

Volume 4 No. 2, Desember 2015

ISSN : 2301-4652

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

**Penanggung Jawab**

Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
Suhendar, S.Pd., M.T.

**Pemimpin Umum**

Dr. Alimuddin, S.T., M.M., M.T.

**Pemimpin Redaksi**

Anggoro Suryo Pramudyo, M.Kom.

**Mitra Bestari**

Prof. Dr. Ir. Kudang Boro Seminar, M.Sc. (IPB)  
Prof. Dr. Salama Manjang, M.T. (UNHAS)  
Prof. Dr.Eng. Wahyu Widada, M.Sc. (LAPAN)  
Prof. Dr.Ing. Fahmi Amhar (BAKOSURTANAL)  
Dr. Eng. Ir. Zulfajri Basri Hasanudin, M.Eng. (Dewan Riset Nasional)

**Penyunting**

Wahyuni Martiningsih, Ir., M.T.  
Muhammad Iman Santoso, S.T., M.Sc.  
Hartono, S.T., M.T.  
Supriyanto, S.T., M.Sc.  
Romi Wiryadinata, S.T., M.T.  
Rocky Alfan, S.T., M.Sc.  
Muhammad Sadikin, S.T., M.T.  
Irma Saraswati, S.Si. ,M.Si.  
Yus Rama Denny, S.Si., M.Si.

**Kesekretariatan**

H. Andri Suherman, S.Si., M.Si.  
Ri Munarto, Ir., M.Eng.  
Siswo Wardoyo, S.T., M.Eng.  
Heri Haryanto, S.T., M.T.  
Herudin, S.T., M.T.  
Yeni Apriyeni, A.Md.

**Tata Letak & Desain**

Rian Fahrizal, S.T., M.Eng.  
Endi Permata, S.T., M.T.  
Didik Aribowo, S.T., M.T.  
Muhammad Otong, S.T., M.T.

## **DATA BIBLIOGRAFI**

SETRUM merupakan jurnal ilmiah yang diterbitkan oleh Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa (UNTIRTA). SETRUM adalah singkatan dari “Sistem – kEndali – Tenaga – elektRonika – telekomUnikasi - koMputer” yang merupakan 5 Bidang Keahlian yang ada di Jurusan Teknik UNTIRTA. SETRUM diterbitkan setiap 6 bulan sekali, pada bulan Juni dan Desember setiap tahunnya dan terbit pertama kali pada bulan Juni 2012. SETRUM memuat 8 judul penelitian pada tiap terbitannya yang disajikan dalam Bahasa Indonesia dilengkapi dengan abstrak dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris.

**DAFTAR ISI**

Prototipe Rele Proteksi Overheating pada Motor 1 Phasa Berbasis Mikrokontroler AT89C51 Endi Permata	45-53
Potensi Hybrid Energy di Kabupaten Bone Bolango dan Kabupaten Gorontalo Ervan Hasan Harun, Jumiati Ilham, dan Lanto Mohamad Kamil Amali	54-59
Studi Perancangan Jaringan Komunikasi Serat Optik Dwdm L Band dengan Penguat Optik Edfa Sri Danaryani, Syamsul El Yumin, Iwan Krisnadi	60-64
Karakteristik Potensi Energi Surya dan Energi Angin Pada Lahan Potensial Agropolitan yang Belum Dimanfaatkan Lanto Mohamad Kamil Amali, Yasin Mohamad, dan Ervan Hasan Harun	65-68
Perancangan Collpits Oscillator Frekuensi 1 MHz dengan Resistansi Negatif pada Peralatan NDB Tipe ND 200 Iga Ayu Mas Oka, Esti Handarbeni	69-73
Fuzzy Logic Modeling untuk pengambilan keputusan menggunakan MATLAB Evan Ramdani	74-77
Rancang Bangun Penyedia Energi Listrik Tenaga Hibrida (PLTS-PLTB-PLN) Untuk Membantu Pasokan Listrik Rumah Tinggal Rocky Alfanz , Fadjar Maulana K, Heri Haryanto	78-86
Perancangan Downconverter Resistive Modulator untuk Aplikasi GSM pada Frekuensi 900 MHz Teguh Firmansyah, Iga Ayu Mas Oka	87-91

# Prototipe Rele Proteksi Overheating pada Motor 1 Phasa Berbasis Mikrokontroler AT89C51

Endi Permata<sup>1</sup>

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon, Indonesia

[endi\\_permata@yahoo.com](mailto:endi_permata@yahoo.com)

**Abstrak** – Rele proteksi panas berlebih berbasis mikrokontroler AT89S51 merupakan suatu alat yang digunakan untuk memproteksi motor agar tidak terjadinya kerusakan pada motor. Pada penelitian ini dibuat prototipe rele proteksi panas berlebih pada motor 1 phasa berbasis mikrokontroler AT89S51 berdasarkan kelas isolator yang dipakai pada motor yaitu Y dan A dengan sistem pengendalinya adalah mikrokontroler AT89C51. Mikrokontroler AT89C51 sebagai pengendali dari piranti – piranti lain yang digunakan seperti sensor suhu LM35, Op-Amp, dan ADC, apabila suhu yang terdeteksi oleh sensor tidak sesuai dengan penyetingan batasnya tersebut maka mikrokontroler AT89C51 memerintahkan ke relay 12 Vdc untuk membunyikan alarm dan juga menghidupkan kontaktor yang terhubung ke motor. Sehingga Motor terselamatkan dari gangguan panas berlebih yang dapat menyebabkan motor terbakar. Adapun untuk mengetahui pada suhu berapa terjadinya gangguan pada motor ditampilkan melalui display LCD 16x2.

**Kata kunci** : Rele Proteksi, Mikrokontroler Atmel AT89C51, Sensor Suhu LM35.

**Abstract** – Rele overheating protection based on microcontroller AT89S51 is a tool that is used to protect the motor so that no damage to the motor. In this research prototype of the protection relay overheating of the motor 1 phase-based microcontroller AT89S51 based class insulator used in the motor is Y and A with its control system is mikrokontroler AT89C51. AT89C51 microcontroller as the controller of the device - other devices that are used as the LM35 temperature sensor, Op-Amp, and ADC, when the temperature detected by the sensor is not in accordance with the setup of the limits of the microcontroller AT89C51 ordered to relay 12 Vdc to sound an alarm and turn on the contactor which is connected to the motor. So that was saved from disruption Motor overheating that can cause the motor to burn. As to determine at what temperature the disturbance of the motor is displayed through the LCD display 16x2.

**Keywords** : Relay Protection, Microcontroller Atmel AT89C51, LM35 temperature sensor.

## I. PENDAHULUAN

Penggunaan mikrokontroler sangat luas, tidak hanya untuk akuisisi data melainkan juga untuk pengendalian di pabrik-pabrik, kebutuhan peralatan kantor, peralatan rumah tangga, automobil, pengendalian peralatan listrik, dan sebagainya. Hal ini disebabkan mikrokontroler merupakan sistem mikroprosesor (yang didalamnya terdapat CPU, ROM, RAM dan I/O) yang telah terpadu pada satu keping (single chip), selain itu mikrokontroler AT89C51 murah dan mudah didapatkan di pasaran.

Dalam pemakaiannya mikrokontroler dapat dihubungkan dengan peralatan antarmuka (interface) yang berlaku sebagai peranti masukan atau keluaran. Melalui interface inilah mikrokontroler dapat mengendalikan berbagai peralatan lain. Dengan memahami cara kerja mikrokontroler tersebut, maka penulis selanjutnya mencoba untuk merancang dan merakit sebuah alat yang merupakan sebagian dari aplikasi-aplikasi yang lain yaitu Perancangan sistem kontrol otomatis yang digunakan untuk rele proteksi overheating atau panas berlebih pada motor 1 phasa berbasis mikrokontroler AT89C51. Mikrokontroler yang di gunakan adalah AT89C51 yang masih merupakan keluarga arsitektur MCS-51.

Penggunaan mikrokontroler AT89S51 sebagai basis pembahasan dalam penelitian ini karena mikrokontroler ini memiliki kelengkapan-kelengkapan yang diperlukan untuk bekerja sebagai sistem single chip dan juga pertimbangan ekonomis.

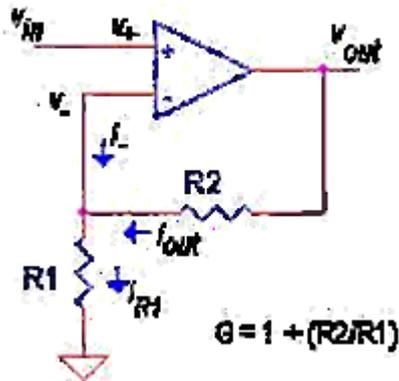
### A. Op-Amp (operational Amplifier)

Operational Amplifier atau di singkat op-amp merupakan salah satu komponen analog yang biasa digunakan dalam berbagai aplikasi rangkaian elektronika. Op-amp pada dasarnya adalah sebuah differential amplifier (penguat diferensial) yang memiliki dua masukan, input (masukan) op-amp seperti yang telah diketahui ada yang dinamakan input inverting dan non-inverting. Aplikasi op-amp yang paling sering dibuat antara lain adalah rangkaian inverter, non-inverter, integrator dan differensiator. Di dalam op-amp rangkaian feedback (umpan balik) negatif memegang peranan penting. Secara umum, umpanbalik positif akan menghasilkan osilasi sedangkan umpanbalik negatif menghasilkan penguatan yang dapat terukur.

#### 1. Non-Inverting Op-Amp

Prinsip utama rangkaian penguat non-inverting adalah seperti yang diperlihatkan pada gambar 1. Penguat ini memiliki masukan yang dibuat melalui input non-inverting. Dengan demikian tegangan keluaran rangkaian

ini akan satu fasa dengan tegangan inputnya. Di dalam menganalisa rangkaian penguat op-amp non inverting sama dengan cara menganalisa rangkaian penguat op-amp inverting.



Gambar 1. Penguat Non-Inverting

Ada dua aturan penting dalam melakukan analisa rangkaian op-amp berdasarkan karakteristik op-amp ideal. Aturan ini dalam beberapa literatur dinamakan golden rule, yaitu :

- Aturan 1, perbedaan tegangan antara input V+ dan V- adalah nol ( $V+ - V- = 0$  atau  $V+ = V-$ )
- Aturan 2, arus pada input Op-amp adalah nol ( $I(+) = I(-) = 0$ )

Dengan menggunakan aturan 1 dan 2, kita uraikan dulu beberapa fakta yang ada, antara lain :

$$V_{in} = V- = V+ = 0$$

Dari sini ketahui tegangan jepit pada R2 adalah :

$$V_{out} - V- = V_{out} - V_{in}$$

$$I_{out} = (V_{out} - V_{in}) / R2$$

Lalu tegangan jepit pada R1 adalah :

$$V- = V_{in}$$

$$I_{R1} = V_{in} / R1$$

Hukum kirchkof pada titik input inverting merupakan fakta yang mengatakan bahwa :

$$I_{out} + I(-) = I_{R1}$$

Aturan 2 mengatakan bahwa  $I(-) = 0$  dan jika disubsitusi ke rumus yang sebelumnya, maka diperoleh :

$$I_{out} = I_{R1}$$

$$(V_{out} - V_{in}) / R2 = V_{in} / R1$$

$$V_{out} = V_{in} (1 + R2/R1)$$

Jika penguatan G adalah perbandingan tegangan keluaran terhadap tegangan masukan, maka didapat penguatan op-amp non-inverting :

$$G = V_{out}/V_{in} = 1 + R2/R1$$

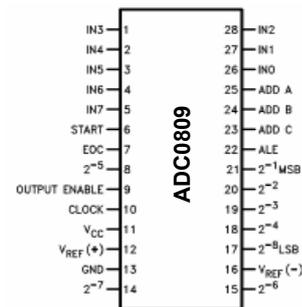
## 2. Analog To Digital Converter (ADC)

ADC0809 adalah IC pengubah tegangan analog menjadi tegangan digital dengan masukan berupa 8 kanal input yang dapat dipilih. IC ADC0809 dapat melakukan proses konversi secara terkontrol (terprogram) atau pun free running, artinya ADC tersebut akan mengkonversi terus-menerus sinyal input yang masuk ke ADC.

Tabel 1. Pemilihan Kanal Input ADC0809

SELECTED ANALOG CHANNEL	ADDRESS LINE		
	A2	A1	A0
IN0	L	L	L
IN1	L	L	H
IN2	L	H	L
IN3	L	H	H
IN4	H	L	L
IN5	H	L	H
IN6	H	H	L
IN7	H	H	H

Sistem mikroprosesor atau mikrokontroler hanya dapat mengolah (memproses) data dalam bentuk biner saja, atau lebih sering disebut besaran digital, oleh sebab itu setiap data analog yang akan diproses oleh mikroprosesor atau mikrokontroler harus diubah terlebih dahulu kedalam bentuk kode biner (digital). Tegangan analog yang merupakan masukan dari ADC berasal dari transducer. Transducer inilah yang mengubah besaran kontinyu seperti temperature, frekuensi, tekanan, kecepatan, ataupun putaran motor menjadi tegangan listrik. Tegangan listrik yang dihasilkan oleh transducer yang merubah secara kontinyu pada suatu range tertentu disebut tegangan analog, tegangan analog ini diubah oleh ADC menjadi bentuk digital yang sebanding dengan tegangan analognya.



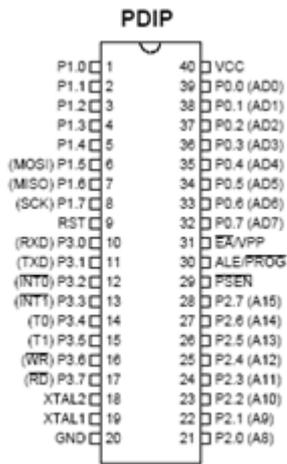
Gambar 2. Pin ADC 0809 8-bit

## B. Mikrokontroler AT89C51

AT89C51 merupakan salah satu produk mikrokontroler yang dikeluarkan oleh Atmel. Mikrokontroler AT89C51 sendiri terbentuk dari perpaduan arsitektur perangkat keras keluarga mikrokontroler MCS51 dari Intel dan tambahan teknologi Flash Memori, sehingga AT89C51 terbentuk sebagai mikrokontroler dengan fasilitas timer, port serial, 32 kaki I/O, RAM dan Flash Memori yang digunakan untuk keperluan penyimpanan program. Dengan demikian, desain elektronika menjadi ringkas, praktis dan ekonomis karena dimungkinkan untuk membuat suatu sistem hanya dalam satu single chip saja. Mikrokontroler AT89C51 terdiri beberapa bagian yang berfungsi untuk mendukung pengendaliannya, bagian-bagiannya sebagai berikut:

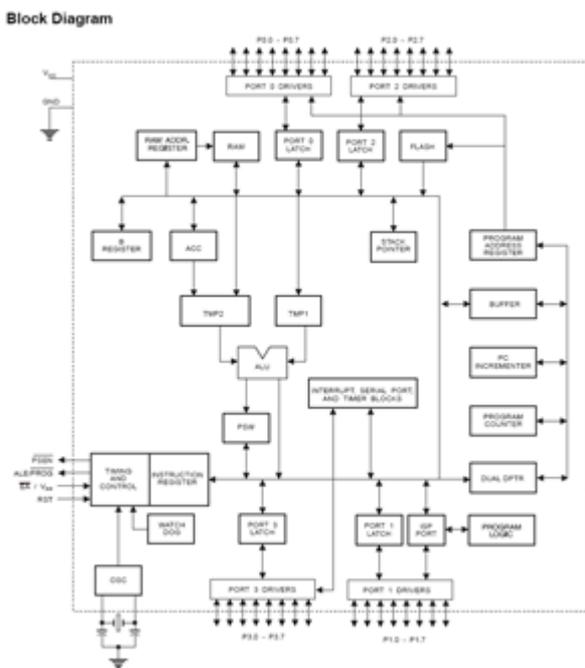
1. Kapasitas memori internal 4 Kb (flash 4Kbytes)
2. 128 × 8 byte RAM (Random Access Memory) internal
3. 32 jalur I/O yang dapat deprogram

4. 2 buah 16-bit pewaktu/pencacah (timer/counters)
5. Serial port full duplex
6. Chip oscillator dan clock
7. 6 buah sumber interupsi
8. Kompatibel dengan semua produk MCS-51



Gambar 3. Konfigurasi pin AT98C51

Gambar berikut di bawah ini merupakan gambar arsitektur perangkat keras mikrokontroler AT89C51.

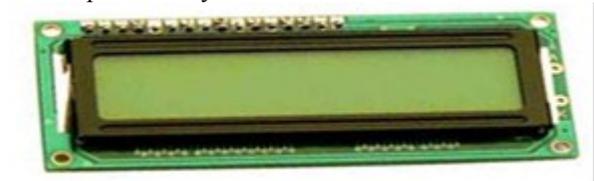


Gambar 4. Arsitektur AT89C51

C. Display Modul LCD 16 X 2

Liquid Crystal Display atau biasa juga disebut LCD adalah salah satu jenis tampilan yang dapat digunakan untuk menampilkan karakter-karakter angka, huruf dan karakter-karakter simbol lainnya selain tampilan LCD lain dan tampilan seven segments. Keistimewaan dari LCD matriks ini dibanding LCD lain dan seven segment adalah dapat digunakan untuk menampilkan karakter-karakter simbol seperti  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\Sigma$ ,  $\pm$ , { , } dan lain sebagainya. Hal ini karena pada LCD matriks digunakan dot-matriks (titik-titik yang membentuk matriks) untuk

menampilkan suatu karakter sehingga LCD matriks dapat ditampilkan lebih banyak bentuk karakter dibanding modul tampilan lainnya.

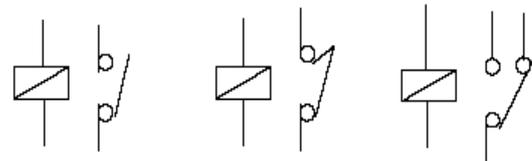


Gambar 5. LCD M1632

D. Relay

Relay adalah alat yang dioperasikan dengan listrik yang secara mekanis mengontrol penghubungan rangkaian listrik. Relay adalah bagian yang penting dari banyak sistem kontrol, bermanfaat untuk kontrol jarak jauh dan untuk pengontrolan alat tegangan dan arus tinggi dengan sinyal kontrol tegangan dan arus rendah. Kontak-kontak atau kutub-kutub dari relay umumnya memiliki tiga dasar pemakaian yaitu :

1. Bila kumparan dialiri listrik maka kontaknya akan menutup dan disebut sebagai kontak Normally Open (NO).
2. Bila kumparan dialiri listrik maka kontaknya akan membuka dan disebut sebagai kontak Normally Close (NC).
3. Tukar-sambung (Change Over/CO), relay jenis ini mempunyai kontak tengah yang normalnya tertutup tetapi melepaskan diri dari posisi ini dan membuat kontak dengan yang lain bila relay dialiri listrik.

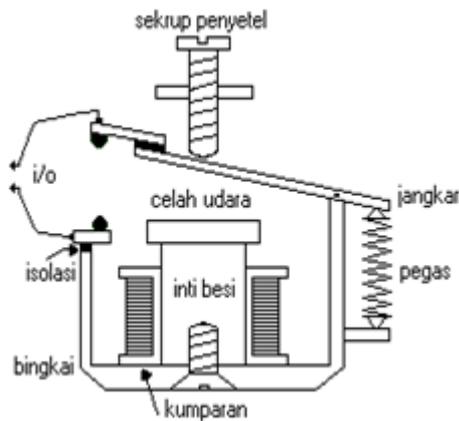


Normally Open      Normally Close      Change Over

Gambar 6. Jenis Kontak Relay

Relai dapat menarik kontak-kontak, kalau gaya magnet dapat mengalahkan gaya pegas yang melawannya. Maka kontak pun menutuplah. Besarnya gaya magnet ditetapkan oleh kuat medan magnet yang ada di dalam celah udara, diantara jangkar dan inti. Adapun kuat medan ini bergantung pula kepada banyaknya lilitan kumparan itu, atau dengan singkat: bergantung kepada ampere-lilitan.

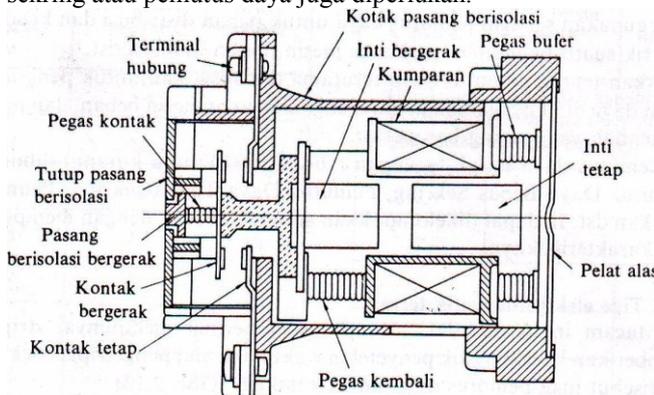
Kuat medan didalam celah udara juga akan makin kuat, kalau letak jangkar makin dekat pada inti. Jarak antara jangkar dan inti dapat diatur-aturlah dengan sekerup penyatel. Dengan jarak yang kecil, maka daya tarik dapat dibesarkan, tetapi saat-saat membuka akan kurang memuaskan.



Gambar 7. Konstruksi Relay

E. Kontaktor Elektromagnetik

Pada dasarnya, prinsip kerja kontaktor elektromagnetik sama dengan relay. Namun biasanya kontaktor di gunakan untuk arus AC. biasanya kontaktor di gunakan secara bersamaan atau dikombinasi dengan relay. Kontaktor elektromagnetik juga dapat dipergunakan untuk pengasutan, pengereman berulang kali, dan pengendalian motor dan peralatan elektrik, dengan menggunakan saklar tekan tombol untuk kendali. Ia mempunyai kemampuan untuk pensaklaran arus lebih seperti arus asut dari motor, tapi tak ada kemampuan untuk memutus arus abnormal seperti dalam hal hubung singkat motor. Karena itu, untuk pemutus arus abnormal, sekring atau pemutus daya juga diperlukan.



Gambar 8. Konstruksi Kontaktor Elektromagnetik

F. Motor Arus Bolak – Balik 1Φ ( Motor AC )

Motor arus bolak - balik atau motor AC adalah suatu mesin listrik yang berkerja dengan merubah energi listrik AC menjadi energi mekanis.

Suatu motor AC terdiri dari stator, rotor. Stator merupakan kutub-kutub medan magnet yang tidak bergerak (statis), sedangkan rotor merupakan kutub medan magnet yang berputar. Motor 1Φ memiliki suatu saklar sentrifugal yang diperlukan untuk keperluan start, hal ini disebabkan karena fluks yang dihasilkan oleh kumparan stator atau fasa bukanlah suatu medan putar, melainkan suatu medan bolak balik ini tidak akan menyebabkan sebuah rotor berputar



Gambar 9. Penampang Motor Induksi 1Φ

G. Bahan Isolator (Insulator)

Bahan isolator adalah bahan non metal dan mempunyai koefisien temperatur tahanan negatif. Bahan ini sangat penting terutama untuk mencegah terjadinya ledakan listrik karena perbedaan tegangan yang ada. Hampir semua peralatan listrik menggunakan bahan isolator terutama dalam pemasangannya. Tahanan isolasi dipengaruhi oleh :

1. Temperatur, jika temperatur naik maka tahanan isolasinya akan turun.
2. Kelembaban, tahanan bahan isolasi akan turun pada daerah yang mempunyai kelembaban yang tinggi.
3. Tegangan yang digunakan. Jika tegangan yang dinaikkan maka tahanan isolasinya akan turun.
4. Umur bahan, tahanan isolasi akan turun jika bahan sudah lama dipakai atau disimpan.

a. Sifat Termal Isolator

Sifat-sifat thermal yang harus diperhatikan dalam pemilihan bahan isolator adalah:

1. Titik lebur, sebaiknya dicari bahan yang titik leburnya tinggi supaya tidak mudah leleh.
2. Angka pemuaiannya, dicari bahan yang paling kecil angka pemuaiannya.
3. Thermal Konduktiviti, hal ini disesuaikan dengan penggunaannya. Jika dikehendaki bahan harus mendistribusikan panas maka bahan yang hantaran panasnya tinggi harus dipilih. Namun biasanya untuk isolator memiliki hantaran panas rendah.
4. Mudah terbakar/menyalu, harus dicari bahan yang tidak mudah terbakar, jika terbakar maka harus tahan terhadap keretakan.
5. Tidak lembek
6. Tahan Terhadap Panas

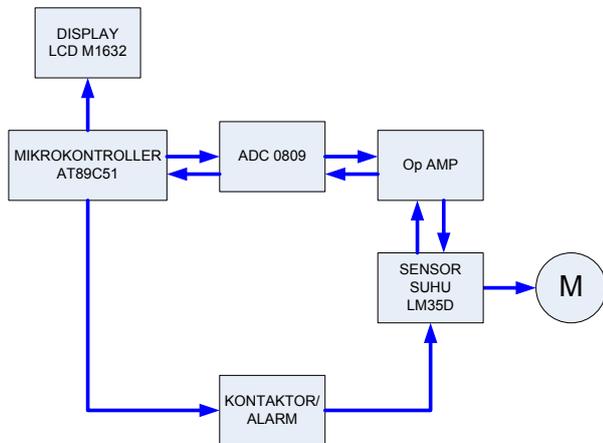
Tabel 2. Klasifikasi Bahan Isolasi

Kelas	Suhu Kerja Maksimum
Y	90°C
A	105°C
E	120°C
B	130°C
F	155°C
H	180°C
C	Diatas 180°C

II. METODE PENELITIAN

A. Perancangan Alat

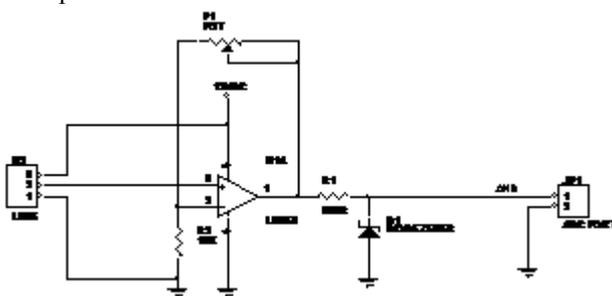
Perancangan dan pembuatan alat merupakan bagian yang terpenting dari penelitian ini yaitu prototipe rele proteksi overheat pada motor 1 fasa berbasis mikrokontroler AT89C51. Pada prinsipnya perancangan dan sistematis yang baik akan memberikan kemudahan-kemudahan dalam proses pembuatan alat.



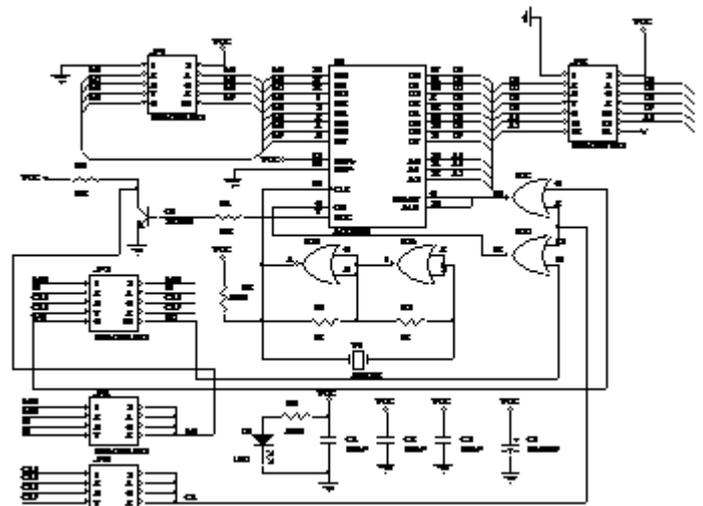
Gambar 10. Blok Diagram Rangkaian

Adapun fungsi dari peralatan pada gambar diatas adalah sebagai berikut:

1. Sensor LM35 sebagai pendeteksi panas yang terjadi pada motor
2. Rangkaian Op-Amp non-Inverting sebagai penguat dari rangkain sensor, agar kenaikan setiap derajat C sama dengan kenaikan perbit pada ADC.
3. ADC 0809 sebagai converter dari sinyal masukan analog berupa tegangan dari sensor, kemudian di ubah menjadi bilangan biner agar mudah untuk di deteksi oleh rangkaian mikrokontroler
4. Mikrokontroler AT89S51 sebagai otak/pemroses semua modul baik aksi maupun reaksi dari program keseluruhan
5. Display LCD M1632 sebagai penampil suhu yang terdeteksi dan juga sebagai indicator pada suhu berapa rele berkerja/bereaksi.
6. Kontaktor/alarm memberikan informasi kepada operator bahwasanya terjadi gangguan overheat pada motor

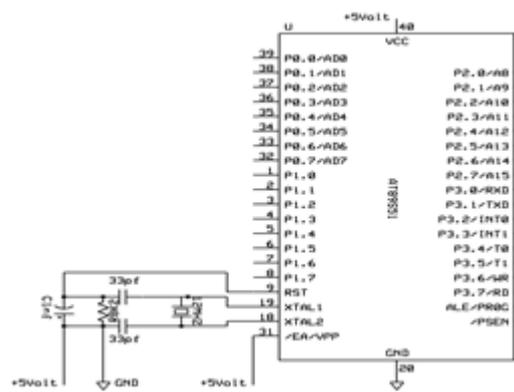


Gambar 11. Rangkaian Op-Amp dan LM35



Gambar 12. Skema Modul ADC-0809

Analog-to-Digital Converter adalah sebuah peralatan yang paling sering digunakan untuk melakukan pencuplikan data (data acquisition). Komputer Digital selalu menggunakan nilai-nilai biner (discrete), tapi dalam dunia nyata semua adalah analog (continuous). Suhu, tekanan (gas atau cair), kelembaban, dan kebisingan adalah beberapa contoh dari nilai-nilai fisika yang akrab dengan kita. Nilai fisika tersebut harus dikonversi menjadi nilai listrik dengan alat yang digolongkan sebagai transduser. Transduser kadang-kadang juga disebut sebagai sensor. Masing-masing sensor misalnya Suhu, Velocity, Tekanan, Cahaya, dan yang lainnya, memiliki output besaran listrik. Dan kita butuh sebuah konverter analog-ke-digital untuk mengartikan besaran besaran listrik tersebut menjadi besaran-besaran angka digital yang dimengerti komputer. Di dunia mikrokontroler chip yang sudah terkenal adalah ADC0809.

