

Volume 3, No. 1, Juni 2014

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 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**

Analisa Desain Sensor <i>Electrical Field Detector (EFD)</i> Didik Aribowo, Hamzah	1-7
Pengaruh Frit Gelas Terhadap Karakteristik Keramik Film Tebal FeTiO <sub>3</sub> Dari Mineral Yarosit Untuk Aplikasi Termistor NTC Yus Rama Denny, Didik Aribowo	8-15
Implementasi Kombinasi Algoritma Enkripsi Aes 128 Dan algoritma Kompresi Shannon-Fano Hery Haryanto, Romi Wiryadinata, Muhammad Afif	16-25
Sistem Monitoring Proses Produksi pada Mesin Bardi di PT Tirta Investama (Danone aqua) Sukabumi Berbasis Web Hery haryanto, Endi Permata, Niel R.U Nainggolan	26-34
Analisis Karakteristik Motor Induksi Tiga Fasa XYZ Standar NEMA Hery Haryanto, Ri Munarto, Ifat Fatmawati	35-42
Aplikasi Teknik Enkripsi dan Dekripsi File Dengan Algoritma Blowfish pada Perangkat mobile Berbasis Android Siswo wardoyo, Rian fahrizal, Zaldi Imanullah	43-53
Analisa Efisiensi Konsumsi Energi Listrik pada Kapal Motor Penumpang Nusa Mulia Alimuddin, Herudin, David Mangantar	54-60
Sistem Presensi Berbasis Algoritma Eigenface dengan Metode Principal Component Analysis Siswo Wardoyo, Romi Wiryadinata, Raya Sagita	61-68

# ANALISA DESAIN SENSOR *ELECTRICAL FIELD DETECTOR* (EFD)

Didik Aribowo, Hamzah

Jurusan Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
Jl. Jenderal Sudirman Km.3 Cilegon-Banten 42435  
Aribowo82@yahoo.co.id, hamzah.4416@gmail.com

**Abstrak** - Efektifitas EFD (*Electrical Field Detector*) untuk mendeteksi medan listrik yang dipancarkan oleh Apparel pada ECCT (*Electrical Capacitive Cancer Tomography*) diselidiki dalam penelitian ini. EFD merupakan teknik mendeteksi medan listrik dengan menangkap medan listrik statis berfrekuensi 100 kHz yang dipancarkan oleh Apparel ECCT. Medan listrik yang terpancar tersebut ditangkap oleh sensor yang didesain sedemikian rupa agar tepat mendeteksi medan listrik pada area yang di *scan*. Kemudian medan listrik yang didapat berupa muatan listrik disalurkan menuju mikrokontroler yang akan diolah menjadi sebuah informasi. Informasi ini yang kemudian diolah kembali untuk mengeksekusi berupa perintah menghidupkan *buzzer* dan LED (*Light Emitting Diode*).

**Kata kunci:** EFD, medan listrik, Apparel, ECCT, frekuensi, sensor

**Abstract** - Effectiveness EFD (*Electrical Field Detector*) to detect electrical fields emitted by Apparel at ECCT (*Cancer Capacitive Electrical Tomography*) investigated in this study. EFD is a technique to detect the electric field to capture the static electric field frequency of 100 kHz are emitted by Apparel ECCT. Radiated electric field is captured by the sensor is designed so that proper detection of the electric field in the area scanned. Then the electric field is obtained in the form of electrical charge transmitted to the microcontroller which will be processed into an information. This information is then processed back to execute an order for turn on buzzer and LED (*Light Emitting Diode*).

**Keywords:** EFD, electrical fields, Apparel, ECCT, frequency, sensor

## I. PENDAHULUAN

Kemampuan mendeteksi medan listrik yang diaplikasikan terhadap suatu alat elektronik sangat dibutuhkan PT.Edwar Technology untuk mendeteksi medan listrik yang terpancar pada Apparel dari alat ECCT, sehingga dapat diketahui apakah Apparel tersebut masih layak digunakan atau tidak.

Medan listrik yang dipancarkan oleh Apparel ECCT sangat dipengaruhi oleh cacat pada lempeng elektroda Apparel tersebut. Dengan bentuk cacat yang bervariasi dari mulai patahan sampai lubang. Semakin besar cacat pada lempeng elektroda maka medan listrik yang dihasilkan akan semakin lemah.

Untuk dapat mendeteksi cacat pada lempeng elektroda Apparel maka dibutuhkan keakuratan sensor dalam menyerap medan listrik pada titik tertentu.

### a. Tujuan Penelitian

1. Menganalisa cara kerja alat pendeteksi medan listrik
2. Membuat desain sensor pendeteksi medan listrik yang berpusat pada satu titik
3. Membandingkan besar medan listrik yang diserap sensor tanpa guard dan sensor dengan guard
4. Menghitung persentase penurunan besar medan listrik terhadap cacat elektroda

### b. Batasan Masalah

Agar permasalahan yang dibahas terfokus dan tidak melebar, maka Penelitian ini mengambil batasan masalah sebagai berikut:

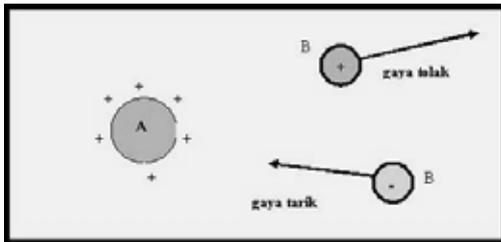
1. Dimensi ruang pengambilan data berbentuk balok dengan ukuran panjang= 10 cm, lebar= 10 cm dan tinggi (jarak sensor dan apparel)= 2 cm.
2. Nilai pada Osiloskop;
  - Chanel 3 digunakan untuk mengukur tegangan pada lempeng Elektroda
  - Chanel 4 digunakan untuk mengukur tegangan pada sensor
  - Time/div = 5 ms
  - Skala chanel 3 : volts/div = 5 v
  - Skala chanel 4 : volts/div = 500 mv
  - Acquire >> normal
  - >> average 4
  - >> mem leng = 500
3. Medan listrik yang didapat tidak dibandingkan dengan teori berdasarkan angka, namun berdasarkan *tren* perubahan medan listrik terhadap perubahan cacat apparel.

4. Sensor berbentuk persegi tanpa *guard*, persegi dengan *guard*, lingkaran tanpa *guard* dan lingkaran dengan *guard*.

**II. TEORI**

Prinsip dasar ECCT adalah alat yang menghasilkan arus listrik lemah dengan frekuensi menengah yang digunakan untuk mengganggu proses pembelahan sel kanker dan menghancurkan sel kanker yang sedang membelah. Arus listrik dengan tegangan 20V dan frekuensi antara 100-200kHz ini kemudian dialirkan ke dua pelat atau lebih, sehingga dua pelat tersebut memiliki muatan positif dan muatan negatif.

Dalam ruang disekitar benda bermuatan listrik A, kita jumpai beberapa gejala. Sebagai contoh benda bermuatan lain B dapat bergerak menjauhi atau mendekati A ( Gambar 1.). Gejala ini disebabkan bekerjanya satu gaya pada benda bermuatan apa saja yang diletakkan dalam ruang di sekitar benda bermuatan A. Kita sebut gejala dalam ruang di sekitar suatu benda bermuatan listrik ini medan listrik.

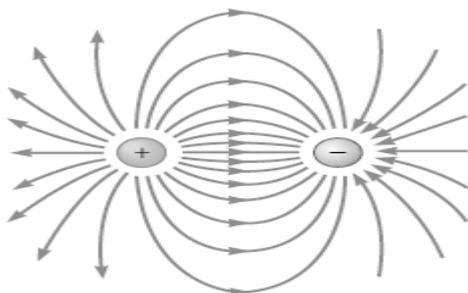


Gambar 1 : gaya yang bekerja pada muatan-muatan yang diletakkan dalam ruang disekitar benda bermuatan A

Jadi Medan Listrik adalah ruang di sekitar benda bermuatan listrik dimana benda-benda bermuatan listrik lainnya dalam ruang ini akan merasakan atau mengalami gaya listrik.

**a. Arah Medan Listrik**

Medan Listrik dapat kita gambarkan dengan garis-garis khayal yang dinamakan garis-garis medan (atau garis-garis gaya listrik). Dapat anda lihat pada gambar 2 bahwa garis-garis medan radial keluar menjauhi muatan positif dan radial kedalam mendekati muatan negative.



Gambar 2. Arah medan listrik <sup>[1]</sup>

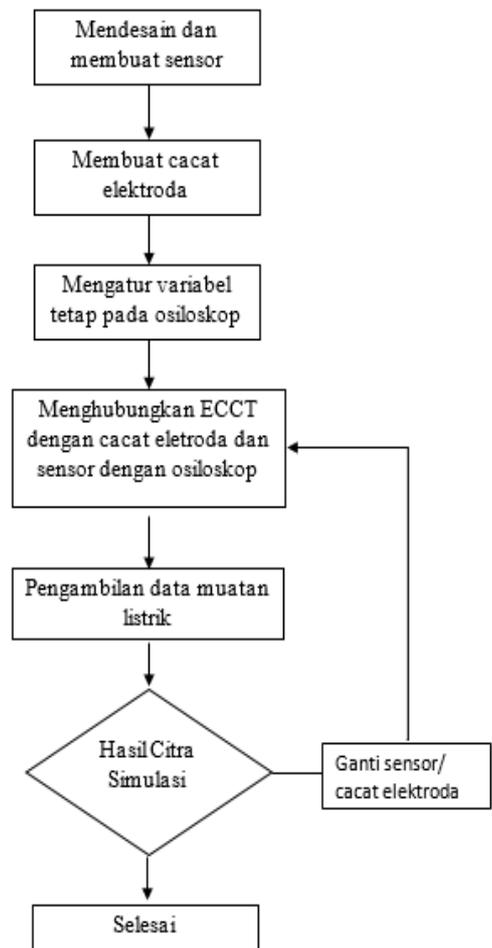
**b. Kuat Medan Listrik**

Kuat Medan Listrik adalah besaran yang menyatakan gaya coulomb per satuan muatan di suatu titik. Karena Besar gaya Coulomb antara muatan sumber Q dan muatan uji q, maka Rumus Kuat Medan Listrik adalah sebagai berikut [3]:

$$E = k \frac{Q}{r^2}$$

- dengan :
- E = kuat medan listrik (N/C)
  - Q = muatan sumber (C)
  - r = jarak muatan uji terhadap muatan sumber (m)
  - k= konstanta =  $9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$

**III. Metode Penelitian**

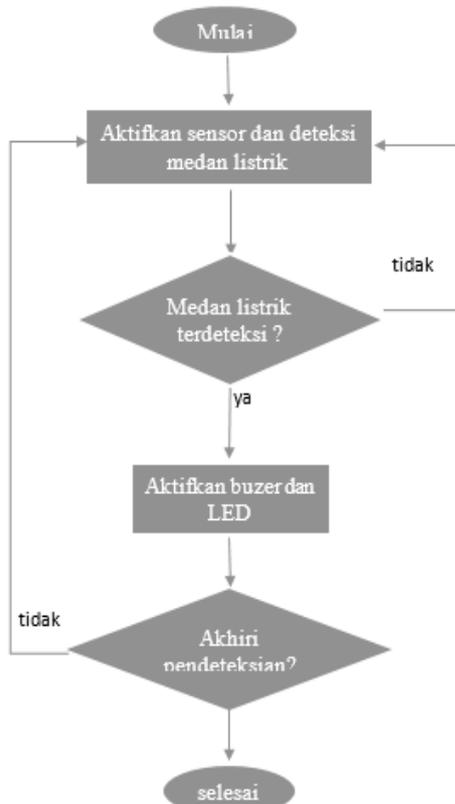


Gambar 2. diagram alir pengukuran muatan listrik

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

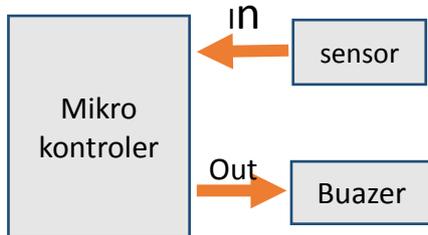
**a. Sistem Kerja Alat Pendeteksi Medan Listrik**

Alat pendeteksi medan listrik atau *electrical field detector* (EFD) beroperasi sesuai program yang diberikan. Secara garis besar EFD memiliki sistim kerja sebagai berikut.



Gambar 3. flowchart prinsip kerja *electrical field detector* (EFD)

Adapun skema rangkaian EFD adalah sebagai berikut:



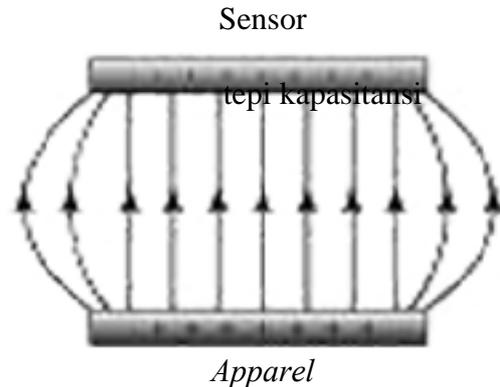
Gambar 4. Skema rangkaian *electrical field detector*

Sensor pendeteksi medan listrik yang mendeteksi adanya medan listrik, mengirimkan muatan listrik menuju mikro kontroler untuk datanya diolah sedemikian rupa dan kemudian dihasilkan perintah untuk mengaktifkan *Buzer* dan LED.

**b. Desain Sensor *Electrical Field Detector***

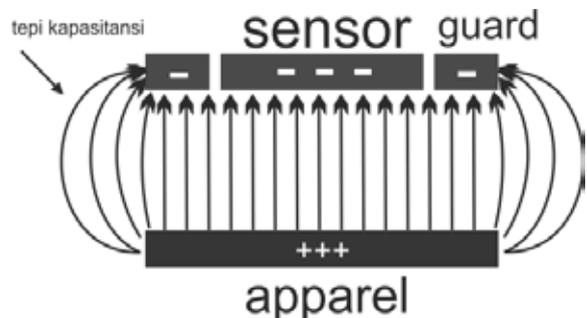
Desain sensor EFD pada penelitian ini dibuat khusus hanya untuk mendeteksi medan listrik yang terdapat tepat dihadapan sensor. Hal ini dikarenakan untuk dapat mendeteksi secara akurat kecacatan lempeng elektroda atau *Apparel* pada alat *Electrical Capacitive Cancer Treatment* (ECCT).

Bahan yang digunakan untuk membuat sensor EFD terbuat dari lempeng elektroda yang sama dengan yang digunakan untuk membuat *Apparel* pada ECCT.



Gambar 5. Bentuk medan listrik

Pada gambar diatas dapat kita lihat adanya tepi kapasitansi. Tepi kapasitansi adalah muatan listrik yang tidak diharapkan yang terserap oleh sensor. Maka dari itu desain sensor dibuat sedemikian rupa agar sensor bisa fokus mendeteksi atau menyerap muatan listrik yang berada tepat dihadapannya. Cara yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan menambahkan cincin atau *guard* pada sensor. Sehingga tepi kapasitansi dapat terserap oleh *guard*. Sementara sensor dapat fokus mendeteksi muatan listrik yang tepat dihadapannya. Desain sensor yang menggunakan *guard* adalah sebagai berikut.

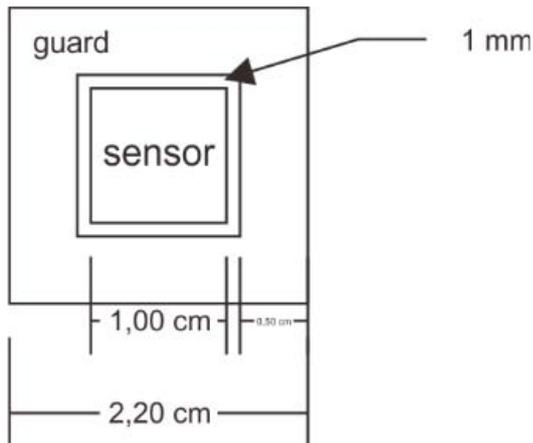


Gambar 6. Bentuk medan listrik pada sensor dengan *guard*

Pembagian bentuk dan ukuran sensor pada percobaan ini dibagi dedalam empat jenis yaitu.

- a. Sensor berbentuk persegi tanpa *guard*
- b. Sensor berbentuk persegi dengan *guard*
- c. Sensor berbentuk lingkaran tanpa *guard*
- d. Sensor berbentuk lingkaran dengan *guard*

Ukuran diameter dan rusuk sensor yang digunakan adalah sebesar 1cm dengan lebar *guard* 0,5cm.



Gambar 7. Desain sensor *electrical field detector*

**c. Alat dan Bahan**

Alat dan bahan yang digunakan pada percobaan ini adalah:

- a. Osiloskop GW Instek GDS-2204
- b. Plat Elektroda (cacat elektroda)
- c. Sensor

**d. Data**

Dari percobaan analisa desain sensor medan listrik didapat data-data. Yaitu data perubahan muatan listrik yang terserap oleh masing-masing sensor terhadap berbagai macam bentuk cacat elektroda. Data-data yang didapat sebagai berikut:

Tabel 1. Perubahan tegangan terhadap cacat elektroda pada sensor persegi tanpa *guard*

No	cacat elektroda		vpp (mv)	frekuensi (Hz)	ket	persentase	rata-rata
	d cacat	bentuk					
1	Xxxxx	xxxxx	820	50,51	ecct off		
2	Xxxxx	xxxxx	900	51,287	ecct on		
3	0	xxxxx	1020	89,237	ecct on		
4	1	persegi	840	48,82	ecct on	17,647%	6,021%
5	2	persegi	800	49,18	ecct on	4,762%	
6	3	persegi	780	48,89	ecct on	2,500%	
7	4	persegi	760	53,23	ecct on	2,564%	
8	5	persegi	740	49,05	ecct on	2,632%	
9	1	lingkaran	920	52,44	ecct on	9,804%	6,130%
10	2	lingkaran	900	52,81	ecct on	2,174%	
11	3	lingkaran	880	48,78	ecct on	2,222%	
12	4	lingkaran	840	57,81	ecct on	4,545%	
13	5	lingkaran	740	49,01	ecct on	11,905%	

Dari Tabel 1. diatas menjelaskan data-data percobaan yang menghasilkan perubahan tegangan listrik yang diserap sensor terhadap berbagai kondisi cacat elektroda. Persentase menunjukkan seberapa besar persentase kenaikan

atau penurunan tegangan yang diserap sensor terhadap berbagai kondisi cacat elektroda. Sensor yang digunakan berupa sensor persegi tanpa *guard*.

Tabel 2. Perubahan tegangan terhadap cacat elektroda pada sensor persegi dengan *guard*

no	cacat elektroda		vpp (mv)	frekuensi (Hz)	ket	persentase	rata-rata
	d cacat	bentuk					
1	xxxxx	xxxxx	620	33,56	ecct off		
2	xxxxx	xxxxx	680	48,89	ecct on		
3	0	xxxxx	820	48,63	ecct on		
4	1	persegi	800	48,77	ecct on	2,439%	3,105%
5	2	persegi	790	52,27	ecct on	1,250%	
6	3	persegi	760	49,02	ecct on	3,797%	
7	4	persegi	720	52,63	ecct on	5,263%	
8	5	persegi	700	49,8	ecct on	2,778%	
9	1	lingkaran	840	48,9	ecct on	-2,439%	6,247%

10	2	lingkaran	800	66,75	ecct on	4,762%
11	3	lingkaran	780	57,94	ecct on	2,500%
12	4	lingkaran	600	49,42	ecct on	23,077%
13	5	lingkaran	580	33,33	ecct on	3,333%

Dari gambar diatas menjelaskan data-data percobaan yang menghasilkan perubahan tegangan listrik yang diserap sensor terhadap berbagai kondisi cacat elektroda. Persentase menunjukkan seberapa

besar persentase kenaikan atau penurunan tegangan yang diserap sensor terhadap berbagai kondisi cacat elektroda. Sensor yang digunakan berupa sensor persegi dengan *guard*.

Tabel 3. Perubahan tegangan terhadap cacat elektroda pada sensor lingkaran tanpa *guard*

no	cacat elektroda		vpp (mv)	frekuensi (Hz)	Ket	persentase	rata-rata
	d cacat	bentuk					
1	xxxxx	xxxxx	660	51,02	ecct off		
2	xxxxx	xxxxx	640	49,14	ecct on		
3	0	xxxxx	880	48,75	ecct on		
4	1	persegi	700	57,63	ecct on	20,455%	5,218%
5	2	persegi	720	77,72	ecct on	-2,857%	
6	3	persegi	700	97,72	ecct on	2,778%	
7	4	persegi	660	37,57	ecct on	5,714%	
8	5	persegi	660	88,5	ecct on	0,000%	
9	1	lingkaran	1060	49,21	ecct on	-20,455%	-1,810%
10	2	lingkaran	900	52,7	ecct on	15,094%	
11	3	lingkaran	960	49,16	ecct on	-6,667%	
12	4	lingkaran	1120	52,52	ecct on	-16,667%	
13	5	lingkaran	900	51,77	ecct on	19,643%	

Dari gambar diatas menjelaskan data-data percobaan yang menghasilkan perubahan tegangan listrik yang diserap sensor terhadap berbagai kondisi cacat elektroda. Persentase menunjukkan seberapa besar persentase kenaikan

atau penurunan tegangan yang diserap sensor terhadap berbagai kondisi cacat elektroda. Sensor yang digunakan berupa sensor lingkaran tanpa *guard*.

Tabel 4. Perubahan tegangan terhadap cacat elektroda pada sensor lingkaran dengan *guard*

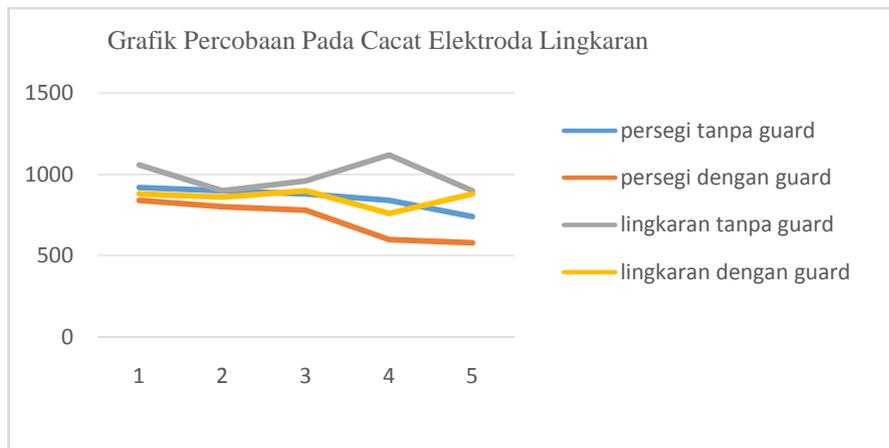
no	cacat elektroda		vpp (mv)	frekuensi (Hz)	ket	persentase	rata-rata
	d cacat	bentuk					
1	xxxxx	xxxxx	1100	50	ecct off		
2	xxxxx	xxxxx	1040	49,47	ecct on		
3	0	xxxxx	880	85,17	ecct on		
4	1	persegi	1080	76,62	ecct on	-22,727%	-3,492%
5	2	persegi	1020	64,76	ecct on	5,556%	
6	3	persegi	1000	52,39	ecct on	1,961%	
7	4	persegi	960	48,74	ecct on	4,000%	
8	5	persegi	1020	48,82	ecct on	-6,250%	
9	1	lingkaran	880	66,76	ecct on	0,000%	-0,522%
10	2	lingkaran	860	74,85	ecct on	2,273%	
11	3	lingkaran	900	76,63	ecct on	-4,651%	
12	4	lingkaran	760	49,19	ecct on	15,556%	
13	5	lingkaran	880	49,6	ecct on	-15,789%	

Dari gambar diatas menjelaskan data-data percobaan yang menghasilkan perubahan tegangan

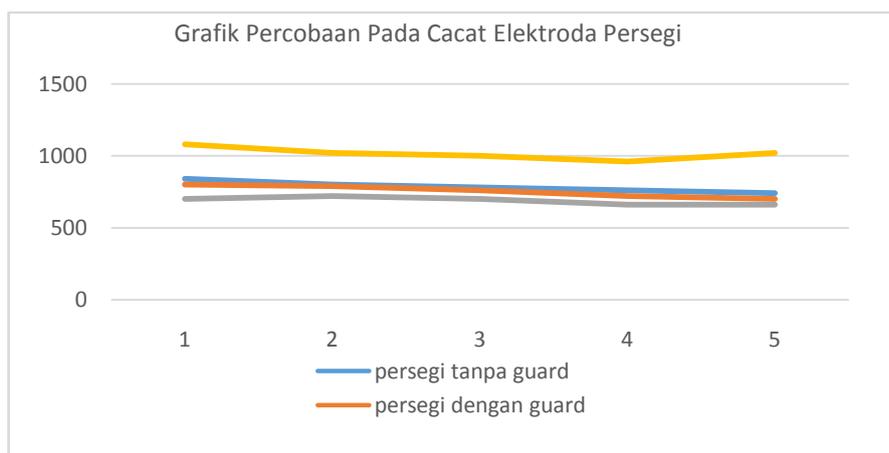
listrik yang diserap sensor terhadap berbagai kondisi cacat elektroda. Persentase menunjukkan

seberapa besar persentase kenaikan atau penurunan tegangan yang diserap sensor terhadap berbagai kondisi cacat elektroda. Sensor yang digunakan berupa sensor lingkaran dengan *guard*.

e. Hasil



Gambar 8. grafik persentase perubahan medan listrik terhadap cacat elektroda lingkaran



Gambar 9. grafik persentase perubahan medan listrik terhadap cacat elektroda persegi

V. ANALISA

a. Analisa pada percobaan cacat lingkaran

Dari grafik hasil percobaan pada gambar dapat dilihat bahwa daya serap medan listrik yang paling kecil didapat pada bentuk sensor persegi dengan *guard*, kemudian lingkaran dengan *guard*, persegi tanpa *guard* dan yang paling besar menyerap medan listrik adalah sensor lingkaran tanpa *guard*. Hal ini sesuai dengan teori bahwa sensor yang menggunakan *guard* lebih fokus menyerap medan listrik yang berada di hadapannya. Sementara sensor yang tidak menggunakan *guard* mendapat pengaruh dari tepi kapasitansi sehingga medan listrik yang terserap menjadi lebih besar.

Tren penurunan daya serap medan listrik dapat dilihat karna dipengaruhi oleh besar cacat elektroda. Hal ini juga sesuai dengan teori bahwa semakin besar

cacat pada plat elektroda maka medan listrik yang dihasilkan akan semakin lemah.

b. Analisa pada percobaan cacat Persegi

Dari grafik hasil percobaan pada gambar dapat dilihat bahwa daya serap medan listrik yang paling kecil didapat pada bentuk sensor lingkaran tanpa *guard*, kemudian persegi dengan *guard* persegi tanpa *guard*, dan yang paling besar menyerap medan listrik adalah sensor lingkaran dengan *guard*. Ada yang kurang sesuai dengan sensor lingkaran dengan *guard*. Menurut teori sensor lingkaran dengan *guard* seharusnya menyerap medan listrik lebih sedikit dibandingkan kedua sensor lainnya yang tidak menggunakan *guard*. Namun tren penurunan daya serap medan listrik masih sesuai dengan teori dimana medan listrik yang dihasilkan plat elektroda berbanding terbalik dengan besarnya cacat pada plat elektroda.

## VI. KESIMPULAN DAN SARAN

### a. Kesimpulan

Dalam laporan kerja praktik ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Sensor pendeteksi medan listrik yang menggunakan guard lebih akurat dalam pendeteksi medan listrik pada apparel dibandingkan dengan sensor yang tidak menggunakan guard.
2. Cacat pada lempeng elektroda (Apparel) berpengaruh terhadap medan listrik yang dipancarkan.

### b. Saran

Dapat disarankan juga untuk penelitian selanjutnya yaitu.

