat diaplikasikan untuk semua jenis eksiter, dengan $G_{ex}(s)$ menyatakan fungsi alih dari AVR dan eksiter. (Gambar 2) merupakan diagram blok untuk SMIB dalam bentuk fungsi alih.



Gambar 2. Representasi Diagram Blok dengan Eksiter dan AVR



Generator model lama yang masih menggunakan *Automatic Voltage Regulator* sebagai kontrol eksitasinya membutuhkan perhitungan matematis permodelan generator yang cukup rumit. Pada penelitian kali ini diterapkan jaringan syaraf tiruan sebagai kontrol sistem eksitasi agar perhitungan matematis permodelan generator tidak begitu rumit dan agar mencapai nilai kestabilan generator yang baik.



Gambar 3. Blok Diagram Perancangan Sistem

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Yang pertama dilakukan adalah mengatur parameter-parameter SMIB terlebih dahulu sebelum model SMIB yang sudah dirancang dapat disimulasikan. Parameter-parameter yang digunakan dalam simulasi permodelan SMIB diambil dari beberapa referensi jurnal dan metode *trial* dan *error*. Data yang diambil dari jurnal adalah data yang paling cocok dengan rangkaian SMIB yang sudah dirancang dan menghasilkan hasil simulasi yang paling baik. Sedangkan konstanta-konstanta mesin K_1 , K_2 , K_3 , K_4 , K_5 , dan K_6 serta parameter H , D , dan T_d , data diambil dari PT.Krakatau Daya Listrik. Konstanta-konstanta mesin K_1 sampai dengan K_6 dicantumkan pada (Tabel 1) berikut:

Tabel 1. Konstanta Mesin Sistem SMIB

Konstanta Mesin	Nilai Konstanta
K_1	2,3983
K_2	1,4755
K_3	0,1921
K_4	1,3095
K_5	0,5626
K_6	0,0583

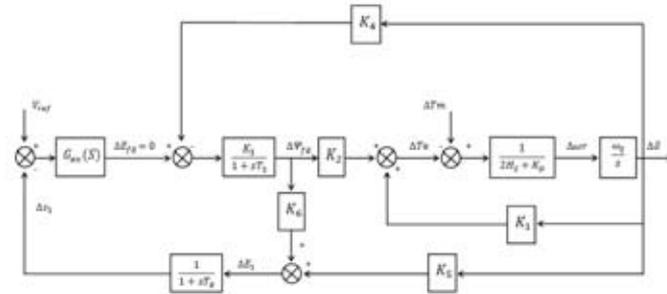
Selain data konstanta mesin sistem SMIB maka data-data yang didapat dari jurnal dengan metode *trial* dan *error* pun dicantumkan pada (Tabel 2). H merupakan konstanta inersia mesin dalam sistem per unit yang diperoleh dari hasil normalisasi momen inersia dan D adalah koefisien *damping* dalam sistem per unit. Selain itu terdapat juga konstanta-konstanta sistem eksitasi seperti konstanta *gain* dan waktu untuk *amplifier* K_A dan T_A , konstanta untuk eksiter K_E dan T_E , dan konstanta waktu untuk transduser T_R dari metode *trial* dan *error*.

Tabel 2. Parameter Performansi SMIB

Parameter	Nilai
H	3
D	22
T_d	7,5881
K_A	100
T_A	0,01
K_E	1
T_E	0,01
T_R	0,01

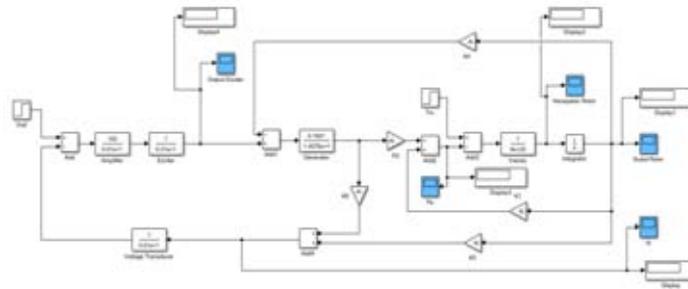


Sistem eksitasi yang digunakan pada penelitian ini adalah representasi sistem eksitasi *thyristor* yang diklasifikasikan dalam sistem eksitasi tipe ST1A. Model sistem eksitasi yang digunakan telah disederhanakan untuk merepresentasikan model SMIB. Model system eksitasi tipe ST1A yang digunakan merupakan tipe sistem eksitasi dengan *gain* eksiter yang tinggi tanpa menggunakan *feedback*, sehingga dipilih K_A yang tinggi yaitu 100. Karena semakin tinggi nilai K_A untuk *gain amplifier* maka akan semakin dekat dengan terminal generator dengan V_{ref} yang telah ditentukan.



Gambar 4. Rangkaian Simulasi SMIB

Agar diperoleh hasil simulasi berupa tegangan keluaran generator V_t , daya keluaran generator P_e , kecepatan rotor ω , sudut rotor δ , dan keluaran eksiter E_{fd} maka parameter-parameter model SMIB diatas harus diatur terlebih dahulu.



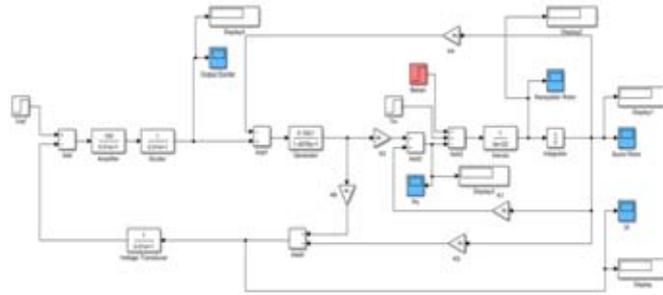
Gambar 5. Rangkaian Simulink Tanpa Beban Menggunakan Kontrol AVR

Masukan atau *input* sistem eksitasi adalah V_{ref} , yang diatur agar bernilai satu p.u sebagai referensi keluaran tegangan generator yang diinginkan, dan ΔV_t , yang merupakan keluaran dari transduser yang bekerja sebagai sensor tegangan terminal generator dan berfungsi mengubah tegangan terminal generator menjadi tegangan DC dan mengubah besaran lain seperti kecepatan dan sudut rotor menjadi besaran elektrik.

Setelah transduser mengkonversi tegangan DC kemudian dibandingkan dengan tegangan referensi V_{ref} dan sinyal *error* digunakan untuk mengendalikan arus kumparan medan utama melalui eksiter. Regulator tegangan atau *amplifier* menguatkan sinyal *error* yang dihasilkan oleh transduser kemudian keluaran regulator tegangan digunakan untuk mengendalikan pilot eksitasi dengan mengendalikan kumparan medan generator melalui eksiter.

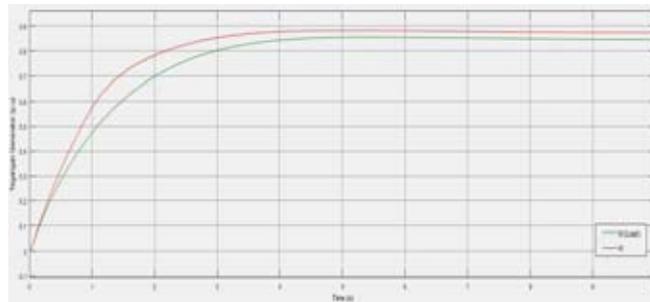
Untuk pengujian selanjutnya, beban berupa *input step* pada masukan ke inersia mesin ditambahkan ke *simulink* dengan rangkaian SMIB tersebut. Beban *input step* diatur agar bernilai satu p.u.





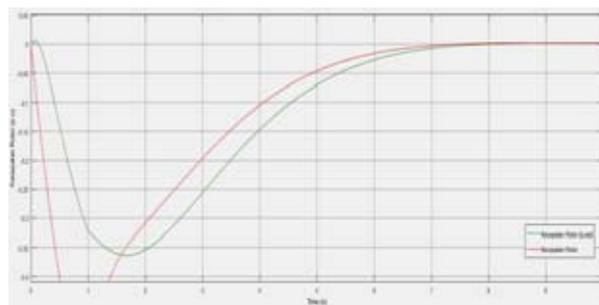
Gambar 6. Rangkaian Simulink dengan Beban Menggunakan Kontrol AVR

Sistem pembangkit diberikan masukan berupa dua sinyal *step* yang masing-masing bernilai satu p.u, untuk masukan sistem eksitasi V_{ref} dan referensi turbin ΔT_m . Hasil tegangan keluaran V_t yang diperoleh dapat dilihat pada (Gambar 7), dibandingkan dengan tegangan keluaran generator saat sistem diberikan beban *input step* yang juga bernilai satu p.u pada masukan inersia mesinnya.



Gambar 7. Perbandingan Tegangan Keluaran Generator Tanpa Beban dan Dengan Beban

Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa tegangan tidak mencapai nilai yang diinginkan sesuai dengan referensi yaitu satu p.u. Nilai V_t maksimum yang diperoleh pada saat tanpa beban adalah 0,8928 p.u, sistem mengalami sedikit osilasi sampai sistem stabil pada detik ke-4 dengan nilai V_t kurang lebih 0,8739 p.u. Ketika generator ditambahkan beban maka menyebabkan tegangan terminal mengalami penurunan sebesar 0,28 p.u menjadi 0,8459 p.u. Tetapi waktu yang dibutuhkan untuk tegangan terminal berada pada titik stabil yaitu selama 4 detik.

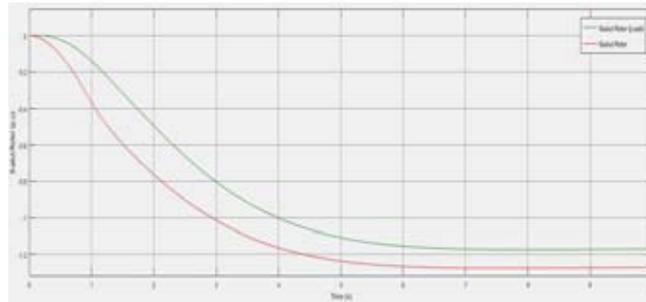


Gambar 8. Perbandingan Kecepatan Rotor Tanpa Beban dan Dengan Beban

Gambar di atas merupakan salah satu keluaran sistem lainnya yaitu kecepatan rotor ω yang dibandingkan ketika tanpa beban dan dengan diberikan beban, dapat dilihat pada gambar grafik mengalami osilasi selama 8 detik sebelum kecepatan rotor stabil pada nilai kurang lebih 0 p.u. Kestabilan kecepatan rotor ada pada nilai 0 karena pada prinsipnya kecepatan sinkron generator dihasilkan dari kecepatan putar rotor dengan kutub-kutub magnet yang berputar dengan kecepatan yang sama dengan medan putar stator.

Pada saat generator diberikan beban, maka perubahan yang terjadi dapat dilihat pada osilasi yang dialami oleh kecepatan rotor, osilasi yang dialami oleh kecepatan rotor lebih kecil dibandingkan pada saat generator dijalankan tanpa beban. Waktu yang dibutuhkan kecepatan rotor pada saat generator diberikan beban untuk stabil pada nilai 0 p.u sama yaitu kurang lebih 8 detik.

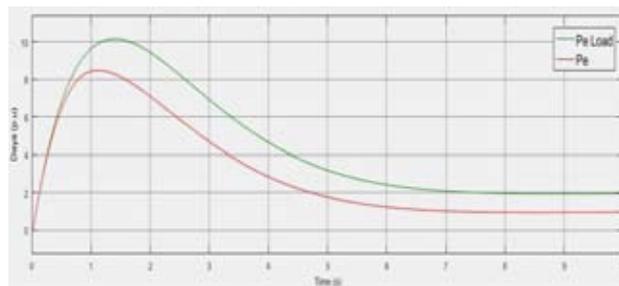




Gambar 9. Perbandingan Sudut Rotor Tanpa Beban dan Dengan Beban

Gambar 9 yaitu perbandingan sudut rotor ketika generator tanpa beban dan ketika generator diberikan beban. Sudut rotor δ dihasilkan dari persamaan kecepatan rotor, $\Delta\delta = \omega_0\Delta\omega_r$, dari rumus tersebut dapat dilihat bahwa hubungan sudut rotor δ dengan kecepatan rotor ω adalah berbanding lurus. Pada saat generator tidak diberikan beban grafik sudut rotor δ mengalami penurunan dari *setting* nilai awal sebesar 1 p.u menjadi kurang lebih -1,2692 p.u, sedangkan waktu yang dibutuhkan sudut rotor δ untuk mencapai nilai stabil tersebut adalah 7 detik.

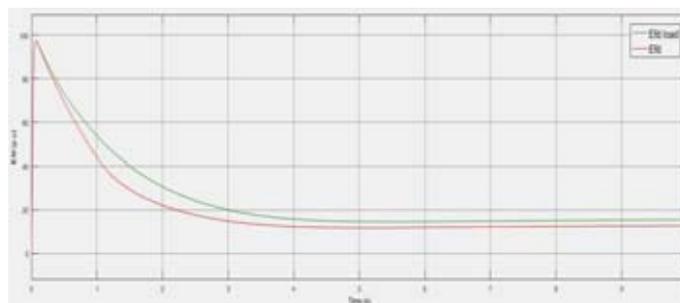
Pada saat generator diberikan beban sudut rotor mengalami kenaikan sebesar kurang lebih 0,1 p.u hingga sudut rotor stabil pada nilai -1,1667 p.u. waktu yang dibutuhkan sudut rotor ketika generator diberikan beban untuk stabil dari *setting* nilai awal sama dengan pada saat generator tidak diberikan beban yaitu selama 7 detik.



Gambar 10. Perbandingan Daya Generator Tanpa Beban dan Dengan Beban

Pada gambar 10, grafik respon daya keluaran generator P_e mengalami *overshoot* yang cukup besar dengan nilai maksimum 17,54 p.u. kemudian daya mulai mengalami penurunan dan menjadi stabil pada titik detik ke-8 dengan nilai P_e kurang lebih 1 p.u.

Pada saat generator diberikan beban daya keluaran generator P_e mengalami *overshoot* yang sedikit lebih besar dibandingkan pada saat generator tidak diberikan beban dan daya mengalami kenaikan sebesar 1 p.u sehingga nilai daya keluaran generator menjadi kurang lebih 2 p.u. waktu yang dibutuhkan untuk daya mencapai nilai yang stabil sama dengan ketika generator tidak diberikan beban yaitu selama 8 detik.



Gambar 11. Perbandingan Keluaran Eksiter Tanpa Beban dan Dengan Beban

Keluaran sistem eksitasi atau keluaran eksiter adalah tegangan medan E_{fd} . Dapat dilihat pada gambar 11, E_{fd} mengalami *overshoot* yang sangat tinggi selama 3 detik sampai akhirnya stabil pada detik ke-8 dengan nilai kurang lebih 12 p.u.

Tidak terdapat perbedaan *overshoot* E_{fd} yang terlalu jauh ketika generator tidak diberikan beban maupun pada saat generator diberikan beban E_{fd} mengalami kenaikan sebesar 3 p.u sehingga E_{fd} berada pada nilai kurang lebih 15 p.u. waktu yang dibutuhkan untuk tegangan medan E_{fd} stabil sama dengan pada saat generator tidak diberikan beban yaitu selama 8 detik.

Pelatihan jaringan yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan metode *inverse*. Masukan sistem digunakan sebagai target atau keluaran dari jaringan, dan keluaran sistem akan digunakan sebagai masukan jaringan. Data yang digunakan untuk pelatihan didapatkan dari hasil simulasi SMIB (*single machine infinite bus*) yang telah di rangkai dan disimulasikan pada *simulink*, kemudian diperoleh empat masukan, yaitu P_e , V_t , ω , dan δ dengan masing-masing 550 sampel data dan satu keluaran yaitu E_{fd} yang juga memiliki sampel data yang sama yaitu 550 sampel data.

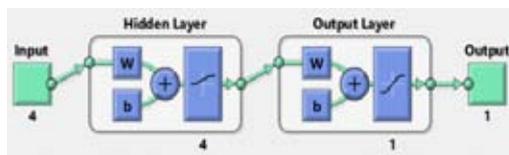
Tabel 3. *Sample Data* untuk Pelatihan

Target	Input			
E_{fd}	V_t	P_e	Ω	δ
0	0	0	0	0
0,0005596	3,64E-10	-1,30E-10	-3,35E-05	-5,61E-10
0,019922174	2,16E-08	2,12E-07	-0,0002009	-2,02E-08
0,503084843	1,66E-06	3,31E-05	-0,0010363	-5,38E-07
3,07969958	2,44E-05	0,000557641	-0,0027006	-3,67E-06
8,472384994	0,000119581	0,002834502	-0,0047759	-1,15E-05
18,57149416	0,000440942	0,010652268	-0,0077388	-3,05E-05
33,68482127	0,00129196	0,031519422	-0,0117436	-7,08E-05
52,25467835	0,003166236	0,077630618	-0,0170314	-0,000150438
70,56596918	0,006636959	0,16303629	-0,0238	-0,000296738

Data-data di atas kemudian dimasukkan ke dalam Matlab untuk dilatih. Jaringan *backpropagation* dapat di bentuk melalui fungsi *newff*, kemudian banyaknya lapisan tersembunyi (*hidden layer*) dan jumlah sel newron di lapisan tersebut ditentukan secara acak sampai mendapatkan hasil pelatihan yang optimal. Fungsi aktivasi yang dapat digunakan untuk *backpropagation* adalah fungsi yang bisa dideferensiasikan seperti *tansig*, *logsig* dan *purelin*.

Jaringan dikelompokkan berdasarkan arsitektur jaringan yaitu banyaknya lapisan tersembunyi, pada pelatihan yang telah dilakukan dicoba untuk membangun jaringan *feedforward* dengan 1 sampai dengan 4 lapisan tersembunyi.

Masing-masing pengelompokkan dilatih dengan fungsi aktivasi yang berbeda-beda secara acak hingga diperoleh hasil pelatihan terbaik. Parameter yang diubah adalah μ yang merupakan salah satu parameter karakteristik dari *Lavenberg-Marquardt* (*trainlm*).



Gambar 12. Arsitektur Jaringan pada Matlab.

Gambar di atas merupakan arsitektur jaringan untuk pelatihan yang terdiri atas empat lapisan *input*, empat lapisan tersembunyi dan satu lapisan *output*. Jumlah sel neuron pada lapisan tersembunyi tidak terlalu berpengaruh jika fungsi aktivasi yang digunakan telah sesuai dengan arsitektur jaringan yang dirancang.

Semakin banyak sel neuron yang digunakan pada lapisan tersembunyi maka dibutuhkan komputasi yang semakin rumit untuk melatih jaringan. Sama halnya dengan banyaknya jumlah lapisan tersembunyi, semakin banyak lapisan tersembunyi maka akan membutuhkan komputasi yang lebih rumit pada saat pelatihan. Tetapi jumlah lapisan tersembunyi dapat membantu jaringan agar

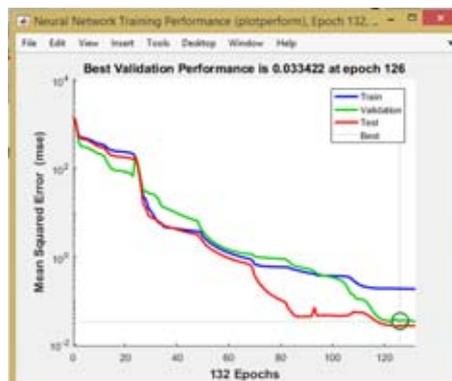


lebih cepat dalam mengenali pola data yang dilatih, dan mengingat pola tersebut pada saat jaringan digunakan untuk pengujian.



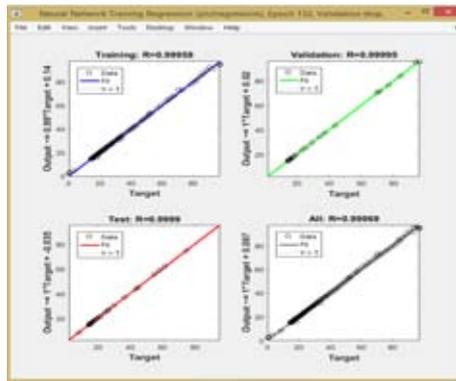
Gambar 13. *nntoolbox* Pelatihan Jaringan.

Dari gambar *nntoolbox* pelatihan di atas, proses pembelajaran berhenti saat *error* validasi mencapai 6 iterasi, yang terjadi pada iterasi pelatihan ke-132. Pada *nntoolbox* terdapat algoritma yang digunakan untuk pembelajaran jaringan, proses pembelajaran yang terdiri atas parameter-parameter pembelajaran dan plot yang berisi grafik-grafik hasil pelatihan.



Gambar 14. *Performance*.

Performansi dari pelatihan dapat di lihat dengan memilih *performance* yang ada pada jendela *nntoolbox* pelatihan jaringan. Grafik yang muncul menampilkan *error* dari pelatihan, validasi dan pengujian. Dari *input* data pelatihan sebanyak 4x550 diambil data sebanyak 10% untuk validasi, data tersebut digunakan untuk memvalidasi bahwa jaringan tersebut memiliki kemampuan untuk bergeneralisasi dan pelatihan akan terhenti jika generalisasi tidak dapat lagi ditingkatkan (jumlah kegagalan melebihi maksimum *error* validasi) atau sebelum jaringan mengalami *overfitting*. *Error* validasi akan bertambah apabila gradien pada iterasi ke-k lebih besar daripada gradien iterasi ke-(k-1). Validasi terbaik atau kesalahan validasi terjadi pada iterasi ke-126 sebesar 0,033422, yang berarti tidak ada signifikan *overfitting* yang terjadi sampai iterasi tersebut.



Gambar 15. Hasil Regresi Pelatihan.

Pada jendela pelatihan *nttoolbox* juga terdapat hasil regresi dari pelatihan. Nilai regresi R digunakan untuk mengukur korelasi antara target dan *output*. regresi R bernilai satu mempunyai arti bahwa target dan *output* memiliki korelasi yang sangat dekat, dan apabila suatu variabel memiliki hubungan atau korelasi dengan variabel lainnya maka variabel tersebut dapat digunakan untuk meramal atau memprediksi variabel lain dengan hubungan serupa. Jaringan yang telah dibuat memiliki hasil regresi yang baik karena mendekati nilai satu. Baik untuk regresi hasil pelatihan, validasi ataupun pengujian. Semakin mendekati nilai satu maka jaringan tersebut dikatakan semakin baik.

Tujuan dilakukan pengujian adalah untuk mengetahui apakah jaringan yang telah dilatih dapat menghasilkan keluaran sesuai dengan target seperti pada waktu pelatihan jika jaringan diberi data masukan yang serupa sebagai masukan jaringan, yang kemudian akan dihitung persentase keberhasilan pengujian.

Pengujian dilakukan dengan data yang diperoleh dari hasil simulasi SMIB pada *simulink* yang telah ditambahkan perubahan beban berupa sinyal *step* pada masukan ke inersia mesin. Seperti halnya data yang digunakan untuk pelatihan, data yang akan digunakan untuk pengujianpun terdiri atas lima elemen. Empat elemen digunakan sebagai masukan ke jaringan syaraf tiruan yaitu, V_t , daya generator P_e , kecepatan rotor ω , sudut rotor δ dan satu elemen atau parameter digunakan sebagai target jaringan syaraf tiruan yaitu E_{fd} . Contoh data untuk pengujiannya pada tabel 4 berikut:

Tabel 4. Sample Data Untuk Pengujian

Target	Input			
E_{fd}	V_t	P_e	Ω	δ
0	0	0	0	0
0,019922	3,64E-10	-1,30E-10	-3,35E-05	-5,61E-10
0,670996	2,16E-08	2,12E-07	-0,0002009	-2,02E-08
3,427465	1,66E-06	3,31E-05	-0,0010363	-5,38E-07
9,215303	2,44E-05	0,000557641	-0,0027006	-3,67E-06
19,80288	0,000119581	0,002834502	-0,0047759	-1,15E-05
35,34493	0,000440942	0,010652268	-0,0077388	-3,05E-05
54,09172	0,00129196	0,031519422	-0,0117436	-7,08E-05
72,07833	0,003166236	0,077630618	-0,0170314	-0,000150438
85,49182	0,006636959	0,16303629	-0,0238	-0,000296738

Data hasil pengujian jaringan syaraf tiruan diperoleh dalam bentuk matriks seperti pada gambar 5. T_t adalah target dari pengujian jaringan syaraf tiruan dan z adalah hasil atau *output* dari pengujian jaringan syaraf tiruan. Untuk cek hasil kecocokan per-data antara target pengujian dan hasil keluaran jaringan dengan menghitung besarnya *error* antara matriks target T_t dan matriks *output* z . Matriks yang dihasilkan berukuran 550x2, masing-masing untuk target dan *output*.

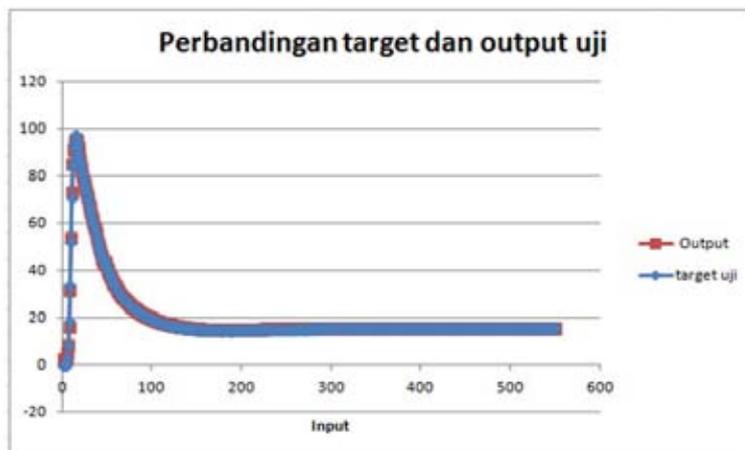
Tabel 5. Sample Data Hasil Pengujian

Data Cek ke-	Target (T_t)	Output (z)	Error
1	0	2,103681548	-2,103681548
2	0,0005596	2,125653641	-2,125094041



3	0,019922174	2,238632724	-2,21871055
4	0,503084843	2,887420468	-2,384335625
5	3,07969958	4,685177897	-1,605478317
200	14,70733422	14,68806963	0,019264587
201	14,6831799	14,69966254	-0,016482635
202	14,68275677	14,7121074	-0,029350633
203	14,6956306	14,71848545	-0,022854847
204	14,76274434	14,72471629	0,038028047
205	14,78646354	14,73470494	0,051758602
400	15,31901516	15,35916275	-0,040147587
401	15,41514605	15,35925181	0,055894237
402	15,41106176	15,3588203	0,052241462
403	15,41252111	15,35856787	0,053953237
404	15,42287437	15,35843709	0,064437281
405	15,29299107	15,35820789	-0,065216822
545	15,37008901	15,34682121	0,0232678
546	15,39690132	15,34669808	0,050203242
547	15,40066523	15,3473661	0,05329913
548	15,39341194	15,3469454	0,046466537
549	15,33393215	15,34686271	-0,012930555
550	15,3179752	15,34689416	-0,028918965

Selanjutnya data *output* jaringan dan target yang ditentukan dibuat dalam bentuk grafik untuk mengetahui perbandingannya pada gambar 16.



Gambar 16. Grafik Perbandingan Target dan *Output* Uji

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa warna biru mewakili target dari pengujian dan warna merah mewakili keluaran dari jaringan. Warna merah sebagai *output* jaringan hampir keseluruhan sesuai dan menyerupai garis warna biru atau berada pada warna biru. Hal itu berarti jaringan yang diperoleh dari hasil pengujian tersebut telah dapat mengenali pola data serupa yang dijadikan *input* dan target.

Dari tabel data hasil pengujian diatas maka dapat dihitung persentase keberhasilan pengujian menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Persentase = \frac{Output - Error}{Target - Error} \times 100\%$$

Nilai target, output, dan error yang digunakan adalah rata-rata dari nilai target, output, dan error data hasil pengujian. Nilai rata-rata didapat dari hasil jumlah nilai atau data target, output, dan error dibagi banyaknya jumlah data. Maka di peroleh hasil data sebagai berikut:

$$\text{Rata - rata target} = \frac{11086,98}{550} = 20,15815$$

$$\text{Rata - rata output} = \frac{10700,44}{550} = 19,45534$$

$$\text{Rata - rata error} = \frac{386,5444}{550} = 0,702808$$

Selanjutnya masukkan nilai rata-rata target, output, dan error ke dalam persamaan untuk menghitung persentase keberhasilan. Maka diperoleh:

$$\text{Presentase} = \frac{19,45534 - 0,702808}{20,15815 - 0,702808} \times 100\%$$
$$\text{Presentase} = 96,387\%$$

Jadi, dari hasil perhitungan diperoleh persentase keberhasilan pengujian sebesar 96,387%.

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan penulisan skripsi ini, maka dapat di buat kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada saat generator tidak diberikan beban maka nilai V_t , δ , P_e , ω dan E_{fd} berturut-turut adalah 0,8739 p.u, 0 p.u, 1 p.u, dan 12 p.u. Sedangkan waktu yang dibutuhkan agar semua parameter sistem berada pada titik stabil adalah 8 detik.
2. Persentase keberhasilan pengujian jaringan syaraf tiruan sebesar 96,387% dengan rata-rata *error* sebesar 0,702808 jaringan syaraf tiruan yang telah dirancang mampu mengenali pola data masukan dengan persentase keberhasilan yang cukup besar, hal ini berarti jaringan dapat mengatur sistem eksitasi pada SMIB yang telah disimulasikan untuk berada pada nilai target yang telah ditentukan.

4.2 Saran

Saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya:

1. Mengganti model *plant* yang digunakan untuk membuktikan apakah jaringan mampu beradaptasi dengan data *plant* yang berbeda.
2. Gunakan konstanta mesin dengan model generator yang berbeda.
3. Jaringan dirancang dengan menggunakan algoritma pembelajaran yang lain agar dapat dibandingkan dan diketahui yang mana yang hasilnya lebih bagus.

REFERENSI

- [1] Anderson Paul M, A. A. Fuad. *Power System Control and Stability*.
- [2] Kundur Prabha. *Power System Stability and Control*.
- [3] AL-Qatamin, Moath H. *An Optimal State Feedback Controller Based Neural Networks for Synchronous Generators, International Journal of Electrical and Computer Engineering*, Vol. 3, No. 4, Agustus 2013, pp-561-567.
- [4] Memon, Aslam P. Uqaili, M Aslam. Memon, Zubair A, dan Tanwani, Naresh K. *Suitable Feedforward Artificial Neural Network Automatic Voltage Regulator for Excitation Control System*, *Universal Journal of Electrical and Electronic Engineering* 2(2): 45-51, 2014.
- [5] Hassan, Fadhil A. dan Jawad, Helen J. *Artificial Neural Network Control of the Synchronous Generator AVR with Unbalanced Load Operating Conditions*, *Eng. & Tech. Journal*, Vol. 28, No.17, 2010.
- [6] Fauset, Laurene. 1994. *Fundamentals of Neural Networks Architectures, Algorithms and Applications*. USA: Prentice-Hal, Inc.



- [7] ANSI/IEEE Std 421.1, IEEE Standard Definition for Excitation Systems for Synchronous Machines, American National Standards Institute and The Institute of Electrical and Electronics Engineers, USA, 1986.
- [8] Wijaya, Mochtar. 2001 Dasar-Dasar Mesin Listrik. Jakarta: Djambatan
- [9] Angga (2011). Sistem Penguatan Generator, Fundamental Training PT. Krakatau Daya Listrik.



Eliminasi Arus *Inrush* Transformator Pada Beban Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Metode *Pre-Insertion Resistor*

Wahyuni Martiningsih¹, Herudin², Ponco Windianto³

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten.

Informasi Artikel

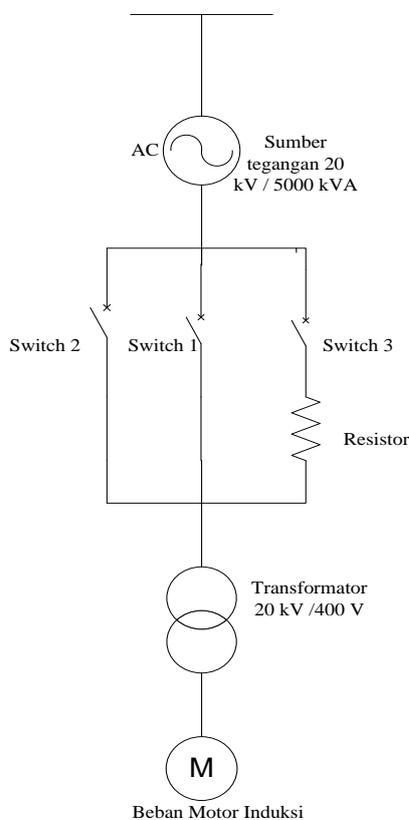
Naskah Diterima : 11 Mei 2018

Direvisi : 20 Juni 2018

Disetujui : 26 Juni 2018

*Korespondensi Penulis :
y_martiningsih@untirta.ac.id

Graphical abstract



Abstract

Transformer is the most widely used electromagnetic induction equipment in the electrical system. When the transformer is connected to a voltage source it will happen an undesirable phenomenon that is inrush current. The incidence of inrush current in the transformer can reduce the life of the transformer because large currents will enhance the performance of the transformer. One method to reduce inrush current is to use pre-insertion resistor method. This research uses pre-insertion resistor method which is a method with insert resistor on the primary side of transformer with time 0.18 second. The resistor used in the pre-insertion resistor method serves as a current buffer when the process of energizing the transformer. This research uses Matlab Rb2014a software to know the inrush current of transformer. The result of the transformer simulation test using pre-insertion resistor method, the inrush current is reduced by 29% for the 710 kW motor load capacity, with the motor load capacity of 1420 kW reduced inrush current of 30%. Furthermore, with a load capacity of 2130 kW motor, the inrush current is reduced by 28% and for the motor load capacity 3550 kW reduces the current by 27%.

Keywords: Inrush Current, Transformer, Pre-Insertion Resistor

Abstrak

Transformator merupakan peralatan induksi elektromagnetik yang paling banyak digunakan pada sistem kelistrikan. Saat transformator dihubungkan pada sumber tegangan maka akan terjadi suatu fenomena yang tidak diinginkan yaitu arus inrush. Timbulnya arus inrush pada transformator dapat mengurangi umur transformator karena arus yang besar akan mempengaruhi kinerja transformator. Salah satu metode untuk mereduksi arus inrush adalah menggunakan metode pre-insertion resistor. Penelitian ini menggunakan metode pre-insertion resistor yang merupakan metode dengan menyisipkan resistor pada sisi primer transformator dengan waktu 0,18 detik. Resistor yang digunakan pada metode pre-insertion resistor berfungsi sebagai penahan arus saat proses energize transformator. Penelitian ini menggunakan software Matlab Rb2014a untuk mengetahui besar arus inrush transformator. Hasil pengujian simulasi transformator menggunakan metode pre-insertion resistor, arus inrush direduksi sebesar 29% untuk kapasitas beban motor 710 kW, dengan kapasitas beban motor 1420 kW arus inrush tereduksi sebesar 30%. Selanjutnya dengan kapasitas beban motor 2130 kW arus inrush tereduksi sebesar 28 % dan untuk kapasitas beban motor 3550 kW arus tereduksi sebesar 27%.

Kata kunci: arus inrush, transformator, pre-insertion resistor

© 2018 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Transformator merupakan suatu peralatan listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih, rangkaian listrik ke rangkaian listrik lain melalui suatu gandingan magnet dan berdasarkan prinsip induksi-elektromagnet. Transformator digunakan secara luas, baik dalam bidang sistem tenaga listrik maupun elektronika. Penggunaan dalam sistem tenaga memungkinkan dipilihnya tegangan yang sesuai dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan[1]. Salah

satu fenomena transformator yang tidak diinginkan adalah tingginya arus *inrush* yang dapat mengurangi umur transformator karena arus yang tinggi akan melewati belitan transformator.

Arus *inrush* adalah fenomena arus yang memiliki nilai tinggi dan bersifat sementara saat *energize* transformator. Jika kumparan primer dihubungkan dengan tegangan bolak-balik maka akan mengalir arus yang tinggi beberapa detik sebelum kondisi *steady state*. Besarnya arus *inrush* ini bisa mencapai 8-10 kali arus normal. Penurunan arus *inrush* menjadi perhatian khusus yang harus diatasi agar tidak terjadi kerusakan pada sistem kelistrikan dan dapat mengurangi umur transformator[2]. Beberapa metode yang digunakan untuk meminimalisir arus *inrush* yang timbul pada saat *energize* transformator yaitu metode *Sequential Phase Energization* (SPE) dengan prinsip kerjanya yaitu menutup CB pada tiap fasa secara berurutan dan menunjukkan tahanan netral pada sisi primer transformator, selain itu dengan cara menunjukkan kapasitor pada sisi primer transformator agar fluks sisa mengalir pada kapasitor tersebut. Menggunakan metode *auxiliary load* yang merupakan metode dengan cara menunjukkan beban sesaat sebelum *energize* transformator agar arus *inrush* berkurang. Cara kerja metode *auxiliary load* hampir sama dengan metode penambahan kapasitor, dimana beban tambahan ini akan dilepas dari sisi primer transformator setelah kondisi arus *inrush* sudah mulai berkurang atau setelah mencapai keadaan *steady state*. Penelitian ini menggunakan metode *pre-insertion resistor* untuk meminimalisir arus *inrush*. Metode *pre-insertion resistor* merupakan metode dengan cara menunjukkan tahanan seri pada sisi primer transformator yang dihubungkan hanya beberapa detik sebelum proses energisasi kemudian resistor ditutup saat arus *inrush* mencapai keadaan *steady state*. Pada metode *pre-insertion resistor* pemilihan nilai tahanan yang tepat dapat mengurangi puncak arus *inrush* transformator[3].

Suatu medan magnet yang berubah-ubah terhadap waktu, akibat arus bolak-balik akan menimbulkan suatu medan listrik hal ini biasa disebut dengan gaya gerak listrik. Gaya gerak listrik ini dinyatakan dalam hukum Faraday, berikut persamaan gaya gerak listrik.

$$e = - N \frac{d\phi}{dt} \tag{1}$$

Keterangan :

- e = gaya gerak listrik (Volt)
- N = jumlah lilitan (Turn)
- $\frac{d\phi}{dt}$ = perubahan fluks magnet (Weber)

Untuk dapat membangkitkan tenaga listrik pada kumparan sekunder, fluks magnet yang dibangkitkan oleh kumparan primer harus berubah-ubah. Untuk memenuhi hal ini, aliran listrik yang mengalir melalui kumparan primer yaitu arus bolak-balik. Apabila kumparan sekunder dihubungkan dengan beban Z_L , I_2 mengalir pada kumparan sekunder. Maka dengan persamaan berikut :

$$I_2 = \frac{V_2}{Z_L} \tag{2}$$

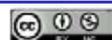
Keterangan :

- I_2 = Arus pada kumparan sekunder (A)
- V_2 = Tegangan pada sisi sekunder (Volt)
- Z_L = Beban (Ohm)

dengan θ_2 = faktor kerja beban. Arus beban I_2 ini akan menimbulkan gaya gerak magnet (ggm) $N_2 I_2$ yang cenderung menentang fluks Φ bersama yang telah ada akibat arus magnetisasi.

Agar fluks bersama yang tidak berubah nilainya, maka kumparan primer harus mengalir I_2 yang cenderung menentang fluks yang dibangkitkan oleh arus beban I_2 hingga keseluruhan arus mengalir pada kumparan primer[4].

Pada saat transformator dihubungkan dengan suatu sumber tegangan (*energize*) akan mengalir arus yang cukup besar dengan periode waktu yang sangat singkat sampai tercapai kondisi *steady state* (tunak). Arus awal ini dinamakan arus *inrush* dan besarnya mencapai 8-10 kali dari arus nominal. Arus ini sangat besar pengaruhnya pada pengaman alat yang dapat mengganggu sistem operasi sistem relai. Faktor-faktor yang mempengaruhi besar dan lamanya arus *inrush* ini antara lain adalah magnitude tegangan saat *energize*, fluks sisa pada inti transformator, impedansi sumber dan impedansi sistem.[3].

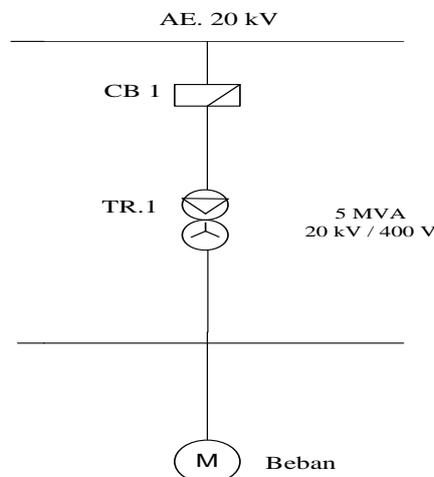


Saat transformator belum dihubungkan, arus eksitasi mengalir dari gelombang histerisis ke nol. Sedangkan kerapatan fluks (B_r) akan ada nilainya dan ini merupakan fluks sisa. Untuk setiap harga fluks, menghasilkan karakteristik arus yang dihasilkan dari gelombang B-H. Besar fluks maksimum hanya dua kali nilai normalnya, setelah itu arus melonjak sampai beberapa kali arus eksitasi normal. Nilai arus tersebut akan dicapai akibat tingginya tingkat kejenuhan sudut dari sirkuit magnet transformator yang digunakan. Bentuk gelombang fluksi adalah integral dari bentuk gelombang tegangan dalam transformator yang terus menerus beroperasi. Untuk kenaikan tegangan yang dimulai dari nol, maka fluks magnetik akan mencapai kira-kira dua kali lipatnya puncak normal. Dari karakteristik nonlinier ini gelombang magnetisasi bisa menyebabkan kejenuhan transformator. Selama proses kejenuhan jumlah mmf yang tidak proporsional maka menghasilkan fluks magnet. Kinerja kualitas daya transformator dalam sistem distribusi merupakan indikator utama dalam kelistrikan. Saat merancang sistem proteksi transformator nilai arus *inrush* merupakan faktor penting yang dapat mempengaruhi sistem kerja proteksi transformator[5].

Arus transient mempunyai penurunan yang sangat cepat selama beberapa *cycle* dan setelah itu lebih lambat. Selama beberapa arus puncak yang pertama, derajat dari kejenuhan inti besi sangat tinggi, membuat komponen L menjadi rendah. Siklus awal, dari karakteristik transient terlihat pada gambar bahwa arus akan turun drastis. Hal ini disebabkan karena konstanta waktu R/L pada rangkaian tersebut tidak konstan dan bervariasi sebagai fungsi dari karakteristik saturasi transformator. Perubahan fluks sesaat dalam inti transformator sebanding dengan penurunan voltase sesaat pada gulungan primer[1].

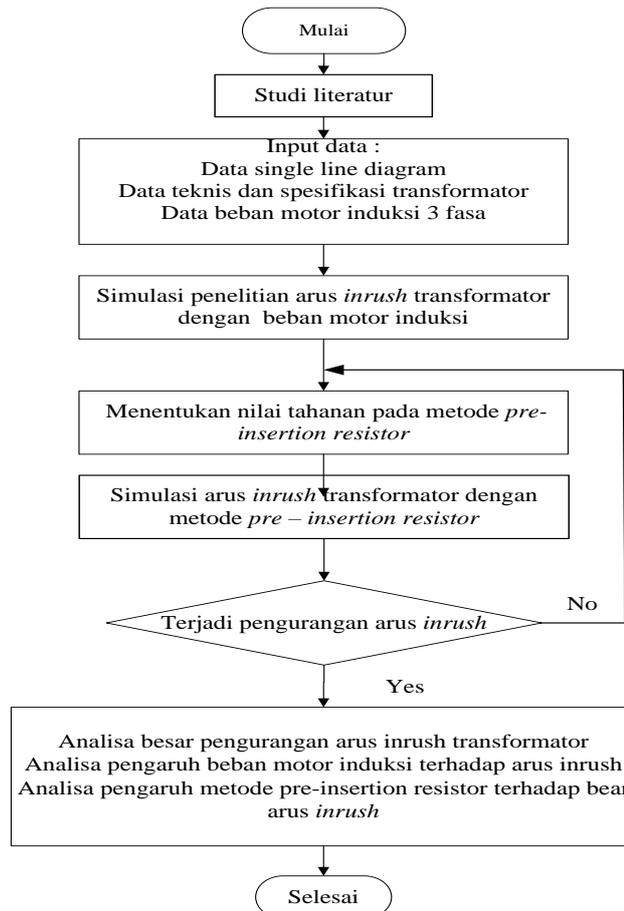
2. METODE PENELITIAN

Simulasi pengurangan arus *inrush* transformator menggunakan *single line diagram* sebagai dasar perancangan pada sistem distribusi listrik. *Single line diagram* digunakan dengan menganalogikan tegangan suplai dari bus 20 kV sebagai sumber tegangan pada sisi primer transformator dan sisi sekunder 400 V dengan daya 5000 kVA.



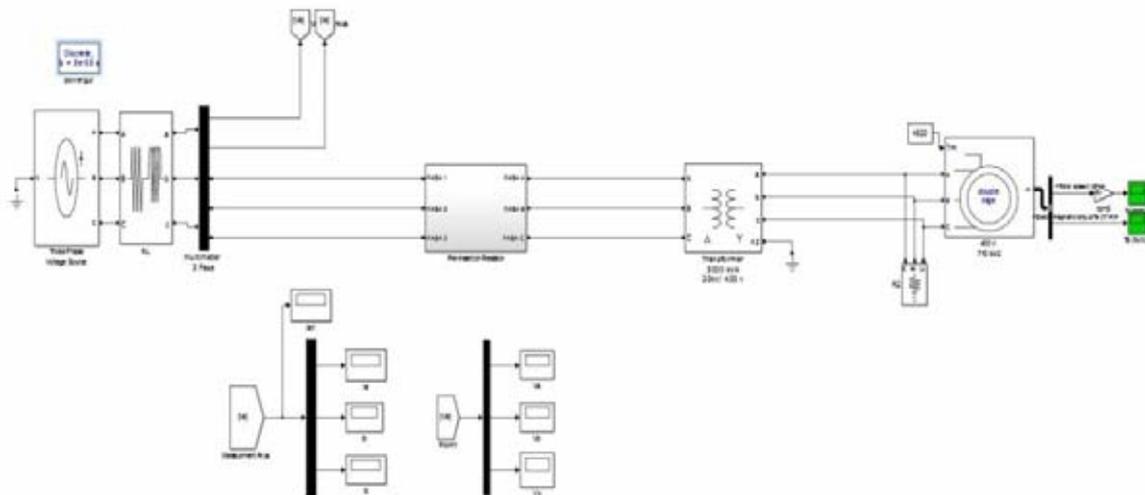
Gambar 1. Pemodelan *Single Line Diagram* Sistem Distribusi

Secara keseluruhan tahapan dalam pengerjaan penelitian ini diperlihatkan dalam diagram alir pada gambar 2 berikut ini:

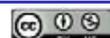


Gambar 2. Flowchart Penelitian

Penelitian ini digunakan data teknis transformator dengan daya 5000 kVA, 20 kV/400V. Data beban motor induksi 3 fasa merupakan data untuk beban pengujian pada pemodelan *simulink* Matlab. Data teknis motor induksi 3 fasa didapat dari pengambilan data sekunder. Beban motor induksi dipasang untuk mengetahui pengaruh yang terjadi pada transformator baik pengaruh dari tegangan maupun arus. Motor induksi yang digunakan dalam simulasi menggunakan tipe motor *squierel cage* dengan kapasitas daya 710 kW, 1420 kW, 2130 kW dan 3550 kW dengan tegangan 400 V sebagai beban transformator.

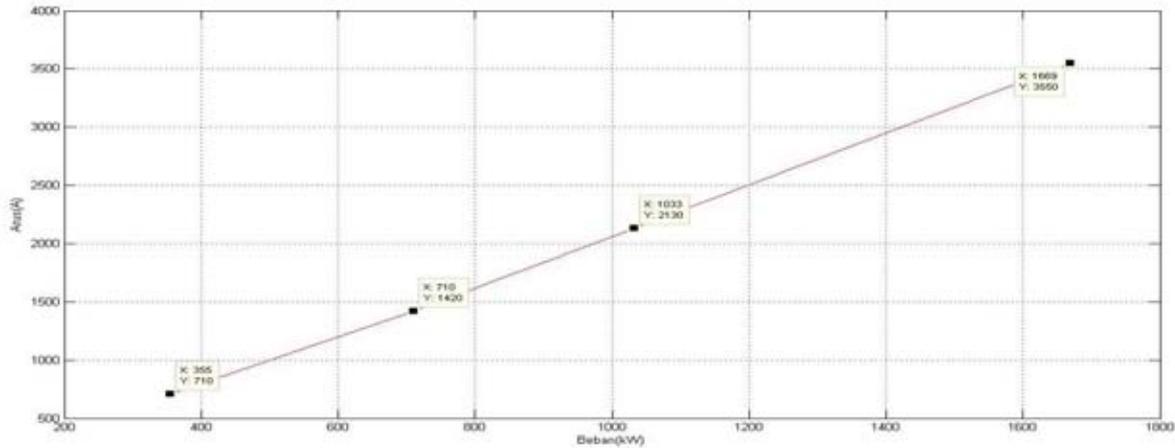


Gambar 3. Blok Simulasi Pengurangan Arus *Inrush* Transformator dengan Beban Motor Induksi 3 Fasa menggunakan metode *pre-insertion resistor*



3. HASIL DAN PEMBAHASAN

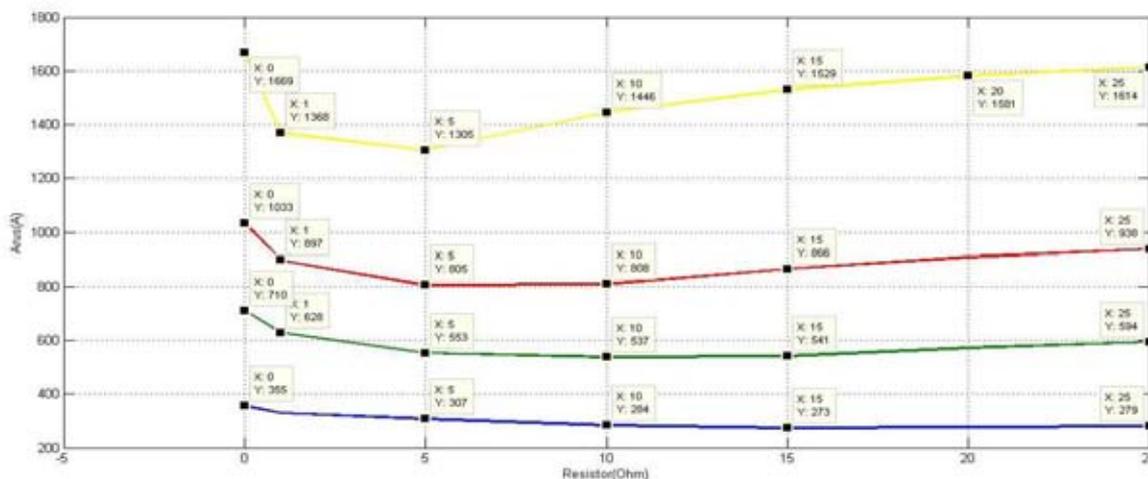
Beban motor induksi digunakan untuk mengetahui pengaruh yang terjadi dengan transformator keadaan berbeban. Terutama pengaruh pada arus awal saat transformator dihubungkan ke sumber. Saat transformator dihubungkan pada beban maka akan menimbulkan arus pada sisi sekunder yang menyebabkan timbulnya arus mengalir pada inti besi pada transformator. Arus yang mengalir akan menimbulkan fluks pada inti dan menyebabkan adanya sisa-sisa fluks. Sisa fluks pada tranformator yang menyebabkan timbulnya arus *inrush* transformator. Untuk melihat hasil grafik arus *inrush* terhadap kapasitas beban motor induksi yang berbeda pada transformator ditunjukkan pada Gambar berikut.