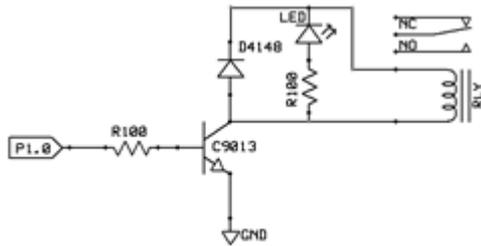


Gambar 13. Modul Mikrokontroler

Pada perancangan ini, penulis membuat rangkaian mikrokontroler dengan kapasitor 10µF diparalel dengan resistor 10KΩ, kapasitor dihubungkan dengan tegangan sebesar 5 volt sedangkan resistor dihubungkan ke ground, kemudian pada titik antara kapasitor dan resistor dihubungkan pada IC AT89S51 kaki 9 (Pin 9), rangkaian ini digunakan untuk rangkaian reset.

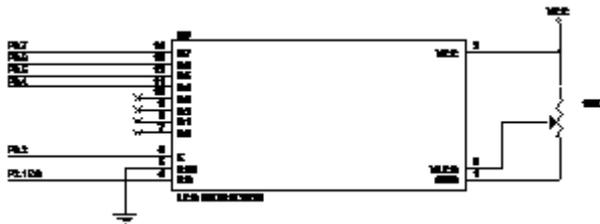
Mikrokontroler di-reset pada transisi tegangan rendah ke tegangan tinggi dan mengeksekusi program

pada saat reset (RST) dalam keadaan logika rendah. Oleh karena itu pada pin RST dipasang kapasitor yang terhubung ke Vcc dan resistor ke ground yang akan menjaga RST bernilai 1 pada saat pengisian kapasitor dan akan kembali 0 sesaat kemudian, dengan demikian mikrokontroler akan di-reset setiap kali diberi catu daya. Kemudian 1 buah kristal dihubungkan diantara kaki 18 dan 19 yaitu XTAL1 dan XTAL2 pada mikrokontroler dan hubungkan 2 kapasitor 33pF ke ground, rangkaian ini digunakan sebagai sumber detak (clock) ke CPU.



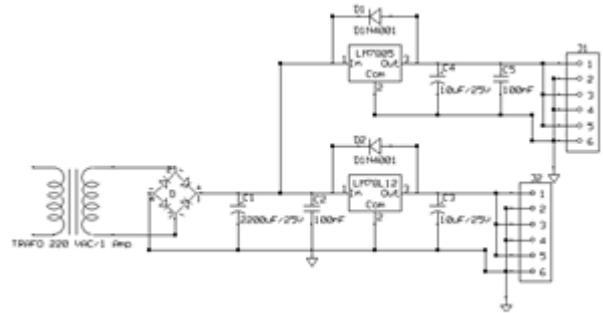
Gambar 14. Rangkaian Relay 12 VDC

Rangkaian ini dirancang dengan tujuan sebagai alat penggerak atau saklar untuk mengontak sebuah kontaktor dan alarm. Ketika rangkaian mikrokontroler mendeteksi adanya gangguan maka dengan waktu kurang dari 5 detik rangkaian mikrokontroler memerintahkan (mengontak) relay untuk memutuskan hubungan AC pada motor yang telah dihubungkan ke kontaktor sebelumnya.



Gambar 15. Rangkaian LCD M1632 yang terkendali oleh AT89S51

LCD berfungsi sebagai tampilan dari data atau nilai yang dimasukkan melalui pembeding. LCD yang digunakan jenis M1632 standar dengan tampilan 16×2 baris dengan konsumsi daya yang rendah. LCD dicatu dengan tegangan +5V pada Vcc dan ground. Di samping itu juga menggunakan variabel resistor 10KΩ sebagai pengatur tegangan kontras LCD pada kaki 3. Untuk kaki yang berfungsi sebagai read and write (R/W) dihubungkan ke ground. Kaki yang berfungsi sebagai enable (E) atau pengaktifan LCD dihubungkan ke port 3.2. Untuk backlight di hubungkan ke catu daya 5volt DC. Sedangkan kaki register pemilih sinyal data LCD dihubungkan ke port 2.1. Bus data D4 s/d D7 yang terdapat di LCD dihubungkan ke AT89C51 melalui port 0.4 s/d port 0.7



Gambar 16. Rangkaian Power Supply

Power Supply merupakan komponen yang sangat perlu diperhatikan dalam suatu sistem kontrol. Performa kerja dari suatu sistem kontrol sangat tergantung pada power supply itu sendiri, intinya secanggih apapun suatu sistem yang kita bangun tanpa ditunjang oleh power supply yang optimal maka akan mempengaruhi atau mengurangi performa kerja sistem tersebut. Power supply yang dirancang pada modul ini dimaksudkan untuk memberikan supply daya kepada mikrokontroler.

B. Perancangan Perangkat Lunak (Software)

1. Personal Computer (PC)

Pada dasarnya PC yang dipakai pada penelitian ini adalah PC yang kompetibel, dengan konfigurasi tidak mengikat. Adapun PC yang penulis gunakan adalah:

- Prosesor Pentium 4 1,8 GHZ
- DDRAM 512 MB
- Hard Disk 40 GB
- Video RAM 64 MB
- Sistem Operasi Windows XP SP2

2. Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Untuk membuat suatu program yang dapat direalisasikan dengan hardware maka penulis membuat program sumber atau source code dengan program editor biasa seperti notepad pada windows atau sidekick pada Dos. Setelah program dibuat sesuai dengan penulis inginkan, program sumber tersebut diterjemahkan ke dalam bahasa mesin, dalam hal ini penulis menggunakan program Assembler (ASM51) sebagai program compilernya. Hasil kerja assembler adalah “program objek” dan juga “assembly listing”.

```

=====
Listing program relay overheating
=====
$M0051
Org 00h
Ajmp Start

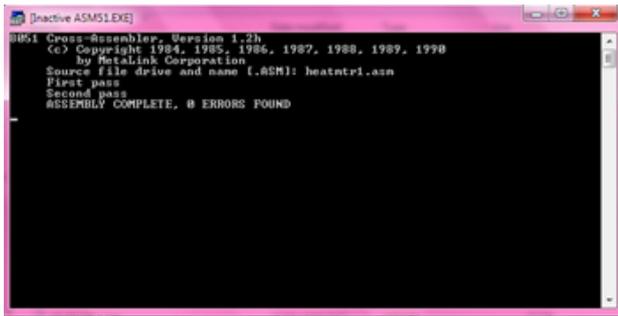
START:
Mov P1,#00h

; data password terdiri 2 digit
Lcall Delay_500ms
Lcall Init_LCD
Mov DPTR,#Pesan_LCD
Lcall Kirim_Pesan_LCD
Delay_500ms
Lcall Baris_2_LCD
Mov DPTR,#Pesan_LCD2
Lcall Kirim_Pesan_LCD
Lcall Delay_500ms
Ajmp Start

Pesan_LCD:
DB " Prototype ",0Ah
Pesan_LCD2:
DB " RelayOverheating",0Ah
    
```

Gambar 17. Program Source Code Pada Notepad

Pada gambar di atas merupakan program source code yang akan di Assembler menggunakan ASM51. Hasil kerja assembler adalah “program objek” dan juga “assembly listing”.



Gambar 18. Tampilan Program ASM51

Program objek berisikan kode-kode bahasa mesin, kemudian kode-kode bahasa mesin inilah yang diumpungkan ke memori program prosesor, program ini disisikan ke dalam Flash PEROM yang ada di dalam chip AT89C51. Untuk memasukan program ke dalam Flash PEROM AT89C51 diperlukan sebuah alat yang disebut Downloader atau Flash Perom Programmer. Gambar di bawah ini merupakan jenis downloader atau Flash Perom Programmer yang digunakan oleh penulis.



Gambar 19. DT-HIQ Programmer

Assembly Listing merupakan naskah yang berasal dari program sumber, dalam naskah tersebut pada bagian sebelah setiap baris dari program sumber diberi tambahan hasil terjemahan program Assembler. Tambahan tersebut berupa nomor alamat memori program berikut dengan kode yang akan diisikan pada memori program bersangkutan. Naskah ini sangat berguna untuk dokumentasi dan sarana untuk menelusuri program yang ditulis.

### III. HASIL DAN ANALISIS

#### A. Pengujian Sensor LM35 dan Op-Amp

Dari tegangan yang dihasilkan pada sensor dan setelah penguatan didapat hasil seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran V<sub>OUT</sub> Sensor dan V<sub>OUT</sub> Op-Amp

V <sub>OUT</sub> Sensor (mV)	V <sub>OUT</sub> Op-Amp (mV)
396	788
405.9	807.7
415.8	827.4
425.7	847.1

V <sub>OUT</sub> Sensor (mV)	V <sub>OUT</sub> Op-Amp (mV)
435.6	866.8
445.5	886.5
455.4	906.2
465.3	925.9
475.2	945.6
485.1	965.3
495	985
504.9	1004.7
514.8	1024.4
524.7	1044.1
534.6	1063.8
544.5	1083.5
554.4	1103.3
564.3	1123
574.2	1142.7
584.1	1162.4
594	1182.1
603.9	1201.8
613.8	1221.5
623.7	1241.2
633.6	1260.9
643.5	1280.6
653.4	1300.3
663.3	1320
673.2	1339.7
683.1	1359.4
693	1379.1
702.9	1398.8
712.8	1418.5
722.7	1438.2
732.6	1457.9
742.5	1477.6
752.4	1497.3
762.3	1517
772.2	1536.7
782.1	1556.4
792	1576.1
801.9	1595.8
811.8	1615.5

V <sub>OUT</sub> Sensor (mV)	V <sub>OUT</sub> Op-Amp (mV)
821.7	1635.2
831.6	1654.9
841.5	1674.6
851.4	1694.3
861.3	1714
871.2	1733.7
881.1	1753.4
891	1773.1
900.9	1792.8
910.8	1812.5
920.7	1832.2
930.6	1851.9
940.5	1871.6
950.4	1891.3
960.3	1910.3
970.2	1930.3
980.1	1950.4
990	1970.1
999.9	1989.8
1009.8	2009.5
1019.7	2029.2
1029.6	2048.9
1039.5	2068.6
1049.4	2088.3
1059.3	2108

B. Pengujian ADC 0809

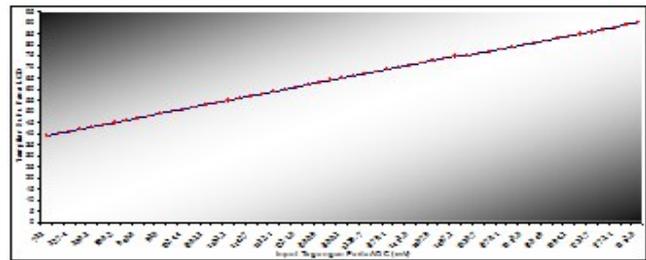
Rangkaian ADC 0809 menggunakan metoda berurutan (Successive Approximation Register) yang proses konversinya secara berurutan. Adapun output dari sensor dihubungkan ke kaki 26 ADC. Kaki 12 pada ADC ini menunjukkan tegangan referensi (Vref) merupakan tegangan masukan maksimum yaitu tegangan yang menghasilkan keluaran digital FFH. Pada rangkaian ini kaki 12 dipakai berarti harga dari Vref sama dengan VCC (+5V). ini memberikan jangkauan konversi pada masukan analog dari 0 volt sampai dengan +5 volt. Dengan membagi nilai Vref dengan keluaran digital maksimum 8 bit yaitu FFH maka dari persamaan 1 didapat hasil konversi ADC sebagai berikut :

$$ADC = \frac{V_{in}}{r} \dots\dots\dots(1)$$

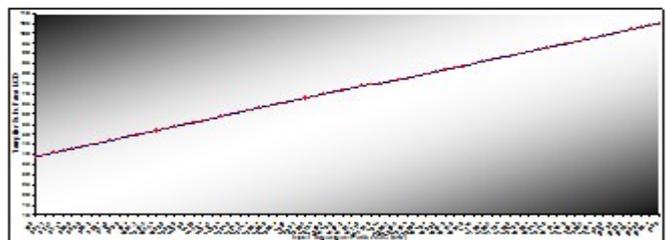
Dimana : ADC adalah hasil konversi  
 Vin adalah tegangan masukan ADC dan,  
 r adalah resolusi

Jika input analog diberi 0,1 volt maka dengan persamaan 4.1 didapat keluaran binernya = 0000 0101 (0,1 volt/0,02 volt = 5 maka binernya = 0000 0101).

Adapun hasil penerjemahan suhu berdasarkan input ADC pada LCD ditunjukkan oleh gambar 20 dan 21.



Gambar 20. Grafik Suhu Berdasarkan Input Tegangan ADC Saat Seting Kelas Isolator Y



Gambar 21. Grafik Suhu Berdasarkan Input Tegangan ADC Saat Seting Kelas Isolator A

Tabel 2. Konversi Data ADC ke Suhu

Hasil ADC	Suhu (°C)	Pembulatan Suhu (°C)
28	39.216	39
29	40.1964	40
2A	41.1768	41
2B	42.1572	42
2C	43.1376	43
2D	44.118	44
2E	45.0984	45
2F	46.0788	46
30	47.0592	47
31	48.0396	48
32	49.02	49
33	50.0004	50
34	50.9808	51
35	51.9612	52
36	52.9416	53
37	53.922	54
38	54.9024	55
39	55.8828	56
3A	56.8632	57
3B	57.8436	58
3C	58.824	59
3D	59.8044	60
3E	60.7848	61
3F	61.7652	62

Hasil ADC	Suhu (°C)	Pembulatan Suhu (°C)
40	62.7456	63
41	63.726	64
42	64.7064	65
43	65.6868	66
44	66.6672	67
45	67.6476	68
46	68.628	69
47	69.6084	70
48	70.5888	71
49	71.5692	72
4A	72.5496	73
4B	73.53	74
4C	74.5104	75
4D	75.4908	75
4E	76.4712	76
4F	77.4516	77
50	78.432	78
51	79.4124	79
52	80.3928	80
53	81.3732	81
54	82.3536	82
55	83.334	83
56	84.3144	84
57	85.2948	85
58	86.2752	86
59	87.2556	87
5A	88.236	88
5B	89.2164	89
5C	90.1968	90
5D	91.1772	91
5E	92.1576	92
5F	93.138	93
60	94.1184	94
61	95.0988	95
62	96.0792	96
63	97.0596	97
64	98.04	98
65	99.0204	99
66	100.0008	100
67	100.9812	101
68	101.9616	102
69	102.942	103
6A	103.9224	104
6B	104.9028	105

#### IV. KESIMPULAN

Dari hasil perancangan, pembuatan, pembahasan dan pengujian alat yang telah dilakukan dapat penulis simpulkan bahwa :

1. Pada percobaan rangkaian sensor temperatur, respon tegangan penguat terhadap keluaran analog to digital converter (ADC) berkisar 0.02V tiap kenaikan data biner pada analog to digital coverter (ADC) atau data suhu pada LCD .
2. Sistem yang dibuat adalah pencegahan atau pengamanan terjadinya panas berlebih (overheat) pada motor induksi 1 phasa yang dapat mengakibatkan motor bisa terbakar/rusak.

Adapun saran penulis bagi pembaca yang ingin mengembangkan perancangan alat rele proteksi motor terhadap panas berlebih ini agar mencapai sesuatu yang lebih baik :

1. Untuk pengembangan lebih lanjut alat rele proteksi motor terhadap panas berlebih ini dapat dikembangkan, yaitu agar kemampuan sensor untuk mendeteksi suhu berdasarkan kelas isolator bisa lebih besar dari yang ada dengan cara menggunakan sensor suhu yang kemampuan ukurnya lebih besar lagi, sehingga dapat mendeteksi panas pada motor yang lebih besar lagi.
2. Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dalam menggunakan ADC harus benar-benar memperhitungkan Vref dari ADC tersebut, agar hasil yang didapat sesuai dengan yang diinginkan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agfianto Eko Putra., Belajar Mikrokontroller AT89C51/52/55 (Teori dan Aplikasi) Edisi 2, Penerbit Gava Media, Yogyakarta, 2004.
- [2] Paulus Andi Nalwan., Teknik Antar Muka dan Pemrograman Mikrokontroller AT89C51, Penerbit PT. Elex Media Komputindo Gramedia, Jakarta, 2003.
- [3] Permata Endi ST., Handout Kuliah Mikrokontroler ATMEL AT89C51, Cilegon, 2006.
- [4] Soelaiman Prof.,Ts.,MHD, Magrisawa Mabuchi, Mesin Tak Serempak Dalam Praktek, Penerbit PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 1984.
- [5] Wijaya Mochtar ST., Dasar – Dasar Mesin Listrik, Penerbit Djambatan, Jakarta, 2001.

# Potensi Hybrid Energy di Kabupaten Bone Bolango dan Kabupaten Gorontalo

<sup>1</sup>Ervan Hasan Harun, <sup>2</sup>Jumiati Ilham, dan <sup>3</sup>Lanto Mohamad Kamil Amali

Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia

<sup>1</sup>[ervanharun@ung.ac.id](mailto:ervanharun@ung.ac.id), <sup>2</sup>[jumiatiilham@ung.ac.id](mailto:jumiatiilham@ung.ac.id), <sup>3</sup>[kamilamali\\_gtlo@yahoo.co.id](mailto:kamilamali_gtlo@yahoo.co.id)

**Abstrak** – Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi energi terbarukan hybrid (energi mikro hidro, energi surya dan energi angin) sebagai sumber energi alternatif di Kabupaten Bolango tulang dan Gorontalo. Metode penelitian ini dimulai dari koleksi dasar bahan referensi serta data teknis dan non-teknis, yang diikuti dengan metode observasi untuk mendapatkan data tentang profil dari lokasi dusun / desa potensi energi terbarukan hybrid. Hasil penelitian menunjukkan bahwa: 1) Energi listrik dapat dihasilkan oleh desa Energi Tapadaa PLT-Hybrid dari 643,59 kWh per hari, desa Tulabolo dari 1.553,69 kWh per hari, desa Liyodu 3.555,46 kWh per hari, dan desa Selatan Dulamayo 3.322,6 kWh per hari. 2). energi potensial hybrid yang tersedia cukup besar tetapi belum dimanfaatkan secara optimal. Dengan kebutuhan saat ini energi untuk desa Tapada'a, desa desa Tulabolo, Liyodu, dan Desa Selatan Dulamayo maka ada cadangan energi: 605,76 kWh per hari untuk Tapada'a, 1.366,25 kWh per hari untuk Tulabolo, 3465,88 kWh per hari untuk Liyodu, dan 3190,8 kWh per hari untuk South of Dulamayo.

**Kata kunci** : potensi, energi hibrida, energi air, energi surya, energi angin.

**Abstract** – This study aims to determine the potential of hybrid renewable energy (micro hydro energy, solar energy and wind energy) as an alternative energy source in the district of Bolango Bone and Gorontalo. This research method starts from a basic collection of reference materials as well as technical and non-technical data, which is followed by observations methods to obtain data on the profile of the hamlet / village location of hybrid renewable energy potential. The result showed that: 1) Electrical energy can be generated by the PLT-Hybrid Energy Tapadaa village of 643.59 kWh per day, Tulabolo village of 1553.69 kWh per day, the village Liyodu 3555.46 kWh per day, and the village South Dulamayo 3322.6 kWh per day. 2). Hybrid potential energy available is quite large but it has not been used optimally. With the current energy needs for Tapada'a village, village Tulabolo, Liyodu village, and the village of South Dulamayo then there are the energy reserves: 605.76 kWh per day for the Tapada'a, 1366.25 kWh per day for the Tulabolo, 3465,88 kWh per day for Liyodu, and 3190,8 kWh per day for the South of Dulamayo.

**Keywords** : potential, hybrid energy, hydro energy, solar energy, wind energy.

## I. PENDAHULUAN

Problem energi listrik umumnya di Indonesia saat ini cukup rumit, hal ini ditandai dengan seringnya dilakukan pemadaman bergilir seperti halnya di Provinsi Gorontalo, sehingga untuk beberapa tahun kedepan supply energi listrik ke pedesaan tidak bisa diharapkan, sehingga diperlukan usaha-usaha untuk mencari sumber alternative lain dengan tetap mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi dan lingkungan.

Gorontalo sebagai propinsi pemekaran dari Sulawesi Utara saat ini terdiri dari 5 (lima) kabupaten dan 1 (satu) kota yaitu Kabupaten Pohuwato, Kabupaten Boalemo, Kabupaten Gorontalo, Kabupaten Bone Bolango, Kabupaten Gorontalo Utara dan Kota Gorontalo. Sampai dengan tahun 2012 rasio elektrifikasi di propinsi Gorontalo sebesar 64,35%, [1]. Potensi energi primer yang tersedia di Gorontalo untuk membangkitkan energi listrik cukup besar dan mempunyai peluang untuk dikembangkan baik itu tenaga air maupun tenaga panas bumi [2]. Khusus untuk potensi daya air di Gorontalo yang belum dimanfaatkan untuk kebutuhan energi listrik

berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh [5] sebesar 31,61 MW, begitu juga penelitian yang dilakukan oleh [6] memberikan kesimpulan bahwa potensi energi yang berasal dari sumber daya air cukup besar.

Sesuai dengan sasaran kebijakan energi nasional yakni terwujudnya energi (primer) mix yang optimal pada tahun 2025, yaitu peranan masing-masing jenis energi terhadap konsumsi energi nasional: 1) minyak bumi menjadi kurang dari 20%; 2) gas bumi menjadi lebih dari 30%; 3) batubara menjadi lebih dari 33%; 4) biofuel menjadi lebih dari 5%; 5) panas bumi menjadi lebih dari 5%; 6) energi baru dan terbarukan lainnya, khususnya, Biomasa, Nuklir, Tenaga Air Skala Kecil, Tenaga Surya, dan Tenaga Angin menjadi lebih dari 5%; 7) Bahan Bakar Lain yang berasal dari pencairan batubara menjadi lebih dari 2% [3].

Bauran Energi Nasional sampai dengan tahun 2050 menunjukkan bahwa peranan dari Energi Baru dan Terbarukan (EBT) pada tahun 2010 sebesar 5% kemudian di tahun 2012 menjadi 5,6% dan diharapkan pada tahun 2050 menjadi 31% [4].

Salah satu usaha dalam mengatasi persoalan energi listrik adalah melalui pemanfaatan pembangkit listrik tenaga hybrid yang merupakan kombinasi dua atau lebih sistem pembangkit tenaga listrik. Berdasarkan pemaparan di atas, maka akan dilakukan pemetaan potensi dan pemanfaatan hybrid energi yang merupakan gabungan dari energi hidro, surya, dan energi angin di kabupaten Bone Bolango dan kabupaten Gorontalo.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Hybrid Energi Terbarukan

Sumber energy mikrohidro, energi surya dan angin merupakan sumber energi terbarukan yang cukup populer yang bersih dan tersedia secara bebas (free). Masalah utama dari ketiga jenis energi tersebut adalah tidak tersedia terus menerus. Energi mikrohidro hanya tersedia pada lokasi dengan kontur tanah yang mempunyai aliran dan ketinggian tertentu serta tergantung musim, Energi surya hanya tersedia pada siang hari ketika cuaca cerah, sedangkan energi angin tersedia pada waktu yang seringkali tidak dapat diprediksi (sporadic) dan sangat berfluktuasi bergantung cuaca atau musim.

Untuk mengatasi permasalahan di atas, teknik hybrid banyak digunakan untuk menggabungkan beberapa jenis pembangkit listrik. Penelitian tentang pemanfaatan potensi hybrid energi sudah pernah dilakukan oleh [7], yakni meneliti tentang potensi Hybrid Energi yang merupakan kombinasi antara sel surya dengan turbin angin savious. Dari hasil penelitian menggunakan sistem akuisisi data diperoleh bahwa energi terbangkitkan dari pembangkit Hybrid ini sebesar 7,5 Watt. Menurut [8], bahwa Energi hybrid dengan potensi panas matahari dan angin potensial dikembangkan di Indonesia.

Penelitian yang serupa juga sudah pernah dilakukan oleh [9] yang meneliti tentang Pengembangan Teknologi Energi Terbarukan berdasarkan sumber daya lokal di Propinsi Riau. Dalam penelitian ini, dipeoleh bahwa hampir semua desa yang belum teraliri listrik memiliki potensi energi terbarukan dan memungkinkan untuk diterapkannya penggabungan dari beberapa sumber energi ke dalam satu sistem pembangkit listrik Hybrid Energi.

### 2.2. Potensi Energi Mikrohidro

Pada dasarnya sebuah pembangkit listrik tenaga mikrohidro memerlukan dua data yang penting yaitu debit air dan ketinggian jatuh (Head) untuk menghasilkan tenaga yang bermanfaat. Bentang alam yang terjadi (lebar, aliran sungai, kontur tanah dan sungai) akan menentukan besar potensi energi listrik yang ada di daerah tersebut. Persamaan dasar dari pembangkit listrik mikrohidro ini adalah [10] :

$$P_{netto} = 9,8 \times H_{gross} \times Q \times \eta_{tot} kW \quad (1)$$

### 2.3. Potensi Energi Surya

Energi matahari dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik melalui peralatan konversi energi yakni sel surya. Dalam keadaan cuaca yang cerah, sebuah sel surya akan menghasilkan tegangan konstan sebesar 0.5 V

sampai 0.7 V dengan arus sekitar 20 mA dan jumlah energi yang diterima akan mencapai optimal jika posisi sel surya 900 (tegak lurus) terhadap sinar matahari selain itu juga bergantung dari konstruksi sel surya itu sendiri. Untuk menentukaan besarnya potensi energi surya suatu lokasi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan [11]:

$$P_{WP} = Area Array \times PSI \times \eta_{PV} \quad (2)$$

Sedangkan Area array (PV Area) diperhitungkan dengan menggunakan persamaan :

$$PV Area = \frac{E_L}{G_{av} \times \eta_{PV} \times TCF \times \eta_{out}} \quad (3)$$

### 2.4. Potensi Energi Angin

Energi angin dapat dikonversi atau ditransfer ke dalam bentuk energi lain seperti listrik atau mekanik dengan menggunakan kincir atau turbin angin, untuk besarnya potensi energy angin dapat digunakan persamaan berikut[12]:

$$P = \frac{1}{2} \times \rho \times v^3 \quad (4)$$

Daya angin maksimum yang dapat diekstrak oleh turbin angin dengan luas sapuan rotor A adalah,

$$P = \frac{16}{27} \times \frac{1}{2} \times \rho \times v^3 \quad (5)$$

Angka 16/27 (=59.3%) ini disebut batas Betz (Betz limit, diambil dari ilmuwan Jerman Albert Betz). Angka ini secara teori menunjukkan efisiensi maksimum yang dapat dicapai oleh rotor turbin angin tipe sumbu horisontal. Pada kenyataannya karena ada rugi-rugi gesekan dan kerugian di ujung sudu, efisiensi aerodinamik dari rotor,  $\eta_{rotor}$  ini akan lebih kecil lagi yaitu berkisar pada harga maksimum 0.45 saja untuk sudu yang dirancang dengan sangat baik [12].

Menurut Brown,C.K. and Warne (1975) dalam [13] daya efektif dari angin yang mungkin dihasilkan oleh suatu kincir angin dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_{EA} = \frac{1}{2} \cdot cp \cdot \rho \cdot D^2 \cdot V^3 \text{ Watt} \quad (6)$$

Selanjutnya Energi Listrik yang dapat dihasilkan oleh konversi energi angin per satuan luas sudu kincir angin dihitung dengan persamaan sebagai berikut [13]:

$$P_{Syst}/A = cp \cdot \eta_{tr} \cdot \eta_g \cdot \eta_b \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^3 \text{ Watt/m}^2 \quad (7)$$

## III. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Pengambilan Data

#### 3.1.1. Hidrologi

Pengukuran hidrologi dilaksanakan pada musim kemarau dan musim penghujan. Pengukuran hidrologi meliputi pengukuran tinggi jatuh (Head) dan debit air. Dimana pengukuran tinggi jatuh (Head) dilakukan

dengan menggunakan Theodolite. Sedangkan pengukuran debit air dilakukan dengan cara-cara sebagai berikut :

- a. Pengukuran Menggunakan current meter
- b. Pengukuran dengan Pelampung (Float Area Methode)
- c. Pengukuran Debit Air dengan Metode Rasional

3.1.2. Intensitas radiasi matahari

Pengukuran intensitas radiasi matahari diperoleh dengan menggunakan alat ukur actinograph dengan waktu pengukuran dimulai dari jam 06:00 s/d 18:00.

3.1.3. Kecepatan angin

Kecepatan angin diukur menggunakan anemometer dengan waktu pengukuran dimulai dari jam 06:00 s/d 18:00.

3.1.4. Sosio Ekonomi Masyarakat

Data diperoleh melalui pengumpulan data sekunder maupun data primer menggunakan lembar observasi dan wawancara pada penduduk lokal di lokasi potensi. Data tersebut meliputi:

- 1) Profil dusun/desa
- 2) Tingkat standar hidup dan sumber pendapatan masyarakat.
- 3) Profil usaha dan sumber-sumber ekonomi produktif berbasis sumber daya lokal.
- 4) Kecepatan akses, kemampuan mengusahakan akses kepada pasar.
- 5) Kapasitas lokal dan kemampuan berkembang dengan pemanfaatan potensi sumber daya lokal.
- 6) Kondisi dan profil infrastruktur pelayanan publik yang ada

3.2. Lokasi Pengambilan data

Lokasi pengambilan data pada penelitian ini adalah tempat yang memiliki potensi sumber energi alternatif yang terdiri atas tenaga air, tenaga surya, dan tenaga angin yang memungkinkan dibangun Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Enegi, di kabupaten Bone Bolango dan kabupaten Gorontalo.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Potensi Energi

Hasil pengukuran karakteristik debit air, intensitas radiasi matahari, dan kecepatan angin yang dilakukan sebanyak 5 (lima) kali di 2 (dua) lokasi padasetiap kabupaten diberikan pada Tabel Is/d Tabel IV.