1. Memfariasikan jarak sensor dengan Apparel
2. Memperlebar guard dan memperkecil sensor.

## DAFTAR ACUAN

- [1] Yulianto Ahmad, "Optimalisasi Alat Ecct (*Electrical Capacitive Cancer Treatment*) Pada Karsinoma Nasofaring", Universitas Indonesia, 2012.
- [2] Nurhasanah Siti, "Optimalisasi Desain Elektroda Alat *Electrical Capacitive Cancer Treatment* (Ecct) Pada Terapi Kanker Payudara", Institut Teknologi Bandung, 2013.
- [3] Tienkartina, "*Medan Listrik & Kuat Medan Listrik*", <http://tienkartina.wordpress.com/2010/10/14/medan-listrik-kuat-medan-listrik/>
- [4] Pambudhi Hanief Tegar, dkk, "*Perancangan dan Analisis Antena Mikrostrip dengan Metode Aperture Coupled Feed pada Frekuensi 800 MHz*", Universitas Diponegoro, Semarang, 2010.
- [5] Sape Junary, "*Medan Listrik*", <http://nary-junary.blogspot.com/2013/03/makalah-medan-listrik.html>

# PENGARUH FRIT GLAS TERHADAP KARAKTERISTIK KERAMIK FILM TEBAL $\text{FeTiO}_3$ DARI MINERAL YAROSIT UNTUK APLIKASI TERMISTOR NTC

Yus Rama Denny, Didik Aribowo

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
yusramadenny@gmail.com, Aribowo82@yahoo.co.id

**Abstrak** - Pembuatan Dan Karakterisasi Keramik Film Tebal Berbasis  $\text{FeTiO}_3$  Dari Mineral Yarosit Untuk Aplikasi Termistor NTC. Telah dilakukan studi pembuatan dan karakterisasi termistor NTC dari bahan mineral yarosit. Bahan mineral yarosit dari alam dimurnikan dengan larutan HCl, diendapkan dengan menggunakan  $\text{NH}_4\text{OH}$  dan dipanaskan pada suhu kalsinasi  $700^\circ\text{C}$  selama 2 jam. Pembuatan termistor NTC dilakukan dengan mencampurkan serbuk yarosit hasil pemurnian dan pengendapan dengan  $\text{TiO}_2$ . Pasta termistor  $\text{FeTiO}_3$  dicetak dipermukaan alumina substrat dengan metode *screen printing*, kemudian dilakukan pemanasan pada suhu  $500^\circ\text{C}$  selama 1 jam diruangan udara dilanjutkan disinter pada suhu  $1100^\circ\text{C}$  selama 1 jam diruangan hidrogen. Sifat listrik keramik film tebal hasil sinter diukur pada berbagai suhu. Struktur kristal dievaluasi dengan difraksi sinar x (XRD), dan struktur mikro dievaluasi dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*). Data analisis XRD memperlihatkan bahwa seluruh keramik film tebal berstruktur heksagonal (*Illiminite*). Data struktur mikro dan sifat listrik memperlihatkan bahwa termistor dari yarosit memenuhi kebutuhan pasar.

**Kata kunci** : termistor, yarosit, sifat listrik, strukture kristal, struktur mikro.

**Abstract** - A study of influence frit of glass to thick film ceramics based on  $\text{FeTiO}_3$  from minerals was investigated. Minerals yarosit were used for making NTC thermistor through mixing with material  $\text{TiO}_2$ , organic compound and glass compound. NTC thermistor paste printed on surface of alumina substrat using screen printing method. Sample heated on temperature  $500^\circ\text{C}$  for 1 hours in the air, and then sintered using hydrogen on temperature  $1100^\circ\text{C}$  for 1 hours. Resistivity-temperature characteristic (*R-T curve*) was determined through measurement of resitivity at various temperature. Thick film termistor also were evaluated using XRD and SEM. The result of measurement from thermistor constanta of curve of *R-T* indicate that ceramicly made thermistor with materials of yarosit have good potency as thermistor NTC because owning value of konstanta thermistor which big relative. Addition of glass compound pursue growth of item of compound of  $\text{FeTiO}_3$  resulting degradation of price of konstanta thermistor. From data of x ray diffraction shows that thermistor of NTC thick film which is sintered at temperature  $1100^\circ\text{C}$  have matrix of  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  owning structure of hexagonal.

**Key Word** : thermistor, yarosit, electrical properties, crystal structure, micro structure.

## I. PENDAHULUAN

### a. Latar Belakang

Indonesia memiliki sumberdaya alam yang melimpah seperti hutan, minyak bumi, gas alam dan bahan tambang. Sumber daya alam tersebut sudah semestinya dimanfaatkan untuk menunjang pembangunan bangsa. Mineral yang mengandung oksida besi merupakan salah satu sumber daya alam yang banyak ditemukan. Selama ini, mineral tersebut pemanfaatannya hanya sebagai bahan mentah (*raw materials*) dan langsung dijual keluar negeri tanpa melalui proses pengolahan. Pemanfaatan ini tentu saja tidak efektif dan tidak optimal. Sebenarnya mineral tersebut karena mengandung oksida besi yang besar dapat dimanfaatkan untuk bahan industri, salah satunya adalah mineral yarosit.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan (Gustaman, D. et al., 2005) diketahui bahwa bahan mineral yarosit yang berasal dari Pd. Kerta Pertambangan kota Garut Jawa Barat hasil kopresipitasi (pelarutan dengan larutan asam diikuti dengan pengendapan dan kalsinasi) dapat dibuat menjadi termistor yang memenuhi standar komersil.

Termistor (*Thermally Sensitive Resistors*) merupakan komponen elektronika yang resistansinya bergantung dari temperatur dan memiliki karakteristik sangat sensitif terhadap temperatur (Anonim\_a, 2006). Piranti ini banyak digunakan dalam berbagai peralatan seperti dalam *electric cooker*, sebagai sensor temperatur yang sangat sensitif, sensor aliran gas, sensor kelembapan (*humidity*), sensor radiasi dan lain-lain.

Pada penelitian ini pembuatan termistor dilakukan dengan mencampurkan yarosit dan TiO<sub>2</sub> untuk membentuk FeTiO<sub>3</sub> (*Illminite*). Pembuatan termistor dari bahan mineral yarosit akan dibandingkan dengan termistor yang dibuat dari bahan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> hasil impor bermerk dagang Aldrich dengan kemurnian yang lebih tinggi dari mineral yarosit hasil pemurnian-pengendapan.

**II. METODOLOGI**

Serbuk mineral yarosit asli yang diperoleh dari PD. Kerta Pertambangan Bandung terlebih dahulu dipanaskan dengan suhu 700°C selama 4 jam. Serbuk mineral hasil pemanasan tersebut dilarutkan didalam HCl sehingga diperoleh larutan asam, kemudian disaring untuk memisahkan serbuk yang tidak larut. Larutan hasil penyaringan ditambahkan larutan NH<sub>4</sub>OH untuk mendapatkan endapan Fe(OH)<sub>2</sub>, kemudian endapan yang diperoleh dikalsinasi pada suhu 700°C selama 2 jam di atmosfer udara. Untuk melihat komposisi kimia serbuk mineral yarosit hasil kalsinasi dianalisis di Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara (P3TMB) Bandung.

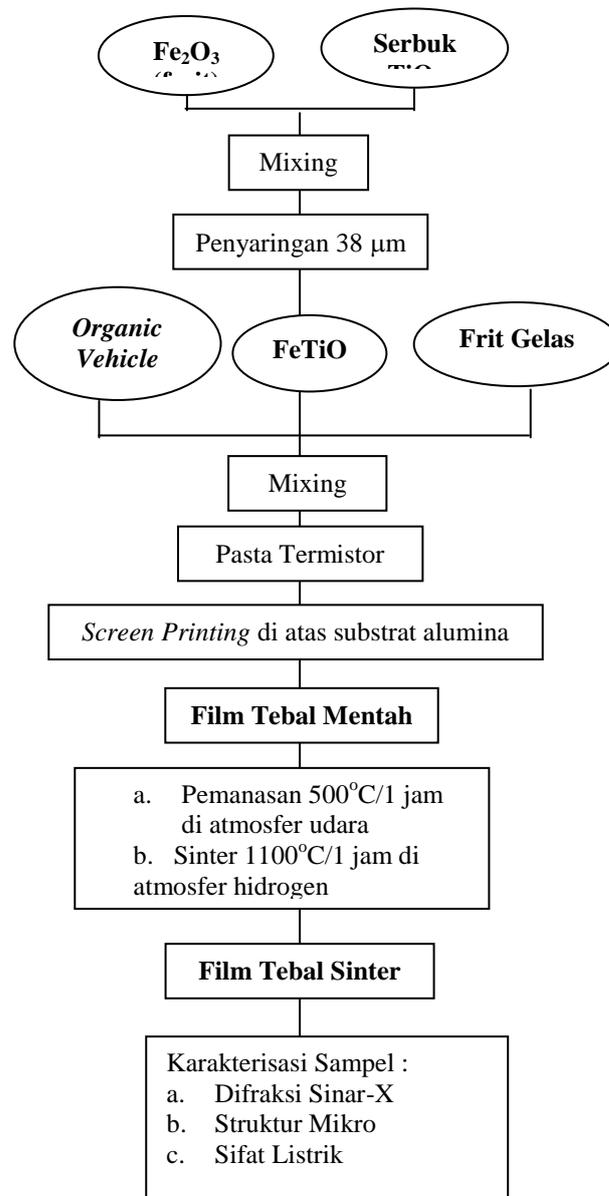
Film tebal termistor NTC dicetak diatas permukaan substrat alumina dengan metode penyablonan (*screen printing*). Untuk pembuatan pasta termistor dapat dilakukan dengan mencampurkan senyawa organik, FeTiO<sub>3</sub>, dan frit gelas (dapat dilihat pada tabel 1). Senyawa organik yang digunakan antara lain etil selulosa (10% berat) dan α-terpineol (90% berat), sedangkan untuk pembuatan frit gelas dengan mencampurkan serbuk PbO (30% berat), SiO<sub>2</sub> (20% berat), dan B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (50% berat) kemudian dilakukan pendinginan cepat (*quenching*) dengan cara memasukkannya kedalam air secara cepat sehingga didapatkan bahan gelas. Bahan gelas tersebut digerus dan dilakukan penyaringan dengan ukuran 38 mikron sehingga didapatkan frit gelas. Pada penelitian ini konsentrasi frit gelas yang ditambahkan divariasikan menjadi 2 % berat dan 5 % berat untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kualitas termistor NTC film tebal.

Selanjutnya substrat alumina yang sudah dicetak dengan pasta termistor dilakukan pemanasan pada temperatur 500°C selama 1 jam di ruangan udara dilanjutkan dengan penyinteran pada temperatur 1100°C selama 1 jam di ruangan hidrogen dengan nilai kenaikan suhu (*heating rate*) dan penurunan suhu (*cooling rate*) sebesar 6°C/menit, sehingga didapatkan “film tebal sinter”. Film tebal termistor hasil penyinteran akan dilakukan karakteristik listrik dengan pengukuran resistansi yang kemudian dikonversi ke dalam resistivitas dengan memasukkan data dimensi pada berbagai suhu dari 30-100°C menggunakan persamaan :

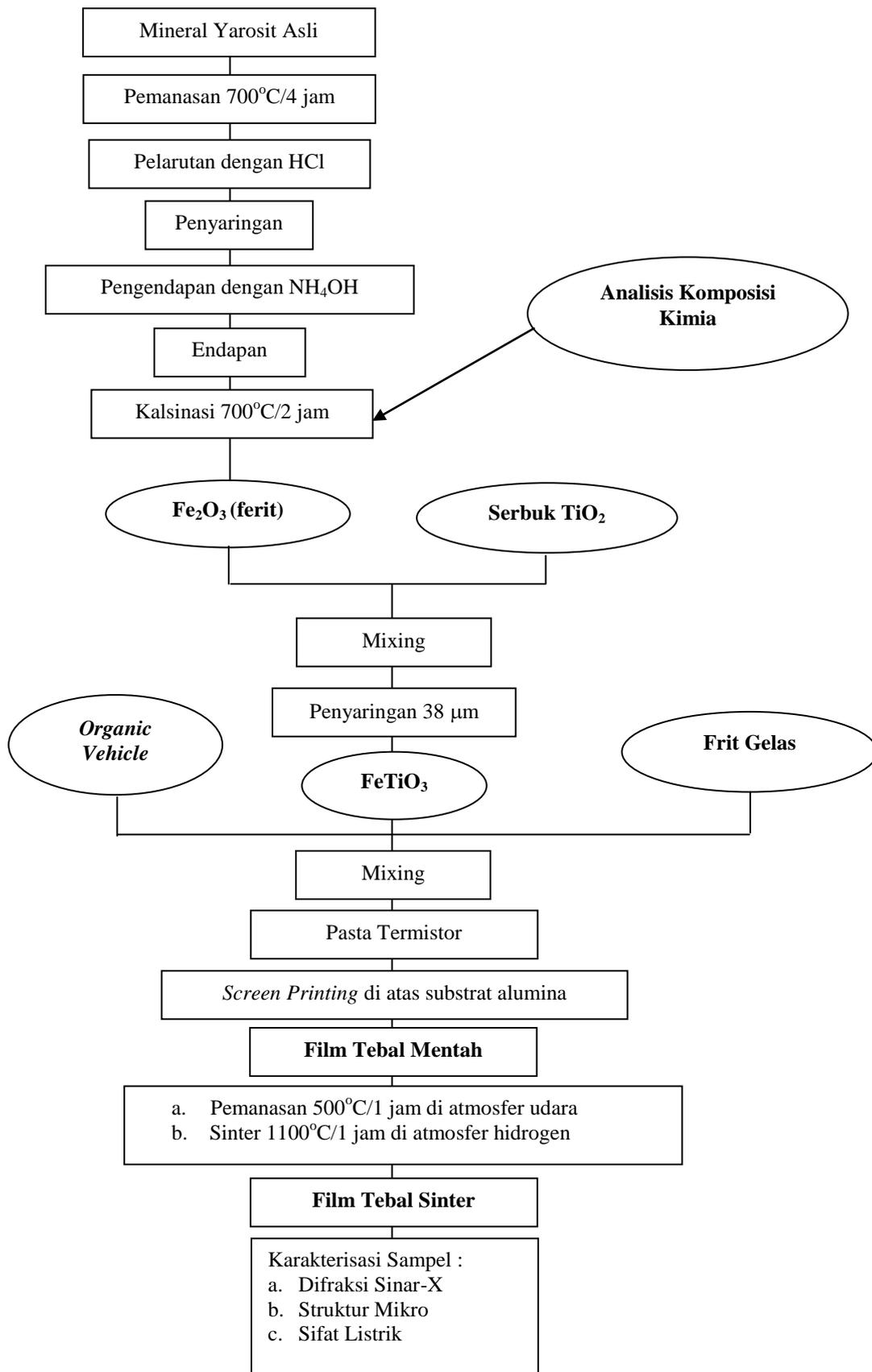
$$\rho = R \frac{t.W}{L} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan R = nilai resistansi (Ω), ρ = resistivitas *bulk* material pasta (Ωmm), L = panjang termistor (mm), W = lebar termistor (mm), t = ketebalan film (mm).

Analisis difraksi sinar-x dilakukan untuk melihat struktur kristal yang terjadi dan dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) struktur mikro film tebal sinter dievaluasi.



**Gambar 1.** Diagram alir untuk FeTiO<sub>3</sub> dari bahan Aldrich



Gambar 2. Diagram alir untuk FeTiO<sub>3</sub> dari mineral yarosit

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

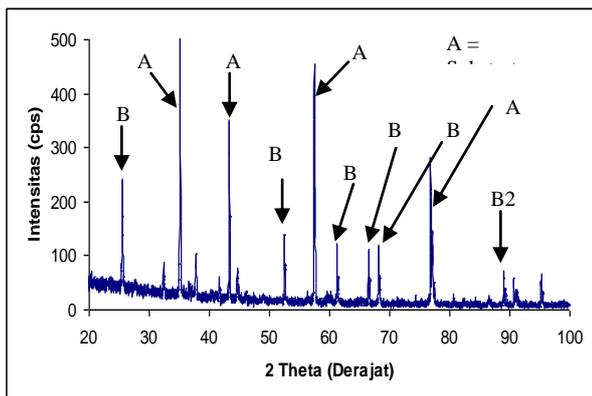
**a. Komposisi Kimia Serbuk Yarosit**

Dari hasil analisis kimia, bahwasanya serbuk yarosit hasil kopresipitasi selain mengandung material  $Fe_2O_3$  juga terlihat beberapa material ikutan yaitu  $SiO_2$ ,  $K_2O$ ,  $Na_2O$  dan  $MnO$ . Hasil analisis kimia dapat dilihat pada tabel 2. Tabel 2. Komposisi kimia serbuk yarosit hasil kopresipitasi

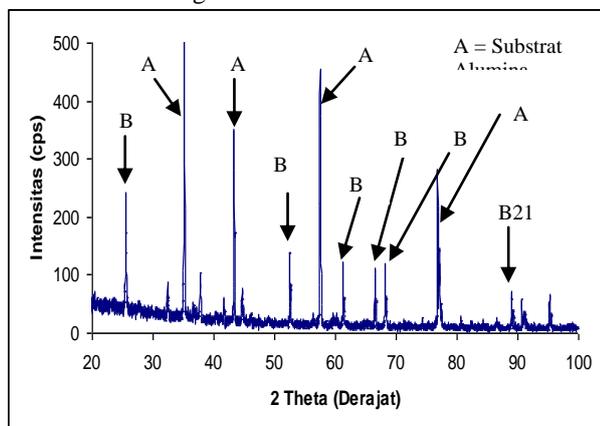
No.	Oksida	Kadar (%berat)
1.	$Fe_2O_3$	92,5
2.	$SiO_2$	2,26
3.	$K_2O$	0,036
4.	$Na_2O$	0,083
5.	$MnO$	0,094

**b. Analisis Difraksi Sinar-X (XRD)**

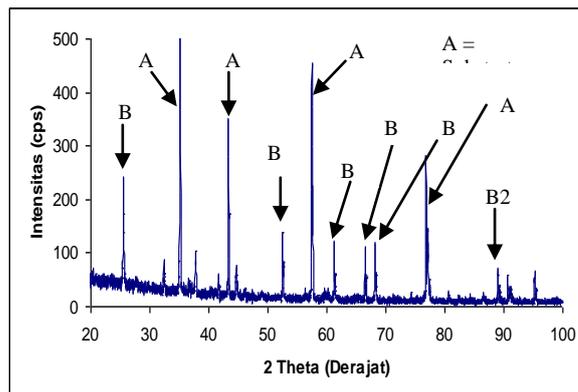
Pola difraksi sinar-x untuk keramik film tebal  $FeTiO_3$  dengan konsentrasi frit gelas 2 % berat dan 5 % berat dari bahan yarosit ditunjukkan oleh Gambar 4.1 dan 4.2. Untuk pola difaksi keramik film tebal  $FeTiO_3$  dari bahan murni (Aldrich) dengan konsentrasi frit gelas 2 % berat dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 3. Pola difraksi keramik film tebal  $FeTiO_3$  untuk bahan yarosit dengan konsentrasi frit gelas 2 % berat.



Gambar 4 Pola difraksi keramik film tebal  $FeTiO_3$  untuk bahan yarosit dengan konsentrasi frit gelas 5 % berat.



Gambar 5. Pola difraksi keramik film tebal  $FeTiO_3$  untuk bahan  $Fe_2O_3$  murni (Aldrich) dengan konsentrasi frit gelas 2 % berat.

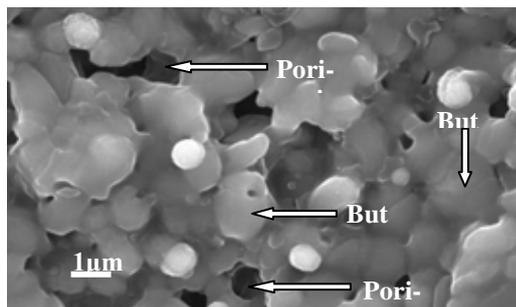
Dengan membandingkan data pola difraksi Gambar 3, 4, dan 5 dengan data pola difraksi standar untuk *ilminite Iron Titanium Oxide*,  $FeTiO_3$  (JCPDS-29-0733), diketahui bahwa termistor film tebal  $FeTiO_3$  pada konsentrasi frit gelas 2 % berat dan 5 % berat dari bahan yarosit maupun dari bahan murni (Aldrich) memiliki struktur yang sama yaitu *ilminite* (heksagonal). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan frit gelas tidak merubah struktur kristal yang terbentuk. Jika dibandingkan dengan pola difraksi sinar x dengan bahan murni, pola difraksi yang dibentuk oleh serbuk mineral yarosit memiliki kesamaan, walaupun dari intensitasnya ada perbedaan tetapi tidak terlalu signifikan. Pada pola difraksi sinar x keramik film tebal  $FeTiO_3$ , puncak  $Fe_2O_3$  dan puncak  $TiO_2$  tidak tampak (dianalisis dengan pola difraksi standar  $Fe_2O_3$  JCPDS 13-05345 dan  $TiO_2$  JCPDS 21-1276). Hal ini mengindikasikan bahwa selama proses sintering senyawa  $TiO_2$  masuk kedalam matriks  $Fe_2O_3$ . Puncak tambahan yang berasal dari material ikutan seperti  $SiO_2$ ,  $K_2O$ ,  $Na_2O$ ,  $MnO$  maupun yang berasal dari senyawa gelas tidak teridentifikasi dengan XRD karena konsentrasinya yang sangat kecil.

**c. Struktur Mikro**

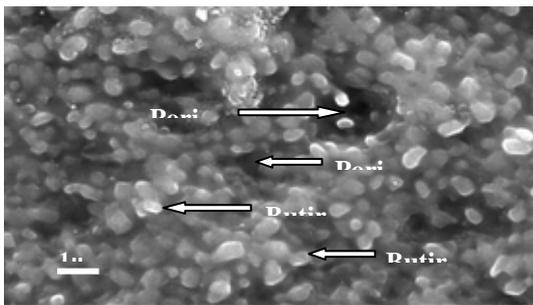
Hasil foto struktur mikro untuk sampel keramik film tebal  $FeTiO_3$  dari mineral yarosit dan bahan murni bermerk dagang Aldrich dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7. Pada Gambar 6 tampak bahwa struktur mikro keramik film tebal dari mineral yarosit dengan konsentrasi frit gelas sebesar 2 % berat memiliki ukuran butir yang lebih besar dibandingkan dengan konsentrasi 5 % berat. Dengan ukuran butir besar, maka penggabungan luas permukaan efektif tiap-tiap butir akan semakin besar (persentuhan antar butir akan lebih baik), menghasilkan pembesaran volume efektif dan luas penampang efektif termistor film tebal yang sangat berguna untuk mobilitas pembawa muatan. Pertumbuhan butir terhambat pada sampel dengan kandungan frit gelas 5 % berat karena senyawa gelas tidak hanya terdapat di daerah batas substrat saja tetapi juga masuk ke dalam batas butir keramik film tebal  $FeTiO_3$ . Masuknya senyawa gelas ke dalam batas butir,

menyebabkan keramik film tebal dengan substrat saling mengikat. Semakin banyak senyawa gelas yang diberikan maka ikatan antar keramik film tebal dengan substrat juga semakin kuat.

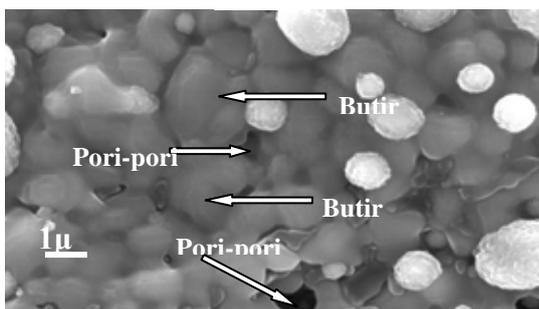
Bila dibandingkan dengan struktur mikro keramik film tebal FeTiO<sub>3</sub> bahan murni dengan konsentrasi frit gelas 2 % berat diketahui ukuran butir lebih besar dan pertumbuhan butiran lebih baik dibandingkan dari bahan yarosit. Akibatnya kontak antar butir menjadi baik, dan antar butir juga saling mengikat dibandingkan dengan bahan yarosit. Dari gambar juga dapat dilihat bahwa pori-pori dari bahan murni tampak lebih kecil dan sedikit, diduga karena pori-pori pada bahan yarosit terbentuk oleh adanya material ikutan yang meleleh pada suhu 1100°C.



(a)



(b)



(c)

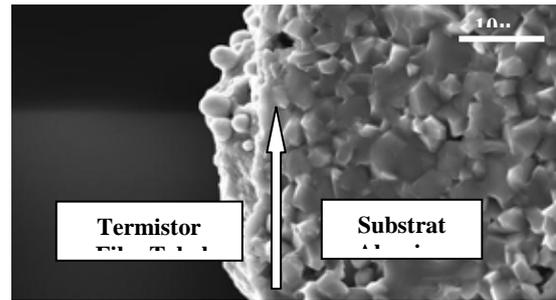
Gambar 6. Foto SEM dilihat dari permukaan (*surface*) termistor film tebal dengan (a) konsentrasi frit gelas sebesar 2 % berat dari bahan yarosit, (b) konsentrasi frit gelas sebesar 5 % berat dari bahan yarosit, (c) konsentrasi frit gelas sebesar 2 % berat dari bahan murni.

Dari hasil SEM pada sisi samping (*Cross Section*) dapat diukur ketebalan termistor film tebal. Ketebalannya tampak berbeda akan tetapi tidak

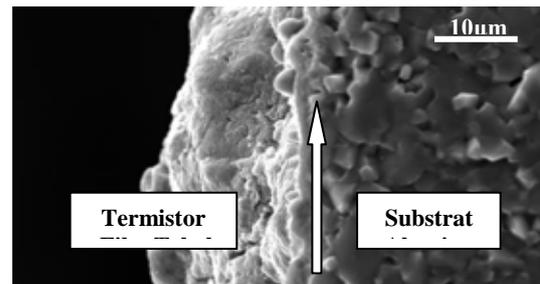
signifikan karena hanya beda beberapa mikron saja. Hasil pengukurannya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Data ketebalan keramik film tebal FeTiO<sub>3</sub> untuk berbagai konsentrasi frit gelas.

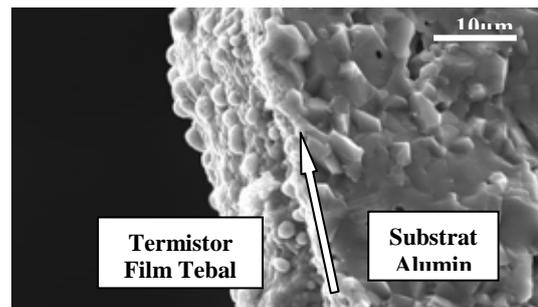
Bahan	Satuan (% berat)	Ketebalan (µm)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> asal yarosit	2	5,9 ± 0,0
	5	10,1 ± 0,2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Murni	2	9,9 ± 0,1



(a)



(b)

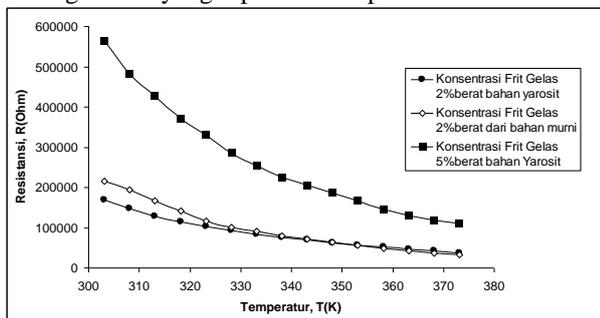


(c)

Gambar 7. Foto SEM dilihat dari sisi samping (*cross section*) termistor film tebal dengan (a) konsentrasi frit gelas sebesar 2 % berat dari bahan yarosit, (b) konsentrasi frit gelas sebesar 5 % berat dari bahan yarosit, (c) konsentrasi frit gelas sebesar 2 % berat dari bahan murni.

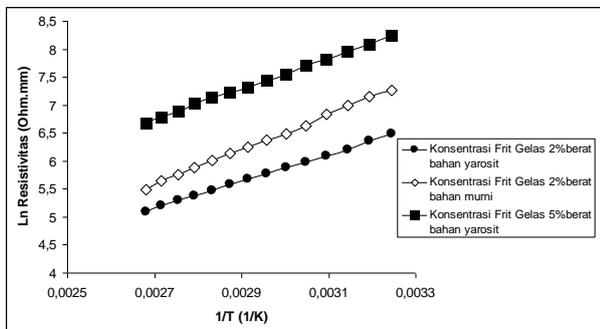
**d. Karakteristik Listrik**

Hasil pengukuran antara resistansi terhadap temperatur dari 30°C – 100°C untuk sampel keramik film tebal FeTiO<sub>3</sub> dengan variasi konsentrasi frit gelas 2 % berat dan 5 % berat diperoleh kurva karakterisasi hubungan R-T yang diperlihatkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik hubungan antara resistansi terhadap temperatur untuk berbagai konsentrasi frit gelas.