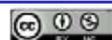
Gambar 4. Grafik Arus *Inrush* Transformator Terhadap Kapasitas Beban Motor Induksi

Pada Gambar 4 merupakan hasil simulasi tranformator dengan kapasitas motor induksi tiga fasa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kapasitas daya motor induksi mempengaruhi arus *inrush* transformator. Pengaruh kapasitas dari beban transformator menimbulkan semakin besarnya arus *inrush* transformator. Arus *inrush* transformator dengan kapasitas motor 710 kW mengalami kenaikan mencapai 355 A dari kondisi normal 73 A. Selanjutnya dengan beban motor 1420 kW arus *inrush* transformator mencapai 710 A dari kondisi normal 146 A. Hasil perbedaan kapasitas beban motor terlihat terjadi arus *inrush* pada sisi primer transformator yang berbeda. Selanjutnya hasil pengujian transformator dengan kapasitas beban motor induksi 2130 kW arus *inrush* timbul mencapai 1033 A dari kondisi normal 219 A, dan pengujian dengan kapasitas beban motor induksi 3550 kW arus *inrush* timbul mencapai 1669 A dari kondisi normal 366 A.

Pengujian selanjutnya adalah simulasi transformator dengan kapasitas beban motor induksi menggunakan metode *pre-insertion resistor* dan penyisipan nilai tahanan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5. Grafik Arus *Inrush* Transformator Menggunakan Metode *Pre-Insertion Resistor*

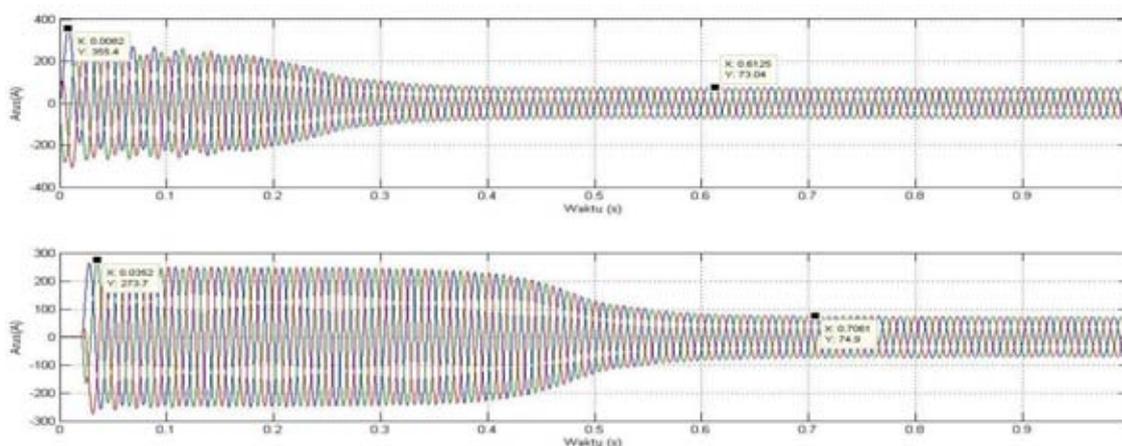


Hasil simulasi menunjukkan bahwa arus *inrush* timbul pada sisi primer transformator dengan kapasitas beban motor 710 kW arus *inrush* sebesar 355 A. Hal ini disebabkan karena beban motor induksi yang bersifat induktif menyebabkan timbulnya arus *inrush* transformator. Selain disebabkan karena jenis beban pada transformator arus *inrush* yang timbul juga dikarenakan kapasitas beban yang besar pada motor induksi. Pada Gambar 5 menunjukkan bahwa arus *inrush* transformator mengalami pengurangan arus *inrush* menjadi 284 A ketika nilai resistor yang disisipkan sebesar 10 ohm. Hasil arus *inrush* transformator dengan nilai resistor yang disisipkan sebesar 15 ohm mengalami penurunan arus *inrush* transformator menjadi 273 A. Selanjutnya hasil arus *inrush* transformator ketika nilai resistor yang disisipkan sebesar 20 ohm arus *inrush* transformator mengalami kenaikan menjadi 276 A.

Hasil pada Gambar 5 menunjukkan bahwa arus *inrush* timbul saat *energize* transformator dengan kapasitas beban motor 1420 kW mencapai 710 A dari kondisi normal 146 A. Hasil simulasi yang dilakukan ketika menyisipkan resistor sebesar 5 ohm arus *inrush* transformator berkurang menjadi 553 A. Pada Gambar 5 menunjukkan penurunan arus *inrush* transformator saat nilai resistor yang disisipkan sebesar 10 ohm mengalami penurunan yang signifikan arus *inrush* transformator berkurang menjadi 537 A. Namun ketika menyisipkan resistor sebesar 15 ohm arus *inrush* berkurang menjadi 541 A. Hasil arus *inrush* transformator menunjukkan bahwa nilai yang disisipkan pada resistor mempengaruhi hasil penurunan arus *inrush* transformator. Hal ini menunjukkan bahwa komponen resistif mampu mereduksi arus *inrush* transformator dengan tegangan 20 kV resistor yang efektif sebesar 10 ohm.

Hasil simulasi transformator dengan kapasitas beban motor sebesar 2130 kW bahwa arus *inrush* transformator dengan menyisipkan nilai resistor sebesar 1 ohm arus *inrush* mengalami penurunan menjadi 897 A. Selanjutnya hasil arus *inrush* transformator ketika menyisipkan resistor sebesar 5 ohm arus *inrush* berkurang menjadi 805 A. Hasil arus *inrush* transformator yang terjadi ketika menyisipkan resistor sebesar 10 ohm arus *inrush* berkurang menjadi 808 A dengan menyisipkan resistor pada sisi primer transformator selama 0,18 detik. Pada Gambar 5 menunjukkan bahwa arus *inrush* transformator mengalami penurunan menjadi 1368 A ketika menyisipkan resistor sebesar 1 ohm. Namun ketika nilai resistor yang disisipkan 5 ohm arus *inrush* berkurang lebih besar mencapai 1305 A. Selanjutnya ketika pengujian dilakukan dengan menyisipkan nilai resistor sebesar 10 ohm nilai arus *inrush* transformator berkurang menjadi 1446 A. Simulasi ini dilakukan saat CB 2 dihubungkan pada detik 0,021 sampai dengan detik ke 0,2 dan dilanjutkan pada CB 3 detik 0,2 sampai dengan waktu 1 detik.

Hasil gelombang arus dengan metode *pre-insertion resistor* yang dipasang pada sisi primer transformator dapat berkurang ketika memasang resistor dengan waktu 0,18 detik. Hasil arus *inrush* transformator tanpa dan menggunakan metode *pre-insertion resistor* dapat dilihat sebagai berikut.

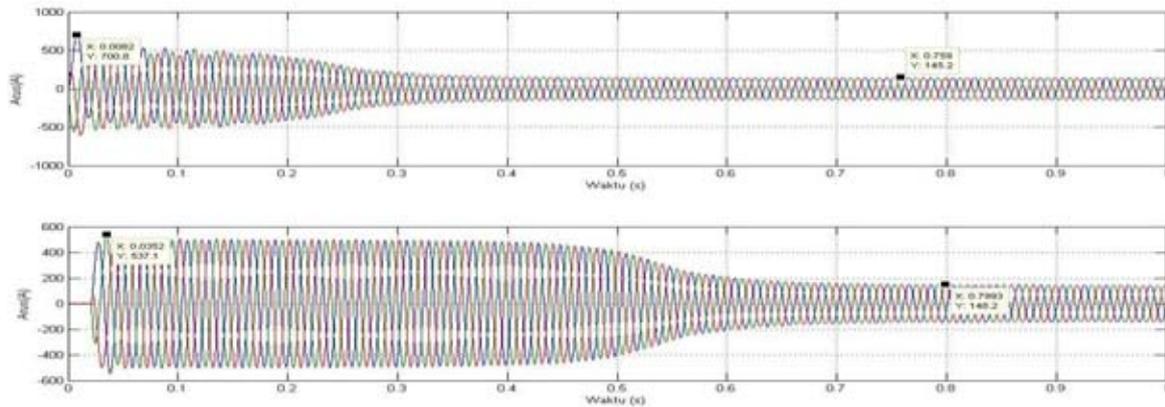


Gambar 6 Arus *Inrush* Transformator dengan Beban 710 kW Tanpa dan Menggunakan Metode *Pre-Insertion Resistor*

Hasil simulasi menunjukkan bahwa arus *inrush* timbul pada sisi primer transformator dengan kapasitas beban motor 710 kW arus *inrush* sebesar 355 A dan arus *inrush* transformator dapat berkurang menjadi 273 A ketika nilai tahanan yang disisipkan sebesar 15 ohm. Hal ini disebabkan

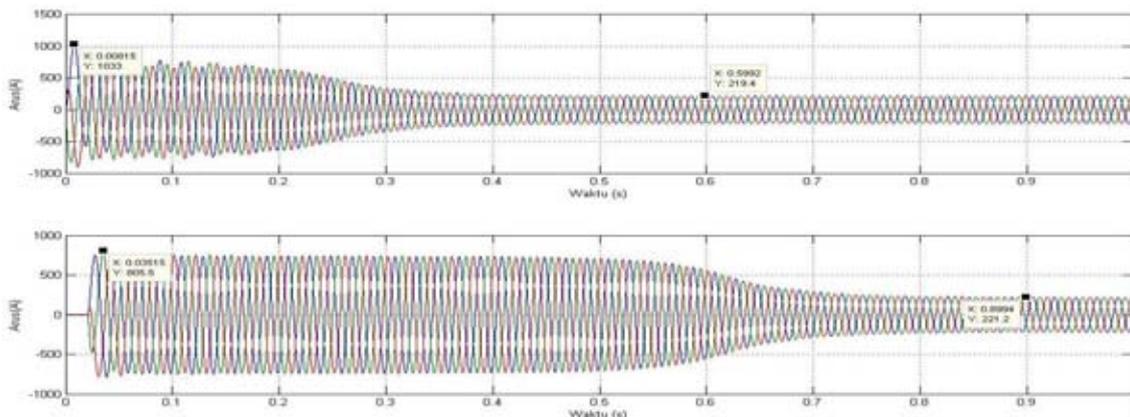
karena beban motor induksi yang bersifat induktif menyebabkan timbulnya arus *inrush* transformator. Pada penelitian ini dilakukan pengujian dengan beberapa nilai tahanan yang disisipkan untuk mengurangi arus *inrush* transformator dengan beban motor induksi 3 fasa. Pemilihan nilai resistor yang baik dalam metode *pre-insertion resistor* dapat mempengaruhi berkurangnya arus *inrush* transformator. Perhitungan persentase pengurangan arus *inrush* transformator dengan nilai tahanan maksimal yang disisipkan sebesar 15 ohm menunjukkan bahwa metode *pre-insertion restor* mampu mereduksi arus *inrush* transformator sebesar 29 %.

Selanjutnya simulasi transformator dengan kapasitas beban motor induksi sebesar 1420 kW menunjukkan bahwa arus *inrush* dapat berkurang dengan menyisipkan nilai tahanan yang efektif sebesar 10 ohm. Berikut hasil arus *inrush* transformator dengan kapasitas beban motor induksi 1420 kW.



Gambar 7. Arus *Inrush* Transformator dengan Beban 1420 kW Tanpa dan Menggunakan Metode *Pre-Insertion Resistor*

Hasil grafik pada gambar 7 menunjukkan bahwa suatu beban motor induksi yang bersifat non linier mempengaruhi besarnya arus *inrush* transformator yang terjadi. Arus *inrush* timbul saat *energize* transformator dengan kapasitas beban motor 1420 arus *inrush* timbul mencapai 710 A dari kondisi normal 146 A. Kenaikan arus akibat adanya beban transformator yang bersifat induksi yang mengakibatkan timbulnya arus *inrush* pada sisi primer transformator. Hasil simulasi menunjukkan bahwa arus *inrush* transformator dapat berkurang menjadi 537 A ketika nilai tahanan yang disisipkan sebesar 10 ohm. Hasil perhitungan persentase pengurangan arus *inrush* transformator dengan nilai resistor maksimal yang disisipkan sebesar 10 ohm mampu mereduksi arus *inrush* transformator sebesar 30 %. Hasil gelombang arus *inrush* tanpa dan menggunakan metode *pre-insertion resistor* ditunjukkan pada Gambar berikut.

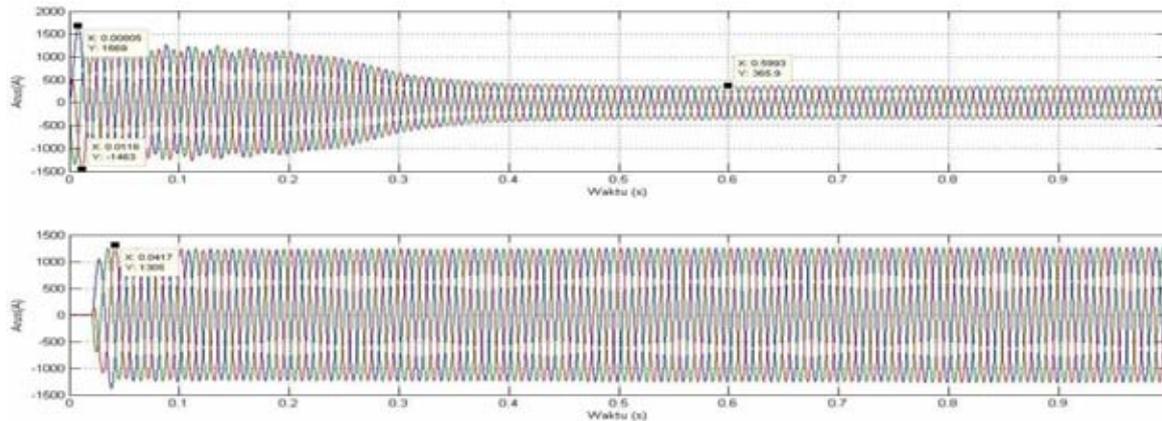


Gambar 8. Arus *Inrush* Transformator dengan Beban 2130 kW Tanpa dan Menggunakan Metode *Pre-Insertion Resistor*

Pada saat *energize* transformator menunjukkan bahwa arus *inrush* timbul saat *switch* dihubungkan ke sumber detik 0,033 sampai detik ke 1. Arus *inrush* transformator dengan kapasitas

beban motor 2130 kW mencapai 1033 A dari kondisi normal 219 A. Hasil simulasi dengan menyisipkan nilai tahanan sebesar 5 ohm menunjukkan bahwa arus *inrush* berkurang menjadi 805 A. Arus *inrush* transformator dapat direduksi dengan menyisipkan tahanan pada sisi primer transformator selama 0,18 detik. Pengujian dengan nilai tahanan yang disisipkan sebesar 5 ohm mampu mereduksi arus *inrush* transformator dengan beban berkapasitas 2130 kW sebesar 28 %.

Selanjutnya Hasil arus *inrush* transformator dengan kapasitas beban motor sebesar 3550 kW terjadi pengurangan dengan dan tanpa metode *pre-insertion resistor* . Berikut hasil simulasi arus *inrush* transformator.



Gambar 9. Arus *Inrush* Transformator dengan Beban 3550 kW Tanpa dan Menggunakan Metode *Pre-Insertion Resistor*

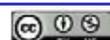
Pengujian selanjutnya transformator dengan kapasitas 3550 kW berdasarkan hasil nilai tahanan yang disisipkan 5 ohm arus *inrush* berkurang menjadi 432,8 A. Pengujian ini dilakukan untuk mereduksi arus *inrush* pada transformator dengan hasil pengujian yang efektif , maka nilai tahanan yang disisipkan sebesar 5 ohm. Hasil simulasi yang dilakukan dengan kapasitas beban motor 3550 kW menunjukkan bahwa arus *inrush* transformator tereduksi sebesar 27%.

4. Kesimpulan

Hasil analisis dan simulasi transformator dengan beban motor induksi 3 fasa menggunakan metode *pre-insertion resistor* menunjukkan bahwa maksimal arus *inrush* transformator yang tereduksi dengan menyisipkan resistor selama 0.18 detik. Arus *inrush* transformator dengan kapasitas beban motor sebesar 710 kW dapat direduksi mencapai 29 %. Selanjutnya dengan kapasitas beban motor 1420 kW arus *inrush* transformator berkurang mencapai 30 %. Pengujian selanjutnya dengan menggunakan kapasitas beban motor sebesar 2130 kW arus tereduksi mencapai 28 %, dan dengan kapasitas beban motor sebesar 3550 kW arus tereduksi mencapai 27%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arus *inrush transformator* dengan beban motor induksi 3 fasa dapat diminimalisir menggunakan metode *pre-insertion resistor*.

REFERENSI

- [1] Soebagio, *Transformator*. Surabaya: ITS PRESS, 2012.
- [2] Z. Abidin, "Metode analisis reduksi arus *inrush* pada transformator," ISSN 2085 - 0859, Univ. Islam Lamongan, vol. 2, no. 1, pp. 1–6, 2010.
- [3] I. S. H. Mokhamad Firmansyah, "Studi perbandingan metode pengurangan arus *inrush* pada transformator daya 500 kv gilet krian," *Tek. POMITS, (ITS), Surabaya*, vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2014.
- [4] Zuhul, *Dasar Tenaga Listrik*. Bandung: ITB, 1991.
- [5] Edison Sitorus, "Studi Pengaruh Arus *Inrush* Dan Arus Hubung Singkat Terhadap Pengaman Transformator Universitas Sumatera Utara," 2010.



Sistem Monitoring Meteorologi Menggunakan Mikrokontroler Berbasis Web

Romi Wiryadinata, Andhika Raharja Mukti, Rian Fahrizal

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten.

Informasi Artikel

Naskah Diterima : 12 Mei 2018

Direvisi : 25 Juni 2018

Disetujui : 28 Juni 2018

*Korespondensi Penulis :
wiryadinata@untirta.ac.id

Graphical abstract



Abstract

Indonesia is an area of tropical islands with a tropical wet (humid tropic) which has two seasons of the dry season that occurred in May to October and the rainy season in November to April. In meteorological data monitoring system many of the facilities used include using thingspeak that can be accessed online and realtime wherever and whenever connected to the internet. The purpose of this research is to make monitoring system of meteorological sensor data in realtime by using data logger which is stored in thingspeak server using Android platform, Windows, iOS. The input of this research comes from meteorological sensor which is then processed using a microcontroller in the form of serial data so that it can be sent to the network which will be connected to thingspeak.com. On the Android platform the application is used thingsview, while on IOS using TS Connect application and on Windows using googlechrome, mozilla firefox or browser available on the PC client. The website address used on the Windows platform is <https://thingspeak.com/channels/358620>. Monitoring results have values corresponding to the data logger. The unsuitable value of the monitoring result is caused by the error that occurs on the sensor.

Keywords: Monitoring, realtime, mikrokontroler

Abstrak

Indonesia merupakan wilayah kepulauan yang beriklim tropis basah (*humid tropic*) yang memiliki dua musim yaitu musim kemarau yang terjadi pada Mei hingga Oktober dan musim hujan pada bulan November hingga April. Dalam sistem monitoring data meteorologi banyak sarana yang digunakan diantaranya menggunakan thingspeak yang dapat diakses secara online dan realtime dimanapun dan kapanpun selama terhubung dengan internet. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat sistem monitoring data sensor meteorologi secara realtime dengan menggunakan data logger yang tersimpan di server thingspeak menggunakan platform Android, Windows, iOS. Input penelitian ini berasal dari sensor meteorologi yang kemudian diolah menggunakan mikrokontroler berupa data serial sehingga dapat dikirimkan menuju network yang nantinya akan terhubung ke thingspeak.com. Pada platform Android aplikasi yang digunakan yaitu thingsview, sedangkan pada iOS menggunakan aplikasi TS Connect dan pada Windows menggunakan googlechrome, mozilla firefox ataupun browser yang tersedia pada PC client. Alamat website yang digunakan pada platform Windows adalah <https://thingspeak.com/channels/358620>. Hasil monitoring memiliki nilai yang sesuai dengan data logger. Nilai yang tidak sesuai pada hasil monitoring disebabkan oleh error yang terjadi pada sensor.

Kata kunci : Monitoring, realtime, mikrokontroler

© 2017 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Meteorologi adalah ilmu yang mempelajari tentang atmosfer, seperti suhu, udara, cuaca, angin dan berbagai sifat fisika lainnya yang digunakan untuk keperluan prakiraan cuaca [1]. Indonesia merupakan wilayah kepulauan yang beriklim tropis basah (*humid tropic*) yang memiliki dua musim yaitu musim kemarau yang terjadi pada Mei hingga Oktober dan musim hujan yang terjadi pada bulan

November hingga April [2]. Pada musim hujan khususnya bulan Desember dan Januari terjadi curah hujan yang cukup tinggi hingga mencapai 200 mm/jam [3]. Begitu pula antara tempat yang satu dengan tempat yang lain rata-rata curah hujannya tidak sama.

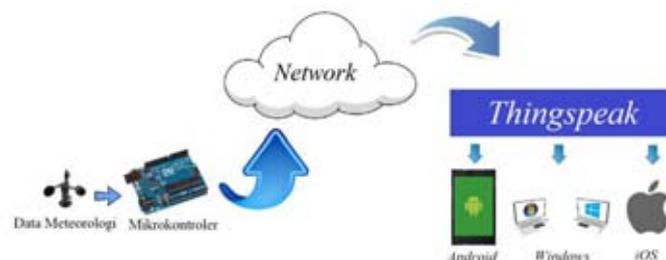
Berdasarkan dinamika siklus hidrologi salah satu sumber air utama adalah hujan. Secara alami hujan terjadi dari proses kondensasi uap air di udara yang selanjutnya membentuk suatu awan. Bila kondisi fisis baik di dalam maupun diluar awan mendukung, maka proses hujan akan berlangsung. Sifat dan kondisi suatu hujan atau musim hujan sangat tergantung sekali pada kondisi cuaca atau iklim yang terjadi. Ketersediaan air secara alami dalam skala global adalah tetap, hanya terjadi terhadap ruang maupun waktu pada skala regional [4]. Beberapa jenis pengukur curah hujan yang telah dikembangkan diantaranya jenis *weighing*, kapasitas, *tipping-bucket* (TB), dan optik [5]. Selain informasi mengenai curah hujan, informasi tentang suhu, kelembapan, arah angin, kecepatan angin dan tekanan udara juga memberikan manfaat bagi berbagai sektor antara lain seperti pertanian, transportasi, kesehatan dan lain-lain. Sistem telemetri merupakan proses pengukuran variabel data dengan jarak tertentu, yang datanya dikirimkan melalui media kabel dan data tersebut nantinya akan diolah ataupun dianalisis oleh stasiun penerima [1]. Seiring perkembangan zaman, adanya teknologi internet memudahkan akses informasi dalam pengiriman dan penerimaan informasi. Informasi prakiraan cuaca dihubungkan menuju internet menggunakan mikrokontroler untuk pengolahan data, sehingga dalam melakukan prakiraan cuaca dapat dengan mudah diakses melalui *website*.

Internet merupakan singkatan dari *Interconnection Networking*. Internet berasal dari bahasa latin *inter* yang berarti antara. Secara kata perkata internet berarti jaringan antara atau penghubung [6]. Berdasarkan aspek intensitas penggunaan internet, sebagian besar remaja perkotaan lebih sering mengakses internet di warung internet meskipun di sekolah mereka terdapat fasilitas internet yang dapat dimanfaatkan secara gratis. Penggunaan internet remaja perkotaan tergolong *heavy user* yang menghabiskan waktu lebih dari 40 jam sebulan. Aktivitas internet yang paling banyak dilakukan para remaja tersebut adalah mencari sumber atau bahan terkait dengan tugas atau pelajaran sekolah [7], sedangkan pada penelitian sebelumnya [8][9] telemetri masih dikirimkan menggunakan radio modulasi sehingga terbatas jarak dan posisi yang harus saling lurus atau LOS (*Line of Sight*)

Permasalahan tersebut dapat diselesaikan dengan sistem *monitoring* meteorologi otomatis. Sistem ini dirancang untuk mengumpulkan data cuaca secara otomatis dan berkala, serta diproses agar pengamatan menjadi lebih mudah dengan tersedianya penyimpanan data ke dalam *database* dan mengembangkan sistem dengan menggunakan *ethernet shield* dan mikrokontroler untuk pengiriman data. Sistem ini diharapkan memudahkan pengguna untuk mengecek terjadinya perubahan curah hujan, suhu dan kelembapan, arah angin, kecepatan angin, dan tekanan udara dengan mengakses *website*. Pengguna dapat mengetahui perubahan data-data tersebut tanpa harus datang ke suatu daerah bersangkutan. Diperlukan suatu sistem pengumpulan data yang dapat berfungsi tanpa pengaruh kendala geografis. Informasi yang akurat dan presisi mengenai kondisi cuaca saat itu di beberapa titik pada suatu area dengan *update* secara *realtime* mutlak diperlukan.

2. METODE PENELITIAN

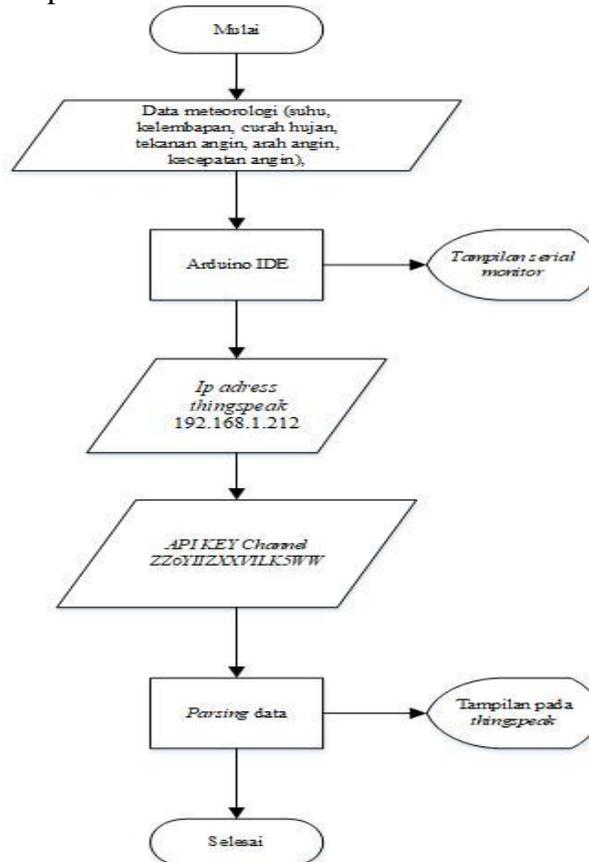
Dalam merealisasikan pembuatan alat yang dirancang, maka langkah pertama yang harus dilakukan adalah mengetahui bagaimana hubungan dan fungsi peralatan yang akan dirancang atau dipergunakan. Perancangan penelitian ini merupakan penjelasan yang membahas tentang alat yang akan dibuat secara keseluruhan yaitu perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Pada Gambar 3.1 terdapat diagram blok perancangan alat *monitoring* meteorologi.



Gambar 1 Diagram blok perancangan

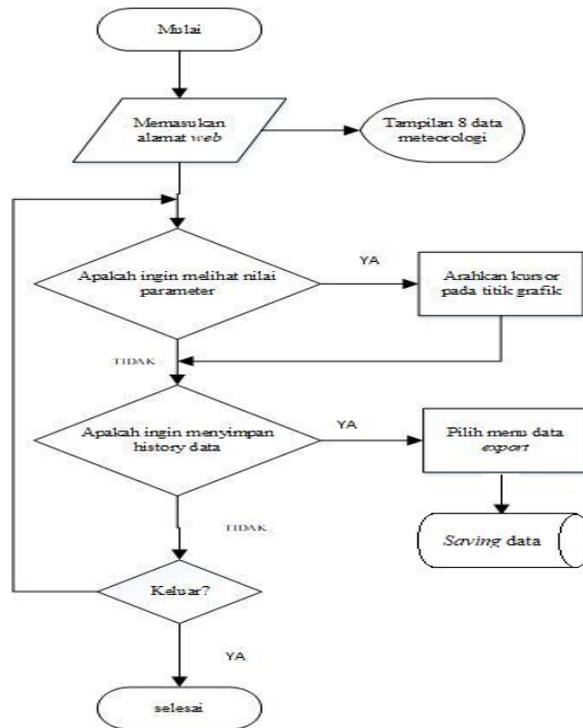
Blok diagram pada Gambar 1 merupakan alur atau jalannya proses alat itu bekerja, dari mulai *input* hingga *output*. Nilai *input* pada penelitian ini berasal dari penelitian yang sudah ada sehingga tidak dibahas untuk sensor dari data pengolahan kondisi sinyal yang kemudian diolah menggunakan mikrokontroler berupa data serial dan diolah pada Arduino IDE sehingga dapat dikirimkan menuju *network* yang nantinya akan terhubung ke dalam *thingspeak.com*. *Monitoring* data dapat dilakukan pada *thingspeak.com* melalui tiga *platform* yakni *Android*, *Windows*, dan *iOS*. Pada *platform Android* aplikasi yang digunakan yaitu *thingsview*, sedangkan pada *iOS* menggunakan aplikasi *TS Connect* dan pada *Windows* menggunakan *browser googlechrome*, *mozilla firefox* ataupun *browser* yang tersedia pada *PC client*.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah perancangan dan percobaan alat yaitu membuat sistem *monitoring* meteorologi dan langkah-langkah penyelesaian secara *detail* terdapat pada *flowchart* pada Gambar 2 berikut.



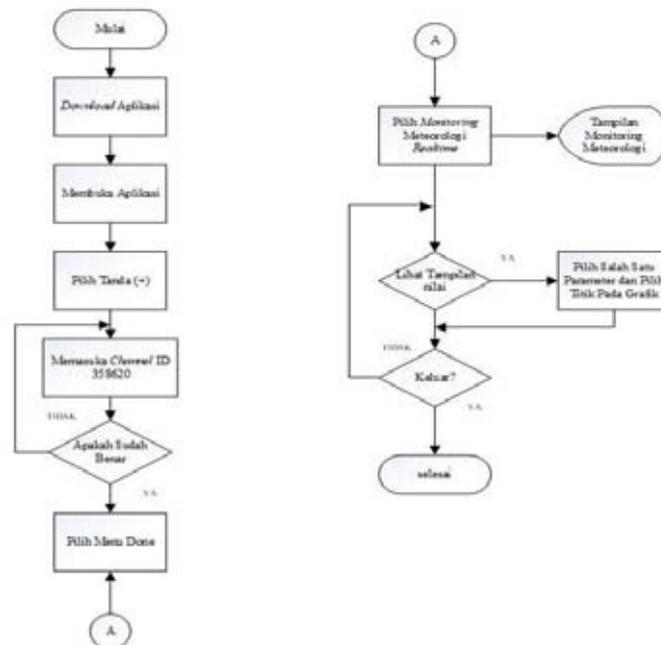
Gambar 2 Flowchart pengiriman data

Pada Gambar 2 nilai parameter pada sensor meteorologi ditampilkan pada *serial monitor* Arduino IDE, kemudian dihubungkan menuju *thingspeak.com* dengan IP 192.168.1.212 serta dihubungkan dengan *API KEY Channel* yang telah dibuat yaitu ZZ6YIIZXXVILK5WW. Langkah selanjutnya *parsing* data dilakukan untuk memilih data sesuai dengan *field* pada *channel* yang telah dilakukan kemudian data dapat ditampilkan pada *thingspeak.com*. *Monitoring* dapat dilakukan oleh *client* pada tiga *platform* yaitu *Android*, *PC*, dan *iOS*, Gambar 3 merupakan *flowchart* dari *monitoring* menggunakan *Android*.



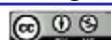
Gambar 3 Flowchart monitoring melalui PC (Windows)

Pada Gambar 3 langkah awal yang dilakukan adalah memasukkan alamat *website* <https://thingspeak.com/channels/358620> pada *googlechrome* ataupun *mozilla* sesuai dengan *browser* yang ada pada *PC*, maka akan terdapat tampilan 8 data meteorologi pada *thingspeak.com*. Nilai dapat dilihat secara *detail* pada setiap parameter ketika kursor diarahkan pada titik grafik sehingga nilai akan muncul secara otomatis dan jika ingin melakukan penyimpanan data *history* menu *export* pada tampilan dipilih kemudian data dapat diunduh. *Monitoring* menggunakan *platform Android* terdapat pada Gambar 4 berikut.

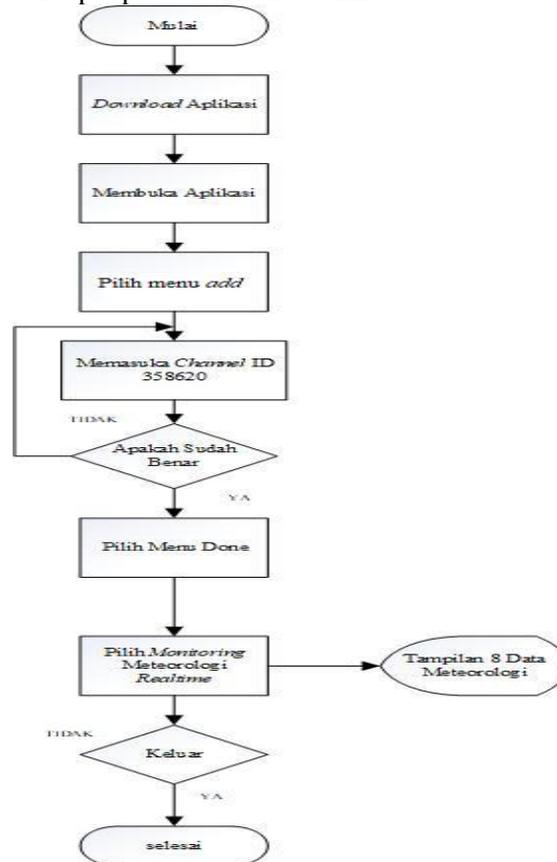


Gambar 4 Flowchart monitoring menggunakan Android

Pada Gambar 4 setelah aplikasi diunduh dan aplikasi dibuka, tanda (+) dipilih untuk dapat memasukkan *channel id* 358620. Setelah *channel id* dimasukkan dan muncul informasi *monitoring* meteorologi *realtime* selanjutnya menu *done* dipilih oleh *client*, jika belum maka *channel id* yang dimasukkan salah dan *client* memasukkan ulang *channel id*. Tampilan nilai *client* dapat dilihat dengan



memilih salah satu parameter kemudian memilih titik grafik pada parameter terpilih. *Monitoring* menggunakan *platform iOS* terdapat pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5 Flowchart monitoring menggunakan iOS

Pada Gambar 5 merupakan diagram alir dari *monitoring* menggunakan *platform iOS* dimana langkah awal adalah mengunduh aplikasi perlu dilakukan. Setelah diunduh dan aplikasi dibuka, menu *add* dipilih untuk dapat memasukan *channel id* 358620. Setelah *channel id* dimasukan dan muncul informasi *monitoring* meteorologi *realtime* selanjutnya menu *done* dipilih oleh *client*, *channel id* dimasukkan ulang ketika salah dalam melakukan penulisan *channel id* yang telah dibuat. Selanjutnya *client* memilih *monitoring* meteorologi *realtime* dan akan muncul 8 tampilan data meteorologi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

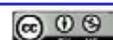
1. Pengujian *input* data sensor

Pengujian pada Gambar 6 dilakukan untuk mengetahui sensor yang digunakan sebagai *input* memberikan nilai atau tidak.



Gambar 6 Nilai sensor pada *serial monitor*

Sensor yang diuji meliputi sensor suhu, kelembapan, curah hujan, kecepatan angin, arah angin, dan tekanan udara. Dalam melakukan pengujian ini terlebih dahulu *port* pada sensor dihubungkan dengan rangkaian Arduino Uno. Nilai *input* dari sensor dapat dilihat menggunakan *serial monitor* pada Arduino IDE. Nilai yang ditampilkan pada Arduino IDE merupakan nilai meteorologi yang berasal dari penelitian yang sudah ada baik dari segi *error* data maupun kesesuaian

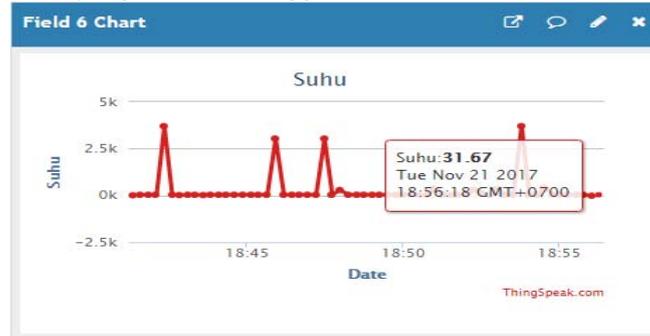


data pada kondisi ruangan saat melakukan pengambilan data. Pengambilan data dilakukan di dalam ruangan sehingga nilai curah hujan dan kecepatan angin tidak menunjukkan angka yang signifikan. Gambar 4.1 menunjukkan nilai dari sensor yang dihasilkan terhadap tampilan *serial monitor* Arduino IDE.

Dari Gambar 4.1 didapat nilai suhu sebesar 27,22°C, kelembapan 55%, curah hujan setaiiap satu jam 0,00 mm, curah hujan setiap 24 jam 0,00mm, arah angin 270, kecepatan angin setiap satu jam 0,00m/s, kecepatan angin srtiap 5 menit 0,00m/s dan tekanan udara 1005,80hPa. Nilai-nilai dari parameter tersebut berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan di dalam laboratorium jurusan teknik elektro Fakultas Teknik UNTIRTA.

2. Pengujian pengiriman data menuju *thingspeak*

Pengujian pada Gambar 7 dilakukan untuk dapat melihat hasil nilai dari sensor meteorologi melalui *web thingspeak.com* yang dikirim menggunakan modem internet secara realtime.

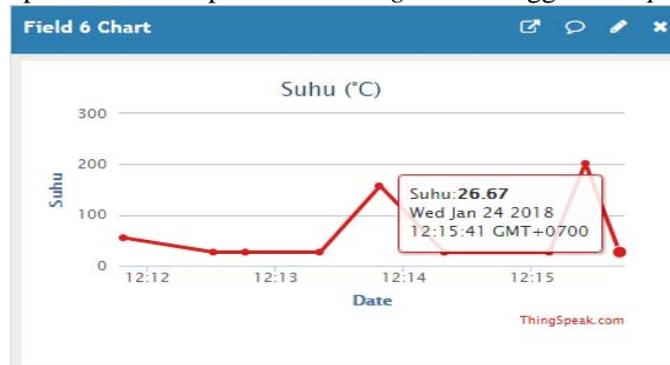


Gambar 7 Tampilan grafik pada *Thingspeak*

Pada Gambar 7 hasil grafik menunjukkan salah satu nilai pada sensor meteorologi yang ditampilkan secara *realtime* pada *web thingspeak.com*. Nilai suhu terakhir yang ditampilkan yaitu 31,67 yang berarti suhu pada ruangan tersebut sebesar 31,67°C dan dilakukan pada hari Selasa 21 November 2017 18:56:18 dan terdapat menu yang tertera pada bagian kanan atas grafik yang memiliki fungsi untuk melihat tampilan pada *new tab*, melihat *source code* pada *frame*, merubah nama parameter, dan menghilangkan grafik pada tampilan. Pengukuran suhu dilakukan di ruangan laboratorium jurusan teknik elektro FT UNTIRTA dengan menggunakan 3 *platform*.

3. *Monitoring* suhu pada *windows*

Gambar 8 merupakan hasil tampilan *monitoring* suhu menggunakan *platform Windows*.

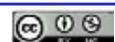


Gambar 8 Tampilan *monitoring* pada *Windows*

Gambar 8 merupakan hasil nilai *monitoring* suhu pada *windows* dan ditampilkan dalam bentuk grafik (x,y). Terdapat juga besarnya nilai suhu dan waktu pada saat mengunggah data meliputi hari, tanggal, bulan, tahun, jam, menit, serta detik.

4. *Monitoring* suhu pada *android*

Gambar 9 merupakan hasil tampilan *monitoring* suhu menggunakan *platform Android* yang diambil menggunakan *smartphone* dengan menggunakan *Operation System Android*.





Gambar 9 Tampilan *monitoring* suhu pada *Android*

Gambar 9 merupakan hasil tampilan *monitoring* suhu yang dilakukan menggunakan *Thingsview* berbentuk grafik serta menampilkan nilai terakhir unggah, nilai *minimum*, serta *maksimum* pada parameter suhu.

5. *Monitoring* suhu pada *iOS*

Gambar 10 merupakan hasil tampilan *monitoring* suhu menggunakan *platform iOS*.

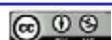
Suhu	
1/24 12:16	-17.78
1/24 12:16	-17.78
1/24 12:16	-17.78
1/24 12:16	-17.78
1/24 12:15	26.67
1/24 12:15	26.67
1/24 12:15	26.67

Gambar 10 Tampilan *monitoring* suhu pada *iOS*

Data yang ditampilkan pada platform *iOS* berupa tabel yang terdiri dari tanggal, bulan, dan jam saat melakukan pengambilan data serta nilai sensor yang dihasilkan

6. Pembahasan pengukuran suhu

Data yang ditampilkan dari ketiga *platform* yang digunakan untuk melakukan *monitoring* suhu tidak terdapat perbedaan dari segi nilai maupun waktu saat pengambilan data. Ketiganya menampilkan nilai suhu sebesar 26,67 °C pada waktu yang sama yaitu 24 Januari 2018 pukul 12:15:41. Nilai grafik yang tinggi sebesar 201,67 °C dan nilai -17,78 pada *iOS* didapat karena terjadi *error* pada alat sensor saat melakukan pengambilan data. Pengambilan data dilakukan didalam ruangan yang seharusnya suhu sebesar 26 °C.

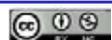


4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil analisis data pengujian yaitu data sensor meteorologi dan *monitoring* secara *realtime* bahwa sistem *monitoring* meteorologi menggunakan mikrokontroler berbasis *website* menggunakan *thingspeak.com* dapat dilakukan. Hasil nilai *monitoring* memiliki nilai yang *valid* dengan data *logger*, nilai yang tidak sesuai pada hasil *monitoring* disebabkan oleh *error* yang terjadi pada alat sensor meteorologi. *Monitoring* data meteorologi dapat dilakukan melalui tiga *platform* yaitu *Android* dengan menggunakan aplikasi *Thingsview*, *Windows* dengan alamat *website* <https://thingspeak.com/channels/358620>, dan *iOS* dengan aplikasi *TS Connect*, hasil *monitoring* menggunakan ketiga *platform* memiliki nilai yang sama.

REFERENSI

- [1] Risandriya, S.K., dan Safrizal. (2014). Aplikasi *Wireless Sensor Network (WSN) Sebagai Sistem Monitoring Cuaca Berbasis Web*. Jurnal Teknik Elektro. 3(1).
- [2] Sumardi. (2009). *Penakar Curah Hujan Otomatis Menggunakan Mikrokontroler ATmega 32*. Jurnal Teknik Elektro. 11(2) Hal: 84-90.
- [3] Z.A. Abdul., Fahmi Novianto. (2015). *Keamanan Http Dan Https Berbasis Web Menggunakan Sistem Operasi Kali Linux*. Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika (KOMPUTA). 4(2). Hal: 69-74.
- [4] Mulyono, D., (2014). *Analisis Karakteristik Curah Hujan Di Wilayah Kabupaten Garut Selatan*. Jurnal Konstruksi. 13(1) Hal: 1-9.
- [5] Muliantara A., Ngurah Agus Sanjaya ER dan I Made Widiartha. (2015). *Perancangan Alat Ukur Ketinggian Curah Hujan Otomatis Berbasis Mikrokontroler*. Jurnal Ilmiah. 8(2). Hal: 31-37.
- [6] Sasongko, A., (2014). *Perancangan Aplikasi Rekam Data Cuaca Hasil Pengamatan Observer Stasiun Meteorologi Bmkg Berbasis Website*. Jurnal Khatulistiwa Informatika. 2(2). Hal: 115-126.
- [7] Hamka. (2015). *Penggunaan Internet Sebagai Media Pembelajaran Pada Mahasiswa IAIN Palu*. Jurnal Studia Islamika. 12(1). Hal: 95-115.
- [8] Pramudyo, A.S., R. wiryadinata, S. Wardoyo, (2013). *Studi Pendiran Ground Station System Sebagai Pusat Receiver Telemetri Data Seismik Pemantauan Anak Gunung Krakatau*. TEKNIKA. 9(2). Hal: 175-184.
- [9] Wiryadinata, R. I. Tirta, Rimnunarto, (2012). *Sistem Telemetri Sensor Berbasis Radio Transceiver Dilengkapi Telecommand Pengendali Servo*. Prosiding The 2nd NCIEE. Hal: 20-32.



Optimalisasi Metode Deteksi Wajah berbasis Pengolahan Citra untuk Aplikasi Identifikasi Wajah pada Presensi Digital

Denny Hardiyanto¹, Dyah Anggun Sartika²

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta.

Informasi Artikel

Naskah Diterima : 14 Mei 2018

Direvisi : 14 April 2018

Disetujui : 15 Juni 2018

*Korespondensi Penulis :
denny.hardiyanto@akprind.ac.id

Graphical abstract



Abstract

In the era 2000s, image-based technology evolved so rapidly along with technological advances. One application in the field of face detection research. Research on face detection was first introduced by Viola and Jones researchers in 2001. In addition, this research is motivated by the presence of student attendance on campus which is still manual and not a few students who cheated when present. The topic of this research is optimization of face detection based on image processing so as to get the right technique / method in detecting face image and it can reduce false positive error for non-face object in the classroom. This research was conducted in campus IST Akprind Yogyakarta with the aim of applying automatic presences for student attendance. The methods proposed in this study include the Viola-Jones method for facial detection, feature extraction using 12 color statistics features, and classification process using the Multi Layer Perceptron classifier to optimize the detection process. By using 309 data of face candidates, this research was able to detect face object with accuracy value of 82%, specificity value of 35%, and sensitivity value of 97%. This is shows that the addition of 12 color statistic feature extraction and Multi Layer Perceptron can increase the accuracy value of 6% and the spesificity value of 11%.

Keywords: face detection, Viola Jones, presence of student attendance

Abstrak

Pada sekitar tahun 2000-an, teknologi berbasis pengolahan citra berkembang begitu pesat seiring dengan kemajuan teknologi. Salah satu aplikasinya dibidang penelitian deteksi wajah. Penelitian tentang deteksi wajah pertama kali dikenalkan oleh peneliti Viola dan Jones pada tahun 2001. Selain itu, penelitian ini dilatarbelakangi oleh presensi kehadiran siswa di kampus yang sifatnya masih manual dan tidak sedikit mahasiswa yang melakukan kecurangan saat presensi. Topik penelitian ini adalah optimalisasi deteksi wajah berbasis pengolahan citra sehingga diperoleh teknik/metode yang tepat dalam mendeteksi citra wajah dan dapat mengurangi kesalahan deteksi (*false positive*) pada objek non-wajah di ruang kelas. Penelitian ini dilakukan di ruang kelas kampus 1 IST Akprind Yogyakarta dengan tujuan menerapkan presensi otomatis untuk kehadiran mahasiswa. Metode yang diusulkan pada penelitian ini meliputi metode Viola-Jones yang untuk proses deteksi wajah, ekstraksi fitur menggunakan 12 fitur statistika warna, dan proses klasifikasi menggunakan klasifier *Multi Layer Perceptron* untuk mengoptimalkan proses deteksi. Hasil penelitian dengan menggunakan 50 data citra asli dan 309 data objek kandidat wajah yang telah terdeteksi menunjukkan bahwa dengan ditambahkan ekstraksi fitur 12 atribut statistika warna mampu meningkatkan nilai akurasi sebesar 6% dan meningkatkan nilai spesifisitas sebesar 11%. Naiknya nilai spesifisitas tersebut menunjukkan bahwa sudah berkurangnya kesalahan deteksi (*false positive*) pada citra wajah.

Kata kunci: Deteksi wajah, Viola jones, teknologi presensi kehadiran,

© 2017 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved



1. PENDAHULUAN

Pada sekitar tahun 2000-an, teknologi berbasis pengolahan citra berkembang begitu pesat seiring dengan kemajuan teknologi dan ilmu audio visual. Berbagai penelitian di bidang pengolahan citra banyak dilakukan oleh peneliti-peneliti dan pengembang sistem serta dipublikasikan di jurnal-jurnal ilmiah maupun prosiding baik secara nasional maupun internasional. Penelitian tentang deteksi wajah pertama kali dikenalkan oleh peneliti Viola dan Jones pada tahun 2001 [1] dan dikembangkan selama beberapa tahun dan dimuat dalam jurnalnya [2]. Selanjutnya, penelitian terkait dengan deteksi wajah ini semakin berkembang karena memiliki banyak manfaat dan aplikasi, sebagai contoh mendeteksi wajah untuk sistem keamanan, sistem keselamatan, sistem pengenalan, sistem presensi, dan berkembang bersama aplikasi lainnya.

Saat ini, perkembangan penelitian deteksi wajah telah sampai pada tahapan aplikasi. Salah satunya adalah dikembangkannya sistem presensi digital berbasis deteksi wajah. Sistem ini nantinya akan sangat bermanfaat bagi pihak-pihak terkait, misalnya sebuah institusi, sebuah perguruan tinggi yang banyak memerlukan aplikasi presensi untuk karyawan maupun mahasiswa. Dengan adanya sistem presensi berbasis deteksi wajah ini maka diharapkan mahasiswa atau karyawan tidak perlu melakukan absensi secara manual dan tidak terjadi tindak kecurangan saat melakukan presensi, namun secara otomatis sistem akan mendeteksi kehadiran seseorang tersebut. Dalam penerapannya, masih terdapat beberapa kekurangan pada sistem ini yaitu masih sering terjadinya error deteksi yang disebabkan oleh kemiripan-kemiripan bentuk maupun benda yang mirip dengan wajah sehingga masih perlu dikembangkan.