TABEL I  
Potensi Hidro, Surya, dan Angin desa Tapadaa

Data	Debit (m3/s)	Intensitas Radiasi (W/m2)	Kec. Angin (knot)
1	0,19	360,32	1,92
2	0,23	318,48	1,46
3	0,12	342,24	2,15
4	0,25	387,08	1,31
5	0,13	436,56	1,54
<b>Rerata</b>	<b>0,19</b>	<b>368,94</b>	<b>1,68</b>

TABEL II  
Potensi Hidro, Surya, dan Angin desa Tulabolo

Data	Debit (m3/s)	Intensitas Radiasi (W/m2)	Kec. Angin (knot)
1	0,46	366,16	1,69
2	0,68	333,56	1,62
3	1,17	359,52	0,77
4	0,98	322,88	1,15
5	1,04	328,92	0,46
<b>Rerata</b>	<b>0,86</b>	<b>342,21</b>	<b>1,14</b>

TABEL III  
Potensi Hidro, Surya, dan Angin desa Liyodu

Data	Debit (m3/s)	Intensitas Radiasi (W/m2)	Kec. Angin (knot)
1	1,1	461,72	2,08
2	0,74	459,12	0,69
3	0,94	331,16	1,23
4	0,83	368,12	1,54
5	0,82	383,88	1,69
<b>Rerata</b>	<b>0,89</b>	<b>400,80</b>	<b>1,45</b>

TABEL IV  
Potensi Hidro, Surya, dan Angin desa Dulamayo Selatan

Data	Debit (m3/s)	Intensitas Radiasi (W/m2)	Kec. Angin (knot)
1	3,63	270,68	1,62
2	2,46	347,76	1,62
3	2,04	405,48	1,00
4	1,43	411,72	1,00
5	2,78	318,88	0,92
<b>Rerata</b>	<b>2,47</b>	<b>350,90</b>	<b>1,23</b>

4.2. Beban listrik berdasarkan sosio ekenomi masyarakat.

Berdasarkan data kependudukan dan fasilitas umum yang ada, dan dengan menggunakan asumsi setiap rumah rata-rata membutuhkan energi listrik 200 VA, bangunan sekolah 450 VA, bangunan Puskesmas 900 VA, dan mesjid 200 VA maka dapat dibuat estimasi kebutuhan energi listrik untuk setiap lokasi diberikan pada tabel V s/d VIII sebagai berikut:

TABEL V  
Kebutuhan Energi Desa Tapadaa

Jenis Fasilitas	Jumlah	Kebutuhan Energi Listrik	Jumlah
	(unit)	(VA)	(VA)
Rumah	31	200	6200
SD	1	450	450
PUSKESDES	1	900	900
Mesjid	1	200	200
<b>Total Kebutuhan Listrik</b>			<b>7750</b>

TABELVI  
Kebutuhan Energi Desa Tulabolo

Jenis Fasilitas	Jumlah	Kebutuhan Energi	Jumlah
	(unit)	(VA)	(VA)
Rumah	180	200	36000
SD	1	450	450
SMP	1	450	450
PUSKESMAS	1	900	900
Mesjid	3	200	600
<b>Total Kebutuhan Listrik</b>			<b>38400</b>

Tabel VII.  
Kebutuhan Energi Desa Liyodu

Jenis Fasilitas	Jumlah	Kebutuhan Energi	Jumlah
	(unit)	(VA)	(VA)
Rumah	84	200	16800
SD	1	450	450
PUSKESDES	1	900	900
Mesjid	1	200	200
<b>Total Kebutuhan Listrik</b>			<b>18350</b>

Tabel VIII  
Kebutuhan Energi Desa Dulamayo Selatan

Jenis Fasilitas	Jumlah	Kebutuhan Energi	Jumlah
	(unit)	(VA)	(VA)
Rumah	125	200	25000
SD	1	450	450
SLTP	1	450	450
POLIDES	1	900	900
Mesjid	1	200	200
<b>Total Kebutuhan Listrik</b>			<b>27000</b>

4.3. Energi Listrik yang dihasilkan oleh setiap komponen Hybrid Energi.

1. Hidro Energi

Berdasarkan data tinggi jatuh dan debit air seperti yang diberikan pada tabel dan efisiensi dari setiap peralatan yang digunakan dapat dihitung energi listrik yang akan dihasilkan dari komponen hydro energi sebagai berikut:

TABEL IX  
Energi terbangkitkan dari PLTMH

Lokasi	Output Generator		Energi dibangkitkan selama 24 jam
	kVA	kW	kWh
<b>Kabupaten Bone Bolango</b>			
Tapada'a	29,57	23,65	567,67
Tulabolo	61,95	49,56	1189,38
<b>Kabupaten Gorontalo</b>			
Liyodu	176,31	141,05	3385,13
Dulamayo Selatan	157,12	125,70	3016,78

2. Energi Surya

Energi listrik yang dihasilkan dari komponen surya (PLTS) dihitung menggunakan data intensitas radiasi matahari terendah. Selain itu estimasi dari kebutuhan listrik juga digunakan dalam merancang sistem PLTS yang akan digunakan.

TABEL X  
Energi terbangkitkan dari PLTS

Lokasi	Energy Demand	PV Area	Watt-Peak	Energi dibangkitkan
	(kWh)	m <sup>2</sup>	(kW-p)	(kWh-p)
<b>Kabupaten Bone Bolango</b>				
Tapada'a	17,34	43,99	6,77	74,43
Tulabolo	85,91	215,01	33,07	363,75
<b>Kabupaten Gorontalo</b>				
Liyodu	41,06	100,18	15,41	169,48
Dulamayo Selatan	60,41	180,33	27,74	305,09

3. Energi Angin.

Berdasarkan pengukuran kecepatan angin yang dilakukan selama 5 (lima) hari desain diameter sudu dari kincir angin yang digunakan adalah 7 meter, maka energy yang dapat dibangkitkan dari PLT-Angin adalah sebagai berikut:

TABEL XI  
Energi terbangkitkan dari PLT-Angin

Lokasi	Energy Demand	P syst	
	(kWh)	(Watt)	(kWh)
<b>Kabupaten Bone Bolango</b>			
Tapada'a	14,19	166,40	1,50
Tulabolo	70,29	70,01	0,56
<b>Kabupaten Gorontalo</b>			
Liyodu	33,59	94,03	0,85
Dulamayo Selatan	54,92	73,28	0,73

4.4. Potensi Energi Listrik dari Hybrid Energi

Dari hasil analisis potensi energi listrik yang dihasilkan oleh setiap komponen PLT – Hybrid Energy dapat dibuat tabel yang menunjukkan total potensi energi listrik yang dapat dibangkitkan oleh PLT – Hybrid Energy di setiap lokasi baik di kabupaten Bone

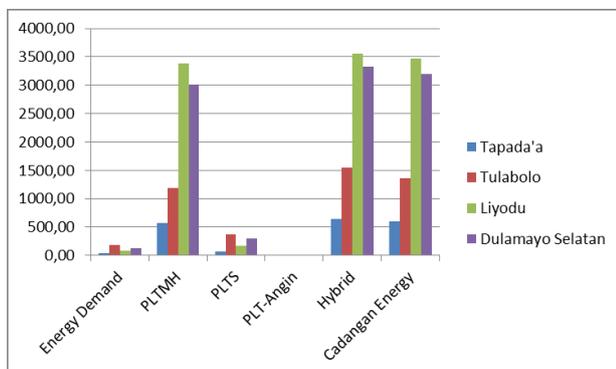
Bolango maupun di kabupaten Gorontalo. Hasil selengkapnya diberikan dalam tabel sebagai berikut:

TABEL XII  
Potensi Energi Listrik yang dibangkitkan oleh PLT-Hybrid Energy

Lokasi	Energy Demand	Energi dibangkitkan tiap komponen			
	24 Jam	PLTMH	PLTS	PLT-Angin	Total Energi
	24 jam (kWh)	24 jam (kWh)	11 jam (kWh)	9 s/d 10 jam (kWh)	24 jam (kWh)
<b>Kabupaten Bone Bolango</b>					
Tapada'a	37,83	567,67	74,43	1,50	643,59
Tulabolo	187,45	1189,38	363,75	0,56	1553,69
<b>Kabupaten Gorontalo</b>					
Liyodu	89,58	3385,13	169,48	0,85	3555,46
Dulamayo Selatan	131,80	3016,78	305,09	0,73	3322,60

Dari tabel XII terlihat bahwa kebutuhan energi harian untuk setiap lokasi Hybrid Energi dapat dipenuhi oleh energi yang dibangkitkan komponen PLTMH, dan jika PLTMH tidak dapat beroperasi sama sekali, maka kebutuhan energi masih dapat diatasi oleh komponen PLTS. Kontribusi dari PLT-Angin pada PLT-Hybrid Energy ini sangat kecil, karena potensi energi angin di lokasi PLT-Hybrid Energy memang sangat kecil. Dari hasil pengukuran, rata-rata kecepatan angin di setiap lokasi kurang dari 2 knot yakni hanya berkisar antara 1,14 s/d 1,68 knot. Oleh karena itu, jika komponen PLTMH dan PLTS tidak dapat berfungsi sama sekali maka PLT-Angin tidak dapat diandalkan dalam melayani kebutuhan energi harian konsumen.

Disisi lain, terlihat bahwa di semua lokasi PLT-Hybrid Energy terdapat cadangan energi yang berkisar antara 605,76 kWh s/d 3465,88 kWh setiap hari, seperti ditunjukkan pada grafik berikut:



Gambar 1. Energy Demand vs Cadangan Energy

Cadangan energy yang cukup besar ini dapat terjadi karena di setiap lokasi PLT-Hybrid Energi, komponen energi yang bersumber dari PLTMH sangat besar, dibandingkan dengan potensi surya maupun potensi angin, sedangkan kebutuhan energi (energy dmand) di setiap lokasi berdasarkan kondisi sosio ekonomi masyarakat sangat kecil.

Kelebihan pembangkitan energi (cadangan energi) ini tentunya sangat menguntungkan jika energi yang dibangkitkan dapat dimanfaatkan secara maksimal, misalnya dialirkan ke desa-desa tetangga atau dijual ke PLN.

V. KESIMPULAN

1. Energi listrik yang dapat dibangkitkan oleh PLT-Hybrid Energi yakni desa Tapadaa sebesar 643,59 kWh per hari, desa Tulabolo sebesar 1553,69 kWh per hari, desa Liyodu 3555,46 kWh per hari, dan desa Dulamayo Selatan 3322,6 kWh per hari
2. Potensi Hybrid Energi tersedia cukup besar tetapi belum dimanfaatkan secara optimal. Dengan kebutuhan energi yang ada untuk desa Tapada'a, desa Tulabolo, desa Liyodu, dan desa Dulamayo Selatan maka terdapat cadangan energi yakni: 605,76 kWh per hari untuk desa Tapada'a, 1366,25 kWh per hari untuk desa Tulabolo, 3465,88 kWh per hari untuk desa Liyodu, dan 3190,8 kWh per hari untuk desa Dulamayo Selatan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT. PLN (Persero). 2013. "Statistik PLN 2012". Sekretariat Perusahaan PT PLN (Persero). Jakarta.
- [2] PT. PLN (Persero)., 2010., "Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik 2010 – 2019.
- [3] Pepres RI No 5 tahun 2006., Kebijakan Energi Nasional
- [4] Tumiran., Prof., Dr, 2014. Paradigma Baru Kebijakan Energi Nasional Menuju Ketahanan Dan Kemandirian Energi. Dewan Energi Nasional.
- [5] Harun, Ervan & Salim, Sardi. 2009, dkk "Pengembangan Sumber Daya air Untuk Peningkatan Ketenagalistrikan di Wilayah Propinsi Gorontalo". Penelitian Hibah Strategis Nasional DIKTI. Universitas Negeri Gorontalo. Gorontalo.
- [6] Matoka, Arifin, dkk. 2009. " Kajian Potensi Energi Listrik Mikrohidro Pada Saluran Irigasi Provinsi Gorontalo menunjang Elektrifikasi Pertanian". Penelitian Hibah Strategis Nasional DIKTI. Universitas Negeri Gorontalo. Gorontalo.
- [7] Winarto, Eko Wismo., 2013., Potensi Pembangkitan Listrik Hybrid menggunakan Vertical Axis Wind Turbine tipe Savonius dan Panel Surya., Jurnal Tenologi Volume 6 No 2 Desember 2013.
- [8] Olivia Lewi Pramesti, 2012., "Energi Hibrid Potensial Dikembangkan di Indonesia", <http://nationalgeographic.co.id/berita/2012/04/energi-hibrid-potensial-dikembangkan-di-indonesia>
- [9] Tengku Dahril, Prof., Dr., 2012. "Penelitian dan Pengembangan Teknologi Energi Terbarukan berdasarkan sumber daya lokal di Prpinsi Riau" Disampaikan pada Annual Forum Energy and Enviromental Partnership, Pekanbaru 30 – 31 Oktober 2012
- [10] Harvey.2003. "Manual Desing Mycrohydro Report on Standarisation of Civil Works for Small Microhydro Power Plant". UNINDO.
- [11] Manan Saiful.2010., Energi Matahari sumber energi alternatif yang efisien, handal, dan ramah lingkungan di indonesia., Laporan Penelitian

Fakultas Teknik Universitas  
Diponegoro.Semarang

- [12] Arif Afifudin, dkk., 2010., “Studi Ekperimental Performansi Vertical Axis Wind Turbin (VAWT) dengan Variasi Desain Turbin”. Teknik Fisika., ITS.
- [13] Sam, Alimuddin & Patabang, Daud. 2005. “Studi Potensi Energi Angin Di Kota Palu Untuk Membangkitkan Energi Listrik” Jurnal SMARTEK, Volume 3 No. 1 Pebruari 2005.

# Studi Perancangan Jaringan Komunikasi Serat Optik Dwdm L Band dengan Penguat Optik Edfa

Sri Danaryani<sup>1</sup>, Syamsul El Yumin<sup>2</sup>, Iwan Krisnadi<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon, Indonesia

[sdanaryani@gmail.com](mailto:sdanaryani@gmail.com)

**Abstrak** – Perkembangan teknologi telekomunikasi juga disertai dengan teknik transmisi yang dapat membawa bandwidth yang besar, seperti SONET / SDH yang memiliki bit rate hingga 40 Gb / s. Serat optik adalah media yang paling tepat digunakan untuk transmisi, yang untuk komunikasi jarak jauh jenis single mode step index adalah yang paling sesuai. Maju multiplexing WDM (Wavelength Division Multiplexing) memungkinkan SONET, ATM dan saluran lainnya dapat menyebarkan dalam serat optik tunggal. Bandwidth tumbuh membuat WDM berkembang menjadi DWDM.. Berbagai masukan membuat perangkat yang dipilih untuk menjadi beragam, yang pada gilirannya dapat masuk ke dalam DWDM dengan kapasitas 10 Gbps. Kapasitas DWDM harus dipilih, misalnya dengan menggunakan 4 nilai panjang gelombang sesuai dengan grid ITU-T 1568.77nm, 1569.59nm, 1571,23 nm n 1.572,05 nm. Hasilnya dapat meminimalkan efek dari FWM mana harmonik yang dihasilkan tidak termasuk dalam panjang gelombang fundamental. Penggunaan EDFA dalam transmisi serat optik di DWDM shut sedang mempertimbangkan OSNR. Perhitungan OSNR tergantung pada jumlah panjang gelombang, bit rate, dispersi serat dan jumlah amplifier yang digunakan. Secara umum, semakin amplifier digunakan OSNR akan lebih kecil. bandwidth yang besar juga menurun OSNR. Jadi OSNR lebih kecil menunjukkan suara lebih dominan dibandingkan dengan sinyal.

**Kata kunci:** EFDA, Fiber Optics, L Band.

**Abstract** – Development of telecommunications technology is also accompanied by the transmission technique that can carry large bandwidth, such as SONET / SDH which has bit rate up to 40 Gb /s. Fiber optics is the most appropriate medium used for the transmission, which for long distance communication single mode step index type is the most appropriate. Developed multiplexing WDM (Wavelength Division Multiplexing) enables SONET, ATM and other channels may be propagating in a single optical fiber. Bandwidth grows makes WDM evolved into DWDM.. A variety of the input make devices selected to be diverse, which in turn can be enter into DWDM with 10 Gbps capacity. Capacity of DWDM must be selected, for example by using 4 wavelength values according to the grid ITU-T 1568.77nm, 1569.59nm, 1571.23 nm and 1572.05 nm. The result can minimize the effects of FWM where the harmonics produced are not included in the fundamental wavelength. Use of EDFA in optical fiber transmission in DWDM shut is considering OSNR. OSNR calculation depends on the number of the wavelength, bit rate, dispersion in the fiber and the number of amplifier used. In general, the more amplifier is used the OSNR will be smaller. Large bandwidth also decreases OSNR. So the smaller OSNR indicate noise more dominant compare to signal.

**Keywords:** EFDA, Fiber Optics, L Band.

## I. PENDAHULUAN

Serat optik tipe single mode step index mempunyai redaman yang relatif kecil pada panjang gelombang 1310 dan 1550nm serta kapasitas besar identik dengan bandwidth yang lebar. Bandwidth yang lebar dibutuhkan untuk transfer informasi baik internet, e-commerce, e-mail, electronic documentation transfer, video dan mobile telephony. Perangkat ini harus ditunjang dengan perangkat solid state dan photonic termasuk teknik multiplexingnya. Dikembangkan teknik multiplexing WDM Wavelength Division Multiplexing memungkinkan SONET, ATM dan kanal lainnya dapat berpropagasi dalam satu serat optik [1].

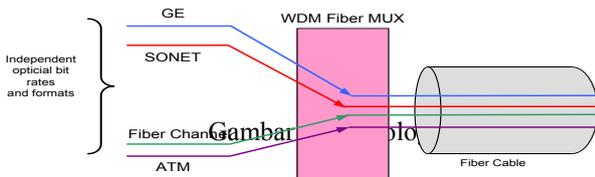
WDM ditawarkan menjadi solusi untuk peningkatan kapasitas tanpa harus mengubah struktur jaringan. Kebutuhan bandwidth yang terus berkembang menjadi evolusi dari WDM menjadi DWDM sehingga beberapa panjang gelombang yang berbeda dapat

berpropagasi dalam satu serat. DWDM menggunakan dua kelas yaitu C band dan L band. Keduanya dibedakan pada panjang gelombang yang pada akhirnya membuat pilihan perangkat yang akan digunakan harus menunjang pada pilihan C atau L band. [1]

Pengaruh jarak komunikasi yang berkaitan dengan redaman dan dispersi merupakan batasan dalam perencanaan, sehingga dibutuhkan penguat optikal yang mendukung teknologi multiplexing. Untuk komunikasi jarak jauh dengan beberapa panjang gelombang perlu memadukan DWDM dan EDFA dimana dibutuhkan lebih dari satu penguat EDFA.[1]. Untuk itu perlu adanya studi perancangan jaringan agar menghasilkan disain jaringan transmisi serat optik yang efektif memadukan penguat EDFA pada multiplexing DWDM dan panjanggelombang pendukung terutama pada L band. Panjang fiber berisi doping Erbium yang pendek membuat kurang sensitive terhadap perubahan lingkungan sekitar, dengan kata lain penguatan menjadi stabil. [2]

II. LANDASAN TEORI

Serat optik dipilih untuk komunikasi jarak jauh dengan kapasitas besar karena dari karakteristiknya mempunyai attenuasi yang kecil. Corning salah satu merk serat optik mengeluarkan tipe Corning SMF-28 dengan attenuasi sekitar 0.2 dB/km pada panjang gelombang 1550 nm dengan kapasitas yang dibawa sangat besar, yaitu mencapai 100 Gbps. Teknik multiplexing WDM Wavelength Division Multiplexing memungkinkan SONET, ATM dan kanal lainnya dapat berpropagasi dalam satu fiber optic, seperti gambar 1



Gambar 1. Diagram WDM Fiber MUX

Losses daya pada tranmisi merupakan pembatas fundamental terutama pada kecepatan dan jarak yang dihasilkan. Losses akan bertambah dengan adanya coupling dan splitting pada jaringan optic serta switch photonic, yang pada akhirnya membuat ukuran jaringan menjadi terbatas. Untuk mengatasi keterbatasan jarak maka digunakan penguat (amplifier ) yang diletakan antara Tx dan Rx dengan jumlah penguat yang digunakan sangat tergantung pada perangkat pendukung dari penguat.

Untuk mendisain jaringan, sangat penting melengkapai disain system dengan BER yang dibutuhkan oleh system. BER selalu berhubungan dengan factor Q untuk memperhitungkan daya minimum penerima yang dibutuhkan. OSNR optical Signal to Noise Ratio merupakan parameter yang sangat penting yang dari sinyal optikal yang diberikan. Keterkaitannya dengan faktor Q diperlihatkan dengan persamaan 1

$$Q_{dB} = OSNR + 10 \log \frac{B_o}{B_e} \tag{1}$$

dimana

Bo : bandwidth optikal dari perangkat photodetector

Be : bandwidth elektrikal pada filter penerima

Pada setiap stage amplifier akan ada komponen tambahan yang menghasilkan noise ASE amplified spontaneous emission (ASE) yang akan menurunkan OSNR. Disisi lain amplifier juga akan memperkuat noise yang sudah ada.

Dalam disain jaringan serat optic, OSNR harus dipastikan. OSNR stage akhir memenuhi kebutuhan OSNR system dan kebutuhann BER. Untuk membuat system mendukung BER tertentu, maka dibutuhkan membuat system OSNR memenuhi disain. OSNR pada N amplifier dan dengan memasukan nilai konstanta Plank  $6.63 \times 10^{-34}$  Js,  $f$  frekuensi optikal 193 THz atau panjang gelombang 1550 nm maka besar OSNR dalam dB adalah

$$OSNR_{dB} = 158.93 + P_{in} - \Gamma_{dB} - NF_{dB} - 10 \log N - 10 \log \Delta f$$

Bandwidth  $\Delta f$  sekitar **0.1 nm atau 10 GHz** ; dengan demikian besarnya OSNR menjadi

$$OSNR_{dB} = P_{in} + 58.93 - \Gamma_{dB} - NF_{dB} - 10 \log N \tag{2}$$

Dimana

NFstage : noise figure dari stage

h : konstanta Plank  $6.6260 \times 10^{-34}$ J-s

f : frekuensi optikal THz

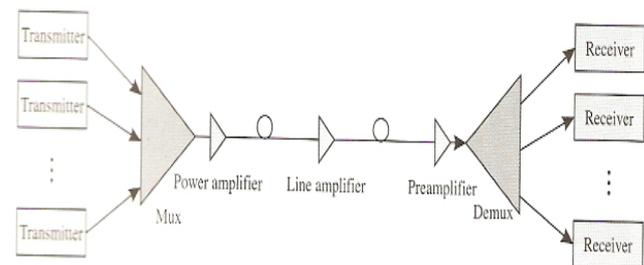
$\Delta f$  : bandwidth pada saat mengukur NF, besarnya mayoritas 0,1nm atau 10 GHz

Dengan merujuk persamaan 3, maka besarnya PASE adalah sebesar

$$P_{ASE} = 58.93 - \Gamma_{dB} - NF_{dB} - 10 \log N \tag{3}$$

Jaringan transmisi serat optic

Jaringan transmisi serat optic yang menggunakan multiplexing DWDM dan adanya penguat pada jalur transmisi diperlihatkan pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram blok dari model system DWDM

Untuk merencanakan jaringan seperti pada gambar 1 perlu diperhatikan spesifikasi dari perangkat pendukung, jarak jangkau yang direncanakan, loss dari span yang diperhitungkan, OSNR , BER dan SNR sistem. Perencanaan jaringan yang diinginkan adalah untuk komunikasi long haul dengan serat optik yang digunakan single mode fiber SMF sehingga pemilihan semua komponen mengikuti. Perencanaan dipilih dengan menggunakan DWDM beberapa panjang gelombang.

Dalam disain sistem komunikasi serat optik secara keseluruhan banyak parameter yang harus dipertimbangkan dalam sistem dimana efek dari parameter tersebut berbeda satu sama lain. Efek tersebut membuat dua isu , yang pertama menawarkan bit rate yang tinggi atau kanal yang banyak, dan yang kedua sistem yang bidirectional atau directional.[6]. Parameter yang dipertimbangkan

1. Tipe serat .
2. Daya transmit dan spasi antar amplifier
3. Spasi antar kanal dan jumlah panjang gelombang
4. Jaringan optikal secara keseluruhan
5. Perencanaan panjang gelombang
6. Transparansi

III. METODOLOGI PENELITIAN

Untuk menyelesaikan penelitian ini dilakukan awalnya dilakukan studi literatur. Dilanjutkan dengan perancang jaringan dengan mempertimbangkan Q, OSNR, frekuensi dan lainnya.

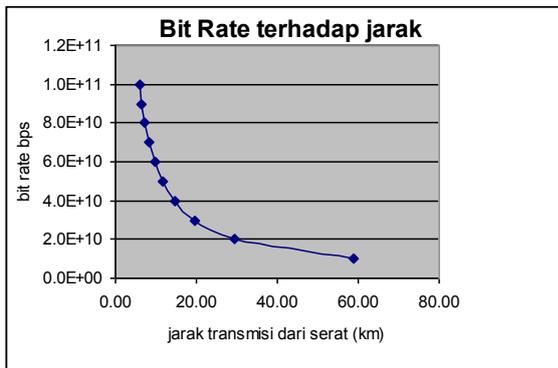
Dengan persamaan matematika yang ada, maka dimasukan kecenderungan sistem yang akan dibuat dilanjut dengan mendisain jaringan transmisi serat optik.

Hasil yang didapat akan dianalisa untuk mendapatkan hasil kesimpulan dari penelitian

**Hasil dan pembahasan**

**Panjang fiber terhadap bit rate**

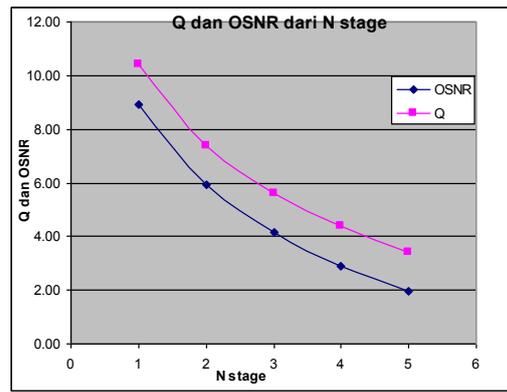
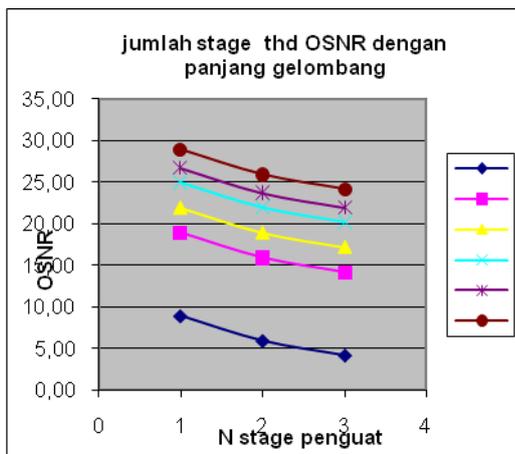
Bahwasanya dispersi kromatis dan besar bit rate menentukan jarak transmisi  $L_D$ , yaitu jarak transmisi dimana pelebaran pulsa melebihi waktu satu bit. Dengan dispersi kromatis  $17 \text{ ps/nm.km}$ ,  $\Delta\lambda$  sebesar  $0.1 \text{ nm}$ , sedang bit rate diubah dari  $1 \text{ Gbps}$  sampai dengan  $10 \text{ Gbps}$ , data hasil perhitungan dapat dibuat grafik kecenderungan seperti ditunjukkan pada gambar 3 terlihat makin besar bit rate yang dibawa maka jarak transmisi makin kecil. Sehingga dalam aplikasinya perlu mempertimbangkan besarnya bit rate dan jarak jangkauan agar sinyal dapat diterima pada batas ambang yang diperbolehkan.



Gambar 3. Bit rate terhadap jarak

**Perhitungan faktor Q dan OSNR**

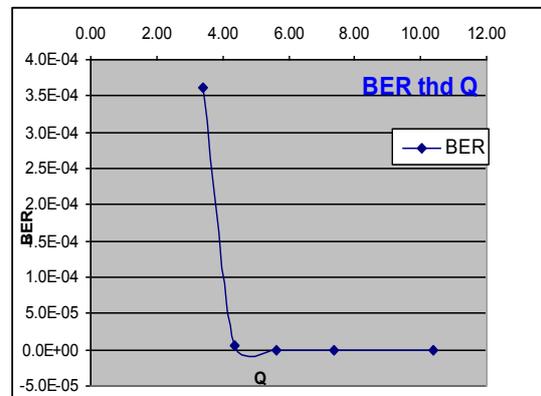
Besarnya OSNR dalam satu jaringan dengan adanya  $N$  penguat/amplifier diperlihatkan dengan persamaan 2. Masukan dipilih  $\Delta f$  sebesar  $0.1 \text{ nm}$  atau  $10 \text{ GHz}$  dan berubah hingga  $10 \text{ nm}$ ,  $NF$   $7 \text{ dB}$  (5 tanpa satuan),  $P_{in}$   $-24 \text{ dB}$  serta  $\Gamma$   $21 \text{ dB}$ . Simulasi dibuat dengan menggunakan 3 stage penguat. Terlihat semakin banyak penguat yang digunakan akan membuat OSNR sistem menurun.



(c) Q dan OSNR

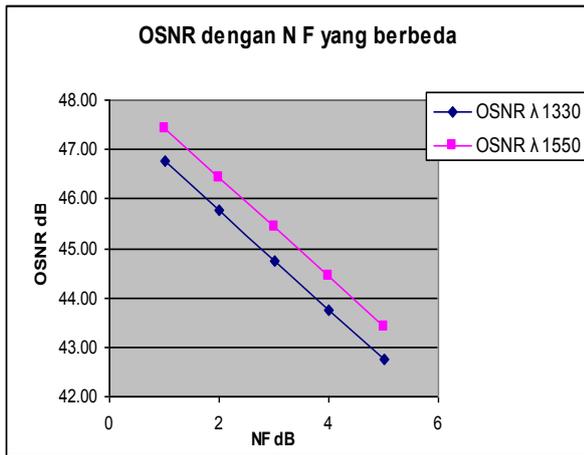
Gambar 4.. Jumlah stage terhadap OSNR dengan panjang gelombang

Kecenderungan jumlah  $N$  dengan besarnya  $Q$  dan OSNR berdasarkan persamaan 2 dan 3 dengan besarnya  $\Delta f$  tetap  $0.1 \text{ ns}$ . Hasilnya seperti pada gambar 5. Dari data dan kecenderungan terlihat bahwa OSNR dan  $Q$  yang makin kecil dengan meningkatnya jumlah penguat yang digunakan. Dari data  $Q$  yang didapat, dapat dihitung besar BER dengan menggunakan persamaan 2.16. Hasil perhitungannya dan karakteristik kecenderungannya terlihat pada gambar 5 bahwa makin besar  $Q$  menghasilkan BER yang kecil, yang dimaksud dengan BER  $10^{-25}$  adalah 1 bit yang salah dari  $10^{25}$  bit yang ditransmit. Tentunya yang diinginkan dalam sistem mempunyai BER yang kecil, karena kesalahan dari bit yang dikirim makin kecil juga.