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa karakterisasi listrik sampel keramik film tebal FeTiO<sub>3</sub> sesuai dengan teroritis dimana nilai resistansi turun secara eksponensial sejalan dengan meningkatnya temperatur. Hal ini disebabkan semakin besar temperatur, elektron yang berada di pita konduksi sebagai pembawa muatan akan semakin banyak juga. Semakin banyak pembawa muatan maka konduktivitas listrik pun akan semakin besar. Dan hubungan antara konduktivitas dan resistansi berbanding terbalik sehingga ketika konduktivitas naik maka resistansi akan mengalami penurunan.



Gambar 9. Grafik Hubungan antara Ln ρ terhadap 1/T untuk berbagai konsentrasi frit gelas.

Untuk mengetahui kualitas dari termistor perlu diketahui nilai konstanta dan sensitivitas termistor. Konstanta termistor dapat diperoleh dari hubungan antara Ln ρ terhadap 1/T dari termistor flm tebal. Kurva yang diperoleh pada gambar diatas tampak linear dan memiliki gradien yang berbeda-beda pada konsentrasi frit gelas yang berbeda. Gradien ini dijadikan nilai dari konstanta termistor. Jika dilihat posisi kurva pada Gambar 9, garis yang berada diatas menandakan harga resistivitas yang lebih besar dan sebaliknya garis yang berada lebih bawah menandakan harga resistivitas listrik yang lebih kecil. Nilai β dapat dilihat pada Tabel 3 untuk berbagai konsentrasi frit gelas.

Tabel 3 Nilai konstanta termistor film tebal (β) FeTiO<sub>3</sub>

Frit Gelas (% berat)	Konstanta Termistor (β) K	
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> asal Yarosit	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> murni
2	2405,075 ± 32,562	3110,675 ± 78,769
5	2728,825 ± 29,809	

Pada Tabel 3 didapatkan bahwa konstanta termistor yang berasal dari keramik film tebal FeTiO<sub>3</sub> berbahan yarosit maupun dari bahan murni memiliki potensi untuk menjadi bahan dasar termistor NTC, hal ini dapat dilihat dari terpenuhinya nilai konstanta termistor dalam rentang termistor komersil (2000 K sampai 6000 K). Nilai konstanta termistor untuk bahan yarosit pada konsentrasi frit gelas 5 % berat (278,825 K ± 29,809 K) lebih besar dibandingkan dengan 2 % berat (2405,075 K ± 32,562 K).

Penurunan harga β terjadi ketika termistor film tebal memiliki konsentrasi frit gelas yang lebih sedikit disebabkan oleh perubahan struktur mikro. Berdasarkan hasil SEM-EDX pada sampel termistor ternyata terdapat senyawa gelas dalam jumlah tertentu dan menjadi material ikutan saja yang berada di batas butir yang menghalangi pertumbuhan butir. Struktur mikro film tebal termistor yang memiliki senyawa gelas yang lebih sedikit mempunyai ukuran butir yang lebih besar dan persentuhan antar butir yang lebih baik sehingga jumlah pembawa muatannya lebih besar. Akan tetapi, jumlah pembawa muatan yang relatif besar cenderung mengalami tumbukan antara sesama yang lebih hebat ketika suhu sampel termistor dinaikkan. Akibatnya, perubahan tahanan listrik relatif tidak sensitif terhadap perubahan suhu sampel. Hal ini diekspresikan oleh harga β yang relatif lebih kecil yang dimiliki oleh konsentrasi frit gelas 2 % berat.

Pada Tabel 3 dapat dilihat nilai konstanta termistor berbahan murni (3110,675 K) memiliki harga yang relatif lebih besar dibandingkan berbahan yarosit (2405,075 K). Perbedaan nilai tersebut diakibatkan oleh tingkat kemurnian mineral. Hal ini berkorelasi terhadap penurunan nilai resistivitas untuk material yang mengandung impuritas. Secara teoritis nilai resistivitas akan turun seiring dengan penurunan konstanta termistor.

Nilai konstanta termistor dari keramik film tebal FeTiO<sub>3</sub> dari bahan yarosit memiliki harga yang masuk rentan termistor komersil memperlihatkan bahwa material ikutan yang terkandung pada bahan yarosit tidak menghilangkan sifat termistor dan terdapat kemungkinan bahwa sebagian material ikutan mempunyai kontribusi positif pada pembentukan sifat termistor yang dihasilkan. Namun untuk mengetahui material mana yang berpengaruh baik dan mana yang berpengaruh buruk terhadap pembentukan sifat termistor ini memerlukan penelitian lanjutan.

Tabel 4 Nilai resistivitas pada temperatur suhu ruang (25°C) untuk berbagai konsentrasi frit gelas.

Frit Gelas (% berat)	Resistivitas suhu 25°C (Ohm.mm)	
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> asal Yarosit	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> murni
2	1498,58	4326,15
5	9810,74	

Resistivitas keramik film tebal FeTiO<sub>3</sub> pada suhu ruang berbahan yarosit semakin besar dengan meningkatnya frit gelas sebagaimana yang diperlihatkan pada Tabel 4. Hal ini karena adanya perbedaan jumlah pembawa muatan di antara termistor film tebal tersebut yang diakibatkan oleh perbedaan struktur mikro. Senyawa gelas yang berada pada batas butir tidak larut padat di dalam matriks FeTiO<sub>3</sub> sehingga tidak menyumbangkan elektron ke pita konduksi atau bukan sebagai donor bahkan menghalangi mobilitas dari pembawa muatan. Oleh karena itu jumlah pembawa muatan di dalam termistor film tebal dengan konsentrasi frit gelas 2 % berat relatif lebih besar.

Namun, seperti yang terlihat pada Tabel 4 harga resistivitas pada suhu ruang termistor berbahan yarosit masih lebih rendah dari pada termistor yang dibuat dari serbuk Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> murni bermerk dagang Aldrich yang memang sengaja dibuat sebagai pembanding. Hal ini memperlihatkan adanya material tertentu yang larut padat didalam termistor berbahan yarosit yang bertindak sebagai donor elektron atau akseptor. Untuk mengetahui material mana yang berpengaruh baik dan mana yang berpengaruh buruk terhadap pembentukan sifat termistor ini memerlukan penelitian lanjutan.

Dari harga konstanta termistor (β) diperoleh harga sensitivitas (α) yang didapatkan menggunakan persamaan  $\alpha = -\frac{\beta}{T^2} \times 100\%$ . Dari Tabel 5 menunjukkan bahwa harga sensitivitas termistor yang dibuat dari bahan yarosit cukup baik dan masuk kedalam rentan harga sensitivitas termistor komersil yaitu -2,250%/K sampai -6,19%/K. Pada tabel juga dapat dilihat harga sensitivitas termistor untuk konsentrasi frit gelas 2 % berat lebih kecil dibandingkan dengan konsentrasi 5 % berat. Hal ini menunjukkan penambahan frit gelas terhadap termistor film tebal dapat menaikkan harga sensitivitasnya.

Tabel 5 Nilai Sensitivitas Termistor (α) FeTiO<sub>3</sub> dari bahan yarosit dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> murni

frit gelas (% berat)	Sensitivitas Termistor, α %/K	
	Yarosit-TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> murni-TiO <sub>2</sub>
2	- ( 2,708 ± 0,036 )	- ( 3,503 ± 0,089 )
5	- ( 3,073 ± 0,034 )	

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data yang diperoleh dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu sebagai berikut :

1. Penambahan frit gelas dapat meningkatkan nilai resistivitas pada keramik film tebal FeTiO<sub>3</sub>. Adanya material ikutan pada bahan yarosit menyebabkan nilai resistivitasnya lebih rendah dibandingkan dengan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> murni.
2. Pengaruh penambahan konsentrasi frit gelas pada keramik film tebal FeTiO<sub>3</sub> berbahan yarosit dapat meningkatkan nilai konstanta termistor β dan nilai sensitivitas termistor α.
3. Hasil struktur mikro menunjukkan senyawa gelas yang masuk kedalam termistor film tebal FeTiO<sub>3</sub> tidak hanya terdapat di daerah batas substrat saja akan tetapi senyawa gelas tersebut juga masuk kedalam batas butir.
4. Penambahan frit gelas dari bahan yarosit dapat menghambat pertumbuhan butir yang menyebabkan ukuran butir menjadi lebih kecil.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. Pola Difraksi Standar untuk *Coroundum*, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> JCPDS No. 34-1484.

Anonim. Pola Difraksi Standar untuk *Iminite Iron Titanium Oxide*, FeTiO<sub>3</sub> JCPDS No. 29-0733.

Anonim. Pola Difraksi Standar untuk *Iron Oxide*, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> JCPDS No. 13-05345.

Anonim. Pola Difraksi Standar untuk *Titanium Oxide*. JCPDS No 21-1276.

Anonim *Thermistor Temperature Sensors*. [Online]. Tersedia :<http://www.temperature.com>.

Arifin, Zaenal. (1995). *Teknologi Thick Film Hybrid Integrated Circuit*. Buletin Infolen No 2 Vol . Puslitbang Telkoma-LIPI Bandung.

Barsoum, M. (1997). *Fundamental of Ceramics*. Editions, Material science Series. Singapore:Mc Graw-Hill Companies.

Cullity, B.D. (1956). *Elements of X-Ray Diffraction*. Addison-Wesley Publishing Company, Inc.

Effendi, E, H. (1995). *Penelitian Pembuatan Resistor dengan Teknologi Hibrid Film Tebal*. Buletin IPT No 3 Vol. 1. Puslitbang Telkoma-LIPI Bandung.

Effendi, E, H. (1996). *Konduktor Film Tebal pada Rangkaian Hybrid-IC*. Buletin IPT No 5-6 Vol. 1. Puslitbang Telkoma-LIPI Bandung.

Gustaman, D. et al. (2004). *Karakterisasi Termistor NTC yang dibuat dari Serbuk Hasil Pengolahan Proses Kopesipitasi Magnetit Asal Garut*. Jurnal Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia. Volume V no. 2. P3TKN-BATAN Bandung.

Gustaman, D. et al. (2005). *Pembuatan Keramik Termistor NTC Berbahan Dasar Mineral Yarosit dan Evaluasi Karakterisasinya*. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknik Nuklir. P3TKN-BATAN Bandung.

- Gustaman, D. (2006). *Studi Aplikasi Keramik ZnBiCo sebagai Termistor NTC*. Jurnal Teknik Mesin. Universitas Trisakti Jakarta
- Gustaman, D. (2005). *Komunikasi Pribadi*. P3TKN-BATAN Bandung.
- Ismunandar. (2005). *Modul Kimia Material Keramik*. Departemen Kimia FMIPA ITB.
- Julius, St. et al. (1998). *Pembuatan Konduktor Film Tebal*. ELEKTRO-INDONESIA edisi kesebelas.
- Kirk – Othmer. (1992). *Composite Material to Detergency*. Encyclopedia of Chemical Technology. Volume 7. Fourth Edition. John Wiley & Sons Inc.
- Lubis, Haris. (1995). *Mengapa Komponen Hybrid IC*. Buletin Infolen No 2 Vol.1 Puslitbang Telkoma-LIPI Bandung.
- Pallas, R., et al. (1991). *Sensor and signal conditioning*. A Wiley-Interscience Publication.
- Van Vlack. H.L. (2001). *Elemen-elemen Ilmu dan Rekayasa Material (terjemahan Sriati Djaprie)*. Edisi keenam. Jakarta : Erlangga.

# Implementasi Kombinasi Algoritma Enkripsi Aes 128 Dan Algoritma Kompresi Shannon-Fano

Heri Haryanto, Romi Wiryadinata , Muhammad Afif  
Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon, Indonesia

[elektrojos@yahoo.com](mailto:elektrojos@yahoo.com), [romi\\_wiryadinata@yahoo.com](mailto:romi_wiryadinata@yahoo.com), [muhammad.afif.israr@gmail.com](mailto:muhammad.afif.israr@gmail.com)

**Abstrak** – Data dan informasi menjadi suatu hal yang tidak dapat dipisahkan dari setiap aspek kehidupan manusia. Perkembangan IT (Information Technology) yang semakin cepat juga memberikan tantangan terhadap masalah keamanan data, informasi, dan media penyimpanannya. Kriptografi dapat menjaga agar data atau informasi tetap aman, tanpa mengalami gangguan dari pihak ketiga dan kompresi dapat membuat ukuran sebuah data menjadi lebih kecil. Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan antara kombinasi algoritma enkripsi-kompresi dengan algoritma kompresi-enkripsi. Penggabungan algoritma enkripsi AES 128 dan algoritma kompresi Shannon-Fano pada file txt, docx, dan pdf dengan kombinasi enkripsi-kompresi tidak cocok untuk digunakan karena membuat ukuran file bertambah dan memiliki waktu proses yang lebih lama apabila dibandingkan proses kompresi-enkripsi. Rata-rata nilai rasio kompresi untuk proses enkripsi-kompresi pada file txt, docx, dan pdf masing-masing sebesar 1.01 sedangkan rata-rata nilai rasio kompresi untuk proses kompresi-enkripsi pada file txt adalah sebesar 0.64 dan untuk file docx dan pdf masing-masing sebesar 1.00. Rata-rata nilai penghematan ruang untuk proses enkripsi-kompresi pada file txt, docx, dan pdf masing-masing adalah sebesar -1.074%, -1.040%, dan -1.025% sedangkan rata-rata penghematan ruang untuk proses kompresi-enkripsi adalah sebesar 35.896%, -0.759%, dan -0.0291%. Rata-rata waktu proses yang didapat untuk kombinasi enkripsi-kompresi pada file txt, docx, dan pdf masing-masing adalah 2.22 s, 2.179 s, dan 2.204 s sedangkan rata-rata waktu proses untuk kombinasi kompresi-enkripsi 2.05 s, 2.114 s, dan 2.122 s.

**Kata Kunci:** Kriptografi, AES 128, Shannon-fano.

**Abstract** - The data and information into something that can not be separated from every aspect of human life. The development of IT (Information Technology) accelerated also provide a challenge to the security issues of data, information, and media storage. Cryptography can keep the data or information secure, without the interference of a third party and compression can make the size of the data becomes smaller. The purpose of this study was to compare the combination of encryption and compression algorithms with compression-encryption algorithm. Surviving AES 128 encryption algorithm and the Shannon-Fano compression algorithms on a file txt, docx, and pdf with a combination of encryption and compression are not suitable for use because it makes the file size increases and has a longer processing time when compared to compression-encryption process. The average value of the compression ratio for encryption-compression on the file txt, docx, pdf and 1:01 respectively, while the average value of the compression ratio for compression-encryption process on the txt file is of 0.64 and docx and pdf file for each 1.00 respectively. The average value of saving space for the encryption-compression on the file txt, docx, and pdf respectively amounted to -1.074% -1.040% and -1.025% while the average saving space for compression-encryption process is equal to 35.896% -0.759% and -0.0291%. Average processing time is obtained for the combination of encryption and compression in a txt file, docx, and pdf respectively is 2.22 s, 2.179 s and 2.204 s, while the average time to process a combination of compression-encryption 2.05 s, 2.114 s, and 2.122 s.

**Keywords:** Cryptography, AES 128, Shannon-fano.

## I. PENDAHULUAN

Data dan informasi menjadi suatu hal yang tidak dapat dipisahkan dari setiap aspek kehidupan. Data merupakan sebuah bahan baku untuk menghasilkan sebuah informasi, sedangkan informasi sangat dibutuhkan dalam setiap pengambilan keputusan. Perkembangan IT (Information Technology) yang semakin cepat juga memberikan tantangan terhadap masalah keamanan data, informasi, dan media penyimpanannya.

Masalah keamanan dan media penyimpanan merupakan aspek-aspek penting dari sebuah sistem informasi. Pada kenyataannya masalah keamanan kurang mendapat perhatian dari perancang dan pengelola sistem informasi. Media penyimpanan HDD (Hard Disk Drive) yang semakin besar juga tidak menjawab kebutuhan teknologi informasi jika data berkas (file) yang ada semakin besar pula. Pertukaran data dan informasi akan selalu membutuhkan koneksi yang cepat dan stabil, tetapi koneksi yang cepat tidak akan berpengaruh jika data yang dikirim tidak dapat

dijamin kerahasiaannya dan memiliki ukuran lebih besar daripada *bandwidth* koneksinya.

Kriptografi adalah suatu ilmu yang mempelajari bagaimana cara menjaga agar data atau informasi tetap aman, tanpa mengalami gangguan dari pihak ketiga sedangkan kompresi data merupakan cabang ilmu komputer yang bersumber dari teori informasi. Teori informasi memfokuskan pada berbagai metode tentang informasi termasuk penyimpanan dan pemrosesan pesan.

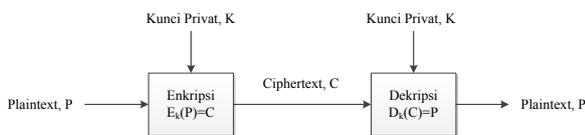
Berdasarkan permasalahan yang ada, maka penelitian ini akan mencoba untuk mengkombinasikan dua algoritma, yaitu algoritma enkripsi AES 128 dan algoritma kompresi Shannon-Fano yang digunakan sebagai metode kriptografi. Diharapkan dengan penggabungan dua algoritma dari hasil penelitian ini pengiriman data dapat dilakukan dengan lebih aman dan efisien karena data hasil proses dapat menghindari gangguan dari pihak yang tidak berhak. Algoritma Shannon-Fano yang digunakan sebagai metode kriptografi ini juga akan menghasilkan ukuran data yang lebih kecil setelah diproses.

**II. DASAR TEORI**

**A. Jenis-Jenis Kriptografi**

**1. Kriptografi Simetris**

Kunci untuk enkripsi dan dekripsi yang sama merupakan konsep dasar dari kriptografi simetris. Istilah lainnya adalah *private-key cryptography*, *secret-key cryptography*, atau *conventional cryptography*. Dalam kriptografi kunci simetris, dapat diasumsikan bahwa penerima dan pengirim pesan telah terlebih dahulu berbagi kunci sebelum pesan dikirim. Keamanan dari sistem ini terletak pada kerahasiaan kuncinya.



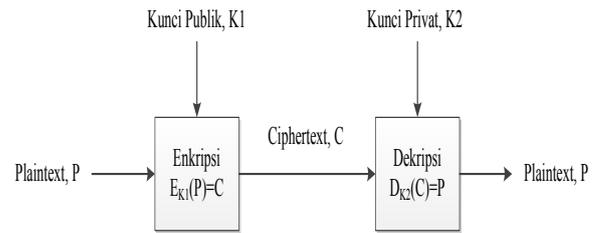
Gambar 1. Skema Proses Kriptografi Simetris

*Plaintext* P dienkripsi dengan kunci privat K menghasilkan fungsi  $E_k(P) = C$  dimana C merupakan *ciphertext* hasil enkripsi *plaintext* P. Proses dekripsi *ciphertext* C memerlukan kembali kunci privat K untuk mendapatkan kembali *plaintext* dengan fungsi  $D_k(C) = P$ .

**2. Kriptografi Asimetris**

Kriptografi kunci asimetris atau kunci publik memiliki dua buah kunci yang berbeda pada proses enkripsi dan dekripsinya. Nama lainnya adalah kriptografi kunci publik (*public-key cryptography*). Kunci untuk enkripsi pada kriptografi asimetris ini tidak rahasia (diketahui oleh publik), sedangkan kunci untuk dekripsinya bersifat rahasia (kunci privat). Entitas pengirim akan mengenkripsi dengan

menggunakan kunci publik, sedangkan entitas penerima mendekripsi pesan dengan menggunakan kunci privat.



Gambar 2. Skema Proses Kriptografi Asimetris

*Plaintext* P dienkripsi dengan kunci publik K1 menghasilkan fungsi  $E_{K1}(P) = C$  dimana C merupakan *ciphertext* hasil enkripsi *plaintext* P. Proses dekripsi *ciphertext* C memerlukan kunci privat K2 tidak seperti proses kriptografi simetris. Kunci privat K2 menjadi kunci untuk mendekripsi *ciphertext* C dengan fungsi  $D_{K2}(C) = P$  sehingga kembali menghasilkan *plaintext* P.

**B. Stream Cipher Dan Block Cipher**

Tipe pengerjaan algoritma kriptografi simetris terbagi menjadi dua yaitu *stream cipher* dan *block cipher*. *Stream cipher* merupakan suatu pengerjaan algoritma kriptografi simetris yang beroperasi dalam suatu pesan berupa *bit* tunggal atau terkadang dalam suatu *byte*. *Block cipher* beroperasi dengan rangkaian *bit-bit plaintext* yang dibagi menjadi blok-blok *bit* dengan besar yang sama. Algoritma enkripsi menghasilkan blok *ciphertext* yang berukuran sama dengan blok *plaintext*-nya. Blok *plaintext* akan menghasilkan blok *ciphertext* yang sama apabila dienkripsi menggunakan kunci yang sama. Hal ini berbeda dengan *stream cipher* dimana *bit-bit plaintext* akan menghasilkan *bit-bit ciphertext* yang berbeda setiap kali dienkripsi.

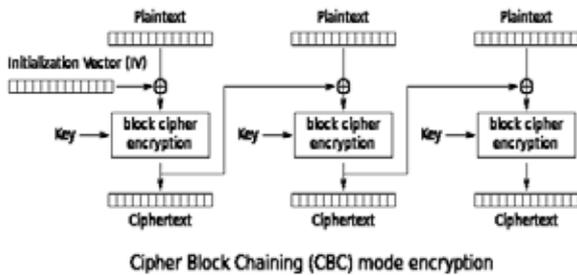
**C. Cipher-block Chaining (CBC)**

Mode CBC menerapkan mekanisme umpan balik (feedback) pada prosesnya. Hasil enkripsi blok  $C_{i-1}$  diumpanbalikan ke dalam blok *plaintext*  $P_i$  yang akan digunakan untuk proses enkripsi. Berikut adalah persamaannya:

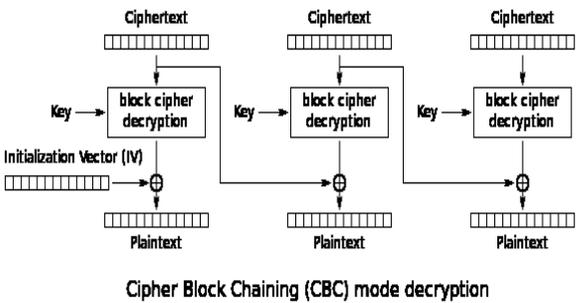
$$C_i = E_K(P_i \oplus C_{i-1}) \tag{1}$$

$$P_i = D_K(C_i \oplus C_{i-1}) \tag{2}$$

Persamaan (2.1) digunakan untuk enkripsi dan persamaan (2.2) digunakan untuk dekripsi. Enkripsi pada blok pertama  $C_0$  menggunakan IV (Initialization Vector). IV diberikan oleh *user* atau dibangkitkan secara acak oleh program dan tidak bersifat rahasia. Proses enkripsi pada *plaintext* pertama menggunakan IV sebagai  $C_0$ . Gambar 2.4 adalah skema proses enkripsi mode CBC dan Gambar 2.5 adalah skema proses dekripsi mode CBC.



Gambar 3. Skema Proses Enkripsi Mode CBC



Gambar 4. Skema Proses Dekripsi Mode CBC

D. Algoritma Rijndael

Algoritma Rijndael atau yang biasa disebut AES (*Advanced Encryption Standard*) merupakan algoritma kriptografi yang beroperasi dalam bentuk blok *ciphertext* simetris untuk mengenkripsi (*encipher*) dan dekripsi (*decipher*) informasi. Algoritma AES menggunakan kunci kriptografi 128, 192, dan 256 *bit* untuk mengenkrip dan mendekrip data pada blok 128 *bit*. Blok *plaintext* sebesar 128 *bit* dimasukkan ke dalam *state* yang berbentuk bujur sangkar berukuran 4x4 *byte*. *State* ini di-XOR dengan *key* dan selanjutnya diolah 10 kali dengan substitusi-transformasi *linear-addkey* yang di akhir akan diperoleh *ciphertext*. Secara garis besar, AES memiliki empat proses utama yaitu:

1. *AddRoundKey*
2. *SubBytes*
3. *ShifRows*
4. *MixColumns*

E. Kompresi

Kompresi data merupakan cabang ilmu komputer yang bersumber dari teori informasi. Teori informasi sendiri adalah salah satu cabang matematika yang berkembang sekitar dekade 1940-an. Tokoh utama dari teori informasi adalah Claude Shannon dari Bell Laboratory. Teori informasi memfokuskan pada berbagai metode tentang informasi termasuk penyimpanan dan pemrosesan pesan. Teori informasi mempelajari pula tentang *redundancy* (informasi tidak berguna) pada pesan. Semakin banyak *redundancy* semakin besar pula ukuran pesan dan upaya mengurangi *redundancy* inilah yang akhirnya melahirkan subjek ilmu tentang kompresi data. Teknik kompresi data dibagi menjadi dua kategori besar yaitu *lossy compression* dan *lossless compression*.

F. Algoritma Shannon-Fano

Teknik *coding* ini dikembangkan oleh dua orang dalam dua buah proses yang berbeda, yaitu Claude Shannon di Bell Laboratory dan R. M. Fano di MIT, namun karena memiliki kemiripan akhirnya teknik ini dinamai dengan menggabungkan nama keduanya. Pada dasarnya proses *coding* dengan algoritma ini membutuhkan data akan frekuensi jumlah kemunculan suatu karakter pada sebuah pesan.

Pada dasarnya cara kerja dari algoritma Shannon-Fano ini sama persis dengan algoritma Huffman. Algoritma ini membentuk sebuah pohon, kemudian meng-*encoding*-nya, dan yang terakhir adalah mengembalikannya dalam bentuk karakter teks atau *decoding*. Hanya saja perbedaan yang fundamental terdapat pada pembuatan pohon. Pembuatan pohon pada Shannon-Fano dibuat berdasarkan proses dari atas ke bawah berbeda dengan Huffman yang membuat pohon dari bawah ke atas. Panjang *codeword* Shannon-Fano dapat dihitung dengan persamaan berikut:

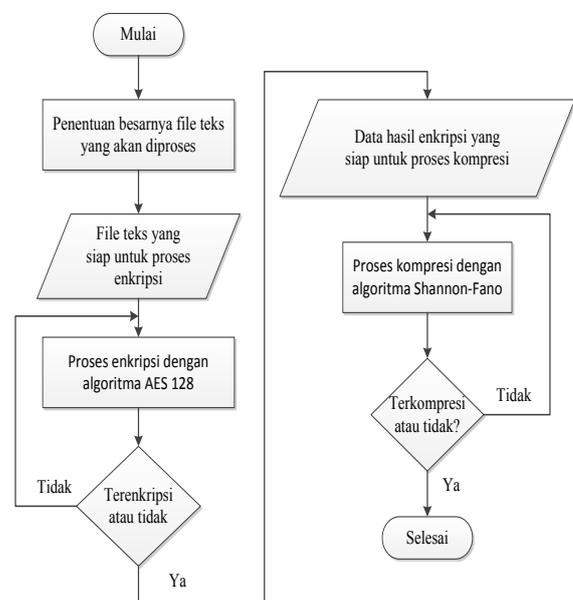
$$\log_2 \left( \frac{1}{p_i} \right) \leq l_i \log_2 \left( \frac{1}{p_i} \right) + 1 \quad (5)$$

dimana  $p_i$  merupakan probabilitas kemunculan simbol dan  $l_i$  merupakan panjang *codeword*. Hal ini juga penting untuk dicatat bahwa kode Shannon-Fano memenuhi kondisi kode awalan yang berarti bahwa tidak ada *codeword* yang sama untuk *codeword* setelahnya.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Proses Enkripsi-Kompresi

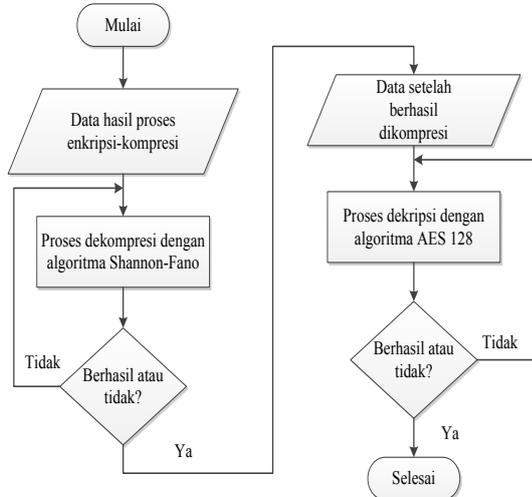
Tahap proses enkripsi-kompresi merancang program penggabungan algoritma enkripsi AES 128 dengan algoritma kompresi Shannon-Fano. Diagram alir untuk proses enkripsi-kompresi data diperlihatkan pada Gambar 3.2.