Gambar 1. Presensi Manual Mahasiswa

Penelitian ini dikerjakan di Kampus Institut Sains & Teknologi Akprind Yogyakarta. Dalam hal ini, peneliti bekerjasama dengan pihak kampus untuk melakukan dan mengembangkan sistem deteksi wajah untuk aplikasi presensi digital mahasiswa berbasis pengolahan citra yakni deteksi wajah. Dengan adanya sistem presensi ini diharapkan memberikan kemudahan kepada dosen untuk melakukan presensi dengan waktu yang efisien. Selain itu, juga dapat mengurangi ketidaksinkronan antara presensi dengan mahasiswa yang hadir dalam perkuliahan.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan teknik atau metode yang tepat dalam mendeteksi wajah (*frontal face*) berbasis pengolahan citra sehingga diperoleh hasil yang optimal karena mengurangi tingkat kesalahan deteksi (*false positive*) pada objek selain wajah. Penelitian ini dikerjakan di ruang kelas di kampus 1 IST AKPRIND Yogyakarta. Penelitian ini dibatasi oleh beberapa hal diantaranya adalah jumlah wajah mahasiswa yang terdapat pada citra input berjumlah kurang dari 20 mahasiswa dan pengambilan citra input dikerjakan pada siang hari (saat ruang kelas mendapatkan cahaya alami yang cukup).

Pada penelitian sebelumnya, yang dikerjakan oleh beberapa peneliti [3], [4], [5], dan [6] masih terdapat beberapa kesalahan (*false positive*) khususnya untuk citra non-wajah. Objek yang memiliki bentuk mirip maupun struktur mirip dengan wajah sangat sulit dibedakan dan masih terdeteksi oleh sistem, sehingga akan mempengaruhi nilai spesifisitas [7]. Nilai spesifisitas mempunyai pengaruh penting dalam menentukan kesalahan deteksi *object of interest* [8], [9]. Adapun metode

yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan metode deteksi wajah dari Viola Jones. Kemudian dilakukan ekstraksi fitur statistika warna pada objek kandidat citra wajah yang terdeteksi. Tahapan klasifikasi menggunakan *Multi Layer Perceptron* (MLP) dengan algoritme *Back Error Propagation* (BEP). Klasifikasi menggunakan MLP memungkinkan nilai *error* lebih kecil dibandingkan dengan pengklasifikasi lain, karena pada MLP bobot selalu berubah dan mengalami komputasi setiap ada data pelatihan yang baru.

2. STUDI PUSTAKA

Penelitian tentang deteksi wajah telah banyak dikerjakan dan dikembangkan oleh peneliti-peneliti pada tahun 2000an. Penelitian ini pertama kali dikerjakan oleh Viola-Jones pada tahun 2001. Viola Jones menggunakan *machine learning* AdaBoost untuk mengklasifikasi dan mendeteksi sebuah *objek of interest* dengan menggunakan fitur Haar. Selanjutnya, dilakukan proses pelatihan sistem deteksi menggunakan *Cascade Classifier*. Kelebihan dari penelitian Viola Jones ini sistem dapat mendeteksi wajah secara akurat pada berbagai kondisi pencahayaan. Sedangkan kekurangan dari penelitian ini adalah deteksi wajah hanya dapat terdeteksi pada kondisi wajah tegak (*frontal face*).

Kemudian pada tahun 2003, Kovac dkk [10] mengerjakan hal yang sama dengan Viola Jones, yaitu mendeteksi wajah. Akan tetapi, pendekatan dari Kovac berbeda dengan Viola Jones, yaitu melakukan klasifikasi warna kulit untuk mendeteksi wajah. Adapun klasifikasi warna kulit menggunakan kombinasi warna Red, Green, Blue (RGB) dengan YCbCr. Namun, pada penelitian ini masih terdapat beberapa kesalahan deteksi dibandingkan metode penelitian yang dikerjakan oleh Viola Jones.

Pada tahun 2012, Zhao dkk [11] mengembangkan penelitian tentang deteksi wajah dengan melakukan pendekatan kombinasi antara algoritma AdaBoost dan klasifikasi warna kulit. Namun pada penelitian Zhao ini, tidak disebutkan ruang warna apa yang digunakan dalam penelitiannya. Kelebihan dari penelitian ini adalah mampu mendeteksi wajah dengan baik.

Pada tahun yang sama, Putro dkk [12] juga melakukan penelitian deteksi wajah menggunakan metode Viola Jones. Pada penelitiannya, Putro tidak menambahkan algoritma yang lain melainkan murni menggunakan metode Viola Jones, sehingga masih terdapat beberapa kesalahan deteksi yakni pada objek-objek yang mirip dengan wajah. Oleh karena itu, dalam penelitian Putro belum terdapat peningkatan nilai akurasi dalam mendeteksi wajah

Pada tahun 2014, Romi dkk [13] melakukan penelitian sistem presensi berbasis algoritma *eigenface* dengan menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA). Dari hasil pengujian sistem tersebut diperoleh hasil deteksi ekspresi wajah, dengan sensitivitas 100%, spesifisitas 55,5% dan akurasi 69,33%. Rendahnya nilai akurasi menyebabkan kurangnya akurasi sistem dalam mendeteksi objek wajah.

Di tahun 2015-2016, Denny dkk pada papernya [8], [9], [7] melakukan penelitian deteksi sebuah objek menggunakan metode ekstraksi fitur statistika warna dan klasifikasi *Multi Layer Perceptron*. Dengan menggabungkan kedua metode tersebut terbukti dapat menaikkan nilai akurasi dan nilai spesifisitasnya. Hal tersebut membuktikan bahwa klasifikasi MLP dapat mengurangi kesalahan deteksi dengan algoritma pembelajaran penyesuaian bobot sehingga diperoleh nilai bobot yang tepat.

Selanjutnya di tahun 2016 – 2017, Romi dkk [14] [15] mengembangkan penelitian sistem presensi berbasis deteksi wajah yaitu dengan mengkombinasikan antara ekspresi wajah dan aksesoris wajah menggunakan algoritme PCA. Hasil deteksi menunjukkan nilai sensitivitas sebesar 73%. Sedangkan sistem presensi yang menggunakan berbagai metode seperti *PCA*, *Gabor Wavelet*, dan *Dynamic Times Wrapping* menghasilkan dengan tingkat keberhasilan 80%, 100%, dan 97%.

3. METODE DAN DATASET

Tahapan ini membahas metode dan dataset yang digunakan oleh peneliti, yang meliputi alat dan bahan.

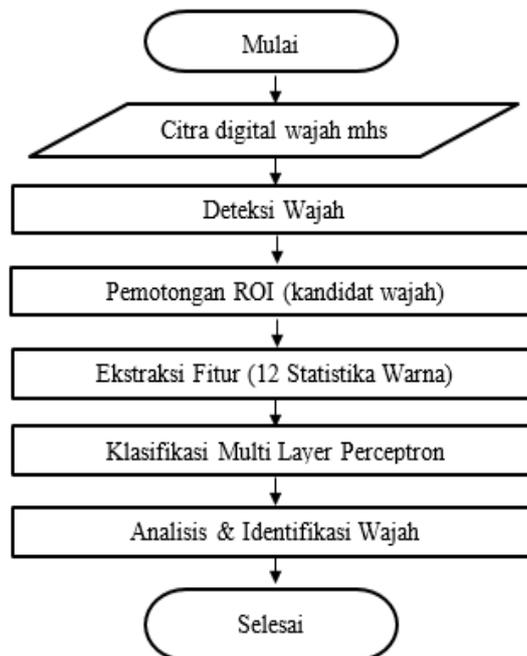
A. Dataset

Pada penelitian ini, dataset atau citra yang digunakan merupakan citra foto yang diambil secara langsung dalam ruang kelas di kampus 1 IST AKPRIND Yogyakarta. Data citra yang digunakan untuk pengujian sejumlah 50 data citra yang terdapat konten wajah didalamnya. Pada proses ekstraksi fitur statistika warna dan klasifikasi *Multi Layer Perceptron* digunakan 309 data kandidat citra wajah yang telah terpotong (ter-ROI).

Penelitian ini dikerjakan pada sebuah laptop dengan spesifikasi *processor* Intel Core i5-4210U CPU @1.7GHz, RAM 8 *Gigabyte* dan sistem operasi Windows 7 64 bit. *Software* yang digunakan meliputi MATLAB 2014a dan *Machine Learning Weka Copyright University of Waikato Hamilton, New Zealand*.

B. Metode

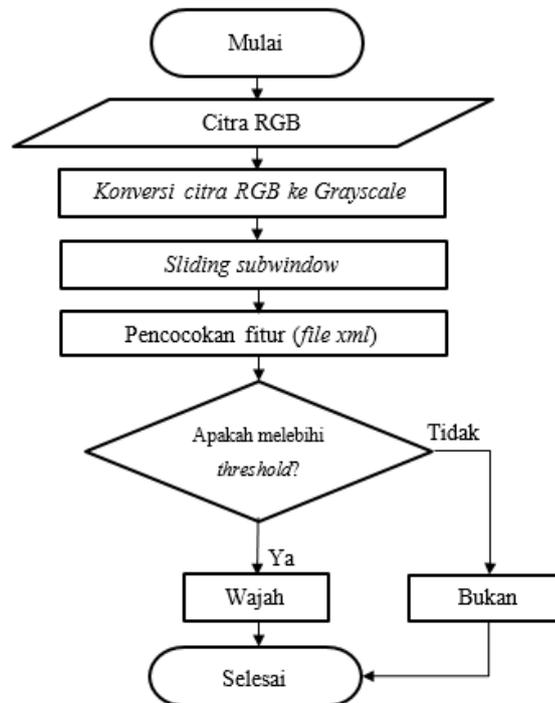
Tahapan perancangan algoritme yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2. Gambar 2 menunjukkan diagram alir dari sistem perancangan yang digunakan oleh peneliti. Input citra berupa citra wajah yang diambil secara langsung di ruang kelas dan terdapat konten wajah mahasiswa di dalamnya. Citra tersebut diambil dalam berbagai kondisi pencahayaan. Citra diambil pada waktu siang dan sore hari akan tetapi pencahayaan luar tidak terlalu mempengaruhi pencahayaan di dalam ruang kelas, karena kondisi ruang kelas yang tertutup dan hanya dipengaruhi oleh cahaya lampu ruangan. Proses selanjutnya akan dijelaskan secara bertahap sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram Alir Perancangan Sistem

1) Deteksi Wajah

Pada penelitian ini kami menggunakan metode deteksi wajah diusulkan oleh Viola Jones [1]. Untuk dapat menggunakan metode Viola Jones ini, maka perlu dilakukan pelatihan deteksi wajah pada sebuah sistem. Pelatihan ini bertujuan untuk melatih sistem agar dapat mendeteksi wajah apabila ada input berupa citra foto wajah. Pada tahapan pelatihan sistem, peneliti menggunakan 1000 citra positif (mengandung konten wajah) dan 8.000 citra negatif (citra selain citra wajah atau biasanya menggunakan *background* dari objek) dan dilatihkan menggunakan *Cascade Classifier*.



Gambar 3. Algoritma Deteksi Wajah

Cascade Classifier merupakan algoritma pelatihan yang dikembangkan oleh Viola dan Jones dengan menggunakan fitur Haar. Pada tahap ini, sistem mampu mendeteksi wajah pada citra digital, akan tetapi masih terdapat beberapa kesalahan deteksi. Kesalahan tersebut adalah sistem masih mendeteksi beberapa objek atau struktur yang mirip dengan wajah pada citra input. Gambar 3 menunjukkan proses dalam mendeteksi/menentukan wajah atau bukan wajah.

2) Pemotongan ROI

Pada proses sebelumnya, telah dilakukan deteksi wajah dengan menggunakan algoritma Viola Jones. Hasil deteksi ditunjukkan dengan adanya ROI pada objek terdeteksi yang merupakan kandidat wajah. Kemudian, objek kandidat wajah yang terdeteksi tersebut dilakukan *cropping* atau pemotongan untuk diproses pada tahapan selanjutnya. Potongan-potongan citra tersebut dinamakan citra kandidat wajah dikarenakan masih bercampur antara objek wajah dengan objek mirip wajah (bukan wajah). Objek mirip wajah biasanya berupa background citra yang memiliki struktur mirip dengan wajah. Oleh karena itu, masih perlu dilakukan tahap ekstraksi fitur untuk mengidentifikasi objek wajah yang sebenarnya [8].

3) Ekstraksi Fitur (Statistika Warna)

Citra input pada proses ekstraksi fitur merupakan citra objek kandidat wajah yang terdeteksi pada tahapan sebelumnya. Ekstraksi fitur dimaksudkan untuk mendapatkan nilai fitur suatu objek berdasarkan hubungan nilai intensitas piksel suatu citra. Pada penelitian ini, digunakan ekstraksi fitur statistika warna yang memiliki 12 atribut fitur. Fitur statistika warna ini dipilih karena melihat citra terdeteksi merupakan citra kandidat selain wajah yang dapat dibedakan berdasarkan warnanya. Warna kulit wajah manusia cenderung antara coklat terang hingga sawo matang. Adapun 12 fitur statistika warna meliputi skewness, standar deviasi, kurtosis dan Mean digunakan untuk menghitung setiap kernel R, G, dan B. Adapun formula 4 fitur warna tersebut akan ditunjukkan pada Persamaan (1) sampai Persamaan (4) [16].

$$\text{Mean } (\mu) = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N P_{ij} \quad (1)$$

$$\text{StDev } (\sigma) = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (P_{ij} - \mu)^2} \quad (2)$$

$$\text{Skewness } (\theta) = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (P_{ij} - \mu)^3}{MN\sigma^3} \quad (3)$$

$$\text{Kurtosis } (\gamma) = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (P_{ij} - \mu)^4}{MN\sigma^4} - 3 \quad (4)$$

4) Klasifikasi Multi Layer Perceptron (MLP)

Tahapan klasifikasi menggunakan algoritme MLP dan proses pembelajaran *Back Error Propagation* (BEP). Hal ini dikarenakan, MLP mampu menyesuaikan bobot selama pelatihan berlangsung, sehingga menghasilkan nilai *error* yang cukup rendah. Pada tahapan klasifikasi ini, digunakan 309 data citra kandidat wajah sebagai data pelatihan sekaligus data pengujian. Tahapan pengujian dilakukan dengan menggunakan metode *Cross Fold Validation* pada *software* Weka. Metode *Cross Fold Validation* adalah metode yang memungkinkan seluruh dataset menjadi data pelatihan sekaligus data pengujian. Dengan menggunakan bilangan *Fold* 10 (default) yang artinya dilakukan pengacakan sebanyak 10 kali memungkinkan untuk memvalidasi data penelitian. Sebelumnya dilakukan penelitian jaringan MLP untuk menentukan banyak jumlah neuron dan lapisan layer tersembunyi untuk mendapatkan nilai akurasi paling tinggi. Sesuai dengan hasil penelitian tersebut, diperoleh nilai akurasi tertinggi dengan menggunakan arsitektur jaringan neuron 10 dan 1 lapisan tersembunyi.

5) Metode Analisis Data

Pada tahapan analisis ini, diukur dari beberapa parameter seperti besarnya nilai akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas. Akurasi merupakan ukuran keberhasilan keseluruhan sistem dalam mengklasifikasi secara benar yang artinya objek wajah terdeteksi secara benar dan background tidak terdeteksi. Sensitivitas merupakan prosentase jumlah objek terdeteksi benar (*object of interest*) di dalam seluruh set gambar yang terdapat *object of interest*. Sedangkan Spesifisitas merupakan prosentase dari jumlah objek selain wajah tidak terdeteksi (*object of interest*) di dalam seluruh set gambar yang tidak terdapat *object of interest*. Persamaan (5) sampai Persamaan (7) menunjukkan formula untuk menghitung parameter akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas. *True Positive* (TP) bisa dianalogikan bahwa objek wajah terdeteksi sebagai wajah. *True Negative* (TN) yaitu objek lain selain wajah (background) secara benar tidak terdeteksi sebagai wajah. *False Positive* (FP) merupakan objek selain wajah (background) terdeteksi sebagai wajah. *False Negative* (FN) merupakan objek wajah yang tidak terdeteksi sebagai wajah.

$$\text{Akurasi} = \frac{TP + TN}{TP + FP + FN + TN} \times 100\% \quad (5)$$

$$\text{Sensitivitas} = \frac{TP}{TP + FN} \times 100\% \quad (6)$$

$$\text{Spesifisitas} = \frac{TN}{FP + TN} \times 100\% \quad (7)$$

4. HASIL DAN ANALISIS

A. Citra Hasil

Berikut disajikan citra hasil proses deteksi wajah pada ruang kelas yang ditunjukkan pada Gambar 4. Citra wajah yang terdeteksi oleh sistem diberi tanda berbentuk kotak berwarna kuning. Tanda kotak tersebut mengindikasikan bahwa terdeteksi adanya wajah. Namun dapat dilihat juga pada Gambar 4 bahwa masih terdapat beberapa objek bukan wajah yang terdeteksi oleh sistem. Kesalahan deteksi itulah yang disebut dengan *false positive*. Sedangkan Gambar 5 menunjukkan citra kandidat wajah yang telah terpotong (ter-crop). Citra kandidat wajah merupakan kumpulan citra-citra yang belum dapat ditentukan dan masih akan diproses lebih lanjut sehingga ditemukan citra wajah yang sebenarnya. Pada Gambar 5 masih terdapat beberapa objek yang mirip dengan wajah (terdeteksi sistem namun bukan wajah ditunjukkan Gambar 6). Kesalahan tersebut yang menyebabkan *false positive* (FP) sehingga perlu dilakukan proses optimalisasi yaitu ekstraksi fitur untuk identifikasi citra wajah yang benar.



Gambar 4. Citra Hasil Pelatihan Sistem



Gambar 5. Citra Kandidat Wajah



Gambar 6. Kesalahan deteksi citra wajah

B. Hasil Deteksi Wajah dan Ekstraksi Fitur Statistika Warna

Setelah sistem dilatih menggunakan algoritma *Cascade Classifier* yang merupakan algoritma pengembangan dari algoritma pelatihan Viola Jones untuk mendeteksi adanya wajah. Tahap

selanjutnya dilakukan pemotongan yang menghasilkan citra kandidat wajah (Gambar 5). Kemudian citra kandidat wajah tersebut menjadi citra input pada proses ekstraksi fitur 12 statistika warna yang selanjutnya dilakukan proses klasifikasi menggunakan *Multi Layer Perceptron* (MLP). Pada tahapan klasifikasi, peneliti menggunakan 309 data citra kandidat wajah. Tabel 1 menunjukkan perbandingan hasil penelitian berupa didapatkannya nilai *True Positive* (TP) yaitu sistem mampu mendeteksi dengan benar objek wajah. *True Negative* (TN) yaitu mampu membedakan dengan benar bahwa selain wajah tidak terdeteksi oleh sistem. *False Positive* (FP) yaitu kesalahan deteksi pada objek selain wajah terdeteksi sebagai wajah. *False Negative* (FN) menunjukkan kesalahan deteksi pada objek wajah tidak terdeteksi oleh sistem.

Tabel 1. Perbandingan hasil *False Positive* metode konvensional dengan (*proposed method*)

Metode	TP	TN	FP	FN
Deteksi wajah Viola Jones	231	25	78	5
Deteksi Wajah dengan 12 ekstraksi fitur statistika warna, MLP (<i>proposed</i>)	231	27	50	5

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa nilai *False Positive* (FP) berkurang sejumlah 28 karena adanya penambahan ekstraksi fitur warna dan klasifikasi *Multi Layer Perceptron*.

C. Hasil Klasifikasi MLP

Penelitian ini menggunakan klasifikasi *Multi Layer Perceptron*. Klasifikasi ini digunakan karena klasifikasi ini mempunyai kelebihan mampu memperbaiki bobot selama pelatihan berlangsung sehingga bobot yang didapatkan lebih sesuai dengan yang diharapkan.

Tabel 2. Komparasi Metode Konvensional dengan *Proposed Method* menggunakan 309 data citra kandidat wajah

Metode	Akurasi	Spesifisitas	Sensitivitas
Deteksi wajah Viola Jones	76 %	24 %	97 %
Deteksi Wajah dengan 12 ekstraksi fitur statistika warna (<i>proposed</i>)	82 %	35 %	97 %

Tabel 2 menunjukkan perbandingan hasil metode konvensional [1] dengan metode yang digunakan pada penelitian ini. Dengan menggunakan 309 data citra wajah diperoleh hasil peningkatan yang cukup signifikan yaitu pada nilai spesifisitas 11% dan akurasi 6%. Hal ini disebabkan karena pada metode konvensional, sistem belum mampu membedakan objek yang mirip dengan wajah, seperti berkas cahaya, objek lingkaran, dan sebagainya. Pada metode yang baru, kesalahan deteksi seperti itu telah diperbaiki dengan adanya ekstraksi fitur 12 statistika warna.

5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini dikembangkan sistem deteksi wajah menggunakan metode deteksi wajah yang dikenalkan oleh Viola Jones dengan penambahan ekstraksi fitur 12 statistika warna dan klasifikasi *Multi Layer Perceptron*. Dengan penambahan ekstraksi fitur 12 statistika warna dan mengujikannya pada 309 data citra kandidat wajah, diperoleh nilai akurasi sebesar 82%, spesifisitas 35%, dan sensitivitas 97%. Sedangkan untuk klasifikasi menggunakan MLP mampu mengurangi



kesalahan deteksi selain wajah (*nilai false positif*) sehingga mampu meningkatkan nilai akurasi sistem. Apabila dikomparasikan dengan metode konvensional, diperoleh peningkatan nilai akurasi hasil peningkatan sebesar 6% untuk akurasi dan 11% untuk spesifisitas. Karena memiliki hasil yang cukup baik, sistem deteksi wajah dengan metode ini dapat dikembangkan sebagai sistem presensi berbasis pengolahan citra.

5.2 Saran

Dalam penelitian ini masih terdapat banyak kekurangan sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut guna meningkatkan kualitas dalam mendeteksi wajah. Adapun hal-hal yang perlu ditingkatkan antara lain meliputi:

- a) Perlu dilakukan studi lebih lanjut mengenai teknik pengenalan pola untuk objek (dalam hal ini objek wajah).
- b) Perlu dilakukan studi lebih lanjut dan kolaborasi dari berbagai metode mengenai teknik klasifikasi yang tepat sehingga diperoleh nilai akurasi yang tinggi dalam mendeteksi objek.
- c) Perlu ditambahkan berbagai ekspresi wajah maupun aksesoris wajah untuk menguji akurasi sistem.
- d) Perlu adanya kolaborasi sistem sehingga deteksi wajah dapat diaplikasikan menggunakan teknologi terkini (berbasis android maupun berbasis web)

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih saya ucapkan kepada seluruh pihak yang telah membantu dan mensupport kelancaran penelitian ini. Kepada unit LPPM IST AKPRIND Yogyakarta yang telah mensupport penuh penelitian, Jurusan Teknik Elektro, bapak ibu dosen serta mahasiswa tim penelitian deteksi wajah atas kerjasama yang diberikan dan terselesaikannya penelitian ini. Semoga penelitian deteksi wajah ini akan terus berkembang dan bermanfaat bagi kemanusiaan.

REFERENSI

- [1] P. Viola and M. Jones, "Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features," *Accept. Conf. Comput. Vis. PATTERN Recognit. 2001*.
- [2] P. Viola and M. J. Jones, "Robust Real-Time Face Detection," *Int. J. Comput. Vis.*, vol. 57, no. 2, pp. 137–154, 2004.
- [3] Y. Wang, J. Li, H. Wang, and Z. Hou, "Automatic Nipple Detection Using Shape and Statistical Skin Color Information," *16th Int. Multimed. Model. Conf.*, pp. 644–649, 2010.
- [4] X. Kejun, W. Jian, N. Pengyu, and H. Jie, "Automatic Nipple Detection Using Cascaded AdaBoost Classifier," *2012 Fifth Int. Symp. Comput. Intell. Des.*, vol. 1, no. 3, pp. 427–432, 2012.
- [5] M. F. Hidayattullah and Y. Hapsari, "Automatic Nipple Detection Pada Citra Pornografi Menggunakan Algoritma Viola And Jones Berbasis Adaboost Untuk Feature Selection," in *Semantik*, 2013, vol. 2013, no. November, pp. 238–245.
- [6] V. Thaweekote, P. Songram, and C. Jareanpon, "Automatic Nipple Detection based on Face Detection and Ideal Proportion Female using Random Forest," in *CYBERNETICSCOM*, 2013, no. C, pp. 11–15.
- [7] H. A. Nugroho, D. Hardiyanto, and T. B. Adji, "Negative Content Filtering for Video Application," in *International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE)*, 2015, pp. 50–55.
- [8] H. A. Nugroho, D. Hardiyanto, and T. B. Adji, "Nipple detection to identify negative content on digital images," in *Proceeding - 2016 International Seminar on Intelligent Technology and Its Application, ISITIA 2016: Recent Trends in Intelligent Computational Technologies for Sustainable Energy*, 2016, pp. 43–48.
- [9] D. Hardiyanto and D. Anggun Sartika, "Identifikasi Konten Negatif pada Citra Digital Berbasis Tanda Vital Tubuh Menggunakan Ekstraksi Fitur GLCM dan Warna YCbCr," *J. Setrum*, vol. 1, no. 2, pp. 120–131, 2017.
- [10] J. Kovac, P. Peer, and F. Solina, "Human skin color clustering for face detection," *EUROCON*



2003. *Comput. as a Tool. IEEE Reg. 8*, vol. 2, pp. 144–148 vol.2, 2003.
- [11] S. Liu, Y. Dong, W. Liu, and J. Zhao, “Multi-View Face Detection Based On Cascade Classifier And Skin Color,” In *Cloud Computing And Intelligent Systems*, 2012, Pp. 56–60.
 - [12] M. D. Putro, T. B. Adji, and B. Winduratna, “Sistem Deteksi Wajah dengan Menggunakan Metode Viola-Jones,” in *Science, Engineering and Technology*, 2012, pp. 1–5.
 - [13] S. Wardoyo, R. Wiryadinata, and R. Sagita, “Sistem Presensi Berbasis Algoritma Eigenface Dengan Metode Principal Component Analysis,” *J. Setrum*, vol. 3, no. 1, pp. 61–68, 2014.
 - [14] I. Tirta and R. Wiryadinata, “Signal Conditioning Test For Low Cost Navigation Sensor,” *J. Setrum*, vol. 1, no. 1, pp. 30–34, 2016.
 - [15] R. Wiryadinata, U. Istiyah, R. Fahrizal, and S. Wardoyo, “Sistem Presensi Menggunakan Algoritme Eigenface dengan Deteksi Aksesoris dan Ekspresi Wajah,” *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Komun.*, vol. 6, no. 2, pp. 222–229, 2017.
 - [16] A. Kadir and A. Susanto, *Pengolahan Citra teori dan aplikasi*, 1st ed. yogyakarta: Andi Offset, 2012.



Aplikasi Mobile Untuk Pencegahan Pencurian Kendaraan Menggunakan Protokol IEEE 802.11

Munaf Ismail¹, Jenny Putri Hapsari¹, Sri Arttini Dwi Prasetyowati¹

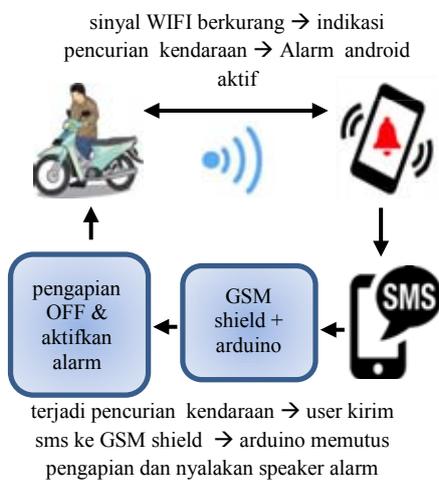
¹Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang, Jawa Tengah.

Informasi Artikel

Naskah Diterima : 14 Mei 2018
 Direvisi : 14 April 2018
 Disetujui : 15 Juni 2018

*Korespondensi Penulis :
 munaf@unissula.ac.id

Graphical abstract



Abstract

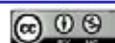
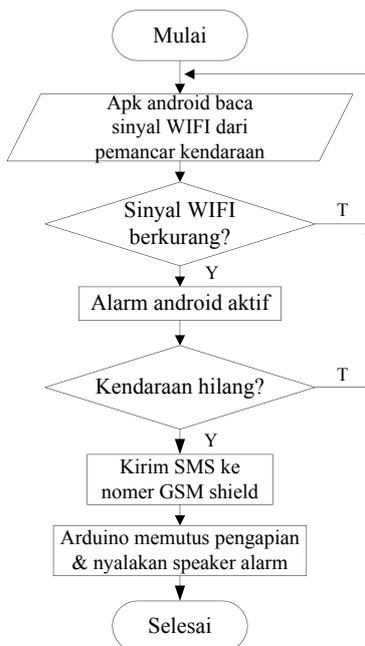
Number cases of motor vehicle theft (curanmor) in Indonesia is still high. According to Kapolri throughout 2017, curanmor action in the territory of Indonesia reached 28,623 cases. The high case of curanmor makes vehicle owners need to increase their vigilance and equip motor vehicles with additional security equipment. This study uses the IEEE 802.11 protocol as a WiFi transmitter mounted on the vehicle and the android application as the receiver of the emitted WiFi signal. The transmitter uses a mini WiFi router that has a frequency of 2.4 GHz, this device has WiFi signal coverage up to 24 meters. When there is an indication of a stolen motor vehicle, the vehicle will move away and the WiFi signal in the receiving android app will be smaller. The android app will alert the vehicle owner with an alarm notification. If it is true that curanmor, the owner of the vehicle can switch off the vehicle remotely using SMS (short message service) to be received by GSM shield circuit, then arduino will turn off vehicle ignition and turn on speaker alarm. Based on testing on the application, the use of the IEEE 802.11 protocol has a distance accuracy of 8 meters, better than similar research using GPS-based applications with accuracy of 9.25 meters distance.

Keywords: android, arduino, additional security of vehicles, protocol IEEE 802.11

Abstrak

Angka kasus pencurian kendaraan bermotor (curanmor) di wilayah Indonesia masih tinggi. Menurut Kapolri sepanjang tahun 2017, aksi curanmor di wilayah Indonesia mencapai 28.623 kasus. Tingginya kasus curanmor membuat pemilik kendaraan bermotor perlu meningkatkan kewaspadaannya dan melengkapi kendaraan bermotor dengan peralatan keamanan tambahan. Penelitian ini menggunakan protokol IEEE 802.11 sebagai pemancar WiFi yang dipasang pada kendaraan dan aplikasi android sebagai penerima sinyal WiFi yang dipancarkan. Pemancar menggunakan mini router wifi yang mempunyai frekuensi 2,4 GHz, perangkat ini mempunyai jangkauan sinyal WiFi sampai 24 meter. Ketika ada indikasi kendaraan bermotor dicuri, kendaraan akan bergerak menjauh dan sinyal WiFi di aplikasi android penerima akan semakin kecil. Aplikasi android akan memberi notifikasi alarm kepada pemilik kendaraan. Apabila benar terjadi curanmor, pemilik kendaraan bisa mematikan kendaraannya dari jarak jauh memanfaatkan SMS (*short message service*) yang akan diterima oleh rangkaian GSM shield, selanjutnya arduino akan mematikan pengapian kendaraan dan menyalakan alarm speaker. Berdasarkan pengujian pada aplikasi, penggunaan protokol IEEE 802.11 mempunyai keakuratan jarak 8 meter, lebih baik dibanding dengan penelitian serupa yang menggunakan aplikasi berbasis GPS dengan keakuratan jarak 9,25 meter.

Kata kunci : android, arduino, keamanan tambahan kendaraan, protocol IEEE 802.11



1. PENDAHULUAN

Sepeda motor merupakan jenis kendaraan bermotor paling diincar pencuri karena sepeda motor terbilang lebih mudah dibawa kabur dibanding mobil sehingga lebih mudah dicuri. Salah satu faktor penyebab tingginya tingkat pencurian sepeda motor ini adalah kelengahan pemilik kendaraan bermotor dengan parkir di sembarang tempat tanpa pengawasan. Pernyataan Kapolri sepanjang 2017, aksi pencurian kendaraan bermotor di seluruh Indonesia mencapai 28.623 [1]. Tingginya angka kejahatan pencurian kendaraan bermotor (curanmor) pada umumnya membuat masyarakat resah, menimbulkan kerugian materiil dan non materiil yang besar bagi masyarakat yang menjadi korban.

Untuk mencegah curanmor diperlukan sistem pengaman tambahan kendaraan bermotor. Sistem pengaman standart adalah kunci kendaraan pada stop kontak starter pada kendaraan bermotor. Untuk itu diperlukan sistem pengamanan yang lebih baik. Kebutuhan untuk sistem pengamanan kendaraan bermotor dapat menjangkau radius yang cukup jauh, memberikan peringatan apabila terjadi pencurian kepada pemilik kendaraan bermotor dan mampu mematikan mesin kendaraan secara jarak jauh.

1.1. Wireless Local Area Network (WLAN)

Jaringan *wireless* adalah jaringan yang memungkinkan pengiriman data antar *host* dilakukan tanpa menggunakan media kabel. Jaringan *wireless* atau teknologi *wireless* ini menggunakan gelombang elektromagnetik untuk membawa informasi antara satu *host* dengan *host* lainnya. Tentunya gelombang elektromagnetik ini akan merambat melalui media udara. Jaringan *wireless* memiliki kelemahan karena *bandwidth* yang terbatas sehingga dapat memungkinkan terjadi gangguan.

Standar WLAN antara lain IEEE 802.11, IEEE 802.14, Bluetooth dan Zigbee [2]. Standart IEEE 802.11 sendiri pertama kali dipublikasikan pada tahun 1997. IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) merupakan lembaga independen yang berfokus pada pengembangan inovasi teknologi dan perbaikan untuk kebaikan manusia. Semakin tinggi kecepatannya (bps) jangkauannya semakin rendah seperti terlihat pada tabel karakteristik standart IEEE 802.11 [3], seperti tabel dibawah ini.

Tabel 1. Karakteristik Standart IEEE 802.11

Standart	802.11a	802.11b
Jumlah <i>channel</i>	8 <i>non overlapping</i>	3 <i>non overlapping</i>
Data Rates	54, 48, 36, 24, 18, 12, 8 dan 6 Mbps	11, 5.5, 2 dan 1 Mbbs
Modulasi & frekuensi	Orthogonal Frequency Division Multiplexing , 5 GHz	Direct Sequence Spread , 2.4 GHz
Jangkauan dalam ruang	12 m @54 Mbps; 91 m @6Mbps	30 m @11 Mbps; 91 m @1 Mbps

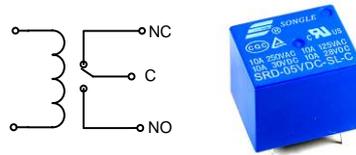
1.2. Android

Android adalah sistem operasi untuk smartphone yang terus berkembang dengan pesat saat ini. Android merupakan sistem operasi berbasis open source dan dikembangkan oleh Google Inc. digunakan pada perangkat *mobile*. Android adalah software yang terdiri dari tiga bagian, yaitu *operating system*, *middleware*, dan *key application*. Google pun menyediakan wadah bagi para konsumen pemakai Android untuk dapat mengunduh berbagai macam aplikasi, baik yang berbayar ataupun tidak, yang dibuat oleh para pengembang dan dapat diunduh pada tempat yang diberi nama *Play Store*. Pengembang perangkat lunak dapat membuat dan mengembangkan bermacam aplikasi dengan platform Android menggunakan Android Standard Development Kit (Android SDK) yang disediakan oleh Google dan menggunakan bahasa pemrograman Java [4].

1.3. Relai

Relai adalah saklar yang beroperasi secara listrik dan merupakan sebuah komponen elektromekanikal yang terdiri dari dua bagian yaitu elektromagnet (coil) dan mekanikal (kontak saklar). Pada system ini relai yang digunakan adalah relai tipe SPDT (Single Pole Double Throw) dengan lima pin, diantaranya: kutub positif dan kutub negatif pada coil, *normally close* (NC), *common* (C), dan *normally open* (NO). Cara kerja dari relai tipe ini yaitu kontaktor akan berpindah sambungan

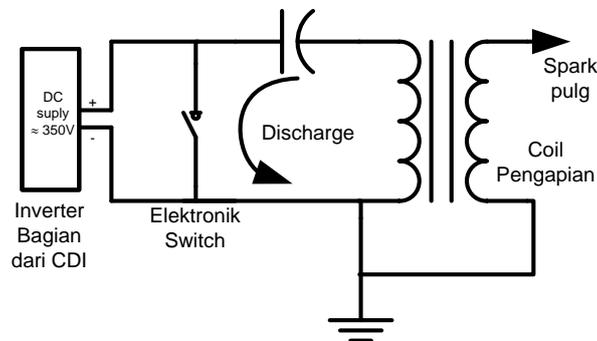
dari pin NC ke pin NO ketika coil mendapat tegangan. Gambar relai SPDT seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 1. Simbol relai SPDT

1.4. Sistem pengapian

Berdasarkan gambar di bawah ini dapat dijelaskan bahwa sumber tegangan 12 V dari baterai disambung ke sebuah inverter (bagian dari unit CDI). Tegangan sekitar 350 V akan dihasilkan dari inverter ini. Kondesor/kapasitor selanjutnya akan diisi oleh tegangan 350 V. Proses percikan bunga api pada busi, pertama pick-up coil akan memberikan instruksi sinyal elektronik ke switch/saklar (S) untuk menutup. Saat saklar telah menutup, kondensator akan mengosongkan (discharge) muatannya dengan cepat melalui kumparan primaer koil pengapian, sehingga terjadilah induksi pada kedua kumparan koil pengapian tersebut [5], seperti gambar dibawah ini.



Gambar 2. Sistem pengapian kendaraan

2. METODE PENELITIAN

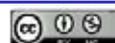
2.1. Metode Penelitian

Proses penelitian terbagi menjadi beberapa tahap yang dilakukan berdasarkan urutan dalam melakukan penelitian:

- Identifikasi masalah yaitu dengan merumuskan latar belakang hingga tujuan dalam penelitian ini.
- Studi literatur, yaitu mengumpulkan data-data dari buku referensi dan jurnal-jurnal sesuai dengan topik penelitian yang dilakukan yaitu tentang pembangkit listrik tenaga hibrida.
- Perancangan dan pengujian, yaitu dengan merancang model sistem pengamanan tambahan kendaraan berbasis protocol IEEE 802.11 (pemancar WiFi) berupa aplikasi android pendeteksi kendaraan serta rangkaian pemutus dan penyambung pengapian kendaraan dengan perintah SMS (*Short Message Service*) menggunakan GSM Shield dan Arduino. Pengujian system menggunakan perangkat smartpone untuk mengetahui kondisi optimal sistem terhadap hasil yang diinginkan dan teori yang ada.

Pernyataan Kapolri sepanjang tahun 2017, aksi pencurian kendaraan bermotor di seluruh Indonesia mencapai 28.623. Tingginya angka kejahatan pencurian kendaraan bermotor (curanmor) menimbulkan kerugian materiil dan non materiil yang besar bagi masyarakat yang menjadi korban, membuat masyarakat resah dan mengakibatkan menurunnya produktifitas masyarakat.

Sistem pengamanan tambahan kendaraan bermotor adalah tambahan pengamanan selain kunci starter pada kendaraan bermotor. Untuk itu diperlukan sistem pengamanan yang lebih baik. Kebutuhan untuk sistem pengamanan kendaraan bermotor yang bersifat *mobile* dapat menjangkau radius yang cukup jauh, memberikan peringatan apabila terjadi pencurian kepada pemilik kendaraan bermotor dan mampu mematikan mesin kendaraan untuk mencegah terjadinya pencurian.



Penelitian sebelumnya tentang pengaman tambahan kendaraan bermotor yang sudah dikembangkan, antara lain tentang pengamanan kendaraan bermotor yang menggunakan system QR code yang digunakan sebagai identifikasi kendaraan, dengan metode ini jarak pembacaan kendaraan dan QR code reader maksimal 30 cm sangat pendek [6]. Penelitian yang lain yang menggunakan wireless seperti Bluetooth [7]. Sistem ini masih memiliki jangkauan yang pendek karena hanya menggunakan komunikasi bluetooth. Jarak maksimal pengaman kendaraan bermotor menggunakan Bluetooth adalah 10 meter.

Penelitian yang lain juga menggunakan SMS (*Short Message Services*) untuk pengendalian peralatan jarak jauh [8]. Ada juga yang menggunakan GPS (*Global Positioning System*) sebagai informasi letak kendaraan bermotor [9]. Pada penelitian berbasis GPS hanya memberi informasi posisi kendaraan bermotor dengan menyebutkan latitude dan longitudnya, muncul peringatan apabila posisi kendaraan menjauh akan tetapi penelitian tidak dapat mematikan mesin kendaraan apabila terjadi pencurian kendaraan. Aplikasi berbasis GPS ini mempunyai rata-rata akurasi jarak sebenarnya adalah 9,25 m.

Penelitian yang lain juga meneliti tentang pencegahan kejahatan dengan memanfaatkan jaringan Internet of Thing [10]. Penelitian yang dilakukan memakai koneksi jaringan internet, sehingga penelitian ini mempunyai kekurangan untuk perangkat yang tidak terhubung jaringan internet tidak dapat diaplikasikan.

Penelitian ini tentang sitem pengaman tambahan kendaraan bermotor berbasis android yang dapat mendeteksi aksi curanmor menggunakan pemancar mini WiFi yang mengirimkan sinyal dengan standart *protocol 802.11*. Sinyal WiFi yang diterima di smartphone lewat aplikasi android semakin kecil dan hilang apabila jarak antara kendaraan dan smartphone pemilik semakin jauh, perubahan jarak dan penurunan sinyal WiFi dideteksi oleh aplikasi android sebagai indikasi terjadinya pencurian kendaraan. Selanjutnya aplikasi memberi alarm peringatan bahwa sinyal WiFi berkurang atau hilang sebagai indikasi terjadi curanmor. Pemilik dapat mematikan kendaraan dari jarak jauh dengan kirim SMS dari transmisi seluler dari smartphonanya untuk memutus pengapian kendaraanya.

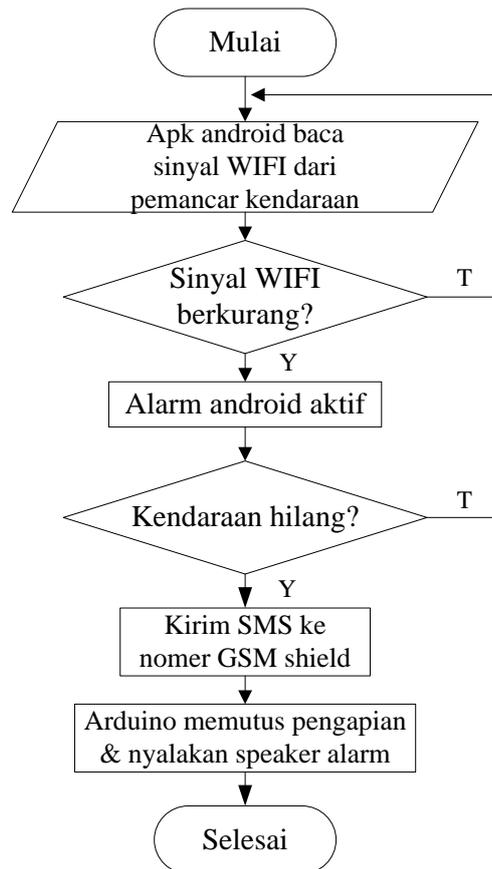
Semakin banyak tambahan keamanan pada kendaraan bermotor akan mempersulit ruang gerak pencuri. Diharapkan dengan inovasi penelitian ini mampu meningkatkan keamanan kendaraan bermotor sekaligus meningkatkan kewaspadaan pemilik kendaraan bermotor.



Gambar 3. Arsitektur Sistem Pengaman Kendaraan

2.2. Diagram Alir Penelitian

Secara sederhana proses penelitian aplikasi mobile untuk pencegahan pencurian kendaraan menggunakan protokol IEEE 802.11 ini menggunakan aplikasi android dan arduino dapat dijelaskan melalui diagram alir seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

2.3. Perancangan Penelitian

Perancangan sistem pengaman kendaraan bermotor terdiri dari 2 bagian yaitu aplikasi android dan aplikasi arduino+GSM shield untuk menerima pesan dari SMS pengguna sebagai instruksi pemutus spool mesin kendaraan dan menyalakan speaker alarm.

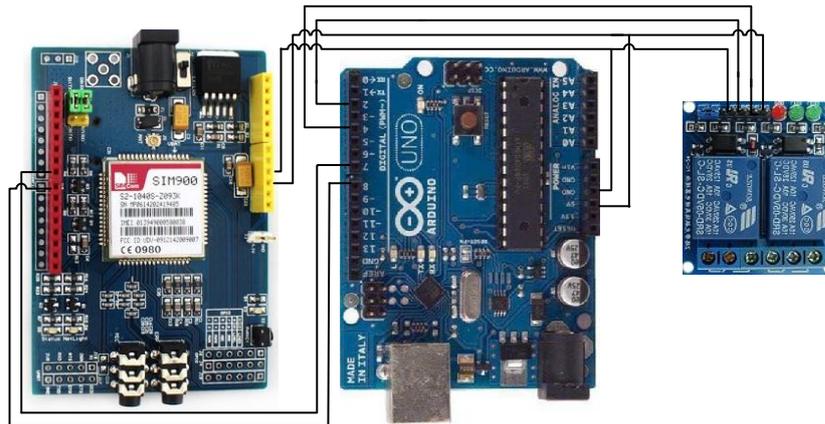
a. Perancangan perangkat lunak

Dalam artikel ini, dibangun sebuah perangkat lunak yang bernama Aplikasi Pengamanan Kendaraan dengan Notifikasi Berbasis Android. Aplikasi ini berfungsi untuk memperingatkan pengguna melalui notifikasi dari *smartphone* apabila terdapat indikasi pencurian kendaraan milik pengguna. Aplikasi ini bekerja dengan membandingkan dua parameter utama. Yang pertama adalah membandingkan jarak antara kendaraan dengan pengguna. Batas terjauh antara pengguna dan kendaraan akan ditentukan diawal oleh pengguna sendiri. Dan yang kedua, aplikasi ini juga membandingkan titik koordinat ketika kendaraan pertama diparkir. Apabila kendaraan berpindah dari posisi awal maka pengguna juga akan diberikan notifikasi peringatan.

Perancangan perangkat lunak pada Android bertujuan untuk membandingkan sinyal WIFI yang diterima pada *smartphone* dari pemancar WIFI yang ada pada kendaraan. Aplikasi Android sebagai penerima sinyal dibuat dengan menggunakan App Inventor dan menggunakan Arduino IDE untuk membuat software arduinonya. *App Inventor for Android* atau *Google App Inventor* adalah aplikasi web sumber terbuka yang awalnya dikembangkan oleh *Google*, dan saat ini dikelola oleh *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). *App Inventor* untuk memprogram komputer untuk menciptakan aplikasi perangkat lunak berbasis sistem operasi Android [11].

b. Perancangan perangkat keras

Perangkat keras yang digunakan pada sistem ini diantaranya: mikrokontroler ATmega 328 berada pada modul Arduino Uno [12], GSM shield berupa modul SIM900 yang bekerja pada frekuensi GSM selluler [13] dan relai SPDT (*Single Pole Double Throw*). Untuk lebih jelasnya, diagram perangkat keras sistem disajikan pada Gambar 5. dengan kabel (*wiring*). Modul GSM shield, Arduino dan relai SPDT adalah perangkat yang dipasang untuk diintegrasikan dengan sistem kunci kendaraan yang dipasang alat pengaman.

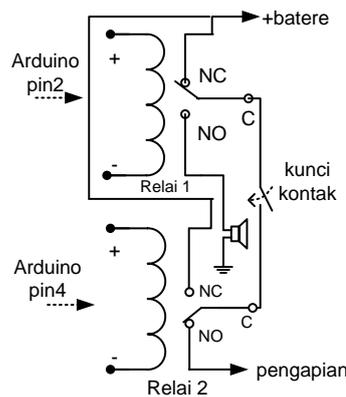


Gambar 5. Konfigurasi perangkat keras

Dari smartphone dapat memutus pengapian kendaraan dengan perintah melalui SMS (*Short Message Service*) jaringan komunikasi seluler. Pesan SMS dari pengguna selanjutnya diterima oleh nomer kartu seluler di GSM shield dalam hal ini adalah modul SIM900 untuk diproses oleh arduino UNO. Pesan SMS berisi “ON” akan menginstruksikan kendaraan kondisi normal dan pesan “OFF” akan memutus pengapian dan menyalakan speaker alarm.

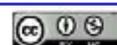
Pada saat terjadi curanmor pengguna aplikasi ini dapat menghentikan pencurian secara jarak jauh dengan mengirim pesan SMS. Setelah mendapat notifikasi alarm dari aplikasi android dan memastikan terjadi curanmor, pengguna aplikasi mengirimkan pesan SMS dari smartphonenya berisi teks “OFF” melalui jaringan seluler ke nomer seluler yang ada pada GSM shield pada kendaraannya. Pesan ini yang diterima GSM shield selanjutnya diolah oleh arduino UNO sebagai instruksi untuk memutus pengapian dan menyalakan alarm pada kendaraan yang di curi.

Relai 1 berfungsi sebagai saklar yang terhubung dengan kunci kontak, sedangkan relai 2 berguna menyalakan speaker alarm. Relai 1 berfungsi ditempatkan diantara baterai dan system pengapian CDI kendaraan. SMS dari handphone pengguna akan memberi instruksi arduino mengubah relai 1 menjadi kondisi *Normally Open* (NO), hal ini membuat mesin motor tidak dapat bekerja sekalipun kunci kontak dinyalakan karena system kelistrikan pengapian telah diputus. Speaker alarm dihubungkan dengan relai 2 sebagai alarm peringatan.



Gambar 6. Hubungan relai dengan pengapian

Sistem keamanan sepeda motor ini memerlukan catu daya agar dapat bekerja secara optimal dengan tegangan sebesar 5 V. Adapun sumber tegangan tersebut dapat diperoleh dari baterai aki pada sepeda motor yang memiliki tegangan 12 V dan kapasitas arusnya 2A. Untuk mendapatkan tegangan 5 V secara konstan, maka digunakan IC LM7805 sebagai regulator tegangan 5 V.