Gambar 5. BER terhadap Q

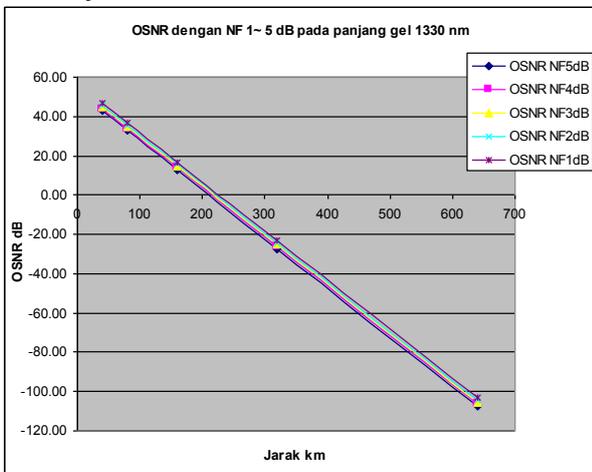
Bahwa  $NF$  merupakan perbandingan  $S/N$  input terhadap  $S/N$  output, yang paling bagus secara teori adalah  $1 \text{ dB}$ , atau  $S/N$  input lebih sebesar  $1.26$  kali  $S/N$  output. Tetapi seringkali  $NF$  dari perangkat  $\gg 1 \text{ dB}$  yang artinya  $S/N_{output} < S/N_{input}$ .  $NF$  dapat mencapai  $> 5 \text{ dB}$  atau sangat tergantung pada spesifikasi perangkat dari pabrik pembuat. Untuk melihat pengaruh  $NF$  terhadap OSNR pada persamaan 3, dibuat  $NF$  bervariasi dari  $1 \sim 5 \text{ dB}$ , dengan jarak dibuat tetap yaitu pada  $40 \text{ km}$  serta data pendukung lainnya dibuat sama seperti data sebelumnya ingin dilihat pengaruhnya. Hasil perhitungan ditunjukkan karakteristik seperti pada gambar 6. Perbedaan OSNR antar panjang gelombang pada setiap jumlah penguat adalah sekitar  $0.66 \text{ dB}$ , atau dengan katalain OSNR pada panjang gelombang  $1550 \text{ nm}$  adalah  $1.16$  kali dari OSNR panjang gelombang  $1330 \text{ nm}$ .



Gambar 6. OSNR dengan NF yang berbeda

Bila jarak lintasan serat dibuat variasi , besar NF juga dibuat variasi maka besar OSNR akan berubah juga seperti diperlihatkan pada bagian berikut ini. Penurunan atau peningkatan NF sebesar 1 dB pada jarak yang sama membuat OSNR berubah sebesar 1 dB. Karakteristik diperlihatkan pada gambar 7.

Sedang dengan NF yang sama setiap penduakalian jarak maka OSNR akan turun dengan besar penurunannya mempunyai skala yang sama. Dapat diperkirakan dengan NF 5 dB pada jarak 640x2 km maka OSNR akan menjadi  $(-107.25-160) = -267.25$  dB, sedang pada jarak 20 km OSNR akan naik 5 dB(dari 10dB/2) atau menjadi 47.75 dB.



Gambar 7. OSNR dengan NF 1~5 dB pada λ1330 nm  
Kesimpulan

1. Pada jaringan transmisi single mode step indek, OSNR dari sistem akan turun dengan meningkatnya bandwidth dari informasi yang akan dibawa serta jumlah stage penguat yang digunakan. Turunnya OSNR pada akhirnya akan menurunkan Q dari sistem dan membuat BER meningkat. Meningkatnya BER menunjukkan peningkatan error.
2. Noise figure NF dari perangkat berkaitan dengan OSNR dan jarak. Bila perangkat mempunyai NF yang besar OSNR juga besar. Bila jarak receiver makin jauh maka OSNR

makin mengecil dengan berubahnya jarak. Perbedaan OSNR pada λ 1550 nm dan λ1310 nm dengan N yang berubah 0.66 dB atau OSNR pada λ 1550nm lebih besar 1.16 kali λ1310nm. Pendua kalian jarak penguat membuat OSNR berubah dengan pola penurunan dua kali dari perubahan OSNR sebelumnya.

3. Dispersi kromatis dari serat optik yang dipilih berhubungan dengan jarak antar penguat EDFA yang akan digunakan serta daya yang diluncurkan. Makin besar dispersi kromatis, maka jarak spasi dari EDFA makin pendek, dan daya yang akan diluncurkan juga akan meningkat dengan makin besar dispersi kromatis. Makin pendek jarak spasi EDFA maka makin banyak penguat yang digunakan dalam satu lintasan. Disisi lain makin kecil gain EDFA yang dipilih maka daya yang diluncurkan kedalam serat akan makin kecil, sehingga jumlah penguat yang digunakan akan makin banyak untuk mencapai jarak lintasan tertentu.
4. Modulasi berkaitan dengan bandwidth dan bitrate dimana modulasi RZ memiliki bitrate sistem lebih besar dari NRZ karena bitratanya sama dengan bandwidth. Besarnya bitrate tidak diperhitungkan dalam OSNR, tetapi besar bandwidth menjadi pembatas besarnya OSNR dimana makin besar bandwidth maka OSNR makin kecil.

IV. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alpina Kulkarni [Optical Communications (EE566)], Dr. Paolo Liu [Electrical Engineering @ UB] Fiber Systems *Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM)*, down load 1 Februari 2008
- [2] Dr. D. Knipp; *Photonic and Optical Communication; International University Bremen*; Spring 2007 internet dengan alamat [http://www. faculty.iu-bremen.de/dk/dknipp](http://www.faculty.iu-bremen.de/dk/dknipp)
- [3] Kolimberis Harold; *Fiber Optic Communications*; 2004; Pearson education Inc, New Jersey
- [4] V. Kartalopoulos, Ph.D; *The Flexibility of DWDM in Handling Continually increasing Bandwidth Demand for Future Optical-Fiber Communication Network*; Volume 16, number 2. April 2002, ISSN 1060-3301, LEOS, publication of the IEEE Laser and Electro-optical Society,. [www i-LEOS.org](http://www.i-LEOS.org)
- [5] Gumataste Aashwin, Antony Tony; *DWDM Network Designs and Engineering Solutions*; 2002, Ciscopress.com
- [6] Agrawal P Govind, *Fiber optic communication System*, 2002, Edisi 3, John Wiley & Son, [www.Wiley.com](http://www.Wiley.com)
- [7] Bass Michael, Van Stryland Eric; *Fiber optics Handbook : fiber, devices and system for optical communication*, 2002, The Mc Graw-Hill Companies, Inc

- [8] Ramaswami Rajiv, Sivarajan Kumar N.; *Optical Networks, a practical perspective*; 1998, Academic Press, USA
- [9] Ming Max, Liu Kang; *Principles and Application of Optical Communication*; 1996, McGraw Hill, USA
- [10] Zanger Henry & Cynthia; *Fiber Optics Communication and other application*, 1991; Macmillian Publishing Company; Singapore
- [11] Wikipedia "SONET, SDH dan Ethernet"
- [12] Sonet DWDM; Fujitsu network communication inc, di download April 2009.

## Karakteristik Potensi Energi Surya dan Energi Angin Pada Lahan Potensial Agropolitan yang Belum Dimanfaatkan

Lanto Mohamad Kamil Amali<sup>1)</sup>, Yasin Mohamad<sup>2)</sup>, dan Ervan Hasan Harun<sup>3)</sup>

Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia

<sup>1</sup>kamilamali\_gtlo@yahoo.co.id, <sup>2</sup>yasinmt@yahoo.co.id, <sup>3</sup>ervanharun@ung.ac.id

**Abstrak** – Program agropolitan yang dikembangkan di Provinsi Gorontalo adalah program berbasis jagung agropolitan [5]. Berdasarkan data sementara, lahan potensial agropolitan di Provinsi Gorontalo adalah 220 406 hektar, yang telah dimanfaatkan 99,176 hektar dan 121,230 hektar wilayah potensi lokal untuk pengembangan jagung belum utilized. On sisi lain, lokasi dari pelaksanaan kegiatan petani pasca panen, dilakukan jauh dari lahan pertanian, hal ini karena daerah sekitarnya lahan pertanian listrik terjangkau sehingga mengarah ke biaya produksi yang lebih tinggi dari petani. Alternatif dapat dikembangkan yang memanfaatkan potensi energi surya dan energi angin sebagai energi alternatif untuk mendukung proyek pembangkit listrik di lokasi lahan pertanian. Penelitian ini menjelaskan lokasi lahan potensial agropolitan di provinsi Gorontalo yang belum dimanfaatkan secara maksimal dan memiliki potensi energi surya dan energi angin, di: desa Bohusami 422.988 W / m<sup>2</sup> dan 0,0,241 W / m<sup>2</sup>, desa Inogaluma sebesar 357,06 W / m<sup>2</sup> dan 0,09 W / m<sup>2</sup>, desa buhu sebesar 437,9 W / m<sup>2</sup> dan 0.425 W / m<sup>2</sup>, desa Tutulo sebesar 397,18 W / m<sup>2</sup> dan 0,17 W / m<sup>2</sup>, desa Tunas Jaya sebesar 383.944 W / m<sup>2</sup> dan 0,32 W / m<sup>2</sup>.

**Kata kunci** : energi surya, energi angin dan agropolitan.

**Abstract** – Agropolitan program that developed in the province of Gorontalo is a corn-based programs agropolitan [5]. Based on preliminary data, the agropolitan potential land area in the province of Gorontalo are 220 406 hectares, which has been utilized 99.176 hectares and 121.230 hectares area of local potential for the development of corn has not been utilized. On the other side, the location of the implementation of farmers' activities post-harvest, carried out away from agricultural land, this is because the area surrounding farmland unaffordable electricity thus leading to higher production costs of farmers. Alternatives can be developed that is exploiting the potential of solar energy and wind energy as an alternative energy to support the power generation project at the location of agricultural land. The research describes the potential land locations agropolitan in Gorontalo province that not fully utilized and has the potential of solar energy and wind energy, ie: the Bohusami village 422,988 W/m<sup>2</sup> and 0,0,241 W/m<sup>2</sup>, Inogaluma village amounted to 357,06 W/m<sup>2</sup> dan 0,09 W/m<sup>2</sup>, Buhu village amounted to 437,9 W/m<sup>2</sup> and 0,425 W/m<sup>2</sup>, Tutulo village amounted to 397,18 W/m<sup>2</sup> and 0,17 W/m<sup>2</sup>, Tunas Jaya village amounted to 383,944 W/m<sup>2</sup> and 0,32 W/m<sup>2</sup>.

**Keywords** : solar energy, wind energy and agropolitan

### I. PENDAHULUAN

Potensi sumber daya alam, propinsi Gorontalo mempunyai banyak potensi yang layak untuk dikembangkan antara lain dibidang pertanian, berdasarkan data yang diperoleh, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1. berikut :

TABEL I

Potensi lahan Pertanian propinsi Gorontalo

Kabupaten/Kota	Potensi (Ha)	Sudah dimanfaatkan (Ha)	Belum dimanfaatkan (Ha)
Kota Gorontalo	425	232	193
Kab. Gorontalo	77.577	38.444	39.133
Kab. Boalemo	64.127	27.5	36.627
Kab. Pohuwato	63.155	31	32.155
Kab. Bonjol	15.122	2	13.122
	<b>220.406</b>	<b>99.176</b>	<b>121.23</b>

Berdasarkan data di atas, terlihat bahwa 45% lokasi potensial telah dimanfaatkan, sedangkan 55% dari daerah potensial untuk pengembangan jagung belum dimanfaatkan[2]. Jika lokasi potensial tersebut dapat dikembangkan, maka tentulah dapat meningkatkan kesejahteraan bagi masyarakat sekitar daerah tersebut.

Survei awal yang dilakukan, secara umum lokasi pelaksanaan aktivitas petani pascapanen, dilakukan di lokasi yang jauh dari lahan pertanian. Misalnya lokasi pemipilan dan pengeringan jagung. Hal ini disebabkan karena daerah di sekitar lahan pertanian tidak terjangkau listrik. Hal ini yang mendasari beberapa lokasi potensial di propinsi Gorontalo belum dapat dimanfaatkan, mengingat akan semakin tingginya biaya produksi yang dikeluarkan petani.

Apabila pemerintah dapat menyediakan energi listrik di daerah yang dekat dengan lokasi lahan

pertanian, tentulah masyarakat dengan sendirinya akan termotivasi untuk melaksanakan aktivitas di lokasi tersebut, salah satu alternatif yang dapat ditempuh yaitu melalui pemanfaatan potensi energi surya dan potensi energi angin sebagai energy alternatif untuk kebutuhan tenaga listrik sehingga lokasi-lokasi potensi di propinsi Gorontalo dapat dimanfaatkan secara maksimal dan dapat membantu pertumbuhan dan perkembangan wilayah propinsi Gorontalo melalui pengembangan konsep agropolitan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Energi Surya

Radiasi matahari adalah sinar yang dipancarkan dari matahari kepermukaan bumi, yang disebabkan oleh adanya emisi bumi dan gas pijar panas matahari. Radiasi dan sinar matahari dipengaruhi oleh berbagai hal sehingga pancarannya yang sampai dipermukaan bumi sangat bervariasi. Penyebabnya adalah kedudukan matahari yang berubah-ubah, revolusi bumi, dan lain sebagainya. Walaupun cuaca cerah dan sinar matahari tersedia banyak, besarnya radiasi tiap harinya selalu berubah-ubah. Berkaitan dengan hal tersebut di atas, radiasi surya yang tiba pada suatu tempat di permukaan bumi dapat kita bedakan menjadi 3 jenis. Ketiga jenis radiasi tersebut adalah : Radiasi Langsung (direct radiation), Radiasi Sebaran (diffuse radiation), Radiasi Pantulan [4]. Pada penelitian ini radiasi yang akan diukur adalah radiasi langsung (direct radiation). Intensitas radiasi ini akan diukur menggunakan alat ukur actinograph.

2.2. Energi Angin

Energi angin dapat dikonversi atau ditransfer ke dalam bentuk energi lain seperti listrik atau mekanik dengan menggunakan kincir atau turbin angin. Daya angin berbanding lurus dengan kerapatan udara, dan kubik kecepatan angin [3], seperti diungkapkan dengan persamaan berikut:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^3 \quad (\text{watt/m}^2) \quad (1)$$

Keterangan :

P = daya per satuan luas (watt/m<sup>2</sup>)

ρ = massa jenis

V = kecepatan angin (m/det).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Data

Data intensitas radiasi matahari dan kecepatan angin diperoleh dengan menggunakan alat ukur actinograph untuk pengukuran intensitas radiasi matahari dan anemometer untuk pengukuran kecepatan angin [1].

Pengukuran dilakukan secara langsung dilokasi lahan potensial agropolitan yang belum dimanfaatkan yang tersebar di 5 kabupaten propinsi Gorontalo yaitu Kabupaten Gorontalo Utara, kabupaten Bone Bolango, kabupaten Gorontalo, kabupaten Boalemo dan kabupaten Pohuwato.

3.2. Metodologi

- Perhitungan potensi energy surya diperoleh dari pembacaan alat ukur actinograph pada kertas pias harian yang diukur dari jam 06.00 sampai dengan 18.00 WITA secara langsung dilapangan.
- Perhitungan Potensi energi angin, dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^3 \quad (\text{Watt/m}^2)$$

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini merupakan penelitian lapangan yang dilakukan di 5 kabupaten di propinsi Gorontalo, Adapun Karakteristik potensi energy surya dan energy angin untuk setiap lokasi potensial agropolitan yang belum dimanfaatkan adalah sebagai berikut :

1. Kabupaten Gorontalo Utara

Untuk daerah Kabupaten Gorontalo Utara, penelitian dilakukan di desa Bohusami. Pengukuran intensitas radiasi matahari dan kecepatan angin dilakukan selama 10 hari dari tanggal 5 s/d 14 Juni 2014.

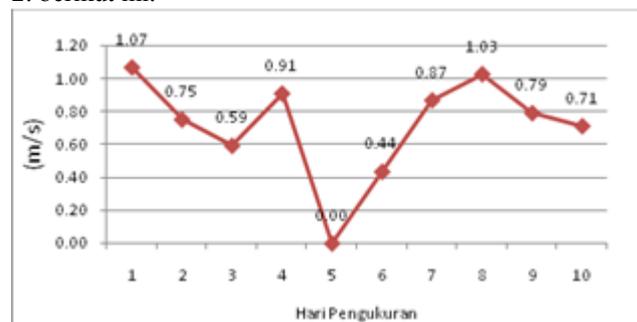
Berdasarkan hasil pengukuran di desa Bohusami, diperoleh potensi rata-rata energy surya sebesar 422,988 W/m<sup>2</sup>, dengan karakteristik potensi energi surya harian sebagaimana ditunjukkan pada gambar 1. berikut ini.



GAMBAR I

Karakteristik rata-rata harian intensitas radiasi matahari desa Bohusami

Sedangkan untuk kecepatan angin dari hasil pengukuran diperoleh karakteristik rata-rata harian kecepatan angin sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2. berikut ini.



GAMBAR II

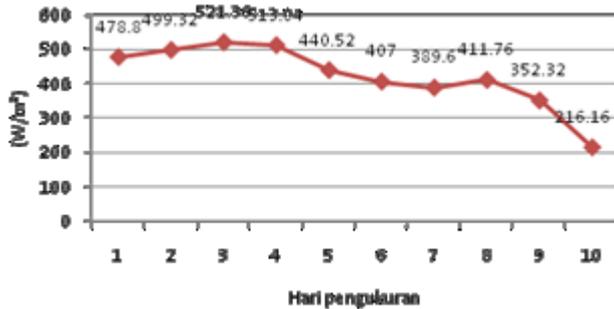
Karakteristik rata-rata harian kecepatan angin desa Bohusami

Berdasarkan grafik di atas, diperoleh potensi rata-rata energi angin selama sepuluh hari sebesar 0,241 W/m<sup>2</sup>.

2. Kabupaten Bone Bolango

Untuk daerah Kabupaten Bone Bolango, penelitian dilakukan di desa Inogaluma. Pengukuran intensitas radiasi matahari dan kecepatan angin dilakukan selama 10 hari dari tanggal 25 April s/d 4 Mei 2014.

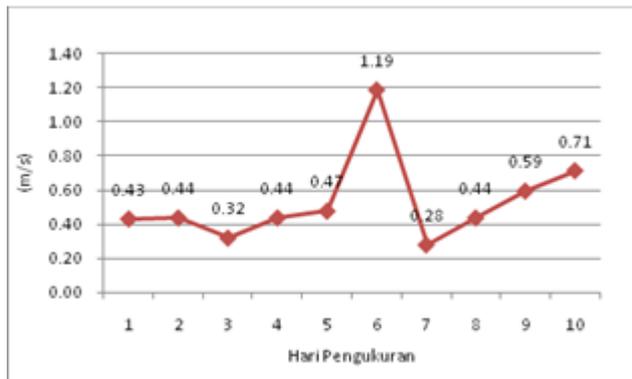
Berdasarkan hasil pengukuran di desa Inogaluma, diperoleh potensi rata-rata energy surya sebesar 357,06 W/m<sup>2</sup>, dengan karakteristik potensi energi surya harian sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3. berikut ini:



GAMBAR III.

Karakteristik rata-rata harian intensitas radiasi matahari desa Inogaluma

Sedangkan untuk kecepatan angin dari hasil pengukuran diperoleh karakteristik rata-rata harian kecepatan angin sebagaimana ditunjukkan pada gambar 4. berikut ini :



GAMBAR VI

Karakteristik rata-rata harian kecepatan angin desa Inogaluma

Berdasarkan grafik di atas, diperoleh potensi rata-rata energi angin selama sepuluh hari sebesar 0,09 W/m<sup>2</sup>.

3. Kabupaten Gorontalo

Untuk daerah Kabupaten Gorontalo, penelitian dilakukan di desa Buhu. Pengukuran intensitas radiasi matahari dan kecepatan angin dilakukan selama 10 hari dari tanggal 17 s/d 26 Juni 2014.

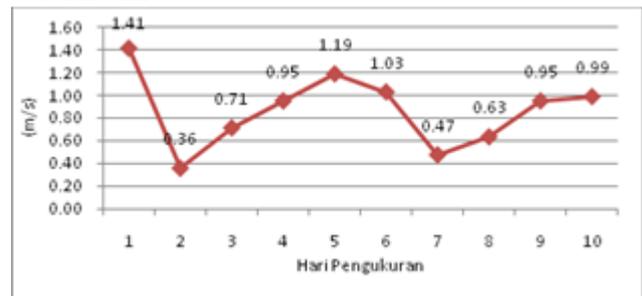
Berdasarkan hasil pengukuran di desa Buhu, diperoleh potensi rata-rata energy surya sebesar 437,9 W/m<sup>2</sup>, dengan karakteristik potensi energi surya harian sebagaimana ditunjukkan pada gambar 5. berikut ini



GAMBAR V

Karakteristik rata-rata harian intensitas radiasi matahari desa Buhu

Sedangkan untuk kecepatan angin dari hasil pengukuran diperoleh karakteristik rata-rata harian kecepatan angin sebagaimana ditunjukkan pada gambar 6. berikut ini :



GAMBAR VI

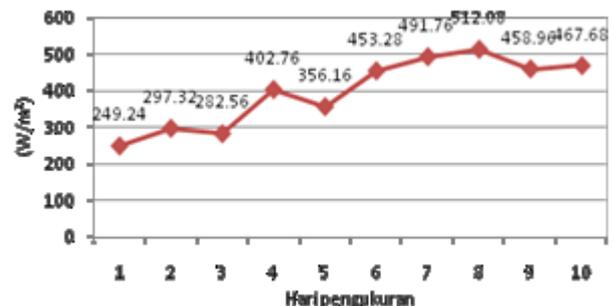
Karakteristik rata-rata harian kecepatan angin desa Buhu

Berdasarkan grafik di atas, diperoleh potensi rata-rata energi angin selama sepuluh hari sebesar 0,425 W/m<sup>2</sup>.

4. Kabupaten Boalemo

Untuk daerah Kabupaten Boalemo, penelitian dilakukan di desa Tutulo. Pengukuran intensitas radiasi matahari dan kecepatan angin dilakukan selama 10 hari dari tanggal 24 mei s/d 2 Juni 2014.

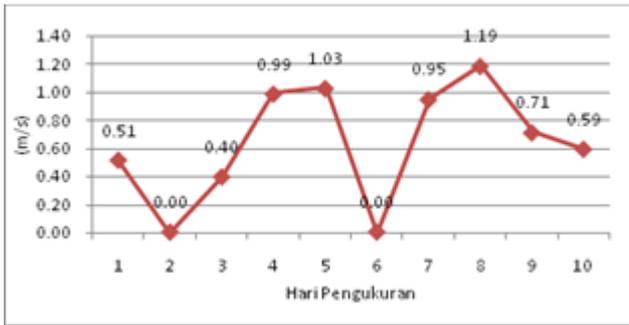
Berdasarkan hasil pengukuran di desa Tutulo, diperoleh potensi rata-rata energy surya sebesar 397,18 W/m<sup>2</sup>, dengan karakteristik potensi energi surya harian sebagaimana ditunjukkan pada gambar 7. berikut ini:



GAMBAR VII

Karakteristik rata-rata harian intensitas radiasi matahari desa Tutulo.

Sedangkan untuk kecepatan angin dari hasil pengukuran diperoleh karakteristik rata-rata harian kecepatan angin sebagaimana ditunjukkan pada gambar 8. berikut ini:



GAMBAR VIII

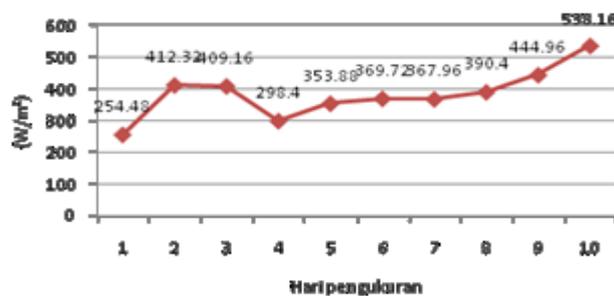
Karakteristik rata-rata harian kecepatan angin desa Tutulo

Berdasarkan grafik di atas, diperoleh potensi rata-rata energi angin selama sepuluh hari adalah sebesar 0,17 W/m<sup>2</sup>.

5. Kabupaten Pohuwato

Untuk daerah Kabupaten Pohuwato, penelitian dilakukan di desa Tunas Jaya. Pengukuran intensitas radiasi matahari dan kecepatan angin dilakukan selama 10 hari dari tanggal 10 s/d 19 mei 2014.

Berdasarkan hasil pengukuran di desa Tunas Jaya, diperoleh potensi rata-rata energy surya sebesar 383,944 W/m<sup>2</sup>, dengan karakteristik potensi energi surya harian sebagaimana ditunjukkan pada gambar 9. berikut ini :



GAMBAR VIII

Karakteristik rata-rata harian intensitas radiasi matahari desa Tunas Jaya

Sedangkan untuk kecepatan angin dari hasil pengukuran diperoleh karakteristik rata-rata harian kecepatan angin sebagaimana ditunjukkan pada gambar 10. berikut ini:



GAMBAR X

Karakteristik rata-rata harian kecepatan angin desa Tunas Jaya

Berdasarkan grafik di atas, diperoleh potensi rata-rata energi angin selama sepuluh hari sebesar 0,32 W/m<sup>2</sup>.

V. KESIMPULAN

Dari pembahasan tentang karakteristik potensi energy surya dan energy angin pada lahan potensial agropolitan yang belum dimanfaatkan di atas, dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

1. Karakteristik potensi energy surya yang berada di Kabupaten Gorontalo Utara, Kabupaten Bone Bolango, Kabupaten Gorontalo, Kabupaten Boalemo dan Kabupaten Pohuwato adalah sebagai berikut :
  - a. Kabupaten Gorontalo Utara, untuk desa Bohusami sebesar 422,988 W/m<sup>2</sup>.
  - b. Kabupaten Bone Bolango, untuk desa Inogaluma sebesar 357,06 W/m<sup>2</sup>.
  - c. Kabupaten Gorontalo untuk desa Buhu sebesar 437,9 W/m<sup>2</sup>
  - d. Kabupaten Boalemo, untuk desa Tutulo sebesar 397,18 W/m<sup>2</sup>
  - e. Kabupaten Pohuwato, untuk desa Tunas jaya sebesar 383,944 W/m<sup>2</sup>.
2. Karakteristik potensi energy angin yang berada di Kabupaten Gorontalo Utara, Kabupaten Bone Bolango, Kabupaten Gorontalo, Kabupaten Boalemo dan Kabupaten Pohuwato adalah sebagai berikut :
  - a. Kabupaten Gorontalo Utara, untuk desa Bohusami sebesar 0,241 W/m<sup>2</sup>.
  - b. Kabupaten Bone Bolango, untuk desa Inogaluma sebesar 0,09 W/m<sup>2</sup>.
  - c. Kabupaten Gorontalo, untuk desa Buhu sebesar 0,425 W/m<sup>2</sup>
  - d. Kabupaten Boalemo, untuk desa Tutulo sebesar 0,17 W/m<sup>2</sup>
  - e. Kabupaten Pohuwato, untuk desa Tunas Jaya sebesar 0,32 W/m<sup>2</sup>

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amali, Lanto dan Ferinawan, Dedi., Karakteristik potensi Energi surya dan Energi Angin sebagai Alternatif dalam menunjang program agropolitan di propinsi Gorontalo. Prosiding Seminar Teknik Elektro dan Pendidikan Teknik Elektro. 2013. Universitas Negeri Surabaya.
- [2] Deptan., Pedoman Pengembangan Kawasan Agropolitan. 2007. Gorontalo.
- [3] Daryanto, Y., Kajian Potensi Angin untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu. Balai PPTAGG-UPT\_LAGG. 2007. Yogyakarta.
- [4] <http://repository.usu.ac.id/> Chapter II.pdf. Intensitas Radiasi Surya (Tinjauan Pustaka), diakses tanggal 7 Oktober 2014.
- [5] Mohamad, Fadel., Mewujudkan revitalisasi pertanian melalui pembangunan 9 (sembilan) pilar agropolitan menuju pertanian modern di Gorontalo. 1997. Gorontalo

# Perancangan Collpits Oscillator Frekuensi 1 MHz dengan Resistansi Negatif pada Peralatan NDB Tipe ND 200

Iga Ayu Mas Oka<sup>1</sup>, Esti Handarbeni<sup>2</sup>

Teknik Telekomunikasi dan Navigasi Udara Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia (STPI) Curug. Tangerang

<sup>2</sup> estimangunwidjojo@yahoo.co.id

**Abstrak** – Osilator merupakan system dengan satu terminal/port yang menghasilkan output gelombang sinyal electromagnetic sebagai sumber energi untuk sistem komunikasi microwave. Pada perancangan berikut akan membahas tentang collpits osilator dengan metode negative resistance pada frekuensi kerja 1 MHz di salah satu peralatan navigasi yaitu NDB (Non Directional Beacon). Term negative resistance telah banyak digunakan pada industri osilator untuk memenuhi kebutuhan gain dari rangkaian aktif untuk mendesain osilator yang stabil. Rangkaian ini menggunakan transistor NPN switching jenis 2N2222A low phase noise dengan bias sebesar  $V_{cc} = 20 V$ ,  $V_{ce} = 10 V$ ,  $I_c = 10 mA$ . Osilator tersebut disimulasikan dengan menggunakan software ADS (Advance Design System). Grounded-Base osilator ini juga menggunakan feedback approach. Dengan penambahan induktor pada kaki emitter transistor, menghasilkan gelombang output dengan phase noise dan power harmonik yang rendah.

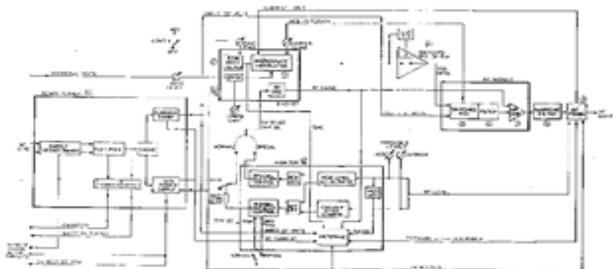
**Kata kunci** : Gain, induktor, collpits, negative-resistance, phase noise, ADS

**Abstract** – The oscillator is a system with a terminal / port that generates an electromagnetic wave output signal as a source of energy for microwave communication systems. In designing the following will discuss a method collpits oscillator with negative resistance at the working frequency of 1 MHz in one navigation devices which NDB (Non Directional Beacon). Term negative resistance has been widely used in industry gain oscillator to meet the needs of active circuits to design a stable oscillator. This circuit uses an NPN switching transistor 2N2222A type of low phase noise with the bias of  $V_{cc} = 20 V$ ,  $V_{ce} = 10 V$ ,  $I_c = 10 mA$ . The oscillator is simulated using the software ADS (Advanced Design System). Grounded-Base oscillator also uses feedback approach. With the addition of the inductor at the foot of the transistor emitter, generating an output wave with a phase noise and low harmonic power.