Gambar 5. Diagram Alir Proses Enkripsi-Kompresi Data

B. Proses Dekompresi-Dekripsi

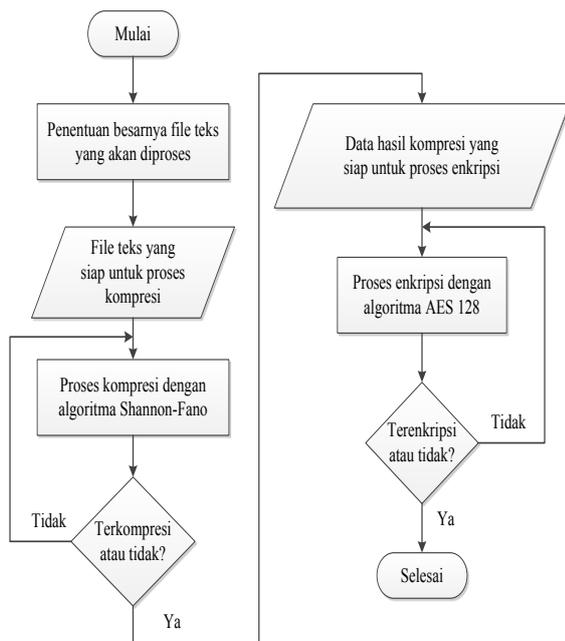
Tahap proses dekomposisi-dekripsi merancang program untuk merubah data hasil proses enkripsi-kompresi menjadi bentuk data awal. Diagram alir untuk proses dekomposisi-dekripsi dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Alir Proses Dekompresi-Dekripsi

C. Proses Kompresi-Enkripsi

Tahap proses kompresi-enkripsi merancang program penggabungan algoritma kompresi algoritma Shannon-Fano dengan algoritma enkripsi algoritma AES 128. Gambar 7 merupakan diagram alir untuk proses kompresi-enkripsi data.

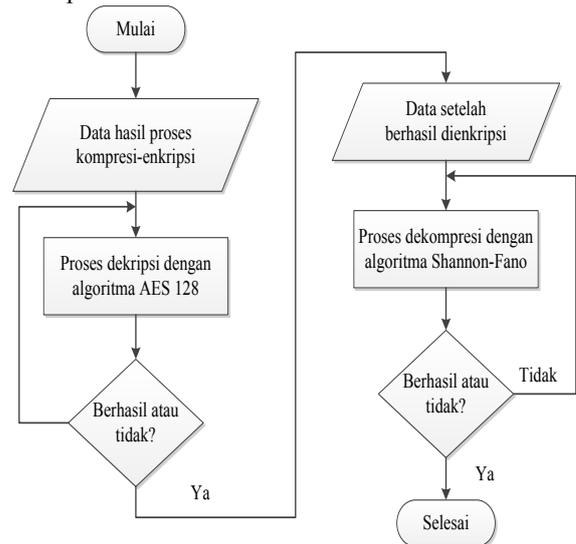


Gambar 7. Diagram Alir Proses Kompresi-Enkripsi Data

D. Perancangan Proses Dekripsi-Dekomposisi

Tahap penelitian ini merancang program untuk merubah data hasil proses kompresi-enkripsi menjadi

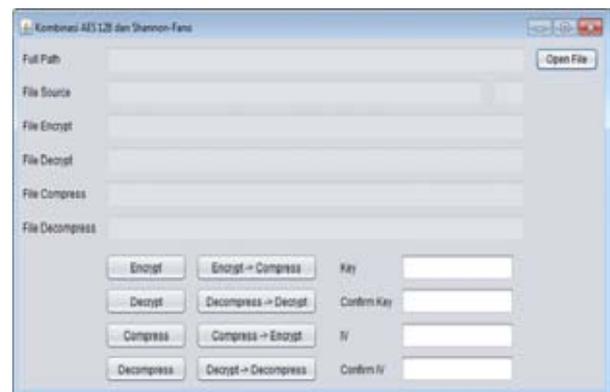
bentuk data awal. Gambar 8. merupakan diagram alir untuk proses ini.



Gambar 8. Diagram Alir Proses Dekripsi-Dekomposisi

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian program dilakukan dalam beberapa tahap seperti pengujian program enkripsi-kompresi, pengujian program dekomposisi-dekripsi, pengujian program kompresi-enkripsi, dan pengujian program dekripsi-dekomposisi. Pengujian juga dilakukan membandingkan kecepatan proses enkripsi-kompresi dengan proses kompresi-enkripsi. Gambar 4.1 merupakan tampilan antarmuka program yang dibuat pada penelitian ini.



Gambar 9. Tampilan Antarmuka Program

A. Pengujian Enkripsi-Kompresi

File *plaintext* pertama dienkripsi dengan algoritma AES 128 kemudian *ciphertext* hasil enkripsi menjadi *input* untuk dikompresi dengan algoritma Shannon-Fano. Format *file* yang dipakai dalam pengujian ini adalah txt, docx, dan pdf yang masing-masing berjumlah sepuluh *file* dengan besar yang berbeda. Hasil enkripsi akan menghasilkan *file* berformat *encrypt* dan hasil kompresi akan menghasilkan *file* berformat *compress*. Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian penggabungan algoritma enkripsi-kompresi pada *file* txt, docx, dan pdf.

Tabel 1. Hasil Pengujian Enkripsi-Kompresi Pada *File Txt*

Nomor <i>File</i>	Ukuran <i>File</i> (KB)		
	<i>File</i> Awal	Setelah Enkripsi	Setelah Kompresi
1	112	112	116
2	225	225	229
3	337	337	341
4	421	421	425
5	535	535	539
6	626	626	630
7	727	727	731
8	823	823	827
9	919	919	923
10	1011	1011	1015

Tabel 4 Hasil Pengujian Dekompresi-Dekripsi Pada *File Txt*

Nomor <i>File</i>	Ukuran <i>File</i> (KB)		
	<i>File</i> Awal	Setelah Dekompresi	Setelah Dekripsi
1	112	112	112
2	225	225	225
3	337	337	337
4	421	421	421
5	535	535	535
6	626	626	626
7	727	727	727
8	823	823	823
9	919	919	919
10	1011	1011	1011

Tabel 2. Hasil Pengujian Enkripsi-Kompresi Pada *File Docx*

Nomor <i>File</i>	Ukuran <i>File</i> (KB)		
	<i>File</i> Awal	Setelah Enkripsi	Setelah Kompresi
1	115	115	119
2	225	225	228
3	312	312	316
4	406	406	410
5	504	504	508
6	605	605	609
7	701	701	705
8	840	840	844
9	921	921	925
10	1025	1025	1029

Tabel 5 Hasil Pengujian Dekompresi-Dekripsi Pada *File Docx*

Nomor <i>File</i>	Ukuran <i>File</i> (KB)		
	<i>File</i> Awal	Setelah Dekompresi	Setelah Dekripsi
1	115	115	115
2	225	225	225
3	312	312	312
4	406	406	406
5	504	504	504
6	605	605	605
7	701	701	701
8	840	840	840
9	921	921	921
10	1025	1025	1025

Tabel 3. Hasil Pengujian Enkripsi-Kompresi Pada *File Pdf*

Nomor <i>File</i>	Ukuran <i>File</i> (KB)		
	<i>File</i> Awal	Setelah Enkripsi	Setelah Kompresi
1	116	116	120
2	201	201	205
3	321	321	324
4	417	417	420
5	528	528	532
6	622	622	626
7	713	713	717
8	823	823	827
9	910	910	913
10	1043	1043	1047

Tabel 6. Hasil Pengujian Dekompresi-Dekripsi Pada *File Pdf*

Nomor <i>File</i>	Ukuran <i>File</i> (KB)		
	<i>File</i> Awal	Setelah Dekompresi	Setelah Dekripsi
1	116	116	116
2	201	201	201
3	321	321	321
4	417	417	417
5	528	528	528
6	622	622	622
7	713	713	713
8	823	823	823
9	910	910	910
10	1043	1043	1043

B. Pengujian Dekompresi-Dekripsi

*File output* proses enkripsi-kompresi menjadi *input* proses ini. *File* berformat *compress* akan didekompresi dan diubah menjadi format *file* awal karena diprogram sesuai dengan *output* proses dekompresi. Hasil dekompresi akan didekripsi sehingga *file* dapat diakses kembali. Tabel 4, Tabel 5, dan Tabel 6 menunjukkan hasil pengujian dekompresi-dekripsi pada *file* txt, docx, dan pdf.

C. Pengujian Kompresi-Enkripsi

*File* pertama dikompres dengan algoritma Shannon-Fano dan hasil kompresi akan menjadi *input* untuk proses enkripsi AES 128. Format *file* yang

dipakai dalam pengujian ini adalah txt, docx, dan pdf yang masing-masing berjumlah sepuluh file dengan besar yang berbeda. Hasil kompresi akan menghasilkan file berformat *compress* dan hasil enkripsi akan menghasilkan file berformat *encrypt*. Tabel 7, Tabel 8, dan Tabel 9 menunjukkan hasil pengujian penggabungan algoritma kompresi-enkripsi pada file txt, docx, dan pdf.

Tabel 7. Hasil Pengujian Kompresi-Enkripsi Pada File Txt

Nomor File	Ukuran File (KB)		
	File Awal	Setelah Kompresi	Setelah Enkripsi
1	112	74	74
2	225	145	145
3	337	216	216
4	421	269	269
5	535	342	342
6	626	400	400
7	727	462	462
8	823	525	525
9	919	586	586
10	1011	643	643

8. Hasil Pengujian Kompresi-Enkripsi Pada File Docx

Nomor File	Ukuran File (KB)		
	File Awal	Setelah Kompresi	Setelah Enkripsi
1	115	118	118
2	225	228	228
3	312	314	314
4	406	409	409
5	504	501	501
6	605	608	608
7	701	707	707
8	840	845	845
9	921	925	925
10	1025	1030	1030

Tabel 9. Hasil Pengujian Kompresi-Enkripsi Pada File Pdf

Nomor File	Ukuran File (KB)		
	File Awal	Setelah Kompresi	Setelah Enkripsi
1	116	120	120
2	201	204	204
3	321	324	324
4	417	420	420
5	528	533	533
6	622	627	627
7	713	718	718
8	823	825	825
9	910	911	911
10	1043	948	948

D. Pengujian Dekripsi-Dekompresi

File output proses kompresi-enkripsi menjadi input ini. File berformat *encrypt* akan didekripsi dan diubah menjadi format file awal karena diprogram sesuai dengan output proses dekripsi. Hasil dekripsi akan didekompresi sehingga file dapat diakses kembali. Tabel 10, Tabel 11, dan Tabel 12 menunjukkan hasil pengujian dekripsi-dekompresi pada file txt, docx, dan pdf.

Tabel 10. Hasil Pengujian Dekripsi-Dekompresi Pada File Txt

Nomor File	Ukuran File (KB)		
	File Awal	Setelah Dekripsi	Setelah Dekompresi
1	112	74	112
2	225	145	225
3	337	216	337
4	421	269	421
5	535	342	535
6	626	400	626
7	727	462	727
8	823	525	823
9	919	586	919
10	1011	643	1011

Tabel 11. Hasil Pengujian Dekripsi-Dekompresi Pada File Docx

Nomor File	Ukuran File (KB)		
	File Awal	Setelah Dekripsi	Setelah Dekompresi
1	115	118	115
2	225	228	225
3	312	314	312
4	406	409	406
5	504	501	504
6	605	608	605
7	701	707	701
8	840	845	840
9	921	925	921
10	1025	1030	1025

Tabel 12. Hasil Pengujian Dekripsi-Dekompresi Pada File Pdf

Nomor File	Ukuran File (KB)		
	File Awal	Setelah Dekripsi	Setelah Dekompresi
1	116	120	116
2	201	204	201
3	321	324	321
4	417	420	417
5	528	533	528
6	622	627	622
7	713	718	713
8	823	825	823
9	910	911	910
10	1043	948	1043

E. Pengujian Rasio Kompresi Dan Penghematan Ruang

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar rasio kompresi dan penghematan ruang yang dihasilkan dari *file* hasil proses enkripsi-kompresi dan kompresi-enkripsi kemudian dibandingkan hasilnya. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kombinasi algoritma mana yang lebih efisien untuk digunakan. Tabel 13 dan Tabel 14 menunjukkan perbandingan rasio kompresi dan space savings pada file txt.

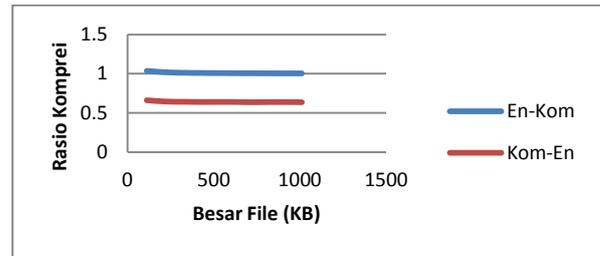
Tabel 13. Perbandingan Rasio Kompresi Kombinasi Algoritma Pada *File* Txt

Nomor File	Rasio Kompresi	
	Enkripsi-Kompresi	Kompresi-Enkripsi
1	1,035714286	0,660714286
2	1,017777778	0,644444444
3	1,011869436	0,640949555
4	1,009501188	0,638954869
5	1,007476636	0,639252336
6	1,006389776	0,638977636
7	1,005502063	0,635488308
8	1,004860267	0,637910085
9	1,004352557	0,637649619
10	1,003956479	0,636003956

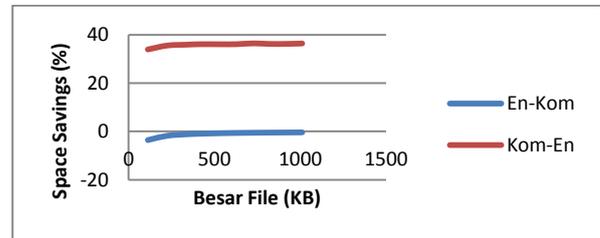
Tabel 14. Perbandingan Space Savings Kombinasi Algoritma Pada *File* Txt

Nomor File	Space Savings (%)	
	Enkripsi-Kompresi	Kompresi-Enkripsi
1	-3,571428571	33,92857143
2	-1,777777778	35,55555556
3	-1,18694362	35,90504451
4	-0,950118765	36,10451306
5	-0,747663551	36,07476636
6	-0,638977636	36,10223642
7	-0,550206327	36,45116919
8	-0,486026731	36,20899149
9	-0,435255713	36,23503808
10	-0,395647873	36,39960435

Dapat dilihat pada tabel 13 nilai rasio kompresi pada *file* txt untuk gabungan algoritma dengan kombinasi enkripsi-kompresi mempunyai rata-rata 1.01 sedangkan untuk kombinasi kompresi-enkripsi mempunyai rata-rata 0.64 dan pada Tabel 14 persentase penghematan ruang untuk kombinasi enkripsi-kompresi mempunyai rata-rata -1.07% sedangkan untuk kombinasi kompresi-enkripsi mempunyai rata-rata 35.90%. Nilai space savings untuk proses enkripsi-kompresi bernilai negatif dikarenakan *file* yang diproses menjadi bertambah ukuran *filenya*.



Gambar 10. Grafik Perbandingan Rasio Kompresi *File* Txt



Gambar 11. Grafik Perbandingan Space Savings *File* Txt

Tabel 15 dan Tabel 16 menunjukkan perbandingan rasio kompresi dan space savings pada file docx.

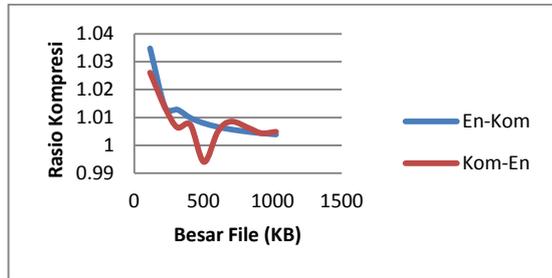
Tabel 15. Perbandingan Rasio Kompresi Kombinasi Algoritma Pada *File* Docx

Nomor File	Rasio Kompresi	
	Enkripsi-Kompresi	Kompresi-Enkripsi
1	1,034782609	1,026086957
2	1,013333333	1,013333333
3	1,012820513	1,006410256
4	1,009852217	1,007389163
5	1,007936508	0,994047619
6	1,00661157	1,004958678
7	1,005706134	1,008559201
8	1,004761905	1,005952381
9	1,004343105	1,004343105
10	1,003902439	1,004878049

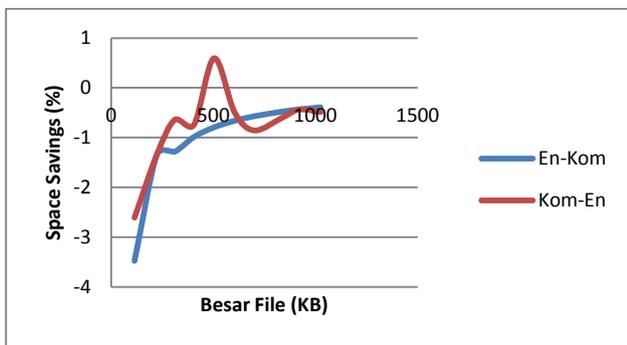
Tabel 16. Perbandingan Space Savings Kombinasi Algoritma Pada *File* Docx

Nomor File	Space Savings (%)	
	Enkripsi-Kompresi	Kompresi-Enkripsi
1	-3,47826087	-2,608695652
2	-1,333333333	-1,333333333
3	-1,282051282	-0,641025641
4	-0,985221675	-0,738916256
5	-0,793650794	0,595238095
6	-0,661157025	-0,495867769
7	-0,570613409	-0,855920114
8	-0,476190476	-0,595238095
9	-0,434310532	-0,434310532
10	-0,390243902	-0,487804878

Dapat dilihat pada tabel 15 nilai rasio kompresi pada *file* txt untuk gabungan algoritma dengan kombinasi enkripsi-kompresi mempunyai rata-rata 1.01 sedangkan untuk kombinasi kompresi-enkripsi mempunyai rata-rata 1.00 dan pada Tabel 16 persentase penghematan ruang untuk kombinasi enkripsi-kompresi mempunyai rata-rata -1.04% sedangkan untuk kombinasi kompresi-enkripsi mempunyai rata-rata -0.75%. Nilai space savings bernilai negatif dikarenakan *file* yang diproses menjadi bertambah ukuran *filenya*.



Gambar 12. Grafik Perbandingan Rasio Kompresi *File* Docx



Gambar 13. Grafik Perbandingan Space Savings *File* Docx

Tabel 17 dan Tabel 18 menunjukkan perbandingan rasio kompresi dan space savings pada file pdf.

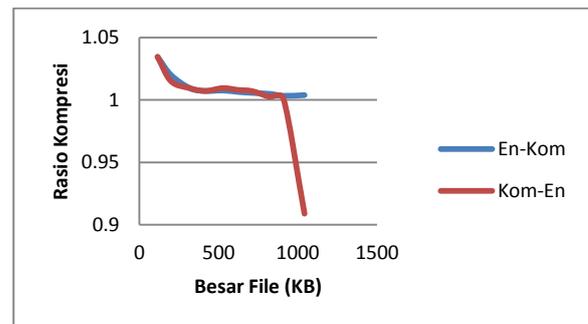
Tabel 17. Perbandingan Rasio Kompresi Kombinasi Algoritma Pada *File* Pdf

Nomor File	Rasio Kompresi	
	Enkripsi-Kompresi	Kompresi-Enkripsi
1	1,034482759	1,034482759
2	1,019900498	1,014925373
3	1,009345794	1,009345794
4	1,007194245	1,007194245
5	1,007575758	1,009469697
6	1,006430868	1,008038585
7	1,005610098	1,007012623
8	1,004860267	1,002430134
9	1,003296703	1,001098901
10	1,003835091	0,908916587

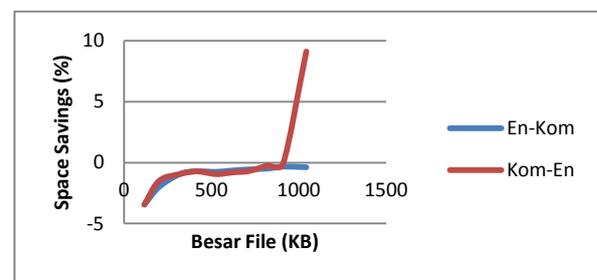
Tabel 18. Perbandingan Space Savings Kombinasi Algoritma Pada *File* Pdf

Nomor File	Space Savings (%)	
	Enkripsi-Kompresi	Kompresi-Enkripsi
1	-3,448275862	-3,448275862
2	-1,990049751	-1,492537313
3	-0,934579439	-0,934579439
4	-0,71942446	-0,71942446
5	-0,757575758	-0,946969697
6	-0,643086817	-0,803858521
7	-0,561009818	-0,701262272
8	-0,486026731	-0,243013366
9	-0,32967033	-0,10989011
10	-0,383509108	9,108341323

Dapat dilihat pada tabel 17 nilai rasio kompresi pada *file* txt untuk gabungan algoritma dengan kombinasi enkripsi-kompresi mempunyai rata-rata 1.01 sedangkan untuk kombinasi kompresi-enkripsi mempunyai rata-rata 1.00 dan pada Tabel 4.18 persentase penghematan ruang untuk kombinasi enkripsi-kompresi mempunyai rata-rata -1.02% sedangkan untuk kombinasi kompresi-enkripsi mempunyai rata-rata -0.02%. Nilai space savings bernilai negatif dikarenakan *file* yang diproses menjadi bertambah ukuran *filenya*.



Gambar 14 Grafik Perbandingan Rasio Kompresi *File* Pdf



Gambar 15. Grafik Perbandingan Space Savings *File* Pdf

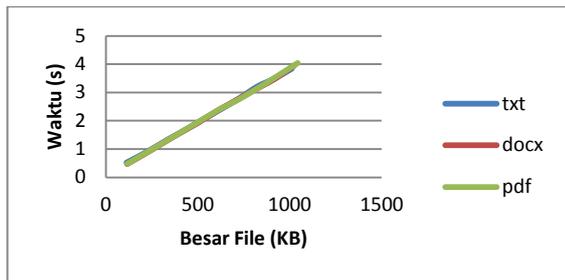
F. Pengujian Waktu Proses

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk melakukan sebuah proses untuk setiap tipe *file* yang dipakai dalam penelitian ini. Tabel 19. menunjukkan waktu yang

dibutuhkan untuk proses penggabungan algoritma enkripsi-kompresi pada setiap tipe *file*.

Tabel 19. Waktu Proses Enkripsi-Kompresi

Nomor <i>File</i>	Waktu Proses (s)		
	Txt	Docx	Pdf
1	0.52	0.47	0.48
2	0.91	0.88	0.8
3	1.34	1.22	1.26
4	1.64	1.58	1.63
5	2.07	1.94	2.06
6	2.41	2.35	2.42
7	2.8	2.7	2.72
8	3.21	3.2	3.14
9	3.5	3.49	3.49
10	3.84	3.96	4.04



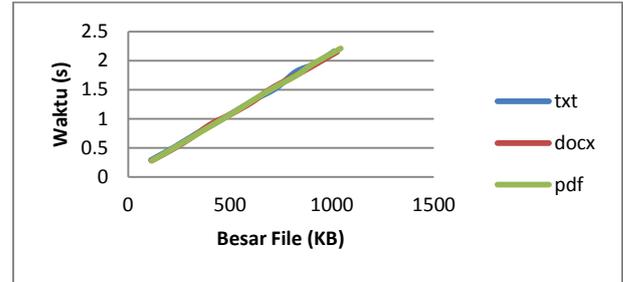
Gambar 16. Grafik Perbandingan Waktu Untuk Proses Enkripsi-Kompresi

Dapat dilihat pada Gambar 16 waktu proses enkripsi-kompresi untuk *file* txt, docx, dan pdf masing-masing mempunyai rata-rata 2.22 s, 2.179 s, 2.204 s.

Tabel 20 menunjukkan waktu yang dibutuhkan untuk proses penggabungan algoritma dekompresi-dekripsi pada setiap tipe *file*.

Tabel 20. Waktu Proses Dekompresi-Dekripsi

Nomor <i>File</i>	Waktu Proses (s)		
	Txt	Docx	Pdf
1	0.29	0.28	0.28
2	0.51	0.49	0.45
3	0.75	0.68	0.7
4	0.91	0.91	0.9
5	1.15	1.08	1.13
6	1.34	1.28	1.34
7	1.53	1.52	1.53
8	1.81	1.78	1.74
9	1.95	1.94	1.95
10	2.16	2.15	2.21



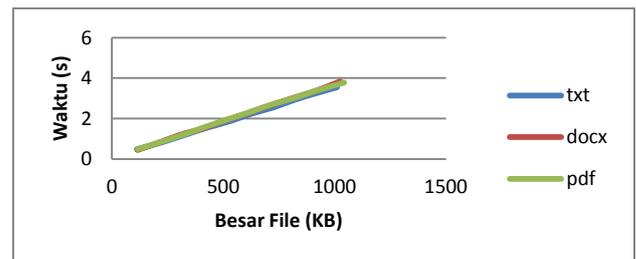
Gambar 17. Grafik Perbandingan Waktu Untuk Proses Dekompresi-Dekripsi

Gambar 17 menunjukkan grafik perbandingan waktu untuk proses dekompresi-dekripsi dari Tabel. Dapat dilihat pada Gambar waktu proses dekompresi-dekripsi untuk *file* txt, docx, dan pdf masing-masing mempunyai rata-rata 1.24 s, 1.211 s, 1.223 s. Dilihat dari rata-rata waktu prosesnya, proses dekompresi-dekripsi memiliki waktu proses yang lebih cepat daripada waktu proses enkripsi-kompresi. Hal tersebut dikarenakan proses dekompresi hanya mengurut kembali nilai biner dari *ciphertext* untuk kemudian disamakan dengan *codeword* yang sesuai pada *codemap*. Proses dekripsi juga tidak memakan waktu proses yang banyak

Tabel 21. menunjukkan waktu yang dibutuhkan untuk proses penggabungan algoritma kompresi-enkripsi pada setiap tipe *file*.

Tabel 21. Waktu Proses Kompresi-Enkripsi

Nomor <i>File</i>	Waktu Proses (s)		
	Txt	Docx	Pdf
1	0.49	0.45	0.49
2	0.83	0.87	0.78
3	1.23	1.22	1.21
4	1.53	1.5	1.58
5	1.89	1.89	1.99
6	2.24	2.25	2.33
7	2.56	2.62	2.68
8	2.94	3.11	3.03
9	3.26	3.39	3.35
10	3.55	3.84	3.78



Gambar 18. Grafik Perbandingan Waktu Untuk Proses Kompresi-Enkripsi

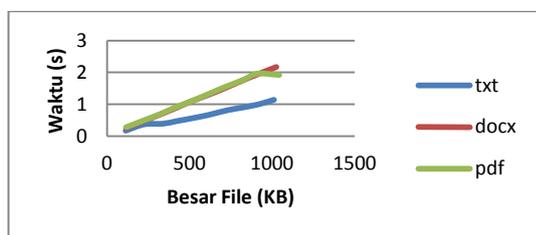
Dapat dilihat pada Gambar 18 waktu proses kompresi-enkripsi untuk *file* txt, docx, dan pdf masing-masing mempunyai rata-rata 2.05 s, 2.114 s, 2.122 s.

Waktu proses kompresi-enkripsi lebih cepat apabila dibandingkan dengan waktu proses enkripsi-kompresi. Hal tersebut disebabkan karena proses kompresi diawal proses membuat ukuran *file* menjadi lebih kecil dan membuat *byte* hasil kompresi menjadi sederhana.

Tabel 22 menunjukkan waktu yang dibutuhkan untuk proses penggabungan algoritma dekripsi-dekompresi pada setiap tipe *file*.