3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian perangkat dilakukan dengan mengukur penerimaan sinyal WiFi di smartphone pengguna dari pemancar mini WiFi yang diletakan pada kendaraan. Tempat pengujian adalah halaman parkir gedung FTI UNISSULA Semarang dan pengujian dilakukan pada malam hari. Pengujian menggunakan aplikasi GNET WiFi yang biasa digunakan untuk drive test pengukuran sinyal WiFi. Pengukuran dilakukan dengan membandingkan jarak antara pemancar mini WiFi dan penerima sinyal WiFi. Pengujian pertama adalah memilih sinyal WiFi yang berasal dari kendaraan uji coba. Pertama kita hubungkan aplikasi android dengan pemancar mini WiFi yang diletakan di kendaraan dengan mengisi nama WiFi/SSID dan password yang dibutuhkan.



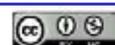
Gambar 7. Tampilan menu utama aplikasi android

Hasil pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan *software* GNET WiFi dapat dilihat pada Tabel 2. Dari tabel 2 diketahui jarak jangkauan maksimum dari tangkapan sinyal WiFi adalah sebesar 24 meter. RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) adalah parameter tentang daya terima dari sebuah sinyal pada band kanal frekuensi yang diukur.

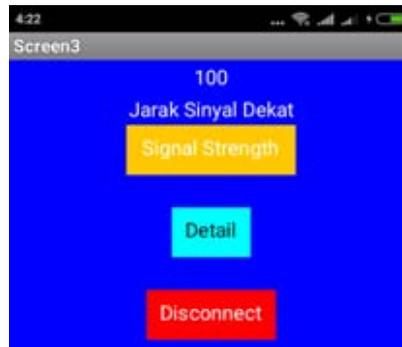
Tabel 2. Pengukuran jarak dan RSSI

No	Jarak	RSSI (dBm)	Keterangan
1	2 m	-49	Jarak sinyal dekat
2	4 m	-51	Jarak sinyal dekat
3	6 m	-53	Jarak sinyal dekat
4	8 m	-60	Jarak sinyal dekat
5	10 m	-61	Jarak sinyal sedang
6	12 m	-63	Jarak sinyal sedang
7	14 m	-64	Jarak sinyal sedang
8	16 m	-65	Jarak sinyal sedang
9	18 m	-77	Jarak sinyal sedang
10	20 m	-81	Jarak sinyal jauh
11	22 m	-84	Jarak sinyal jauh
12	24 m	-85	Jarak sinyal jauh
13	26 m	--	Sinyal hilang

Ketika jarak 2 meter tampilan aplikasi seperti gambar 8, terlihat tampilan dengan keterangan jarak sinyal dekat. Nilai RSSI dengan jarak terjauh yang didapatkan sebesar -85 dBm. Nilai jarak jangkauan ini jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan table 1, dimana jangkauan maksimum WiFi dalam ruang adalah 30 meter. Hal ini dikarenakan secara teori masih ada faktor yang mempengaruhi



dalam perhitungan. Secara teori suatu jangkauan WiFi dapat dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain, *Return loss*, *VSWR*, *gain receiver*, dan parameter-parameter lainnya [14]. Keakuratan dilihat dari jarak dengan kelipatan 8 m, jarak dekat antara 1-8 meter, jarak sedang antara 8-16 meter dan jarak jauh antara 16-24 meter.



Gambar 8. Tampilan penerimaan sinyal WiFi jarak dekat.



Gambar 9. Tampilan sambungan terputus dengan sumber WiFi

Ketika kendaraan yang ada pemancar mini WiFi tersebut menjauh atau melewati batas maksimum jarak tersambung (24 meter) pada saat itu aplikasi android akan mendeteksi sinyal penerimaan WiFi yang berkurang atau hilang. Kondisi ini adalah Indikasi terjadi curanmor sehingga aplikasi android akan memberikan notifikasi alarm kepada pengguna seperti terlihat pada gambar 9.

Power transmitter dari mini WiFi yang dipasang di kendaraan cukup kecil walaupun begitu cukup untuk mengcover sistem pengaman tambahan kendaraan dengan jangkauan jarak sampai 24 meter kedalam ruangan. Keuntungan yang lain dari penggunaan pemancar mini WiFi yaitu perangkat ini mempunyai baterai sendiri [15], sehingga tidak membebani sistem pengaman kendaraan karena menggunakan baterai lithium yang dapat di *charge* ulang ketika habis dayanya.

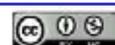
Pengujian selanjutnya adalah uji coba pemutus pengapian kendaraan dan penyalan alarm kendaraan. Pengguna setelah mengirim SMS dengan pesan "OFF" ke nomer GSM shield berhasil memutus pengapian dan menyalakan alarm paka kendaraan. Untuk mengembalikan kondisi normal pengguna mengirim SMS dengan pesan "ON" ke nomer GSM pada SIM900 memerlukan waktu rata-rata 4,8 detik. Waktu uji pengiriman SMS dengan pemutus pengapian dan penyalan alarm kendaraan adalah pengukuran waktu respon pemutus pengapian dan alarm terhadap pesan SMS ini dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan aplikasi untuk melakukan *request* serta menerima respon dari instruksi melalui pesan SMS .

4. KESIMPULAN

4.1. Kesimpulan

Hasil pengukuran dan pengujian dari system pengaman kendaraan berbasis protokol IEEE 802.11 menghasilkan beberapa kesimpulan, yaitu:

Berdasarkan uji coba yang dilakukan pada aplikasi ini



- a) Aplikasi android dapat memberikan notifikasi alarm kepada pengguna ketika ada indikasi curanmor yaitu perubahan jarak pengguna dan kendaraan posisinya semakin menjauh atau posisi kendaraan menjauh melebihi batas maksimal.
- b) Hasil pengukuran sinyal pemancar mini WiFi yang dipasang pada kendaraan paling dekat sinyal pada RSSI penerima sebesar -49 dBm dan paling jauh sinyalnya adalah -85 dBm.
- c) Jarak maksimal dari pemancar mini WiFi / kendaraan dengan Smartphone android yang telah dipasang aplikasi adalah 24 meter.
- d) Berdasarkan hasil uji coba yang dilakukan pada penelitian ini diperoleh rata-rata waktu respon antara pengiriman SMS dan pemutusan pengapian / alarm aktif adalah sebesar 4,8 detik.

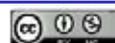
4.2. Saran

Dalam penelitian ini masih banyak sekali kekurangan dan ketidaksempurnaan. Untuk itu, perlu dilakukan pengembangan agar ke depannya menjadi sempurna ataupun lebih baik lagi sehingga beberapa saran untuk perbaikan, diantaranya:

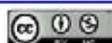
- a) Perlu dicari perangkat pemancar mini WiFi yang lebih besar daya pancarnya agar jarak maksimal kendaraan dengan smartphone pengguna lebih jauh.
- b) Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengamanan tambahan kendaraan agar posisi kendaraan dapat dilacak lebih jelas ketika terjadi kejadian curanmor.

REFERENSI

- [1] Anadolu Agency. *Polisi catat jumlah kejahatan di Indonesia 2017 turun 27%*. 2017. Tersedia dari: <https://www.aa.com.tr/id/headline-hari/polisi-catat-jumlah-kejahatan-di-indonesia-2017-turun-27-1018014>. [URL dikunjungi pada 2 Januari 2018].
- [2] A. Wagya. *Rancang Bangun Modul Pengendali Berbasis Direct Mode XBee pada Wireless Sensor Network*. 2017. *Jurnal Setrum*, Vol. 6, No. 2 Desember: 150-157.
- [3] Abdullah, T. Juhana, L. Lidyawati. *Simulasi Dan Analisis Transmisi Video Streaming Pada Jaringan Wifi Dengan Menggunakan Opnet Modeler 14.5*. 2013. *Jurnal Reka Elkomika Teknik Elektro Itenas* Vol. 1 No. 1 Januari: 237-439.
- [4] R. Meier. *Professional Android Application Development*. 2009. Perth: Penerbit John Wiley & Son.
- [5] Jalius Jama. *Teknik Sepeda Motor Jilid 2*. 2008. Jakarta: Penerbit Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Departemen Pendidikan Nasional.
- [6] Ciptaningtyas, Setiawan, Muhammad. *Identifikasi Dan Manajemen Kendaraan Di ITS Pada Perangkat Bergerak Dengan Teknologi Qr-Code*. 2014. *Jurnal Sistem Informasi* Vol. 5 No. 1 Maret: 70-78.
- [7] Susanto. *Sistem Keamanan Sepeda Motor Via Bluetooth Berbasis Mobile*. 2013. *Jurnal Intech* Vol 1 No. 1 Mei: 17-21.
- [8] Tigor Nasution, Muchtar, I. Siregar. *Electrical appliances control prototype by using GSM module and Arduino*. 2017. *Proceedings International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)*.
- [9] Arif Nanda, Ahmad, Partomo. *Rancang Bangun Aplikasi Pengamanan Kendaraan dengan Notifikasi Berbasis Android*. 2013. *Jurnal Teknik POMITS*. Vol. 2 No. 1 Januari: 2-5.
- [10] Nomusa Dlodlo, Mbecke, Mofolo. *The Internet Of Thing In Community Safety And Crime Prevention For South Africa*. 2015. *Innovations and Advances in Computing, Informatics, Systems Sciences, Networking and Engineering*.
- [11] D. Wolber, *App Inventor : Create Your Own Android Apps*. 2011. Penerbit O' Reilly, 2011.
- [12] Datasheet Arduino UNO.



- [13] Datasheet GSM/GPRS shield.
- [14] Arfan Akbar, Alam, Surjati. *Perancangan Antena Mikrostrip Patch Circular (2,45 GHz) Array dengan Teknik Pencatu Proximity Sebagai Penguat Sinyal Wi-Fi*. 2017. Jurnal Setrum. Vol. 6 No. 2 Desember: 215-224.
- [15] Consumer Huawei. *Support mobile WiFi*. Tersedia dari: <https://consumer.huawei.com/en/support/mobile-broadband/mobile-wifi/>. [URL dikunjungi pada 13 Februari 2018].



Filter Pasif Single Tuned LC sebagai Kompensator Harmonisa Pada Beban Listrik Rumah Tangga Menggunakan Matlab Simulink

Totok Harianto¹, Yanu Shalahuddin², Diah Arie W.K.³

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, ^{2,3}Dosen Fakultas Teknik, Universitas Islam Kediri, Kediri

Informasi Artikel

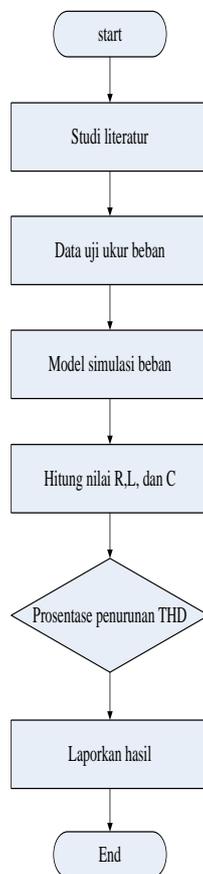
Naskah Diterima : 14 Mei 2018

Direvisi : 14 April 2018

Disetujui : 15 Juni 2018

*Korespondensi Penulis :
totokharianto402@yahoo.com

Graphical Abstract



Abstract

This research is based on the analysis of the effect of nonlinear load usage on household power consumer of 450 VA to 2200 VA power. Due to the emergence of harmonics on the electrical load of the house that is decreasing the quality of electric power so that the power factor becomes lower. In overcoming this is done designing and simulating the installation of single tuned filter consisting of resistors, inductors, and capacitors to reduce harmonics. The next stage creates the harmonics load modeling and calculates the filter values using Simulink. From the simulation results obtained THD current in each power capacity decreased by 0.27 A, 1.7 A, 0.28 A, 3.05 A. As for THD voltage is also reduced in each variation of power that is 23.67% repaired to 15.87%, 23.33% to 13.93%, 22.89% to 14.73% and 22.27% to 14.41%.

Keywords: total harmonic distortion, harmonics, single tuned filter, Simulink

Abstrak

Penelitian ini berdasarkan analisa pengaruh penggunaan beban-beban non linier pada konsumen listrik rumah tangga daya 450 VA sampai 2200 VA. Akibat timbulnya harmonisa pada beban listrik rumah yaitu menurunnya kualitas daya listrik sehingga faktor daya menjadi lebih rendah. Dalam mengatasi hal tersebut dilakukan perancangan dan simulasi pemasangan single tuned filter yang terdiri dari resistor, induktor, dan kapasitor untuk mengurangi harmonisa. Tahapan berikutnya membuat pemodelan beban harmonisa dan menghitung nilai filter menggunakan Simulink. Dari hasil pengujian simulasi didapat THD arus pada masing-masing kapasitas daya mengalami penurunan yaitu sebesar 0.27 A, 1.7 A, 0.28 A, 3.05 A. Sedangkan untuk THD tegangan juga tereduksi pada tiap variasi dayanya yakni 23,67% diperbaiki menjadi 15,87 %, 23,33% menjadi 13,93%, 22,89% menjadi 14,73% dan 22,27% menjadi 14,41%.

Kata kunci : total harmonic distortion, harmonisa, single tuned filter, simulink

© 2018 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Beban listrik rumah tangga banyak menggunakan rangkaian elektronika daya, seperti televisi, komputer/laptop, kipas angin, ac (*air conditioner*), printer, lampu hemat energi, dan peralatan listrik lainnya. Peralatan tersebut merupakan beban non linier yang dapat menyebabkan deviasi munculnya arus dan tegangan dengan frekuensinya melebihi besarnya frekuensi fundamental atau kelipatannya yang di sebut frekuensi harmonik atau harmonisa, harmonisa yang muncul akibat adanya beban-beban non linier tersebut terhubung ke sistem distribusi dan memberikan dampak menurunnya kualitas daya listrik.

Tingginya harmonisa yang terdapat pada beban listrik atau pada sistem distribusi tenaga listrik, dapat menyebabkan kualitas daya sistem menjadi lebih buruk, karena faktor daya sistem menjadi lebih rendah, bentuk gelombang tegangan sistem terdistorsi, rugi-rugi daya pada sistem meningkat, pemanasan lebih pada transformator, dan penggunaan energi listrik menjadi tidak efisien.

Institute of Electrical Electronics Engineers (IEEE) telah menerbitkan standar tentang batas-batas *voltage total harmonic distortion*, *current total harmonic distortion* dan pengendalian harmonik dalam sistem tenaga pada titik sambung bersama (*point of common coupling*), yaitu standar *IEEE 519-1992* dimana batas nilai thd yang di ijinakan sebesar 5%.

Untuk mengetahui cacat harmonik pada sistem kelistrikannya, maka pada tugas akhir ini akan dianalisis harmonisa pada sistem kelistrikan di rumah tangga dengan menggunakan metode filter pasif *single tuned lc* sebagai kompensator yaitu memodifikasi suatu sistem dinamik sehingga mempunyai spesifikasi yang kita kehendaki tanpa merubah bentuk fisik sistem itu sendiri dan menggunakan perangkat lunak *Matlab simulink R2015a* sebagai simulasi dan analisa..

2. METODE PENELITIAN

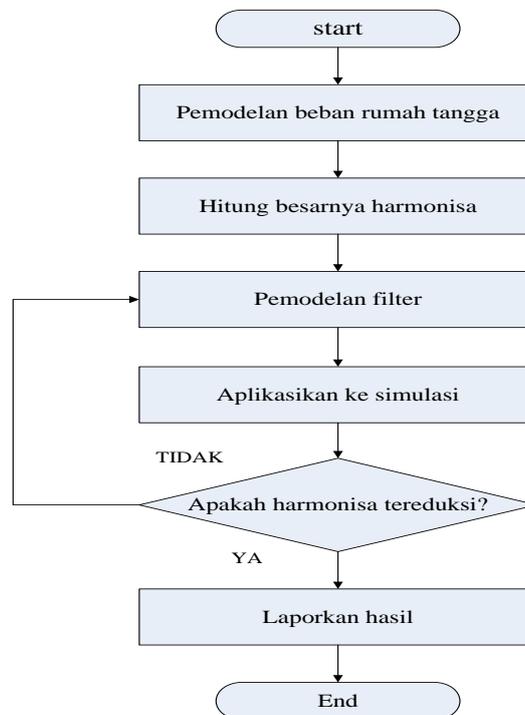
2.1 Metode Penelitian

Dilakukan pengumpulan data-data dan studi pustaka yang terkait karakteristik beban rumah tangga yang meliputi beberapa tahapan sebagai berikut:

- Melakukan survey dan pengukuran dengan alat ukur HIOKI 3286-20 ke pelanggan rumah tangga (450 VA sampai 2200 VA) untuk mencari data peralatan listrik yang umumnya digunakan di kelompok pelanggan ini.
- Melakukan perhitungan perancangan filter dan melakukan simulasi menggunakan software.
- Pengujian hasil rancangan filter pada masing-masing variasi beban daya listrik rumah tangga.
- Pengaruh penurunan kinerja pemasangan filter terhadap penerapan model simulasi beban harmonisa.

2.2 Diagram Alur Penelitian

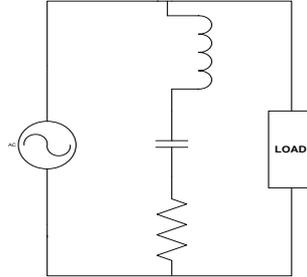
Secara sederhana proses penelitian Filter Pasif Single Tuned LC sebagai Kompensator Harmonisa Pada Listrik Rumah Tangga Menggunakan Matlab Simulink dapat dijelaskan melalui diagram alir pada Gambar 2.



Gambar 1 Diagram Alur Penelitian

2.3 Perancangan Filter Pasif
2.3.1 Filter Harmonisa

Filter ini terdiri dari induktor, kapasitor dan resistor (RLC). Rangkaian filter dapat di tala pada suatu frekuensi tertentu dimana impedansi induktor bernilai sama dengan impedansi kapasitor. Keefektifan kerja filter ditentukan oleh perubahan impedansi jaringan dan sebelum pemasangan diperlukan studi yang cermat.



Gambar 2 Rangkaian *single tuned passive filter*. [16]

Jenis perancangan filter yang di gunakan pada penelitian ini menggunakan filter pasif jenis *single tuned filter*. Filter ini selain dapat mereduksi harmonik, dapat juga memperbaiki faktor daya karena terdapat kaapasitor. Seperti yang telah di jelaskan sebelumnya, *single tuned filter* merupakan filter yang terdiri dari komponen induktor dan kapasitor yang di susun secara seri dan di pasang secara paralel pada beban.

Parameter-parameter yang terdapat pada filter yang digunakan pada simulasi matlab/simulink meliputi:[5]

- a) Nilai daya reaktif yang di gunakan untuk perbaikan faktor daya
- b) Nilai reaktansi kapasitif untuk kompensasi daya reaktif
- c) Reaktansi induktif atau reaktor filter
- d) Nilai resistansi (R) untuk faktor kualitas yang ditentukan (Q). Nilai Q pada skripsi ini adalah 50.

Perencanaan desain filter:[14]

1. Menentukan kebutuhan kapasitor sebagai perbaikan faktor daya, dengan memasukkan nilai dari pengukuran. Di asumsikan bahwa faktor daya di perbaikan menjadi 0,95. Untuk menghitung kapasitas kapasitor (Q_c) yang di dibutuhkan di hitung menggunakan persamaan berikut :

$$Q_c = P(\tan\phi_1 - \tan\phi_2) \dots\dots\dots(1)$$

2. Dalam proses identifikasi sebelumnya telah di tentukan nilai orde harmonic yang akan di filter yaitu pada orde 3 dan penyetelan di turunkan sedikit dibawahnya, hal ini dilakukan sebagai toleransi komponen filter filter untuk mencegah resonansi yang terjadi pada sistem, sehingga diketahui sebagai berikut :

$$3 - (5\% \times 3) = 2,85 \dots\dots\dots(2)$$

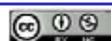
3. Perhitungan nilai kapasitor (C)

$$X_c = \frac{V^2}{Q_c} \quad C = \frac{1}{2\pi f \cdot X_c} \dots\dots\dots (3)$$

Dengan :

- Q_c = besarnya kompensasi daya reaktif yang diperlukan
- V = tegangan sistem yang di gunakan (220v)
- f = frekuensi fundamental (50Hz)

4. Menentukan nilai induktor yang dicari berdasarkan prinsip resonansi pada orde tuningnya.



$$X_L = \frac{X_C}{n^2} \quad L = \frac{X_L}{2\pi f} \dots\dots\dots(4)$$

Dengan n = orde harmonik yang di tuning

5. Menghitung nilai resistansi (R) untuk faktor kualitas yang di perlukan (Q) nilai Q yaitu 50.[16]

$$R = \frac{X_n}{Q} \quad X_n = \sqrt{X_L X_C} \dots\dots\dots(5)$$

X_n = karakteristik reaktansi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran dilakukan pada beban rumah dengan daya 2200 VA yang berada di kelurahan pakunden kec. Pesantren kota Kediri. Jaringan dari gardu distribusi **EM 236** pada pukul 10.00 WIB. Berikut ini adalah tabel dari nilai data uji ukur.

Tabel 1 Besar Harmonisa Arus dan Tegangan Pada Beban Daya 2200 VA.

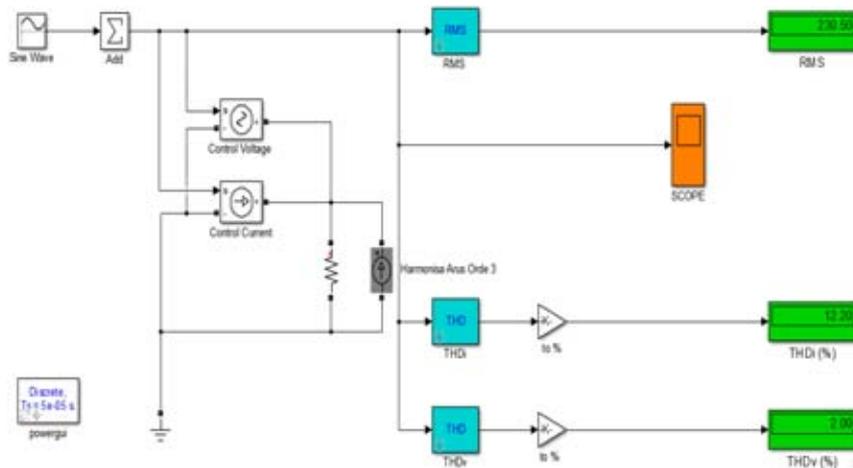
Orde ke-	I-THD %		V-THD %	
1	5,72	11,4 %	225,7	1,5 %
2	0,28	12,5 %	0,4	1,9 %
3	0,83	12,2 %	3,4	2,0 %
4	0,03	12,0 %	0,2	1,9 %
5	0,25	12,4 %	2,0	2,0 %
6	0,11	13,9 %	0,1	1,9 %
7	0,19	13,9 %	0,8	1,9 %
8	0,03	15,3 %	0,1	2,0 %
9	0,23	15,0 %	1,2	2,0 %
10	0,03	13,2 %	0,1	2,0 %
11	0,11	11,9 %	1,0	2,0 %
12	0,03	12,0 %	0,1	1,9 %
13	0,06	11,9 %	0,3	2,0 %
14	0,03	11,4 %	0,2	2,0 %
15	0,04	12,7 %	0,4	2,0 %
16	0,04	10,5 %	0,2	1,9 %
17	0,07	11,2 %	0,5	1,9 %
18	0,03	11,8 %	0,1	1,9 %
19	0,08	16,1 %	0,3	2,0 %
20	0,02	11,7 %	0,1	2,0 %

Setiap beban yang di ukur adalah beban non linier dan mempunyai data nilai yang berbeda-beda, berikut ini adalah tabel perbandingan karakteristik beban yang yang digunakan dalam pengukuran.

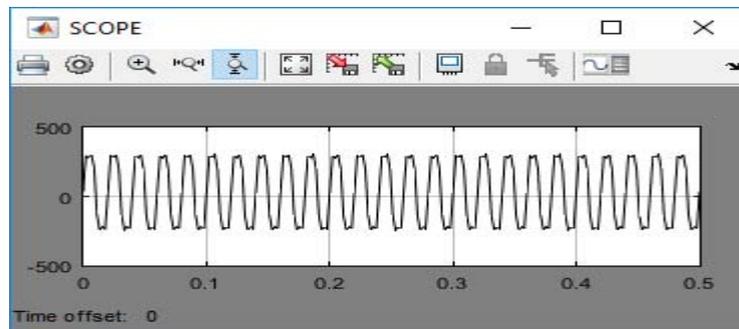
Tabel 2 Karakteristik Beban Rumah

Jenis beban	Jumlah (buah)	P (kW)	S (kVA)	Q (kVAR)	Power Factor
Lampu penerangan	9	0,293	0,321	0,129	0,92
Mesin las	1	0,063	0,106	0,093	0,60
Compressor	1	0,398	0,628	0,494	0,58
Motor pompa	1	0,226	0,350	0,267	0,68
Gerinda tangan	1	0,194	0,199	0,021	0,99
AC	1	0,208	0,253	0,123	0,87
Televisi	1	0,064	0,107	0,095	0,58





Gambar 3 Rancangan Model THD Arus dan THD Tegangan Orde 3



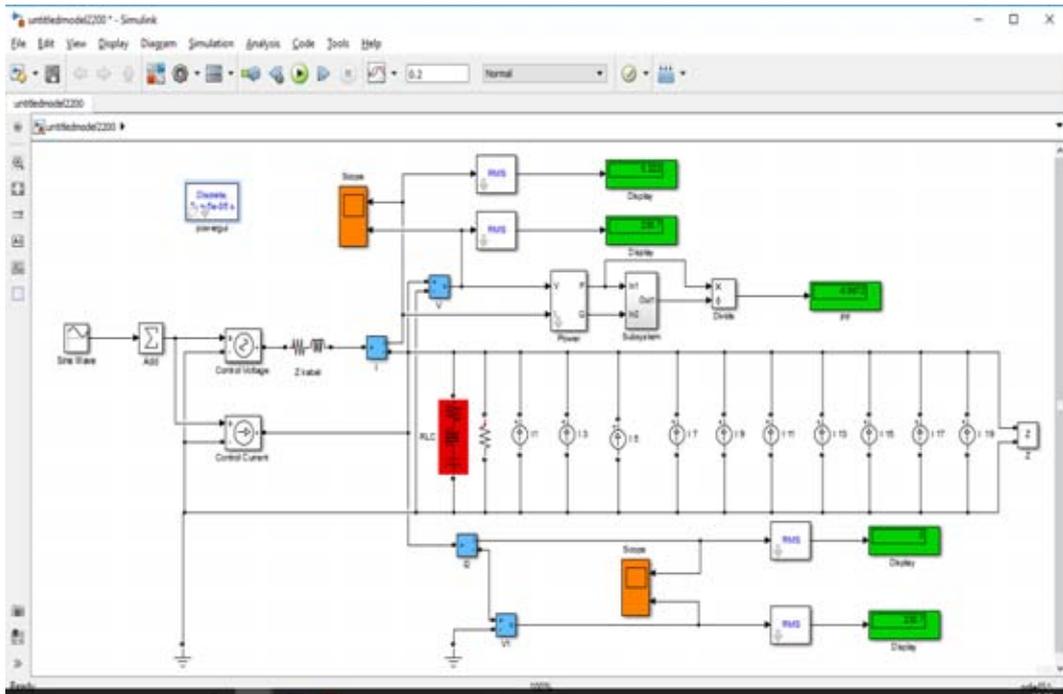
Gambar 4 Tampilan Scope

Nilai-nilai komponen filter hasil perancangan seperti pada tabel parameter berikut:

Tabel 3 Spesifikasi Filter Hasil Perancangan

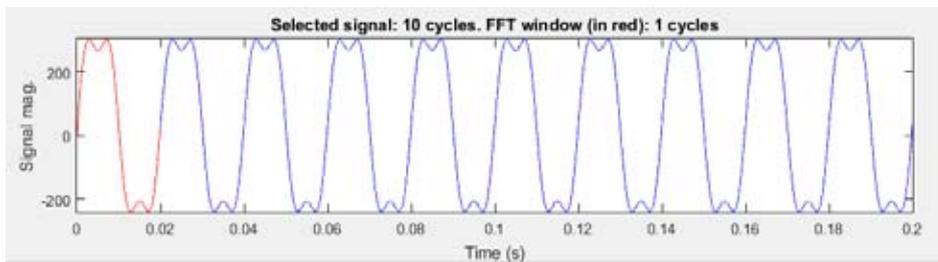
Spesifikasi	Nilai
L	70,16 mH
X_L	22,03 Ω
C	1,76 μF
X_C	178,97 Ω
Q_{VAR}	296,09 VAR
R	1,2558 Ω
Rating Tegangan	0,22 KV

Simulasi menggunakan software matlab Simulink yang dilakukan dengan menggunakan filter pasif yang terdiri dari blok sumber arus harmonisa, blok sistem pengukuran dan impedansi dimodelkan sebagai berikut:

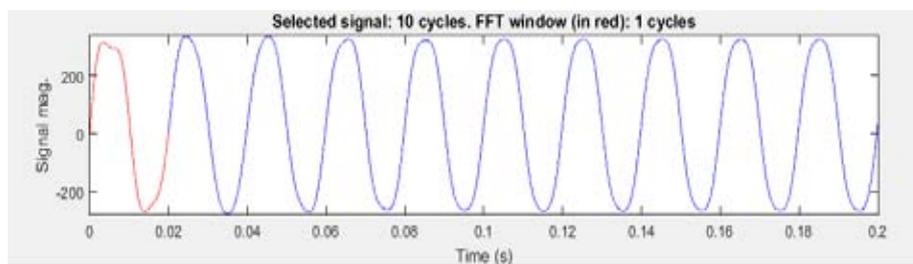


Gambar 5 Model Simulink Daya 2200 VA Dengan Pemasangan Filter

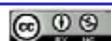
Gambar diatas adalah hasil pemodelan dan simulasi menggunakan matlab/simulink dengan pemasangan filter pasif pada parameter tabel 3.

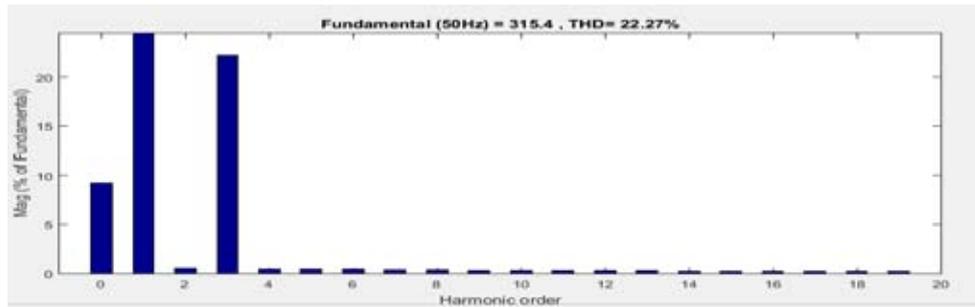


Gambar 6 Bentuk Gelombang Arus Sebelum Pemasangan Filter

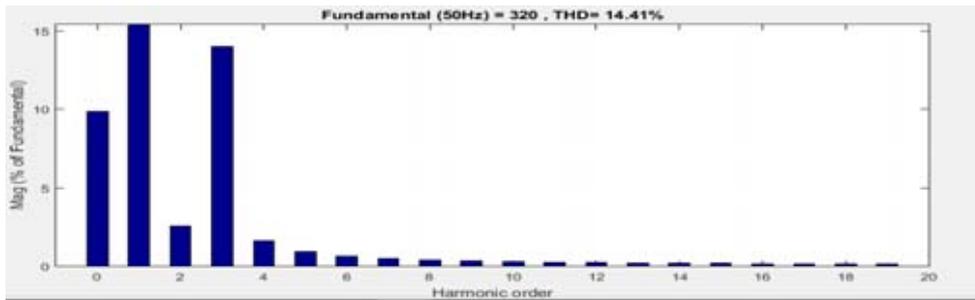


Gambar 7 Bentuk Gelombang Arus Setelah Pemasangan Filter





Gambar 8 Bentuk Spektrum Tegangan Sebelum Pemasangan Filter



Gambar 9 Bentuk Spektrum Tegangan Setelah Pemasangan Filter

Berdasarkan hasil simulasi nilai harmonisa dengan menggunakan Matlab simulink besar penurunan thd arus dan prosentase thd tegangan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.14 Data Hasil Pengujian Sebelum dan Setelah Pemasangan Filter

Daya	THD arus dalam ampere (A)		
	Tanpa Filter	Dengan Filter	Total Reduksi
450 VA	1,969	1,696	0,27
900 VA	3,336	1,605	1,70
1300 VA	5,088	4,258	0,28
2200 VA	8,273	5,222	3,05

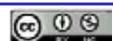
Tabel 4.15 Data Hasil Pengujian Sebelum dan Setelah Pemasangan Filter

Daya	THD tegangan dalam persen (%)		
	Tanpa Filter	Dengan Filter	Total Reduksi
450 VA	23,67	15,87	7,80
900 VA	23,33	13,93	9,40
1300 VA	22,89	14,73	8,16
2200 VA	22,27	14,41	7,86

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan tahapan-tahapan perancangan, pengujian, dan analisa implementasi filter harmonisa pada aplikasi beban listrik rumah tangga untuk mereduksi harmonisa yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :



- a) Pemodelan simulink harmonisa beban listrik rumah tangga perlu dilakukan pendekatan dengan mengganti beban ke sumber arus harmonisa sehingga diketahui besarnya arus dan tegangan yang terdistorsi.
- b) Hasil yang didapat dari pengukuran secara langsung, menghitung rancangan filter dan simulasi melalui matlab pada masing-masing golongan daya dapat ditampilkan pada simulink.
- c) Dengan hasil analisa perhitungan filter harmonik dan hasil simulasi diketahui thd arus pada masing-masing daya listrik rumah tangga mengalami penurunan yaitu sebesar 0.27 A, 1.7 A, 0.28 A, 3.05 A.
- d) Dari hasil pengujian pemodelan simulasi menggunakan software Matlab simulink di dapat thd tegangan juga tereduksi yaitu pada keempat model simulink beban listrik rumah tangga yang telah di rangkai yakni 23,67% diperbaiki menjadi 15,87%, 23,34% menjadi 13,93%, 22,89% menjadi 14,73% dan 22,27% menjadi 14,41%.
- e) Pengujian simulasi dan perancangan filter mampu menurunkan nilai harmonisa arus maupun tegangan di tiap variasi beban daya rumah tangga ini membuktikan rancangan model simulink dapat diterapkan.

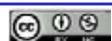
4.1 Saran

Adapun saran yang dapat dipakai dalam pengembangan dan peningkatan performansi dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a) Diperlukan perancangan filter dengan penambahan parameter nilai resistor untuk mereduksi harmonisa, pada skripsi ini memakai perhitungan real hasil ukur listrik rumah dan hasil ukur dari model simulasi.
- b) Perhitungan filter antara data beban terukur secara langsung dengan model simulink dibuat berbeda untuk mendapatkan hasil reduksi yang cukup signifikan.
- c) Pada hitungan filter di simulink penentuan nilai daya kapasitif reaktif (Q_C) memakai rentang nilai antara 500 hingga 9500 dengan langkah 1000 untuk mendapatkan penurunan thd yang lebih maksimal.
- d) Pemodelan pada Matlab disarankan menggunakan script yang berisi perintah-perintah bahasa program matlab pada ruang command window.
- e) Harmonisa awal yang timbul pada obyek penelitian perlu diperhatikan dan dilakukan analisa perhitungan.

REFERENSI

- [1]. Heri sungkowo, (2013), "Perancangan Filter Single Pasif Untuk Mereduksi Harmonisa Pada Beban Non Linier", *Jurnal ELTEK*, Vol. 11 Nomor 01, April 2013 ISSN 1693-4024.
- [2]. Evinda J.R, Ekki kurniawan, Budi setia, (2015), "Analisis Filter Harmonisa Pasif Untuk Mengurangi Harmonisa Pada Penyearah Terkendali Satu Fasa", *e- proceeding of engineer*, Universitas Telkom Vol.02 Nomor 03 Desember 2015 ISSN 2335-9365, hal. 6948.
- [3]. Radhiah, (2013), *Analisis Kesesuaian Antara Double Tuned Filter Dengan Type c-filter Pada Beban Transformator 400 kVa Politeknik Negeri Lhokseumawe*, Tesis M.T., Universitas Sumatera Utara, Medan.
- [4]. Irman, (2013), "Penurunan Konsumsi Daya (VA) Peralatan Listrik Rumah Tangga Dengan Mereduksi Distorsi Harmonisa", *Jurnal ELKHA*, Vol. 05 No.2 Oktober 2013.
- [5]. Bestion alzari, (2011), *Rancang Bangun Single Tuned Filter Sebagai Alat Pereduksi Distorsi Harmonik Untuk Karakteristik Beban Rumah Tangga 2200 VA*, Universitas Indonesia, Depok.
- [6]. Adrianto, (2008), *Optimalisasi Penempatan Filter Pasif Untuk Mereduksi Daya-daya Akibat Arus Harmonik Pada Industri Baja*, Universitas Indonesia, Depok.
- [7]. Endi Sopiandi, (2009), *Perancangan Single Tuned Filter Untuk Mereduksi Harmonik Arus Dengan Simulasi Etap Powerstation 5.0.3*, Universitas Indonesia, Depok.
- [8]. Mustamam, (2017), "Penggunaan Passive Single Tuned Filter Untuk Mereduksi Harmonisa Pada Juicer", *Journal of electrical technology*, Vol.2 No.3 Oktober 2017 ISSN 2598-1099.



- [9]. Misbahul Jannah, Raihan Putri, (2017), “Meningkatkan Kualitas Daya Listrik Dengan Menggunakan Single Tuned Filter”, Prosiding Temu Ilmiah, IPLBI 2017
- [10]. Azmi Rizki Lubis, (2017), “Efektifitas Penggunaan Filter Pasif LC Dalam Mengurangi Harmonisa Arus”, *Journal of electrical technology Vol.2 No.3 Oktober 2017* ISSN 2598-1099
- [11]. Suprihardi, Yaman, (2013), “Peredaman Harmonisa Dan Perbaikan Faktor Daya Aplikasi Beban Rumah Tangga”, *Jurnal Litek (ISSN:1693-8097) Volume 10 Nomor 1, Maret 2013: Hal 35-42*
- [12]. Rizka Amalia, Refdinal Nazir, (2015), “Pemodelan Dan Simulasi Beban Non Linier 3 Fasa Dengan Metoda Sumber Arus Harmonik”, *Jurnal Nasional Teknik Elektro Vol.4 No.2 September 2015* ISSN:2302-2949
- [13]. Hari prasetijo, (2012), “Analisa Perancangan Filter Pasif Untuk Meredam Harmonik Pada Instalasi Beban Non Linier”, *Techno (ISSN:1410-8607) Vol.13 No.1 April 2012: Hal. 57-67*
- [14]. Andrias Ade, Suryono, M. Zaenal Efendi, (2015), “Penggunaan Filter Pasif Untuk Mereduksi Harmonisa Akibat Pemakaian Beban Non Linier”, PENS-ITS
- [15]. Devy Bagus Saputro, (2017), *Analisis Dan Perancangan Filter Pasif Untuk Mereduksi Harmonisa Pada Inverter 3-Fasa Menggunakan Matlab/Simulink*, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta
- [16]. D.M. Soomro, M.M. Almelian, (2015), *Optimal Design of a Single Tuned Passive Filter to Mitigate Harmonics in Power Frequency*, Department Electrical Power Engineering, University Tun Hussein onn Malaysia, Malaysia
- [17]. D.C. Bonsle, R.B. Kelkar, (2011), *Design And Simulation of Single Phase Shunt Active Power Filter Using MATLAB*, Electrical Engineering Department, Gujarat Technological University Surat, India
- [18]. Sohel Uddin, Hussain Syareef, Azah Mohammed, Muhammad A Hannan, (2012), *Harmonics And Thermal Characteristics of Wattage Low Lamp*, Dept. of Electrical, Electronic & System Engineering, University Kebangsaan Malaysia, Malaysia
- [19]. Yusuf Adi Nugroho, (2017), “Analisa Total Distorsi Harmonisa Pada Sistem Tenaga Listrik Oleh Beban Induction Furnace AC Satu Fasa Dengan Discreate Fourier Transform Dan Fast Fourier Transform”, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten



Perancangan Antena Mikrostrip Frekuensi 2,6 GHz Metode Simulasi untuk Aplikasi *Ground Penetrating Radar* (GPR)

M.Darsono¹, Arlendo Talahatu Pasorong¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Darma Persada, Jakarta.

Informasi Artikel

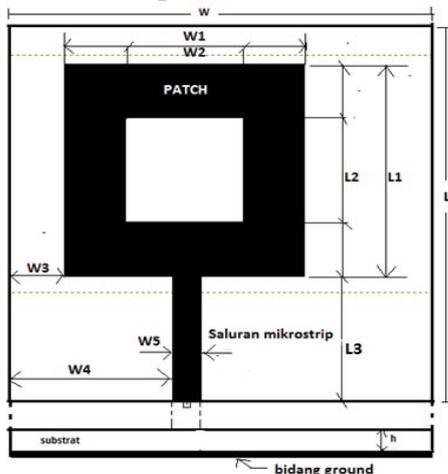
Naskah Diterima : 14 Mei 2018

Direvisi : 14 April 2018

Disetujui : 15 Juni 2018

*Korespondensi Penulis :
em_darsono@ft.unsada.ac.id

Graphical abstract



Abstract

The design of the planar microstrip antenna was developed to increase the bandwidth that supports *Ground Penetrating Radar* (GPR) application system. To support simulated antenna design used microwave office software (MWO). In the design of antenna type of substrate material used is duroid RT / 5880 has thickness 1.57 mm and dielectric constant 2.2. The antenna design structure comprises a square shape irradiation patch with the addition of a gap in the square shape with a microstrip transmission line and a restriction on the ground plane area. The results of the antenna design simulations obtained parameters, such as: the bandwidth at the return loss below 10 dB is 1962 MHz, the Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) 2:1 is 1.053 and the input impedance (Z_{in}) at resonance is $0.95 + j 0.029$ Ohm. For the radiation pattern and the polarization obtained the gain is 5.147 dB from the maximum directivity of polarization with linear polarization. The target bandwidth of the GPR application is 78% and the UWB is 30%. An antenna design form shows a monopole antenna model capable of operating in wideband areas on GPR system frequencies. An antenna design that has minimalist and compact dimensions..

Keywords: Design, Microstrip antenna, Simulation, Bandwidth, GPR.

Abstrak

Perancangan antena mikrostrip *planar* dikembangkan untuk peningkatan bandwidth yang mendukung sistem aplikasi *Ground Penetrating Radar* (GPR). Untuk mendukung rancangan antena secara simulasi digunakan perangkat lunak *microwave office* (MWO). Pada perancangan antena jenis material substrat yang digunakan adalah jenis duroid RT/5880 memiliki ketebalan 1,57 mm dan konstanta dielektrik 2,2. Struktur rancangan antena terdiri dari sebuah patch peradiasi bentuk persegi dengan penambahan celah didalamnya bentuk persegi dengan sebuah saluran transmisi mikrostrip dan pembatasan pada luasan bidang ground. Hasil dari simulasi rancangan antena diperoleh parameter, seperti : bandwidth pada return loss di bawah 10 dB adalah 1962 MHz, Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) antara 1 sampai 2 adalah 1,053 dan Impedansi masukan (Z_{in}) saat resonansi adalah $0,95 + j 0,029$ Ohm. Untuk pola radiasi dan polarisasi diperoleh Gain adalah 5,147 dB dari directivity maksimum polaradiasi dengan polarisasi linier. Target bandwidth terhadap aplikasi GPR adalah 78% dan terhadap UWB adalah 30%. Bentuk rancangan antena memperlihatkan suatu model antena monopole yang mampu beroperasi pada wilayah *wideband* pada frekuensi sistem GPR. Sebuah rancangan antena yang memiliki dimensi minimalis dan kompak.

Kata kunci: Perancangan, Antena Mikrostrip, Simulasi, Bandwidth, GPR

© 2017 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Ground Penetrating Radar (GPR) adalah sistem radar yang digunakan untuk pendeteksian dan mencitrakan benda-benda tertentu yang berada di dalam permukaan tanah. Untuk pengiriman sinyal pulsa yang sempit dari sistem radar memiliki lebar bidang frekuensi yang besar. Jika sinyal pulsa semakin dipersempit, maka akan didapatkan lebar bidang frekuensi yang semakin besar. Dalam hal ini suatu GPR membutuhkan sebuah antena yang dapat mengatasi permasalahan tersebut. Untuk itu perlu ada pengembangan atau rancangan antena yang memiliki pola radiasi yang konstan dalam

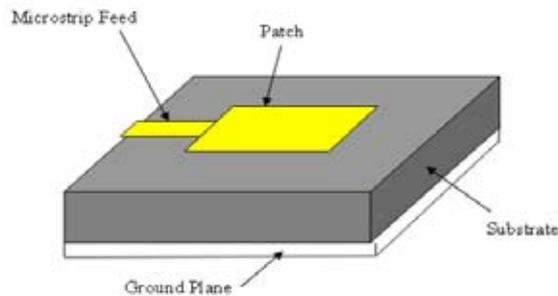
jangkauan frekuensi yang besar. Tujuan dari perancangan antenna mikrostrip pada teknologi *Ultra Wideband* adalah untuk memperoleh lebar bidang frekuensi yang lebar (*bandwidth*) dengan kemampuan meradiasikan pulsa sempit tersebut ke tanah diharapkan dapat mengatasi akibat tingkat *loss* maupun *distorsi* yang kecil. Sehingga pada sistem GPR perlu dilengkapi dengan dua antenna sejenis yang terpisah masing-masing berfungsi sebagai *transmitter* dan *receiver* [2]. *Federal Communication Commission* (FCC) forum telah merekomendasi untuk standar regulasi frekuensi *UltraWideband* adalah 3,1 GHz-10,6 GHz [3-5].

Secara komersial sistem teknologi GPR dikembangkan oleh *Geophysical Survey Systems, Inc.* (GSSI). Sistem beroperasi pada frekuensi 2,6 GHz (1.3 GHz -3.8 GHz), dimana secara aplikasi mampu menembus bidang beton dengan konsentrat (ϵ_r) = 6 [1-2]. Perancangan antenna mikrostrip dibuat struktur antenna planar dengan konsep *Ultra Wideband*. Pada rancangan ini jenis material substrat print circuit board (PCB) yang digunakan adalah jenis RT duroid / 5880 dengan ketebelan 1,57 mm dan konstanta dielektrik 2,2(loss tangent 0,0005) [11]. Antena dirancang dengan sebuah patch peradiasi bentuk persegi dengan pencatu daya melalui sebuah saluran transmisi (*feed line*) dan lapisan bawah bidang ground di pakai sebagian [6].

Untuk mendukung rancangan antenna melalui eksperimen simulasi digunakan piranti lunak *Microwave Office software* (MWO) dan *Personal Computer Aided Antena Design* (PCAAD). Pada perancangan antenna ini dilakukan melalui simulasi dan analisa terhadap hasil parameter, seperti : *Bandwidth*, *VSWR*, input impedansi, polaradiasi dan gain. Akhir dari eksperimen ini diperoleh suatu struktur dan dimensi antenna mikrostrip dengan karakteristik dasar dari sebuah patch peradiasi yang beroperasi pada sistem GPR.

2. METODE PENELITIAN

Secara dimensional rancangan sebuah antenna mikrostrip berdasarkan pada model patch peradiasi dan teknik pencatuan. Untuk bentuk dari sebuah antenna planar jenis monopole terdiri dari sebuah patch peradiasi dan sebuah saluran transmisi (*feed line*).



Gambar 1. Dimensi antenna mikrostrip.

Pada gambar 1, memperlihatkan bentuk struktur antenna mikrostrip. Lapisan permukaan material substrat terdiri dari sebuah patch dan sebuah saluran transmisi (*microstrip feed*), dimana pada lapisan bawah substrat dijadikan sebagai bidang ground (*ground plane*) [9].

Dasar konsep untuk merancang bentuk patch persegi diperoleh dari bentuk patch yang umum yaitu bentuk persegi panjang [10]. Untuk merancang dimensi dari lebar (*W*) dan Panjang (*L*) dari sebuah patch bentuk persegi dapat diperoleh melalui persamaan 1 dan 2 [7-9]:

$$W = \frac{c}{2f_r \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \quad (1)$$

$$L = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2)$$

Untuk dimensi lebar (W) dalam satuan mm diperoleh melalui persamaan 1, sedangkan untuk panjang (L) dalam mm diperoleh melalui persamaan 2. Nilai parameter c adalah kecepatan cahaya (3×10^8 m/dt²), ϵ_r adalah konstanta dielektrik substrat dan f_r adalah frekuensi center atau resonansi dalam satuan hertz.