**Keywords** : Gain, induktor, collpits, negative-resistance, phase noise, ADS

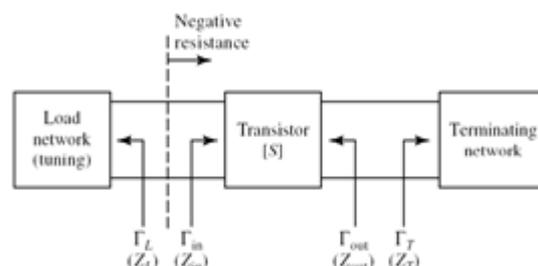
## I. PENDAHULUAN

Non Directional Beacon (NDB) adalah fasilitas navigasi penerbangan yang bekerja dengan menggunakan frekuensi rendah (low frequency) berfungsi sebagai pemandu pilot untuk menentukan lokasi, melakukan kegiatan homing, en-route, maupun holding. Osilator berguna sebagai pembangkit sinyal untuk dimodulasi dengan sinyal voice dan tone kemudian dipancarkan melalui antenna pemancar. Perhatikan gambar pada blok diagram NDB tipe ND 200 berikut :



Gambar 1. Blok Diagram NDB ND 200

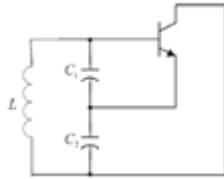
Output dari RF Osilator dikuatkan pada modul Power Amplifier untuk kemudian dipancarkan dalam bentuk kode morse dan diterima oleh ADF (Automatic Direction Finder) di pesawat. Frekuensi kerja, atau frekuensi carrier, merupakan keluaran dari RF osilator seperti terlihat pada gambar diatas. Frekuensi carrier yang baik harus memiliki power harmonik dan phase noise yang rendah. Untuk mendapatkan frekuensi carrier tersebut maka digunakan teknologi Collpits oscillator dengan metode resistansi negatif.



Gambar 2. Osilator Resistansi Negatif

Osilator Colpitts mirip dengan osilator Shunt-fed Hartley. Perbedaannya adalah pada bagian rangkaian

tangkinya. Pada osilator Colpitts, digunakan dua kapasitor sebagai pengganti kumparan yang terbagi.



Gambar 3. Rangkaian Osilator Collpitts

Negative-resistance adalah sebuah rangkaian pembangkitan sinyal yang dapat dipasang secara seri ataupun parallel dengan rangkaian collpitts. Pada perancangan ini diusulkan topologi voltage-divider dengan penambahan induktor menghasilkan power yang lebih besar. Nilai noise juga dapat dikurangi. Selain itu, penggunaan BJT juga menjadi keunggulan tersendiri, karena BJT memiliki phase noise yang lebih rendah jika dibandingkan dengan transistor jenis yang lain, walaupun BJT hanya dapat bekerja optimal dibawah 6 GHz , untuk aplikasi pada frekuensi diatas 6 GHz sebaiknya digunakan GaAs transistor.

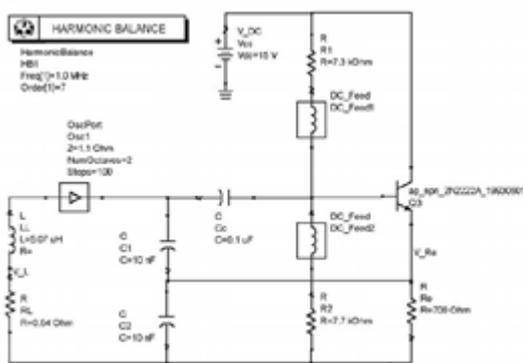
Perancangan circuit yang diusulkan memiliki perbedaan diantaranya penambahan induktor pada kaki emitter transistor, dan kapasitor yang dipasang seri dengan rangkaian collpitts, sehingga dapat meningkatkan power fundamental. Untuk mendapatkan phase noise yang rendah digunakan transistor NPN switching tipe 2N2222A dengan bias sebesar  $V_{cc} = 20\text{ V}$ ,  $V_{ce} = 10\text{ V}$  dan  $I_c = 10\text{ mA}$ .

Tujuan utama dari perancangan Osilator Negative-Resistance adalah untuk mendapatkan frekuensi output 1 MHz dengan phase noise maksimal -200 dBc/Hz. Dan power fundamental minimal 20 dBm.

Untuk memverifikasi performansi Osilator yang di desain, hasil simulasi yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan hasil referensi yang ada dengan tetap mempertahankan dimensi dari referensi. Perancangan osilator disimulasikan dalam Advance Design System (ADS).

II. PERANCANGAN RANGKAIAN RESISTANSI NEGATIF

Beberapa feedback osilator klasik didesain menggunakan metode negative-resistance.



Gambar 4. Rangkaian referensi osilator menggunakan metode negative-resistance

Metode resistansi negative digunakan secara luas pada desain RF dan frekuensi microwave osilator. Bila

komponen aktif digunakan untuk men-supply sejumlah energi sama dengan energi disipasi, circuit dapat menopang osilasi. Karakteristik dari aktif device dapat ditunjukkan dengan negative resistance series dengan reactance. Negative-resistance device ditunjukkan dengan amplitude dan frekuensi yang bergantung pada impedance.

$$Z_{IN}(A, \omega) = R_{IN}(A, \omega) + jX_{IN}(A, \omega) \quad (...1)$$

Dimana A adalah amplitude dari arus (t),

Osilator dibentuk dengan menghubungkan device ke passive impedance ditunjukkan dengan

$$Z_L(\omega) = R_L(\omega) + jX_L(\omega) \quad (...2)$$

Circuit akan beresilasi pada frekuensi dan amplitude saat

$$Z_{IN}(A_o, \omega_o) + Z_L(\omega_o) = 0 \quad (...3)$$

Substitusikan persamaan 1 dan 2 ke 3. Maka dapat ditulis sebagai

$$R_{IN}(A_o, \omega_o) + R_L(\omega_o) = 0 \quad (...4)$$

dan

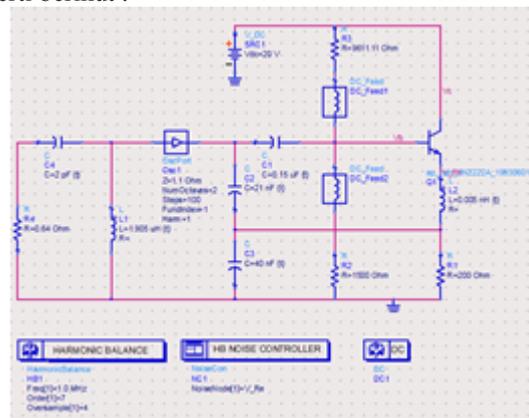
$$X_{IN}(A_o, \omega_o) + X_L(\omega_o) = 0 \quad (...5)$$

jika

$$R_L(\omega) + R_{IN}(A, \omega) < 0 \quad (...6)$$

osilasi menjadi tidak stabil dan amplitudanya naik.

Perancangan collpitts osilator dengan metode negative-resistance yang diusulkan memiliki perbedaan dengan adanya tambahan komponen induktor pada kaki emitter transistor dan kapasitor yang dipasang seri dengan collpitts. Untuk mendapatkan output dengan frekuensi kerja 1 MHz penggunaan transistor NPN switching tipe 2N2222A dibias pada tegangan 10 V, dan arus 10 mA. Gambar rangkaian osilator ditunjukkan seperti berikut :



Gambar 5. Simulasi rancangan rangkaian collpitts osilator menggunakan metode resistansi-negative pada ADS.

Pada rancangan ini untuk mencari dimensi resonatornya digunakan metode resistansi negatif dengan grounded pada base, sedangkan seluruh rangkaian ini disimulasikan dengan perangkat lunak Advanced Design System (ADS).

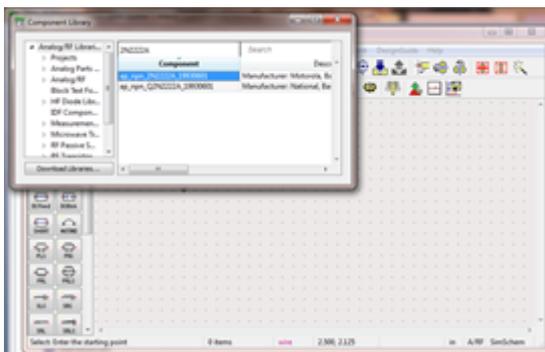
Spesifikasi : Rancangan collpitts osilator yang diusulkan memiliki spesifikasi kerja sebagai berikut :

1. Frekuensi kerja 1 MHz

2. Phase noise maksimal -100 dBc/Hz pada 100 kHz
3. Power pada fundamental minimal 20 dBm
4. Power pada harmonik maksimal -5 dBm

Pemilihan transistor : Untuk aplikasi osilator pada frekuensi microwave, pada umumnya digunakan transistor tipe silicon bipolar (BJT) atau GaAs field effect transistor (FET). Untuk desain osilator, penggunaan BJT menjadi keunggulan tersendiri, karena BJT memiliki phase noise yang lebih rendah dibandingkan dengan transistor jenis yang lain, walaupun BJT hanya dapat bekerja optimal dibawah 6 GHz, untuk aplikasi pada frekuensi diatas 6 GHz sebaiknya digunakan GaAs transistor [10].

Transistor yang digunakan yaitu transistor NPN switching tipe 2N2222A.



Gambar 6. Pemilihan transistor 2N2222A pada library ADS

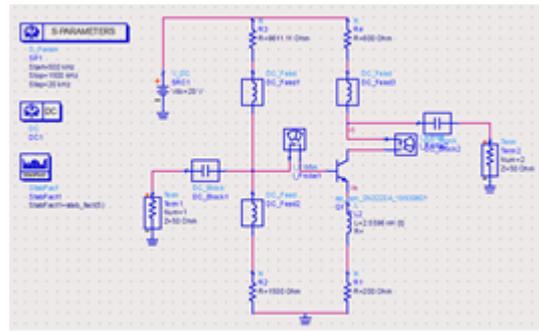
DC bias sebesar  $V_{cc} = 20V$ ,  $V_{ce} = 10V$ , dan  $I_c = 10$  mA. Penggunaan transistor NPN switching tipe 2N2222A diharapkan membuat rancangan dapat bekerja stabil dengan phase noise yang rendah.

NPN switching transistors		2N2222; 2N2222A			
<b>FEATURES</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>High current (max. 800 mA)</li> <li>Low voltage (max. 40 V)</li> </ul>					
<b>APPLICATIONS</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Linear amplification and switching.</li> </ul>					
<b>DESCRIPTION</b>					
NPN switching transistor in a TO-18 metal package. PNP complement: 2N2907A.					
<p>Fig. 1 Simplified outline (TO-18) and symbol.</p>					
<b>QUICK REFERENCE DATA</b>					
SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
$V_{cb0}$	collector-base voltage	open emitter	–	80	V
	2N2222		–	75	V
	2N2222A		–	30	V
$V_{ce0}$	collector-emitter voltage	open base	–	40	V
	2N2222		–	800	mA
	2N2222A		–	500	mW
$I_c$	collector current (DC)		–	–	–
$P_{tot}$	total power dissipation	$T_{amb} < 25^\circ C$	–	–	–
$\beta_{DC}$	DC current gain	$I_c = 10$ mA, $V_{ce} = 10$ V	75	–	–
$f_t$	transition frequency	$I_c = 20$ mA, $V_{ce} = 20$ V, $f = 100$ MHz	250	–	MHz
	2N2222		300	–	MHz
	2N2222A		–	250	ns
$t_{off}$	turn-off time	$V_{ce} = 150$ V, $I_{cm} = 15$ mA, $I_{cp} = -15$ mA	–	–	–

Gambar 7. Datasheet transistor NPN switching tipe 2N2222A.

Perbedaan utama dengan rangkaian yang sebelumnya terletak pada tambahan komponen induktor di kaki emitter dan kapasitor yang dipasang seri dengan collpits. Penambahan komponen ini diharapkan dapat memperbesar nilai power fundamental dan memperkecil phase noise.

DC Bias Transistor : perancangan bias transistor ini menggunakan voltage-divider DC bias transistor.



Gambar 8. Biasing Transistor

Perancangan ini memiliki spesifikasi sebesar  $V_{cc} = 20V$ ,  $V_{ce} = 10V$ ,  $\beta = 75$ , dan  $I_c = 10$  mA sehingga didapat,

$$V_E = \frac{1}{10} V_{CC}$$

$$= 1/10 (20V) = 2V$$

$$V_B = V_{BE} + V_E :$$

$$= 0.7V + 2V = 2.7V$$

$$R_E = \frac{V_E}{I_E} \cong \frac{V_E}{I_C}$$

$$= 2V / 10 \text{ mA} = 200 \Omega$$

$$R_C = \frac{V_{CC} - V_{CE} - V_E}{I_C}$$

$$= \frac{20V - 10V - 2V}{10 \text{ mA}} = 800 \Omega$$

$$R_2 = \frac{1}{10} \beta R_E$$

$$= 1/10 (75) (200\Omega) = 1500 \Omega$$

$$R_1 = \frac{V_{CC} R_2 - V_B R_2}{V_B}$$

$$= \frac{(20V) (1500\Omega) - (2.7) (1500\Omega)}{2.7V}$$

$$= 9611.11 \Omega$$

Salah satu syarat rangkaian osilator ialah stabfaktor (K) memiliki nilai kurang dari 1, berikut ini tabel hasil biasing transistor :

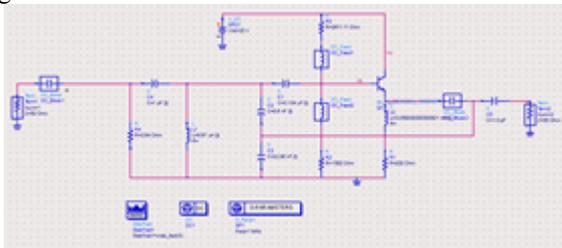
I Probe1.i	I Probe2.i	Vb	Vc
37.09 uA	9.792 mA	2.652 V	12.17 V
Ve	Vce	freq	StabFact1
1.966 V	10.201	1.000 MHz	0.020

Gambar 10. Tabel hasil biasing transistor

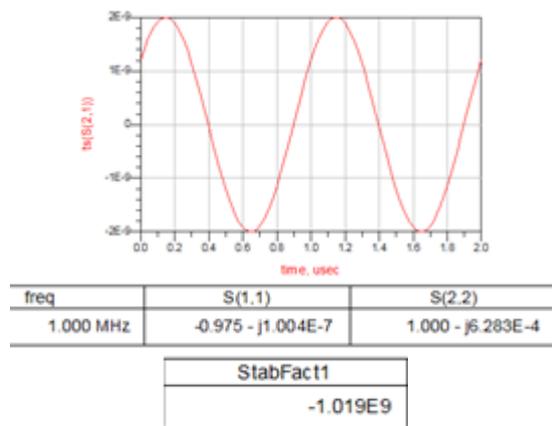
Kestabilan transistor : Setelah membuat DC bias transistor, untuk aplikasi osilator, kondisi yang dipilih yaitu common-base agar nilai stability faktor (K) kurang dari satu, atau potentially unstable sebagai salah satu syarat agar suatu rangkaian dapat berosilasi.

III. HASIL SIMULASI DAN ANALISA

Pada bab ini akan dibahas kinerja dari collpits osilator yang didesain menggunakan ADS. Rangkaian lengkap tanpa tambahan komponen tampak seperti gambar.



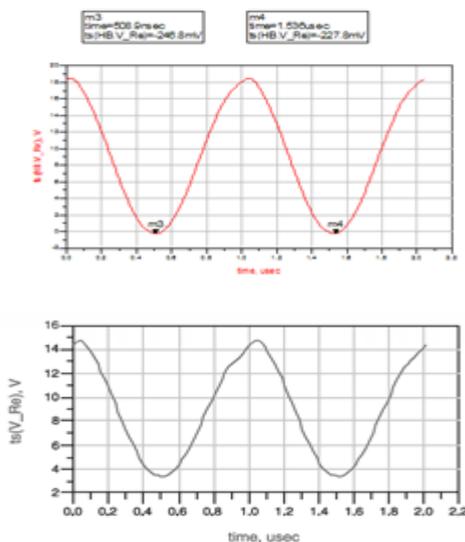
Gambar 11. Perancangan rangkaian collpits osilator



Gambar 12. Hasil simulasi S-Parameter perancangan collpits osilator

Pada simulasi S-Parameter diatas dapat dilihat pada frekuensi 1 MHz nilai stabfactor sebesar -1.019E9, dengan kata lain sudah memenuhi syarat osilasi yaitu kurang dari 1.

Berikut hasil perbandingan output rancangan dengan output referensi :

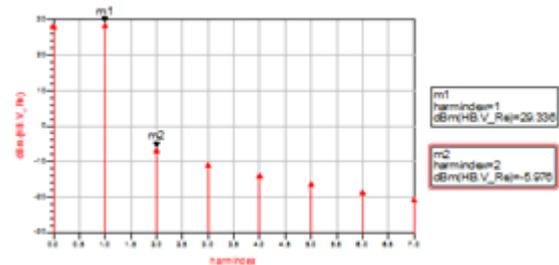


Gambar 13. Perbandingan gelombang output dari perancangan dan referensi

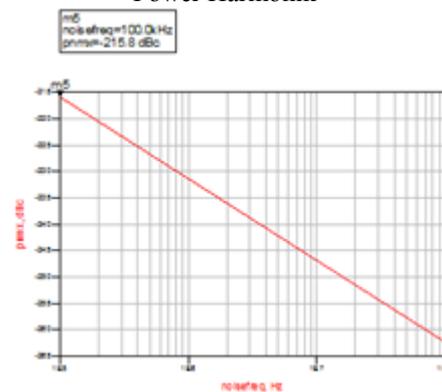
Dari gambar diatas terlihat bahwa rangkaian collpits osilator dengan penambahan komponen induktor di kaki

emitter dan kapasitor yang dipasang seri dengan collpits memberikan hasil lebih baik.

Power fundamental, Power Harmonik dan Noise: Berikut hasil simulasi power fundamental, power harmonik, dan noise dari rangkaian collpits osilator yang diusulkan.



Gambar 14. Hasil simulasi Power fundamental dan Power Harmonik



Gambar 15. Hasil simulasi phase noise

Dari data pada gambar diatas, dapat dilihat Power fundamental yang dihasilkan sebesar 29.336 dBm, power harmonik sebesar -6.976 dBm, dan phase noise sebesar -215.8 dBc. Penggunaan rangkaian seri untuk ZL sesuai dengan jalannya negative-resistance. Gambar diatas menunjukkan simulasi menggunakan OscPort dan hasil datanya. Frekuensi osilasi fundamental adalah pada 973.615,0326 Hz atau 0.973 MHz mendekati 1 MHz.

Feedback dikembangkan dengan menggunakan “medan elektrostatis” melalui jaringan pembagi kapasitor. Frekuensi ditentukan oleh dua kapasitor terhubung seri. Transistor dihubungkan dengan konfigurasi voltage divider.

Tegangan basis diberikan oleh R1 dan R2 sedangkan untuk emiter diberikan oleh R4. Kolektor diberi R3 dan dihubungkan ke bagian positif dari VCC. Namun dengan adanya beban pada collector ini, gain output menjadi lebih kecil. Maka R3 dihilangkan untuk memperbesar gain.

Ketika daya DC diberikan pada rangkaian, arus mengalir dari bagian negatif VCC melalui R4 dan Q1. Arus IC yang mengalir melalui R3 menyebabkan penurunan tegangan VC dengan harga positif. Tegangan yang berubah ke arah negatif ini dikenakan ke bagian atas C1 melalui C3. Bagian bawah C2 bermuatan positif dan Rangkaian Osilator tertambahkan ke tegangan basis dan menaikkan harga IB. Transistor Q1 akan semakin berkonduksi sampai pada titik jenuh.

Saat Q1 sampai pada titik jenuh maka tidak ada lagi kenaikan IC dan perubahan VC juga akan terhenti. Tidak terdapat balikan ke bagian atas C2. C1 dan C2 akan dilucuti lewat L1 dan selanjutnya medan magnet di sekitarnya akan menghilang. Arus pengosongan tetap berlangsung untuk sesaat. Keping C2 bagian bawah menjadi bermuatan negatif dan keping C1 bagian atas bermuatan positif. Ini akan mengurangi tegangan maju Q1 dan IC akan menurun. Harga VC akan mulai naik. Kenaikan ini akan diumpungkan kembali ke bagian atas keping C1 melalui C3. C1 akan bermuatan lebih positif dan bagian bawah C2 menjadi lebih negatif. Proses ini terus berlanjut sampai Q1 sampai pada titik cutoff. Saat Q1 sampai pada titik cutoff, tidak ada arus IC. Tidak ada tegangan feedback ke C1. Gabungan muatan yang terkumpul pada C1 dan C2 dilucuti melalui L1. Arus pelucutan mengalir dari bagian bawah C2 ke bagian atas C1. Muatan negatif pada C2 secepatnya akan habis dan medan magnet di sekitar L1 akan menghilang. Arus yang mengalir masih terus berlanjut. Keping C2 bagian bawah menjadi bermuatan positif dan keping C1 bagian atas bermuatan negatif. Tegangan positif pada C2 menarik Q1 dari daerah daerah cutoff. Selanjutnya C1 akan mulai mengalir lagi dan proses dimulai lagi dari titik ini. Energi balikan ditambahkan ke rangkaian tangki sesaat pada setiap adanya perubahan.

Besarnya feedback pada rangkaian osilator Colpitts ditentukan oleh nilai kapasitansi C1 dan C2. nilai C1 pada rangkaian ini jauh lebih kecil dibandingkan dengan C2 atau  $C1 \ll C2$ . Tegangan pada C1 lebih besar dibandingkan pada C2. Dengan membuat C2 lebih kecil akan diperoleh tegangan feedback yang lebih besar. Namun dengan menaikkan balikan terlalu tinggi akan mengakibatkan terjadinya distorsi. Biasanya sekitar 10-50% tegangan kolektor dikembalikan ke rangkaian tangki sebagai feedback.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil perancangan osilator collpits metode resitansi negative dengan penambahan komponen menghasilkan frekuensi sebesar 0.973 MHz, dengan phase noise sebesar -215.8 dBc/Hz. Power fundamental sebesar 29.336 dBm dan Power harmoniknya -5.976 dBm.

Osilator collpits dengan metode resistansi negative dengan tambahan komponen induktor di kaki emitter dan kapasitor yang dirangkai seri dengan collpits menghasilkan output lebih baik

#### REFERENCES

- [1] Firmansyah, Teguh, "Perancangan dielectric resonator oscillator untuk mobile wimax pada frekuensi 2.3 GHz dengan penambahan coupling", Universitas Indonesia, Juni 2010.
- [2] Gonzales, Guillermo, "Foundations of Oscillator Circuit Design", Norwood, 2007.
- [3] Hang Tony, Cheng Sin. The Design of 2.4 GHz Bipolar Oscillator by Using the Method of Negative Resistance. The Chinese University of Hong Kong, September 2001.
- [4] D.M. Pozar, "Microwave engineering", 2nd Edition, 1998 John-Wiley & Sons.
- [5] J. Millman, C. C. Halkias, "Integrated electronics", 1972, McGraw-Hill.
- [6] R. Ludwig, P. Bretchko, "RF circuit design - theory and applications", 2000 Prentice-Hall.
- [7] B. Razavi, "RF microelectronics", 1998 Prentice-Hall, TK6560.
- [8] J. R. Smith, "Modern communication circuits", 1998 McGraw-Hill.
- [9] P. H. Young, "Electronics communication techniques", 5th edition, 2004 Prentice-Hall.
- [10] Gilmore R., Besser L., "Practical RF circuit design for modern wireless systems", Vol. 1 & 2, 2003, Artech House.
- [11] Ogata K., "Modern control engineering", 4th edition, 2005, Prentice-Hall.

# Fuzzy Logic Modeling untuk pengambilan keputusan menggunakan MATLAB

Evan Ramdani<sup>1</sup>

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon, Indonesia

[evan.ramdani1993@gmail.com](mailto:evan.ramdani1993@gmail.com)

**Abstrak** – Paper ini mendemonstrasikan tentang Fuzzy Inference System (FIS) untuk setiap model Fuzzy Logic Toolbox yang memanfaatkan Graphical User Interface (GUI). Sebuah konsep yang berbeda untuk proses pengambilan keputusan, didasarkan pada pendekatan fuzzy, yang dikemukakan oleh penulis. Paper ini dikerjakan dalam dua bagian. Pertama deskripsi tentang Fuzzy Logic Toolbox. Kedua illustration dengan contoh pengantar kesimpulan. Berdasarkan berbagai asumsi penulis membangun laporan aturan yang kemudian diubah menjadi aturan fuzzy dan GUI dari Fuzzy Logic Toolbox yang dibangun menggunakan MATLAB komputasi lingkungan numerik yang digunakan untuk membangun sistem inferensi fuzzy untuk process. Output membership function diharapkan menjadi fuzzy set di Mamdani-jenis inference. Defuzzification dari himpunan fuzzy untuk setiap variabel output yang dihasilkan setelah proses agregasi harus dilakukan. Penerapan teknologi informasi untuk Keputusan dalam lingkungan hari ini yang sangat kompetitif adalah prinsip-prinsip tak terbantahkan dari organisasi dan membantu manajer dalam membuat keputusan yang tepat dan bermakna.

**Kata kunci:** Fuzzy Inference System (FIS), Fuzzy Logic (FL), Graphical User Interface (GUI) Tools, Metode Inferensi Fuzzy Mamdani, MATLAB, Pengambilan Keputusan.

**Abstract** – This paper demonstrates on Fuzzy Inference System (FIS) for each model Fuzzy Logic Toolbox yang memanfaatkan Graphical User Interface (GUI). A different concept for the decision making process, based on the fuzzy approach, proposed by penulis. Paper is done in two bagian. Pertama description of Fuzzy Logic Toolbox. Kedua illustration with sample introduction kesimpulan. Berdasarkan various assumptions authors build reports were later amended rules become fuzzy and the rules of fuzzy Logic Toolbox GUI built using MATLAB numerical computing environment that is used to build a fuzzy inference systems to process. Output membership function is expected to be a fuzzy set in Mamdani-type inference. Defuzzification of fuzzy sets for each variable output generated after the process of aggregation should be performed. The application of information technology to the Decree in today's environment is highly competitive is the undisputed principles of the organization and help managers make the right decisions and meaningful.

**Keywords:** Fuzzy Inference System (FIS), Fuzzy Logic (FL), Graphical User Interface (GUI) Tools, Mamdani Fuzzy Inference Methods, MATLAB, Decision.

## I. PENDAHULUAN

Di antara berbagai metodologi fuzzy metode inferensi fuzzy Mamdani yang diusulkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975 adalah metodologi fuzzy paling terkenal [1]. Pada jamannya sistem kontrol pertama yang dibangun menggunakan teori himpunan fuzzy metode Mamdani adalah satu-satunya dan usahanya didasarkan pada algoritma fuzzy untuk sistem yang kompleks dan proses pengambilan keputusan berdasarkan Fuzzy logika Lotfi Zadeh [2] fuzzy logic yang memiliki visibilitas tertinggi di tengah-tengah berbagai kombinasi metodologi dalam computing. Variety lembut aplikasi berdasarkan logika fuzzy telah berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir dan membangun sistem Mamdani untuk pengambilan keputusan Proses baru dari jenis ini. Paper ini sangat bergantung pada antarmuka pengguna grafis atau GUI dari Fuzzy Logic Toolbox untuk menyelesaikan pekerjaan, yang merupakan

kumpulan fungsi dibangun di MATLAB komputasi lingkungan numerik Fuzzy Logic Toolbox yang digunakan di sini dapat dengan mudah dikuasai, mudah digunakan dan sangat mengesankan dalam segala hal menyediakan pendekatan yang ramah pembaca-dalam aplikasi luas. Makalah ini dimulai dengan pembicaraan tentang pembentukan hipotesis, ditiru oleh kerangka kerja untuk kabur aturan komputasi, pengenalan Fuzzy Logic Toolbox dan implementasi menggunakan GUI tools. kemudian, pemeriksaan hasil teori arus dari penggunaan MATLAB dan pengguna grafis interface dilakukan dan implikasi disediakan.

## II. LANDASAN TEORI

### A. Fuzzy Logic Tool Box

Fuzzy Logic Toolbox adalah bermacam-macam fungsi rekayasa pada MATLAB komputasi fuzzy numerik. Ini memberi instrumen bagi kita untuk membuat dan mengubah kerangka fuzzy dalam sistem

MATLAB, atau ketika kita mendukung kita dapat menggabungkan kerangka fuzzy kita menjadi rekreasi dengan Simulink, atau kita bahkan dapat meningkatkan tetap proyek C soliter yang mendekati kerangka kabur kami membuat dengan MATLAB. Kompartemen Alat ini tergantung penuh pada grafis antarmuka pengguna atau GUI untuk membantu kita mencapai pekerjaan, meskipun fakta bahwa kita dapat bekerja sama sekali dari command line [3]. Tiga kategori alat yang disediakan oleh toolbox ini adalah Command fungsi garis, grafis, perangkat interaktif, Simulink blok dan contoh.

Kategori pertama alat terdiri dari kapasitas yang dapat kita panggil dari baris perintah atau dari ketentuan tertentu. Banyak kapasitas MATLAB M-file, pengaturan MATLAB artikulasi yang mengaktualisasikan algoritma logika fuzzy tertentu. Kita bisa melihat kode MATLAB untuk kapasitas ini memanfaatkan jenis pernyataan nama fungsi.

Kita dapat mengubah dengan cara apapun kapasitas fungsi toolbox yang bekerja dengan menduplikasi dan mengubah nama file M, kemudian mengubah duplika. Selain itu kami dapat memperkuat toolbox dengan memasukkan kami M-files. Also, toolbox memberikan berbagai alat interaktif yang memungkinkan kita mendapatkan pintu masuk ke sejumlah besar kapasitas melalui GUI. Bersama-sama, alat-alat berbasis GUI memberikan lingkungan untuk kerangka fuzzy, garis, diseksi, dan execution. Sebuah set blokmemanfaatkan software simulasi Simulink adalah kategori ketiga alat.