Tabel 22. Waktu Proses Dekripsi-Dekompresi

Nomor <i>File</i>	Waktu Proses (s)		
	Txt	Docx	Pdf
1	0.17	0.26	0.28
2	0.37	0.48	0.45
3	0.39	0.66	0.69
4	0.47	0.86	0.91
5	0.58	1.08	1.13
6	0.68	1.28	1.34
7	0.81	1.48	1.54
8	0.9	1.79	1.76
9	1	1.96	1.96
10	1.14	2.17	1.92



Gambar 19. Grafik Perbandingan Waktu Untuk Proses Dekripsi-Dekompresi

Dapat dilihat pada Gambar 19 waktu proses dekripsi-dekompresi untuk *file* txt, docx, dan pdf masing-masing mempunyai rata-rata 0.65 s, 1.202 s, 1.198 s. Hal tersebut disebabkan karena proses dekompresi dilakukan di akhir tidak seperti pada proses dekompresi-dekripsi. Proses dekripsi membuat *file* kembali menjadi *ciphertext* hasil kompresi sehingga proses dekompresi menjadi lebih cepat.

**V. KESIMPULAN DAN SARAN**

**A. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian simulasi kriptografi menggunakan Shannon-Fano sebagai algoritma kompresi dan AES sebagai enkripsi data didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Algoritma Shannon-Fano tidak cocok digunakan untuk *file* teks berformat docx dan pdf karena format *file* tersebut lebih kompleks dibandingkan dengan *file* dengan format txt.
2. Hasil pengujian kombinasi enkripsi-kompresi pada *file* txt, docx, dan pdf membuat ukuran *file* menjadi lebih besar sedangkan kombinasi kompresi-enkripsi dapat membuat ukuran *file* menjadi lebih kecil untuk *file* txt tapi tidak untuk *file* docx dan pdf. Rata-rata nilai rasio kompresi untuk proses enkripsi-kompresi pada *file* txt, docx,

dan pdf masing-masing sebesar 1.01 sedangkan rata-rata nilai rasio kompresi untuk proses kompresi-enkripsi pada *file* txt adalah sebesar 0.64 dan untuk *file* docx dan pdf masing-masing sebesar 1.00. Rata-rata nilai penghematan ruang untuk proses enkripsi-kompresi pada *file* txt, docx, dan pdf masing-masing adalah sebesar -1.074%, -1.040%, dan -1.025% sedangkan rata-rata penghematan ruang untuk proses kompresi-enkripsi adalah sebesar 35.896%, -0.759%, dan -0.0291%.

3. Proses kompresi-enkripsi memiliki waktu proses yang lebih cepat dibandingkan dengan waktu proses enkripsi-kompresi begitu pula dengan proses pembalikannya. Rata-rata waktu proses yang didapat untuk kombinasi enkripsi-kompresi pada *file* txt, docx, dan pdf masing-masing adalah 2.22 s, 2.179 s, dan 2.204 s sedangkan rata-rata waktu proses yang didapat untuk kombinasi kompresi-enkripsi adalah 2.05 s, 2.114 s, dan 2.122 s.
4. Penggabungan algoritma enkripsi AES 128 dan algoritma kompresi Shannon-Fano dengan kombinasi enkripsi-kompresi tidak cocok untuk digunakan karena membuat ukuran *file* bertambah dan memiliki waktu proses yang lebih lama apabila dibandingkan proses kompresi-enkripsi.

**B. Saran**

Masih terdapat kekurangan dalam penelitian ini sehingga perlu pengembangan agar menjadi lebih baik lagi. Saran dari skripsi ini untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Pembuatan aplikasi *executable* untuk penggabungan algoritma enkripsi dan kompresi sehingga tidak hanya dapat digunakan pada komputer yang memiliki *software* NetBeans.
2. Penggunaan algoritma kompresi lain yang lebih baik untuk dikombinasikan dengan algoritma enkripsi AES 128.
3. Penggunaan algoritma Rijndael dengan kunci 192 bit atau 256 bit untuk dikombinasikan dengan algoritma kompresi.

**DAFTAR PUSTAKA**

Adrisatria, Yogi. *Penerapan Algoritma Huffman Dalam Dunia Kriptografi*. Bandung: Institut Teknologi Bandung

Andri, M. Yuli. 2009. *Implementasi Algoritma Kriptografi DES, RSA dan Algoritma Kompresi LZW pada berkas digital*. Medan: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam USU

Katti, dkk. *Using an innovative coding algorithm for data encryption*. North Dakota: Department of Electrical and Computer Engineering

Munir, Rinaldi. 2005. *Bahan Kuliah IF5054 Kriptografi*. Bandung: Institut Teknologi Bandung

Sobe, dkk. *Combining Compression, Encryption and Fault-tolerant Coding for Distributed Storage*. Luebec: Institute of Computer Engineering Luebec

Wiryadinata, Romi.2007. *Data Compression Coding Using Static And Dynamic Method of Shannon-Fano*. Media Informatika, Vol. 5 No. 2

## **Sistem *Monitoring* Proses Produksi pada Mesin Bardi di PT. Tirta Investama (Danone Aqua) Sukabumi Berbasis *Web***

Hery Haryanto, Endi Permata, Niel R.U. Nainggolan  
Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon, Indonesia

**Abstrak** - Proses produksi pengisian air Aqua galon menggunakan mesin Bardi di PT. Tirta Investama Aqua Danone Sukabumi memiliki parameter-parameter proses yang harus selalu dipantau, sehingga jika terjadi nilai parameter yang melebihi atau kurang dari batas toleransi yang diberikan dapat segera dilakukan tindakan intervensi untuk menghindari terjadi kerusakan atau hal-hal yang tidak diinginkan. Sistem monitoring parameter proses produksi berbasis web dapat dimanfaatkan untuk memantau parameter-parameter pada mesin Bardi. Sistem ini terdiri atas perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras terdiri atas sensor-sensor yang dipasang pada mesin Bardi yang menghasilkan sinyal analog yang kemudian oleh PLC Allen Bradley data akan dikonversi menjadi data digital. Data akan dikirimkan secara real-time dan disimpan pada database server komputer dan disinkronisasikan dengan web server. Perangkat lunak pada pemrograman website menggunakan Adobe Dreamweaver CS6 sebagai kontrol visual dan tampilan data menggunakan bahasa pemrograman PHP dan database MySQL. Sistem monitoring proses produksi dapat memantau parameter-parameter mesin Bardi serta mentransmisikan data perubahan parameter proses produksi yang ditampilkan melalui aplikasi web.

**Kata kunci:** Sistem Monitoring, website, Real-Time.

**Abstraction** - the production process using a gallon water filling machine Bardi Aqua PT. Tirta Investama Aqua Danone Sukabumi have process parameters that must be monitored, so if there is a parameter value that exceeds or is less than the given tolerance limits can be immediately performed an act of intervention in order to avoid damage or things that are not desirable. The monitoring system of web-based production process parameters can be used to monitor engine parameters Bardi. The system consists of hardware and software. The hardware consists of sensors mounted on Bardi engine that produces an analog signal which is then by Allen Bradley PLC data will be converted into digital data. Data will be transmitted in real-time and stored on the database server computer and synced with the web server. Programming software on a website using Adobe Dreamweaver CS6 as a visual control and display data using PHP programming language and MySQL database. The monitoring system can monitor the production process parameters Bardi engine and transmits the data changes in the production process parameters are displayed via a web application.

**Keywords:** System Monitoring, website, Real-Time

### **I. PENDAHULUAN**

Perkembangan teknologi untuk membantu serta melengkapi kegiatan-kegiatan yang dilakukan oleh manusia setiap harinya berkembang semakin pesat dari hari ke hari. Perkembangan teknologi ini bahkan hampir mengenai seluruh bagian dan aspek dalam kehidupan manusia. Keberadaan komputer disertai dengan adanya jaringan internet yang sudah dapat diakses dimana-mana saat ini cukup sangat membantu manusia dalam melaksanakan tugas dan pekerjaannya sehari-hari. Komputer yang tadinya hanya dapat digunakan untuk mengerjakan pekerjaan yang hanya dapat mengakses data pada komputer itu sendiri, sekarang dapat digunakan mengakses data dan mengendalikan proses yang ada dimana saja menggunakan jaringan internet.

Salah satu teknologi yang telah banyak digunakan sekarang khususnya dalam suatu perusahaan atau

pabrik adalah diterapkannya sistem *monitoring* atau pemantauan yang dapat dilakukan secara otomatis secara jarak jauh oleh aplikasi berbasis komputer yang dapat diakses menggunakan jaringan internet dari mana saja pengguna berada. Penerapan sistem *monitoring* ini pada sebuah pabrik akan sangat berguna jika diterapkan untuk mengefisienkan dan memantau suatu aktivitas dan mengendalikan suatu proses agar sesuai dengan standar yang diharapkan. Pada penelitian tugas akhir ini sistem *monitoring* yang diterapkan adalah pada pemantauan *online* proses produksi dan parameter-parameter mesin produksi R. Bardi yang ada dipabrik Aqua Danone Sukabumi.

Sistem *monitoring* akan melakukan proses pengumpulan data yang telah ditentukan dan melakukan analisis terhadap data-data tersebut dengan tujuan untuk dapat diambil tindakan segera jika terjadi penyimpangan dan sebagai bahan analisa terhadap aktivitas produksi. Data yang dikumpulkan pada

umumnya merupakan data *real-time*, baik data yang diperoleh melalui sensor-sensor yang dipasang untuk mengumpulkan data secara *on-time* maupun data yang diinput secara manual melalui tombol *trigger* atau *keyboard* komputer.



Gambar 1. Mesin R. Bardi

Sistem yang *real-time* merupakan sebuah sistem dimana waktu yang diperlukan oleh sebuah komputer didalam memberikan stimulus ke lingkungan eksternal adalah suatu hal yang vital. Waktu didalam pengertian tersebut berarti bahwa sistem yang *real-time* menjalankan suatu pekerjaan yang memiliki batas waktu (*deadline*). Di dalam batas waktu tersebut suatu pekerjaan mungkin dapat terselesaikan dengan benar atau dapat juga belum terselesaikan. Sistem yang *real-time* mengharuskan bahwa suatu pekerjaan harus terselesaikan dengan benar. Sesuatu yang buruk akan terjadi apabila komputer tidak mampu menghasilkan *output* dengan tepat waktu.

Aplikasi *web* adalah aplikasi yang dapat dijelajahi melalui *web browser* atau mesin pencari dengan menggunakan internet atau intranet. Menurut (Remick, 2011) aplikasi web merupakan sebuah aplikasi yang menggunakan teknologi *browser* untuk menjalankan aplikasi dan diakses melalui jaringan komputer. Sedangkan menurut (Rouse, 2011) aplikasi web adalah sebuah program yang disimpan di Server dan dikirim melalui internet dan diakses melalui antarmuka browser. Dari fungsi-fungsi dasar aplikasi yang telah dijelaskan diatas sehingga dapat dibangun sebuah aplikasi yang dapat melakukan *monitoring* dari sebuah proses produksi yang terjadi secara *realtime* menggunakan aplikasi *web* berdasarkan pemrograman PHP yang terhubung dngan kontroler PLC Alan Bradley, sehingga sistem *monitoring* proses produksi pabrik yang diharapkan dapat terwujud, yang dalam hal ini sistem *monitoring* yang ingin dilakukan adalah di perusahaan air minum dalam kemasan (AMDK) Aqua Danone PT. Tirta Investama, sukabumi.

## II. DASAR TEORI

### A. Sistem Monitoring

Sistem *monitoring* merupakan suatu proses untuk mengumpulkan data dari berbagai sumber daya. Biasanya data yang dikumpulkan merupakan data yang *real-time*. Secara garis besar tahapan dalam sebuah sistem *monitoring* terbagi ke dalam 3 proses, yaitu :

1. Proses di dalam pengumpulan data *monitoring*.
2. Proses di dalam analisis data *monitoring*.
3. Proses dalam menampilkan data hasil *monitoring*.

Penerapan sistem *monitoring* pada suatu perusahaan atau pabrik sudah banyak dilakukan untuk mendukung kegiatan-kegiatan dan untuk memaksimalkan sumber daya yang dimiliki oleh perusahaan tersebut. *Monitoring* secara umum dapat dikatakan sebagai pemantau dari hasil *plant* yang dikontrol, dimana hasil *monitoring* merupakan hasil yang sesuai dengan fungsi *web* yaitu *real-time* dan jarak jauh.

Pada penelitian tugas akhir ini sistem *monitoring* yang akan diterapkan adalah pada mesin produksi air minum galon yang dimiliki oleh PT. Tirta Investama (Aqua Danone) sukabumi. Sistem *monitoring* yang akan diterapkan pada mesin produksi tersebut adalah untuk menampilkan parameter-parameter proses dan produksi dari mesin bardi dalam bentuk grafik-grafik yang dapat dilihat dimana saja menggunakan jaringan internet secara *real-time* dalam bentuk *website*.

Merujuk pada pengertian di atas, sistem *monitoring* adalah hal-hal yang dilakukan dalam melakukan pemantauan secara jarak jauh dari *plant* yang dikontrol dengan cara mengumpulkan data-data yang dibutuhkan, menganalisa data-data tersebut, dan menampilkannya sehingga dapat membantu dalam proses pemantauan dari *plant* tersebut, dimana hasil dari proses *monitoring* ini sesuai dengan fungsi dari *web* yaitu *real-time* dan jarak jauh.

### B. Website

*Website* atau situs *web* adalah sejumlah halaman *web* yang memiliki topik saling terkait, terkadang disertai pula dengan berkas-berkas seperti gambar, video, atau jenis-jenis berkas lainnya. Sebuah situs *web* biasanya ditempatkan setidaknya pada sebuah *web server* yang dapat diakses melalui jaringan seperti internet, ataupun jaringan wilayah lokal (LAN) melalui alamat internet yang dikenali sebagai URL (*Uniform Resource Locator*).

Sebuah halaman *web* merupakan berkas yang ditulis sebagai berkas teks biasa (*plain text*) yang diatur dan dikombinasikan sedemikian rupa dengan instruksi-instruksi berbasis HTML atau XHTML, yang sering pula disisipi dengan bahasa skrip lain seperti PHP. Berkas tersebut kemudian diterjemahkan oleh peramban *web* dan ditampilkan seperti layaknya sebuah halaman pada monitor komputer. Halaman-halaman *web* tersebut diakses oleh pengguna melalui protokol komunikasi jaringan yang disebut sebagai HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*).

Gabungan atas semua situs yang dapat diakses publik di internet disebut pula sebagai *World Wide Web* atau lebih dikenal dengan singkatan WWW. Secara garis besar situs *web* digolongkan atas tiga jenis, yaitu sebagai berikut:

#### 1. Situs *web* statis

Situs *web* statis merupakan situs *web* yang memiliki isi tidak dimaksudkan untuk

diperbaharui secara berkala sehingga pengaturan atau pemuktahiran isi atas situs *web* tersebut dilakukan secara manual.

## 2. Situs *web* dinamis

Situs *web* dinamis merupakan situs *web* yang secara spesifik didisain agar isi yang terdapat dalam situs tersebut dapat diperbaharui secara berkala dengan mudah. Isi dalam situs *web* ini biasanya akan berubah jika melewati suatu periode tertentu.

## 3. Situs *web* interaktif

Situs *web* interaktif adalah situs *web* yang digunakan untuk dapat berinteraksi dan beradu argumen dengan pengguna lainnya. Biasanya *website* seperti ini memiliki moderator yang mengatur topik supaya topik yang diperbincangkan tidak melenceng dari alur pembicaraan.

## C. Web Server

*Web server* merupakan sebuah perangkat lunak dalam *server* yang berfungsi menerima permintaan (*request*) dalam bentuk halaman *web* melalui HTTP atau HTTPS dari klien yang dikenal dengan *browser web* dan mengirimkan kembali (*response*) hasilnya dalam bentuk halaman-halaman *web* yang umumnya berbentuk HTML

## D. Pengenalan HTML

HTML merupakan suatu metoda untuk mengimplementasikan konsep *hypertext* dalam suatu naskah atau dokumen dan bukan tergolong dalam bahas pemrograman karena sifatnya hanya memberi tanda (*marking up*) pada suatu teks dan bukan program.

HTML berisikan sekumpulan simbol-simbol atau *tag-tag* yang dituliskan dalam sebuah file yang dimaksudkan untuk menampilkan halaman pada *web browser*. *Tag-tag* tadi memberitahu *browser* bagaimana menampilkan halaman *web* dengan lengkap kepada pengguna. *Tag-tag* pada HTML selalu diawali dengan `<x>` dan diakhiri dengan `</x>` dimana *x tag* adalah seperti *b*, *i*, *u*, dan sebagainya. Namun ada juga *tag* yang tidak diakhiri dengan `</x>` seperti *tag* `<br>`, `<input>`, dan lainnya. Sebuah halaman *website* akan diawali dengan *tag* `<html>` dan diakhiri dengan *tag* `</html>`, dan *file-file* HTML akan selalu berakhir dengan ekstensi `*.htm` atau `*.html`.

## E. Pengenalan PHP

PHP (*Hypertext Preprocessor*) merupakan bahasa *sripting server-side* dalam pemrograman *website*. Secara sederhana, PHP merupakan *tool* dalam pengembangan *web* dinamis. PHP sangat populer karena memiliki fungsi *built-in* lengkap, cepat, mudah dipelajari, dan bersifat gratis. Skrip PHP cukup disisipkan pada kode HTML agar dapat bekerja. PHP dapat berjalan diberbagai *web server* dan sistem operasi yang berbeda. Dalam pembuatan *web*, PHP akan sangat dibutuhkan dalam membuat sebuah halaman yang lebih interaktif, misalnya untuk

memproses data yang dikirimkan oleh pengunjung *web*.

PHP adalah bahasa pemrograman yang lebih mudah untuk dimengerti daripada bahasa pemrograman lain. *File* PHP akan berekstensi `*.php` dan tidak dapat diakses secara langsung tanpa adanya sebuah *web server*. Dalam penulisan skrip PHP akan diawali dengan `<?php.....?>` atau `<?...?>`, dan akan diakhiri dengan `?>`. Dalam pembuatan variabel pada PHP diawali dengan simbol `$`, dan akan terjadi *error* jika simbol tersebut tidak ada.

## F. MySQL

*MySQL* merupakan salah satu *software* database (basis data) *open source* yang dikembangkan oleh sebuah komunitas bernama *MySQL AB* dengan tujuan membantu *user* untuk menyimpan data dalam tabel-tabel. Tabel terdiri atas *field* (kolom) yang mengelompokkan data-data berdasarkan kategori tertentu, misalnya nama, alamat, nomor telepon, dan sebagainya. Bagian lain dari tabel adalah *record* (baris) yang mencantumkan isi data sebenarnya[4]. *MySQL* terdiri atas dua distribusi, yaitu *MySQL Community Server* yang bersifat gratis dan *MySQL Enterprise* yang ditujukan untuk kepentingan komersial.

*MySQL* merupakan turunan salah satu konsep utama dalam basis data yang telah ada sebelumnya yaitu *SQL (Structured Query Language)*. *SQL* adalah sebuah bahasa yang digunakan untuk mengakses data dalam basis data relasional. Bahasa ini secara *de facto* sudah merupakan bahasa standar yang digunakan dalam manajemen basis data relasional.

## G. Fusion Chart

*FusionCharts* adalah komponen pemetaan dalam basis *flash* yang dapat digunakan untuk merender data dalam bentuk animasi grafik. Dengan basis *Adobe Flash*, *FusionCharts* dapat digunakan dengan berbagai macam bahasa *sripting web* seperti HTML, .NET, ASP, JSP, PHP, ColdFusion dan lain sebagainya, untuk menghasilkan *chart* yang interaktif dan *powerfull*. Menggunakan XML sebagai data *interface*-nya, *FusionCharts* mampu menciptakan *charts* yang *compact*, interaktif, dan *visually-arresting*.<sup>[ kohaci.com. 2010]</sup> *FusionCharts* dapat digunakan dalam membuat grafik baik yang berbentuk statis maupun dinamis dan dapat digunakan untuk menampilkan data secara *real-time*.

Dalam pembuatan grafik untuk menampilkan data-data yang diinginkan pada sistem *monitoring* ini penulis menggunakan *FusionCharts v2* yang merupakan versi gratis dan *Open Source Flash Charting* komponen dari *FusionChart*.

## H. Smarty Template Engine

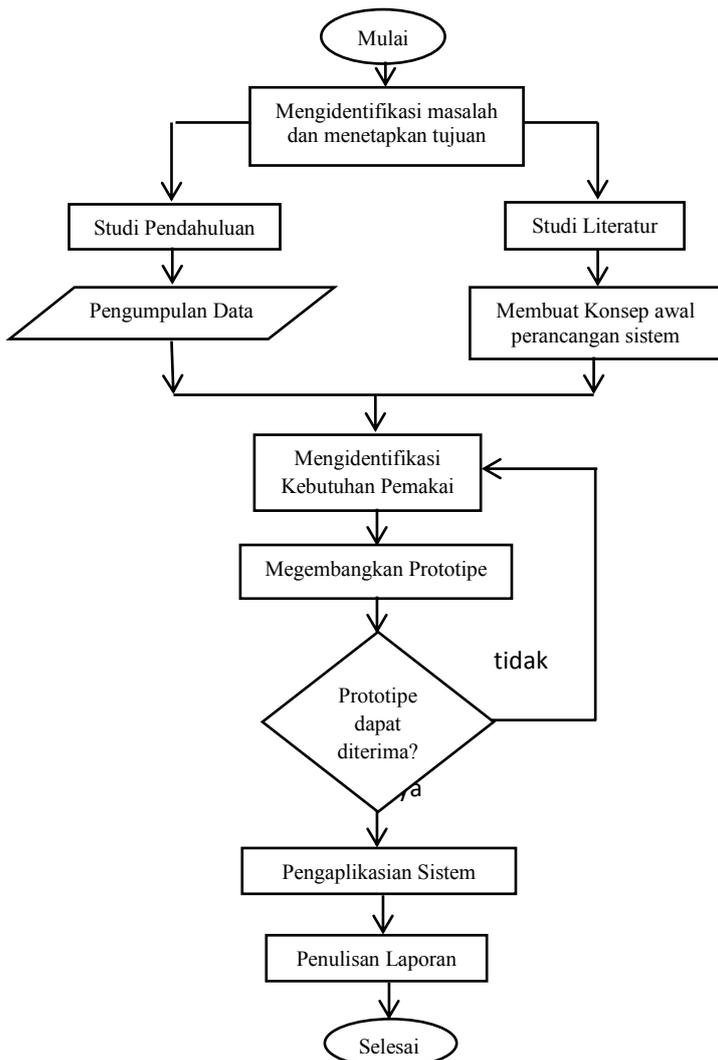
Seiring dengan semakin kompleksnya pertumbuhan dari aplikasi yang menggunakan PHP, sehingga timbul pertanyaan bagaimana memisahkan kode *programmer* (PHP) dari kode *desainer* (HTML). *Smarty Template Engine* adalah mesin *template* untuk PHP. Lebih khusus, *Smarty* akan memfasilitasi cara

yang dapat diatur untuk memisahkan logika aplikasi dan konten dari proses penampilannya. Hal ini digambarkan dalam situasi di mana pemrogram aplikasi dan desainer *template* memainkan aturan yang berbeda, atau dalam banyak kasus bukanlah orang yang sama.

**III. METODE PENELITIAN**

**A. Metode Penelitian**

Penelitian yang dilakukan pada tugas akhir ini memerlukan proses yang digambarkan dengan *flowchart* seperti Gambar 3.1.



Gambar 2. Diagram alir proses penelitian

Pada Gambar 2 terlihat diagram alir langkah-langkah penyelesaian penelitian ini. Langkah pertama adalah melakukan studi literatur dan pengumpulan data yang dibutuhkan. Studi literatur dilakukan untuk mencari referensi yang dapat membantu dalam pelaksanaan penelitian. Referensi tersebut berupa jurnal, *paper*, dan tugas akhir lain yang melakukan perancangan yang sama. Pengumpulan data juga dilakukan untuk mengidentifikasi data-data yang dibutuhkan untuk menyelesaikan penelitian tersebut.

Data-data tersebut didapatkan dari *plant* dan data yang ada di pabrik.

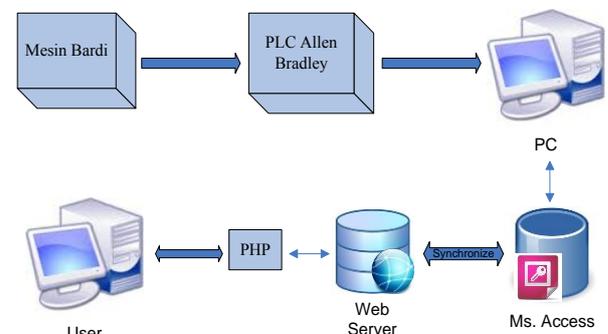
**B. Perancangan Sistem**

Tahapan perancangan adalah tahapan langkah-langkah yang dilakukan dalam pengerjaan dan penyelesaian penelitian. Pada perancangan sistem *monitoring* mesin Bardi berbasis *web* ini, terdapat beberapa poin yang dibuat, yaitu sebagai berikut :

1. Pemodelan proses
2. Pemodelan data
3. Tampilan situs

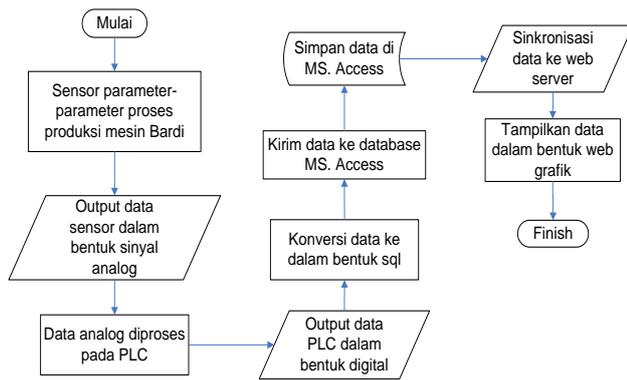
**C. Pemodelan Proses**

Pemodelan proses adalah cara formal untuk menggambarkan bagaimana sistem beroperasi. Berikut adalah diagram proses yang akan menggambarkan keseluruhan proses dari pengambilan data hingga menampilkannya pada *website*.



Gambar 3. Diagram proses sistem *monitoring*

Sensor-sensor yang dipasang pada mesin Bardi akan mengambil data-data dari parameter-parameter proses produksi yang ada pada mesin Bardi. Data tersebut yang didapatkan dari setiap sensor adalah berbentuk sinyal tegangan analog. Data analog tersebut kemudian dikonversi ke dalam bentuk digital menggunakan PLC *Allen Bradley* agar dapat diproses dan disimpan pada perangkat komputer yang difungsikan sebagai *database server*. Data-data tersebut disimpan pada *database MSSql (Microsoft Sql)* yang kemudian dikirimkan secara *real time* pada *database Microsoft Access* yang kemudian akan disinkronisasi secara *real time* dengan *web server* menggunakan aplikasi *OmegaSync*. Data-data pada *web server* tersebut akan ditampilkan pada *website* dalam bentuk grafik dengan menggunakan perintah *php* yang diberikan. Berikut adalah diagram alir dari proses pengambilan data dari mesin Bardi.