Untuk sisi panjang efektif *patch* persegi perlu diperhitungkan adanya efek *fringing*. Sehingga tepi sisi panjang (L) diperluas sejauh ΔL , dimana besar nilai ΔL diperoleh melalui persamaan 3[7-9]:

$$\Delta L = 0.412h \left[\frac{\left(\epsilon_{reff} + 0.3 \right) \left(\frac{W}{h} + 0.264 \right)}{\left(\epsilon_{reff} - 0.258 \right) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)} \right] \quad (3)$$

Dimana ϵ_{reff} adalah konstanta dielektrik efektif. Untuk rasio lebar (W) terhadap ketebalan substrat (h) atau $W/h < 1$, maka nilai ϵ_{reff} diperoleh dari persamaan 4 [7-9]:

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(\frac{1 + 12h}{W} \right)^{-1/2} \quad (4)$$

Selanjutnya nilai disipasi panjang atau panjang efektif (L_{eff}) yang digunakan pada *patch* persegi diperoleh dengan persamaan 5 [7-9]:

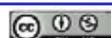
$$L_{eff} = L + 2\Delta L \quad (5)$$

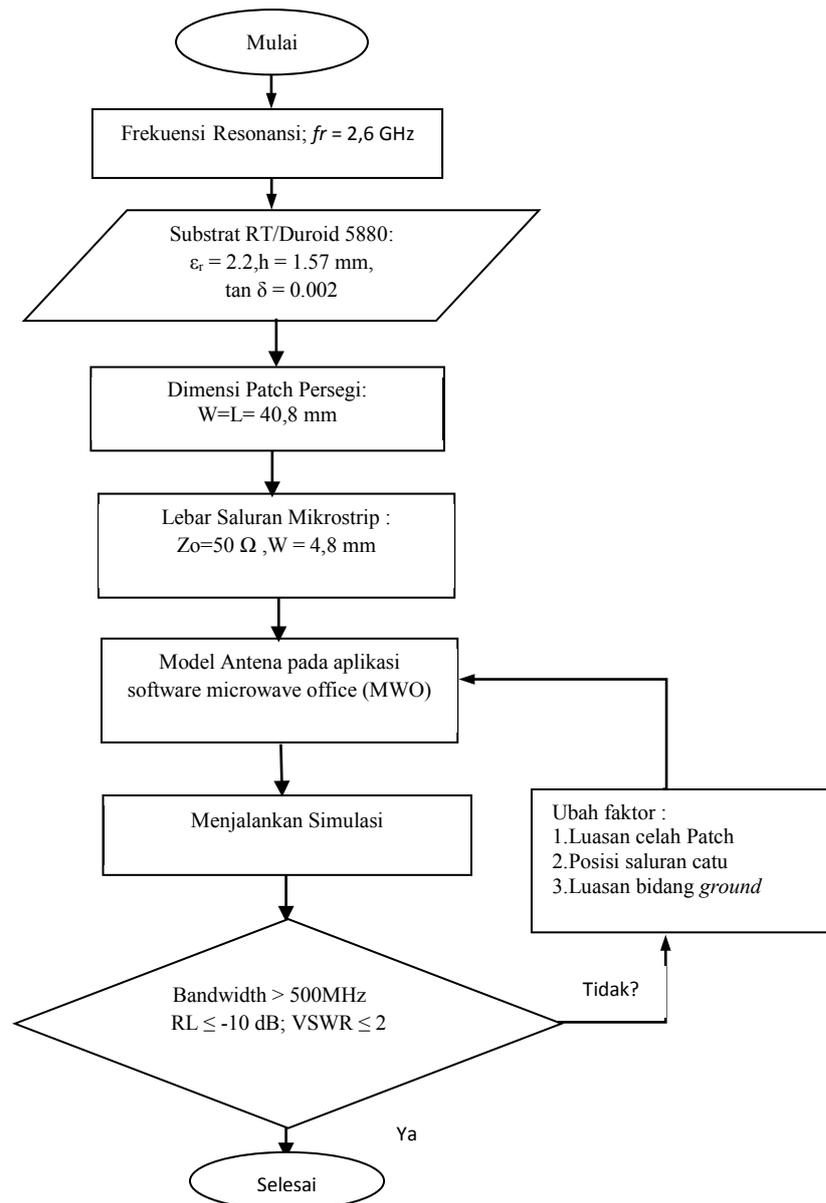
Saluran transmisi mikrostrip (*microstrip feed*) merupakan salah satu cara teknik pencatutan daya. Saluran itu sebuah garis yang menghubungkan *patch* peradiasi pada sisi tepi substrat. Dimensi saluran terukur pada lebar jalur saluran (w) terhadap besarnya nilai karakteristik impedansi (Z_0) dan ketebalan substrat. Untuk rasio lebar saluran terhadap ketebalan substrat lebih besar atau sama dengan satu ($w/h \geq 1$), nilai karakteristik Impedansi dapat diperoleh melalui persamaan 6 [9]:

$$Z_0 = \frac{120 \pi / \sqrt{\epsilon_{eff}}}{W/h + 1.393 + 2/3 \ln(W/h + 1.44)} \quad (6)$$

Dimana Z_0 adalah karakteristik impedansi dalam satuan Ohm dan ϵ_{reff} adalah konstanta dielektrik efektif pada persamaan 4.

Untuk merancang sebuah antena mikrostrip jenis *planar* dan mampu beroperasi pada *Ultra Wideband* diperlukan suatu metode yang mendukung proses rancangan tersebut. Pada proses perancangan digunakan piranti lunak, seperti PCAAD dan *microwave office* (MWO). Kedua Piranti lunak tersebut digunakan untuk membantu analisa parameter maupun dimensi antena.





Gambar 2. Diagram alir perancangan antenna

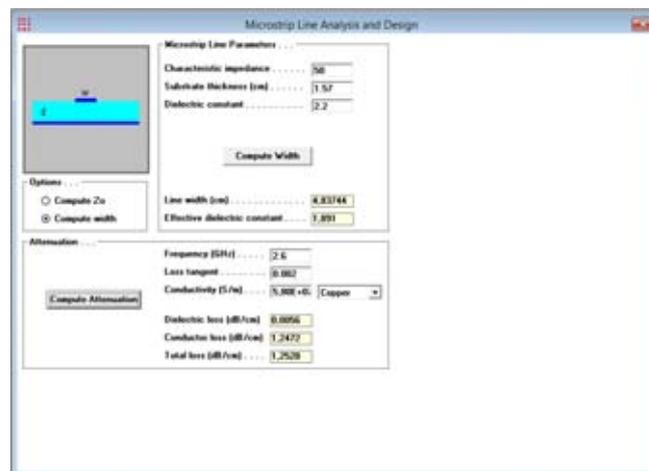
Pada gambar 2 memperlihatkan diagram alir dari tahapan rancangan antenna secara simulasi. Awal dari perancangan adalah dengan menetapkan frekuensi resonansi berdasarkan regulasi pada aplikasi GPR yaitu 2,6 GHz. Selanjutnya gunakan data spesifikasi material substrat, dimana konstanta dielektik adalah 2,2 dan ketebalan (h) adalah 1,57 mm serta loss tangen adalah 0,0002.

Selanjutnya analisa untuk panjang patch peradiasi (L) melalui persamaan 2 dengan memasukan variabel yang sama pada persamaan 1. diperoleh panjang patch adalah 38,89 mm. Karena adanya faktor *fringing* (ΔL) pada tepi patch, maka panjang effektive (L_{eff}) yang untuk dimensi panjang. ΔL diperoleh melalui perhitungan persamaan 3 dengan memasukan variabel $\epsilon_{reff} = 1,891$ lihat gambar3, lebar saluran (w) terhadap ketebalan substrat (h), maka diperoleh nilai ΔL adalah 1,28 mm. Sehingga nilai panjang effektive adalah 41,45 mm. Setelah langkah-langkah tersebut, maka selanjutnya membuat rancangan pada aplikasi perangkat lunak *microwave office*. Untuk menerapkan nilai-nilai dimensi antenna untuk bentuk patch persegi dan saluran transmisi pada perangkat lunak *microwave office* dilakukan beberapa tahapan.

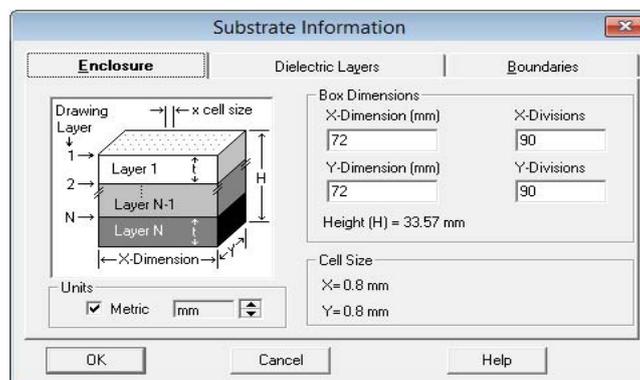
Untuk memperoleh lebar saluran transmisi mikrostrip dengan nilai karakteristik impedansi (Z_0) adalah 50 Ohm dapat dilakukan dengan analisa persamaan 5. Dalam hal ini dapat juga dilakukan dengan aplikasi piranti lunak PCAAD dengan memasukan nilai impedansi, ketebalan substrat dan konstanta dielektrik diperoleh lebar saluran transmisi mikrostrip adalah 4,8 mm seperti yang terlihat pada gambar 3. Selanjutnya dilakukan analisa terhadap rancangan dimensi patch peradiasi persegi melalui persamaan 2-5. Analisa lebar patch dilakukan dengan perhitungan melalui persamaan 1. Untuk nilai kecepatan cahaya (3×10^8 m/dt), konstanta dielektrik (ϵ_r) adalah 2,2 dan frekuensi resonansi 2,6 GHz, diperoleh lebar patch adalah 45,61 mm.

Gambar 4 memperlihatkan ukuran dimensi dari luasan substrat untuk panjang dan lebar adalah 72 mm. Untuk skala cell jalur titik-titik magnetasi pada bidang substrat adalah 0,8 mm, dimana diperoleh melalui rasio antara x dan y division dengan ukuran substrat 72 mm. Sehingga ketika menentukan karakteristik impedansi 50 Ohm dengan lebar 4,8 mm jadi lebih akurat. Penetapan skala pada substrat menjadi penting agar lebih memudahkan dalam menentukan pendekatan ukuran patch peradiasi. Gambar 5 memperlihatkan struktur lapisan dielektrik substrat dalam aplikasi perangkat lunak *microwave office*. Ada tiga lapisan, yaitu: lapisan atas adalah udara, lapisan kedua adalah spesifikasi material substrat duroid dan ketiga adalah bidang ground yang dibuat sama dengan lapisan udara. Selanjutnya dilakukan batas ruang (boundaries) untuk memastikan nilai resitansi udara ada disisi lapisan atas dan bawah, seperti yang terlihat pada gambar 6. Pada boundaries ini sisi lapisan atas dan bawah pilih nilai approximate open (377 Ohm).

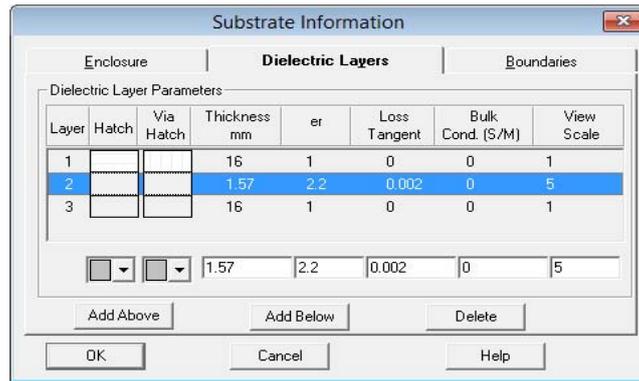
Rancangan dilanjutkan membuat dimensi patch persegi dan saluran transmisi pencatu daya. Agar dimensi patch yang sudah diperoleh dari perhitungan, maka luasan untuk substrat yang disediakan harus lebih besar.



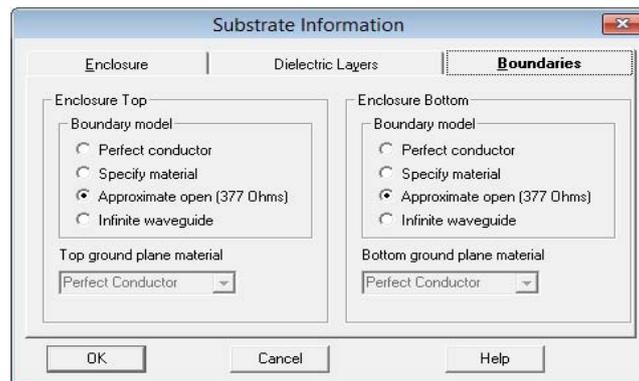
Gambar 3. Analisa lebar saluran transmisi mikrostrip.



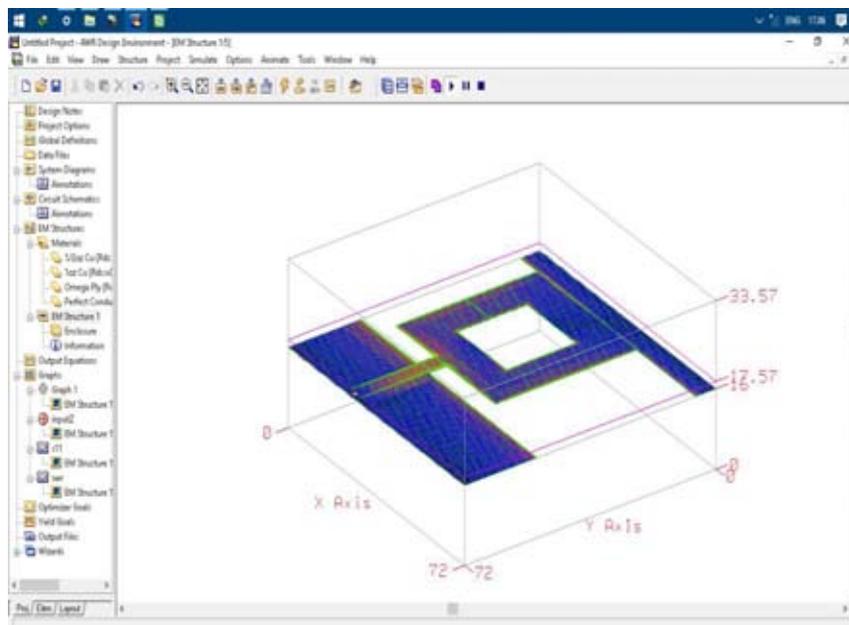
Gambar 4. Luasan bidang substrat.



Gambar 5. Struktur lapisan media substrat.



Gambar 6. Boundaries ruang udara.



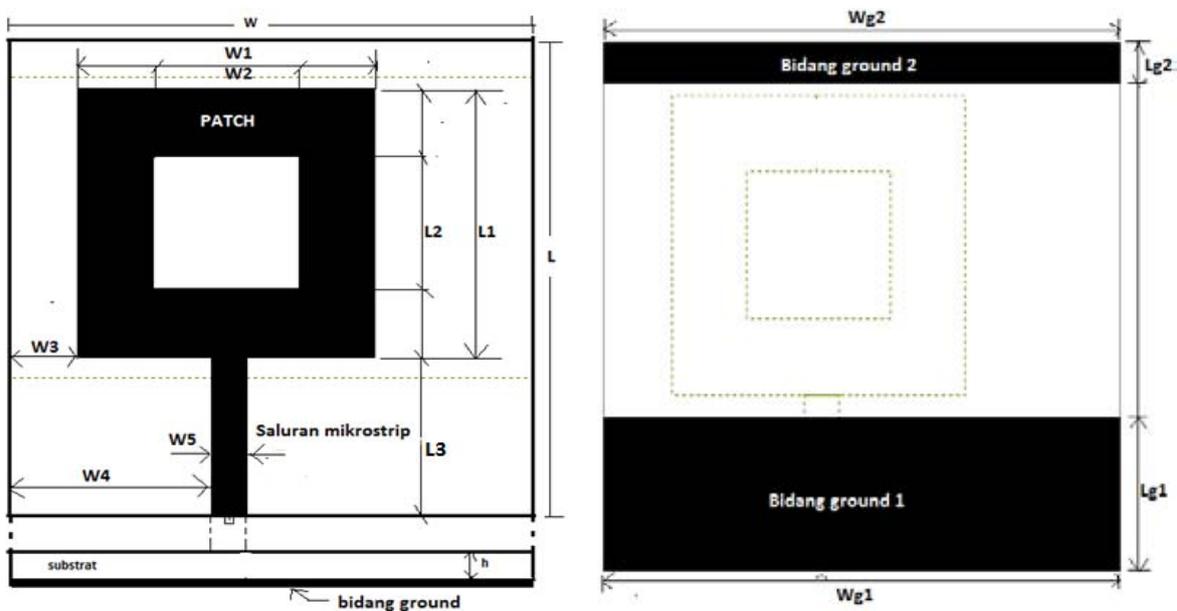
Gambar 7. Bentuk animasi rancangan antenna.

Gambar 7 memperlihatkan bentuk animasi dari hasil rancangan antenna ketika diberikan catu daya. Pada gambar tersebut nampak intensitas medan magnet pada sisi tepi saluran transmisi dan patch peradiasi serta pada bidang ground. Propagasi ini dipengaruhi oleh volume ruang udara pada sisi lapisan atas dan bawah dari substrat dengan tinggi 16 mm.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 8 dan 9 memperlihatkan bentuk dimensi dari hasil rancangan sebuah antenna. Untuk luasan bidang substrat yang digunakan memiliki ukuran lebar (w) dan panjang (L). Dimensi Patch peradiasi bentuk persegi memiliki ukuran lebar ($W1$) dan panjang ($L1$), sedangkan untuk celah persegi dalam patch memiliki ukuran lebar $W2$ dan panjang ($L2$). Untuk dimensi saluran transmisi mikrostrip memiliki ukuran lebar ($W5$) dengan panjang ($L3$). Secara penempatan posisi untuk sebuah patch peradiasi dari tepi substrat pada jarak dengan ukuran $W3$ dan posisi jarak saluran transmisi terhadap tepi substrat memiliki ukuran $W4$. Ketika nampak depan sebuah substrat memiliki ketebalan dengan ukuran h (1,57mm) dengan lapisan dibawahnya dijadikan bidang ground. Secara detil ukuran dimensi dapat di lihat pada tabel 1.

Bila dilihat dari nampak bawah rancangan terdapat dua luasan bidang ground. Luasan bidang ground pertama memiliki ukuran lebar ($Wg1$) dan panjang ($Lg1$) dan luasan bidang ground kedua memiliki ukuran lebar ($Wg2$) dan panjang ($Lg2$). Secara detil dari ukuran dimensi dapat di lihat pada tabel 2. Hasil rancangan antenna mikrostrip memperlihatkan bentuk antenna jenis *planar* dengan sebuah patch peradiasi dan sebuah saluran transmisi mikrostrip. Pada eksperimen dilakukan beberapa rekayasa agar memperoleh target kinerja yang diharapkan sesuai dengan fungsi antenna. Untuk antenna dengan sebuah patch peradiasi Rekayasa pertama terhadap luasan dimensi celah pada patch peradiasi dan pembatasan luasan bidang ground[10]. Rekayasa ini sangat berpengaruh terhadap capaian posisi frekuensi resonansi di 2,6 GHz dan lebar range frekuensi.



Gambar 8a. Rancangan antenna tampak permukaan. Gambar 8b. Rancangan antenna tampak bawah.

Gambar 9a dan 9b memperlihatkan grafik hasil simulasi untuk capaian target parameter bandwidth yang diharapkan pada resonansi di frekuensi 2,6 GHz. Upaya ini dilakukan melalui eksperimen terhadap perubahan pergeseran posisi saluran transmisi dan luasan bidang ground. Untuk panjang sisi $Lg1$ adalah 20 mm, dimana capaian diperoleh pergeseran posisi saluran transmisi dan perubahan panjang bidang ground 2 tetapi belum optimum yang ditargetkan terhadap hasil. Pada eksperimen ini luasan bidang grounding sangat berpengaruh terhadap lebar jangkauan frekuensi (bandwidth). Sedangkan posisi saluran berpengaruh pada matching impedansi di frekuensi resonansi. Secara eksperimen hasil yang efektif diperoleh melalui dimensi pada gambar 8 dan 9. Gambar 10 memperlihatkan hasil bandwidth untuk target wideband diatas 500 MHz. Capaian bandwidth return loss dibawah 10 dB adalah 2,136 GHz sampai 4,098GHz atau 1962 MHz. Untuk

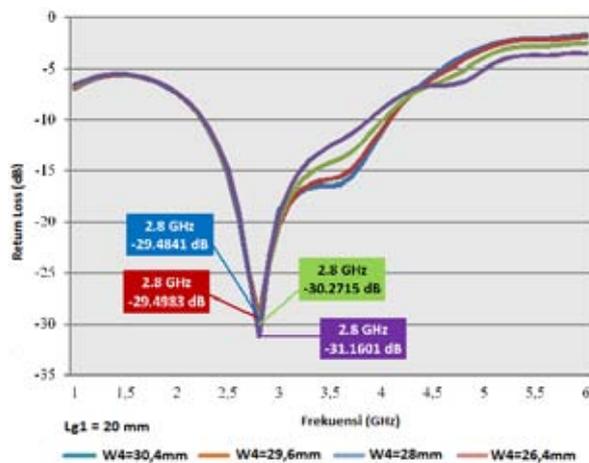
VSWR antara 1 dan 2 diperoleh nilai VSWR minimum saat resonansi adalah 1,053 seperti terlihat pada gambar 11. Impedansi input yang diperoleh *mismatch* dengan impedansi karakteristik 50 Ohm adalah 47,99 Ohm (0,96 +j0,03 Ohm) seperti yang terlihat pada grafik smith chart di gambar 12. Gambar 13 memperlihatkan grafik dari hasil simulasi untuk capaian parameter dari pola radiasi yang diperoleh sebagai antenna monopole dengan *beamwidth* besar, dimana polarisasi terbentuk secara linier. Sedangkan gambar 14 memperlihatkan grafik dari power radiasi, dimana capaian pada satu elemen ini diperoleh sebesar 5,148 dB (*Directivity* maksimum) pada saat 0 derajat yang digunakan sebagai *Gain*.

TABEL 1. RANCANGAN TAMPAK PERMUKAAN

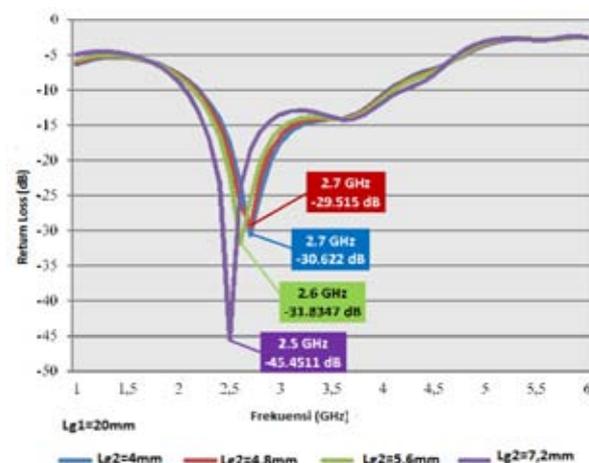
Dimensi	Simbol	Ukuran
Luasan Substrat	W x L	72 mm x 72 mm
Luasan Patch	W1 x L1	40,8 mm x 40,8 mm
Luasan Celah Patch	W2 x L2	20 mm x 20 mm
Panjang Saluran	L3	24 mm
Lebar Saluran transmisi	W5	4,8 mm
Posisi Patch	W3	9,6 mm
Posisi saluran	W4	28 mm

TABEL 2. RANCANGAN TAMPAK BAWAH

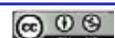
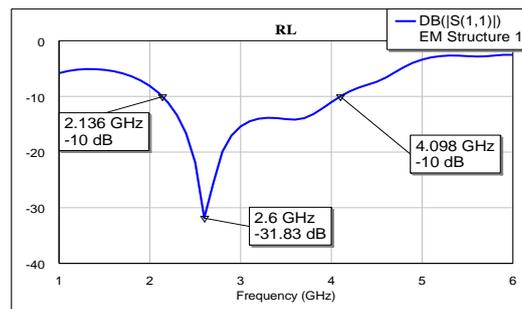
Dimensi	Simbol	Ukuran
Luasan Bidang ground 1	Wg1 x Lg1	72mmx 20,8mm
Luasan Bidang ground 2	Wg2 x Lg2	72mm x 5,6 mm



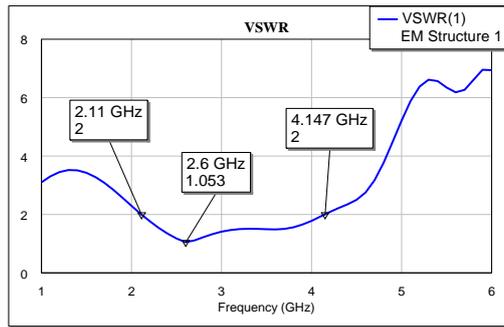
Gambar 9a. Grafik frekuensi Vs return loss saat perubahan posisi saluran transmisi.



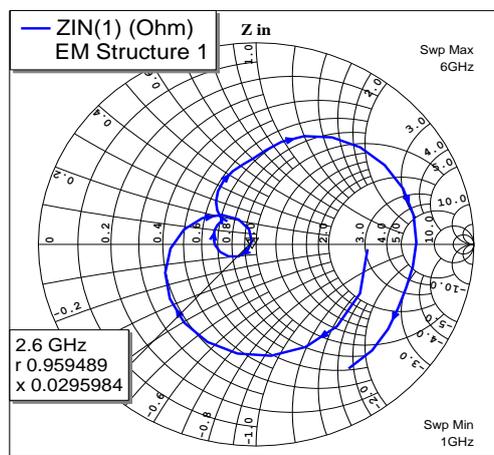
Gambar 9b. Grafik frekuensi Vs return loss saat perubahan panjang bidang ground 2.



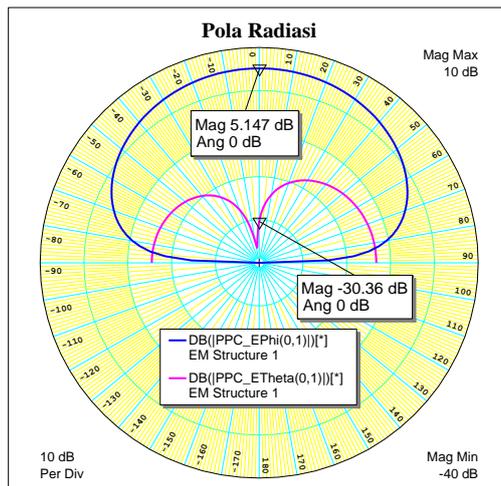
Gambar10. Grafik frekuensi terhadap return loss hasil simulasi



Gambar11. Grafik Frekuensi Vs VSWR hasil simulasi.

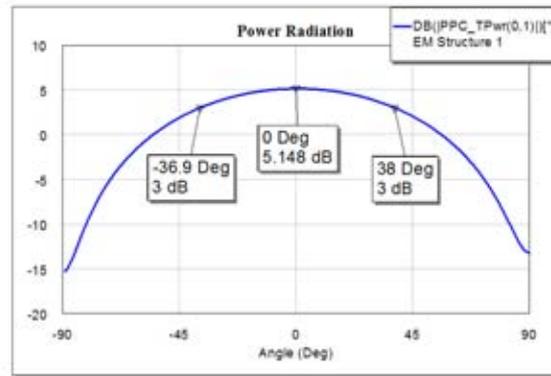


Gambar12. Grafik Smith Chart Impedansi masuk.



Gambar13. Bentuk Pola radiasi





Gambar14. Grafik Power radiasi

TABEL 3. PARAMETER ANTENA HASIL SIMULASI

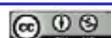
Parameter	Simbol	Nilai
Bandwidth	BW	1962 MHz
Voltage Standing Wave Ratio	VSWR	1 s.d 2 (1,053 minimum)
Impedansi masukan	Zin	47,9 Ohm / 0,96 +j 0,03Ohm
Directivity maksimum	Gain	5,148 dB

4. KESIMPULAN

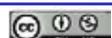
Perancangan antenna memperlihatkan suatu bentuk antenna monopole yang kompak dengan dengan dimensi minimalis. Faktor-faktor yang sangat mempengaruhi terhadap nilai parameter antenna sangat dipengaruhi oleh pembatasan luas bidang *ground*, luas celah patch dan pergeseran titik pencatu. Hasil dari simulasi perancangan antenna memperlihatkan performansi optimum terhadap parameter yang diharapkan dengan baik. Parameter bandwidth untuk SWR 1 sampai 2 diperoleh adalah 15,4% melebihi wilayah *wideband* (500 MHz). Secara aplikasi terhadap target bandwidth pada GPR-GSSI pada teknologi UWB yang ditetapkan diperoleh adalah 78% masih dibawah (30%). Pada riset ini masih perlunya peningkatan kembali hasil rancangan antenna ini, sehingga yang menjadi pencapaian diatas standar yang diterapkan untuk aplikasi GPR.

REFERENSI

- [1] Geophysical Survey System, Inc Product catalog antenna brochure. <http://www.geophysical.com>.
- [2] International Telecommunication Union (ITU-T).2010.Rec.L.84(07/2010) fast Mapping of underground networks. <https://www.itu.int/rec/T-Rec-L.84-2>
- [3] Breed, G.A summary of FCC rules for ultra wideband communications. High Frequency Electronics, 42–44, Jan. 2005.
- [4] Masahiro Yanagi, Shigemi Kurashima, Takashi Arita, Takehiko Kobayashi. A planar UWB Monopole Antenna Formed on a Printed Circuit Board. www.fujitsu.com/downloads/MICRO/fcai/.../uwb_monopole_antenna.pdf
- [5] Martel, cedric, "Modelling and design of antenna for Ground Penetrating Radar Systems", Disertasi Doktor university of Surrey,2002. <https://www.epubs.surrey.ac.uk/fulltext>
- [6] Harry M.Jol, "Ground Penetrating Radar Theory and Applications", Elsevier science, 2009.
- [7] Kai Chang, Inder Bahl, Vijay Nair. RF and Microwave Circuit and Component Design for Wireless System. John Wiley & Son. 2002.
- [8] Wong, K. L., *Compact and Broadband Microstrip Antenas*, (New York : John Willey & Son, 2002). <http://vrtp.ru/files/Compact%20and%20Broadband%20Microstrip%20Antennas> .



- [9] JR James & PS Hall, “ *Handbook of Microstrip Antennas*”, Peter Peregrinus Ltd, Volume 1 dan Volume 2, 1993.
- [10] Muhammad Darsono, Miftahudin Lutfi, ”Design of microstrip antenna square patch with Slit for UltraWideband Communication Application”, prosiding Th6 Indonesia Japan Joint Scientific (IJJS), 2014,
- [11] High Frequency Laminat : Standard Thickness, Tolerances and Panel Sizes. www.rogerscorporation.com



Rancang Bangun Alat Pengukur Kadar Asam Askorbat pada Buah dengan Metode Titrasi Iodimetri

Ayssa Nurmastika¹, Danang Erwanto², Aulia Dewi Rosanti³, Farrady Alif Fiolana⁴

^{1,2,4}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kadiri, Kediri.

³Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Islam Kadiri, Kediri.

Informasi Artikel

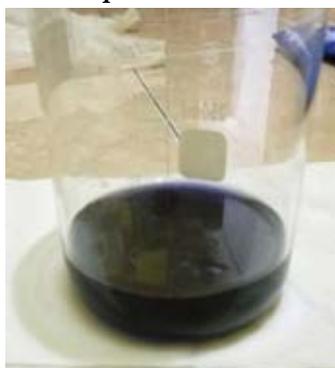
Naskah Diterima : 14 Mei 2018

Direvisi : 14 April 2018

Disetujui : 15 Juni 2018

*Korespondensi Penulis :
Ayssa_Nurmastika@yahoo.co.id

Graphical abstract



Abstract

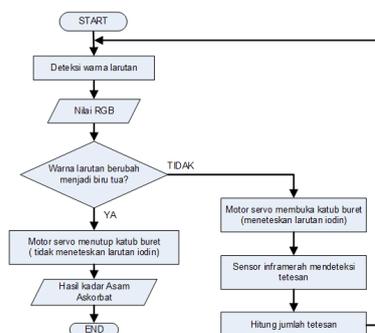
The good sources of vitamin C is fruits dan vegetables with green leaves. So that is very important to know how much level of vitamin C which contained on fruit. In this study, ascorbic acid measuring on fruit have designed with iodimetry titration method, with mixed system between titrant and fruit's extract, color sensor TCS3200 have used to detect the color change in the titration solution. When the color of the titrated solution turns blue, the titration process stops automatically. The results obtained, TCS3200 color sensor capable of detecting changes in the blue color of the titration process. The average error rate in the fruit samples weighing 10 grams and 30 grams is 0.056% and 0.020%.

Keywords: Ascorbate acid, Iodimetry Titration, TCS3200 Color Sensor

Abstrak

Sumber pangan yang baik akan vitamin C adalah buah buahan dan sayuran yang berdaun hijau. sehingga penting untuk mengetahui kadar vitamin C yang terkandung dalam buah-buahan. Pada penelitian ini alat pengukuran asam askorbat pada buah dirancang menggunakan metode titrasi iodimetri dengan sistem pengadukan antara titran dengan ekstrak buah secara otomatis, sensor warna TCS3200 digunakan untuk mendeteksi perubahan warna larutan yang di titrasi. Saat warna larutan yang dititrasi berubah menjadi biru, maka proses titrasi akan berhenti secara otomatis. Hasil yang diperoleh, sensor warna TCS3200 mampu mendeteksi perubahan warna biru pada proses titrasi. Nilai kesalahan rata rata pada sampel buah dengan berat 10 gram dan 30 gram adalah 0,056% dan 0,020%.

Kata kunci: Asam Askorbat, Titrasi Iodimetri, Sensor Warna TCS3200



© 2018 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Kurang vitamin C (asam askorbat) telah dihubungkan dengan penyakit yang dikenal sebagai skurvi. Sering sekali, jika pada bayi dan anak-anak kecil timbul gejala kekurangan vitamin C, hal tersebut dikarenakan buah dan sayuran tidak terdapat dalam makanan yang diberikan. Sumber pangan yang baik akan vitamin C adalah buah buahan dan sayuran yang berdaun hijau. Maka dari itu pentingnya mengetahui kadar vitamin C yang terkandung dalam buah-buahan. Kadar vitamin C akan

meningkat sampai buah matang, dan akan menurun saat tingkat kematangan sudah terlampaui [1]. Pengukuran kadar asam askorbat dapat dilakukan dengan cara titrasi iodimetri [2].

Pada metode pengukuran kadar asam askorbat dengan metode titrasi iodimetri yang sudah ada, proses penghitungan kadar asam askorbat masih menggunakan cara penghitungan secara manual. Serta pada proses pencampuran jumlah titran ke dalam ekstrak buah diperlukan ketelitian, karena jika jumlah titran yang dicampurkan lebih banyak, maka titik ekuivalen tidak akan terjadi. Hal ini dapat mengakibatkan kesalahan dalam proses penghitungan kadar asam askorbat.

Pada alat otomatisasi pengukuran asam askorbat pada buah yang dirancang menggunakan metode titrasi iodimetri dengan sistem pengadukan antara titran dengan ekstrak buah secara otomatis, serta saat perubahan warna larutan yang di titrasi menjadi biru, maka proses titrasi akan berhenti secara otomatis. Proses penghitungan kadar asam askorbat menggunakan dilakukan secara otomatis oleh Arduino Uno, sehingga tingkat kesalahan dalam penghitungan relatif kecil jika dibandingkan dengan penghitungan secara manual.

Alat otomatisasi untuk pengukuran kadar asam askorbat pada buah menggunakan metode titrasi iodimetri yang dirancang lebih mempermudah dalam proses pengukuran serta mengurangi tingkat kesalahan dalam pengukuran dan penghitungan.

1.1 Asam Askorbat (Vitamin C)

Asam askorbat atau yang disebut dengan vitamin C adalah senyawa kimia yang mempunyai rumus molekul $C_6H_8O_6$ [3]. Asam askorbat bersifat anti-oksidan, karena molekul-nya sangat mudah menerima oksidasi, sehingga melindungi zat-zat lain dari pengaruh oksigen. Fungsi Asam askorbat dalam tubuh juga berhubungan dengan sifat kimiawi ini, yaitu sebagai co-enzim dalam proses oksidasi reduksi. Kebutuhan tubuh akan asam askorbat disajikan pada Tabel 1 [4].

Tabel 1. Jumlah yang dianjurkan sehari bagi Indonesia untuk mempertahankan kesehatan sebaik baiknya *)

Golongan	Vitamin C (mg)
Laki-laki dewasa, bekerja sedang:	
20 – 39 th.	60
40 – 59 th.	60
60 keatas	60
Wanita dewasa, bekerja sedang:	
20 – 39 th.	60
40 – 59 th.	60
60 keatas	60
Wanita hamil, 20 minggu terakhir **)	30
Wanita menyusui **)	30
Laki-laki remaja:	
13 – 15 th.	60
16 – 19 th.	60
Anak-anak:	
1 – 3 th.	30
4 – 6 th.	40
7 – 9 th.	50
10 – 12 th.	60

Keterangan :

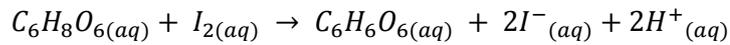
*) Workshop on food; Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia – National Academy of Science, Washington; U.S.A. Jacarta, May 1968.

***) Jumlah-jumlah ini ditambahkan kepada jumlah yang dianjurkan untuk wanita itu pada keadaan tidak hamil dan tidak menyusui.

1.2 Titrasi Iodimetri



Iodimetri adalah metode titrasi atau volumetri yang pada penentuannya berdasarkan pada jumlah iodium (I_2) yang bereaksi dengan sampel (asam askorbat) atau terbentuk dari hasil reaksi antara sampel dengan ion iodide [5]. Titrasi Iodimetri merupakan contoh analisis volumetri, yaitu, suatu cara atau metode, yang menggunakan larutan yang disebut titran dan dilepaskan dari perangkat gelas yang disebut buret. Larutan titran menggunakan Iodin (I_2) sehingga reaksi kimia pada proses titrasi iodimetri adalah sebagai berikut [6]:



Penghitungan kadar asam askorbat menggunakan metode titrasi iodimetri seperti disajikan pada persamaan 1:

$$Kadar = \frac{V(I_2) \cdot N(I_2)}{0,01} \cdot 0,88 \text{ mg} \dots\dots\dots(1)$$

Indikator yang digunakan untuk mengetahui titik akhir titrasi biasanya adalah kanji atau Amilum 0,5 - 1%, karbon tetraklorida atau kloroform dapat mengetahui titik akhir titrasi, akan tetapi lebih umum digunakan suatu larutan (dispersi koloidal) kanji. Indikator amilum ditambahkan pada larutan yang akan dititrasi. Warna biru tua yang digunakan sebagai indikator titik akhir titrasi adalah hasil reaksi I_2 - amilum.

1.3 Sensor Warna TCS3200

Sensor warna TCS3200 adalah sensor warna buatan TAOS Parralax [7]. Sensor warna TCS2300 bekerja dengan cara mengubah warna menjadi frekuensi [8]. Pada modul sensor warna TCS3200 terdapat chip yang memiliki beberapa *photodetector*, dimana pada masing-masing *photodetector* tersebut terdapat penyaring warna yaitu biru, hijau, merah dan *clear*. TCS3200 dapat mendeteksi dan mengukur berbagai warna yang terlihat. Keluaran dari sensor warna TCS3200 adalah gelombang persegi dengan *duty cycle* 50%. Frekuensi keluaran yang dihasilkan sensor warna TCS3200 adalah berbanding lurus dengan intensitas cahaya (*irradiance*). Keluaran frekuensi skala penuh dapat diskalakan oleh satu dari tiga nilai-nilai yang ditetapkan melalui dua kontrol pin masukan.



Gambar 1. Sensor Warna TCS3200

Dalam penerapannya, sensor warna TCS3200 digunakan pada aplikasi untuk membaca tes strip, menyortir benda berdasarkan warna, sensor cahaya, kalibrasi, dan pencocokan warna.

1.4 Arduino Uno

Arduino Uno merupakan papan mikrokontroler berbasis ATmega 328P [9]. Dalam sebuah papan Arduino Uno terdapat 14 pin I/O digital (PIN 0 – 13) dimana 6 pin I/O tersebut dapat digunakan sebagai keluaran PWM (pada pin 3, 5, 6, 9, 10, and 11), 16 pin masukan analog (A0 – A5). Sistem arduino merupakan sebuah sistem yang open source baik secara *hardware* maupun *software* [10]. Kelebihan Arduino diantaranya adalah tidak perlu perangkat chip programmer karena didalamnya sudah ada bootloader yang akan menangani upload program dari komputer, Arduino



sudah memiliki sarana komunikasi USB, sehingga pengguna laptop yang tidak memiliki port serial/RS323 bisa menggunakannya [11].



Gambar 2. Arduino Uno Rev3 [9]

1.5 LCD 2x16

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah suatu jenis media penampil yang menggunakan kristal cair sebagai bahan penampil utama. LCD 2x16 digunakan sebagai penampil karakter angka, huruf maupun simbol. Pada LCD 2x16 terdapat dua bagian utama yaitu bagian panel penampil yang terdiri dari banyak *dot* dan bagian unit pengontrol yang ditempel dibalik panel LCD. Tampilan pada LCD 2x16 sebanyak 16 karakter 2 baris dengan matrik 5x7 ditambah dengan kursor [12]. Penampilan karakter pada LCD 2x16 cukup dengan mengirimkan data Kode ASCII melalui jalur/BUS data.



Gambar 3. *Liquid Crystal Display* 2x16

2. METODE PENELITIAN

2.1 Metode Penelitian

Penelitian yang dilakukan ini menggunakan metode eksperimen dengan perancangan *hardware* software, kemudian melakukan pengambilan data. Proses penelitian terbagi menjadi beberapa langkah yang dilakukan berdasarkan urutan dalam melakukan penelitian:

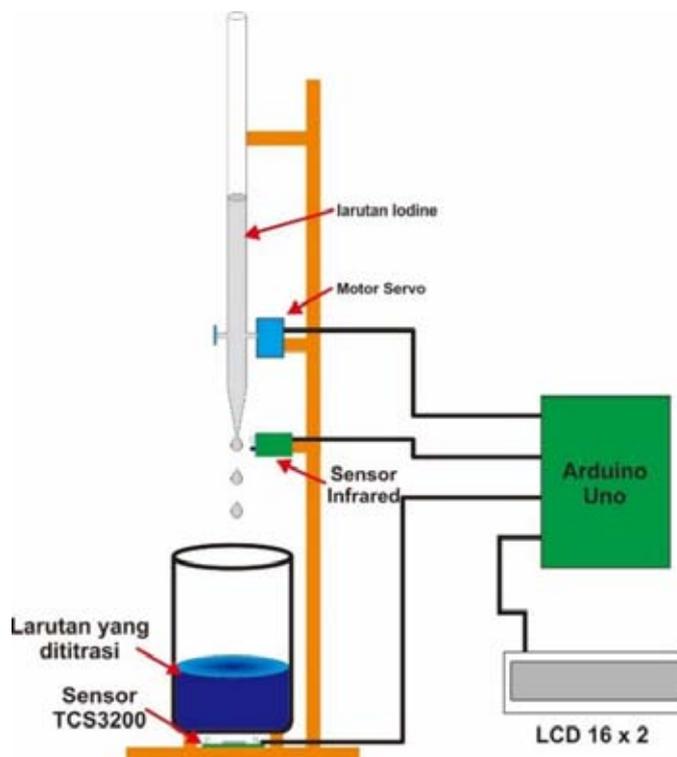
- Membuat alat titrasi iodimetri secara otomatis yang meliputi pembuatan *hardware* dan *software*.
- Uji sensor warna dan sensor inframerah, serta dicatat hasil pengujian.
- Preparasi larutan Pereaksi (Amilum, Iodin)
- Preparasi larutan sampel.
- Pengujian kadar asam askorbat (vitamin C) pada larutan sampel, serta penghitungan kadar asam askorbat yang mengacu pada persamaan 1.

2.2 Perancangan *Hardware*

Perancangan perangkat keras pada penelitian ini menggunakan dua sensor yaitu sensor TCS3200 dan sensor infra merah yang berfungsi untuk mendeteksi tetesan iodine yang menghalangi pancaran sinar infra merah. Dimana, sinar infra merah adalah sinar atau gelombang elektromagnet yang mempunyai frekuensi lebih rendah (atau dengan kata lain panjang gelombang lebih besar) dari warna merah [13]. Sensor infra merah baik digunakan pada jarak kurang dari 12 cm. Arduino digunakan untuk menghitung hasil pendeteksian tetesan iodine oleh sensor infra merah dan mengolahnya menjadi informasi kadar asam askorbat. Board Arduino UNO dipilih karena dinilai



mudah untuk dikembangkan dan juga dipelajari [14]. Dalam penelitian ini TCS3200 digunakan untuk mendeteksi perubahan warna pada larutan yang dititrasi, dan posisi TCS3200 diletakkan pada bagian bawah wadah larutan yang dititrasi.

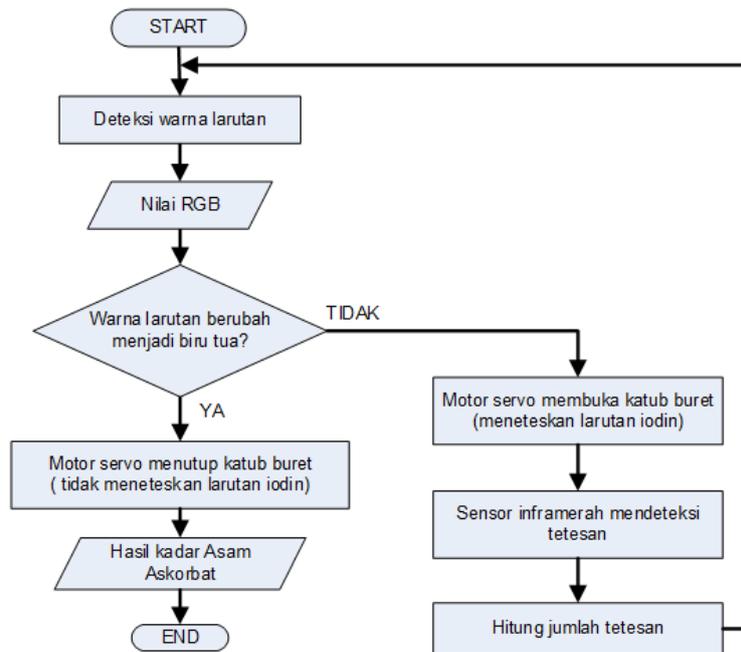


Gambar 4. Rancangan Alat Titrasi Iodimetri menggunakan Sensor Cahaya

Data RGB (*Red, Green, Blue*) hasil pembacaan TCS3200 selanjutnya diolah oleh Arduino Uno untuk mendeteksi adanya perubahan warna biru pada larutan yang dititrasi. Pada bagian keluaran berupa penampil LCD 2x16 yang digunakan untuk menampilkan informasi kadar vitamin C setelah proses titrasi selesai. LCD 2x16 dipakai karena memiliki konsumsi arus yang sangat rendah, sehingga catu daya dapat diambil dari papan Arduino Uno. Untuk desain kerangka dari alat titrasi dirancang secara proporsional dengan harapan alat ini dapat bekerja dengan baik.

2.3 Perancangan *Software*

Pembuatan program untuk mengoperasikan Arduino Uno menggunakan Arduino IDE. Arduino IDE adalah *tool* yang bermanfaat untuk menuliskan program (yang secara khusus dinamakan sketsa di Arduino), mengkompilasinya, dan sekaligus mengunggahnya ke papan Arduino [15]. Saat menjalankan alat titrasi Iodimetri, sensor TCS3200 akan mendeteksi warna pada larutan titran (sampel). Jika kadar warna masih menunjukkan warna buah maka motor servo yang dikopel dengan buret dalam keadaan membuka katup buret, sehingga larutan Iodin akan menetes ke larutan yang dititrasi sampai larutan tersebut berubah warna menjadi biru tua. Jumlah dari tetesan Iodin akan di deteksi oleh sensor inframerah kemudian sinyal dari inframerah diterima oleh Arduino Uno yang akan digunakan sebagai informasi perhitungan kadar asam askorbat.



Gambar 5. Diagram Alir sistem titrasi Iodimetri menggunakan Sensor Cahaya

Jika warna larutan yang dititrasi berubah menjadi biru tua maka motor servo yang dikopel dengan buret dalam keadaan menutup katup dan larutan Iodin tidak akan menetes ke dalam larutan titran. Setelah itu, informasi jumlah tetesan Iodin yang disimpan pada Arduino Uno digunakan untuk menghitung kadar asam askorbat di dalam larutan sampel buah dengan menggunakan persamaan 2:

$$Kadar = \frac{V(I_2) \text{ tiap tetes} \cdot 0,01}{0,01} \cdot 0,88 \text{ mg} \cdot \text{jumlah tetesan} = a \text{ mg} \dots\dots\dots(2)$$

Setelah Arduino Uno melakukan perhitungan kadar asam askorbat, hasil perhitungan tersebut ditampilkan ke penampil LCD 2 x 16.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengujian kadar asam askorbat dilakukan dengan cara membandingkan hasil dari pengujian secara manual di laboratorium dengan hasil pengujian menggunakan alat otomatis pengukur kadar asam askorbat pada buah. Pengujian secara manual dilakukan menggunakan buret sebagai wadah penitrasi dan erlemeyer sebagai wadah titran, selanjutnya tetesan iodine diamati secara manual, dan jika warna larutan yang dititrasi sudah berubah menjadi biru tua, proses titrasi dihentikan secara manual dan jumlah tetesan dihitung secara manual untuk mendapatkan hasil kadar asam askorbat.

Sebelum melakukan pengujian alat secara keseluruhan dilakukan pengujian besar frekuensi dan nilai RGB yang dihasilkan sensor warna TCS3200 menggunakan kertas warna masing-masing dilakukan pengulangan pengujian sebanyak 4 kali kemudian besar frekuensi dan nilai RGB ditampilkan ke serial monitor pada PC.

Dari pengujian besar frekuensi keluaran dari sensor warna TCS3200 terhadap kertas warna putih, merah, hijau, dan biru diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 2. Frekuensi Keluaran (kHz) TCS3200 pada pengujian menggunakan kertas warna



Warna Kertas	Putih			Merah			Hijau			Biru		
Jarak sensor terhadap kertas (cm)	1	2	2,5	1	2	2,5	1	2	2,5	1	2	2,5
Frek. (KHz)	164	94,5	67,1	32,6	18,8	15,0	84,1	43,8	39,5	28,0	22,3	17,5
	164,1	95,9	66,8	32,6	18,5	15,2	84,1	43,6	39,1	28,1	23,5	17,5
	163,9	96,8	66,4	32,6	18,6	15,3	83,7	43,4	38,8	28,1	23,2	17,6
	164,1	95,9	67,4	32,7	18,5	15,6	83,8	43,0	39,1	28,1	22,5	17,7

Pada hasil pengujian frekuensi keluaran sensor TCS3200, terhadap kertas warna biru, merah, hijau dan putih, dihasilkan data bahwa pada kertas putih mendapatkan hasil frekuensi keluaran paling besar yaitu sekitar ± 160 kHz. Jarak antara sensor dan kertas warna juga menentukan hasil frekuensi keluaran. Semakin jauh jaraknya maka semakin kecil frekuensi keluaran yang dihasilkan dan semakin dekat jarak antara sensor warna dan kertas warna maka frekuensi keluaran semakin besar juga, sehingga dapat disimpulkan bahwa jarak berbanding terbalik dengan frekuensi keluaran.

Dari pengujian nilai RGB sensor warna TCS3200 terhadap kertas warna putih, merah, hijau, dan biru yang ditampilkan melalui serial monitor diperoleh data nilai RGB disajikan oleh tabel 3, 4, 5 dan 6.