Dalam lingkungan Simulink ini terutama ditujukan untuk kecepatan tertinggi fuzzy logic inferensi. Fuzzy Logic Toolbox memungkinkan kita untuk melakukan beberapa hal, namun hal yang paling penting itu memberi kami kesempatan untuk lakukan adalah membuat dan mengubah system fuzzy. Kita dapat membuat kerangka kerja ini menggunakan alat grafis atau fungsi baris perintah, atau kita dapat menghasilkan output segera dengan memanfaatkan baik pengelompokan atau teknik neuro adaptif. Kami dengan mudah dapat menguji kerangka fuzzy kami dalam lingkungan simulasi diagram blok, asalkan kita masuk ke Simulink.

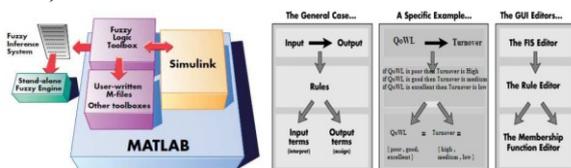


Figure 1. Sistem Fuzzy Inference

Toolbox juga memberi kita kesempatan untuk menjalankan proyek-proyek tertentu yang berdiri sendiri, tanpa perlu Simulink. Ini dibuat oleh stand-alone Fuzzy Inference Engine. Kami dapat memodifikasi mesin yang berdiri sendiri untuk menggabungkan fuzzy inferensi dengan kode tertentu. Semua kode yang diberikan ANSI sangat menyenangkan. Karena sifat dimasukkan lingkungan MATLAB, kita dapat membuat alat-alat khusus kita sendiri untuk men-tweak Fuzzy Logic Toolbox atau mengatasinya dengan toolbox alternatif, misalnya, sistem kontrol, Neural Network, atau Optimasi Toolbox untuk menentukan hanya beberapa dari hasil yang dibayangkan.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Membangun Sistem Mamdani Menggunakan Fuzzy Logic Toolbox Graphical User Interface Tools  
Membangun, Edit, dan Melihat sistem inferensi fuzzy perangkat grafis dapat menggunakan cara berikut:

- a. Fuzzy Inference System (FIS) Editor untuk menangani masalah jumlah besar untuk kerangka - thenumber variabel input dan output? Nama-nama mereka? Fuzzy Logic Toolbox pemrograman tidak menahan jumlah inputs. Notwithstanding, jumlah input dapat dibatasi oleh memori diakses dari komputer kita. Dalam hal jumlah input yang lebih luas, atau jumlah kapasitas input terlalu besar, maka mungkin akan bertambah sulit untuk membedah FIS memanfaatkan alat GUI lainnya.
- b. Fungsi Keanggotaan Editor untuk menguraikan bentuk semua fungsi keanggotaan yang berhubungan dengan setiap variabel.
- c. Peraturan Editor untuk mengedit daftar aturan yang mendefinisikan perilaku sistem.
- d. Peraturan Viewer untuk melihat kabur inferensi diagram. Use viewer ini sebagai diagnostik untuk membayangkan, sebagai contoh, bahwa aturan-aturan yang aktif, atau bagaimanapun keanggotaan individu beroperasi bentuk mempengaruhi hasil.
- e. Permukaan Viewer salah satu output pada setiap satu atau dua input yang saling ketergantungan dapat dilihat yaitu, output permukaan peta untuk sistem yang dihasilkan dan diplot.

GUI ini cepat dihubungkan, dalam yang mengubah kita buat untuk FIS menggunakan salah satu dari mereka, mempengaruhi apa yang kita lihat di salah satu GUI terbuka lainnya. Kasus ini ketika kita mengubah nama-nama fungsi keanggotaan Fungsi Keanggotaan Editor, progresi tercermin dalam aturan ditunjukkan dalam Peraturan Editor. Kita bisa memanfaatkan GUI untuk membaca dan menulis variabel kedua ke ruang kerja MATLAB. Kita dapat memiliki salah satu dari keseluruhan untuk setiap kerangka kerja tertentu atau memiliki banyak editor terbuka untuk sejumlah sistem FIS [4]. Angka 2. Menunjukkan bagaimana segmen Figure 2. Kampilan FIS Editor.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Di sini, kita membangun dua masukan, Pertama sistem output (Gambar 3). Kedua input Kualitas Hidup Kerja (QoWL) dan Organisasi Komitmen (OC). Satu output Turnover Intention (TI). satu penulis mengusulkan pernyataan, berdasarkan asumsi yang diubah menjadi aturan fuzzy dan alat GUI dari Fuzzy Logic Toolbox dibangun menggunakan MATLAB komputasi lingkungan numerik digunakan untuk membangun sistem inferensi fuzzy untuk proses ini .

Pernyataan 1: Jika (QoWL miskin) atau (Organisasi Komitmen rendah) maka (Turnover Intention adalah tinggi).

Pernyataan 2: Jika (QoWL baik) maka (Turnover Intention adalah media).

Pernyataan 3 :Jika (QoWL sangat baik) atau (Organisasi Komitmen tinggi) maka (Turnover Intention adalah Low).

Untuk membangun Fuzzy Inference System dijelaskan perintah berikut pada prompt MATLAB harus diketik: Fuzzy

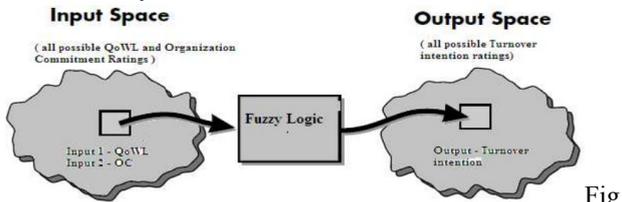


Figure 3 .A Graphical example of an input- output map

Generik untitled Editor FIS terbuka, dengan satu masukan input1, dan satu output output1. Penambahan variabel input kedua harus mengikuti langkah-langkah berikut:

1. Pilih Edit kemudian Add variabel maka input. input2 muncul (kotak kuning kedua).
2. Pilih kotak input1 kuning, garis merah menyoroti kotak.
3. Ganti Nama dari field input1 ke QoWL bila diperlukan, dan kemudian Enter.
4. Pilih kotak input2 kuning.
5. Ubah field Nama dari input2 ke OC bila diperlukan, dan kemudian Enter.
6. Pilih kotak biru output1.
7. Ubah field Nama dari output1 ke Turnover Intentions, dan kemudian Enter.
8. Pilih File lalu Export Untuk Workspace.
9. Masukkan Workspace variabel nama QoWL dan OC pada TI, dan klik OK. (Gambar 5).

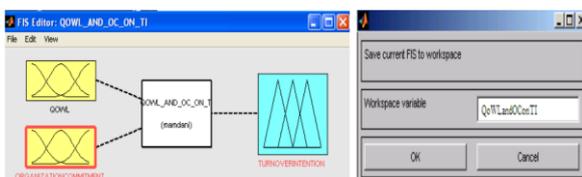


Figure 4 . FIS Editor ( 2 input ) Figure 5 . Step 8-9

Grafik ini dirubah untuk mencerminkan nama-nama baru dari variabel input dan output. Ada saat dimana variabel lain di ruang kerja disebut QoWLDan OConTI yang memegang semua data tentang kerangka kerja ini. Dengan menambah untuk ruang kerja dengan nama baru, menambahkan dapat mengubah nama seluruh kerangka. Sekarang jendela terlihat seperti pada jendela diagram (figure4).

Dalam kasus kami, kami berasumsi bahwa mengingat angka antara 0 dan 5 yang mewakili Kualitas Hidup Bekerja dalam suatu organisasi (di mana 5 sangat baik), dan nomor lain antara 0 dan 5 yang merupakan Komitmen Organisasi karyawan (sekali lagi, 5 sangat baik ), apa yang akan menjadi Niat Omset karyawan jika

rentang antara 0 dan 30. Dengan mengklik salah satu masukan editor fungsi keanggotaan terbuka dan jangkauan yang tetap antara 0 dan 5, nama fungsi keanggotaan miskin, baik, dari fungsi keanggotaan Gaussian di QoWL, (Gambar 6), Komitmen Organisasi dan Segitiga di Turnover Intention.Right bahwa variabel telah diberi nama dan fungsi keanggotaan memiliki bentuk yang tepat dan nama pedoman dimasukkan. Laporan yang diajukan oleh penulis diubah menjadi aturan.Untuk cincin Peraturan Editor, kepala ke menu Edit dan pilih Rules. Dua operator untuk lebih spesifik 'OR' AND "dapat diakses. Di sini kita memanfaatkan" OR "logika (gambar 8). Peraturan Viewer menunjukkan panduan dari seluruh proses inferensi fuzzy. Hal ini tergantung pada grafik inferensi fuzzy dan kita dapat melihat jendela sosok soliter dengan 10 plot menetap di dalamnya (gambar 9). Tiga plot atas titik tertinggi dari gambar berbicara dengan pendahulunya dan berikutnya dari aturan pertama. Setiap aturan adalah garis plot, dan setiap kolom adalah variabel. Jumlah aturan yang ditampilkan di sebelah kiri setiap baris.Kita bisa klik pada sejumlah aturan untuk melihat aturan di baris status.

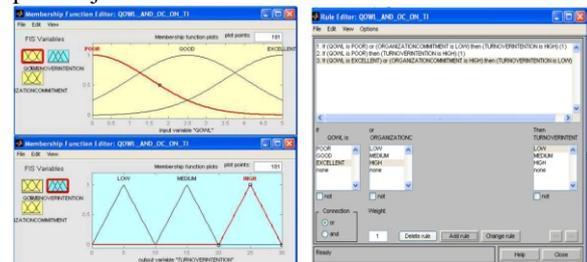


Figure 6,7.Membership Function Plot(QoWL, TI) Figure 8 .Rule Editor

Fungsi keanggotaan direferensikan oleh pendahuluan, atau jika bagian dari setiap aturan yang ditunjukkan dalam dua kolom pertama dari plot (enam plot kuning).Suatu fungsi keanggotaan direferensikan oleh yang dihasilkan, atau kemudian-bagian dari setiap aturan ditunjukkan di kolom ketiga plot (tiga plot biru).Perhatikan bahwa di bawah Komitmen Organisasi, ada plot yang bersih.Hal ini sebanding dengan karakterisasi tidak untuk Komitmen Organisasi variabel dalam aturan kedua. Plot keempat di kolom ketiga plot berbicara dengan total pilihan tertimbang untuk sistem inferensi yang diberikan. Pilihan ini akan bergantung pada pada nilai masukan untuk kerangka. Output defuzzified ditampilkan sebagai garis vertikal mencolok pada plot ini.

Setelah melihat ke Permukaan Viewer, kurva tiga dimensi yang mewakili pemetaan dari QoWL dan Organisasi Komitmen Perputaran Niat (Gambar 10) dapat dilihat.Sebuah kasus dua inputone-output diwakili oleh kurva ini, seluruh pemetaan dapat diperoleh dalam satu petak. Dengan demikian, ketentuan dengan menu drop-down X (input): Y (input): dan Z (output): dilengkapi dalam Permukaan Viewer untuk memilih dua input dan satu output untuk merencanakan. Di bawah menu ini adalah dua masukan bidang X grid: dan Y grid: untuk menentukan jumlah sumbu x dan y-axisgrid garis kita ingin menyertakan. Untuk menangani kasus dengan dua (atau lebih) input dan satu output: Permukaan Viewer

memiliki kemampuan khusus yang sangat membantu dalam meraih sumbu, dengan bantuan mouse dan dapat direposisi untuk mendapatkan pandangan yang berbeda tiga dimensi pada data. Anggaplah kita memiliki empat masukan kerangka satu-output dan mungkin ingin melihat permukaan output. Permukaan Viewer dapat membuat permukaan keluaran tiga-dimensi di mana dua dari input berbeda, namun dua input harus tetap stabil dengan alasan bahwa layar PC tidak dapat menunjukkan bentuk lima dimensi.

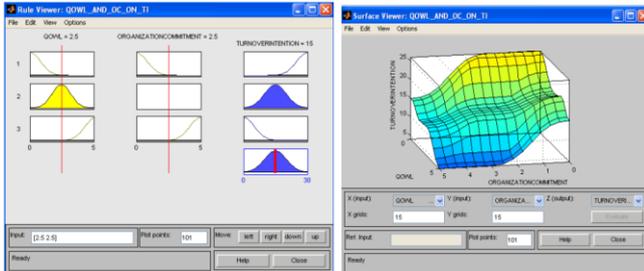


Figure 9. Rule Viewer

Dalam kasus seperti itu, input vektor empat dimensi dengan NaN memegang tempat input berfluktuasi sementara kualitas numerik menunjukkan nilai-nilai yang tetap berubah. IEEE simbol untuk Tidak bernomor adalah NaN. Item menu memungkinkan kita untuk membuka, menutup, menyimpan dan mengubah kerangka Fuzzy memanfaatkan lima alat GUI fundamental. Kita dapat mengakses data tentang Surface Viewer dengan mengklik Bantuan dan menutup GUI memanfaatkan tutup.

## V. PENUTUP

### A. Kesimpulan

Fuzzy Logic Toolbox adalah sangat menakjubkan dalam semua hal. Itu membuat logika fuzzy suatu alat yang efektif untuk originasi dan konfigurasi framework cerdas. Fuzzy Logic Toolbox tidak sulit untuk ace dan menguntungkan bila kita memanfaatkannya. Output yang diciptakan oleh Surface Viewer adalah tiga dimensi dan memiliki kapasitas unik yang sangat akomodatif dalam kasus dengan dua (atau lebih) input dan satu output. Untuk masalah kami, output dari fuzzy kami pertandingan untuk pemikiran yang unik dari negara pemetaan Fuzzy dari QoWL, Organisasi Komitmen untuk Perputaran Niat. Dalam wawasan ke masa lalu, kita dapat mengatakan, "Kenapa bermasalah? Kita bisa hampir ditarik tabel pencarian cepat dan dilakukan jam kembali!" Namun, dalam hal bahwa kita tertarik dengan mengatasi seluruh kelas komparatif masalah pilihan membuat, logika fuzzy dapat memberikan instrumen yang cocok untuk hasilnya, disediakan untuk mereka keterusterangan dengan kerangka yang mungkin cepat berubah.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

[1] Mamdani, E.H. and S. Assilian, "An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller," International Journal of Man-Machine Studies, Vol. 7, No. 1, pp. 1-13, 1975.

[2] Zadeh, L.A., "Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 3, No. 1, pp. 28-44, 1973.

[3] Matlab Fuzzy Logic Toolbox User guide .pp

[4] <http://www.mathworks.in/help/fuzzy/building-systemswith-fuzzy-logic-toolboxsoftware.html>

# Rancang Bangun Penyedia Energi Listrik Tenaga Hibrida (PLTS-PLTB-PLN) Untuk Membantu Pasokan Listrik Rumah Tinggal

Rocky Alfanz<sup>1</sup>, Fadjar Maulana K<sup>2</sup>, Heri Haryanto<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jln. Jendral Sudirman km. 03 Cilegon, Banten

<sup>1</sup>rocky.alfanz@ft-untirta.ac.id,<sup>2</sup>email,<sup>3</sup>email

**Abstrak** – Pasokan listrik Rumah Tinggal selama ini disuplai oleh PLN dengan waktu operasi 24 jam, dibutuhkan suplai tambahan energi terbarukan untuk menjadikan rumah yang mempunyai energi mandiri. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem penyedia energi listrik tenaga surya untuk membantu pasokan listrik rumah tinggal pada skema pembangkit listrik hibrida PLTS-PLTB-PLN. Sistem PLTS dimanfaatkan untuk mengurangi pemakaian energi yang di suplai PLN. Hasil penelitian menunjukkan telah dirancang sistem PLTS pada skema pembangkit hibrida PLTS-PLTB-PLN dengan kapasitas inverter 1000W dengan gelombang kotak termodifikasi, baterai 17,28Ah, pembangkitan panel surya sebesar 92,11Wp. Hasil pengujian menunjukkan besarnya energi optimal yang dihasilkan PLTS adalah sebesar 297Wh/hari atau sebesar 5,25% sedangkan kontribusi PLTB 0,33%.

**Kata kunci** : PLTS, Energi Alternatif, PLTH

**Abstract** – This research aims to design and build a system provider of solar electric energy to help supply electricity to the home stay scheme of power generation hybrid PLTS – PLTB - PLN. Electricity is supplied by PLN in the 24 hours at home, it takes an additional supply of renewable energy to make the home that has an energy- independent. Solar systems with hybrid energy used to reduce energy consumption in the supply PLN . The results show the system has been designed on a schematic generation hybrid PLTS - PLTB - PLN with a capacity of 1000Watt and the Inverter with modified square wave for converted the current, 17,28Ah batteries , solar panels for generating 92,11Wp . Test results showed that the optimal amount of energy generated by solar power is 297Wh / day or by 5.25 % while the contribution of thermal power station of 0.33 %

**Keywords** : PLTS, Energi Alternatif, PLTH

## I. PENDAHULUAN

Kelistrikan di rumah tinggal rata-rata disuplai oleh PLN sehingga agar kelistrikan di Rumah Tinggal dapat mempunyai listrik mandiri maka dibutuhkan suplai pembangkit alternatif terbarukan untuk membantu pasokan listrik. Pembangkit alternatif terbarukan yang cocok dengan keadaan geografis adalah PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya).

Potensi pengembangan PLTS di Indonesia sangat menjanjikan dilihat dari letak geografis Indonesia yang berada pada garis khatulistiwa. Pulau Panjang memiliki potensi energi listrik tenaga surya sebesar 4,61kW/m<sup>2</sup>/hari (BMKG, 2011). Besarnya potensi ini dapat dimanfaatkan untuk skema pembangkit listrik hibrida PLTS-PLTB-PLN pada rumah tinggal.

Skema pembangkit listrik hibrida digunakan untuk membantu sistem kelistrikan di rumah tinggal yaitu dengan cara membangun sistem PLTS untuk mengurangi penggunaan listrik produksi PLN di rumah tinggal.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Energi Matahari

Matahari memancarkan energi dalam bentuk radiasi elektromagnetik. Radiasi matahari yang sampai ke

permukaan bumi disebut *insolation* (*incoming solar radiation*) yang mengalami penyerapan (*absorpsi*), pemantulan, hamburan, dan pemancaran kembali atau *reradiasi*. Radiasi tersebut hanya sekitar 50% yang dapat diserap oleh bumi. Matahari sebenarnya mempunyai posisi yang tetap dalam sistem tata surya, namun terlihat bergerak melintasi langit ketika diamati dari permukaan bumi. Pergerakan matahari ini terlihat nyata sebagai pengaruh dari rotasi bumi. Sebagai konsekuensi pergerakan ini, sudut dimana sinar matahari jatuh secara langsung ke koordinat pengamat berubah secara kontinu. Posisi matahari dapat diketahui dengan pengetahuan pengamat mengenai garis lintang (*latitude*) dan garis bujur (*longitude*), disamping waktu dan tanggal pengamatan. Perbedaan garis lintang dan bujur suatu daerah akan mempengaruhi potensi energi matahari di daerah tersebut, oleh karena itu untuk mendapatkan energi matahari yang optimal ada dua hal yang harus dipertimbangkan, yaitu sudut elevasi dan sudut *azimuth*.

### B. PLTS

#### 1. Panel Surya

Sel surya terdiri dari sambungan bahan semikonduktor bertipe *p* dan *n* (*p-n junction semiconductor*) yang jika terkena sinar matahari maka akan terjadi aliran elektron, aliran elektron inilah yang

disebut sebagai aliran arus listrik. Semikonduktor jenis *n* merupakan semikonduktor yang memiliki kelebihan elektron sehingga kelebihan muatan negatif (*n*= negatif), sedangkan semikonduktor jenis *p* memiliki kelebihan *hole* sehingga kelebihan muatan positif (*p*= positif). Sejumlah modul umumnya terdiri dari 36 sel surya atau 33 sel dan 72 sel. Modul-modul ini kemudian dirangkai menjadi panel surya dan jika panel surya ini dihubungkan secara baris dan kolom disebut dengan *array*. Pengoperasian maksimum panel surya sangat bergantung pada temperatur, *insolation*, kecepatan angin, keadaan atmosfer dan peletakan panel surya.

Kenaikan temperatur lebih tinggi dari temperatur normal pada PV sel akan melemahkan tegangan *open circuit* ( $V_{oc}$ ). Setiap kenaikan temperatur sel surya 1°C dari 25°C akan berkurang sekitar 0,5% pada total tenaga yang dihasilkan. Besarnya daya yang berkurang pada saat temperatur di sekitar panel surya mengalami kenaikan  $t^{\circ}C$  dari temperatur standarnya dapat dihitung menggunakan persamaan 1:

$$P_{saat\ selisih\ t^{\circ}C} = [(0,5\%/^{\circ}C) \times P_{MPP} \times t^{\circ}C] \quad (1)$$

Daya keluaran maksimum panel surya pada saat temperaturnya naik menjadi  $t^{\circ}C$  dari temperatur standarnya diperhitungkan dengan persamaan:

$$P_{MPP\ saat\ selisih\ t^{\circ}C} = P_{MPP} - P_{saat\ selisih\ t^{\circ}C} \quad (2)$$

Pemasangan panel surya secara tetap sering dilakukan karena paling mudah dalam pelaksanaan dan biaya sedikit. Sudut kemiringan (*tilt angle*) pada suatu lokasi berdasarkan sudut *altitude* matahari pada suatu lokasi dalam suatu waktu dapat dicari dengan persamaan:

$$\beta_N = 90^{\circ} - L + /- \delta \quad (3)$$

$$Tilt = 90^{\circ} - \beta_N \quad (4)$$

Besarnya *fix tilt angle* umumnya terletak diantara *tilt angle* maksimum saat *winter solstice* ( $\delta = +23^{\circ}$ ) dan *summer solstice* ( $\delta = -23^{\circ}$ ). *Fix tilt angle* dapat diperkirakan berdasarkan nilai rata-rata *tilt angle* pada saat *winter solstice* dan *summer solstice*, yaitu sebagai berikut:

$$fix\ tilt\ angle = \frac{[tilt\ angle_{(winter)} + tilt\ angle_{(summer)}]}{2} \quad (5)$$

Berdasarkan pemaparan faktor-faktor yang mempengaruhi energi yang dibangkitkan panel surya, besarnya kapasitas panel surya yang dibutuhkan dalam suatu perencanaan sistem PLTS dapat dihitung menggunakan persamaan 6:

$$P(Wp) = E_L \div PGF \quad (6)$$

dan nilai *PGF* diperoleh dari persamaan 7:

$$PGF = CE \times Avrg\ Solar \quad (7)$$

Selanjutnya berdasarkan besarnya kebutuhan daya panel yang akan dibangkitkan ( $P_{Wp}$ ), maka banyaknya panel surya yang dibutuhkan dapat dihitung dengan persamaan 8:

$$Jumlah\ panel\ surya = \frac{P_{Wp}}{P_{MPP}} \quad (8)$$

## 2. Baterai

Baterai adalah komponen PLTS yang berfungsi menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya pada siang hari, untuk kemudian dipergunakan pada malam hari dan pada saat cuaca mendung. Baterai yang dipergunakan pada PLTS mengalami proses siklus pengisian (*charging*) dan pengosongan (*discharging*), tergantung ada atau tidaknya sinar matahari. Kapasitas baterai dalam suatu perencanaan PLTS dipengaruhi pula oleh faktor DOD dan TCF. Kapasitas baterai dalam suatu perencanaan PLTS dipengaruhi pula faktor *autonomy*, yaitu keadaan baterai dapat menyuplai beban secara menyeluruh ketika tidak ada energi yang masuk dari panel surya. Besarnya kapasitas total baterai (Ah) yang dibutuhkan dalam suatu sistem PLTS dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 9:

$$(Ah) = \frac{E_L}{(\%Max\ DOD) \times (TCF) \times V_{baterai}} \times AD \quad (9)$$

TCF (*Temperature Correction Factor*) adalah perbandingan antara daya keluaran maksimum panel surya pada saat temperatur di sekitar panel surya naik menjadi  $t^{\circ}C$  dari temperatur standarnya dengan daya keluaran maksimum panel surya. Besarnya TCF dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$TCF = \frac{P_{MPP\ saat\ selisih\ t^{\circ}C}}{P_{MPP}} \quad (10)$$

## 3. Inverter

*Inverter* adalah peralatan elektronik yang berfungsi mengubah energi DC menjadi energi AC. Energi yang dihasilkan panel surya adalah arus DC, oleh karena itu pada sistem PLTS dibutuhkan *inverter* untuk mengubah energi dari panel dan baterai tersebut agar dapat menyuplai kebutuhan energi AC. Pemilihan *inverter* yang tepat untuk aplikasi tertentu, tergantung pada kebutuhan beban dan juga apakah *inverter* akan menjadi bagian dari sistem yang ke jaringan listrik atau sistem yang berdiri sendiri. Perhitungan kapasitas *inverter* disesuaikan dengan beban puncak yang harus disuplai serta dihitung dengan menambahkan faktor *future margin*, *error margin* dan *capacity factor* seperti pada persamaan 11:

$$P = \frac{E_{LBP} \times FM \times EM}{CF} \quad (11)$$

## 4. Charge Controller

*Charge controller* adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. *Charge controller* mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian karena batere sudah penuh) dan kelebihan tegangan dari panel surya.

*Charge controller* menerapkan teknologi PWM (*Pulse Width Modulation*) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban. Tanpa *charge controller* baterai akan rusak oleh *overcharging* dan ketidakstabilan tegangan. Beberapa fungsi detail dari *solar charge controller* adalah sebagai berikut:

- a. Mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari *overcharging*, dan *overvoltage*.
- b. Mengatur arus yang dibebaskan/diambil dari baterai agar baterai tidak *full discharge*, dan *overloading*.

*Charge controller* biasanya terdiri dari 1 *input* dengan 2 terminal yang terhubung dengan output panel sel surya, 1 *output* dengan 2 terminal yang terhubung dengan baterai/aki dan 1 *output* dengan 2 terminal yang terhubung dengan beban. Arus listrik DC yang berasal dari baterai tidak mungkin masuk ke panel sel surya karena biasanya ada dioda *protection* yang hanya melewatkan arus listrik DC dari panel sel surya ke baterai bukan sebaliknya.

Seperti yang telah disebutkan, *solar charge controller* yang baik biasanya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Baterai yang sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari panel sel surya berhenti. Cara deteksi adalah melalui monitor *level* tegangan baterai.

*Charge controller* akan mengisi baterai sampai *level* tegangan tertentu, kemudian apabila *level* tegangan turun, maka baterai akan diisi kembali. *Charge controller* memiliki 2 operasi kerja, yaitu *charging mode* dan *operation mode*. *Charging mode* merupakan suatu mode kerja *charge controller* saat pengisian baterai. Umumnya baterai diisi dengan metode *three stage charging* yaitu:

1. *Fase bulk*: yaitu baterai akan diisi sesuai dengan tegangan *setup* dan arus diambil secara maksimum dari panel surya. Umumnya tegangan *setup bulk* adalah 14,4V sampai 14,6V. Pada saat baterai sudah pada tegangan *setup bulk* dimulailah *fase absorption*.
2. *Fase absorption*: pada fase ini, tegangan baterai akan dijaga sesuai dengan tegangan *bulk*, sampai tegangan *solar charge controller* tercapai, arus yang dialirkan akan menurun sampai tercapai kapasitas dari baterai.
3. *Fase float*: baterai akan dijaga pada tegangan *float setting* (umumnya 13,4V sampai 13,7V). Beban yang terhubung ke baterai dapat menggunakan arus maksimum dari panel surya pada tahapan ini.

*Operation mode* adalah kondisi baterai saat menyuplai beban. Apabila ada *overdischarge* atau *overload*, maka baterai akan dilepaskan dari beban. Hal ini berguna untuk mencegah kerusakan dari baterai.

Untuk menentukan kapasitas arus pada *charge controller* menggunakan persamaan (Suriadi dan Syukri, 2010) sebagai berikut :

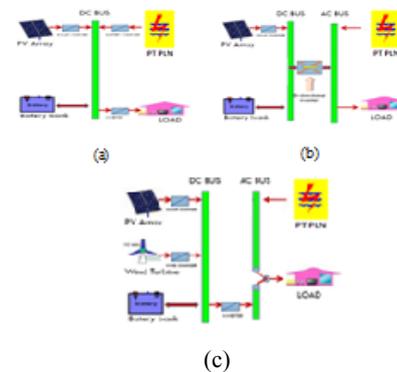
$$I_{max} = I = \frac{P_{Max}}{V_s} \tag{12}$$

$V_s$  adalah tegangan yang digunakan dan  $P_{max}$  adalah daya yang dibangkitkan panel surya

C. PLTH

*Hybrid system* adalah penggabungan dua atau lebih sumber energi. Salah satu contohnya adalah *solar electric system* dengan sumber energi lain (seperti generator diesel, pembangkit listrik tenaga angin). *Hybrid system*

dipilih dalam rangka menyediakan sumber energi yang handal dan tidak bergantung dengan energi fosil. *Hybrid system* terbagi lagi menjadi sistem serial, paralel dan tersaklar seperti pada Gambar 1.

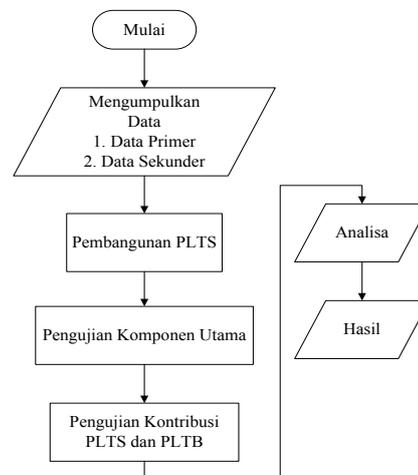


Gambar 1 Sistem PLTH, (a) Serial (b) Paralel (c) Tersaklar

Prinsip kerja PLTH tersaklar (switched), inverter beroperasi sebagai sumber AC. Sumber energi terbarukan lain dapat mengisi (charging) baterai. Pada sistem ini beban dapat langsung disuplai PLN.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Proses perancangan dan pembangunan sistem penyedia pembangkit listrik alternatif untuk membantu pasokan listrik rumah tinggal dapat dijelaskan melalui diagram alir pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram Alir Perencanaan Penelitian

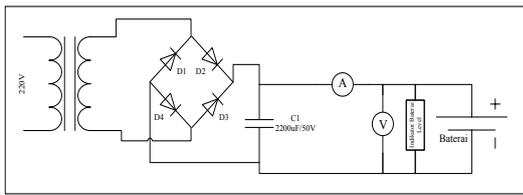
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Baterai

1. Pengujian baterai menggunakan catu daya
 

Pengujian baterai dilakukan untuk mengetahui karakteristik pengisian dan pengosongan baterai. Pengujian pertama menggunakan catu daya untuk pengisian baterai agar dapat mengetahui karakteristik pengisian, parameter yang diambil adalah arus pengisian baterai ( $I_{bat}$ ) saat awal dan akhir pengisian baterai, begitu pula pada tegangan baterai ( $V_{bat}$ ) saat kondisi awal dan

akhir pengisian baterai sehingga diketahui karakteristik pengisian.