Gambar 4. Diagram alir pengambilan data

Berikut adalah spesifikasi dari setiap parameter proses produksi pada mesin Bardi dan sensor-sensor yang digunakan :

Tabel 1. Tabel Spesifikasi Parameter Bardi

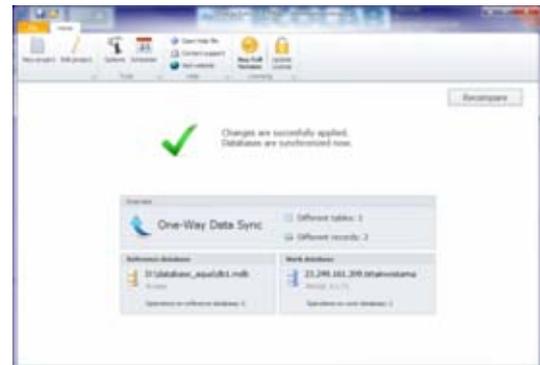
Parameter Bardi	Unit	Lower	Upper	Durasi	Sensor
1 MIP CIP temperatur	Celcius	55	75	1 mnt	PLC Bardi
2 Prewash pressure	Bar	2,5	3	15 dtk	PSAN-L01CPA-R1/8
3 Detergent pressure	Bar	2	3,5	15 dtk	PSAN-L01CPA-R1/8
4 PAA pressure	Bar	1	1,5	15 dtk	PSAN-L01CPA-R1/8
5 Final rinse pressure	Bar	1	1,3	15 dtk	PSAN-L01CPA-R1/8
6 Konsentras i MIP CIP	%	2	10	1 mnt	PLC Bardi
7 Konsentras i PAA	Ppm	400	600	15 dtk	PLC Bardi
8 Rinse pressure	Bar	2,5	3	15 dtk	PSAN-L01CPA-R1/8
9 Temperatu r ruang filler	Celcius	N/A	26	15 dtk	THD-RD-C
10 Humidity ruang filler	RH	60%	N/A	15 dtk	THD-RD-C

Setiap parameter pada mesin Bardi memiliki *range* batas maksimal dan batas minimal yang digunakan sebagai tolak ukur untuk keadaan yang menyatakan keadaan normal atau abnormal dari setiap proses yang ada. Jika data hasil *monitoring* yang dilakukan menunjukkan bahwa parameter proses masih berada pada *range* diantara batas maksimal dan minimal, maka proses produksi dinyatakan normal. Namun jika parameter yang *dimonitoring* menunjukkan bahwa parameter tersebut melebihi batas maksimal atau kurang dari batas minimal dari *range* yang ditentukan, maka proses tersebut dinyatakan abnormal dan harus segera dilakukan intervensi.

Pada proses *input* data *monitoring* dari setiap parameter proses produksi mesin Bardi, digunakan beberapa sensor yang terdiri atas sensor tekanan, suhu,

kelembaban, dan konsentrasi. Untuk *input* data yang berupa besar tekanan (*pressure*) digunakan sensor PSAN-L01CPA-R1/8. Untuk sensor temperatur dan kelembaban pada ruang *filler*, digunakan *Temperature Humidity Sensor* (THD-RD-C). Pada *input* data yang berupa besaran konsentrasi dan temperatur MIP CIP, diinput menggunakan data dari PLC yang sudah ada pada mesin Bardi tersebut.

Data-data parameter yang telah ditransfer ke *database microsoft access* tersebut kemudian dikirimkan secara *real time* ke *web server* untuk ditampilkan pada *website* menggunakan aplikasi *OmegaSync*. Berikut adalah tampilan dari aplikasi *OmegaSync* tersebut.

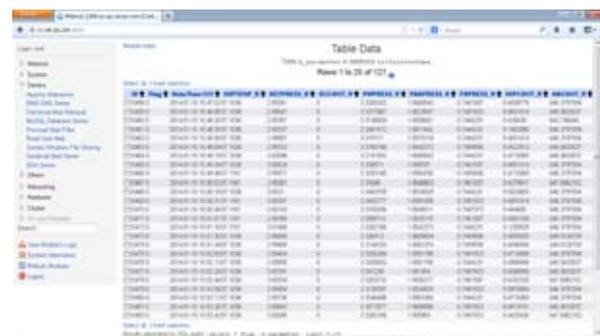


Gambar 5. Aplikasi OmegaSync

Aplikasi *omegaSync* ini akan mengirimkan setiap *query* baru yang ada pada *microsoft access* sesuai dengan waktu yang kita tentukan dengan mengatur fungsi *scheduler* yang terdapat pada aplikasi tersebut. Data-data tersebut kemudian akan disimpan pada *database MySQL* yang ada pada *web server*, yang pada perancangan *website* sistem *monitoring* ini penulis menggunakan aplikasi VPS (*Virtual Private Server*).

D. Pemodelan Data

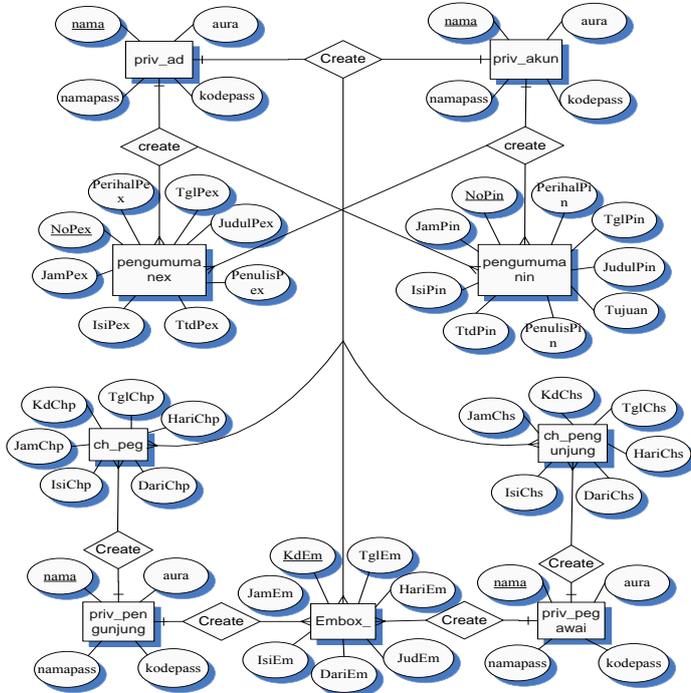
Dalam pembuatan sistem *monitoring* berbasis *web* basis data merupakan hal yang sangat penting. Basis Data pada penelitian ini digunakan untuk menampung data yang didapatkan dari *input* data didapat dari sensor dan yang di *input* secara manual yang akan ditampilkan kembali dalam bentuk grafik sebagai *output*nya. Aplikasi basis data yang penulis gunakan dalam perancangan *website* sistem *monitoring* ini adalah *database MySQL*.



Gambar 6. Database MySQL pada VPS

E. Entity Relationship Diagram (ERD)

Entity Relationship Diagram adalah diagram yang digunakan untuk memodelkan struktur data dan hubungan antar data, sehingga dapat dilakukan pengujian model dengan mengabaikan proses yang harus dilakukan.

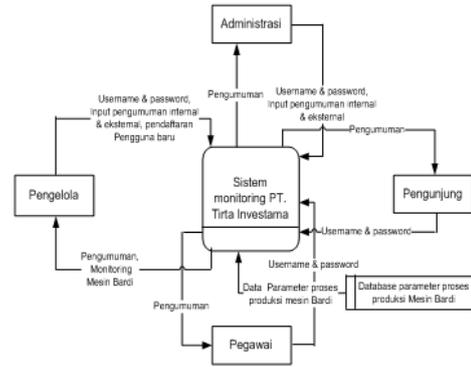


Gambar 7. Entity Relationship Diagram

Pada gambar 7 diatas dapat dilihat hubungan relasi antara setiap entitas yang ada terdapat pada database. Dari gambar tersebut dapat dilihat terdapat empat entitas yang menjadi induk relasi hubungan antar entitas pada database, yaitu pada entitas dari user login yang terdiri atas tabel *priv\_ad*, *priv\_akun*, *priv\_pegawai*, dan *priv\_pengunjung*. Entitas *priv\_ad* dan *priv\_akun* yang merupakan entitas user pengelola dan user admin memiliki hubungan one to many dengan entitas lain seperti entitas pengumuman (*pengumuman\_nin* dan *pengumuman\_nex*), entitas chat (*ch\_pegawai* dan *ch\_pengunjung*), dan email (*embox*). Entitas *priv\_pegawai* yang merupakan entitas dari login user pegawai/karyawan berhubungan one to many dengan entitas chat pegawai (*ch\_pegawai*) dan email (*embox*), dan entitas *priv\_pengunjung* yang merupakan entitas login user pengunjung berhubungan dengan entitas chat pengunjung (*ch\_pengunjung*) dan email (*embox*).

F. Data Flow Diagram (DFD)

Data Flow Diagram (DFD) adalah representasi grafik dari sebuah sistem untuk membantu memahami sistem secara logika, terstruktur, dan jelas.



Gambar 8. DFD level 0

DFD level 0 atau diagram konteks merupakan diagram yang menggambarkan bagaimana sistem dapat berinteraksi dengan entity eksternal. Pada gambar 3.4 diatas dapat dilihat aliran data yang terjadi pada perancangan website sistem monitoring ini. Aliran data yang masuk dan diproses pada sistem berasal dari setiap user dan database parameter proses produksi mesin Bardi. Data-data yang berasal dari setiap user berbentuk data login yang terdiri atas username dan password, dan juga data pengumuman yang hanya dapat diberikan oleh user admin dan user pengelola. Data yang berasal dari database parameter proses produksi mesin Bardi berbentuk data-data parameter yang akan ditampilkan dalam bentuk grafik pada website. Setiap user akan dapat mengakses pengumuman yang berasal dari sistem, sedangkan untuk akses halaman monitoring Bardi hanya akan dapat dilakukan oleh user pengelola.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tampilan Website

Berikut adalah tampilan-tampilan dari situs website sistem monitoring mesin Bardi yang telah dibuat.

1. Halaman Utama



Gambar 9. Halaman Utama Website

Pada halaman utama situs website sistem monitoring mesin Bardi ini akan menampilkan beberapa menu pilihan yang akan membawa pengunjung website ke halaman-halaman profil perusahaan seperti seperti halaman About Us, Kegiatan, Pengumuman, Produk, dan Area Pabrik. Pada Halaman ini juga terdapat menu pilihan bagi user yang

ingin melakukan *login* dengan mengklik gambar yang ada ditengah-tengah halaman website.

2. Halaman *Login*

Halaman *login* merupakan halaman yang digunakan untuk *login* setiap *user* yang terdiri atas empat kategori *user*, yaitu *user* pengelola, *user* admin, *user* karyawan, dan *user* pengunjung.



Gambar 10. Menu *Login*

3. Halaman *Monitoring* Mesin Bardi

Halaman *monitoring* mesin Bardi merupakan halaman yang akan menampilkan sistem *monitoring* dari mesin Bardi. Halaman ini akan menampilkan parameter-parameter dari proses produksi pada mesin Bardi dalam bentuk grafik secara *real time*. Pada halaman ini terdiri atas pilihan-pilihan dari proses yang ingin ditampilkan, maupun untuk menampilkan seluruh proses dalam satu halaman. Halaman ini hanya dapat diakses oleh *user* pengelola.



Gambar 11. Halaman *Monitoring* Mesin Bardi

B. Pengujian Sistem *Monitoring*

Pengujian dari sistem *monitoring* dilakukan dengan melihat apakah data-data hasil *monitoring* mesin Bardi sesuai dengan data-data yang ditampilkan pada *website*. Dalam pengujian ini terdapat dua hal yang menjadi tolak ukur keberhasilan pengujian yang dilakukan, yaitu sebagai berikut :

1. Keakuratan data, yaitu data yang ditampilkan pada *website* sesuai dengan data hasil *monitoring* yang didapatkan.
2. Ketepatan waktu / *real time*, yaitu waktu ketika data ditampilkan pada *website* sesuai dengan waktu ketika data hasil *monitoring* didapatkan.

Berikut adalah data-data *sample* hasil percobaan sistem *monitoring* mesin bardi yang diambil pada

tanggal 15 Januari 2014 pada pukul 16:16:16 WIB hingga pukul 16:18:28 WIB.

Tabel 2. Data *Sample* Parameter *Monitoring* Bardi

Parameter	Rinse Pressure	Konsent rasi MIP CIP	Temp. MIP CIP	DetergentPressure	Prewash Pressure
2014-01-15 16:16:16	3.276 478	9.10818 28	57.074 7	2.99333	3.318 646
2014-01-15 16:16:31	3.288 357	8.47278 76	57.060 2	2.99309	3.329 314
2014-01-15 16:16:46	3.292 993	8.45869 58	57.060 2	3.00167	3.342 963
2014-01-15 16:17:00	3.290 675	8.45229 12	57.074 7	3.00262	3.205 216
2014-01-15 16:17:14	3.277 637	8.45229 12	57.060 2	2.9888	3.335 590
2014-01-15 16:17:29	3.281 838	8.45229 12	57.060 2	3.00286	3.329 471
2014-01-15 16:17:44	3.283 721	8.44332 33	57.060 2	2.99523	3.334 962
2014-01-15 16:17:58	3.279 955	9.02363 4	57.060 2	2.98951	3.195 175
2014-01-15 16:18:13	3.283 866	8.47150 69	57.060 2	2.99071	3.328 530
2014-01-15 16:18:28	3.290 530	8.42410 86	57.074 7	3.00214	3.340 767
	Filling Temperature	Filling Humidity	Final Rinse Press.	Konsentrasi PAA	PAA Pressure
2014-01-15 16:16:16	19.21 5385	43.7606 81	0.7503 91	655.594 949	1.854 864
2014-01-15 16:16:31	19.21 3460	43.5909 80	0.7459 93	655.594 949	1.854 864
2014-01-15 16:16:46	19.21 1538	43.4532 96	0.7503 91	655.594 949	1.860 199
2014-01-15 16:17:00	19.20 9615	43.5493 54	0.7481 92	655.594 949	1.856 276
2014-01-15 16:17:14	19.20 9615	43.7222 59	0.7503 91	658.227 860	1.853 452
2014-01-15 16:17:29	19.21 1538	44.0328 48	0.7461 50	658.227 860	1.856 119

2014-01-15 16:17:44	19.20 9615	44.2025 49	0.7503 91	656.911 405	1.859 571
2014-01-15 16:17:58	19.21 1538	44.1737 32	0.7481 92	658.227 860	1.856 433
2014-01-15 16:18:13	19.21 3460	43.9527 96	0.7503 91	658.227 860	1.853 452
2014-01-15 16:18:28	19.21 1538	43.7574 80	0.7481 92	656.911 405	1.854 707

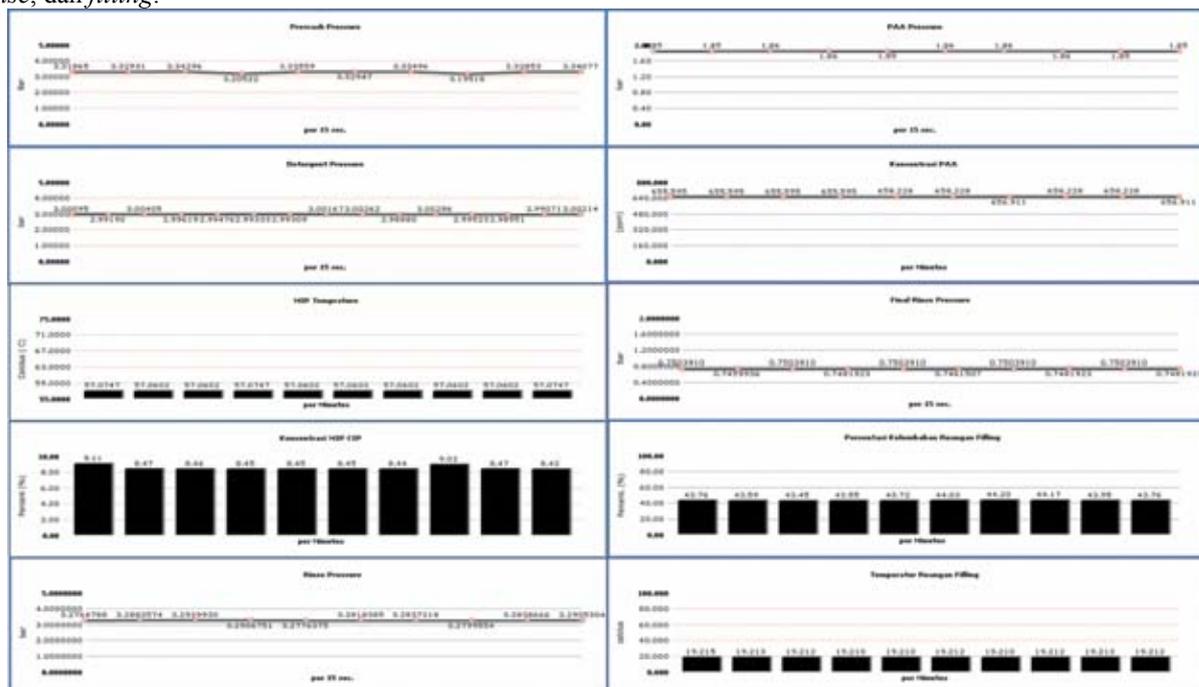
Dan Berikut adalah grafik-grafik parameter yang ditampilkan pada *website*.

4.3 Pembahasan

Pada tugas akhir ini penulis merancang sebuah aplikasi online, yaitu situs *website* sistem *monitoring* untuk melakukan pemantauan secara *real time* pada parameter-parameter proses produksi pada mesin produksi yang ada di PT.Tirta Investama Aqua Danone. Sistem *monitoring* merupakan salah satu sistem yang sudah sangat sering digunakan dan dibutuhkan dalam melakukan pemantauan pada proses-proses yang membutuhkan pemantauan secara terus-menerus. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah PHP dengan menggunakan *database MySql* untuk menyimpan data-data hasil *monitoring* yang dilakukan. Parameter-parameter yang dipantau adalah seperti tekanan, temperatur, kelembaban, konsentrasi ozon dan bahan kimia, dan konsumsi bahan kimia pada proses-proses produksi yang terjadi pada mesin produksi Bardi seperti *prewash*, *detergent*, *rinse*, *disinfectant*, *final rinse*, dan *filling*.

Pengujian dilakukan menggunakan *laptop* Dell dengan *processor* Intel Celeron CPU B820 1.70 Ghz yang telah dipasang *web server* secara virtual menggunakan perangkat lunak Wamp, dan juga dengan melakukan pengujian secara langsung pada internet menggunakan VPS (*Virtual Private Server*). Perangkat lunak Wamp yang digunakan oleh penulis yaitu versi 2.0. Proses *monitoring* yang dilakukan pada mesin Bardi menggunakan sensor-sensor yang telah terpasang pada setiap proses produksi yang terjadi pada mesin. Data-data yang didapatkan dari sensor kemudian akan diproses menggunakan PLC dan disimpan menggunakan basis data *microsoft office Access*. Data-data dari *access* tersebut kemudian akan dikirim secara *real time* ke *database MySql* yang ada di *web hosting* untuk kemudian akan ditampilkan secara *real time* juga dalam bentuk grafik-grafik. Dan untuk menampilkan grafik-grafik tersebut penulis menggunakan aplikasi *online FusionChart*.

Dari pengujian yang telah dilakukan telah didapatkan bahwa data-data yang telah didapatkan dari hasil *monitoring* atau pemantauan yang dilakukan pada mesin Bardi dapat ditampilkan secara *real time* dalam bentuk grafik dan dapat di akses dimana saja oleh pengguna menggunakan jaringan internet.



Gambar 12. Grafik Parameter *Monitoring* Mesin Bardi

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Hal yang dapat disimpulkan pada penelitian ini, sehubungan dengan perancangan *website* sistem *monitoring* ini adalah :

1. Pembuatan *website* sistem *monitoring* proses produksi mesin Bardi berhasil dengan baik karena dapat menampilkan parameter-parameter yang dibutuhkan dalam bentuk grafik-grafik secara *real time* sesuai dengan waktu-waktu yang ditentukan.
2. Data-data parameter sistem *monitoring* mesin Bardi dapat ditampilkan pada *website* selama *server* komputer yang ada di PT. Tirta Investama terkoneksi dengan *internet* dan aplikasi *OmegaSync* yang telah dikonfigurasi sebelumnya dijalankan.
3. Dari hasil pengujian *website* yang telah dilakukan, didapatkan hasil berikut:
  - Dari pengujian tautan *website* yang telah dilakukan menunjukkan bahwa fungsi setiap tautan yang pada *website* sesuai dengan yang diharapkan.
  - Dari Pengujian *web browser* yang telah dilakukan mendapatkan bahwa setiap fungsi pada *website* dapat berjalan baik pada beberapa *web browser* yang paling sering digunakan, yaitu *mozilla firefox*, *google chrome*, dan *opera*. Namun aplikasi *web monitoring* ini tidak dapat dijalankan pada *internet explorer* karena *web browser* tersebut tidak mendukung *script* grafik dan CSS.
  - Dari pengujian sistem *monitoring* yang dilakukan didapatkan bahwa *website* menampilkan data yang sesuai dengan yang ada pada *server* data *monitoring* dipabrik secara *real time*.
  - Dari pengujian keamanan *web* yang telah dilakukan didapatkan bahwa *website* memiliki sistem keamanan yang baik.

### B. Saran

Saran dari penulis untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan penelitian ini, yaitu:

1. Untuk penelitian lanjutan dapat ditambahkan aplikasi *control* pada *web* agar dapat melakukan tindakan secara langsung jika terdapat parameter yang menunjukkan terjadinya gangguan pada mesin.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pembuatan sistem *monitoring* berbasis *web* menggunakan aplikasi *chart online* yang berbeda selain *FusionChart* sebagai pembanding untuk penelitian ini terutama dalam hal tampilan grafik yang lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

Azhan Bin Ab Latiff, Mohd, 2007, *PLC Monitoring Via Web*. Malaysia: Universiti Teknikal Kebangsaan Malaysia (UteM)

- Jhuana Ohara. Gheyb. 2005. *Aplikasi Sistem Monitoring Berbasis Web Untuk Open Cluster*. Bandung: Sekolah Tinggi Teknologi Telkom.
- Khairil Simbolon, Zulfan. 2007. *Real Time Monitoring Besaran Listrik Untuk Manajemen Energi Gedung Komersial Berbasis Web*. NAD: Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- Madcoms. 2008. *Teknik Mudah Membangun Website dengan HTML, PHP, dan MySql*. Yogyakarta : Andi.
- Monte Ohrt and Zmievski, Andrei. 2010. *Smarty - the compiling PHP template engine*. New Digital Group, Inc.
- Rio, Astamal. 2005. *Mastering Kode HTML*. www.rahasia-webmaster.com, Edisi kedua: hal. VI-VII, 1-6
- Riyanto, dan Rama Okta Wiyagi. 2011. *Sistem Monitoring Suhu Ruang Server Berbasis Web dengan Menggunakan EZ430*. Jurnal Ilmiah Elite Elektro. Vol. 2, No. 3, Maret 2011: 50-54
- Solichin, Achmad. 2005. *Pemrograman Web dengan PHP dan MySql* Jakarta: Universitas Budi Luhur.
- Solichin, Achmad. 2010. *MySQL 5 : Dari Pemula Hingga Mahir* Jakarta: Universitas Budi Luhur.
- Wibowo, Angga. 2007. *16 Aplikasi PHP Gratis untuk Pengembangan situs Web*. Yogyakarta : Andi.
- Sumber dari Internet :  
fusioncharts.com. 2013. *FusionCharts Free Documentation*. (<http://docs.fusioncharts.com/free/> Diakses pada tanggal 18 Juni 2013)
- kohaci.com, 2010. *[Update] FusionCharts (Free) + CodeIgniter*. (<http://kohaci.com/2010/10/26/update-fusioncharts-free-codeigniter.html#more-283> diakses pada tanggal 18 Juni 2011)

# Analisis Karakteristik Motor Induksi Tiga Fasa XYZ Standar NEMA

Heri Haryanto, Ri Munarto, Ifat Fatmawati<sup>1</sup>

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon, Indonesia

**Abstrak** - Luasnya penggunaan motor induksi dan kebutuhan operasi membutuhkan informasi dari model motor induksi tiga fasa tersebut, dalam kondisi real ditemukan permasalahan tegangan sumber yang tidak sinusoidal dan terjadinya perubahan beban. Selain itu untuk keperluan perancangan kendali selanjutnya sering diinginkan kesederhanaan rangkaian, kompleksitas selalu dihindari untuk menghindari kerumitan pembuatan rancangan. Oleh karena itu diperlukan suatu model motor induksi yang dapat menyelesaikan permasalahan tersebut yaitu dengan model  $d-q-n$  menggunakan metode kerangka referensi. Penelitian ini dibuat untuk membuat model matematis motor induksi tiga fasa dalam kerangka referensi menggunakan MATLAB simulink. Motor induksi telah distandardisasi menurut karakteristik torsi nya dari NEMA, berbagai tipe motor tersebut memiliki karakteristik dan keunggulan masing-masing, maka perancangan program GUI dibuat pada penelitian ini untuk menganalisa karakteristik dan efisiensi daya dari sebuah motor induksi. Hasil simulasi model kerangka referensi menunjukkan hasil gelombang arus stator fasa A sama dengan arus stator fasa D. Motor induksi tiga fasa torsi maksimal pada simulasi sebesar 2.19 N-m, arus starting rendah 3.67 A, dan slip yang rendah saat torsi maksimal yaitu sebesar 12%. Hasil program dan GUI dapat dikatakan cukup berhasil, sehingga dapat digunakan untuk model dinamis motor induksi tiga fasa dan penentuan karakteristik motor standar NEMA.

**Kata Kunci:** Pemodelan, Karakteristik Motor Induksi Tiga Fasa, Standar NEMA.

**Abstract** - The extent of the use of induction motors and operating requirements require information from the model of the three-phase induction motors, in real conditions found problems sinusoidal voltage source and the load changes. In addition, for purposes of subsequent control design is often desirable simplicity of the circuit, the complexity is always avoided to avoid the hassle of drafting. Therefore we need a model of the induction motor that can resolve the problem by using a model  $DQN$  frame of reference. This study was made to create a mathematical model of three-phase induction motors in the reference frame using MATLAB simulink. Motor induction standardized according to the torque characteristics of NEMA, various types of motors that have the characteristics and advantages of each, then the GUI program design is made in this study to analyze characteristics and power efficiency of an induction motor. The results of model simulations show the results waveform reference frame stator current equal to the current phase A stator phase induction motor three phase D. The maximum torque of the simulation at 2:19 Nm, low starting current is 3.67 A, and low slip when the maximum torque is equal to 12%. The results of the program and the GUI can be quite successful, so it can be used to model the dynamic three-phase induction motors and NEMA standard motor characteristics determination.

**Keywords:** Modeling, Characteristics of Three Phase Induction Motor, NEMA Standard.

## I. PENDAHULUAN

Kebutuhan operasi motor induksi tiga fasa membutuhkan informasi dari model motor, dalam kondisi real ditemukan permasalahan tegangan sumber yang tidak selalu sinusoidal dan terjadinya perubahan beban, serta untuk keperluan perancangan kendali selanjutnya di bidang industri sering diinginkan kesederhanaan rangkaian, kompleksitas selalu dihindari untuk menghindari kerumitan pembuatan rancangan. Maka penelitian ini dibuat untuk membuat model matematis motor induksi tiga fasa dalam kerangka referensi menggunakan MATLAB simulink.

Motor induksi telah distandardisasi menurut karakteristik torsi nya dari NEMA (*National Electrical Manufactures Association*), seperti desain A, B, C, D, atau F. Berbagai tipe motor tersebut memiliki karakteristik dan keunggulan masing-masing, maka pada penelitian ini juga dibuat perancangan program dan pengujian untuk mendapatkan karakteristik NEMA dari sebuah motor.

## II. LANDASAN TEORI

### A. Pemodelan dan Simulasi

Menurut Kadaffi (2011) sistem adalah obyek yang saling berinteraksi dan bekerja sama untuk mencapai

tujuan logis dalam suatu lingkungan yang kompleks. Obyek yang menjadi komponen dari sistem dapat berupa obyek terkecil atau sub-sistem. Elemen lingkungan sistem memberikan peran yang sangat penting terhadap perilaku sistem sehingga komponen-komponen sistem berinteraksi untuk mengantisipasi lingkungan. Obyek penelitian merupakan suatu sistem dengan kerumitan yang lebih kompleks sehingga memerlukan ringkasan singkat. Salah satunya adalah dengan melakukan pemodelan dan membuat model dari sistem tersebut.

## B. Motor Induksi Tiga Fasa

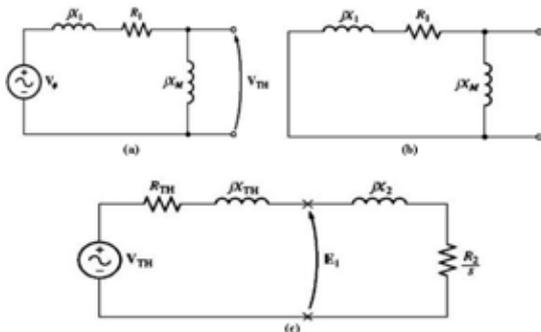
### 1. Prinsip Kerja Motor Induksi Tiga Fasa

Hubungan listrik pada motor induksi tidak terdapat antara stator dengan rotor, karena arus pada rotor merupakan arus induksi. Jika belitan stator diberi tegangan tiga fasa, maka pada stator akan dihasilkan arus tiga fasa, arus ini menghasilkan medan magnetik yang berputar dengan kecepatan sinkron.