Tabel 3. Nilai RGB pada kertas warna putih

Jarak 1 cm			Jarak 2 cm			Jarak 2,5 cm		
R	G	B	R	G	B	R	G	B
255	255	255	127	127	225	85	85	127
255	255	255	127	127	225	85	85	127
255	255	255	127	127	225	85	85	127
255	127	255	127	127	225	85	85	127

Tabel 4. Nilai RGB pada kertas warna merah

Jarak 1 cm			Jarak 2 cm			Jarak 2,5 cm		
R	G	B	R	G	B	R	G	B
127	31	51	63	21	31	51	18	25
127	36	51	63	21	31	51	18	25
127	36	51	63	21	31	51	18	25
127	31	51	85	23	31	51	18	25

Tabel 5. Nilai RGB pada kertas warna hijau

Jarak 1 cm			Jarak 2 cm			Jarak 2,5 cm		
R	G	B	R	G	B	R	G	B
63	85	51	51	62	42	31	36	28
63	85	51	51	62	42	31	42	28
63	85	51	51	61	42	31	42	28
63	85	51	51	61	42	31	36	28

Tabel 6. Nilai RGB pada kertas warna biru



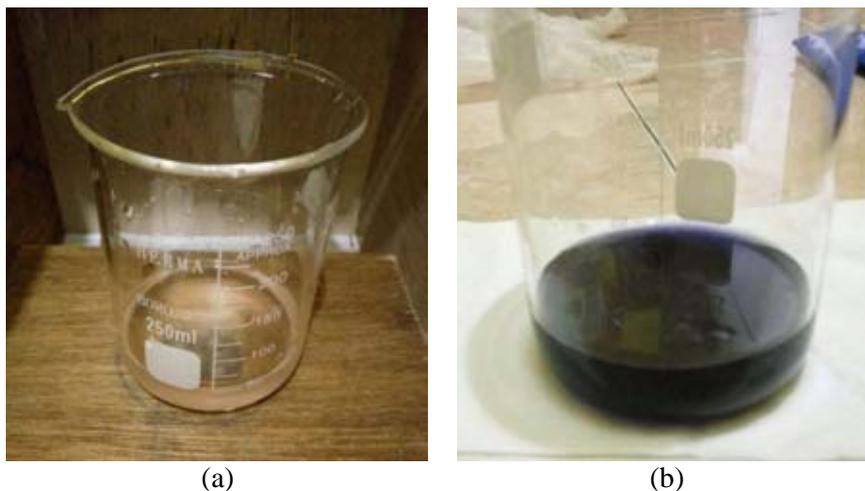
Jarak 1 cm			Jarak 2 cm			Jarak 2,5 cm		
R	G	B	R	G	B	R	G	B
21	28	63	17	19	36	15	17	28
21	28	63	17	19	36	15	17	28
21	28	63	17	18	36	15	17	28
21	28	63	17	18	36	15	17	28

Berdasarkan hasil pengujian sensor warna TCS3200 terhadap kertas warna, didapat hasil bahwa nilai RGB (*Red Green Blue*) tiap warna berbeda, serta jarak juga mempengaruhi nilai RGB (*Red Green Blue*). Pada percobaan dengan menggunakan kertas warna hijau, didapatkan nilai G atau *green* lebih besar daripada nilai R (*red*) dan B (*blue*). Pada percobaan dengan menggunakan kertas warna merah didapatkan hasil bahwa nilai R atau *red* lebih besar jika dibandingkan dengan nilai G (*green*) dan B (*blue*). Pada percobaan dengan menggunakan kertas warna biru didapatkan hasil nilai B atau *blue* lebih besar dari nilai R (*red*) dan G (*green*). Pada percobaan dengan menggunakan kertas warna putih mendapatkan nilai maksimal yaitu 255 karena sensor warna TCS3200 memiliki nilai 8 *byte*.

Percobaan dengan memberikan penutup disekitar sensor warna TCS3200 menghasilkan nilai RGB yang lebih besar jika dibandingkan dengan percobaan yang tanpa menggunakan penutup di sekitar sensor warna TCS3200, hal itu membuktikan bahwa dengan adanya penutup intensitas ruangan sedikit mempengaruhi nilai RGB. Penentuan jarak kurang dari 3 cm bertujuan agar intensitas cahaya pada ruangan tidak mempengaruhi nilai RGB, tetapi pada hasil percobaan yang telah dilakukan, intensitas cahaya pada ruangan tetap mempengaruhi nilai RGB walaupun pengaruh dari intensitas cahaya ruangan sedikit hal tersebut dikarenakan sensor warna TCS3200 yang digunakan tidak tertutup.

Hasil pengujian nilai RGB pada larutan berwarna memiliki nilai RGB yang berbeda dengan nilai RGB pada kertas warna, hal ini dikarenakan wadah larutan warna yang digunakan pada saat pengujian menggunakan kaca, sehingga sinar dari lampu led yang terdapat pada sensor warna TCS3200 mengakibatkan pantulan cahaya sehingga agak menyulitkan photodiode untuk mem-*filter* warna. Hasil pengujian sensor warna TCS3200 yang telah dilakukan menunjukkan bahwa sensor warna TCS3200 dapat berfungsi dengan baik.

Hasil pengujian kadar vitamin C pada buah menunjukkan adanya perubahan warna terhadap larutan yang dititrasi dengan iodin. Setelah titik akhir titrasi tercapai, larutan tersebut berubah menjadi biru tua, seperti yang ditunjukkan oleh gambar 6 berikut ini.



Gambar 6. (a) Larutan tiran sebelum dititrasi, (b) Larutan tiran setelah dititrasi

Hasil pengujian kadar vitamin C menggunakan sensor warna TCS3200 terhadap buah jeruk, jeruk nipis, dan tomat, diperoleh data nilai RGB terhadap larutan yang belum dititrasi dan yang sudah mencapai titik akhir titrasi seperti yang disajikan pada tabel 6.

Tabel 6. Nilai RGB pada larutan

No	Sampel	Berat (gram)	Nilai RGB Awal Titrasi			Nilai RGB Akhir Titrasi		
			R	G	B	R	G	B
1	Jeruk	10	25	30	25	16	12	18
2	Jeruk	30	24	31	25	19	15	20
3	Jeruk Nipis	10	25	31	24	17	13	18
4	Jeruk Nipis	30	25	31	25	16	13	19
5	Tomat	10	24	30	24	16	12	18
6	Tomat	30	25	30	25	20	15	22

Dari data nilai RGB yang disajikan oleh tabel 6, ada perbedaan nilai RGB pada saat awal proses titrasi dan akhir proses titrasi. Nilai R pada saat awal proses titrasi dari semua sampel dengan berat 10 gram dan 30 gram memiliki kisaran nilai rata-rata 24 - 25. Pada nilai G memiliki kisaran nilai rata-rata 30-31, sedangkan nilai B berkisar antara nilai 24 - 25.

Pada saat proses akhir titrasi dengan ditandai warna biru tua didapat nilai RGB yang lebih tinggi jika dibandingkan saat awal proses titrasi. Nilai R berkisar antara 16 - 20, nilai G lebih kecil diantara nilai R dan B yaitu antara 12 - 15, sedangkan pada nilai B memiliki nilai yang lebih besar jika dibandingkan dengan R dan G yaitu 18 - 22. Kalibrasi warna larutan dilakukan dengan memberikan Batasan-batasan nilai RGB warna biru tua pada *coding* pemograman, sehingga pada saat nilai RGB yang telah ditentukan telah dicapai maka secara otomatis proses titrasi pada alat pengukur kadar asam askorbat pada buah akan berhenti.

Nilai RGB pada saat percobaan pengukuran kadar vitamin berbeda dengan pada saat pengukuran menggunakan kertas warna, hal ini dikarenakan warna dari kertas langsung ditangkap oleh sensor warna, sedangkan pada saat melakukan percobaan wadah yang digunakan adalah gelas beaker yang terbuat dari kaca, sehingga sensor warna agak sulit mendeteksi warna pada larutan karena terhalang oleh gelas beaker. Cahaya yang dipancarkan oleh LED pada sensor warna memantulkan cahaya ke gelas yang mengakibatkan photodiode sulit untuk mendeteksi warna larutan. Perbandingan hasil pengujian secara manual dan otomatis dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengujian Kadar Asam Askorbat Menggunakan Alat Otomatis dan Manual

No	Sampel	Volume Iodin (mL)				Kadar Asam Askorbat (%)			
		Hasil Penelitian		Hasil Laboratorium		Hasil Penelitian		Hasil Laboratorium	
		10 gr	30 gr	10 gr	30 gr	10 gr	30 gr	10 gr	30 gr
1	Jeruk	1,75	2,75	0,8	2,05	0,077	0,040	0,035	0,030
2	Jeruk Nipis	1,5	2,75	0,55	1,3	0,066	0,040	0,024	0,019
3	Tomat	2	3	0,5	0,9	0,088	0,044	0,021	0,013

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, volume iodine yang dibutuhkan alat otomatisasi pengukur kadar asam askorbat pada buah saat menitrasi larutan sampel dengan berat 10 gram lebih banyak jika dibandingkan dengan volume iodine yang dibutuhkan pada alat secara manual, hal ini dikarenakan penentuan warna biru pada nilai RGB pada alat pengukur kadar asam askorbat lebih tinggi sehingga menghasilkan warna biru yang lebih pekat jika dibandingkan dengan percobaan secara manual yang menggunakan buret. Faktor lain yang mempengaruhi adalah terlalu besarnya volume per tetes larutan iodine yang keluar dari buret yang dikopel dengan servo sebesar 0,5 ml/tetes yang membuat kelebihan volume iodine untuk mengubah warna larutan menjadi biru tua yang menandakan titik akhir titrasi.



Hasil praktikum biokimia membutuhkan larutan iodine lebih banyak hal ini dikarenakan konsentrasi larutan iodine yang digunakan sebesar 0,001 N, sedangkan pada larutan iodine yang digunakan pada percobaan alat pengukur kadar asam askorbat dan percobaan pada laboratorium sebesar 0,01 N sehingga untuk mencapai titik akhir titrasi pada praktikum biokimia membutuhkan volume larutan iodine yang lebih banyak jika dibandingkan dengan hasil penelitian dan hasil laboratorium.

Berdasarkan data pengukuran kadar asam askorbat yang di dapat setelah melakukan percobaan, data dari hasil laboratorium dan data hasil praktikum biokimia dapat ditentukan nilai kesalahan rata-rata. Pada sampel buah dengan berat 10 gram memiliki nilai kesalahan rata-rata yaitu 0,056%, sedangkan pada sampel buah dengan berat 30 gram memiliki nilai kesalahan rata-rata lebih kecil dibanding dengan sampel buah dengan berat 10 gram yaitu 0,020%.

Nilai kesalahan rata-rata pada sampel buah dengan berat 30 gram lebih kecil dikarenakan dengan semakin besar berat sampel yang digunakan maka perubahan warna dalam proses titrasi mudah diamati dan dideteksi oleh sensor warna.

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

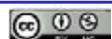
Dari hasil penelitian dan pembahasan tentang alat pengukur kadar asam askorbat pada buah dengan menggunakan metode titrasi iodimetri yang telah dilakukan dan diuraikan maka dapat disimpulkan bahwa :

- a) Sensor warna TCS3200 yang dipasang pada alat pengukur kadar asam askorbat pada buah dengan menggunakan metode titrasi iodimetri dapat mendeteksi perubahan warna biru sebagai tanda titik akhir proses titrasi, sehingga sensor tersebut dapat digunakan untuk menjalankan pengukuran kadar asam askorbat dengan baik.
- b) Penghitungan kadar asam askorbat pada alat otomatis dilakukan dengan cara menghitung banyaknya tetesan larutan iodine yang dibutuhkan selama proses titrasi dengan menggunakan sensor infra merah sebagai pendeteksi tetesan iodine.
- c) Nilai kesalahan rata-rata pada alat pengukur kadar asam askorbat pada buah dengan metode titrasi iodimetri terdapat pada sampel buah dengan berat 10 gram dan 30 gram adalah 0,056% dan 0,020%.

4.2 Saran

Dari alat otomatisasi pengukur kadar asam askorbat pada buah yang dibuat dengan metode titrasi iodimetri dan melakukan pengujian diketahui bahwa alat tersebut masih memiliki kekurangan dan masih perlu untuk disempurnakan lagi supaya menjadi alat pengukur kadar asam askorbat pada buah dengan metode iodimetri yang memiliki hasil akurat yaitu:

- a) Pengcilan volume per tetes larutan iodine yang keluar dari buret pada saat proses titrasi iodimetri.
- b) Jarak antara sensor warna dan gelas beaker larutan sampel jangan terlalu dekat dikarenakan efek pantulan dari kaca dari gelas beaker dapat mempengaruhi pembacaan nilai RGB pada sensor.
- c) Kondisi cahaya ruangan harus dalam kondisi yang stabil, agar tingkat keakuratan pembacaan sensor warna tinggi.
- d) Sensor warna harus dalam keadaan tertutup rapat agar tidak ada cahaya yang masuk yang dapat mempengaruhi nilai RGB larutan.
- e) Sistem pengadukan larutan lebih disempurnakan agar larutan sampel dan larutan iodine dapat tercampur secara homogen.



REFERENSI

- [1] N. Rahman, M. Ofika dan I. Said, “Analisis Kadar Vitamin C Mangga Gadung (*Mangifera* sp) dan Mangga Golek (*Mangifera indica* L) berdasarkan Tingkat Kematangan dengan Menggunakan metode Titrasi Iodimetri,” *Jurnal Akademika Kimia Universitas Tadulako*, vol. 4, no. 1, pp. 33-37, 2015.
- [2] L. Suhardjo, B. Deaton dan J. Driskel, Pangan, Gizi dan Pertanian, Jakarta: Universitas Indonesia (UI-Press), 1986.
- [3] N. Yuliati dan E. Kurniawati, “Analisis Kadar Vitamin C Dan Fruktosa Pada Buah Mangga (*Mangifera Indica* L.) Varietas Podang Urang Dan Podang Lumut Metode Spektrofotometri Uv-Vis,” *Jurnal Wiyata*, vol. IV, no. 1, pp. 49-57, 2017.
- [4] S. A. Djaeni, Ilmu gizi: untuk mahasiswa dan profesi di Indonesia, Jakarta: Dian Rakyat, 1987.
- [5] D. Iskandar, “Perbandingan metode Spektrofotometri Uv-Vis dan Iodimetri dalam Penentuan Asam Askorbat Sebagai Bahan Ajar Kimia Analitik Mahasiswa Jurusan Teknologi Pertanian Berbasis Open Ended Experiment dan Problem Solving,” *Jurnal Teknologi Technoscientia*, vol. 10, no. 1, pp. 66-70, 2017.
- [6] E. T. Damayanti dan P. Kurniawati, “Perbandingan Metode Penentuan Vitamin C pada Minuman Kemasan Menggunakan Metode Spektrofotometer UV-Vis dan Iodimetri,” dalam *Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya*, Malang, 2017.
- [7] A. R. Pratama dan R. Adil, “Desain Mekanik Alat Bantu Identifikasi Susu dan Sari Buah Dengan Menggunakan Sensor Warna TCS 3200,” *EEPIS Final Project*, 2010.
- [8] H. K. Wardana, E. Indahwati dan L. A. Fitriyah, “Measurement of Non-Invasive Blood Glucose Level Based Sensor Color TCS3200 and Arduino,” dalam *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 336, No. 1, p. 012019)*, 2018.
- [9] “ARDUINO UNO REV3,” [Online]. Available: <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>. [Diakses 12 Maret 2018].
- [10] E. D. Arisandi, “Kemudahan Pemrograman Mikrokontroler Arduino Pada Aplikasi Wahana Terbang,” *Jurnal Setrum*, vol. III, no. 2, pp. 46-49, 2014.
- [11] S. Harianto, A. B. Setiawan dan A. P. Sari, “Studi Tentang Penggunaan Metode Scanning Pada Sistem Telemetry Pendeteksi Kerusakan Air Conditioner Kendaraan,” *Elektrika: Jurnal Teknik Elektro*, vol. I, no. 1, pp. 47-51, 2017.
- [12] S. Riyadi Dan B. E. Purnama, “Sistem Pengendalian Keamanan Pintu Rumah Berbasis Sms (Short Message Service) Menggunakan Mikrokontroler Atmega 8535,” *Indonesian Journal On Networking And Security*, Vol. II, No. 4, Pp. 7-11, 2013.
- [13] D. Aribowo, Desmira Dan A. Maulana, “Sistem Penghitung Jumlah Penumpang Bus Way Berbasis Mikrokontroler At89s51,” *Jurnal Ilmiah Setrum*, Vol. V, No. 1, Pp. 16-20, 2016.
- [14] E. Gunawan Dan A. B. Maulana, “Rancang Bangun Prototype Sistem Penyortiran Barang Melalui Kode Warna (Ourcode) Berbasis Arduino Uno,” *Cahaya Bagaskara: Jurnal Ilmiah Teknik Elektronika*, Vol. 1, No. 1, 2017.
- [15] A. Kadir, Simulasi Arduino, Elex Media Komputindo, 2016.



Studi Komparasi Kwh Meter Pascabayar Dengan Kwh Meter Prabayar Tentang Akurasi Pengukuran Terhadap Tarif Listrik Yang Bervariasi

Dendi Gunawan¹, Yanu Shalahuddin¹, Danang Erwanto¹

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kadiri, Kediri, Jawa Timur.

Informasi Artikel

Naskah Diterima : 16 Maret 2018

Direvisi : 14 April 2018

Disetujui : 15 Juni 2018

*Korespondensi Penulis :
gunawandendi92@gmail.com

Graphical abstract



Abstract

There are two types of kWh meter installed PT PLN to measure electricity consumption customers, ie kWh meter postpaid and prepaid meters. There is a customer assumption that using a prepaid kWh meters will make the electricity bill increase. Because there is a suspicion that the meter prepaid customers have incorrect measurements. A comparative study of the kWh meter postpaid and prepaid kWh meter in this study is intended to determine the accuracy of the measurement of kWh meter postpaid and prepaid kWh meter. The sample of research is based on varied electricity tariff class which are the electricity of household, industry, UMKM and offices. The comparison of the results obtained by the analysis results that, for postpaid kWh analog and digital meters have an average error an accuracy of 3.252% and 4.176%, while the prepaid kWh has an average error of 1.186% accuracy. From these data it can be concluded that prepaid kWh meter has a higher level of accuracy than postpaid kWh meter.

Keywords: KWh Postpaid Meter, Prepaid KWh meter, Accuracy

Abstrak

Ada dua jenis kWh meter yang dipasang PT PLN untuk mengukur konsumsi listrik pelanggannya, yaitu kWh meter pascabayar dan meter prabayar. Ada asumsi pelanggan bahwa menggunakan meter prabayar akan membuat tagihan listrik meningkat. Karena ada dugaan pelanggan bahwa pada meter prabayar mempunyai pengukuran yang salah. Studi komparasi terhadap kWh meter pascabayar dan kWh meter prabayar pada penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui akurasi pengukuran dari kWh meter pascabayar dan kWh meter prabayar. Sampel penelitian didasarkan pada golongan tarif listrik yang bervariasi yaitu listrik rumah tangga, industri, UMKM dan perkantoran. Dari hasil komparasi tersebut diperoleh hasil analisa yaitu, untuk kWh meter pascabayar analog dan digital mempunyai rata-rata kesalahan akurasi sebesar 3,252 % dan 4,176 %, sedangkan kWh prabayar mempunyai rata rata kesalahan akurasi sebesar 1,186 %. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa kWh meter prabayar mempunyai tingkat ketelitian yang lebih tinggi daripada kWh meter pascabayar.

Kata kunci: KWh Meter Pascabayar, KWh meter Prabayar, Akurasi

© 2018 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Pada jaman modern seperti saat ini, manusia tidak dapat dipisahkan dengan energi listrik. Energi listrik merupakan kebutuhan dasar dalam mendorong segala jenis aktivitas roda kehidupan manusia, yaitu dapat digunakan sebagai penerangan, fasilitas umum, keperluan rumah tangga, keperluan industri dan juga membantu peningkatan perekonomian negara [1]. PT PLN (Perusahaan Listrik Negara) adalah perusahaan yang ditunjuk oleh negara untuk menyediakan jasa kelistrikan di Indonesia. Dalam mengukur konsumsi listrik pelanggannya, PT PLN menggunakan *Kilowatt hour meter* (kWh). Perhitungan kWh setiap bulannya adalah perkalian harga satuan tarif dasar listrik ditambah dengan nilai abodemen dan pajak [2]. Pada saat ini ada dua jenis kWh meter yang dipasang oleh PT PLN untuk mengukur konsumsi listrik pelanggannya, yaitu kWh meter pascabayar dan kWh

meter Prabayar. Untuk meter jenis pascabayar sudah lama digunakan PT PLN. Sistem ini memungkinkan konsumen mengalami tunggakan tagihan listrik, kesalahan pembacaan atau pencatatan kWh meter oleh petugas dan pelanggan tidak dapat mengetahui besar pemakaian konsumsi energi listrik setiap waktu [3]. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, sejak tahun 2010 PT PLN mempunyai gagasan untuk mengganti jenis meter pascabayar dengan meter Prabayar. Meter Prabayar digunakan untuk mempermudah PT PLN dalam hal pembayaran listrik. Karena pada meter Prabayar menggunakan sistem pembayaran dengan token pulsa. Token ini merupakan kode unik yang berisi informasi yang nantinya akan diinputkan pada MPB pelanggan [4].

Dalam penerapan listrik Prabayar, muncul asumsi dari pelanggan bahwa menggunakan meter Prabayar akan membuat tagihan listrik meningkat. Karena ada dugaan pelanggan bahwa pada meter Prabayar mempunyai pengukuran yang salah dan hasil pembacaan dari kWh meter Prabayar bisa dimanipulasi oleh PT PLN. Persoalan tersebut membuat ketidakpercayaan masyarakat terhadap pemasangan kWh meter jenis Prabayar sebagai alat ukur pembayaran listrik yang dilakukan oleh PT PLN. Bahkan pada saat ini ada suatu keharusan di mana setiap ada permintaan pemasangan baru harus menggunakan sistem Prabayar, dan tiap proses penambahan daya juga harus diikuti dengan penggantian kWh meter pascabayar beralih kWh meter sistem Prabayar.

Berdasarkan permasalahan diatas, penelitian memiliki pemikiran ingin melakukan studi komparasi terhadap meter Prabayar dan meter pascabayar, untuk menguji akurasi pengukuran pada tarif listrik yang bervariasi yaitu listrik rumah tangga, industri, UMKM dan perkantoran, sehingga konsumen dapat mengetahui alasannya kenapa tagihan listrik pada meter Prabayar lebih mahal dibandingkan dengan listrik pascabayar.

1.1 kWh Meter

kWh Meter merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengukur atau menghitung besar energi yang digunakan oleh konsumen seperti perumahan, perkantoran dan industri [5]. Energi listrik yang digunakan oleh konsumen dihitung dalam persatuan jam. Ada dua jenis kWh meter yang ada saat ini, yakni jenis pasca bayar yang biasa disebut dengan kWh meter konvensional dan yang kedua adalah jenis Prabayar atau pulsa.

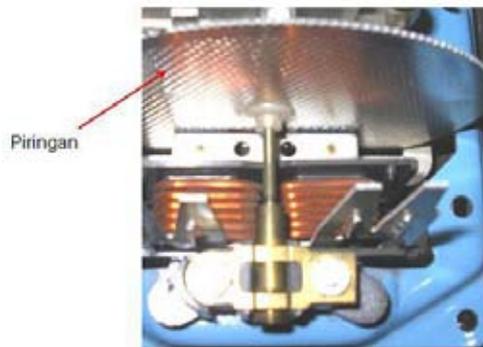
1.2 kWh Meter Pascabayar

kWh Meter Pascabayar yang sering digunakan oleh PLN adalah kWh meter Analog. kWh meter analog bekerja dengan memanfaatkan medan magnet yang memutar piringan aluminium, kecepatan putaran dipengaruhi oleh besar kecilnya arus listrik [6]. Pada piringan aluminium yang dipasangkan di kWh meter Analog terdapat poros yang mana poros tersebut akan menggerakkan counter digit sebagai tampilan jumlah kWh-nya. Selain itu, pada piringan aluminium kWh meter analog terdapat lubang atau garis penanda yang digunakan sebagai indikator putaran piringan aluminium. Untuk 1 kWh biasanya setara dengan 900 putaran (ada juga 450 putaran tiap kWh) [7].



Gambar 1. kWh meter analog [8]

Bagian utama dari sebuah kWh meter adalah kumparan tegangan, kumparan arus, piringan aluminium, magnet tetap yang tugasnya menetralkan piringan aluminium dari induksi medan magnet dan gear mekanik yang mencatat jumlah perputaran piringan aluminium [9]. Kumparan arus pada kWh meter analog dihubungkan secara seri dengan beban, sedangkan kumparan tegangan dihubungkan secara parallel dengan beban.



Gambar 2. Elemen putar [10]

1.3 kWh Meter Prabayar

kWh meter Prabayar yang dipasangkan PT PLN pada rumah pelanggan menggunakan kWh Meter digital. Prinsip kerja kWh meter digital secara umum yaitu mengkonversi sinyal analog tegangan dan arus yang terukur menjadi sinyal digital atau diskrit dengan mengambil nilai-nilai sampel (menyampling) dari sinyal analog tegangan dan arus secara periodik setiap periode *sampling*, sehingga konsumsi energi listrik dapat diketahui dari perhitungan proses perkalian arus dan tegangan setiap selang waktu (*sampling time*) tertentu [11]. Berbeda dari kWh meter analog, pada sistem kWh meter digital Prabayar, sistem pembayaran tidak lagi dilakukan berdasarkan pengukuran jumlah daya yang telah digunakan oleh pengguna dalam jangka waktu tertentu, melainkan berdasarkan token pulsa pada kWh meter tersebut [12]. Dengan sistem ini, pelanggan diuntungkan karena dapat meminimalisir kesalahan dalam pencatatan ketika kita akan membayar listrik [13].



Gambar 3. kWh Meter Prabayar [14]

1.4 Klasifikasi Tarif Listrik

Berdasarkan jenis konsumen energi listrik secara garis besar ragam tarif dapat diklasifikasikan ke dalam:

- a) Tarif rumah tangga
- b) Tarif komersial atau Bisnis
- c) Tarif industri
- d) Tarif Sosial

1.5 Kesalah Akurasi Pengukuran kWh Meter

Akurasi hasil pengukuran jenis kWh dibandingkan dengan hasil pengukuran watt meter dan tang ampere. Dalam hal ini watt meter dan tang ampere digunakan sebagai acuan untuk menentukan akurasi kesalahan pada kWh meter. Untuk menghitung presentase akurasi kesalahan pengukuran menurut hasil perhitungan energinya menggunakan persamaan 1 sebagai berikut [8]:

$$\% \text{ error} = \frac{EP-ES}{ES} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

- EP : Pengukuran yang ditunjukkan kWh meter
- ES : Pengukuran yang ditunjukkan oleh Watt meter

2. METODE PENELITIAN

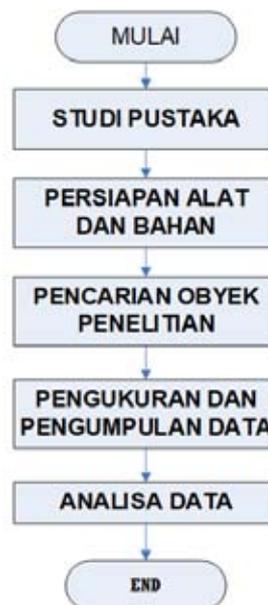
2.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan oleh penyusun dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) Studi Pustaka, yaitu dengan cara mencari, mempelajari dan mengkaji teori-teori yang mendukung dan berkaitan dengan penelitian yang sedang dilakukan. Teori-teori tersebut diperoleh dari jurnal ilmiah, hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dan berbagai buku referensi yang mendukung dalam penelitian ini.
- b) Observasi Langsung, yaitu dengan cara mengumpulkan data-data yang diperoleh di lapangan yang diperlukan untuk menunjang penelitian. Data ini diperoleh dari hasil perbandingan pengukuran KWh meter Prabayar dan KWh meter Pascabayar terhadap hasil pengukuran yang ditunjukkan oleh Watt meter

2.2 Diagram Alir Penelitian

Langkah-langkah dalam penelitian tentu perlu diperhatikan. Langkah yang sistematis akan memberikan arahan dalam proses pengerjaan dan dapat memudahkan dalam proses pemahaman dari tujuan yang diinginkan. Berikut merupakan langkah-langkah penelitian dalam bentuk diagram alir (*flowchart*).



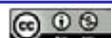
Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

2.3 Persiapan Alat Dan Bahan

- a) Watt Meter

Tabel 1. Spesifikasi Wattmeter

Merk	SUNWA Electric
Tegangan	80 – 260VAC
Arus	0 – 100A
Daya	0 – 22000W
Energi	0 – 9999 KWh
Frekuensi	50 hz



b) kWh Meter

Tabel 2. kWh Meter yang digunakan dan spesifikasinya

MERK	TIPE	FREK.	TAHUN PEMBUATAN	JENIS	BATAS ARUS	KECEPATAN PUTAR
Fuji Dharma electric	FA14AIIZ	50 Hz	1995	Fasa Tunggal 2 Kawat	20 A	900 Put/kWh
Smart Meter	SM-200S	50 Hz	2012	Fasa Tunggal 2 Kawat	40 A	3200 imp/kWh
ITRON (Prabayar)	700 JAVA	50 Hz	2015	Fasa Tunggal 2 Kawat	60 A	1000 imp/kWh

c) 3.Tang Ampere

Tang ampere meter dalam penelitian ini digunakan untuk membandingkan pembacaan arus listrik oleh kWh Meter. Data spesifikasi tang ampere

Tabel 3. Spesifikasi Tang Ampere

Merk	HIOKI
Tipe	3286 – 20
Arus	1000 A
Tegangan	600 V

d) Stop Kontak

e) Kabel NYM 3x2,5 mm

Kabel jenis NYM merupakan jenis kabel yang memiliki inti lebih dari satu. Pemilihan kabel NYM 3x2,5 mm karena kabel NYM memiliki isolator lapisan PVC (biasanya berwarna putih atau abu-abu). Kabel ini dapat dipergunakan dilingkungan yang kering dan dilingkungan yang kering dan basah, namun tidak boleh ditanam [15].

2.4 Lokasi Sampel Penelitian

Lokasi pengukuran untuk penelitian di klasifikasikan pada golongan tarif yang berbeda yaitu beban listrik rumah tangga, beban listrik perkantoran dan beban listrik UMKM. Untuk obyek penelitian, dicari tarif listrik yang menggunakan kWh meter (prabayar) yang beralamatkan, pada:

a) Listrik dengan tarif rumah tangga :

- 1) Dusun Bagol , Desa Ngablak Kec Banyakan Kab. Kediri
- 2) Dusun Jeben, Desa Sanggrahan Kec. Prambon Kab Nganjuk
- 3) Dusun Darungan, Desa Bendo Kec. Pare Kab. Kediri

b) Listrik dengan tarif perkantoran atau bisnis :

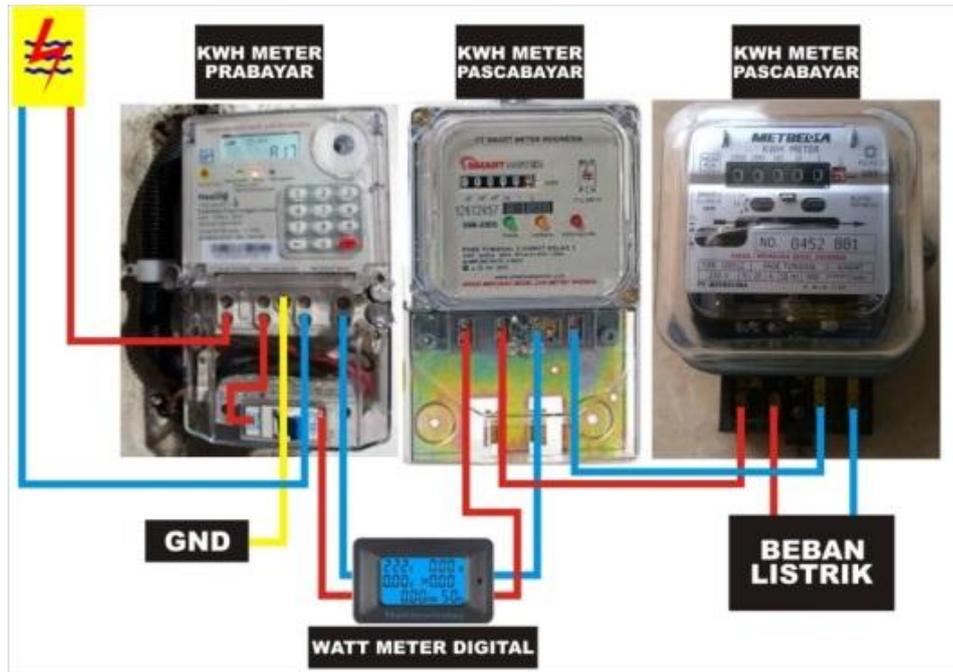
Kantor PT. Kharisma Pandulima Elektronika dengan alamat:Perumahan Putih Permai, Jalan Jawa , No.3 Kec. Gampengrejo, Kab. Kediri

c) Listrik dengan tarif industri UMKM :

Industri Mesin Bubut Bapak Teguh dengan alamat: Dusun Boto Lengket, Desa Bujel, Kec. Mojoroto Kota Kediri.

2.5 Pengukuran Dan Pengumpulan Data

Pengukuran dan pengumpulan data ini pertama dilakukan dengan memasang seri kWh meter listrik prabayar dengan dua (2) buah kWh meter listrik pascabayar. Data yang akan dikumpulkan adalah hasil perbandingan pengukuran yang di tunjukan oleh kwh meter pasca bayar dengan kwh meter prabayar. Sampel yang digunakan adalah tarif listrik rumah tangga, tarif listrik perkantoran atau bisnis dan tarif listrik industri UMKM. Penelitian ini dilakukan selama 1bulan di tiga aspek klasifikasi tarif yang berbeda. Sejumlah kWh meter pascabayar dengan berbagai jenis yang berbeda akan dimanfaatkan untuk keperluan pengukuran yang lebih obyektif.



Gambar 5. Rangkaian Pengukuran Sampel

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Hasil Pengukuran KWh Meter

a) Sampel Penelitian I

Lokasi : Rumah Ibu Nanik Purwati
 Alamat : Dusun Bagol Desa Ngablak Kec. Banyakan Kab Kediri
 Daya : 450 VA
 Tarif : R1

Tabel 4. Hasil Pengukuran Tanggal 15 Februari s/d 17 Februari 2018

TANGGAL	WAKTU	TEGANGAN	ARUS	STAN	STAN	STAN	PENGUKURAN DENGAN WATT METER
				METER KWH	METER KWH	METER KWH	
				PASCABAYAR 1	PASCABAYAR 2	PRABAYAR	
15 FEBRUARI 2018	12.00 WIB	213 V	1.00 A	11494.5 KWH	00000.2 KWH	92.89 KWH	0000 KWH
15 FEBRUARI 2018	18.00 WIB	206 V	1.27 A	11496.0 KWH	00001.9 KWH	91.06 KWH	1.605 KWH
16 FEBRUARI 2018	08.00 WIB	212 V	1.02 A	11498.4 KWH	00004.4 KWH	88.48 KWH	4.220 KWH
16 FEBRUARI 2018	12.00 WIB	214 V	1.17 A	11498.9 KWH	00004.9 KWH	87.92 KWH	4.774 KWH
16 FEBRUARI 2018	18.00 WIB	206 V	1.17 A	11500.3 KWH	00006.3 KWH	86.47 KWH	6.226 KWH
17 FEBRUARI 2018	08.00 WIB	216 V	1.02 A	11502.8 KWH	00009.0 KWH	83.77 KWH	8.930 KWH
17 FEBRUARI 2018	12.00 WIB	213 V	1.12 A	11503.3 KWH	00009.5 KWH	83.19 KWH	9.434 KWH
17 FEBRUARI 2018	18.00 WIB	203 V	1.52 A	11504.3 KWH	00010.2 KWH	82.15 KWH	10.896 KWH
Jumlah Energi Yang Terbaca Dalam 3 Hari				9.8 KWH	10 KWH	10.54 KWH	10.896 KWH

b) Sampel Penelitian II

Lokasi : Rumah Wahyu Jatmiko
 Alamat : Dusun Darungan Desa Bendo Kec. Pare Kab. Kediri
 Daya : 900 VA (Subsidi)
 Tarif : R1

Tabel 5. Hasil pengukuran tanggal 15 Maret s/d 17 Maret 2018

TANGGAL	WAKTU	TEGANGAN	ARUS	STAN	STAN	STAN
				METER KWH	METER KWH	METER KWH
				PASCABAYAR 1	PASCABAYAR 2	PRABAYAR
15 MARET 2018	08.00 WIB	209 V	1.06 A	11576.0 KWH	000083.3 KWH	36.43 KWH
15 MARET 2018	12.00 WIB	197 V	0.88 A	11577.4 KWH	000084.7 KWH	35.00 KWH
15 MARET 2018	18.00 WIB	194 V	1.74 A	11578.7 KWH	000086.0 KWH	33.76 KWH
16 MARET 2018	08.00 WIB	206 V	1.11 A	11581.4 KWH	000088.8 KWH	30.98 KWH
16 MARET 2018	12.00 WIB	198 V	1.35 A	11582.8 KWH	000090.2 KWH	29.54 KWH
16 MARET 2018	18.00 WIB	197 V	2.32 A	11584.4 KWH	000091.0 KWH	27.91 KWH
17 MARET 2018	08.00 WIB	205 V	0.63 A	11587.2 KWH	000094.7 KWH	25.14 KWH
17 MARET 2018	12.00 WIB	203 V	1.01 A	11588.7 KWH	000096.2 KWH	23.61 KWH
17 MARET 2018	18.00 WIB	194 V	2.64 A	11589.8 KWH	000097.4 KWH	22.47 KWH
Jumlah Energi Yang Terbaca Dalam 3 Hari				13.8 KWH	14.1 KWH	13.96 KWH

c) Sampel Penelitian III

Lokasi : Rumah Alfian Ikhsan
 Alamat : Dusun Jeben Desa Sanggrahan Kec. Prambon Kab. Nganjuk
 Daya : 1300 VA
 Tarif : R1

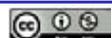
Tabel 6. Hasil pengukuran tanggal 5 Maret s/d 7 Maret 2018

TANGGAL	WAKTU	TEGANGAN	ARUS	STAN	STAN	STAN	PENGUKURAN
				METER KWH	METER KWH	METER KWH	DENGAN
				PASCABAYAR 1	PASCABAYAR 2	PRABAYAR	WATT METER
5 MARET 2018	08.00 WIB	217 V	1.02 A	05889.3 KWH	06634.8 KWH	74.52 KWH	00000.0 KWH
5 MARET 2018	12.00 WIB	216 V	1.00 A	05890.1 KWH	06635.6 KWH	73.72 KWH	0.900 KWH
5 MARET 2018	18.00 WIB	210 V	1.27 A	05892.5 KWH	06638.2 KWH	71.19 KWH	3.405 KWH
6 MARET 2018	08.00 WIB	218 V	1.02 A	05896.3 KWH	06642.2 KWH	67.06 KWH	7.589 KWH
6 MARET 2018	12.00 WIB	214 V	1.17 A	05897.1 KWH	06642.7 KWH	66.20 KWH	8.143 KWH
6 MARET 2018	18.00 WIB	209 V	1.17 A	05899.3 KWH	06644.9 KWH	63.88 KWH	10.466 KWH
7 MARET 2018	08.00 WIB	216 V	1.02 A	05903.3 KWH	06649.2 KWH	59.56 KWH	14.792 KWH
7 MARET 2018	12.00 WIB	213 V	1.12 A	05904.1 KWH	06650.0 KWH	58.68 KWH	15.596 KWH
7 MARET 2018	18.00 WIB	210 V	1.52 A	05906.5 KWH	06651.9 KWH	57.23 KWH	17.709 KWH
Jumlah Energi Yang Terbaca Dalam 3 Hari				17.2 KWH	17.1 KWH	17.29 KWH	17.709 KWH

2018

d) Sampel Penelitian IV

Lokasi : PT. Pandulima Elektronika
 Alamat : Perumahan Putih Permai Jl. Jawa no. 103 kab.Kediri
 Daya : 2200 VA
 Tarif : B1



Tabel 7. Hasil pengukuran tanggal 10 Maret s/d 12 Maret 2018

TANGGAL	WAKTU	TEGANGAN	ARUS	STAN	STAN	STAN
				METER KWH	METER KWH	METER KWH
				PASCABAYAR 1	PASCABAYAR 2	PRABAYAR
10 MARET 2018	08.00 WIB	229V	1.6 A	11546.7 KWH	00054.3 KWH	30.86 KWH
10 MARET 2018	12.00 WIB	230V	1.77 A	11550.7 KWH	00058.2 KWH	26.96 KWH
10 MARET 2018	18.00 WIB	228V	1.25 A	11554.4 KWH	00061.9 KWH	23.10 KWH
11 MARET 2018	08.00 WIB	234V	1.87 A	11555.9 KWH	00063.2 KWH	21.49 KWH
11 MARET 2018	12.00 WIB	229V	1.76 A	11559.9 KWH	00067.4 KWH	25.55 KWH
11 MARET 2018	18.00 WIB	228V	1.48 A	11563.7 KWH	00069.1 KWH	14.10 KWH
12 MARET 2018	08.00 WIB	231V	1.86 A	11565.1 KWH	00072.1 KWH	12.12 KWH
12 MARET 2018	12.00 WIB	228V	1.76 A	11568.9 KWH	00076.3 KWH	8.67 KWH
12 MARET 2018	18.00 WIB	234V	1.56 A	11572.8 KWH	00079.7 KWH	4.36 KWH
Jumlah Energi Yang Terbaca Dalam 3 Hari				26.1 KWH	25.4 KWH	26.5 KWH

e) Sampel Penelitian V

Lokasi : Bengkel Bubut “Jaya Teguh”

Alamat : Dusun Boto Lengket Desa Bujel Kec. Mojojoto Kota Kediri

Daya : 3500 VA

Tarif : II

Tabel 8. Hasil pengukuran tanggal 15 Maret s/d 17 Maret

TANGGAL	WAKTU	TEGANGAN	ARUS	STAN	STAN	STAN
				METER KWH	METER KWH	METER KWH
				PASCABAYAR 1	PASCABAYAR 2	PRABAYAR
15-Apr-18	08.00 WIB	218 V	2.3 A	11575.5 KWH	00081.8 KWH	96.05 KWH
15-Apr-18	12.00 WIB	220 V	2.6 A	11581.5 KWH	00087.6 KWH	90.20 KWH
15-Apr-18	18.00 WIB	219 V	1.7 A	11587.0 KWH	00093.1 KWH	84.41 KWH
16-Apr-18	08.00 WIB	229 V	2.9 A	11589.2 KWH	00095.1 KWH	81.99 KWH
16-Apr-18	12.00 WIB	224 V	2.2 A	11593.3 KWH	00101.4 KWH	75.84 KWH
16-Apr-18	18.00 WIB	222 V	1.9 A	11601.0 KWH	00103.9 KWH	70.91 KWH
17-Apr-18	08.00 WIB	220 V	2.7 A	11603.8 KWH	00108.4 KWH	67.94 KWH
17-Apr-18	12.00 WIB	221 V	2.5 A	11609.5 KWH	00114.7 KWH	62.76 KWH
17-Apr-18	18.00 WIB	227 V	2.0 A	11615.4 KWH	00119.8 KWH	56.30 KWH
2018	Jumlah Energi Yang Terbaca Dalam 3 Hari			39.9 KWH	38 KWH	39.75 KWH

3.2. Analisa Hasil Pengukuran KWh meter.

Setelah melakukan pengukuran dan pengumpulan data pada lima sampel penelitian, selanjutnya dilakukan analisa. Analisa perbandingan kWh meter pascabayar dan kWh meter prabayar terdiri dari analisa akurasi pengukuran. Hasil dari pengukuran kWh meter pascabayar dan kWh meter prabayar akan dibandingkan dengan hasil pengukuran watt meter dan tang ampere. Dalam hal ini watt meter dan tang ampere digunakan sebagai acuan untuk menentukan akurasi kesalahan pengukuran oleh kWh meter pascabayar dan kWh meter prabayar.

a) Sampel Penelitian I

Dari hasil pengukuran kWh meter pada sampel I yang disajikan oleh tabel 4, maka didapatkan perhitungan untuk mencari persentase kesalahan pembacaan yang menggunakan persamaan 1 dan hasil dari perhitungan tersebut diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan oleh tabel 9.

Tabel 9. Persentase kesalahan terhadap kWh meter pascabayar 1, kWh meter Pascabayar 2, kWh meter prabayar pada sampel penelitian I

KWH METER YANG DIGUNAKAN	HASIL PENGUKURAN KWH METER	HASIL PENGUKURAN WATT METER	% ERROR
KWh Meter Pascabayar 1	9,8 kWh	10,896 kWh	10,06 %
KWh Meter Pascabayar 2	10 kWh	10,896 kWh	8,22 %
KWh Meter Prabayar	10,54 kWh	10,896 kWh	3,24 %

Dari hasil perhitungan persentase kesalahan yang dilakukan diatas, diperoleh data bahwa pada sampel penelitian I, kwh prabayar mempunyai presentase kesalahan yang paling kecil yaitu sebesar 3,24 %, dan persentase kesalahan paling besar pada kWh meter Pascabayar 1 yaitu sebesar 10,06 %.

b) Sampel Penelitian II

Dari hasil pengukuran kWh meter pada sampel II yang disajikan oleh tabel 5 dan hasil pengukuran menggunakan wattmeter sebesar 14,0 kWh, maka didapatkan perhitungan untuk mencari persentase kesalahan pembacaan yang menggunakan persamaan 1 dan hasil dari perhitungan tersebut diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan oleh tabel 10.

Tabel 10. Persentase kesalahan terhadap kWh meter pascabayar 1, kWh meter Pascabayar 2, kWh meter prabayar pada sampel penelitian II

KWH METER YANG DIGUNAKAN	HASIL PENGUKURAN KWH METER	HASIL PENGUKURAN WATT METER	% ERROR
KWh Meter Pascabayar 1	13,8 kWh	14,0 kWh	1,43 %
KWh Meter Pascabayar 2	14,1 kWh	14,0 kWh	0,71 %
KWh Meter Prabayar	13,96 kWh	14,0 kWh	0,28 %

Dari hasil perhitungan persentase kesalahan yang dilakukan diatas, diperoleh data bahwa pada sampel penelitian II, kwh prabayar mempunyai presentase kesalahan yang paling kecil yaitu sebesar 0,28 %, dan persentase kesalahan paling besar pada kWh meter Pascabayar 1 yaitu sebesar 1,43 %.

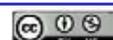
c) Sampel Penelitian III

Dari hasil pengukuran kWh meter pada sampel III yang disajikan oleh tabel 6, maka didapatkan perhitungan untuk mencari persentase kesalahan pembacaan yang menggunakan persamaan 1 dan hasil dari perhitungan tersebut diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan oleh tabel 11.

Tabel 11. Persentase kesalahan terhadap kWh meter pascabayar 1, kWh meter Pascabayar 2, kWh meter prabayar pada sampel penelitian III

KWH METER YANG DIGUNAKAN	HASIL PENGUKURAN KWH METER	HASIL PENGUKURAN WATT METER	% ERROR
KWh Meter Pascabayar 1	13,8 kWh	14,0 kWh	1,43 %
KWh Meter Pascabayar 2	14,1 kWh	14,0 kWh	0,71 %
KWh Meter Prabayar	13,96 kWh	14,0 kWh	0,28 %

Dari hasil perhitungan persentase kesalahan yang dilakukan diatas, diperoleh data bahwa pada sampel penelitian III, kwh prabayar mempunyai presentase kesalahan yang paling kecil yaitu sebesar 0,28 %, dan persentase kesalahan paling besar pada kWh meter Pascabayar 2 yaitu sebesar 0,71 %.



d) Sampel Penelitian IV

Dari hasil pengukuran kWh meter pada sampel IV yang disajikan oleh tabel 7, maka didapatkan perhitungan untuk mencari persentase kesalahan pembacaan yang menggunakan persamaan 1 dan hasil dari perhitungan tersebut diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan oleh tabel 12.

Tabel 12. Persentase kesalahan terhadap kWh meter pascabayar 1, kWh meter Pascabayar 2, kWh meter Prabayar pada sampel penelitian IV

KWH METER YANG DIGUNAKAN	HASIL PENGUKURAN KWH METER	HASIL PENGUKURAN WATT METER	% ERROR
KWh Meter Pascabayar 1	26,1 kWh	26,494 kWh	1,49 %
KWh Meter Pascabayar 2	25,4 kWh	26,494 kWh	4,13 %
KWh Meter Prabayar	26,5 kWh	26,494 kWh	0,02 %

Dari hasil perhitungan persentase kesalahan yang dilakukan diatas, diperoleh data bahwa pada sampel penelitian IV, kwh prabayar mempunyai presentase kesalahan yang paling kecil yaitu sebesar 0,02 %, dan persentase kesalahan paling besar pada kWh meter Pascabayar 2 yaitu sebesar 4,13 %.

e) Sampel Penelitian V

Dari hasil pengukuran kWh meter pada sampel V yang disajikan oleh tabel 8, maka didapatkan perhitungan untuk mencari persentase kesalahan pembacaan yang menggunakan persamaan 1 dan hasil dari perhitungan tersebut diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan oleh tabel 13.

Tabel 13. Persentase kesalahan terhadap kWh meter pascabayar 1, kWh meter Pascabayar 2, kWh meter Prabayar pada sampel penelitian IV

KWH METER YANG DIGUNAKAN	HASIL PENGUKURAN KWH METER	HASIL PENGUKURAN WATT METER	% ERROR
KWh Meter Pascabayar 1	39,9 kWh	39,741 kWh	0,4 %
KWh Meter Pascabayar 2	38 kWh	39,741 kWh	4,38 %
KWh Meter Prabayar	39,75 kWh	39,741 kWh	0,02 %

Dari hasil perhitungan persentase kesalahan yang dilakukan diatas, diperoleh data bahwa pada sampel penelitian V, kwh prabayar mempunyai presentase kesalahan yang paling kecil yaitu sebesar 0,02 %, dan persentase kesalahan paling besar pada kWh meter Pascabayar 2 yaitu sebesar 4,38 %.

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa sementara yang telah dikemukakan di bab sebelumnya tentang Studi komparasi kWh meter Pascabayar dengan kWh meter Prabayar berdasarkan akurasi pengukuran terhadap tarif yang bervariasi, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a) Dari hasil pengukuran dan analisa yang dilakukan terhadap lima sampel penelitian, dimana daya dan tarif dibuat bervariasi dapat disimpulkan bahwa tingkat ketelitian akurasi pengkuran kWh meter prabayar lebih besar dibandingkan dengan ketelitian akurasi pengukuran kWh meter pascabayar. Hal ini dapat dilihat dari hasil pengukuran maupun dari hasil perhitungan yang telah dilakukan pada penelitian. Untuk kWh meter pascabayar 1 dan 2 mempunyai rata – rata kesalahan akurasi sebesar **3,252 %** dan **4,176 %**, sedangkan kWh prabayar mempunyai rata - rata kesalahan akurasi hanya sebesar **1,186 %**.
- b) Dari hasil pengukuran yang dilakukan di lima sampel daya yang berbeda, menyatakan bahwa untuk tarif R1 beban puncak terjadi pada jam 18.00 wib sampai jam 08.00 wib, sedangkan untuk tarif B1 dan I1 beban puncak terjadi antara jam 08.00 wib dan 12.00 wib.