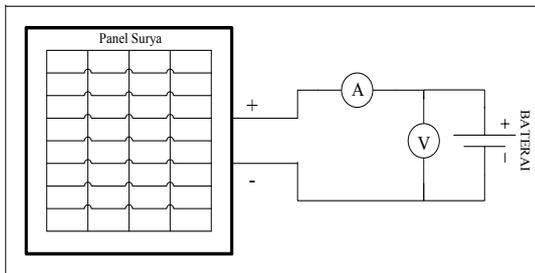


Gambar 3 Skema Pengujian Karakteristik Baterai

Karakteristik pengisian baterai, arus pengisian pada baterai menurun dan tegangan pada baterai ( $V_{bat}$ ) meningkat hampir sama dengan tegangan input catu daya ( $V_{cd}$ ). Meningkatnya tegangan baterai ( $V_{bat}$ ) dapat dilihat pada multi meter dan indikator baterai *level*.

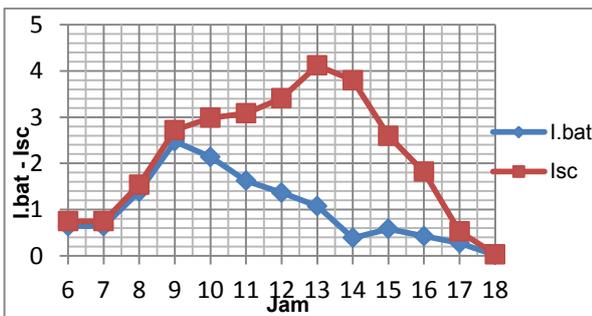
2. Pengujian baterai menggunakan panel surya

Pada pengujian ini bertujuan mengetahui karakteristik pengisian menggunakan panel surya. Parameter yang diambil pada pengujian ini adalah arus pengisian baterai ( $I_{bat}$ ) dan tegangan pengisian baterai ( $V_{bat}$ ) saat jam 06.00 sampai dengan 18.00, Skema pengujian seperti pada Gambar 4. parameter lain yang digunakan adalah arus *short circuit* ( $I_{sc}$ ) dan tegangan *open circuit* ( $V_{oc}$ ) Skema pengujian seperti pada Gambar 4 sehingga dari parameter-parameter yang didapat diketahui karakteristik pengisian baterai menggunakan panel surya.



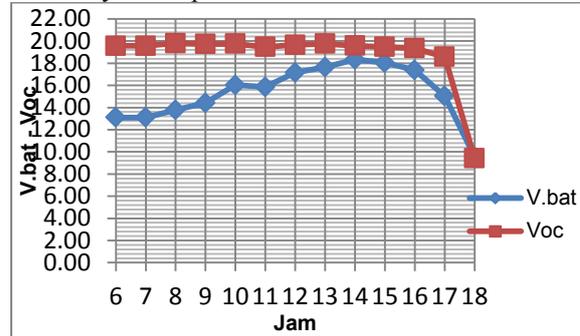
Gambar 4 Skema Pengujian Menggunakan Panel Surya

Dari pengujian menggunakan skema pada Gambar 4 sehingga dapat kita ketahui parameter arus pengisian baterai ( $I_{bat}$ ) dan tegangan pengisian baterai ( $V_{bat}$ ). Hasil dari parameter yang digunakan diperlihatkan pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5 Grafik Kondisi Arus Pengujian Baterai Menggunakan Panel Surya

Pada Gambar 5 Arus pengisian baterai ( $I_{bat}$ ) terjadi penurunan sebesar 0,39A saat jam 14.00, sedangkan pada arus *short circuit* ( $I_{sc}$ ) sebesar 3,80A. Dari pengujian ini bahwa arus yang dihasilkan oleh panel surya sudah tidak digunakan untuk pengisian baterai, dengan kata lain baterai dinyatakan penuh.

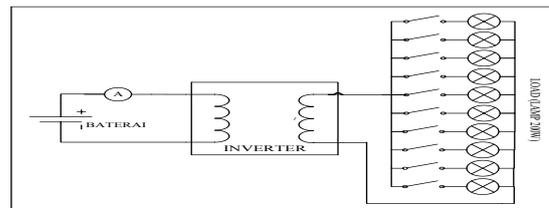


Gambar 6 Grafik Kondisi Tegangan Pengujian Baterai Menggunakan Panel Surya

Gambar 6 menunjukkan kondisi tegangan pengisian baterai ( $V_{bat}$ ) sebesar 18,33V hampir sama tegangan *open circuit* ( $V_{oc}$ ) sebesar 19,58V saat jam 14.00. Dari parameter-parameter yang digambarkan pada Gambar 5 dan gambar 6, dapat kita ketahui karakteristik pengisian baterai sama dengan saat pengujian pengisian baterai menggunakan catu daya sehingga saat posisi jam 14.00 kondisi baterai dinyatakan penuh.

3. Pengujian pengosongan baterai

Pada pengujian ini baterai yang digunakan berkapasitas 42Ah, saat pengosongan baterai menggunakan beban 10 buah lampu yang dihubungkan pada inverter parameter yang diambil adalah arus pengosongan pada beban serta waktu pengosongan sehingga dapat diketahui kapasitas baterai sebenarnya. Pengujian menggunakan skema seperti pada Gambar 7.



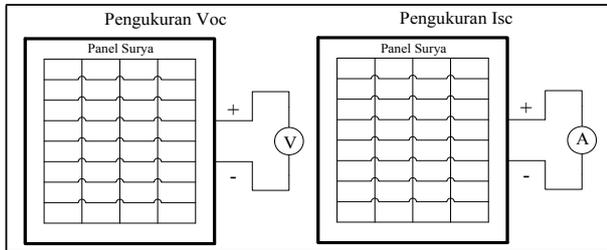
Gambar 7 Skema Pengosongan Baterai

Dari pengujian ini diketahui waktu untuk pengosongan baterai 1 jam 47 menit, dalam matematis dapat ditulis sebesar 1,7833, sedangkan diketahui dari pengujian *inverter* arus yang digunakan untuk beban 10 buah lampu sebesar 9,69A. Berdasarkan kapasitas baterai yang digunakan sebesar 42Ah ternyata setelah diuji dan dihitung kapasitas baterai yang terpakai sebesar 17,28Ah, hal tersebut karena baterai yang digunakan tidak baru. Sehingga dari kapasitas baterai yang ada hanya 41,14% dari kapasitas sebenarnya.

B. Pengujian panel surya

Pada pengujian panel surya kapasitas 100WP bertujuan mengetahui karakteristik panel serta diketahui pula daya yang dihasilkan panel surya, karena peningkatan temperatur lebih tinggi dari temperatur

normal pada PV sel akan melemahkan tegangan *open circuit* ( $V_{oc}$ ). Setiap kenaikan temperatur sel surya 1°C dari 25°C akan berkurang sekitar 0,5% pada total tenaga yang dihasilkan akibat terjadinya perubahan suhu. Sehingga parameter yang dibutuhkan pada pengujian ini adalah nilai tegangan *open circuit* ( $V_{oc}$ ), arus *short circuit* ( $I_{sc}$ ), kondisi temperatur sekitar panel surya dan intensitas cahaya yang diterima panel surya.



Gambar 8 Skema Pengukuran ( $V_{oc}$ ) dan ( $I_{sc}$ )

Tabel 1 Hasil Pengukuran Karakteristik Panel Surya

Jam	Temperatur (°C)	Kelembaban (%)	Nilai Pencahayaayaan (Lux)	Tegangan Open Circuit ( $V_{oc}$ )	Arus Short Circuit ( $I_{sc}$ )
06.00	25,80	93,00	116,00	19,57V	0,75A
07.00	25,80	93,00	116,00	19,57V	0,75A
08.00	32,55	80,25	165,75	19,81V	1,54A
09.00	38,72	74,67	428,33	19,73V	2,72A
10.00	39,15	69,17	551,00	19,76V	2,99A
11.00	37,64	65,38	438,88	19,47V	3,08A
12.00	38,76	61,71	541,29	19,66V	3,41A
13.00	40,79	59,25	542,13	19,75V	4,12A
14.00	39,71	54,14	551,00	19,58V	3,80A
15.00	38,17	57,86	359,29	19,47V	2,59A
16.00	33,97	60,86	256,71	19,35V	1,82A
17.00	31,60	59,57	75,86	18,57V	0,53A
18.00	28,00	63,67	3,67	9,41V	0,03A

Tabel 1 dapat diketahui karakteristik panel surya serta temperatur udara maksimum pada saat pengukuran adalah sebesar 40,78°C, dari data temperatur ini terlihat bahwa suhu di lokasi penelitian lebih tinggi dari suhu standar (25°C) sehingga ada perbedaan suhu sebesar 15,78°C dari suhu standar (25°C) dan akan mengurangi daya keluaran maksimum panel surya ( $P_{MPP}$ )

Besarnya hasil pengukuran daya yang berkurang pada selisih suhu 15,78°C dari temperatur standarnya dapat dihitung menggunakan persamaan (1) sebagai berikut:

$$P_{saat\ selisih\ t\ 15,78^{\circ}C} = [(0,5\%/^{\circ}C) \times P_{MPP} \times t^{\circ}C]$$

$$= [(0,5\%/^{\circ}C) \times 100W \times 15,79^{\circ}C]$$

$$= 7,90W$$

Sedangkan untuk daya keluaran maksimum panel surya ( $P_{MPP}$ ) pada saat temperaturnya 40,78°C dihitung dengan persamaan (2) sebagai berikut:

$$P_{MPP\ saat\ selisih\ t\ 15,78^{\circ}C} = P_{MPP} - P_{saat\ t\ naik}$$

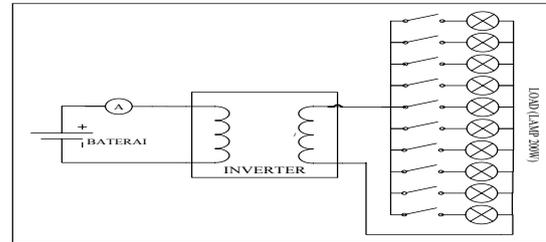
$$= 100W - 7,90W$$

$$= 92,11W$$

### C. Pengujian Inverter

Pada pengujian *inverter* menggunakan berbagai variasi jumlah beban lampu, parameter yang digunakan

pada pengujian ini adalah arus *input* ( $I_{input}$ ) dan tegangan *input* ( $V_{input}$ ) pada *inverter* serta arus *output* ( $I_{output}$ ) dan tegangan *output* ( $V_{output}$ ) pada *inverter* yang bertujuan mengetahui daya yang dibutuhkan *inverter* ketika tidak dibebani (*No Load*) dan saat terbebani (*Loud*) dan frekwensi yang di hasilkan sehingga diketahui keandalan dan karakteristik dari *inverter* yang digunakan. Skema pengujian seperti pada Gambar 9.



Gambar 9 Skema Pengujian *Inverter*

Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3 diketahui daya input yang dibutuhkan oleh *inverter* tanpa beban sebesar 9W sedangkan daya input *inverter* dibebani lampu 10 buah sebesar 107,2W dan frekwensi yang dihasilkan oleh *inverter* sebesar 55Hz.

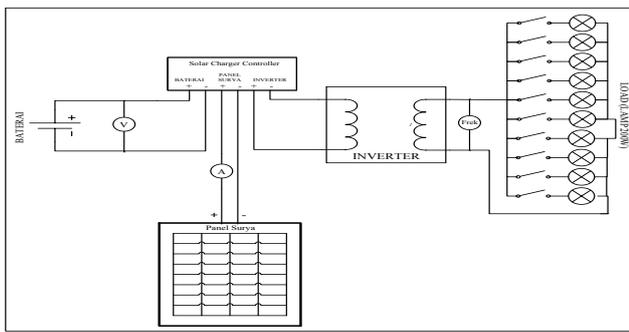
Tabel 2 Pengujian *Inverter* Variasi Beban

Jumlah Lampu	Total Daya (Watt)	$V_{Output\ Inverte\ r}$ (V)	$I_{Output\ Inverte\ r}$ (A)	Frekuensi (Hz)	$V_{Input\ Inverte\ r}$ (V)	$I_{Input\ Inverte\ r}$ (A)	$P_{Input\ Inverte\ r}$ (W)
-	-	223	-	55Hz	12,88	0,70	9,0
1bh	20	223	0,03	55Hz	12,59	1,69	21,3
2bh	40	222	0,06	55Hz	12,40	2,31	28,6
3bh	60	222	0,11	55Hz	12,27	2,98	36,6
4bh	80	222	0,15	55Hz	12,16	3,58	43,5
5bh	100	222	0,18	55Hz	12,04	4,20	50,6
6bh	120	221	0,21	55Hz	11,94	4,76	56,8
7bh	140	221	0,24	55Hz	11,82	5,46	64,5
8bh	160	221	0,29	55Hz	11,69	6,18	72,2
9bh	180	220	0,37	55Hz	11,35	7,90	89,7
10bh	200	220	0,45	55Hz	11,06	9,69	107,2

Dalam pengujian menggunakan *modified sine wave inverter* berkapasitas 1000W dengan efisiensi sebesar 50-60%.

### D. Pengujian PLTS

Pada pengujian PLTS yang telah dibangun pada penelitian ini dilakukan pada saat siang hari terhadap beban 10 buah lampu parameter yang dibutuhkan adalah lama waktu penggunaan serta daya beban yang digunakan PLTS. Skema pengujian seperti pada gambar 10.



Gambar 10 Skema PLTS

Berdasarkan pengujian pada Tabel 4 diketahui daya maksimum yang dihasilkan oleh panel surya selama 3 jam yaitu antara jam 11.00 sampai dengan 14.00 Pada saat tersebutlah PLTS digunakan di siang hari.

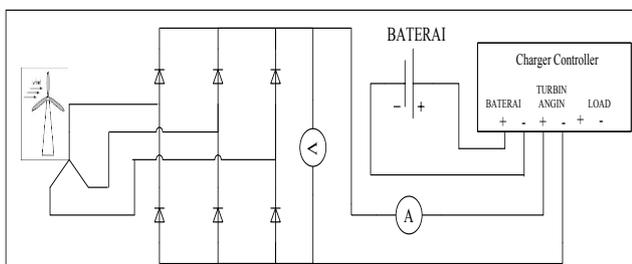
Tabel 3. Pengujian PLTS Siang Hari

Jam	Tegangan Pada Baterai (V)	I <sub>Output</sub> Panel Surya (A)	Frekuensi (Hz)	Kondisi Lampu
11.00	12,20	4,33	55Hz	Menyala
12.00	12,20	5,22	55Hz	Menyala
13.00	11,90	5,70	55Hz	Menyala
14.00	11,75	6,00	55Hz	Menyala
14.13	11,37	1,95	55Hz	Mati
14.14	11,57	3,35	55Hz	Menyala
14.12	11,32	2,45	55Hz	Mati
14.12	11,59	3,75	55Hz	Menyala
14.31	11,42	4,91	55Hz	Mati
14.31	11,46	4,92	55Hz	Menyala
14.32	11,42	4,94	55Hz	Mati

Pengujian yang telah dilakukan pada saat siang dapat diketahui waktu penggunaan PLTS selama 3 jam dan daya yang digunakan sebesar 99W sehingga energi maksimum yang dapat digunakan sebesar 297Wh.

E. Pengujian PLTB

Pada pengujian PLTB menggunakan Generator Brusses dengan tambahan Gear 3:1, skema pengujian seperti pada Gambar 11 dan hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 5.



Gambar 11 Skema Pengujian PLTB

Tabel 4. Pengujian PLTB

Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan (V)	Arus (A)
7,70	12,00	0,25

7,60	12,00	0,28
7,10	12,00	0,23
7,00	12,00	0,27
6,70	12,00	0,28
6,50	12,00	0,25
6,30	12,00	0,27
6,00	11,90	0,18
5,70	11,90	0,14
5,20	11,80	0,15
5,10	11,80	0,12
5,00	11,80	0,12
4,90	11,90	0,15
4,20	11,80	0,13
3,80	11,80	0,11
3,70	11,80	0,09
3,30	11,80	0,09
2,60	11,70	0,08

Bila dalam satu hari angin berhembus selama 6 jam yaitu antara jam 09.00 sampai dengan jam 15.00 maka dapat diketahui berapa besar kapasitas energi listrik yang diperoleh dari turbin pada pengisian baterai. Sebagai contoh, jika angin berhembus dengan kecepatan 6,3 m/s sampai dengan 7,7 m/s dengan rata-rata arus listrik 0,26 Ampere, maka energi listrik yang dihasilkan pada pengisian baterai selama 6 jam yaitu sebesar :

$$Ah = \text{Asumsi waktu per hari} \times \text{Arus} = 6 \times 0,26 = 1,56 Ah$$

Kapasitas energi dihasilkan sebesar 1,56 Ah. Jika digunakan pada beban satu buah lampu 20 Watt diketahui pada tabel 4.5 arus yang dibutuhkan sebesar 1,69 Ampere. Maka dapat diketahui energi PLTB yang dapat digunakan sebesar :

$$P = \frac{\text{Energi dihasilkan}}{\text{Arus dibutuhkan}} \times \text{Daya beban} = \frac{1,56}{1,69} \times 20 \text{ watt} = 18,46 Wh$$

F. Menghitung Nilai Kontribusi

Untuk menghitung nilai kontribusi dari masing-masing pembangkitan dibutuhkanlah data pemakaian energi perhari. Maka digunakanlah data pengamatan penggunaan energi listrik perhari pada 3 buah rumah tinggal seperti pada tabel 5.

Tabel 5. Pengamatan Penggunaan Energi Listrik Rumah Tinggal

Tanggal	Rumah	kWh per Hari (24 Jam)	Beban Pagi	Beban Malam
			08.00	20.00
14/08/2014	1	5,34 kWh	200,37W	233,33W
	2	6 kWh	-	222,01W
	3	6,59 kWh	190W	370W
15/08/2014	1	5,22 kWh	135,95W	255,77W
	2	5,42 kWh	184,4W	224,68W
	3	7,35 kWh	290W	430W
16/08/2014	1	5,01 kWh	217,97W	59,46W
	2	5,41 kWh	145,55W	128,66W
	3	6,43 kWh	160W	230W

17/08/2014	1	5,01 kWh	-	136,6W
	2	5,86 kWh	-	121,86W
	3	4,58 kWh	-	280W
18/08/2014	1	4,57 kWh	-	134,3W
	2	5,24 kWh	-	222,47W
	3	4,75 kWh	-	240W
19/08/2014	1	4,97 kWh	-	276,31W
	2	5,75 kWh	-	200,51W
	3	8,44 kWh	-	460W
Rata-rata KWH Per Hari		5,66kWh		
Beban Max			460W	

Pada Tabel 5 data yang diamati pada 3 buah rumah tipe 21 berdaya listrik 1300VA. Dengan diketahui nilai rata-rata pemakaian energi perhari pada rumah tinggal yaitu sebesar 5,66 KWh sehingga dapat kita ketahui nilai kontribusi dari mesin-mesin pembangkit.

$$\begin{aligned} \text{Kontribusi PLTS} &= \frac{\text{Energi dihasilkan PLTS}}{\text{Energi dibutuhkan rumah}} \times 100\% \\ &= \frac{297W}{5,66KW} \times 100\% = 5,25\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontribusi PLTB} &= \frac{\text{Energi dihasilkan PLTB}}{\text{Energi dibutuhkan rumah}} \times 100\% \\ &= \frac{18,46W}{5,66KW} \times 100\% = 0,33\% \end{aligned}$$

Dari persamaan di atas kita ketahui kontribusi PLTS yang dibangun dengan kapasitas komponen yang ada energi yang dihasilkan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik pada rumah tinggal sebesar 5,25%.

#### G. Menghitung Kebutuhan PLTS 100%

##### a. Menghitung kapasitas inverter

Menentukan kapasitas inverter, *Future margin* merupakan persentasi beban tambahan, *margin* ini ditambahkan sebagai antisipasi peningkatan beban puncak sedangkan *error margin* adalah faktor *error* perhitungan yang ditambahkan dan *capacity factor* adalah nilai efisiensi kerja *inverter*. *future margin* dan *error margin* yang digunakan sebesar 10%. sedangkan *capacity factor* yang digunakan pada pengujian ini sebesar 50-60%.

Diketahui dari Tabel 6 didapatkan beban maksimal pengamatan bernilai 460W maka untuk dapat memenuhi kebutuhan beban puncak dari pengujian, kapasitas minimum inverter yang digunakan dapat dihitung menggunakan persamaan (11):

$$P = \frac{460 \times 1,1 \times 1,1}{0,6} = 927,67W$$

Berdasarkan *rating* minimum *inverter* yang dibutuhkan yaitu 927,67W, maka *inverter* 1000W yang telah digunakan pada penelitian ini sudah mencukupi untuk memenuhi kebutuhan listrik 100% pada rumah tinggal.

##### b. Menghitung kapasitas dan jumlah baterai

Kapasitas baterai dihitung berdasarkan acuan total beban yang akan disuplai. Diketahui dari Tabel

6 rata-rata pemakaian energi listrik rumah tinggal ( $E_L$ ) sebesar 5660Wh. Besarnya kapasitas baterai yang digunakan dapat dihitung dengan mempergunakan persamaan (9) sebagai berikut:

$$Ah = \frac{E_L}{(\%Max DOD) \times (TCF) \times V_{baterai}} \times AD$$

Pada persamaan (9) terlihat bahwa kapasitas baterai dipengaruhi oleh pemakaian energi listrik ( $E_L$ ), tingkat kedalaman pengosongan maksimum %Max DOD (*Depth of Discharge*), tegangan baterai yang digunakan pada sistem ( $V_{baterai}$ ) dan AD (*Autonomy Days*). Tegangan baterai yang digunakan pada sistem ( $V_{baterai}$ ) yang digunakan pada sistem menyesuaikan *rating* tegangan *input inverter* yaitu sebesar 12V dan persentasi DOD (*Depth of Discharge*) digunakan sebesar 100%, karena baterai digunakan secara maksimal.

Paramater lain yang mempengaruhi perhitungan kapasitas baterai adalah TCF (*Temperature Correction Factor*). TCF merupakan faktor koreksi temperatur yang mempengaruhi besarnya energi yang dihasilkan karena setiap kenaikan temperatur 1°C (dari temperatur standarnya) pada panel surya, maka hal tersebut akan mengakibatkan daya yang dihasilkan oleh panel surya akan berkurang sekitar 0,5% sehingga kapasitas baterai yang dibutuhkan akan meningkat. Temperatur udara maksimum pada saat pengukuran adalah sebesar 40,78°C, dari data temperatur ini terlihat bahwa suhu di lokasi penelitian lebih tinggi dari suhu standar (25°C) sehingga ada perbedaan suhu sebesar 15,78°C dari suhu standar (25°C) dan akan mengurangi daya keluaran maksimum panel surya ( $P_{MPP}$ ). Besarnya daya yang berkurang pada selisih suhu 15,78°C dari temperatur standarnya dapat dihitung menggunakan persamaan (1) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_{\text{saat selisih } t \text{ } 15,78^\circ C} &= [(0,5\%/^\circ C) \times P_{MPP} \times t^\circ C] \\ &= [(0,5\%/^\circ C) \times 100 \times 15,79] \\ &= 7,90W \end{aligned}$$

Sedangkan untuk daya keluaran maksimum panel surya ( $P_{MPP}$ ) pada saat temperaturnya 40,78°C dihitung dengan persamaan (2) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_{MPP \text{ saat selisih } t \text{ } 15,78^\circ C} &= P_{MPP} - P_{\text{saat } t \text{ naik}} \\ &= 100W - 7,90W \\ &= 92,11W \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan daya keluaran maksimum panel surya ( $P_{MPP}$ ) pada saat terjadi selisih suhu 15,78°C, maka nilai TCF dapat dihitung dengan persamaan (10) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} TCF &= \frac{P_{MPP \text{ saat naik}}}{P_{MPP}} \\ &= \frac{92,11W}{100W} \\ &= 0,92 \end{aligned}$$

Apabila nilai  $E_L$ ,  $V_{baterai}$ , %DOD, TCF disubstitusikan pada persamaan (9), maka akan diperoleh kapasitas total baterai yang dibutuhkan adalah sebesar :

$$Ah = \frac{E_L}{(\%Max DOD) \times (TCF) \times V_{baterai}}$$

$$= \frac{5660Wh/hari}{(1) \times (0,92) \times (12)} = 512,68Ah$$

Berdasarkan kebutuhan *ampere hour* dalam satu hari, dibutuhkan baterai dengan kapasitas baterai yang cukup besar, jika menggunakan baterai dengan kapasitas 42Ah, agar dapat memenuhi kebutuhan 512,68Ah/hari maka jumlah baterai yang diperlukan PLTS adalah sebanyak 13 buah baterai dengan dirangkai terhubung secara paralel.

c. Menghitung jumlah panel surya

Menghitung pembangkitan dan jumlah panel surya dengan menggunakan data primer rerata radiasi matahari tahun 2010-2011(BMKG).

Besarnya kapasitas pembangkitan panel surya dapat dihitung menggunakan persamaan (6) sebagai berikut:

$$P_{100}(Wp) = E_L \div PGF$$

Daya yang dibangkitkan PLTS (Wp) disesuaikan dengan kebutuhan beban yang akan disuplai serta dipengaruhi oleh faktor pembangkitan panel surya (PGF). PGF (*Panel Generation Factor*) dari hasil perhitungan menggunakan persamaan (7) dengan nilai referensi CE (*Collection Efficiency*) panel surya sebesar 64% (imron, 2013).

Nilai rata-rata tahun 2011 intensitas matahari di wilayah serang dan sekitarnya sebesar 4,40KWh/hari (BMKG). Apabila nilai CE dan rata-rata intensitas matahari disubstitusikan pada persamaan (7) diperoleh nilai PGF sebesar:

$$\begin{aligned} PGF &= CE \times Avrg \text{ Solar} \\ &= 0,84 \times 4,61kWh/hari \\ &= 2,95kWh/hari \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai PGF sebesar 3,69kWh/hari dan pemakaian energi listrik ( $E_L$ ) dalam pengamatan sebesar 5,66KWh maka kapasitas pembangkitkan panel surya (Wp) sebesar:

$$\begin{aligned} P_{100}(Wp) &= E_L \div PGF \\ &= 5,66 \div 2,95 \\ &= 1,91kWp \end{aligned}$$

Panel surya yang dipergunakan dalam pengujian memiliki spesifikasi daya keluaran maksimum panel surya ( $P_{MPP}$ ) sebesar 100W, tegangan keluaran maksimum panel surya ( $V_{MPP}$ ) sebesar 17,1V dan arus keluaran maksimum panel surya ( $I_{MPP}$ ) sebesar 5,84A per panel sehingga berdasarkan perbandingan kapasitas pembangkitan dengan daya keluaran maksimum panel surya.

Maka jumlah panel surya yang diperlukan untuk dapat membangkitkan 1,91kWp menggunakan persamaan (8) adalah sebanyak:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah panel surya} &= \frac{P(Wp)}{P_{MPP}} \\ &= \frac{1,91kW}{100W} \\ &= 19,1 \sim 19 \text{ panel surya} \end{aligned}$$

Adapun 16 panel surya tersebut akan dibentuk menjadi rangkaian panel secara paralel agar sesuai dengan *rating* tegangan dan kapasitas pembangkitan. Banyaknya panel yang dirangkai

paralel akan menguatkan arus sehingga besarnya energi yang dihasilkan menjadi:

$$\begin{aligned} V_{MPP} \text{ array} &= 17,1V \\ I_{MPP} \text{ array} &= 5,84A \times 19 = 110,96A \\ P_{MPP} \text{ array} &= 17,1V \times 110,9A = 1,89kW \end{aligned}$$

Arus dan tegangan yang dihasilkan dari 16 dirangkaian cukup untuk menghasilkan energi yang dibutuhkan karena sudah dapat memenuhi nilai minimum dari kapasitas pembangkitan dan *rating* tegangan yang dibutuhkan.

d. Menghitung arus *solar charge controller*

Untuk menentukan kapasitas arus *charge controller* dibutuhkan daya yang dibangkitkan oleh panel surya serta tegangan yang akan digunakan, sehingga dapat mempergunakan persamaan (12) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Jmax = I &= \frac{P_{Max}}{V_s} \\ &= \frac{1,91kWp}{12V} \\ &= 157,5A \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan diatas arus *charge controller* yang diperlukan PLTS sebesar 127,5A, atau dapat menggunakan arus *charge controller* dengan rating 200A.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Penelitian pemanfaatan energi matahari dan angin di rumah tinggal menghasilkan beberapa kesimpulan diantaranya:

1. Hasil pengujian panel surya menunjukkan daya keluaran maksimum panel surya ( $P_{MPP}$ ) sebesar 92,11W pada selisih suhu 15,78°C dari suhu standar (25°C) saat posisi jam 13.00.
2. Pada pengujian PLTS terpasang baterai 42Ah teruji sebesar 17,28Ah atau 41,14% dari kapasitas sebenarnya, hal tersebut karena baterai yang digunakan tidak baru.
3. Hasil pengujian pada saing hari menunjukkan besarnya energi optimal yang dihasilkan PLTS adalah sebesar 297Wh/hari atau sebesar 5,25%, sedangkan kontribusi PLTB sebesar 14,48Wh atau sebesar 0,33% dari penggunaan listrik rumah tinggal.
4. Dari hasil pengujian untuk dapat memenuhi kebutuhan energi listrik 100% pada rumah tinggal, dibutuhkan baterai 1512,68Ah atau 13 buah baterai berkapasitas 42Ah, panel surya 19,1kWp atau 19 panel surya kapasitas 100Wp dirangkai paralel, dan *charge controller* berkapasitas 150A.

B. Saran

Masih terdapat kekurangan dalam penelitian ini sehingga perlu pengembangan agar menjadi lebih baik lagi. Terdapat beberapa saran diantaranya:

1. Perlu dilakukan pembangunan lebih lanjut menggunakan kapasitas yg lebih besar agar bisa memenuhi kebutuhan pasokan listrik yang lebih besar.
2. Perlu dilakukan studi lebih lanjut menggunakan inverter dengan gelombang sinus serta perlu dilakukan analisa sinkronisasi energi antar pembangkit pada sistem PLTH..