Ketika medan magnetik memotong konduktor rotor, di dalam konduktor tersebut akan diinduksikan ggl yang sama seperti ggl yang diinduksikan dalam lilitan sekunder transformator oleh fluksi primer. Rangkaian rotor merupakan rangkaian tertutup, baik melalui cincin ujung maupun tahanan luar. Ggl induksi menyebabkan arus mengalir di dalam konduktor rotor. Sehingga dengan adanya aliran arus pada konduktor rotor di dalam medan magnet yang dihasilkan stator, maka akan dibangkitkan gaya ( $F$ ) yang bekerja pada motor.

### 2. Turunan Persamaan Torsi

Mengacu pada rangkaian ekivalen per fasa motor induksi yang disederhanakan, didapat rangkaian tegangan dan impedansi thevenin yang ditunjukkan pada Gambar 1. berikut:



Gambar 1. Rangkaian Ekivalen Thevenin Motor Induksi, (a) Rangkaian Ekivalen Tegangan Masuk Thevenin Motor Induksi (b) Rangkaian Ekivalen Impedansi Masuk Thevenin Motor Induksi (c) Rangkaian Ekivalen Sederhana Motor Induksi Tiga Fasa

Gambar 1 di atas menunjukkan sumber terbuka untuk mencari tegangan thevenin dari motor induksi dari pembagi tegangan, didapat:

$$V_{TH} = V_{\phi} \frac{X_M}{\sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_M)^2}} \quad (1)$$

Persamaan yang didapat dari Gambar 1 (a):

$$V_{TH} = \frac{jX_M}{R_1 + jX_1 + jX_M} V_{\phi} \quad (2)$$

$$V_{TH} = \frac{X_M}{\sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_M)^2}} V_{\phi} \quad (3)$$

Persamaan yang didapat dari Gambar 1 (b):

$$Z_{TH} = \frac{jX_M(R_1 + jX_1)}{R_1 + j(X_1 + X_M)} \quad (4)$$

Torsi induksi dari motor induksi tiga fasa:

$$T = \frac{3V_{TH}^2 R_2 / s}{\omega_s [(R_{TH} + R_2 / s)^2 + (X_{TH} + X_2)^2]} \quad (5)$$

$$I = \frac{V_{TH}}{[(R_{TH} + R_2 / s) + j(X_{TH} + X_2)]} \quad (6)$$

$$\text{Slip maksimal} = \frac{R_2}{\sqrt{R_{TH}^2 + (X_{TH} + X_2)^2}} \quad (7)$$

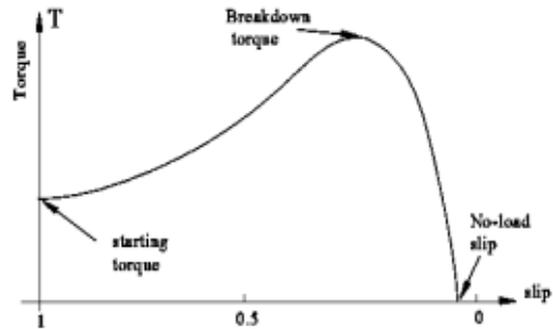
Daya motor Induksi tiga fasa:

$$P_{in} = 3 \times V \times I \times \cos \varphi \quad (8)$$

$$P_{cu} = 3 \times (I^2) \times (R_2 / \text{slip}) \quad (9)$$

$$P_{mek} = (1 - \text{Slip}) \times P_{cu} \quad (10)$$

Gambar kurva torsi kecepatan (*slip*) pada motor induksi ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Karakteristik Torsi-Slip Pada Motor Induksi

### 3. Karakteristik Motor Induksi Standar NEMA

Motor induksi rotor sangkar tupai dibuat dalam 4 kelas berdasarkan *National Electrical Manufacturers Association* (NEMA).

#### a. Motor Kelas A

Motor kelas A mempunyai rangkaian resistansi rotor kecil, beroperasi pada *slip* sangat kecil yaitu kurang dari 0.01 dalam keadaan berbeban, motor kelas A digunakan untuk keperluan torsi *start* yang sangat kecil.

#### b. Motor Kelas B

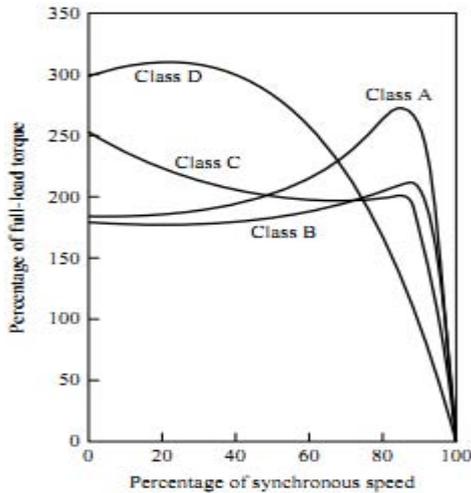
Motor kelas B digunakan untuk keperluan umum mempunyai torsi *starting* normal dan arus *starting* normal, regulasi kecepatan putar pada saat *full load* rendah dibawah 5% dan torsi *starting* sekitar 150% dari *rated*, walaupun arus *starting* normal biasanya mempunyai besar 600% dari *full load*.

#### c. Motor Kelas C

Motor kelas C mempunyai torsi *starting* yang lebih besar dibandingkan motor kelas B, arus *starting* normal, *slip* kurang dari 0.05 pada kondisi *full load*, torsi *starting* sekitar 200% dari *rated*, dan biasanya digunakan untuk konveyor, pompa, kompresor dan lain sebagainya.

#### d. Motor Kelas D

Motor kelas D mempunyai torsi *starting* yang besar dan arus *starting* relatif rendah, *slip* besar, pada *slip* beban penuh mempunyai efisiensi lebih rendah dibandingkan kelas motor lainnya dan torsi *starting* sekitar 300%.

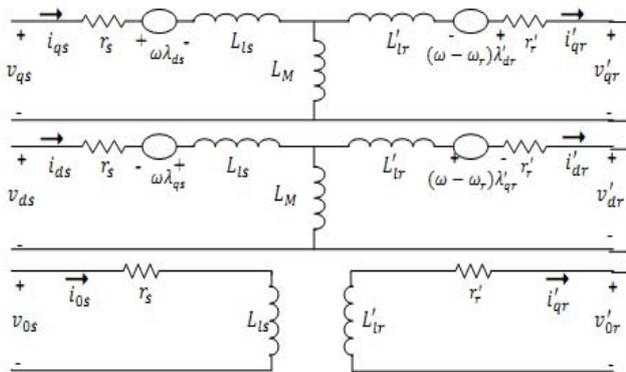


Gambar 3. Karakteristik Torsi dan Kecepatan pada Motor Induksi

C. Teori Kerangka Referensi

Teori kerangka referensi adalah metode yang akan mengubah arus, fluks, dan tegangan tiga fasa (berputar) ke bentuk dua fasa (berputar), metode ini digunakan untuk mempermudah analisa dan perhitungan. Persamaan tegangan dan torsi yang menggambarkan perilaku dinamis dari motor induksi adalah persamaan yang berubah terhadap waktu. Persamaan tersebut digunakan untuk menyelesaikan persamaan diferensial dan melibatkan beberapa kompleksitas.

Perubahan variabel dapat digunakan untuk mengurangi kompleksitas persamaan ini dengan mengeliminasi semua induktansi yang berubah terhadap waktu, karena rangkaian listrik dalam gerak relatif, dari persamaan tegangan mesin. Dengan pendekatan ini, kumparan *poly phase* dapat dikurangi menjadi satu set dua kumparan fasa (dq) dengan sumbu magnetik dibentuk dalam kuadratur. Dalam kata lain, variabel stator dan rotor (tegangan, arus dan *flux linkage*) dari mesin induksi yang ditransformasi ke kerangka acuan, yang dapat berputar pada setiap kecepatan sudut atau tetap diam. kerangka acuan biasanya dikenal dalam analisis mesin sebagai kerangka acuan sembarang.



Gambar 4. Rangkaian Ekuivalen dq0 Motor Induksi

Tegangan masukan motor induksi tiga fasa sebelum ditransformasi adalah berupa tegangan tiga fasa, pemodelan tegangan masukan berdasarkan persamaan tegangan stator tiga fasa yang setiap fasanya berbeda 120°:

$$\begin{cases} V_{as} = |V| \sin(\omega t) \\ V_{bs} = |V| \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3}) \\ V_{cs} = |V| \sin(\omega t + \frac{2\pi}{3}) \end{cases} \quad (11)$$

Transformasi tegangan tiga fasa ke dua fasa berarti konversi koordinat dari sistem koordinat tiga fasa stasioner ke sistem koordinat dq berputar. Matriks yang dapat diimplementasikan dalam Simulink dengan melewati *masukan* tegangan, yang berisi matriks transformasi dalam persamaan:

$$\begin{bmatrix} v_{ds} \\ v_{qs} \\ v_{0s} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} +\frac{2}{3} & -\frac{1}{3} & -\frac{1}{3} \\ 0 & +\frac{\sqrt{3}}{3} & -\frac{\sqrt{3}}{3} \\ +\frac{1}{3} & +\frac{1}{3} & +\frac{1}{3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{as} \\ v_{bs} \\ v_{cs} \end{bmatrix} \quad (12)$$

Persamaan transformasi berlaku terlepas dari bentuk tegangan dan arus dalam stator atau rotor. Jika persamaan transformasi digunakan untuk mengubah tegangan dan arus dari stator dan rotor ke kerangka referensi (d-q axis), maka:

$$v_{qs} = p\lambda_{qs} + \lambda_{ds}p\theta + r_s i_{qs} \quad (13)$$

$$v_{ds} = p\lambda_{ds} - \lambda_{qs}p\theta + r_s i_{ds} \quad (14)$$

$$v_{qr} = p\lambda_{qr} + \lambda_{dr}p\theta + r_r i_{qr} \quad (15)$$

$$v_{dr} = p\lambda_{dr} - \lambda_{qr}p\theta + r_r i_{dr} \quad (16)$$

dimana,

$$\lambda_{qs} = L_s i_{qs} + L_M i_{qr} \quad (17)$$

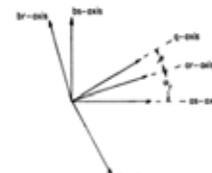
$$\lambda_{ds} = L_s i_{ds} + L_M i_{dr} \quad (18)$$

$$\lambda_{qr} = L_r i_{qr} + L_M i_{qs} \quad (19)$$

$$\lambda_{dr} = L_r i_{dr} + L_M i_{ds} \quad (20)$$

keterangan:

- $L_s$  = induktansi stator (henry)
- $L_r$  = induktansi rotor (henry)
- $r_s$  = resistansi stator (ohm)
- $r_r$  = resistansi rotor (ohm)



Gambar 5. Axes of 2-pole 2-phase Symmetrical Machine

Secara umum, parameter mesin diukur berkaitan dengan kumparan stator, sehingga, akan lebih mudah untuk merujuk semua nilai rotor ke kumparan stator. dengan variabel rotor yang mengacu pada kumparan stator dan dengan *self-inductance* terpisah ke dalam komponen *leakage inductance* dan komponen *magnetizing inductance*, persamaan fluks menjadi:

Arus dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan *inverse* dari persamaan kopling fluks, yang dapat dinyatakan dengan:

$$\begin{bmatrix} i_{qs} \\ i_{dr} \end{bmatrix} = \frac{1}{L_r L_s - M^2} \begin{bmatrix} L_r & -M \\ -M & L_s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Phi_{sq} \\ \Phi_{rq} \end{bmatrix} \quad (21)$$

$$\begin{bmatrix} i_{ds} \\ i_{dr} \end{bmatrix} = \frac{1}{L_r L_s - M^2} \begin{bmatrix} L_r & -M \\ -M & L_s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi_{sd} \\ \phi_{rd} \end{bmatrix} \quad (22)$$

keterangan:

$M$  = mutual induktansi (henry)

Sebuah gambaran untuk torsi elektromagnetik sesaat dapat diperoleh dengan menerapkan prinsip dari perpindahan sudut. Hubungan yang positif untuk gerakan motor, adalah:

$$T_e = \left(\frac{3}{2}\right) \left(\frac{P}{2}\right) \left(\frac{1}{\omega_b}\right) (\psi_{ds} i_{qs} - \psi_{qs} i_{ds}) \quad (23)$$

keterangan:

$P$  = jumlah kutub,

$\omega_b$  = kecepatan sudut listrik basis.

$\omega_b = 1$ , jika  $\omega_m$  adalah kecepatan sudut mekanik, maka kecepatan sudut rotor adalah:

$$\omega_r = \frac{P}{2} \omega_m \quad (24)$$

dari persamaan keseimbangan torsi dengan mengabaikan faktor gesekan,  $\omega_o$  kecepatan sudut rotor dapat diperoleh sebagai:

$$\omega_o = \int_0^t \frac{T - T_L}{J} dt \quad (25)$$

keterangan:

$T$  = torsi motor (Nm)

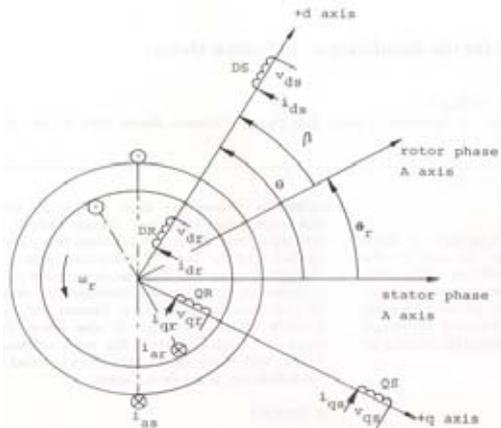
$T_L$  = torsi beban (Nm)

$J$  = momen inersia (kg m<sup>2</sup>)

$t$  = waktu (det)

#### Stationary Reference Frame

Kerangka referensi dengan  $\theta = 0$  disebut dengan *stationary reference frame* (kerangka referensi acuan stator) karena sumbu dq tidak berputar, selain itu sumbu d dipilih untuk sejajar dengan sumbu stator fasa A.



Gambar 6. DQ Axes Superimposed Onto a Three-Phase Induction Motor

$$\omega = p\theta = 0 \quad (26)$$

$$\beta = \theta_r = -\theta_r \quad (27)$$

$$p\beta = -p\theta_r = -\omega_r \quad (28)$$

Substitusi Persamaan 13 sampai dengan 16 ke Persamaan 17 sampai dengan 20, menjadi persamaan:

$$v_{qs} = p\lambda_{qs} + r_s i_{qs} \quad (29)$$

$$v_{ds} = p\lambda_{ds} + r_s i_{ds} \quad (30)$$

$$v_{qr} = p\lambda_{qr} + \omega_r \lambda_{qr} + r_r i_{qr} \quad (31)$$

$$v_{dr} = p\lambda_{dr} - \omega_r \lambda_{dr} + r_r i_{dr} \quad (32)$$

Transformasi dq ke abc

Transformasi ini merupakan *invers* dari transformasi abc ke dq, digunakan untuk blok konversi

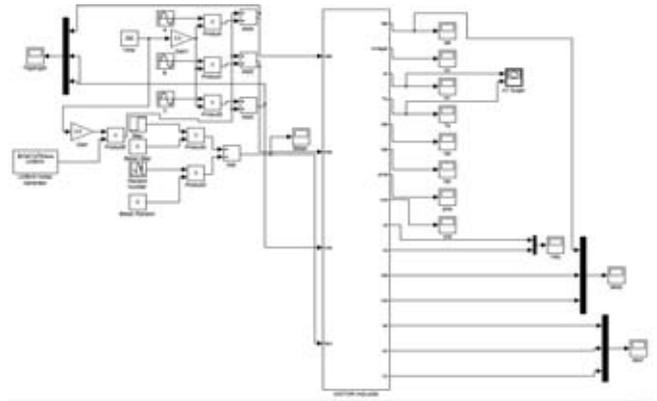
arus agar terlihat arus keluaran dari motor. Berikut persamaan yang dibentuk:

$$\begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{2} & +\frac{\sqrt{3}}{2} \\ -\frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{qs} \\ i_{ds} \end{bmatrix} \quad (33)$$

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Perancangan Simulink

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimen yakni membuat model matematis motor induksi tiga fasa menggunakan model kerangka referensi acuan stator sehingga motor induksi tiga listrik dapat menghasilkan karakteristik unjuk kerja dinamisnya.



Gambar 7. Model Simulink Sistem Motor Induksi Tiga Fasa

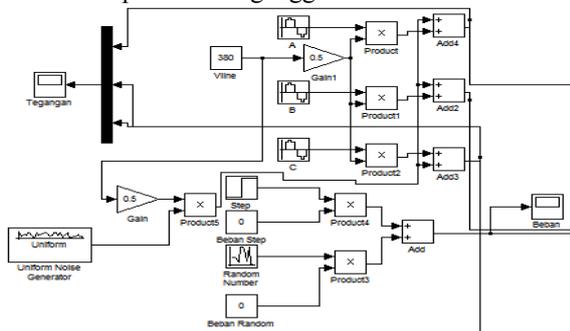
Tabel 1. Parameter-parameter motor induksi

No	Nama Parameter	Simbol	Nilai (satuan)
1.	Tegangan masukan	$V$	380 (volt)
2.	Jumlah kutub	$P$	4
3.	Resistansi stator	$R_s$	6.4 (ohm)
4.	Resistansi rotor	$R_r$	5.8 (ohm)
5.	Induktansi stator	$L_s$	0.45 (henry)
6.	Induktansi rotor	$L_r$	0.45 (henry)
7.	Mutual induktansi	$M$	0.36 (henry)
8.	Konstanta Inersia	$J$	0.00145 (kgm <sup>2</sup> )

Model matematis motor induksi tiga fasa yang dibuat dilakukan dengan membuat model *Simulink* dari 4 sub model sehingga memiliki hubungan keterkaitan yang jelas antar sub model tersebut. sehingga didapat output berupa tegangan keluaran, arus keluaran, torsi elektromagnetik, dan kecepatan motor.

1. Model Tegangan Masukan dan Beban

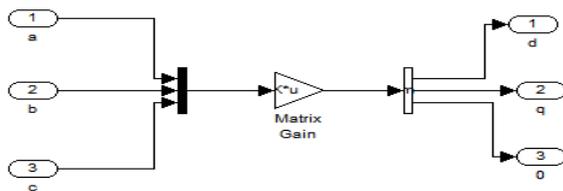
Tegangan masukan yang diberikan berupa tegangan tiga fasa, sedangkan keluaran yang dihasilkan adalah  $V_{as}$ ,  $V_{bs}$ ,  $V_{cs}$  membentuk tiga gelombang sinusoidal. Tegangan tersebut berasal dari tegangan stator tiga fasa yang setiap fasanya berbeda  $120^\circ$ . Selain masukan berupa tegangan tiga fasa, masukan dari simulasi ini juga dipengaruhi oleh beban berupa beban *step* dan beban *random*. Pembebanan ini dapat dipilih untuk digunakan, sehingga dapat dilihat kinerja dari motor saat terbebani atau tidak terbebani. Tegangan masukan terhubung ke model untuk transformasi tiga fasa ke dua fasa, sedangkan beban terhubung ke model mekanikal dari motor, mempengaruhi torsi dan momen inersia. Selain pembebanan, pada tegangan masukan akan dilakukan perubahan amplitudo dan gangguan simetris.



Gambar 8. Model Simulink Tegangan Masukan dan Beban

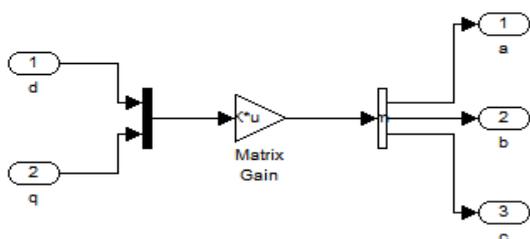
2. Model Kerangka Referensi

Sub model Kerangka Referensi memiliki dua sub model yaitu transformasi tiga ke dua fasa dan transformasi dua ke tiga fasa. Model kerangka referensi yang digunakan adalah acuan stator, model transformasi tiga ke dua fasa menggunakan matrik transformasi dapat dibentuk berdasarkan masukan tegangan tiga fasa dan menghasilkan keluaran tegangan dq ( $V_{dq}$ ). Nilai yang dihasilkan akan digunakan dalam model dq *reference*. Model Kerangka Referensi berdasarkan Persamaan 12.



Gambar 9. Model Simulink 3-2 Fase Conversion

Matrik dalam persamaan 12 dimasukkan ke matrik gain pada gambar 9 dan merubah masukan  $V_{abc}$  menghasilkan keluaran tegangan dua fasa  $V_d$ , dan  $V_q$  untuk selanjutnya menjadi masukan model simulasi.

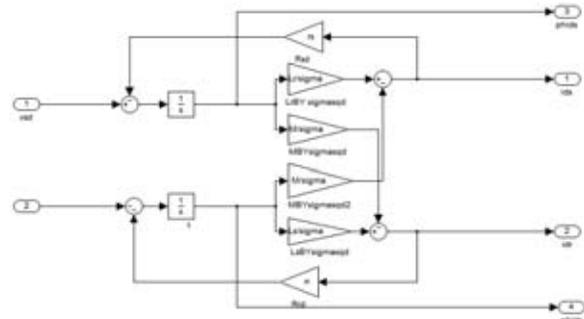


Gambar 10. Model Simulink 2-3 Fase Conversion

Matrik dalam persamaan 33 dimasukkan ke matrix gain pada gambar 10 dan merubah masukan  $idq$  menghasilkan keluaran arus tiga fasa  $ia$ ,  $ib$ , dan  $ic$  untuk memperlihatkan arus keluaran dari motor induksi.

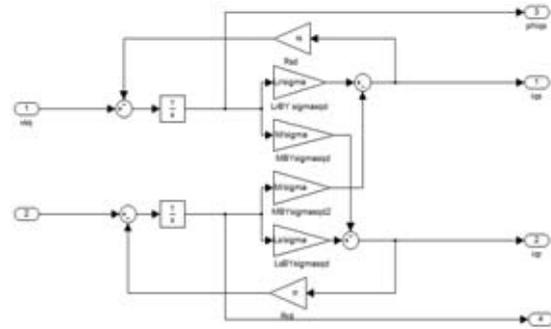
3. Model DQ Reference

Sub model Model DQ *Reference* merupakan model dari rangkaian ekuivalen dinamis dari motor induksi. Model ini terbagi menjadi dua sub model yaitu sub model D dan sub model Q. Komponen arus stator dapat digunakan untuk pembentukan *state variable*. Representasi *state space* kemudian terdiri dari menentukan persamaan diferensial yang hanya memungkinkan definisi variabel oleh integrasi dengan hubungan matematis perantara. Dengan demikian, hubungan resistansi yang dimasukkan dalam turunan fluks dapat menentukan persamaan diferensial rotor fluks komponen langsung. Ketika menerapkan prosedur yang sama untuk fluks lain. Kedua sub model tersebut menggunakan Persamaan 29 sampai dengan 32 dan persamaan 21 dan 22.



Gambar 11. Model Simulink D Reference

Pemodelan DQ *reference* menghasilkan keluaran yang dipengaruhi oleh waktu. Keluaran dari model DQ *reference* digunakan sebagai keluaran dari kinerja motor berupa tegangan dan arus DQ yang merupakan gambaran dari kondisi dinamis motor induksi. Model DQ *reference* sangat dipengaruhi oleh nilai parameter dari motor induksi. Sub model selanjutnya adalah model Q *reference*.

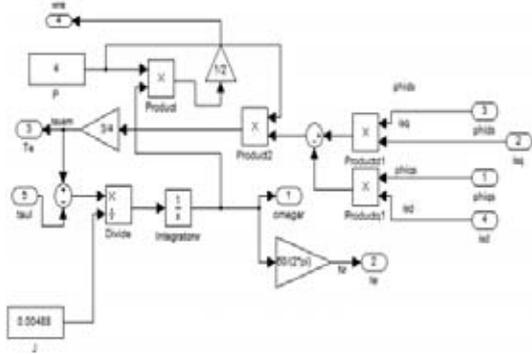


Gambar 12. Model Simulink Q Reference

4. Model Mekanikal

Sub model mekanikal merupakan model yang dapat memperlihatkan perilaku dari motor induksi. Model ini dibangun berdasarkan persamaan 23 sampai dengan 25. Sub model mekanikal motor ini memberikan keluaran berupa torsi elektromagnetik dan kecepatan motor.

Blok ini dipengaruhi oleh momen inersia dan kutub motor yang merupakan nilai dari fisik motor tersebut, sub model beban mempengaruhi keluaran sub model mekanikal.



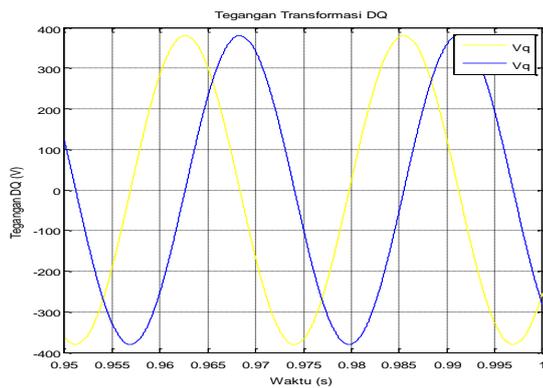
Gambar 13. Model Simulink Blok Mekanikal

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Model Motor Induksi Tanpa Beban

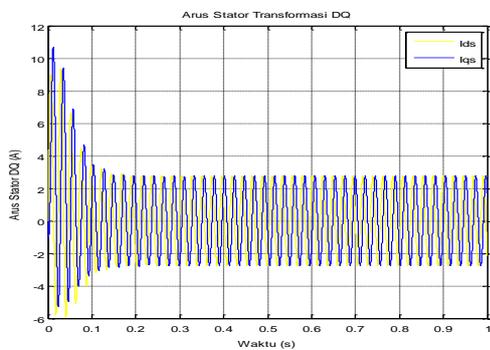
###### 1. Perubahan Amplitudo Tegangan

Tegangan masukan dari pemodelan motor induksi tiga fasa adalah tegangan tiga fasa, untuk dapat mempermudah analisa kinerja motor maka diperlukan pemodelan dinamis motor induksi tiga fasa dengan menggunakan model kerangka referensi atau transformasi dq *reference*. Pemodelan dinamis ini dibentuk dengan transformasi tiga fasa ke dua fasa.



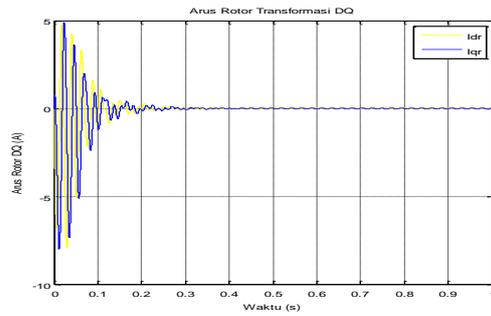
Gambar 14. Grafik Tegangan DQ Reference 380 Volt

Perubahan amplitudo tegangan dilakukan pada tegangan nominal motor 380 volt, diturunkan menjadi 340 volt dan dinaikkan menjadi 420 volt.



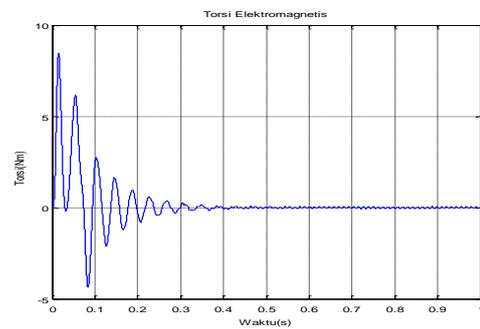
Gambar 15. Grafik Arus Stator DQ Reference 340 Volt

Pengurangan tegangan masukan menyebabkan penurunan pada arus stator dan rotor.

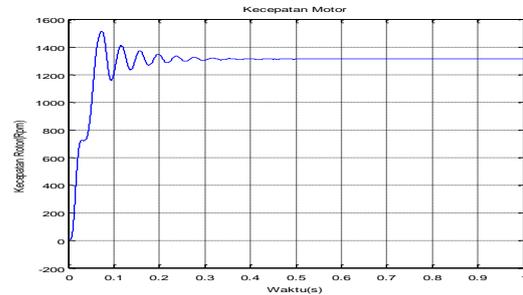


Gambar 16. Grafik Arus Rotor DQ Reference 340 Volt

Torsi dan kecepatan motor yang merupakan keluaran dari blok mekanikal juga ikut terpengaruh, karena blok mekanikal ini dipengaruhi oleh nilai arus yang dihasilkan.