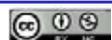
4.2 Saran

Dalam penelitian ini masih banyak sekali kekurangan dan ketidaksempurnaan. Untuk itu, perlu dilakukan pengembangan agar kedepannya menjadi sempurna ataupun lebih baik lagi sehingga peneliti mengajukan beberapa saran untuk meningkatkan hasil studi komparasi kWh meter pascabayar dan kWh meter prabayar perlu ditambahkan aspek sebagai berikut:

- a) Untuk penelitian berikutnya, peneliti dapat menambahkan jenis beban kapasitif, dan beban induktif, sebagai sampel penelitian.
- b) Untuk penelitian berikutnya, peneliti dapat menambahkan daya aktif dan daya reaktif sebagai sampel penelitian.
- c) Untuk penelitian berikutnya, peneliti bisa melakukan komparasi kWh meter pascabayar dan kWh meter prabayar tidak hanya pada tegangan listrik 1 phase (220 V) tapi juga pada tegangan listrik 3 phase (380 V).

REFERENSI

- [1] S. Putra Dan C. Rangkuti, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Secara Mandiri Untuk Rumah Tinggal," *Seminar Nasional Cendekiawan 2016*, 2016.
- [2] S. Nuranita, "Analisa Perbandingan Kwh Meter Prabayar Dengan Kwh Meter Non Prabayar Dari Segi Keekonomisannya," *Jurnal Mahasiswa Sekolah Tinggi Teknik Medan*, Vol. 11, 2017.
- [3] Y. Permana, Asrizal Dan Z. Kamus, "Pengembangan Prototipe Sistem Pengukuran Kwh Meter Digital Presisi Komunikasi Dua Arah Menggunakan Short Message Service Berbasis Mikrokontroler At89s52 Dan Atmega16," *Pillar Of Physics*, Vol. I, No. 1, Pp. 92-101, 2013.
- [4] C. A. Pralingga, E. Susanto Dan U. Sunarya, "Perancangan Simulasi Sistem Pengisian Token Listrik Prabayar Menggunakan Komunikasi Berbasis Layanan Pesan Singkat (Lps)," *Eproceedings Of Engineering*, Vol. Ii, No. 3, Pp. 7038-7043, 2015.
- [5] J. S. Sebayang Dan M. Sj, "Perbandingan Kilowatthour Analog Dengan Kilowatthour Digital Aplikasi Pada Pt. Pln (Persero) Cabang Medan," *Jurnal Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (Usu)*, Vol. Vi, No. 1, Pp. 7-12, 2014.
- [6] A. A. Anwar Dan K. Adi, "Pengambilan Data Kwh Meter Menggunakan Mikrokontroler Atmega 8535 Dengan Komunikasi Inframerah," *Youngster Physics Journal*, Vol. Ii, No. 1, Pp. 1-6, 2014.
- [7] L. L. U. Tun Dan Hennyoltavia, "Kwh Meter Dengan Sistem Prabayar," *Proceedings, Komputer Dan Sistem Intelijen (Kommit 2002)*, 2002.
- [8] D. Suhantono, I. M. S. Yasa Dan K. A. Yasa, "Evaluasi Error Kwh Meter Analog Pengukuran Langsung Dengan Metode Peneraan Waktu Pada Laboratorium Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali," *Jurnal Matrix*, Vol. Vii, No. 1, Pp. 16-21, 2018.
- [9] E. Fahmi Dan Y. Permana, "Sistem Automatic Meter Reading Bulanan Melalui Sms Berbasis Mikrokontroler," *Journal Ict*, Vol. Vi, No. 11, Pp. 29-37, 2015.
- [10] M. R. R. Zuhri, "Perbandingan Akurasi Kwh Meter Digital Dan Kwh Meter Analog," *Jurnal Universitas Muhamadiyah Surakarta*, 2017.
- [11] A. Cahyani, Soeprapto Dan Soemarwanto, "Studi Analisis Pengaruh Harmonisa Beban Nonlinier Rumah Tangga Terhadap Hasil Penunjukan Kwh Meter Digital 1 Fasa," *Jurnal Mahasiswa Teub*, Vol. Ii, No. 1, 2014.
- [12] Kevin Dan F. Bacharuddin, "Sistem Peringatan Sisa Pulsa Pada Kwh Meter Digital Prabayar," *Jurnal Tesla*, Vol. Xix, No. 1, Pp. 68-80, 2017.
- [13] B. K. Lukito Dan H. Winarno, "Kwh Meter Digital Dengan Sistem Prabayar Berbasis Ic B10932 Dan Mikrokontroler 38024," *Gema Teknologi*, Vol. Xvii, No. 2, Pp. 53-59, 2013.
- [14] Kevin Dan F. Bacharuddin, "Sistem Peringatan Sisa Pulsa Pada Kwh Meter Digital Prabayar," *Tesla*, Vol. Xix, No. 1, Pp. 68-80, 2017.
- [15] H. H. Sutrisno, R. Wirawan Dan Triyono, "Uji Kemampu-Bakaran Pembungkus Kabel Nym Berstandar Sni Dengan Differential Scanning Calorimetric," *Jurnal Setrum*, Vol. Ii, No. 1, Pp. 22-24, 2013.



Rancang Bangun Alat Prediksi Kondisi Tubuh Ideal Menggunakan Metode Fuzzy Logic Sugeno

Muhammad Azizul Fikri¹, Danang Erwanto², Dian Efytra Yuliana³

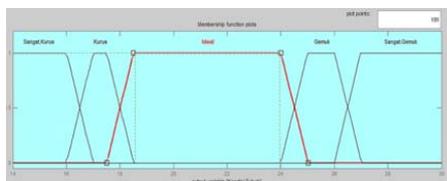
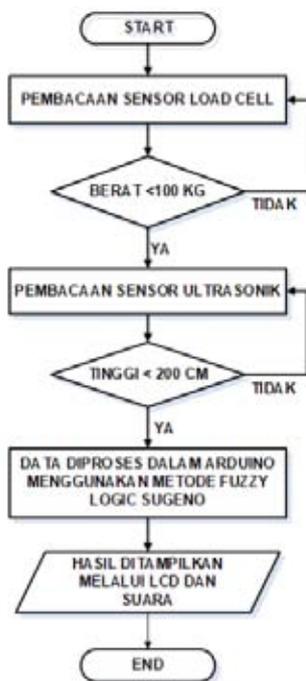
^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kadiri, Kediri.

Informasi Artikel

Naskah Diterima : 16 Maret 2018
 Direvisi : 14 April 2018
 Disetujui : 15 Juni 2018

*Korespondensi Penulis :
 azizul.fikri@yahoo.com

Graphical abstract



Abstract

Parameters used to determine one's body condition is weight and height. Manually to determine the Body Mass Index (BMI) requires two steps, namely measuring body weight and height then calculate body mass index, so less effective. Using fuzzy logic sugeno method, can be designed a device to predict the condition of the human body based on body mass index by measuring weight and height with just one step using this device. From the results of the research that has been done, the load cell is able to measure the weight well, with an average error of 3.95%, and for ultrasonic sensors are able to detect distances very well, with an average error of 1.5%. As for the overall devices testing there is an average error of IMT results of 4.61%. However, although there are differences in IMT results from of measurement by manual devices and measurement with digital devices, the results of both are still in the same category of body condition.

Keywords: Weight, Height, Body Mass Index (BMI), Fuzzy Logic Sugeno

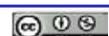
Abstrak

Parameter yang digunakan untuk menentukan kondisi tubuh seseorang adalah berat badan serta tinggi badan. Secara manual untuk menentukan Indeks Massa Tubuh (IMT) membutuhkan dua langkah, yaitu mengukur berat badan serta tinggi badan kemudian dihitung IMT-nya, sehingga kurang efektif. Dengan Menggunakan metode logika fuzzy sugeno, dapat dirancang alat untuk memprediksi kondisi tubuh manusia berdasarkan Indeks Massa Tubuh dengan cara mengukur berat badan serta tinggi badan hanya dengan satu langkah menggunakan alat tersebut. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, *load cell* mampu mengukur berat dengan baik, dengan *error* rata-rata sebesar 3,95 %, dan untuk sensor ultrasonik mampu mendeteksi jarak dengan sangat baik, dengan *error* rata-rata sebesar 1,5%. Sedangkan untuk pengujian alat secara keseluruhan terdapat *error* rata-rata hasil IMT sebesar 4,61%. Akan tetapi meskipun terdapat perbedaan hasil IMT dari pengukuran dengan alat manual dan pengukuran dengan alat digital, hasil keduanya masih dalam kategori kondisi tubuh yang sama.

Kata Kunci: Berat Badan, Tinggi Badan, Indeks Massa Tubuh (IMT), Fuzzy Logic Sugeno.

1. PENDAHULUAN

Masalah berat badan sering sekali diabaikan dan dianggap tidak terlalu penting oleh sebagian besar orang. Padahal, kesehatan tubuh juga dipengaruhi oleh berat badan. Menurut data (*World Health Organization*) WHO tahun 2014, lebih dari 1.9 milyar orang dewasa dan yang berusia di atas 18 tahun di dunia mengalami kelebihan berat badan. Sementara, lebih dari 600 juta masyarakat dunia mengalami obesitas [1]. Kondisi kenaikan berat badan dan obesitas bisa memberikan efek buruk bagi kesehatan. Efek buruk tersebut antara lain adalah meningkatkan resiko komplikasi penyakit jantung,



diabetes, tekanan darah tinggi, kolesterol, dan sejumlah penyakit lainnya. Ada banyak tips kesehatan berupa pola hidup sehat yang dapat menstabilkan berat badan. Namun sebelum menjalani tips tersebut, alangkah baiknya jika terlebih dahulu memahami definisi tubuh ideal dan sehat serta cara menghitungnya.

Tubuh ideal adalah kondisi yang seimbang antara berat badan dan tinggi badan. Sehingga seseorang akan memiliki penampilan fisik yang tampak ideal dan sehat, tidak terlalu gemuk dan tidak terlalu kurus serta memiliki energi yang cukup untuk menjalani kegiatan penting sehari-hari. Perhitungan terhadap berat badan ideal memiliki kegunaan sebagai parameter keadaan kesehatan seseorang. Dengan mempertahankan kondisi berat badan yang ideal, kita dapat mengoptimalkan kesehatan dan kebugaran tubuh, serta menghindari dari berbagai macam ancaman penyakit tertentu [1]. Salah satu cara penentuan obesitas adalah dengan menggunakan Indeks Massa Tubuh (IMT) [2]. Penentuan indeks massa tubuh (IMT) dilakukan dengan mengukur berat dan tinggi badan subyek tanpa menggunakan sepatu [3]. Kebanyakan alat ukur tubuh yang ada di pasaran masih terpisah antara alat ukur berat badan dan alat ukur tinggi badan serta penggunaannya masih manual yaitu masih memerlukan bantuan tenaga manusia untuk melakukan pengukuran. Hal ini dirasa masih kurang efektif, karena selain memerlukan bantuan orang lain, hasilnya pun masih sebatas mengetahui berat serta tinggi badan saja, dan masih belum tentu akurat.

Berangkat dari masalah yang telah disebutkan di atas, penulis berinisiatif membuat sebuah alat prediksi kondisi tubuh ideal. Alat prediksi kondisi tubuh ideal ini nantinya dirancang dalam satu paket alat ukur yang memanfaatkan fungsi sensor untuk melakukan pengukuran. Sensor yang digunakan antara lain sensor ultrasonik dan sensor berat (*load cell*). Sensor ultrasonik diletakkan di atas dengan jarak tertentu yang berfungsi menangkap sinyal untuk mengukur tinggi badan, sedangkan sensor berat (*load cell*) diletakkan pada sebuah papan besi yang akan bekerja apabila papan tersebut diberikan beban, *load cell* ini nantinya berfungsi untuk mengukur berat badan. Hasil pengukuran dari kedua sensor tersebut nantinya akan di proses dalam Arduino uno dengan metode *fuzzy logic* sugeno. Setelah di proses di dalam Arduino uno, nantinya hasil pengukuran tersebut akan ditampilkan melalui LCD serta *output* suara yang akan menyebutkan apakah kondisi tubuh ideal atau tidak. Dengan adanya alat prediksi kondisi tubuh ideal ini, diharapkan dapat mempermudah dalam menentukan indeks massa tubuh seseorang.

1.1. Berat badan Dan Tinggi Badan

Berat badan adalah parameter antropometri yang sangat labil. Dalam keadaan normal, dimana dalam keadaan seimbang antara konsumsi dan kebutuhan zat gizi, berat badan akan berkembang mengikuti pertambahan usia. Sebaliknya dalam keadaan abnormal terdapat dua kemungkinan perkembangan berat badan yaitu dapat berkembang cepat atau lebih lambat dari keadaan normal. Sedangkan tinggi badan merupakan salah satu parameter yang dapat melihat keadaan status gizi sekarang dan keadaan yang telah lalu. Dimana, Tinggi badan merupakan jarak vertikal yang diukur dari alas kaki sampai ke ujung kepala.

1.2. Menentukan Kondisi Tubuh ideal

Cara yang paling umum digunakan untuk menentukan kondisi tubuh ideal adalah dengan menggunakan IMT. Caranya adalah berat badan dalam satuan kilogram dibagi dengan tinggi badan dengan satuan meter yang sebelumnya sudah dikuadratkan. Untuk mengetahui nilai IMT ini, dapat dihitung dengan rumus berikut [4]:

$$\text{Indeks massa tubuh (IMT)} = \frac{\text{Berat Badan}}{\text{Tinggi Badan} \times \text{Tinggi Badan}} \dots\dots\dots (1)$$

Setelah hasil perhitungan IMT sudah diketahui, kemudian kondisi tubuh manusia dapat disesuaikan dengan tabel 1 sebagai berikut:



Tabel 1. Kondisi Tubuh Berdasarkan IMT [1]

IMT	Kondisi Tubuh	Keterangan
$x < 17$	Sangat kurus	Kekurangan berat badan tingkat berat
$17 < x < 18,5$	Kurus	Kekurangan berat badan tingkat ringan
$18,5 < x < 25$	Ideal	Berat badan seimbang dengan tinggi badan
$25 < x < 27$	Gemuk	Kelebihan berat badan tingkat ringan
$x > 27$	Sangat gemuk	kelebihan berat badan tingkat berat

1.3. *Fuzzy Logic Sugeno*

Logika fuzzy sugeno diperkenalkan oleh Takagi Sugeno pada tahun 1985 yang merupakan varian dari model mamdani. Dalam inferensinya *Fuzzy Logic Sugeno* menggunakan tahapan berikut:

- a. Fuzzyfikasi
- b. Pembentukan basis pengetahuan fuzzy (*Rule* dalam bentuk *IF.... THEN*)
- c. Mesin inferensi
Menggunakan fungsi implikasi *Min* untuk mendapatkan nilai α -predikat tiap-tiap rule ($\alpha_1, \alpha_2 \dots \dots \alpha_n$). Kemudian masing nilai α -predikat digunakan untuk menghitung keluaran hasil inferensi secara tegas masing-masing rule ($z_1, z_2 \dots \dots z_n$)
- d. Defuzzyfikasi
Menggunakan metode rata-rata (*Average*) [5].

$$z' = \frac{\sum \mu_i z_i}{\sum \mu_i} \dots \dots \dots (2)$$

1.4. *Arduino Uno*

Arduino Uno adalah papan kendali tunggal berbasis mikrokontroler ATMEGA 328 yang bersifat *open source* dan memberikan kemudahan dalam pemrograman dan pengembangan *hardware*. Pada papan Arduino Uno terdapat 14 pin digital (pin 0 – pin 13) yang beroperasi pada tegangan 5 volt da mampu memberikan maupun menerima arus maksimum sebesar 40 mA dengan resistor *pull-up* 20 – 50 kΩ. Setiap 14 pin digital pada Arduino Uno dapat digunakan sebagai *input* dan *output*, menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()` [6].



Gambar 1 Papan Arduino Uno R3 [6]

Pemrograman papan Arduino Uno menggunakan *software* Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) yang bersifat *open source*. Arduino IDE sudah dilengkapi *file* pustaka tambahan yang berisi fungsi/*method* seperti menghubungkan ke jaringan dengan Wifi/Ethernet, membuat *server* sederhana, mengendalikan *motor stepper*, komunikasi data seri, dan sebagainya [7]. Sedangkan kode program Arduino disebut dengan *sketch* yang memiliki struktur yang mirip seperti Bahasa C.

1.5. *Load Cell*

Load cell adalah sensor gaya dan tekanan, apabila dikenai gaya atau tekanan maka bentuknya akan berubah, perubahan bentuknya ini menyebabkan resistansinya akan berubah [8]. Pada sensor *load cell* terdapat elemen pegas yang mampu memberikan sinyal tegangan jika ada tarikan atau tekanan yang diberikan pada sensor *load cell*. Sensor ini mampu menghasilkan sinyal keluaran yang



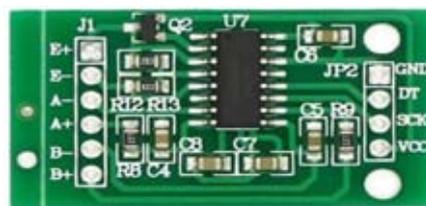
berubah secara kontinu dengan nilai *output* berbanding lurus dengan beban yang diterapkan [9]. Prinsip kerja dari *load cell* adalah menggunakan perlawanan listrik ke tegangan logam *foil* yang saling berhubungan, dititik maksimum tegangan elemen tersebut diukur kemudian dikonversi mejadi tegangan listrik proporsional [10]. Tingkat keakurasian dari pengukuran berat bergantung pada jenis *load cell* yang dipakai.



Gambar 2. Single point *load cell* [9]

1.6. Modul Amplifier HX711

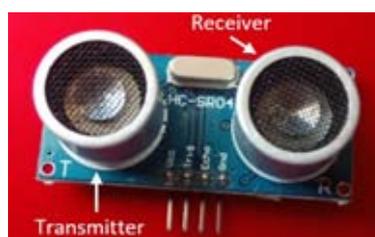
Modul HX711 merupakan modul amplifier yang biasa digunakan dalam rangkaian timbangan digital sebagai modul konversi sinyal analog ke digital pada *load cell* [11]. Modul HX711 menguatkan tegangan dari *load cell* saat *load cell* bekerja kemudian di ubah menjadi data digital. Kelebihan daripada modul Hx711 adalah struktur yang sederhana, mudah dalam penggunaan, hasil yang stabil dan *reliable*, memiliki sensitifitas yang tinggi dan mampu mengukur perubahan dengan cepat [12].



Gambar 3. Modul HX711 [12]

1.7. Sensor Ultrasonik

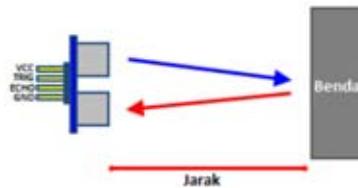
Sensor ultrasonik merupakan suatu komponen elektronik yang digunakan untuk mengukur jarak dengan cara mendeteksi pantulan gelombang ultrasonik. Sensor ultrasonik menghasilkan gelombang suara dengan frekuensi 40 kHz [13].



Gambar 4. Modul Sensor Ultrasonik HC-SR04

HC-SR04 adalah modul sensor ultrasonik yang siap pakai dengan kemampuan mengukur jarak suatu benda diantara 2 cm – 400 cm dengan sudut pantul gelombang pengukuran 15 derajat dan akurasi jarak sebesar 3 mm. HC-SR04 memiliki 4 pin (Vcc, Gnd, Trig, dan *Echo*) dan beroperasi pada tegangan sumber sebesar 5.0 V. Pin Vcc untuk sumber tegangan positif, pin Gnd untuk *ground*-nya, pin trigger untuk masukan sebagai pembangkit gelombang ultrasonik, dan pin *Echo* sebagai pin keluaran untuk memberikan nformasi pendeteksian gelombang ultrasonik yang dipantulkan. Cara kerja modul HC-SR04 yaitu ketika diberikan tegangan positif (5 V) pada pin Trig selama 10 μ S melalui mikrokontrol maka pada bagian *transmitter* akan membangkitkan 8 *step* gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40 kHz. Selanjutnya gelombang ultasonik yang terpantul oleh benda akan

diterima oleh bagian *receiver*. Pin echo kemudian akan memberikan informasi pada mikrokontroler bahwa bagian receiver telah menerima pantulan gelombang ultrasonik. Kemudian mikrokontroler akan menghitung jarak berdasarkan selis antara waktu pemancaran gelombang ultrasonik dan waktu pemantulan gelombang ultrasonik.



Gambar 5. Cara kerja Sensor Ultrasonik [14]

Karena kecepatan bunyi adalah 340 m/s, maka rumus untuk mencari jarak berdasarkan ultrasonik adalah [14]:

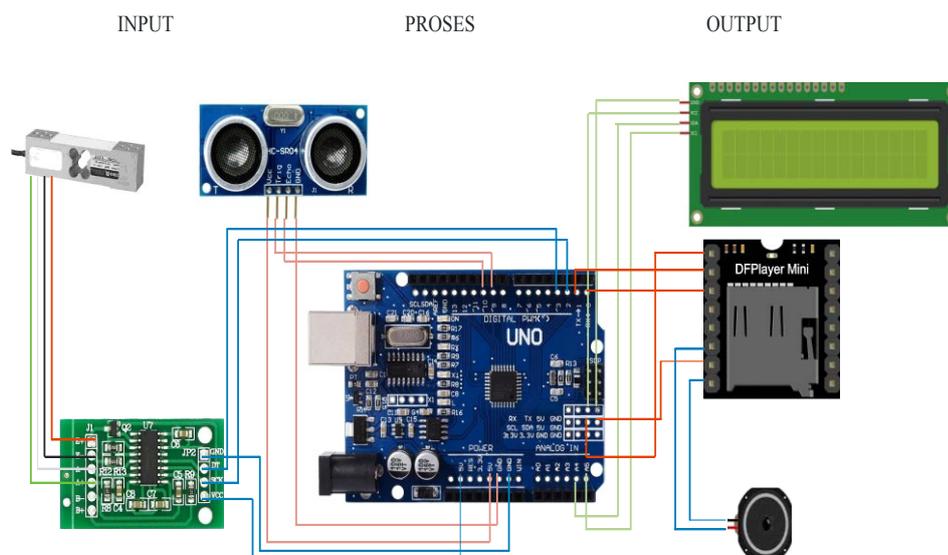
$$s = 340 \times t/2 \dots\dots\dots (3)$$

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan meliputi : 1) Studi Pustaka, meliputi mencari, mengkaji dan mempelajari berbagai macam teori yang mendukung dan berkaitan dengan penelitian yang sedang dilakukan. Teori-teori ini didapatkan dari jurnal ilmiah, hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya serta dari berbagai buku referensi yang mendukung penelitian ini; 2) Perancangan *hardware* yaitu proses perancangan alat dari material dan komponen yang dibutuhkan sesuai dengan desain yang sudah direncanakan; 3) Perancangan *software* yaitu mengaplikasikan berbagai macam teknik dan prinsip untuk mendefinisikan secara rinci suatu perangkat, proses atau sistem agar dapat direalisasikan dalam suatu bentuk fisik; 4) Pengujian alat, untuk mengetahui apakah alat tersebut sudah bekerja dengan maksimal sesuai dengan target yang diharapkan 5) Menganalisa data yang telah didapatkan pada saat pengujian alat. Pada tahap ini diharapkan dapat ditemukan sebuah gagasan baru dalam mengurangi kesalahan pada tiap tahapan di atasnya.

2.1. Perancangan *Hardware*

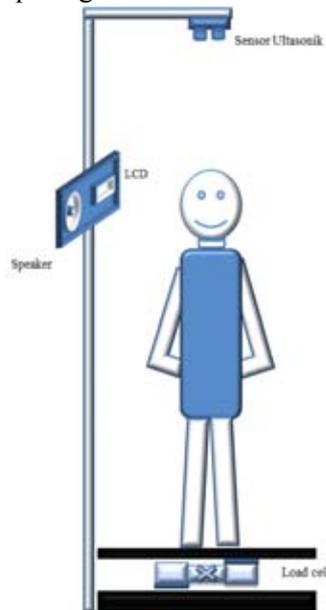
Penelitian ini menggunakan dua sensor yaitu sensor berat (*load cell*) dan sensor ultrasonik. Sensor berat (*load cell*) dipasang pada sebuah plat besi untuk mengukur tinggi badan dan akan bekerja jika ada beban. Sedangkan sensor ultrasonik dipasang pada tiang dengan ketinggian 2 meter yang digunakan untuk mengukur tinggi badan. Untuk blok diagram rangkaian dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Blok Diagram Rangkaian Alat Prediksi Kondisi Tubuh Ideal



Selain itu LCD 16x2 digunakan untuk menampilkan data hasil dari pengukuran berat badan dan tinggi badan. Sedangkan *speaker* mengeluarkan suara yang menyebutkan kondisi tubuh seseorang yang sedang melakukan pengukuran. Untuk desain alat prediksi kondisi tubuh ideal menggunakan metode *fuzzy logic* sugeno dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Rancangan Alat Prediksi kondisi tubuh ideal

2.2. Perancangan *Software*

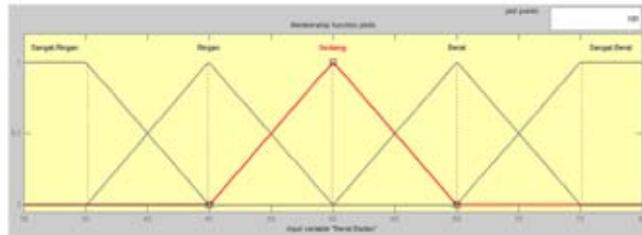
Perancangan *software* dari sistem prediksi kondisi tubuh ideal mengikuti *flowchart* sesuai dengan gambar 6 sebagai berikut.



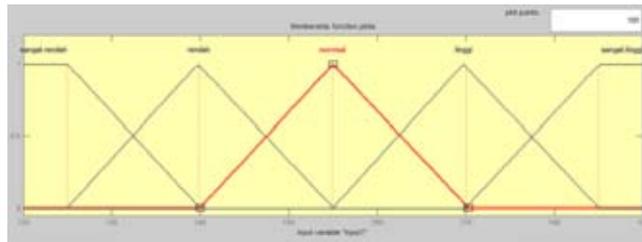
Gambar 8. *Flowchart* Sistem

Sistem dibangun dengan menggunakan metode *fuzzy logic* yang memerlukan beberapa langkah sehingga terbentuk suatu keputusan *output* dari sistem sesuai dengan perhitungan. Perancangan bentuk himpunan dan fungsi keanggotaan fuzzy dilakukan pada tahap Fuzzifikasi Langkah pertama adalah fuzzifikasi yaitu proses konversi *input* yang bersifat tegas kedalam bentuk (*fuzzy*) variabel linguistik menggunakan fungsi keanggotaan. Jika *crisp input* memiliki derajat

keanggotaan 1, maka *crisp input* tersebut sudah jelas termasuk dalam anggota variabel linguistik dari fungsi yang mengenainya, hal yang sebaliknya akan terjadi jika nilai *crisp input* yang didapat adalah 0 [14]. Perancangan himpunan *fuzzy* berat badan dan tinggi badan dapat dilihat pada gambar 9 dan 10.



Gambar 9. Fuzzyfikasi Berat badan

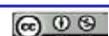


Gambar 10. Fuzzyfikasi Tinggi

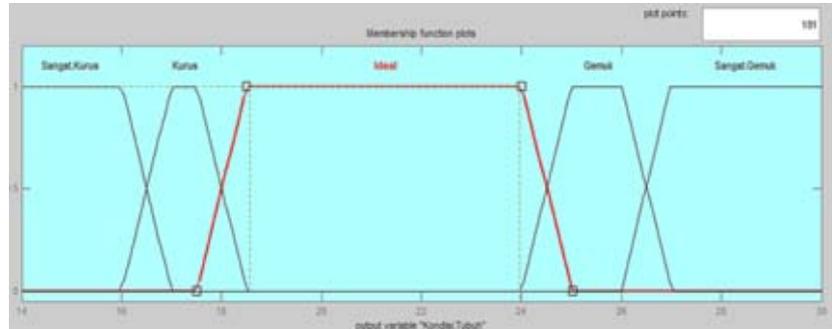
Setelah dilakukan proses fuzzyfikasi dilanjutkan ke proses pembuatan *rule base fuzzy*. Untuk *rule base* pada sistem ini dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. *Rule base fuzzy*

Rule No	Berat Badan	Tinggi Badan	Kondisi Tubuh
1	Sangat ringan	Sangat rendah	Ideal
2	Sangat ringan	Rendah	Ideal
3	Sangat ringan	Sedang	Kurus
4	Sangat ringan	Tinggi	Sangat kurus
5	Sangat ringan	Sangat Tinggi	Sangat kurus
6	Ringan	Sangat rendah	Gemuk
7	Ringan	Rendah	Ideal
8	Ringan	Sedang	Kurus
9	Ringan	Tinggi	Sangat kurus
10	Ringan	Sangat Tinggi	Sangat kurus
11	Sedang	Sangat rendah	Sangat gemuk
12	Sedang	Rendah	Gemuk
13	Sedang	Sedang	Ideal
14	Sedang	Tinggi	kurus
15	Sedang	Sangat Tinggi	Sangat kurus
16	Berat	Sangat rendah	Sangat gemuk
17	Berat	Rendah	Sangat gemuk
18	Berat	Sedang	Gemuk
19	Berat	Tinggi	Ideal
20	Berat	Sangat Tinggi	Kurus
21	Sangat berat	Sangat rendah	Sangat gemuk
22	Sangat berat	Rendah	Sangat gemuk
23	Sangat berat	Sedang	Sangat gemuk
24	Sangat berat	Tinggi	Gemuk
25	Sangat berat	Sangat Tinggi	Ideal



Setelah pembuatan *rule base* selesai, dilanjutkan pada proses inferensi untuk menentukan nilai α -Predikat dari masing-masing aturan. Setelah nilai α -Predikat dari masing-masing aturan diketahui, kemudian dilanjutkan ke proses defuzzyfikasi yaitu proses untuk mengubah *output* fuzzy yang diperoleh dari mesin inferensi menjadi nilai tegas. Untuk nilai *output* sistem dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. *Output* sistem kondisi tubuh

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengujian sensor Berat (*load cell*)

Pengujian sensor berat dilakukan dengan cara memberikan beban yang sudah ditimbang terlebih dahulu dengan timbangan yang digunakan sebagai berat acuan, sehingga dapat dibandingkan nilai yang terukur dengan alat yang dirancang. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 3

Tabel 3. Pengujian sensor berat

Berat (kg)	Berat Terukur				Error (kg)	Error (%)
	1	2	3	4		
1	1.12	1.10	1.05	1.13	0.10	10.00
2	2.24	2.15	2.14	2.18	0.177	8.25
3	2.95	2.86	2.90	2.94	0.087	2.90
4	3.85	3.90	3.78	3.87	0.15	3.75
5	4.75	4.79	4.84	4.91	0.177	3.54
6	6.12	6.23	6.25	6.15	0.187	3.11
7	7.15	7.21	7.15	7.25	0.19	2.71
8	8.15	8.21	8.18	8.21	0.187	2.33
9	8.98	8.87	8.91	8.78	0.137	1.52
10	9.88	9.89	9.78	9.91	0.135	1.35
Rata rata					0.153	3.95

Dari tabel hasil pengujian sensor berat (*load cell*) dapat dilihat bahwa sensor berat sudah berfungsi dengan cukup baik sesuai dengan yang diharapkan, dengan rata *error* hanya sebesar 0.153 kg, atau jika dibuat presentase sebesar 3.95%. Selain itu bisa dilihat pada tabel bahwa semakin besar nilai beban yang diukur maka nilai *error*-nya semakin kecil.

3.2. Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian Sensor Ultrasonik dilakukan dengan cara yaitu menghitung waktu dari gelombang ultrasonik pada sensor, yang di pancarkan sampai diterima kembali dan kemudian dihitung jarak tempuhnya. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 Pengujian sensor ultrasonik

Jarak (cm)	Jarak Terukur				Error (cm)	Error (%)
	1	2	3	4		
5	5.00	5.00	5.00	5.00	0.00	0.00
8	8.00	7.00	8.00	8.00	0.25	2.5
10	10.00	10.00	10.00	10.00	0.00	0.00
13	13.00	13.00	13.00	13.00	0.00	0.00
15	16.00	15.00	15.00	15.00	0.25	2.5
18	17.00	17.00	18.00	18.00	0.50	5.00
20	20.00	20.00	20.00	20.00	0.00	0.00
23	23.00	22.00	23.00	23.00	0.25	2.5
25	25.00	25.00	25.00	25.00	0.00	0.00
30	29.00	30.00	30.00	30.00	0.25	2.5
Rata rata					0.15	1.5

Dari tabel hasil pengujian tersebut dapat dilihat bahwa sensor ultrasonik sudah berfungsi dengan cukup baik sesuai dengan yang diharapkan, dengan *error* pengujian paling besar 1 cm, kalau diambil rata-rata dari semua pengujian yang dilakukan hanya terdapat *error* sebesar 0,15 cm atau jika dibuat presentase hanya sebesar 1,5%.

3.3. Pengujian Perangkat Lunak (*Software*)

Yang dimaksud dengan pengujian perangkat lunak (*software*) disini adalah pengujian program *fuzzy logic* pada arduino apakah sudah sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan secara manual apa belum. Yang pertama adalah pengujian fuzzyfikasi. Pada fuzzyfikasi terdapat dua pengujian yaitu pengujian fuzzyfikasi berat dan fuzzyfikasi tinggi. Untuk hasil dari nilai fuzzyfikasi berat dapat dilihat pada gambar 12.

```

BB= 61.47
TB= 166
s ringan= 0.00
ringan= 0.00
sedang= 0.35
berat= 0.65
s berat= 0.00
s rendah= 0.00
rendah= 0.00
normal= 0.27
tinggi= 0.73
s tinggi= 0.00
    
```

Gambar 12. Hasil fuzzyfikasi berat badan pada Arduino

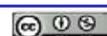
Pada pengujian program fuzzyfikasi tersebut pengujian berat sensor terbaca sebesar 61,47 kg. Pada perhitungan secara manual berat 61,47 kg masuk pada himpunan sedang dan berat dengan nilai derajat keanggotaan sebesar 0,35 untuk himpunan sedang dan 0,65 untuk himpunan berat. Pada hasil fuzzyfikasi tersebut juga menunjukkan bahwa untuk berat 61,47 kg masuk pada himpunan sedang dan berat dan nilai derajat keanggotaannya juga sebesar 0,35 untuk himpunan sedang dan 0,65 untuk himpunan berat. Dengan demikian hasil fuzzyfikasi berat sudah sesuai dengan perhitungan secara manual.

Selanjutnya adalah pengujian fuzzyfikasi tinggi. Untuk hasil dari nilai fuzzyfikasi tinggi dapat dilihat pada gambar 13.

```

BB= 61.47
TB= 166
s ringan= 0.00
ringan= 0.00
sedang= 0.35
berat= 0.65
s berat= 0.00
s rendah= 0.00
rendah= 0.00
normal= 0.27
tinggi= 0.73
s tinggi= 0.00
    
```

Gambar 13. Hasil Fuzzyfikasi Tinggi badan pada Arduino

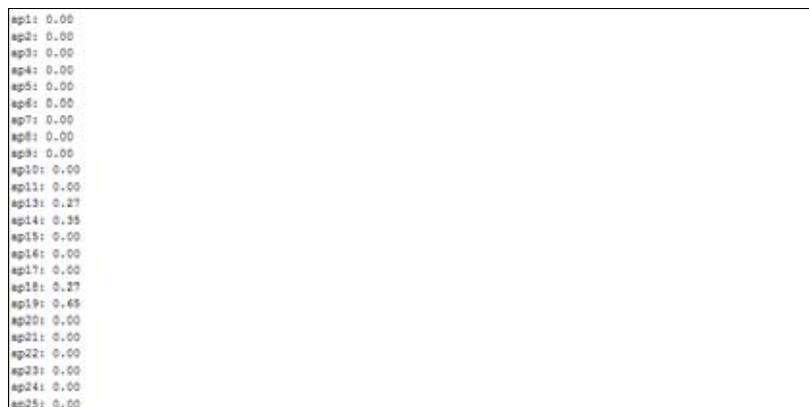


Pada pengujian program fuzzyfikasi tersebut pengujian tinggi sensor terbaca sebesar 166 cm. Pada perhitungan secara manual tinggi 166 cm masuk pada himpunan normal dan tinggi dengan nilai derajat keanggotaan sebesar 0,27 untuk himpunan normal dan 0,73 untuk himpunan tinggi, dan pada hasil fuzzyfikasi tersebut juga menunjukkan bahwa untuk tinggi 166 cm masuk pada himpunan normal dan tinggi dan nilai derajat keanggotaannya juga sebesar 0,27 untuk himpunan normal dan 0,73 untuk himpunan tinggi. Dengan demikian hasil fuzzyfikasi tinggi sudah sesuai dengan perhitungan secara manual.

Setelah itu kemudian dilanjutkan pada proses inferensi untuk menentukan nilai α -Predikat dari masing-masing aturan. Dari hasil pengukuran sensor menunjukkan berat 61,47 kg dan tinggi 166 cm. Karena berat 61,47 kg masuk himpunan sedang dan berat, dan tinggi 166 cm masuk himpunan sangat normal dan tinggi, maka terbentuk empat aturan yaitu :

1. IF berat [sedang] AND tinggi [normal] THEN Ideal
2. IF berat [sedang] AND tinggi [tinggi] THEN Kurus
3. IF berat [berat] AND tinggi [normal] THEN Gemuk
4. IF berat [berat] AND tinggi [tinggi] THEN Ideal

Untuk hasil proses inferensi dapat dilihat pada gambar 14 berikut ini :



Gambar 14 Hasil Proses Inferensi Pada Arduino

Dari empat aturan diatas, aturan 1 menjadi α -Predikat 13, aturan 2 menjadi α -Predikat 14, aturan 3 menjadi α -predikat 18 dan aturan 4 menjadi α -predikat 19. Pada proses inferensi ini dicari nilai minimum dari derajat keanggotaan pada masing-masing aturan. Pada hasil pengujian didapatkan nilai ap13 sebesar 0,27, nilai ap14 sebesar 0,35, nilai ap18 sebesar 0,27 dan nilai ap19 sebesar 0,65. Dengan demikian hasil proses inferensi pada pada arduino sudah sesuai dengan hasil perhitungan secara manual.

Setelah nilai α -Predikat dari masing-masing aturan diketahui, kemudian dilanjutkan ke proses defuzzyfikasi. Untuk hasil proses defuzzyfikasi dapat dilihat pada gambar 15 berikut ini :



Gambar 15. Hasil Proses Defuzzyfikasi Pada Arduino

Pada hasil defuzzyfikasi pada arduino, menunjukkan hasil perkalian masing masing α -predikat yang didapat dari proses inferensi dengan parameter yang telah ditentukan kemudian hasilnya dibagi dengan jumlah seluruh α -predikat yang didapat. Sehingga memperoleh hasil perhitungan sebesar 20,92 dan sekaligus menjadi hasil perhitungan IMT. Berdasarkan gambar diatas hasil sudah sesuai dengan hasil perhitungan defuzzyfikasi *fuzzy logic* secara manual. Untuk pengujian *software* secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 16.



Gambar 16. Hasil Pengujian Software

Pada hasil pengujian diatas, untuk pengujian berat badan dengan alat manual terukur 61 kg, sedangkan pada pengujian menggunakan alat prediksi kondisi tubuh ini terukur 61,47 kg, terdapat *error* sebesar 0,77 %. Untuk pengujian tinggi badan, pada alat manual terukur 166 cm, sedangkan pada alat prediksi kondisi tubuh ini juga terukur 166 cm. pada *software* untuk berat 61,47 kg masuk himpunan sedang dengan derajat keanggotaan 0,35 dan himpunan berat dengan derajat keanggotaan 0,65 sedangkan tinggi 166 cm masuk himpunan normal dengan derajat keanggotaan 0.27 dan himpunan tinggi dengan derajat keanggotaan 0.73. pada proses inferensi pada *software* didapatkan nilai 0,27 untuk ap13, nilai 0,35 untuk ap14, nilai 0,27 untuk ap18 dan nilai 0,65 untuk ap19. Kemudian masuk ke rumus defuzzyfikasi untuk menentukan hasil keseluruhan. Berdasarkan nilai ap yang didapat berarti masuk rumus defuzzyfikasi IMT dan di dapatkan nilai hasil 20,92 untuk pengukuran menggunakan alat prediksi kondisi tubuh ini. Sedangkan untuk pengukuran manual di dapatkan hasil 22,13, sehingga secara keseluruhan ditemukan *error* sebesar 5,46%. Hasil dari kedua pengukuran masuk dalam kategori kondisi tubuh yang sama yaitu kategori ideal.

3.4. Pengujian Perangkat Keras (*Hardware*)

Pengujian perangkat keras (*hardware*) adalah pengujian alat secara keseluruhan baik pengujian *hardware* maupun *software* untuk mengetahui apakah alat ini pengukurannya sudah sesuai dengan pengukuran secara manual atau belum. Untuk hasil pengujiannya dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5 Hasil Pengujian Alat

No	Alat Manual		Alat Otomatis		Hasil			Ket
	Berat	Tinggi	Berat	Tinggi	Manual	Otomatis	Error	
1	32	126	32,558	126	20,15	21,00	4,04%	Ideal
2	44	152	43,756	152	19,04	18,22	4,30%	Ideal
3	43	159	43,423	159	17,01	17,45	2,58%	Kurus
4	37	149	36,782	149	16,67	17,84	6,55%	Kurus
5	61	166	61,470	166	22,13	20,92	5,46%	Ideal
6	41	153	41,470	153	17,51	18,02	2,91%	Kurus
7	46	148	46,324	148	21,00	22,25	6,42%	Ideal
Rata-rata Error							4,61%	-

Berdasarkan tabel pengujian diatas, pada pengujian dengan alat manual untuk berat 32 kg dan tinggi 126 cm mendapatkan hasil IMT 20,15. Sedangkan pada alat otomatis terukur berat 32,558 kg dan tinggi 126 cm mendapatkan hasil IMT sebesar 21, terdapat *error* hasil IMT sebesar 4,04%, akan tetapi keduanya sama-sama masuk kategori kondisi tubuh ideal. Untuk berat 44 kg dan tinggi 152 cm pada pengukuran manual mendapatkan hasil IMT sebesar 19,04. Sedangkan pada alat otomatis terukur berat 43,756 kg dan tinggi 152 cm mendapatkan hasil IMT sebesar 18,22, terdapat *error* hasil IMT sebesar 4,3%, akan tetapi keduanya sama-sama masuk kategori kondisi tubuh ideal. Untuk berat

43 kg dan tinggi 159 cm pada pengukuran manual mendapatkan hasil IMT sebesar 17,01. Sedangkan pada alat otomatis terukur berat 43,432 kg dan tinggi 159 cm mendapatkan hasil IMT sebesar 17,45, terdapat *error* hasil IMT sebesar 2,58%, akan tetapi keduanya sama-sama masuk kategori kondisi tubuh kurus. Untuk berat 37 kg dan tinggi 149 cm pada pengukuran manual mendapatkan hasil IMT sebesar 16,67. Sedangkan pada alat otomatis terukur berat 36,782 kg dan tinggi 149 cm mendapatkan hasil IMT sebesar 17,84, terdapat *error* hasil IMT sebesar 6,55%, akan tetapi keduanya sama-sama masuk kategori kondisi tubuh kurus. Untuk berat 61 kg dan tinggi 166 cm pada pengukuran manual mendapatkan hasil IMT sebesar 22,13. Sedangkan pada alat otomatis terukur berat 61,47 kg dan tinggi 166 cm mendapatkan hasil IMT sebesar 20,92, terdapat *error* hasil IMT sebesar 5,46%, akan tetapi keduanya sama-sama masuk kategori kondisi tubuh ideal. Untuk berat 41 kg dan tinggi 153 cm pada pengukuran manual mendapatkan hasil IMT sebesar 17,51. Sedangkan pada alat otomatis terukur berat 41,47kg dan tinggi 153 cm mendapatkan hasil IMT sebesar 18,02, terdapat *error* hasil IMT sebesar 2,91%, akan tetapi keduanya sama-sama masuk kategori kondisi tubuh kurus. Dan untuk berat 46 kg dan tinggi 148 cm pada pengukuran manual mendapatkan hasil IMT sebesar 21. Sedangkan pada alat otomatis terukur berat 46,324 kg dan tinggi 148 cm mendapatkan hasil IMT sebesar 22,35, terdapat *error* hasil IMT sebesar 6,42%, akan tetapi keduanya sama-sama masuk kategori kondisi tubuh ideal. Dari lima kali pengujian, baik pengukuran dengan alat manual dan pengukuran dengan alat otomatis ini, secara keseluruhan terdapat rata-rata *error* hasil IMT sebesar 4,61%. Akan tetapi meskipun terdapat *error* pada hasil IMT, keduanya masih masuk dalam kategori kondisi tubuh yang sama, dengan demikian metode *fuzzy logic* sugeno dapat digunakan untuk memprediksi kondisi tubuh seseorang.

4. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan dari perancangan dan hasil pengujian pada alat prediksi kondisi tubuh ideal dengan menggunakan metode *fuzzy logic* sugeno ini dapat diambil kesimpulan antara lain sebagai berikut:

1. Dari penerapan metode *fuzzy logic* sugeno untuk memprediksi kondisi tubuh ideal pada manusia terdapat sedikit perbedaan dalam hasil perhitungan IMT.
2. Perbandingan hasil pengukuran menggunakan alat ukur manual dengan pengukuran menggunakan alat ukur otomatis, dapat disimpulkan bahwa rata-rata *error* deteksi jarak menggunakan sensor ultrasonik sebesar 1,5%, sedangkan untuk rata-rata *error* pengukuran berat menggunakan *load cell* sebesar 3,95%, sehingga rata-rata *error* yang dihasilkan sistem terhadap perhitungan IMT sebesar 4,61%. Akan tetapi meskipun terdapat *error* pada hasil IMT, keduanya masih masuk dalam kategori kondisi tubuh yang sama.

4.2. Saran

Dari perancangan alat prediksi kondisi tubuh ideal menggunakan metode *fuzzy logic* sugeno dan dilakukan pengujian diketahui bahwa alat tersebut masih memiliki kekurangan dan masih perlu untuk disempurnakan lagi supaya menjadi alat prediksi kondisi tubuh ideal yang memiliki hasil akurat yaitu dengan cara :

1. Tipe *load cell* yang digunakan memiliki tingkat keakurasian yang tinggi untuk hasil pengukuran yang lebih baik.
2. Pada saat sedang melakukan pengukuran tubuh hendaknya pada posisi diam dan tenang, karena pembacaan nilai sensor sangat sensitif dan cenderung tidak akurat jika ada gerakan meskipun sedikit.

REFERENSI

- [1] “Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No 41 Tahun 2014 Tentang Pedoman Gizi Seimbang”.
- [2] R. A. Putri Dan E. Setiawati, “Pengaruh Circuit Training Terhadap Indeks Massa Tubuh Pada Anak Obesitas,” *Jurnal Kedokteran Diponegoro*, Vol. Vi, Pp. 12-19, 2017.
- [3] N. L. Ariani Dan S. M. Af, “Keterkaitan Aktivitas Fisik Dengan Indeks Massa Tubuh (Imt),” *Jurnal Care*, Vol. V, No. 2, Pp. 457-465, 2017.

- [4] R. N. Fatimah, "Diabetes Melitus Tipe 2," *Jurnal Majority*, Vol. Iv, No. 5, Pp. 93-101, 2015.
- [5] T. Sutojo, *Kecerdasan Buatan*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2011.
- [6] S. J. Sokop, D. J. Mamahit Dan S. R. Sompie, "Trainer Periferal Antarmuka Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, Vol. V, No. Iii, Pp. 13-23, 2016.
- [7] M. P. T. Sulistyanto, D. A. Nugraha, N. Sari, N. Karima Dan W. Asrori, "Implementasi Iot (Internet Of Things) Dalam Pembelajaran Di Universitas Kanjuruhan Malang," *Smartics Journal*, Vol. I, No. 1, Pp. 20-23, 2015.
- [8] P. M.N.Manege, E. K. Allo Dan Bahrin, "Rancang Bangun Timbangan Digital Dengan Kapasitas 20kg Berbasis Microcontroller Atmega8535," *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, Vol. Vi, No. 1, Pp. 57-62, 2017.
- [9] T. Septiana Dan Zaini, "Perancangan Dan Implementasi Sistem Monitoring Beban Dan Kecepatan Kendaraan Menggunakan Teknologi Weigh In Motion," *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, Vol. Vii, No. 2, Pp. 60-68, 2018.
- [10] E. R. Hurmuzi, D. A. Prasetya Dan Suprayogi, "Estimasi Jarak Dan Kecepatan Pada Alat Uji Statis Roket Latih Experiment Dengan Pedekatan Gaya Dorong Optimal," Dalam *Prosiding Snatif*, 20 17.
- [11] Wahyudi, A. Rahman Dan M. Nawawi, "Perbandingan Nilai Ukur Sensor Load Cell Pada Alat Penyortir Buah Otomatis Terhadap Timbangan Manual," *Jurnal ELKOMIKA*, Vol. V, No. 2, Pp. 207-220, 2017.
- [12] Zulkiflisaid Dan S. Syarif, "Laundry Point Of Sale Embedded System Menggunakan Raspberry Pi," *Jurnal IT : Media Informasi STMIK Handayani Makassar*, Vol. VII, No. 3, Pp. 150-157, 2017.
- [13] R. T. Yunardi, Winarno Dan Pujiyanto, "Analisa Kinerja Sensor Inframerah Dan Ultrasonik Untuk Sistem Pengukuran Jarak Pada Mobile Robot Inspection," *Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, Vol. Vi, No. 1, Pp. 33-41, 2017.
- [14] A. D. Limantara, Y. C. S. Purnomo Dan S. W. Mudjanarko, "Pemodelan Sistem Pelacakan Lot Parkir Kosong Berbasis Sensor Ultrasonic Dan Internet Of Things (Iot) Pada Lahan Parkir Diluar Jalan," *Prosiding Semnastek*, 2017.
- [15] R. Aisuwarya Dan R. Annafi, "Implementasi Fuzzy Logic Controller Untuk Pengendali Kecepatan Roda Pada Mobile Robot Dengan Variasi Nilai Set Point," *Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, Vol. Vi, No. 2, Pp. 182-193, 2017.