- System*. Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Padjadjaran.
- S. Kumara, N. (2010). *Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Skala Rumah Tangga Urban dan Ketersediaannya di Indonesia*. Jurusan Teknik Elektro Universitas Udayana.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Imron. (2013). *Studi Pemanfaatan Energi Matahari Di Pulau Panjang Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Rosdiansyah. (2013). *Optimasi Energi Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Di Pulau Panjang*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Hardiansyah. (2012). *Perancangan Dual Axis Solar Tracker*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Suriadi dan Syukri M. (2010). *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpadu Menggunakan Software PVSYST Pada Komplek Perumahan Di Banda Aceh*. Jurnal Rekayasa ElektriKA Jurusan Teknik Elektro Universitas Syiah Kuala Vol. 9. No. 2.
- Bien, Kasim dan Wibowo. (2008). *Perancangan Sistem Hibrid Pembangkit Listrik Tenaga surya Dengan jala-jala Listrik PLN Untuk Rumah Perkotaan*. Jurnal Jurusan Teknik Elektro Universitas Trisakti Vol. 8. No. 1.
- Custer dan Lianda. (2012). *Analisa Pemanfaatan Energi Surya Sebagai Sumber Energi Pada Perumahan Kategori R1 900 VA Di Pulau Bengkalis*. Prosiding Seminar Nasiaonal Industri Teknologi Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negri Bengkalis.
- Herlina. (2009). *Analisis Dampak Lingkungan dan Biaya Pembangkitan Listrik Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida di Pulau Sebesi Lampung Selatan*. Tesis Teknik Elektro Universitas Indonesia.
- Mintorogo, D. (2000). *Strategi Aplikasi Sel Surya (Photovoltaic Cells) pada Perumahan dan Bangunan Komersial*. Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya.
- Aji (2014) *Rancang Bangun Sudu Savonius Sebagai Self Starting Turbin angin tipe hybrid Darrieus Savonius*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Santiari, I Dewa A. S. (2011). *Studi Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Catu Daya Tambahan Pada Industri Perhotelan Di Nusa Lembongan Bali*. Tesis Jurusan Teknik Elektro Universitas Udayana.
- Tamamadin, M. (2008). *Kajian Daerah Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Studi Kasus di Wilayah Jawa Timur)*. Tugas Akhir Jurusan Meteorologi Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian Institut Teknologi Bandung.
- Dwistya A, N. (2010). *Aplikasi Sel Surya Sebagai Energi Terbarukan Pembangkit Listrik Pada Solar Home*

# Perancangan Downconverter Resistive Modulator untuk Aplikasi GSM pada Frekuensi 900 MHz

Teguh Firmansyah<sup>1</sup>, Iga Ayu Mas Oka<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon, Indonesia.

<sup>2</sup>Teknik Telekomunikasi dan Navigasi Udara (TNU). Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia (STPI).  
teguhfirmansyah@untirta.ac.id

**Abstrak** – Perkembangan telekomunikasi semakin pesat, mendorong dilakukannya berbagai penelitian dibidang komunikasi wireless (nirkabel). Salah satu subsistem dari perangkat komunikasi yaitu mixer atau lebih dikenal dengan modulator. Pada penelitian ini diusulkan perancangan downconverter resistive mixer pada frekuensi 900 MHz. Frekuensi 900 MHz merupakan frekuensi kerja Global System for Mobile communications (GSM). Penggunaan downconverter resistive mixer memiliki kelebihan diantaranya rangkaiannya sederhana dengan nilai gain yang besar. Perangkat lunak Advance Design Sistem (ADS) dipergunakan untuk perancangan mixer ini. Hasil perancangan menunjukkan nilai Gain lebih besar dari 20 dB dengan kestabilan sebesar 1,4. Selain itu mixer ini memiliki nilai linieritas yang tinggi dengan kompresi 1-dB saat power sebesar 20 dBm.

**Kata kunci** : ADS, GSM, Downconversion, resistive mixer.

**Abstract** – Increasingly rapid telecommunications development , encourage a variety of research in the field of wireless communications. One subsystem of a communication device that is better known mixer or modulator . In this study, the proposed design of the resistive downconverter mixer at 900 MHz . 900 MHz is the frequency of work Global System for Mobile communications ( GSM ). The use of resistive downconverter mixer has advantages such as simple circuit with a large gain value. Software Advance Design System ( ADS ) is used for the design of this mixe . Gain design results show the value of greater than 20 dB with a stability of 1.4 . Besides this mixer has a high linearity value with 1 - dB compression when power is 20 dBm .

**Keywords** : ADS, GSM, Downconversion, resistive mixer.

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan dan permintaan telekomunikasi yang semakin cepat mendorong dilakukannya penelitian dibidang komunikasi nir kabel. Salah satu teknologi nirkabel yang sudah existing diantaranya adalah teknologi Global System for Mobile communications (GSM) [1]. Pada sistem telekomunikasi nirkabel bagian radio frequency (RF) bisa dilihat dari dua sisi yaitu RF transmitter dan RF receiver [2]. Pada bagian RF receiver, sistem telekomunikasi disusun oleh subsistem diantaranya Low Noise Amplifier (LNA), Band Pass Filter (BPF), Local Oscillator (LO), Mixer Downconverting, dan Automatic Gain Control (AGC)[3].

Bagian subsistem receiver, mixer berfungsi untuk mencampur dua sinyal masukan untuk menghasilkan sinyal baru dengan frekuensi yang berbeda. Pada bagian receiver, mixer yang digunakan ialah mixer downconverting yang memiliki inputan sinyal RF serta sinyal local oscillator (LO) yang akan menghasilkan sinyal intermediate frequency (IF) [4].

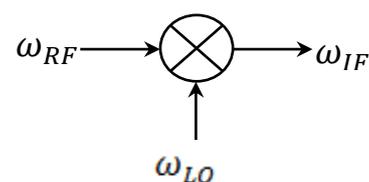
Sebagai state of the art, pada penelitian ini diusulkan perancangan downconverter resistive mixer pada frekuensi 900 MHz. Frekuensi 900 MHz merupakan frekuensi kerja Global System for Mobile communications (GSM). Penggunaan downconverter resistive mixer memiliki kelebihan diantaranya

rangkaiannya sederhana dengan nilai gain yang besar. Sementara itu, mixer ini memiliki nilai power supply DC sebesar 5 V dengan jenis bias voltage divider. Tipe transistor yang digunakan yaitu NEC NE662M04 yang memiliki kstabilan dan gain yang tinggi dengan berbasis teknologi silicon bipolar. Perangkat lunak Advance Design Sistem (ADS) dipergunakan untuk proses perancangan mixer ini.

dipergunakan untuk proses perancangan mixer ini.

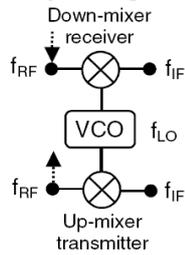
## II. DASAR TEORI MIXER

Mixer merupakan sebuah divais tiga port yang terdiri dari port local oscillator (LO), radio frequency (RF), dan intermediate frequency (IF), seperti ditunjukkan pada Gambar 1 [5]. Port LO dikendalikan oleh sebuah osilator lokal yang memiliki sinyal dengan amplitudo yang tetap.



Gambar 1. Mixer sebagai divais 3 port [6]  
Rangkaian mixer yang merupakan rangkaian nonlinear mempunyai peran yang sangat penting dalam

suatu sistem penerima dan pemancar radio (*RF transceiver*), karena rangkaian inilah yang melakukan translasi frekuensi dari RF ke IF (*down-converting*) untuk *receiver*, atau dari IF ke RF (*up-converting*) untuk *transmitter*, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Mixer digunakan untuk translasi frekuensi[7] Output dari mixer dapat berupa :

- a. Penjumlahan frekuensi dari kedua input tersebut (proses *up-converter*)
- b. Selisih frekuensi dari kedua input tersebut (proses *down-converter*)
- c. Kedua input tersebut
- d. Sinyal yang tidak diinginkan

Proses pencampuran kedua sinyal tersebut dapat dijelaskan secara matematis seperti di bawah ini:

Dengan A merupakan amplitudo, jika input sinyal informasi ( $f_i$ ) adalah dalam bentuk sinusoidal,

$$v_i(t) = A_i \sin 2\pi f_i t \quad (1)$$

begitu pula dengan sinyal pembawa lokal ( $f_c$ ),

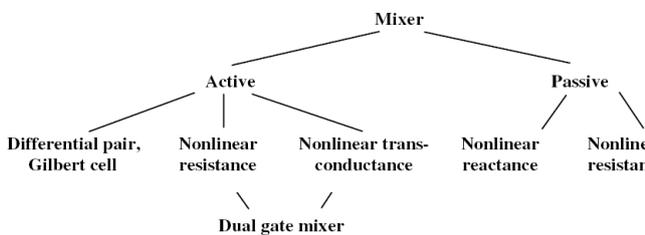
$$v_c(t) = A_c \sin 2\pi f_c t \quad (2)$$

proses *mixing* diwujudkan dengan proses pengalihan kedua input tersebut sesuai dengan rumus trigonometri:

$$v_i(t)v_c(t) = \frac{A_i A_c}{2} [\cos 2\pi(f_i - f_c)t - \cos 2\pi(f_i + f_c)t] \quad (3)$$

Ada dua proses yang terjadi (seperti yang telah disebut di atas) yaitu penjumlahan frekuensi ( $f_i + f_c$ ) atau *up-converter* dan pengurangan frekuensi ( $f_i - f_c$ ) atau *down-converter*. Untuk merealisasikan proses *mixing* tersebut, dibutuhkan suatu rangkaian yang dapat mengalihkan kedua input tersebut. Sedikitnya ada 3 teknik yang dapat dipertimbangkan untuk merancang rangkaian *mixer*, yaitu [8] :

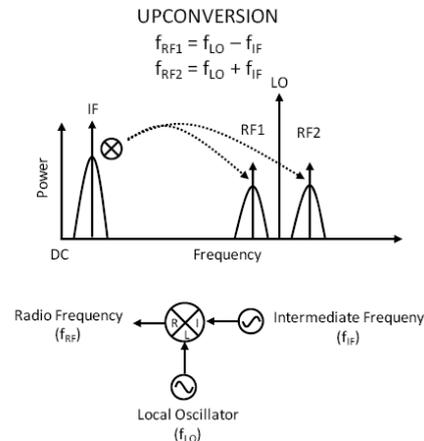
- a. Menggunakan *Gilbert-cell active mixer*.
- b. Menggunakan rangkaian yang berbasis pada nonlinier komponen berupa dioda-Schottky, dan
- c. BJT atau FET sebagai *transconductance mixer*.



Gambar 3. Kasifikasi Jenis Mixer [9]

Berdasarkan fungsinya, *mixer* dapat diklasifikasikan menjadi 2 jenis, yaitu *up-conversion mixer* dan *down-conversion mixer*. *Mixer* ini menghasilkan dua komponen frekuensi yang berguna pada *output*, contoh: penjumlahan dan selisih frekuensi ( $\omega_{RF} \pm \omega_{LO}$ ) dan sinyal palsu yang tidak diinginkan. Perbedaan utama antara *up* dan *down conversion mixer* adalah pada frekuensi sinyal *output*

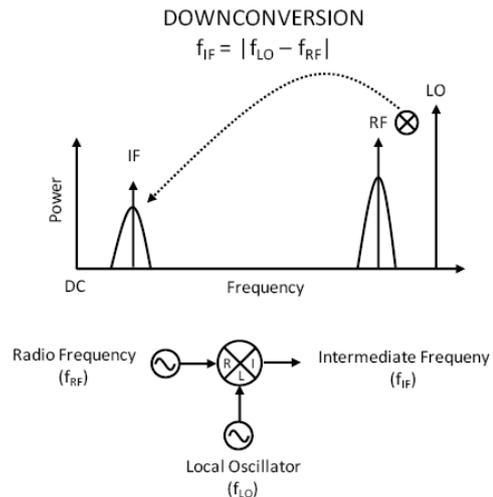
tersebut. Pada *down-conversion mixer*, frekuensi sinyal *output*-nya rendah (biasanya hanya beberapa MHz), dimana pada *up-conversion mixer* frekuensi sinyal *output*-nya tinggi (GHz).



Gambar 4. Definisi *up-conversion mixer* [10]

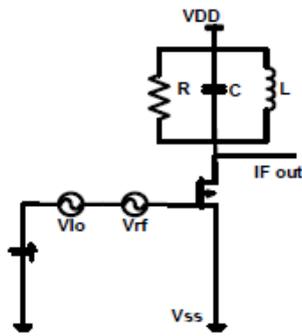
Pada *up-conversion mixer*, salah satu *input* selain dari LO biasanya disebut input IF yang frekuensinya jauh lebih rendah dari frekuensi LO. *Output mixer* ini merupakan penjumlahan dari frekuensi IF dan LO. Definisi *up-conversion mixer* dapat diilustrasikan pada Gambar 4.

Gambar 4. menunjukkan *up-conversion mixer* digunakan pada sisi pemancar (Tx), baik sebagai *modulator* atau *frequency up-converter* maupun keduanya, hal ini tergantung dari arsitektur Tx tersebut. Sedangkan pada *down-conversion mixer* terdapat pada susunan penerima (Rx) yang mentranslasikan frekuensi tinggi ke frekuensi lebih rendah sehingga dapat diproses pada bagian IF. Sinyal *input mixer* ini adalah RF dan *output*-nya adalah IF yang frekuensinya merupakan selisih dari frekuensi RF dan LO. Definisi *down-conversion mixer* dapat diilustrasikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Definisi *down-conversion mixer*[11]

Berdasarkan *transconductance stage*, *mixer* dapat diklasifikasikan menjadi 2 jenis, yaitu *unbalanced mixer* dan *balanced mixer*. *Unbalanced mixer* merupakan *mixer* yang paling sederhana dengan *noise figure* yang paling kecil. Sebuah *unbalanced mixer* ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Unbalanced mixer [12]

Jenis mixer ini juga disebut sebagai *square law mixer*. Proses pencampuran dilakukan dengan menggunakan karakteristik *nonlinear square law* transistor MOS. Isolasi *port-to-port* menentukan gangguan fraksi dari sinyal IF yang muncul pada RF. Pada disain mixer, masukan ke port yang berlainan tidak diperkenankan karena dapat menurunkan kinerja Tx dan Rx.

PERANCANGAN DOWNCONVERTER RESISTIVE MIXER

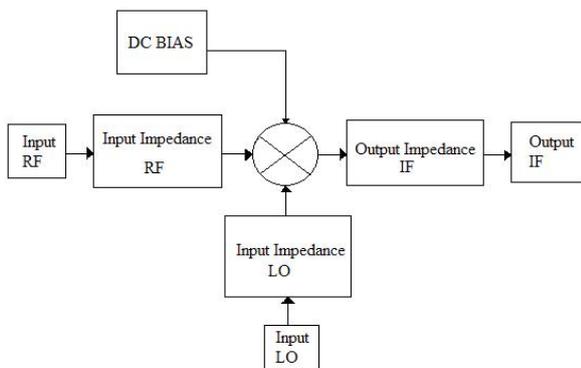
Mixer yang dirancang merupakan mixer *downconverting* dengan inputan berupa sinyal RF dengan frekuensi 950 MHz dan sinyal *Local oscillator* berfrekuensi 900 MHz sehingga output yang berupa sinyal IF memiliki frekuensi 50 MHz. Mixer yang akan dirancang ini memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 1. Spesifikasi dan parameter mixer untuk GSM

Parameter	Spesifikasi	Satuan
Frekuensi RF	950	MHz
Frekuensi LO	900	MHz
Frekuensi IF	50	MHz
Stability (K)	> 1	-
Conversion gain	> 15	dB
Impedansi sumber	50	Ohm
Impedansi Beban	50	Ohm
Voltage Supply	5	V

Pada proses perancangan mixer, terdapat rangkaian-rangkaian penyusun mixer yang perlu diperhatikan. Seperti ditunjukkan pada Gambar 7, rangkaian tersebut dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu:

1. Inti mixer
2. DC bias
3. Input dan output matching.



Gambar 7. Rangkaian penyusun mixer

Rangkaian voltage divider dipergunakan pada proses perancangan rangkaian bias transistor serta memenuhi pendekatan persamaan (4) berikut ini. [13]

$$V_E = \frac{1}{10} V_{CC}$$

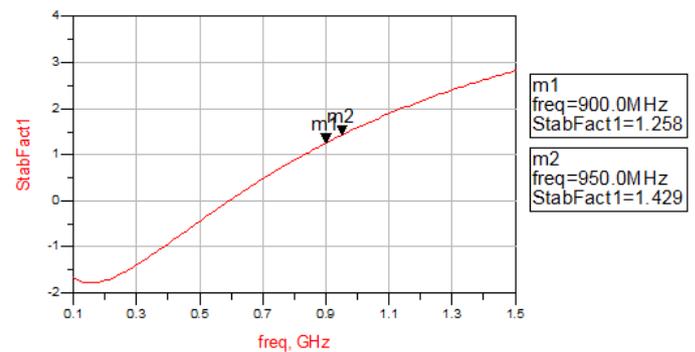
$$V_B = V_{BE} + V_E$$

$$R_E = \frac{V_E}{I_E} \cong \frac{V_E}{I_C}$$

$$R_C = \frac{V_{CC} - V_{CE} - V_E}{I_C}$$

$$R_2 = \frac{1}{10} \beta R_E \Omega$$

Tahapan selanjutnya yaitu mengecek nilai kestabilan dan mencari nilai impedansi masukan. Gambar 8 memperlihatkan nilai Kestabilan (K).



Gambar 8. Nilai kestabilan

Pada gambar memperlihatkan nilai Kestabilan (K) pada frekuensi 950 MHz sebesar 1,429 dan pada frekuensi 900 MHz sebesar 1,258. Hal ini memperlihatkan bahwa bias transistor berada pada kondisi stabil dengan nilai  $K > 1$ .

Tahapan selanjutnya yaitu mensimulasikan nilai Impedansi. Bagian ini penting dalam merancang disain RF karena menyesuaikan satu bagian dari rangkaian terhadap bagian lainnya untuk menghasilkan aliran daya yang maksimal antara dua bagian tersebut. Dua bagian tersebut ialah bagian input dari rangkaian dan juga output dari rangkaian. Untuk merancang impedance matching pada suatu rangkaian, dapat digunakan bantuan smith chart. Namun sebelum itu perlu untuk diketahui nilai dari beban pada masing-masing port seperti beban input pada *local oscillator* dan beban input pada RF ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Nilai impedansi beban

freq	Zin1	Zin2	Zout
850.0 MHz	24.891 -j14.516	30.207 -j72.323	24.891 -j14.516
860.0 MHz	24.863 -j14.298	30.647 -j71.514	24.863 -j14.298
870.0 MHz	24.837 -j14.084	31.071 -j70.725	24.837 -j14.084
880.0 MHz	24.812 -j13.875	31.480 -j69.956	24.812 -j13.875
890.0 MHz	24.789 -j13.670	31.875 -j69.207	24.789 -j13.670
900.0 MHz	24.767 -j13.470	32.256 -j68.476	24.767 -j13.470
910.0 MHz	24.746 -j13.274	32.624 -j67.764	24.746 -j13.274
920.0 MHz	24.727 -j13.082	32.979 -j67.068	24.727 -j13.082
930.0 MHz	24.709 -j12.894	33.323 -j66.390	24.709 -j12.894
940.0 MHz	24.692 -j12.710	33.655 -j65.727	24.692 -j12.710
950.0 MHz	24.676 -j12.529	33.976 -j65.080	24.676 -j12.529
960.0 MHz	24.661 -j12.352	34.286 -j64.448	24.661 -j12.352
970.0 MHz	24.647 -j12.179	34.587 -j63.830	24.647 -j12.179
980.0 MHz	24.634 -j12.009	34.877 -j63.227	24.634 -j12.009
990.0 MHz	24.622 -j11.842	35.159 -j62.637	24.622 -j11.842
1.000 GHz	24.610 -j11.678	35.431 -j62.060	24.610 -j11.678

Sementara pada desain mixer ini nilai impedansi terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai impedansi pada frekuensi kerja

Impedansi	Frekuensi	Besar beban (ohm)
Zin1 (RF)	950 MHz	24,676 – j12,529
Zin2 (LO)	900 MHz	32,256 – j68,476

Setelah mengetahui besarnya beban, dengan menggunakan smith chart rangkaian *impedance matching* dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Diusahakan agar rangkaian impedance matching ini dapat menyesuaikan dengan besarnya beban konekor 50 ohm sehingga daya yang mengalir pada masing-masing port tidak mengalami gangguan.

Selain menggunakan smith chart, nilai impedansi dapat pula dicari dengan persamaan berikut ini : Dengan  $Z_L = R_L + jX_L$  tertentu maka dapat dicari nilai

$$B = \frac{X_L \pm \sqrt{R_L/Z_o \sqrt{R_L^2 + X_L^2} - Z_o R_L}}{R_L^2 + X_L^2} \quad (5)$$

$$X = \frac{1}{B} + \frac{X_L Z_o}{R_L} - \frac{Z_o}{B R_L} \quad (6)$$

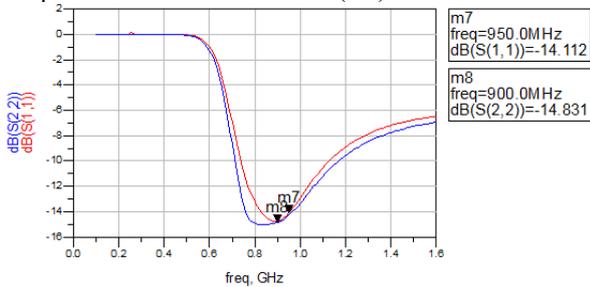
Setelah mendapatkan ke dua parameter tersebut kita dapat mencari nilai kapasitansi dan induktansi komponen dengan menggunakan rumus Untuk B dan X positif

$$C = \frac{b}{2\pi f Z_o} = \frac{B}{2\pi f} \quad L = \frac{x Z_o}{2\pi f} = \frac{X}{2\pi f} \quad (6)$$

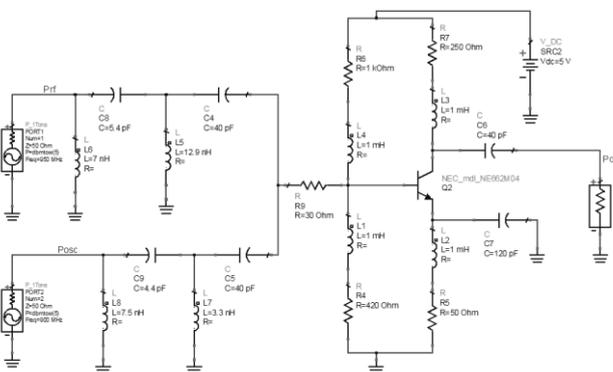
Untuk B dan X negatif

$$C = \frac{-1}{2\pi f x Z_o} = \frac{-1}{2\pi f X} \quad L = \frac{-Z_o}{2\pi f b} = \frac{-1}{2\pi f B} \quad (7)$$

Setelah melalui proses matching, gambar 9 memperlihatkan nilai return loss (dB).



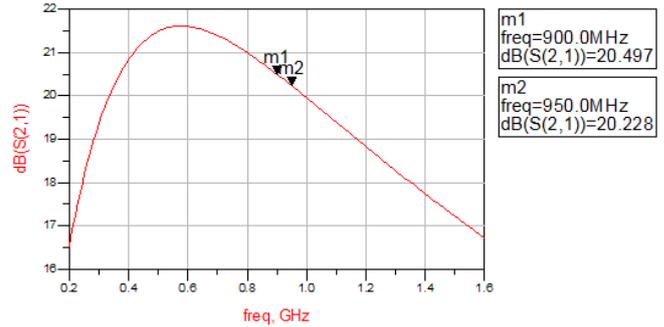
Gambar 9. Nilai return loss (dB) pada port 1 dan port 2 Rangkaian lengkap *Downconverter Resistive Mixer* terlihat pada gambar 10. Tahapan selanjutnya yaitu menganalisa kinerja mixer hasil rancangan.



Gambar 10. Rangkaian lengkap Resistive Modulator

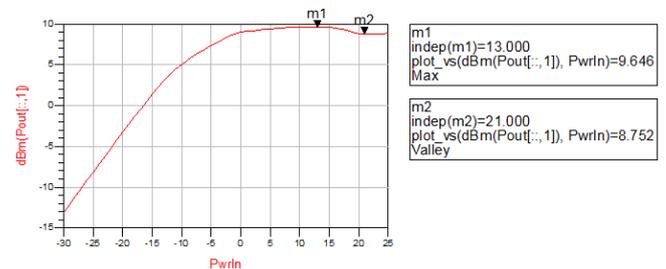
III. PEMBAHASAN DAN ANALISA HASIL

Pada Gambar 11 terlihat hasil simulasi nilai gain pada *Downconverter Resistive Mixer*.



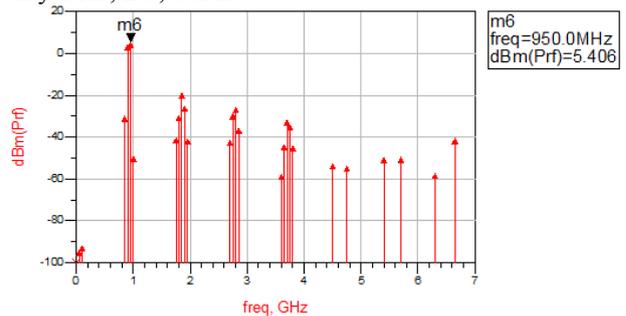
Gambar 11. Nilai Gain (dB)

Desain mixer ini memiliki nilai gain yang besar, sampai dengan diatas 20 dB. Hal ini memperlihatkan bahwa mixer ini memiliki nilai penguatan yang baik. Sementara Gambar 12 memperlihatkan perbandingan nilai antara  $P_{RF}$  dan  $P_{OUT}$ .

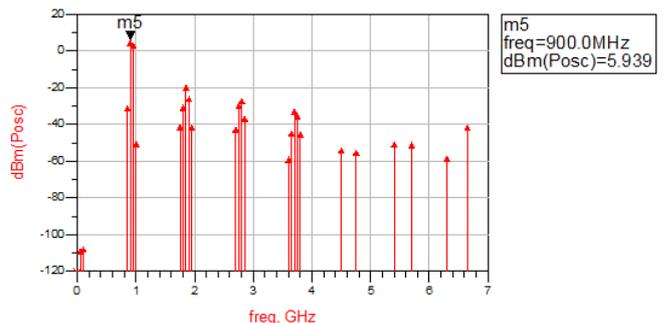


Gambar 12. Perbandingan nilai antara  $P_{RF}$  dan  $P_{OUT}$ .

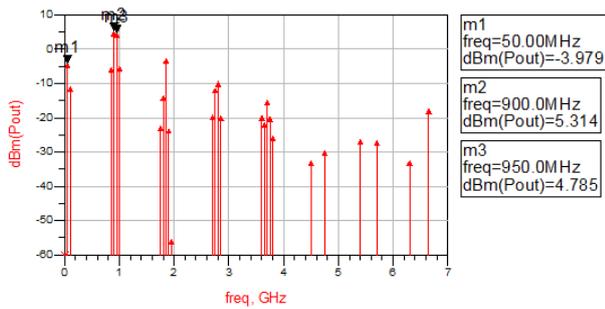
Gambar 12 memperlihatkan kinerja mixer yang memiliki linieritas yang tinggi dengan 1-dB kompresi sampai dengan nilai  $P_{RF}$  sebesar 20 dBm. Sementara Gambar 13-15 memperlihatkan gambar spektrum pada sinyal RF, LO, dan IF.



Gambar 13. Spektrum pada sinyal RF



Gambar 14. Spektrum pada sinyal IF



Gambar 15. Spektrum pada sinyal IF

Pada gambar 13 dan Gambar 14 tidak memperlihatkan spektrum sinyal IF. Akan tetapi setelah melewati proses demodulasi menggunakan *mixer downconverting* maka muncul frekuensi IF sebesar 50 MHz. Hal ini memperlihatkan bahwa proses demodulasi telah berjalan.

KESIMPULAN

Pada penelitian ini berhasil dirancang *downconverter resistive mixer* pada frekuensi 900 MHz. Frekuensi 900 MHz merupakan frekuensi kerja *Global System for Mobile communications (GSM)*. Penggunaan *downconverter resistive mixer* memiliki kelebihan diantaranya rangkaiannya sederhana dengan nilai gain yang besar. Hasil perancangan menunjukkan nilai Gain lebih besar dari 20 dB dengan kestabilan sebesar 1,4. Selain itu mixer ini memiliki nilai linieritas yang tinggi dengan kompresi 1-dB saat power sebesar 20 dBm.

DAFTAR REFERENSI

Pozar, David. M., “Microwave and RF Design of Wireless Systems”, John Wiley and Sons, 2001.

Ellinger, Frank, “Radio Frequency Integrated Circuits and Technologies”, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007.

Mehdi, Ghulam, “Highly Linear Mixer for On-Chip RF Test in 130nm CMOS”, 2007.

A. S. Allen., “Advanced RFIC Design, Gilbert Cell Mixer”, 2004

Bonghyuk Park, Kyung Ai Lee, Songcheol Hong, and Sangsung Choi “A 3.1 to 5 GHz CMOS Transceiver for DS-UWB Systems”, ETRI Journal, 2007

Davis, W. Alan., Agawal, Krishna., “Radio Frequency Circuit Design”, John Wiley & Sons, Inc., USA, 2001.

Leenaerts, D., Tang Johan.V.D., Vaucher C.S., “Circuit Design for RF Transceivers”, Kluwer Academic Publishers, Boston, 2001.

J. Y. Lyu and Z. M. Lin, “A 2~11 GHz Direct-Conversion Mixer for WiMax Applications”, IEEE, 2007.

Xiaoqin Sheng, “RF Mixer Design for Zero IF Wi-Fi Receiver in CMOS”, 2005

Z. C. Su, Z. M. Lin, and J. Y. Lyu, “A High Conversion Gain Mixer with Active Balun for UWB and WiMax Systems”

Zaki. Perancangan Mixer Untuk Mobile WiMax Pada Frekuensi 2,3 GHz. Skripsi. Universitas Indonesia.

Mahbub. Perancangan Mixer untuk m-Wimax pada frekuensi 2,3 GHz dan 2,6 GHz dengan heterojunction Bipolar Transistor. Tesis. Universitas Indonesia.

G. Wibisono, T. Firmansyah. *Design of dielectric resonators oscillator for mobile WiMAX at 2, 3 GHz with additional coupling λ/4*. IEEE TENCON 2011-2011.

# **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.

ISSN 2301-4652



9 772301 485253

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