Implementasi Sistem Informasi Manajemen Inventaris Berbasis Web Di Pusat Teknologi Informasi Dan Komunikasi – BPPT

Alief Maulana¹, Muhammad Sadikin², Arief Izzuddin³

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten.

Informasi Artikel

Naskah Diterima : 16 Maret 2018

Direvisi : 14 April 2018

Disetujui : 15 Juni 2018

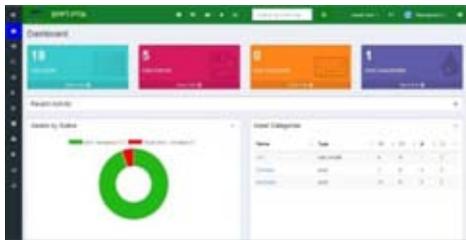
*Korespondensi Penulis :

aliefftuntirta@gmail.com

kinteam14@gmail.com

ariefizzuddin19@gmail.com

Graphical abstract



Abstract

Web-based inventaris information system can be a solution for management of investment information data that has done manually in the environment of Information and Communication Technology Center - BPPT. In addition, the DIPA (Annual Budget Implementation) program held annually at PTIK-BPPT requires the monitoring or reporting of existing asset data. Using a web-based inventory information system can help ease and speed up the procurement process of DIPA programs, as well as manage stock options, asset lending and asset recovery assets and demand for consumables that have been manually turned into web-based applications. Use of web-based information system applications can be a solution to manage inventory. The use of Snape-IT applications can be an option, since the content available in the Snape-IT application supports the existing needs of the company, but much of the content must be tailored to the business of inventory management processes that are still manual

Keywords: Information System, Inventory, Snape-IT.

Abstrak

Sistem informasi inventaris yang berbasis web bisa menjadi solusi untuk manajemen dan pengelolaan data informasi investasi yang selama ini masih dilakukan secara manual di lingkungan Pusat Teknologi Informasi dan Komunikasi – BPPT. Di samping itu, program DIPA (Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran) yang diadakan setiap tahun di PTIK-BPPT perlu adanya monitoring atau pelaporan data aset yang ada. Dengan menggunakan sistem informasi inventari berbasis web, dapat membantu meringankan dan mempercepat proses pengadaan barang dari program DIPA, serta dapat memanejmn stock opname, asset maintenances peminjaman dan pengembalian aset dan permintaan barang habis pakai yang selama ini masih manual menjadi aplikasi berbasis web. Penggunaan aplikasi sistem informasi berbasis web bisa menjadi solusi untuk memanejmen inventari. Penggunaan aplikasi Snape-IT menjadi bisa menjadi pilihan, karna konten-konten yang terdapat pata aplikasi Snape-IT sangat mendukung kebutuhan yang ada pada perusahaan, akan tetapi banyak konten-konten yang harus disesuaikan dengan bisnis proses manajemen inventaris yang selama ini masih manual.

Kata Kunci: Sistem Informasi, Inventaris, Snape-IT.

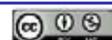
© 2018 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang masalah

Seiring dengan Sistem informasi inventaris semakin banyak digunakan untuk membantu suatu perusahaan untuk mengelola sesuatu yang memerlukan pendataan dan bahan evaluasi perusahaan, dalam jangka waktu yang ditentukan. Tanpa sebuah sistem informasi berbasis web maka data perusahaan tidak tercatat dengan benar dan cepat jika masih menggunakan sistem manual.

Oleh karena itu, menggunakan sistem informasi invertaris yang berbasis web menjadi solisi pengganti dari pengelolaan data informasi investasi yang dilakukan secara manual di lingkungan Pusat Teknologi Informasi dan Komunikasi – BPPT. Di samping itu, program DIPA (Daftar Isian



Pelaksanaan Anggaran) yang diadakan setiap tahun di BPPT menjadi solusi untuk pendataan barang-barang yang dihibahkan.

Dengan menggunakan sistem informasi inventari berbasis web, dapat membantu meringankan dan mempercepat proses pengadaan barang, *stock opname*, *Asset Maintenances* peminjaman dan pengembalian aset dan permintaan barang habis pakai yang manual menjadi aplikasi berbasis web. Sistem merupakan suatu kumpulan atau kesatuan dari jaringan kerja dari prosedur-prosedur yang saling berhubungan, elemen-elemen yang saling berkaitan untuk mencapai suatu tujuan tertentu.

Pengertian Informasi merupakan suatu data yang telah diproses menjadi bentuk yang memiliki arti bagi penerima dan dapat berupa fakta maupun suatu nilai yang bermanfaat. Jadi ada suatu proses transformasi data menjadi suatu informasi dari *input* yang diproses atau dikelola yang menghasilkan suatu *output*[2].

Sistem informasi dapat didefinisikan sebagai suatu sistem didalam suatu organisasi yang merupakan kombinasi manusia (SDM), fasilitas, teknologi, media, prosedur-prosedur, dan pengendalian yang ditujukan untuk mendapatkan jalur komunikasi penting, memproses tipe transaksi rutin tertentu, memberi sinyal kepada manajemen dan lainnya terhadap kejadian-kejadian internal dan eksternal yang penting dan menyajikan suatu dasar informasi untuk mengambil keputusan yang baik. Informasi didapatkan dari sistem informasi (*information system*) atau disebut juga dengan *processing system* atau *information processing systems*.

Persediaan adalah aktiva yang terdiri untuk dijual dalam kegiatan usaha normal, proses produksi dan atau dalam perjalanan serta dalam bentuk bahan atau perlengkapan (*supplier*) untuk digunakan dalam proses produksi atau pemberian jasa. (Indrajit, 2003).

Mengimplementasikan sesuatu harus memahami hasil dari analisa yang telah dilakukan. Analisa manajemen sistem merupakan proses memilah-milah suatu permasalahan menjadi bagian-bagian yang lebih kecil untuk dipelajari guna mempermudah pemecahan permasalahan dari suatu sistem informasi. Pada tahap analisis diperlukan suatu pendekatan analisis guna menghindari kesalahan-kesalahan yang mungkin muncul pada tahap selanjutnya yaitu pada tahap perancangan dan implementasi, karena pada tahap ini merupakan tahapan yang paling penting.

1.2 Tujuan

Tujuan penulisan kerja praktek antara lain:

1. Menganalisis bisnis proses sistem inventory perusahaan
2. Mencari software yang cocok dengan apa yang dibutuhkan perusahaan
3. Mengimplementasikan software yang telah didapatkan pada perusahaan

1.3 Batasan Masalah

Pembatasan masalah dibuat agar bahasan tidak meluas dari tema yang telah ditentukan, batasan masalah pada laporan ini diantaranya:

- 1) Aplikasi Sistem Informasi berbasis Web.
- 2) Mengimplementasikan proses pengadaan barang, *stock opname*, peminjaman dan pengembalian aset, *Asset Maintenances* dan permintaan barang habis pakai yang manual menjadi aplikasi berbasis web.
- 3) Ruang lingkup aplikasi Sistem Informasi hanya di lingkungan Pusat Teknologi Informasi dan Komunikasi – BPPT.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Dasar Sistem

Sistem merupakan suatu kumpulan atau kesatuan dari jaringan kerja dari prosedur-prosedur yang saling berhubungan, elemen-elemen yang saling berkaitan untuk mencapai suatu tujuan tertentu.

2.1.1. Karakteristik Sistem

- a) Memiliki komponen, Sistem biasanya terdiri dari sejumlah komponen yang saling berhubungan satu sama lain yang bekerja sama membentuk satu kesatuan. Setiap sistem tidak peduli. betapapun kecilnya, selalu mengandung komponen-komponen. Setiap subsistem mempunyai sifat-sifat dari sistem untuk menjalankan suatu fungsi tertentu dan mempengaruhi proses sistem secara keseluruhan.



- b) Lingkungan luar sistem (environment), Lingkungan luar sistem merupakan sesuatu di luar batas dari sistem yang mempengaruhi operasi sistem.
- c) Batas sistem (boundary), Batas sistem yaitu pembatas antara suatu sistem dengan sistem yang lainnya atau dengan lingkungan luarnya. Batas sistem ini bisa menjadi suatu sistem yang dipandang sebagai suatu kesatuan. Batas suatu sistem menunjukkan ruang lingkup (scope) dari sistem tersebut.
- d) Penghubung sistem (interface), Penghubung sistem yaitu media penghubung antara satu komponen dengan komponen yang lainnya pada suatu system
- e) Masukan sistem (*input*), Masukan sistem adalah energi yang dimasukkan ke dalam sistem. Masukan dapat berupa masukan perawatan (*maintenance input*) dan masukan sinyal (*signal input*). *Maintenance input* adalah energi yang dimasukkan supaya sistem tersebut dapat beroperasi. *Signal input* adalah energi yang diproses

2.1.2. Klasifikasi Sistem

- a.) Sistem Abstrak (*Abstract System*); Merupakan sistem yang berupa suatu pemikiran yang tidak tampak secara fisik.
- b.) Sistem Fisik (*Physical System*); Merupakan sistem yang ada secara fisik sehingga contohnya: Sistem Akuntansi dan Sistem Produksi.
- c.) Sistem Alamiah (*Natural System*); Sistem yang terjadi karena proses alam yang berate tidak dibuat oleh manusia. Contohnya adalah Sistem Tata Surya dan Sistem Reproduksi.
- d.) Sistem Buatan Manusia (*Human Made System*); Merupakan sistem yang dirancang dan dibuat oleh manusia yang melibatkan interaksi manusia dengan mesin disebut *human machine system* (contoh Sistem Informasi)
- e.) Sistem Tertentu (*Deterministic System*); Sistem beroperasi dengan tingkah laku yang sudah dapat diprediksi. Interaksi bagian-bagiannya dapat dideteksi dengan pasti sehingga keluaran dari sistem dapat diramalkan. Contohnya: Sistem Komputer.
- f.) Sistem Tak Tentu (*Probabilistic System*); Sistem yang kondisi masa depannya tidak dapat diprediksi karena mengandung unsur probabilitas. Contohnya: Sistem Manusia.
- g.) Sistem Tertutup (*Close System*); Sistem yang tidak berhubungan dan tidak terpengaruh dengan sistem luarnya. Sistem ini bekerja secara otomatis tanpa adanya turut campur tangan dari pihak luarnya.
- g.) Sistem Terbuka (*Open System*); Sistem yang berhubungan dan terpengaruh dengan lingkungan luarnya. Lebih spesifik dikenal juga yang disebut dengan sistem terotomasi, yang merupakan bagian dari sistem buatan manusia dan berinteraksi dengan kontrol oleh satu atau lebih komputer sebagai bagian dari sistem yang digunakan dalam masyarakat modern.

2.2 Pengertian Dasar Informasi

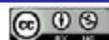
2.2.1. pengertian informasi

Pengertian Informasi merupakan suatu data yang telah diproses menjadi bentuk yang memiliki arti bagi penerima dan dapat berupa fakta maupun suatu nilai yang bermanfaat. Jadi ada suatu proses transformasi data menjadi suatu informasi dari *input* yang diproses atau dikelola yang menghasilkan suatu *output*[2].

2.2.2. Kualitas Informasi

Informasi merupakan cara menambahkan pengetahuan atau mengurangi ketidakpastian pemakai informasi. Maka kualitas informasi 3 hal seperti yang dikemukakan oleh Jogiyanto, yaitu sebagai berikut:

- a.) Informasi harus akurat, Akurat berarti informasi harus jelas mencerminkan maksudnya. Informasi harus bebas dari kesalahan-kesalahan dan tidak bias atau menyesatkan, sebab dari sumber informasi sampai ke penerima informasi kemungkinan banyak terjadi gangguan (*noise*) yang dapat mengubah dan merusak informasi tersebut.
- b.) Informasi harus relevan, informasi harus memiliki manfaat bagi pemakainya dan relevansi informasi bagi setiap orang akan berbeda.
- c.) Informasi harus tepat pada waktunya, perlu dipahami, mahalnya informasi dikarenakan harus cepatnya didapat sehingga diperlukan teknologi informasi untuk mengolah dan mengirimkannya. Informasi yang dikirim atau diterima tidak boleh terlambat diterima si penerima, sebab informasi yang usang tidak akan mempunyai nilai lagi. Apalagi jika



informasi tersebut merupakan dasar untuk dijadikan dalam pengambilan keputusan. Jika pengambilan keputusan terlambat maka berakibat fatal bagi suatu organisasi.

2.3 Pengertian Dasar Sistem Informasi

Sistem informasi dapat didefinisikan sebagai suatu sistem didalam suatu organisasi yang merupakan kombinasi manusia (SDM), fasilitas, teknologi, media, prosedur-prosedur, dan pengendalian yang ditujukan untuk mendapatkan jalur komunikasi penting, memproses tipe transaksi rutin tertentu, memberi sinyal kepada manajemen dan SI menjadi sangat begitu penting dan tergantung kepada kepada lainnya terhadap kejadian-kejadian internal dan eksternal yang penting dan menyajikan suatu dasar informasi untuk mengambil keputusan yang baik. Informasi didapatkan dari sistem informasi (information system) atau disebut juga dengan processing system atau information processing systems.

Komponen fisik sistem informasi dibagi menjadi 4 (empat):

- a.) Personal (humanware): pelaksana manajerial, data entry operator, computer operator, programmer, system analyst, dan database administrator.
- b.) Prosedur (organiware): kebijakan formal dan petunjuk untuk mengoperasikan sistem. Terdiri dari tatalaksana, prosedur pengolahan data, dan pedoman pemakai.
- c.) Perangkat pengolahan data (technoware): hardware, software, perangkat pendukung seperti jaringan komputer, sistem komunikasi, dan lainnya.
- d.) Data (inforware): database

2.4. Pengertian Inventory (Persediaan)

2.4.1 Definisi Persediaan

Persediaan adalah aktiva yang terdiri untuk dijual dalam kegiatan usaha normal, proses produksi dan atau dalam perjalanan serta dalam bentuk bahan atau perlengkapan (supplier) untuk digunakan dalam proses produksi atau pemberian jasa. (Indrajit, 2003)

2.4.2 Konsep Dasar Persediaan

Berdasarkan pengertian diatas istilah persediaan digunakan untuk menyatakan barang yang berwujud yaitu:

- a.) Tersedia untuk dijual
- b.) Masih dalam proses produksi untuk diselesaikan kemudian dijual (barang dalam proses atau pengolahan
- c.) Akan digunakan untuk produksi barang jadi yang akan dijual (bahan baku dan bahan pembantu) dalam rangka kegiatan normal perusahaan.

2.4.3 Prosedur Persediaan

Prosedur adalah suatu urutan kegiatan klerikal biasanya melibatkan beberapa orang dalam satu departemen atau lebih, yang dibuat untuk menjamin penanganan secara seragam transaksi perusahaan yang terjadi secara berulang ulang.

3.4.4 Metode Pencatatan Persediaan

Ada dua macam metode pencatatan persediaan, yaitu:

- 1) Metode mutasi persediaan (perceptual inventory method)
- 2) Metode persediaan fisik (physical inventory method) (Pressman, Roger S, 2002)

2.4.5 Pengendalian Persediaan (Inventory Control)

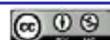
Pengendalian atau pemeliharaan barang-barang fisik merupakan sesuatu yang lazim di semua perusahaan. Untuk suatu perusahaan, persediaan persentasi yang besar dari modal kerja.

2.5. Basis Data

2.5.1. Konsep Dasar Basis Data

Basis dapat diartikan sebagai kumpulan, gudang, atau markas. dan data merupakan fakta mengenai suatu objek, manusia, dan lain-lain yang dapat dinyatakan dengan nilai semisal angka dan simbol. Dari kedua pengertian tersebut basis data dapat kita simpulkan, yaitu kumpulan dari suatu yang mempunyai keterkaitan satu dengan yang lain, sehingga membentuk suatu jaringan[4]. Sistem Basis Data merupakan suatu sistem menyusun dan mengelola record-record menggunakan computer untuk menyimpan atau merekam serta memelihara data operasional lengkap sebuah perusahaan sehingga mampu menyediakan informasi yang optimal yang diperlukan pemakai untuk proses mengambil keputusan.

Database Management System (DBMS) adalah merupakan suatu sistem software yang memungkinkan seorang user dapat mendefinisikan, membuat, dan memelihara serta menyediakan



akses terkontrol terhadap data. Database sendiri adalah sekumpulan data yang berhubungan dengan secara logika dan memiliki beberapa arti yang saling berpautan.

2.5.2. Tujuan Menggunakan Basis Data

Tujuan utama dari basis data dapat mengatur data sehingga diperoleh kemudahan, ketepatan dan kecepatan dalam penggunaan kembali data tersebut. Tidak adanya redundansi dan data bisa dijaga secara konsisten. Pengaturan dalam pemilahan data sesuai dengan fungsi dan jenisnya.

2.5.3. Manfaat Penggunaan Basis Data

- a.) Kecepatan dan Kemudahan (Speed). Dengan menggunakan basis data pengambilan informasi dapat dilakukan dengan cepat dan mudah.
- b.) Cukup dengan satu basis data pemusatan kontrolnya, karena untuk banyak keperluan, pengontrolan terhadap data juga cukup dilakukan di satu tempat saja.
- c.) Sebuah basis data dapat digunakan oleh banyak user dan banyak aplikasi atau biasa disebut pemakaian bersama (Shareability).
- d.) Dengan basis data kita dapat memilah-milah dan mem-backup data mana yang masih diperlukan dan data mana yang perlu kita simpan ke tempat lain (Availability).
- e.) Keakuratan dalam penerapan secara ketat aturan tipe data, domain data, keunikan data, hubungan antara data, dan lain-lain, dapat menekan keakuratan dalam pemasukan/penyimpanan data. (Accuracy)
- f.) Dengan pemakaian bersama ruang penyimpanan (space) efisiensi, kita tidak perlu menyediakan tempat penyimpanan diberbagai tempat, tetapi cukup satu saja sehingga ini akan menghemat ruang penyimpanan data yang dimiliki oleh sebuah perusahaan atau instansi.
- g.) Kebanyakan DBMS dilengkapi dengan fasilitas manajemen keamanan (security) bagi pengguna diberikan hak akses yang berbeda-beda sesuai dengan pengguna dan posisinya. Basis data bisa diberikan password-nya untuk membatasi orang yang mengaksesnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Implementasi Manajemen Sistem Informasi Inventaris

Mengimplementasikan sesuatu harus memahami hasil dari analisa yang telah dilakukan. Analisa manajemen sistem merupakan proses memilah-milah suatu permasalahan menjadi bagian-bagian yang lebih kecil untuk dipelajari guna mempermudah pemecahan permasalahan dari suatu sistem informasi. Pada tahap analisis diperlukan suatu pendekatan analisis guna menghindari kesalahan-kesalahan yang mungkin muncul pada tahap selanjutnya yaitu pada tahap perancangan dan implementasi, karena pada tahap ini merupakan tahapan yang paling penting.

Pendekatan yang dilakukan adalah mendefinisikan setiap masalah pada sistem yang sedang berjalan dan sekaligus melakukan evaluasi terhadap sistem yang berjalan tersebut dengan metode-metode yang ada, sehingga diperoleh suatu titik permasalahan dan diambil titik keputusan atas permasalahan yang ada.

3.1.1. Implementasi Secara Bahasa

Arti kata implementasi secara etimologi yaitu pelaksanaan, penerapan, dan menjalankan[7]. Sedangkan secara terminologi, implementasi merupakan suatu pelaksanaan yang bermuara pada aktifitas, aksi, tindakan untuk mencapai suatu tujuan kegiatan yang terencana.[8] Jadi, implementasi merupakan penerapan suatu sistem yang akan dilaksanakan setelah dilakukan analisa dan perencanaan.

3.1.2. Tujuan Perancangan

Tujuan dari perancangan manajemen sistem informasi inventaris ini diantara lain adalah untuk penerapan dan dapat mengimplementasikan proses pengadaan barang, stock opname, peminjaman asset, Asset Maintenances, pengembalian aset dan permintaan barang habis pakai yang manual menjadi aplikasi berbasis web. Sehingga dapat memudahkan dalam pendataan aset dengan baik dan benar yang ada dalam suatu perusahaan.

3.2. Metodologi



Metodologi merupakan suatu proses atau cara-cara yang sistematis yang digunakan dan berupaya untuk mengetahui semua jawaban sampai dapat mengambil kesimpulan dari masalah yang ada.

3.2.1 COTS (Commercial Off The Shelf)

COTS merupakan singkatan dari Commercial Off The Shelf, merupakan produk yang berupa suatu paket aplikasi, sub sistem ataupun modul-modul perangkat lunak yang telah dirancang sesuai dengan suatu standard proses bisnis tertentu dan tersedia secara luas di pasar (open source) untuk dapat dipergunakan dengan modifikasi seminimal mungkin[6]. Penggunaan metode ini dalam sistem informasi dapat dibedakan dalam 3 jenis, yaitu:

- a.) Penerapan paket aplikasi yang standard (COTS), yaitu suatu sistem informasi yang dikembangkan oleh vendor tertentu untuk memenuhi kebutuhan dari berbagai macam proses bisnis.
- b.) Pengembangan sistem secara In-house, yaitu adalah suatu sistem yang dikembangkan hanya untuk memenuhi kebutuhan spesifik dari satu instansi atau industri tertentu.
- c.) Sistem joint-venture, yaitu gabungan antara penerapan aplikasi standard dengan pengembangan in-house.

Kita menggunakan jenis yang pertama yaitu paket aplikasi standar (COTS), karna software yang ditawarkan biasanya masih sesuai kebutuhan atau dapat kita pilih sesuai yang dibutuhkan oleh perusahaan. Serta tidak harus membuat software dari awal, karena kita hanya menyesuaikan dari konten-konten yang ada dan mengubah hanya sedikit.

Metode COTS menawarkan beberapa keuntungan, diantaranya:

- 1) Sistem yang lebih baru dan bisa dijalankan lebih cepat karena tidak memerlukan program yang banyak.
- 2) Penjual COTS menentukan biaya pengembangan melalui semua pelanggan yang membeli software mereka. Jadi, mereka bisa melakukan perbaikan berkelanjutan atas software mereka.
- 3) Penjual COTS bertanggung jawab atas perbaikan system dan perbaikan error.
- 4) Lebih banyak fungsi bisnis yang sama dibandingkan dengan fungsi bisnis yang berbeda pada industri yang ada.

Serta kelemahan dari metode COTS dapat berupa:

- a.) Implementasi COTS yang sukses tergantung pada kesuksesan jangka panjang dan viabilitas dari vendor COTS.
- b.) Sistem yang dibeli jarang menggambarkan solusi ideal
- c.) Adanya keengganan untuk mengubah proses bisnis untuk beradaptasi dengan software
- d.) Jika meng-customize software yang telah dibeli, upgrade di masa yang akan datang harus diulang dan akan memakan biaya.

3.3 Pemilihan Software

Pemilihan software harus memenuhi dan sesuai yang dibutuhkan oleh perusahaan, oleh karena itu dalam pemilihan software harus berdasarkan ke empat komponen di bawah ini:

- 1) Keamanan. Sebuah software yang dipilih harus memiliki tingkat keamanan yang tinggi, yang berate tidak mudah untuk di ambil maupun dilihan data-data identitas yang ada di dalamnya oleh orang yang tidak berhak untuk mengaksesnya.
- 2) Mudah didapatkan. Software open sourcebiasanya menjadi pilihan utama untuk tahap pemilihan software yang akan digunakan sebagai pengujian untuk mengubah suatu yang baru diadakan dalam suatu perusahaan, sebagai pertimbangan kecocokan jika digantikan yang awalnya manual beralih ke software.
- 3) Kontinuitas. Seiring berkembangnya jaman, software server harus tetap dapat dikembangkan dan disesuaikan sesuai dengan kebutuhan yang ada.



4) Jaminan. Software yang dipilih harus memiliki kualitas yang terjamin. Dan jika terdapat kendala mudah dalam menahannya

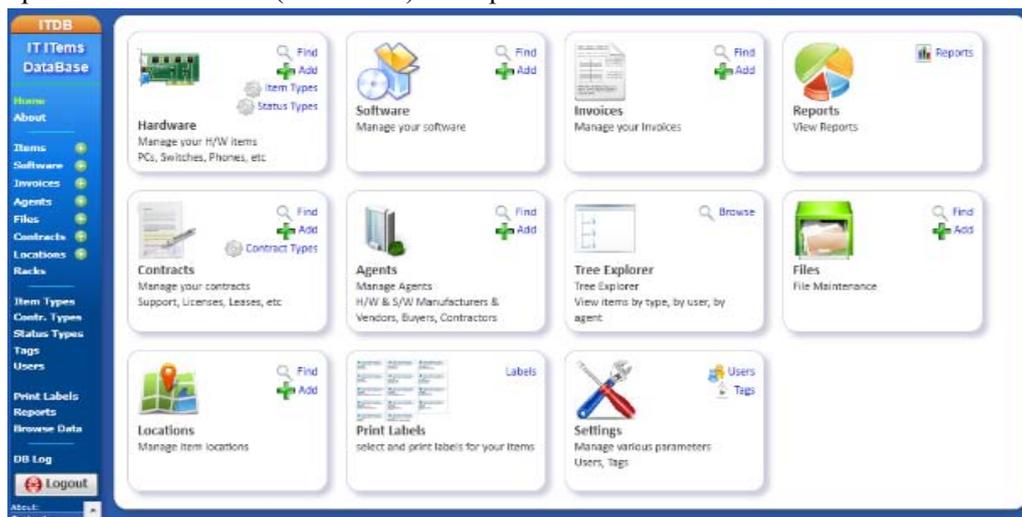
3.3.1. ITDB (ITems Data Base)

ITDB merupakan suatu aplikasi open source manajemen inventaris aset berbasis web yang digunakan untuk menyimpan informasi tentang aset yang digunakan di lingkungan kantor, dengan fokus aset TI. Berikut ini merupakan 5 konten utama yang terdapat pada aplikasi ITDB (ITems Data Base):

- 1) Item; Membuat atau mengedit jenis items, status items, log aktivitas, dan membuat tag untuk item.
- 2) Invoices; membuat bukti pembelian untuk perangkat keras, perangkat lunak, kontrak, dan lain-lain.
- 3) Software; Mendata semua perangkat lunak dan mengaitkan perangkat lunak dengan item dalam menu ini.
- 4) Racks; Memasukkan data serta menampilkan tata letak asset-aset.
- 5) Files; Membuat dan mengedit tipe file, item, invoices dan Contracts.

Aplikasi ITDB ini merupakan aplikasi open source yang bisa di unduh melalui situs resminya, yaitu; <http://www.sivann.gr/software/itdb/>, versi terbaru dari aplikasi ini di update pada tanggal 6 maret 2016 dengan versi 1.23. Karena aplikasi ini berbasis web, maka dapat dibuka melalui web browser seperti Firefox, Chrome, Opera, dll. Serta membutuhkan software pendukung yaitu apache 2.2, PHP, dan SQLite[8].

Konten-konten utama yang terdapat pada aplikasi ITDB (ITems Data Base) dapat kita lihat dari tampilan halaman utama (dashboard) dari aplikasi setelah melakukan demo:



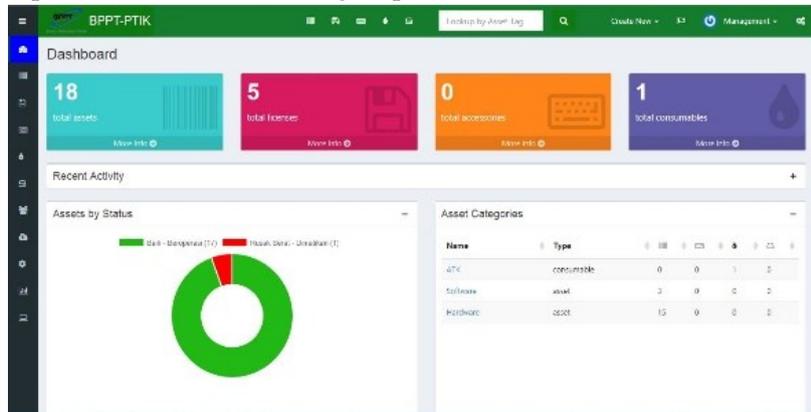
Gambar 3.1 Tampilan Muka Software (Dokumentasi Pribadi)

3.3.2. Snipe-IT

Software Snipe-IT adalah aplikasi yang dibuat untuk manajemen aset TI, merupakan proyek software Open Source (FOSS) gratis yang dibangun di atas Laravel, untuk memungkinkan departemen TI pada suatu perusahaan dapat melacak maupun mengetahui serta memanajemen aset-aset yang memiliki pada suatu tempat maupun departemen[9]. Dan berikut ini beberapa main features yang ada dalam aplikasi Snape-IT:

- 1) Lisensi; Merupakan konten yang memberikan lisensi pada semua asset yang ada dalam data.
- 2) Bahan habis pakai; Melakukan pendataan barang atau inventaris yang selalu berkurang setelah dipakai. Contohnya adalah kertas, tinta, pulpen, buku, dan lain-lain.

- 3) Aksesoris; Melakukan pendataan barang atau inventaris aksesoris yang dimiliki dan selalu digunakan oleh instansi dan tidak dapat dipinjamkan. Seperti list data barang pada setiap ruangan, meja, serta kursi kantor.
- 4) Pengaturan user; Pada menu konten people dapat mengatur pengguna dari aplikasi ini yaitu: SuperUser, Admin, dan User.
- 5) Asset; Dapat melakukan pendataan barang-barang inventaris yang dapat dipinjamkan perorang maupun bertempat.
- 6) Pembuatan laporan; Membuat dan mengarsipkan data asset dan aksesoris.



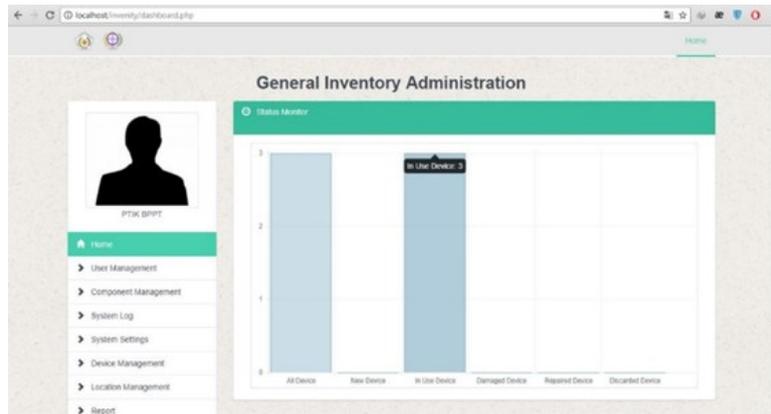
Gambar 3.2 Tampilan Dashboard Software (Dokumentasi Pribadi)

3.3.3. Invenity

Software Invenity ini seperti kedua software yang sebelumnya, dapat digunakan untuk pendataan barang dalam satu instansi ataupun perusahaan. Aplikasi inventaris ini bersifat open source, dan aplikasi ini melakukan pendataan barang terutama untuk barang elektronik yang terdapat detailnya seperti Serial Number, Brand, Model dan lain lain. Berikut ini beberapa main features yang ada dalam Software Invenity:

- 1) Pengaturan system; Dapat melakukan perubahan pengaturan sistem, seperti diubah namanya, logo dan detail lainnya yang berhubungan dengan sistem.
- 2) Pengaturan barang; Data barang dikelompokkan berdasarkan tipe.
- 3) Pengaturan lokasi; Laporan data perlokasi, tipe device, dan tempat yang merupakan nama ruangan dari suatu bangunan.
- 4) Pengaturan pengguna; mengatur data pengguna (user) yang dapat masuk ke dalam sistem.
- 5) Pengaturan laporan; Dapat menetapkan nama lokasi dari barang-barang yang ada di dalam sistem aplikasi.
- 6) Pengaturan komponen; Melakukan penambahan komponen pada aplikasi ini. Nantinya akan berpengaruh juga terhadap user permission (hak akses pengguna).
- 7) Pengaturan log; Log yang melakukan tracking (pelacakan) semua aktifitas yang dilakukan oleh pengguna pada sistem aplikasi ini[10].

Di bawah ini gambar tampilan dashboard yang dapat kita lihat pada halaman utama dari sistem Invenity:



Gambar 3.3 Tampilan Muka Software (Dokumentasi Pribadi)

Berikut ini merupakan tabel serta persentasi dari kebutuhan perusahaan dan kesesuaian ketiga software yaitu, ITDB (Items DataBase), Snape-IT, dan Invenity yang telah dilakukan pengujian (demo):

Tabel 3.1 Tabel Kebutuhan Dan Kesesuaian Dengan Software Yang Dipilih.

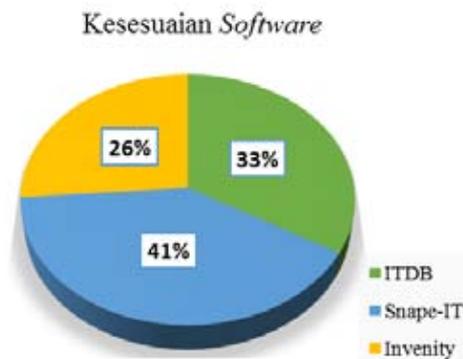
No	Kategori	ITDB	Snape-It	Invenity
1	peminjaman (<i>input-output</i>)	K	K	B
2	Kerusakan Barang	B	B	X
3	Pengelompokan Barang	B	B	B
4	<i>Login Multiuser</i>	K	B	X
5	<i>Stock Opname</i>	B	B	K
6	Barang Habis Pakai	X	B	X
7	Publikasi Barang	B	B	B
8	<i>Tracking</i> Barang	B	B	B
9	<i>Update Data</i> Setiap Bulan	B	B	B
10	Mencetak Form Peminjaman	X	X	X

Keterangan:

B: Bisa (terdapat dalam aplikasi tersebut)

K: Kurang (belum sesuai dengan penggunaan yang diharapkan)

X: Tidak bisa (Tidak konten yang mendukung)



Gambar 3.4 Persentasi Kesesuaian Software.

Berdasarkan data tabel, software ITDB (Items DataBase) mendapat Bisa= 6, Kurang= 2, dan Tidak bisa= 2. Software Snape-IT mendapat Bisa= 8, Kurang=1, dan Tidak bisa= 1. Sedangkan software Invenity mendapat Bisa= 5, Kurang= 1, dan Tidak bisa= 4. Dan data persentasi software ITDB (Items DataBase) mendapat persentasi 33%, Snape-IT 41%, dan Invenity 26%.



Dapat kita ketahui software yang paling memenuhi kebutuhan yang dibutuhkan oleh perusahaan dengan mendapat konten yang ada Bisa= 8, Kurang=1, dan Tidak bisa= 1, dan persentasi sebesar 41%. Yaitu terdapat pada software Snape-IT.

3.4. Snape-IT

Snape-IT adalah perangkat lunak berbasis web, ini berarti bahwa tidak ada file yang dapat dieksekusi (tidak ada file.exe), dan itu harus dijalankan pada server web dan diakses melalui browser web. Ini berjalan pada setiap rasa Linux atau OSX serta Windows, dengan ini berate perlu menyiapkan server web pada tumpukan LAMP (atau setara IIS).

Aplikasi Snape-IT dibangun di Laravel, ia mengikuti struktur file Laravel MVC standar. Dalam proyek Snape-IT, dapat terlihat public direktori. Direktori itu harus ditetapkan sebagai root pada dokumen. Untuk semua perintah pada baris perintah yang disebutkan dalam dokumentasi ini, harus selalu menjalankan perintah-perintah tersebut dari direktori proyek Snape-IT.

3.4.1. Persyaratan Instalasi.

a.) Persyaratan umum sitem yang dibutuhkan.

Tabel 3.2. Persyaratan Umum Sistem

	Kebutuhan	Catatan/instalasi
1	PHP >= 5.6.4	
2	Notepad ++	Editor teks khusus untuk edit file
3	Git	Disarankan agar mudah dipasang / ditingkatkan, tetapi kurang diperlukan.
4	MySQL atau MariaDB	Database
5	GD Library (>= 2.0) atau ekstensi Imagick PHP (>= 6.3.8)	Untuk pembuatan barcode dan gambar yang beristirahat untuk upload gambar.
6	XAMPP	

b.) Persyaratan khusus untuk Linux/OSX

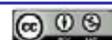
Mod Rewrite: Akses SSH ke server dengan klien SSH (seperti Terminal.app untuk Desktop OSX atau Putty untuk Desktop Windows

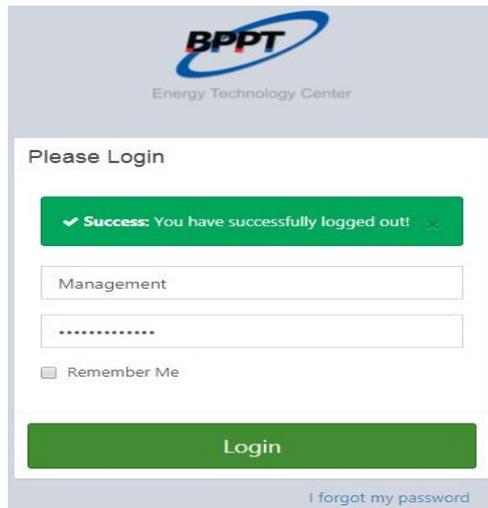
c.) Persyaratan Khusus untuk Windows Server

- 1) MariaDB 10.0.14 untuk Windows.
- 2) Composer, menginstal dengan menu shell.
- 3) IIS (Internet Information Services).
- 4) PHP Manager untuk IIS (membuat pengelolaan PHP pada IIS jauh lebih mudah).

4.4.3. Implementasi Snape-IT

Konten-konten yang berada pada aplikasi Snape-IT ini dapat diakses jika sudah *login*. Berikut ini tampilan *login*-nya:





Gambar 4.5 Tampilan *Login* Snape-IT

Setelah memasukan *username* dan *password*, akan menampilkan *dashboard* dari aplikasi, seperti berikut:



Gambar 4.6 Tampilan *Dashboard* Snape-IT

1.4.3.1 Proses Pengadaan Barang

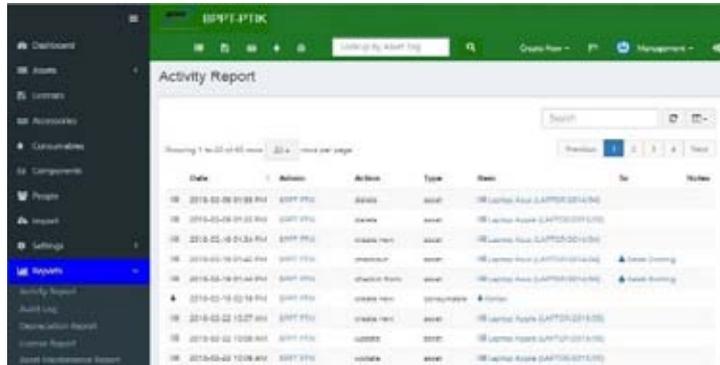
Proses pengadaan barang dan *input asset* atau barang *consumable* baru, dapat melalui *Dashboard* => *Toolbar Assets* => *List All* => *Create New* => kemudian isi *form Create New*. Jika sudah klik *Save* di pojok kanan bawah. Seperti gambar di bawah ini:

Gambar 4.7 Tampilan *Form Created New Assets*



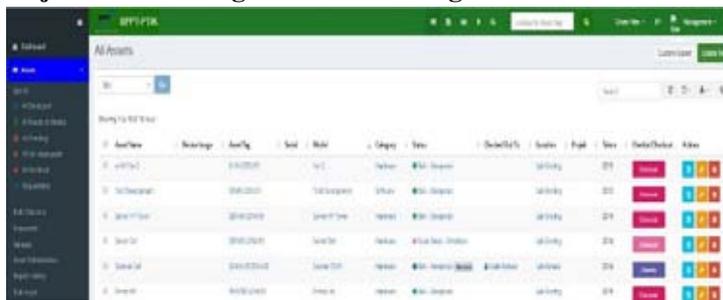
1.4.3.2 Proses Stock Opname

Proses *Stock Opname* dari seluruh aktivitas yang ada, dapat melalui *Dashboard* => *Toolbar Report* => *Activity Report*. Maka akan terlihat seluruh aktifitas yang terjadi pada aplikasi. Seperti mengadakan, membuat atau menghapus aset, *check-in* dan *check-out assets*. Terlihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.8 Tampilan *Stock Opname*

1.4.3.3 Proses Peminjaman dan Pengembalian Barang



Gambar 4.9 Tampilan Untuk Peminjaman dan Pengembalian Barang

1) Peminjaman barang

Proses Peminjaman barang atau *assets* yang bisa di pinjam adalah yang mempunyai status baik-beroperasi, selain status itu *assets* tidak dapat dipinjamkan, dapat melalui *Dashboard* => *Toolbar Assets* => *List All* => *Check Out* => kemudian mengisi *form* untuk peminjaman. Jika sudah klik *Check Out* di pojok kanan bawah. Seperti gambar di bawah ini:

Gambar 4.10 Tampilan *Form* Untuk Peminjaman

2) Pengembalian Barang

Proses Pengembalian barang atau *assets* yang bisa dikembalikan adalah yang mempunyai tanda ungu dan bertuliskan *checkin* pada kolom *Checkin/Checkout*, dapat melalui *Dashboard* => *Toolbar Assets* => *List All* => *Check In* => kemudian isi *form* untuk pengembalian. Jika sudah klik *Check In* di pojok kanan bawah. Seperti gambar di bawah ini:

Gambar 4.11 Tampilan *Form* Untuk Pengembalian

1.4.3.4 Permintaan Barang Habis Pakai

Proses permintaan barang habis pakai (*consumable*) adalah barang-barang yang apabila diambil atau diminta tidak bisa dikembalikan seperti kertas, pulpen, tinta, dan buku. Proses ini dapat dilakukan melalui *Dashboard* => *Toolbar Consumable* kemudian akan terlihat tampilan seperti gambar di bawah ini:

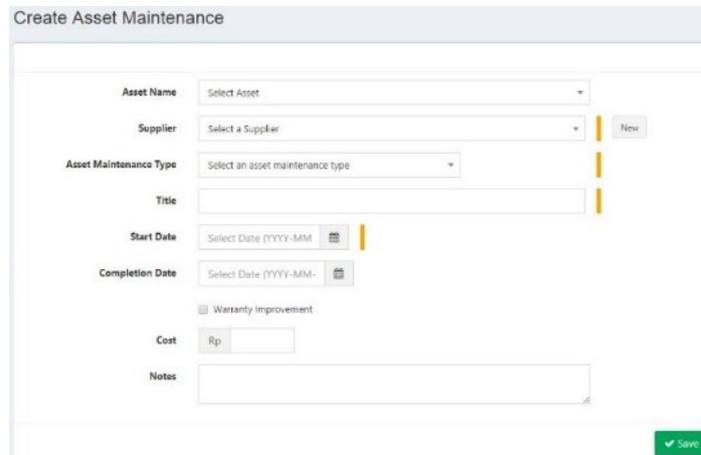
Gambar 4.12 Tampilan Menu untuk Permintaan Barang Habis Pakai

Klik *Check Out* pada kolom *In/Out* untuk melakukan proses permintaan barang habis pakai, kemudian isi *Select a User* pada *Checkout Consumable to User*. Jika sudah klik *Check Out* di pojok kanan bawah.

Gambar 4.13 *Form* Permintaan Barang Habis Pakai

1.4.3.5 Proses *Asset Maintenances*

Proses untuk membuat data aset yang ingin di *maintenances* dapat melalui *Dashboard* => *Toolbar Assets* => *Asset Maintenances* => *Create New* => kemudian isi *form Create New* untuk membuat *Asset Maintenances* baru. Jika sudah klik *Save* di pojok kanan bawah. Seperti gambar di bawah ini:



Gambar 4.14 *Form Asset Maintenances*

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan.

Berdasarkan hasil laporan yang dibuat pada sistem informasi implementasi manajemen inventaris tersebut, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan aplikasi sistem informasi berbasis web bisa menjadi solusi untuk memanajemen inventaris seperti proses pengadaan barang, stock opname, peminjaman dan pengembalian aset, *Asset Maintenances* dan permintaan barang habis pakai yang manual menjadi aplikasi berbasis web di lingkungan Pusat Teknologi Informasi dan Komunikasi - BPPT
2. Aplikasi sistem informasi berbasis web yang paling cocok dan memenuhi kebutuhan dan menjadi solusi program DIPA (Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran) yang diadakan setiap tahun yaitu aplikasi Snape-IT untuk pendataan aset-aset yang ada.
3. Banyak konten-konten yang harus disesuaikan dengan bisnis proses manajemen inventaris yang selama ini masih manual. kemudian jika akan menggunakan aplikasi Snape-IT

4.2 Saran.

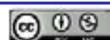
Adapun saran-saran yang disampaikan adalah sebagai berikut:

1. Pengaplikasian dari sistem informasi manajemen inventaris dari manual menjadi sitem berbasis web sangat direkomendasiakan, karena akan memudahkan dalam memanajemen semua aset-aset dan melakukan pendataan semua barang-barang yang terdapat di lingkungan Pusat Teknologi Informasi dan Komunikasi – BPPT.
2. Aplikasi Snape-IT bisa menjadi bahan pertimbangan, bila benar-benar ingin menerapkan sistem inventaris berbasis web. Akan tetepi butuh penyesuaian dan user yang mengerti konten-konten yang ada pada aplikasi sebagai pengelola.

REFERENSI

- [1] J. Hartono, *Sistem Teknologi Informasi*. Yogyakarta: Andi, 2005.
- [2] Parno, M. “*Konsep Dasar Sistem Informasi (Review)*” Diakses tanggal 09 maret 2018, dari: http://ardisa_pramudhita.staff.gunadarma.ac.id/Downloads/files/49358/SI_01Konsep_Dasar_SI.pdf
- [3] Hapsari, Dian Dwi. “*Sistem Informasi*”. Diakses tanggal 08 maret 2018, dari: <http://dhedee29.staff.gunadarma.ac.id/Downloads/files/35692/pengertian+sistem.pdf>

- [4] Fakultas Ekonomi. UDINUS. “*Konsep Dasar Basis Data*”. Diakses tanggal 14 maret 2018, dari: http://dinus.ac.id/repository/docs/ajar/materi_sbd_1.pdf
- [5] Setiyo, Dwi (2014). “*Data Base*”. Diakses tanggal 10 maret 2018, dari: https://www.academia.edu/20025510/Materi_Basis_Data_Pengertian_%20Data_Base.%20Pdf%20?auto=download
- [6] M. Morisio and N. Sunderhaft. (2000) “*Commercial-Off-The-Shelf (COTS): A Survey*”. Diakses tanggal 10 maret 2018, dari: <https://www.csiac.org/wp-content/uploads/2016/02/Commercial-Off-The-Shelf-COTS-A-Survey-SOAR.pdf>
- [7] Diakses tanggal 15 februari 2018, dari: <https://www.bppt.go.id/>
- [8] Diakses tanggal 15 maret 2018, dari: <https://snipeitapp.com/>
- [9] Diakses tanggal 15 maret 2018, dari: <http://www.sivann.gr/software/itdb/> Diakses tanggal 15 maret 2018, dari: <https://kamarpersegi.wordpress.com/2016/12/02/invenity-aplikasi-inventory-barang-berbasis-web/>



PEDOMAN BAGI PENULIS JURNAL SETRUM

Jurnal SETRUM adalah jurnal ilmiah untuk publikasi penelitian dan pengembangan di bidang :

1. Sistem Kendali
2. Sistem Tenaga Listrik
3. Elektronika dan Instrumentasi
4. Telekomunikasi
5. Komputer

Sistematika Penulisan

1. Naskah pada kertas ukuran A4 dengan batas atas, batas kanan, batas bawah, dan batas kiri masing-masing 2 cm. Naskah terdiri atas bagian judul, bagian abstrak, dan bagian isi makalah.
2. Bagian judul berisi judul yang ringkas tidak lebih dari 12 kata tanpa singkatan jika menggunakan bahasa Indonesia dan 10 kata tanpa singkatan jika menggunakan bahasa Inggris. Bagian judul disertai nama (para) penulis tanpa gelar, instansi/ perguruan tinggi, dan email penulis utama dan/atau penulis lainnya. Bagian Judul diketik dengan huruf Times New Roman ukuran 16, cetak tebal, dan rata tengah. Bagian Judul disajikan dalam satu kolom.
3. Bagian abstrak ditulis dengan font Times New Roman ukuran 10, cetak miring, dan rata kanan-kiri. Abstrak disajikan dalam dua bahasa, yaitu bahasa Indonesia dan bahasa Inggris. Abstrak disertakan dengan kata kunci. Bagian abstrak disajikan dalam satu kolom. Bagian abstrak harus memuat inti permasalahan yang dikemukakan, metode pemecahannya, dan hasil-hasil yang diperoleh serta kesimpulan dan tidak lebih dari 200 kata.
4. Bagian isi diketik dengan huruf Times New Roman ukuran 10, rata kanan-kiri, dan disajikan dalam dua kolom. Bagian isi terdiri atas bab Pendahuluan, Metode, Hasil & Pembahasan, Kesimpulan, dan Daftar Pustaka. Tiap bab diawali dengan penomoran romawi kapital dan tiap sub bab diawali dengan penomoran numerik. Kata-kata atau istilah asing ditulis dengan huruf miring
5. Gambar atau foto harus dapat dicetak dengan tajam dan jelas. Gambar atau foto warna hanya tersedia pada edisi elektronik. Gambar dan tabel dapat dimasukkan ke dalam bagian isi atau terpisah dalam lampiran tersendiri. Untuk kejelasan penempatan dalam jurnal, gambar dan tabel harus diberi nomor sesuai dengan nomor urut gambar pada tulisan tersebut, misalnya Gambar 1 atau Tabel 1. Gambar dan tabel harus disertakan judul. Penulisan nomor dan judul gambar diletakkan setelah gambar dan penulisan nomor dan judul tabel diletakkan sebelum tabel.
6. Persamaan diketik dan diberi nomor disebelah kanan, misalnya (1). Satuan yang digunakan adalah satuan internasional (EGS atau MKS) atau yang lazim ada cabang ilmunya. Angka desimal pada data numerik harus mengacu kepada sistem internasional yaitu dengan menggunakan titik.
7. Rujukan dan daftar pustaka ditulis dengan menggunakan metode Vancouver.
8. Naskah dikirim ke redaksi melalui email.

p-ISSN : 2301-4652



e-ISSN : 2503-068X



Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl. Jend. Sudirman km. 3 Kota Cilegon, Banten
Phone: 0254-395502 ext. 15 Fax: 0254-395440