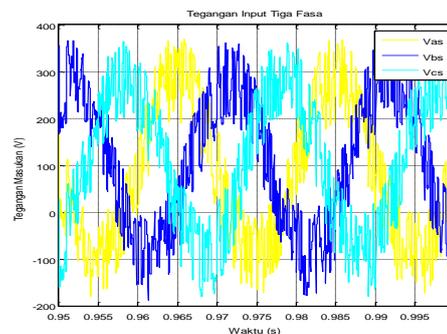
Gambar 17. Grafik Torsi Elektromagnetik Motor Induksi Tiga Fasa 340 Volt



Gambar 18 Grafik Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa 340 Volt

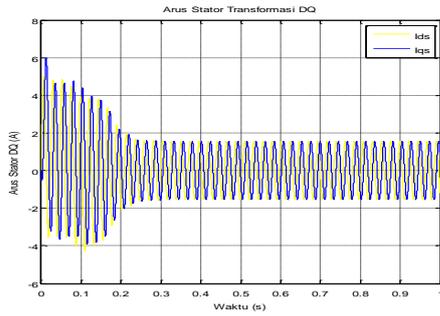
###### 2. Gangguan Simetris

Gangguan simetris diberikan kepada tegangan masukan untuk melihat pengaruhnya terhadap kinerja motor.



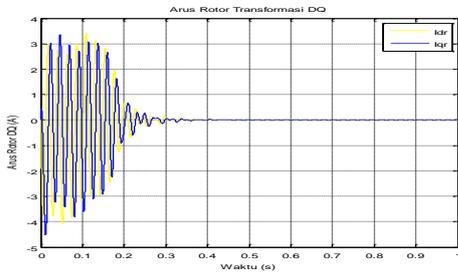
Gambar 19. Grafik Tegangan Masukan dengan Gangguan Simetris

Tegangan masukan yang diberi gangguan simetris akan mempengaruhi hasil arus induksi pada kumparan stator.



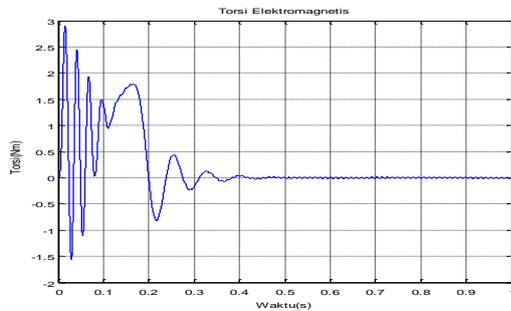
Gambar 20. Grafik Arus Stator DQ Reference dengan Gangguan Simetris

Arus stator yang dihasilkan akan menginduksi kumparan rotor sehingga dapat timbul GGL dari perbedaan magnet putar.

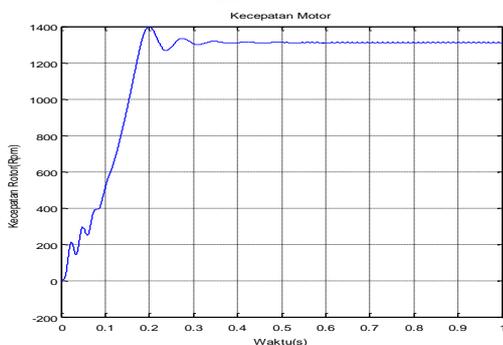


Gambar 21. Grafik Arus Rotor DQ Reference dengan Gangguan Simetris

Torsi dan kecepatan yang dihasilkan akibat gangguan simetris yang diberikan pada tegangan masukan, menjadi:



Gambar 22. Grafik Torsi Elektromagnetik Motor dengan Gangguan Simetris



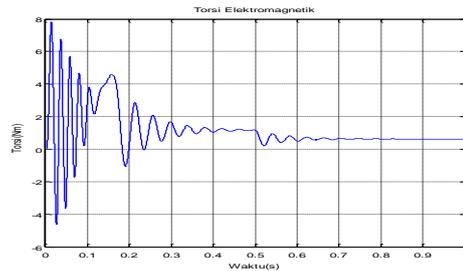
Gambar 23. Grafik Kecepatan Motor Induksi dengan Gangguan Simetris

B. Model Motor Induksi Berbeban

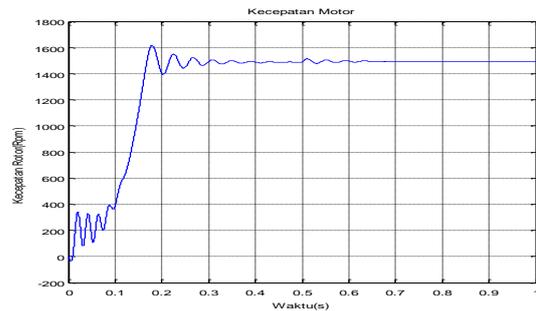
Pada simulasi ini beban yang digunakan adalah beban *step* dan beban *random*, blok beban ini dihubungkan dengan *subsystem* mekanikal motor. Beban berlaku sebagai torsi beban sebagai pengurang dari torsi elektromagnetik motor, hal ini akan mempengaruhi keluaran torsi elektromagnetik dan kecepatan motor yang juga mempengaruhi parameter momen inersia pada blok mekanikal motor.

1. Perubahan Amplitudo Tegangan

Hasil simulasi motor berbeban dengan perubahan amplitudo tegangan hanya berbeda di nilai untuk tiap tegangan masukan, sedangkan untuk distorsi akibat pembebanan sama pengaruhnya untuk keluaran tiap nilai tegangan masukan.



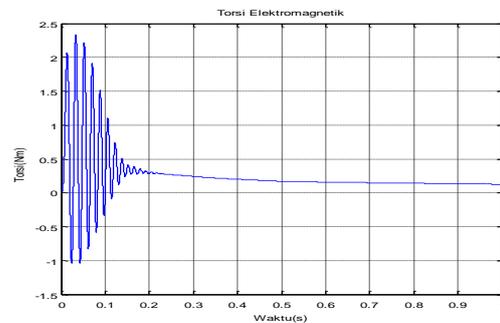
Gambar 24. Grafik Torsi Elektromagnetik 380 Volt Berbeban



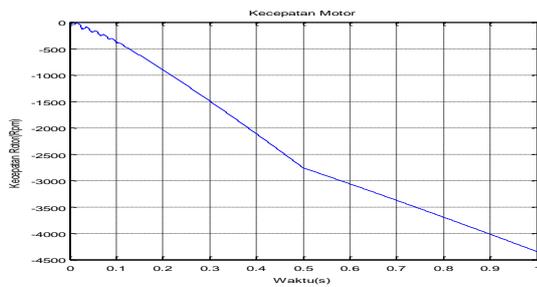
Gambar 25. Grafik Kecepatan Motor Induksi 380 Volt Berbeban

2. Gangguan Simetris

Pada percobaan simulasi ini motor diperlakukan dengan pembebanan *step* dan *random* serta gangguan simetris pada tegangan *input*. Ternyata hal ini membuat motor berjalan tidak stabil dan tidak mumpuni.



Gambar 26. Grafik Torsi Elektromagnetik Gangguan Simetris dan Beban



Gambar 27. Grafik Kecepatan Motor dengan Gangguan Simetris dan Beban

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan simulasi model dan analisis karakteristik motor induksi tiga fasa yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Berhasil membuat perancangan program untuk analisa karakteristik motor induksi tiga fasa standar NEMA, dengan spesifikasi motor  $R1 = 6.4$ ;  $X1 = 26.12$ ;  $R2 = 5.8$ ;  $X2 = 26.12$ ;  $Xm = 115.27$  didapatkan karakteristik sesuai dengan NEMA B dihubungkan dengan teori standar NEMA motor induksi. Karakteristik motor dengan torsi maksimal normal 2.19 N-m, arus starting rendah 3.67 A, dan slip yang rendah saat torsi maksimal yaitu sebesar 12%.
2. Berhasil membuat model matematis kerangka referensi motor induksi tiga fasa menggunakan MATLAB *simulink*. Perubahan tegangan amplitudo mempengaruhi keluaran kinerja motor induksi sesuai dengan penurunan dan kenaikan tegangan masukan, pembebanan mempengaruhi blok mekanik motor membuat torsi lebih meningkat dan kecepatan motor menurun, dengan operasi kerja motor paling buruk pada motor dengan gangguan simetris dan pembebanan. Pembuatan *simulink* model ini dapat menjadi alternatif untuk mempelajari dan menganalisis kinerja motor induksi tiga fasa agar dapat merancang proteksi untuk mencegah gangguan yang akan terjadi.
3. Analisis efisiensi daya terhadap karakteristik motor membuktikan penurunan daya masukan akibat penurunan tegangan pada beban 40% torsi 3.44 N-m dan 55% torsi 4.7 N-m. Semakin kecil beban yang digunakan dan tegangan masukan yang semakin kecil akan memperbesar penghematan energi yang dihasilkan. Kenaikan beban 10% sampai dengan 100% mengakibatkan % Efisiensi naik 0.98 sampai 12 pada tegangan *input* konstan 380 V.

### B. Saran

Berdasarkan kesimpulan yang dihasilkan, maka saran yang dapat dipertimbangkan untuk penelitian selanjutnya:

1. Model simulasi kerangka referensi dapat ditambahkan dengan berbagai pengujian metode *starting* motor induksi dan gangguan non simetris.
2. Sebagai pengembangan tugas akhir ini dapat dikaji tentang metode *vector control* yang merupakan aplikasi kontrol motor induksi tiga fasa yang dapat dibuat dari model dinamis motor induksi menggunakan kerangka referensi ini.

3. Dapat ditambahkan perancangan model proteksi untuk gangguan yang terjadi pada motor induksi tiga fasa.

## DAFTAR PUSTAKA

- Palpankar P. M., Ghanmare R.U., dan Makade N. 2013. *A Generalized Dynamic Model of Induction Motor using Simulink*. D.B.A.C.E.R, Nagpur.
- Ozpineci Burak, dan Tolbert Leon M.. 2009. *Simulink Implementation of Induction Machine Model A Modular Approach*. Oak Ridge National Laboratory.
- Robyns, B. 2012. *Vector Control of Induction Machines, Power Systems*. Springer-Verlag London.
- Aktaibi Adel, Ghanim Daw. Dkk. 2013. *Dynamic Simulation of a Three-Phase Induction Motor Using Matlab Simulink*. Memorial University of Newfoundland.
- Lee R. J., Pillay P. dan Harley R.G. 1984. *D, Q Reference Frames for the Simulation of Induction Motors*. University of Natal.
- Finayani Yaya, dan Alhan Muhammad. 2011. *Analisis Karakteristik Motor Induksi Tiga Fase NEMA D Untuk Melakukan Penghematan Energi*. Politeknik Pratama Mulia.
- Kadaffi, Muhamar.MT. *Penerapan Simulink Untuk Simulasi*. Universitas Mercu Buana: Jakarta.2011.
- Purnomo, Isnanto Heru. *Analisis Motor Induksi Tiga Fasa dengan Metode Kerangka Referensi*. Universitas Diponegoro.
- Chapman, Stephen J. *Electric Machinery Fundamentals 4<sup>th</sup> Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Putri, Devia Rafika. 2013. *Rancang Bangun Laboratorium Virtual untuk Studi Analisis Karakteristik Motor-motor Listrik*. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Yandri. 2011. *Penentuan Parameter dan Arus Asut Motor Induksi Tiga Fasa*. Universitas Tanjungpura.
- Krause P. C., dan Thomas C. H. 1965. *Simulation of Symmetrical Induction Machinery*. *IEEE Transactions on Power Apparatus and System*.
- Prasetyo, Eko. 2009. *Analisis Pengaruh Jatuh Tegangan Jala-jala Terhadap Unjuk Kerja Motor Induksi Tiga Fasa Rotor Sangkar Tupai*. Universitas Sumatera Utara.
- Chapter 3 Model of a Three Phase Induction Motor. Tersedia dari <http://www.ntech.edu/files/cesr/StudThesis/asuri/chapter3.pdf>.

# Aplikasi Teknik Enkripsi Dan Dekripsi File Dengan Algoritma Blowfish Pada Perangkat Mobile Berbasis Android

Siswo Wardoyo, Rian Fahrizal, Zaldi Imanullah<sup>1</sup>

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon, Indonesia

**Abstrak** - Kriptografi merupakan salah satu cara yang digunakan untuk mengamankan data dalam bentuk file dengan mengenkripsi file sehingga orang lain tidak berhak mengetahui file yang sifatnya pribadi dan rahasia. Salah satu metode kriptografi adalah algoritma Blowfish yang merupakan algoritma yang menggunakan kunci simetris untuk melakukan enkripsi dan dekripsi. Aplikasi yang dibangun ini dapat melakukan enkripsi file berbentuk gambar, video, dan dokumen. Aplikasi ini dapat berjalan pada ponsel yang minimal memiliki sistem operasi Android versi 2.3. Perangkat lunak yang digunakan untuk membangun aplikasi ini adalah Eclipse. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi yang dibangun mampu melakukan enkripsi dan dekripsi dengan baik. Hasil enkripsi file membuat file menjadi tidak diketahui lagi maknanya. Dengan menggunakan kunci berjumlah 72 bit atau 9 karakter dibutuhkan waktu  $1,49 \times 10^8$  tahun untuk membongkarnya dengan kecepatan komputasinya adalah  $10^6$  key/sec. Panjang kunci dan kerahasiaan kunci mempengaruhi dari tingkat keamanan file.

**Kata kunci:** kriptografi, algoritma Blowfish, kunci simetris, Android, enkripsi, dekripsi.

**Abstract** - Cryptography is one of the means used to secure the data in the file to encrypt the file so that others are not entitled to know the file that is private and confidential. One method of cryptography is the Blowfish algorithm is an algorithm that uses a symmetric key for encryption and decryption. Applications built can perform file encryption in the form of pictures, videos, and documents. These applications can run on any phone that has a minimum of the Android operating system version 2.3. The software used to build this application is Eclipse. The results of this study indicate that the application is built is able to perform encryption and decryption with well. The results create a file encryption file becomes no longer known meaning. By using the numbered keys 72 bit or 9 characters  $1,49 \times 10^8$  takes years to dismantle the computational speed is  $10^6$  keys / sec. Key length and key secrecy influence of the security level of the file.

**Keywords:** cryptography, Blowfish algorithm, key simetris, Android, encryption, decryption.

## I. PENDAHULUAN

Pada saat ini, penggunaan perangkat *mobile* sudah menjadi *trend* di masyarakat dunia. Perangkat *mobile* yang beredar saat ini sangat menakutkan. Teknologi *mobile* berkembang sangat pesat sehingga mempunyai dampak dalam meningkatkan efektifitas dan efisiensi dalam melakukan setiap pekerjaan. Sistem operasi untuk perangkat *mobile* semakin berkembang. Android merupakan salah satu sistem operasi *mobile* buatan Google yang kini sangat populer dan banyak digunakan orang-orang. Android juga merupakan sistem operasi yang berbasis perangkat lunak yang dapat dikembangkan secara terbuka (*open source*) sehingga banyak pengembang yang kini turut serta ikut mengembangkan aplikasi untuk Android.

Perangkat *mobile* yang dijalankan oleh Android tidak hanya menjadi alat komunikasi saja, melainkan dapat menjadi *self-assistant*, dapat digunakan untuk gaming, *browsing*, pemutar musik dan video, memotret gambar dan merekam video, media penyimpanan,

modem, bahkan sampai *internet banking*. Perangkat *mobile* sekarang memiliki memori eksternal yang memiliki kapasitas cukup besar dan akan terus meningkat kapasitasnya. Dalam suatu media penyimpanan, terdapat

suatu data penting atau rahasia yang tidak semua orang boleh mengetahuinya. Data-data penting yang hanya boleh diketahui oleh pemiliknya saja antara lain dokumen, video, foto, akun email, akun jejaring sosial, akun kartu kredit, akun internet banking. Apalagi saat proses pengiriman file melalui media internet maupun saat perangkat *mobile* itu hilang, membuat pemiliknya sangat riskan kehilangan data-data pentingnya.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan coba dibuat sebuah aplikasi pengamanan data berupa dokumen, gambar, dan video dengan menggunakan metode algoritma Blowfish untuk mengenkripsi data yang berjalan pada sistem operasi Android sehingga pemilik merasa aman untuk menyimpan datanya. Aplikasi ini sekaligus sebagai aplikasi alternatif

keamanan yang sebelumnya sudah terdapat di perangkat Android.

## II. DASAR TEORI

### A. Kriptografi

Kriptografi (*cryptography*) berasal dari Bahasa Yunani: “*cryptos*” artinya “*secret*” (rahasia), sedangkan “*graphein*” artinya “*writing*” (tulisan). Jadi kriptografi adalah ilmu dan seni untuk menjaga kerahasiaan pesan dengan cara menyandikannya ke dalam bentuk yang tidak dapat dimengerti lagi maknanya.

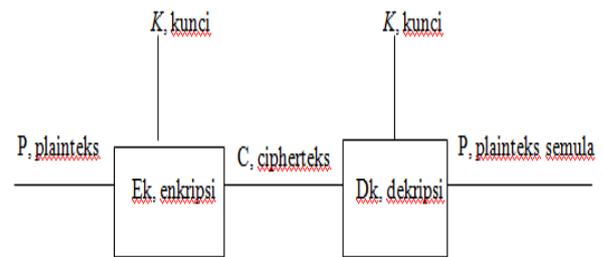
Dalam menjaga kerahasiaan data dengan kriptografi, data sederhana yang dikirim (*plaintext*) diubah ke dalam bentuk data sandi (*ciphertext*), kemudian data sandi tersebut hanya dapat dikembalikan ke bentuk data sebenarnya hanya dengan menggunakan kunci (*key*) tertentu yang dimiliki oleh pihak yang sah saja. Tentunya hal ini menyebabkan pihak lain yang tidak memiliki kunci tersebut tidak akan dapat membaca data yang sebenarnya sehingga dengan kata lain data akan tetap terjaga kerahasiannya.

### B. Plaintext dan Ciphertext

Pesan (*message*) adalah data atau informasi yang dapat dibaca dan dimengerti maknanya. Nama lain untuk pesan adalah plaintext (*plaintext*) atau teks jelas (*cleartext*). Pesan dapat berupa data atau informasi yang dikirim (melalui kurir, saluran telekomunikasi) atau yang disimpan di dalam media perekaman (kertas, *storage*). Pesan yang tersimpan tidak hanya berupa teks, tetapi juga dapat berbentuk citra (*image*), suara/bunyi (*audio*), *archive*, dan *video*. Agar pesan tidak dapat dimengerti maknanya oleh pihak lain, maka pesan perlu disandikan ke bentuk lain yang tidak dapat dipahami. Bentuk pesan yang tersandi disebut ciphertexts (*ciphertext*) atau kriptogram (*cryptogram*). Ciphertexts harus dapat ditransformasikan kembali menjadi plaintexts semula agar pesan yang diterima bisa dibaca.

### C. Enkripsi dan dekripsi

Proses menyandikan plaintext menjadi ciphertexts disebut enkripsi (*encryption*) atau *enciphering* (standar nama menurut ISO 7498-2). Sedangkan proses mengembalikan ciphertexts menjadi plaintexts semula dinamakan dekripsi (*decryption*) atau *deciphering* (standar nama menurut ISO 7498-2). Enkripsi dan dekripsi dapat diterapkan baik pada pesan yang dikirim maupun pada pesan tersimpan. Istilah *encryption of data in motion* mengacu pada enkripsi pesan yang ditransmisikan melalui saluran komunikasi, sedangkan istilah *encryption of data at-rest* mengacu pada enkripsi dokumen yang disimpan di dalam *storage*. Contoh *encryption of data in motion* adalah pengiriman nomor PIN dari mesin ATM ke komputer *server* di kantor bank pusat. Contoh *encryption of data at-rest* adalah enkripsi file basis data di dalam *harddisk*. Gambar 1 menunjukkan skema enkripsi dan dekripsi.



Gambar 1. Skema enkripsi dan dekripsi

### D. Tujuan Kriptografi

Ada empat tujuan mendasar dari ilmu kriptografi ini yang juga merupakan aspek keamanan informasi yaitu:

1. Kerahasiaan adalah layanan yang digunakan untuk menjaga isi dari informasi dari siapapun kecuali yang memiliki otoritas atau kunci rahasia untuk membuka/mengupas informasi yang telah disandi.
2. Integritas data adalah berhubungan dengan pencegahan dari perubahan data secara tidak sah. Untuk menjaga integritas data, sistem harus memiliki kemampuan untuk mendeteksi manipulasi data oleh pihak-pihak yang tidak berhak, antara lain penyisipan, penghapusan, dan pensubstitusian data lain ke dalam data yang sebenarnya.
3. Autentifikasi adalah berhubungan dengan identifikasi atau pengenalan, baik secara kesatuan sistem maupun informasi itu sendiri. Dua pihak yang saling berkomunikasi harus saling memperkenalkan diri. Informasi yang dikirimkan melalui kanal harus diautentikasi keaslian, isi datanya, dan waktu pengiriman.
4. Nirpenyangkalan adalah usaha untuk mencegah terjadinya penyangkalan terhadap pengiriman atau terciptanya suatu informasi oleh yang orang mengirimkan atau membuat.

### E. Algoritma Blowfish

Blowfish alias "*OpenPGP.Cipher.4*" merupakan enkripsi yang termasuk dalam golongan *Symmetric Cryptosystem*, metode enkripsinya mirip dengan DES (*DES like Cipher*) diciptakan oleh seorang Cryptanalyst bernama Bruce Schneier Presiden perusahaan Counterpane Internet Security, Inc (Perusahaan konsultan tentang kriptografi dan keamanan komputer) dan dipublikasikan tahun 1994. Dibuat untuk digunakan pada komputer yang mempunyai mikroprosesor besar (*32-bit* keatas dengan *cache* data yang besar). Blowfish dikembangkan untuk memenuhi kriteria desain yang cepat dalam implementasinya dimana pada keadaan optimal dapat mencapai 26 *clock cycle* per *Byte*, kompak dimana dapat berjalan pada memori kurang dari 5 KB, sederhana dalam algoritmanya sehingga mudah diketahui kesalahannya, dan keamanan yang variabel dimana panjang kunci bervariasi (minimum 32 *bit*, maksimum 448 *bit*, *multiple 8 bit*, *default 128 bit*).

Blowfish dioptimalkan untuk berbagai aplikasi dimana kunci tidak sering berubah, seperti pada jaringan komunikasi atau enkripsi file secara otomatis. Dalam pengimplementasiannya dalam computer bermikroprosesor 32-bit dengan cache data yang besar (Pentium dan Power PC) Blowfish terbukti jauh lebih cepat dari DES. Tetapi Blowfish tidak cocok dengan aplikasi dengan perubahan kunci yang sering atau sebagai fungsi hash satu arah seperti pada aplikasi packet switching. Blowfish pun tidak dapat digunakan pada aplikasi kartu pintar (smart card) karena memerlukan memori yang besar. Algoritma Blowfish terdiri atas dua bagian: key expansion dan enkripsi data.

1. Key Expansion

Berfungsi merubah kunci (minimum 32-bit, maksimum 448-bit) menjadi beberapa array subkunci (subkey) dengan total 4168 Byte (18x32-bit untuk P-array dan 4x256x32-bit untuk S-box sehingga totalnya 33344 bit atau 4168 Byte). Kunci disimpan dalam K-array:

$$K_1, K_2, \dots, K_j \quad 1 \leq j \leq 14$$

Kunci-kunci ini yang dibangkitkan (generate) dengan menggunakan subkunci yang harus dihitung terlebih dahulu sebelum enkripsi atau dekripsi data. Sub-sub kunci yang digunakan terdiri dari:

P-array yang terdiri dari 18 buah 32-bit subkunci,

$$P_1, P_2, \dots, P_{18}$$

S-box yang terdiri dari 4 buah 32-bit, masing-masing memiliki 256 entri:

$$\begin{matrix} S_{1,0}, S_{1,1}, S_{1,2}, S_{1,3}, \dots, S_{1,255} \\ S_{2,0}, S_{2,1}, S_{2,2}, S_{2,3}, \dots, S_{2,255} \\ S_{3,0}, S_{3,1}, S_{3,2}, S_{3,3}, \dots, S_{3,255} \\ S_{4,0}, S_{4,1}, S_{4,2}, S_{4,3}, \dots, S_{4,255} \end{matrix}$$

Langkah-langkah perhitungan atau pembangkitan subkunci tersebut adalah sebagai berikut:

- Inisialisasi P-array yang pertama dan juga empat S-box, berurutan, dengan string yang telah pasti. String tersebut terdiri dari digit-digit heksadesimal dari phi, tidak termasuk angka tiga di awal.
- XOR-kan P1 dengan 32-bit awal kunci, XOR-kan P2 dengan 32-bit berikutnya dari kunci, dan seterusnya untuk semua bit kunci. Ulangi siklus seluruh bit kunci secara berurutan sampai seluruh P-array ter-XOR-kan dengan bit-bit kunci. Atau jika disimbolkan :  $P_1 = P_1 \oplus K_1$ ,  $P_2 = P_2 \oplus K_2$ ,  $P_3 = P_3 \oplus K_3$ , ...  $P_{14} = P_{14} \oplus K_{14}$ ,  $P_{15} = P_{15} \oplus K_1$ , ...  $P_{18} = P_{18} \oplus K_4$ . Keterangan :  $\oplus$  adalah simbol untuk XOR.
- Enkripsikan string yang seluruhnya nol dengan algoritma Blowfish, menggunakan subkunci yang telah dideskripsikan pada langkah 1 dan 2.
- Gantikan P1 dan P2 dengan keluaran dari langkah 3.
- Enkripsikan keluaran langkah 3 menggunakan algoritma Blowfish dengan subkunci yang telah dimodifikasi.
- Gantikan P3 dan P4 dengan keluaran dari langkah 5.

- Lanjutkan langkah-langkah di atas, gantikan seluruh elemen P-array dan kemudian keempat S-box secara berurutan, dengan hasil keluaran algoritma Blowfish yang terus-menerus berubah.

Total keseluruhan, terdapat 521 iterasi untuk menghasilkan subkunci-subkunci dan membutuhkan memori sebesar 4KB.

2. Enkripsi Data

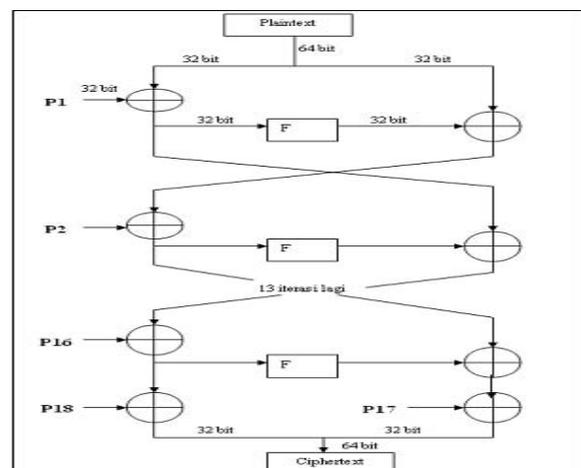
Terdiri dari iterasi fungsi sederhana (Feistel Network) sebanyak 16 kali putaran (iterasi), masukannya adalah 64 bit elemen data X. Setiap putaran terdiri dari permutasi kunci dependent dan substitusi kunci dan data dependent. Semua operasi adalah penambahan (addition) dan XOR pada variabel 32-bit. Operasi tambahan lainnya hanyalah empat penelusuran tabel array berindeks untuk setiap putaran. Langkahnya adalah seperti berikut:

- Bagi X menjadi dua bagian yang masing-masing terdiri dari 32-bit: XL, XR.
- Lakukan langkah berikut  
For i = 1 to 16:  
 $XL = XL \oplus P_i$   
 $XR = F(XL) \oplus XR$   
Tukar XL dan XR
- Setelah iterasi ke-16, tukar XL dan XR lagi untuk melakukan membatalkan pertukaran terakhir.
- Lalu lakukan  
 $XR = XR \oplus P_{17}$   
 $XL = XL \oplus P_{18}$
- Terakhir, gabungkan kembali XL dan XR untuk mendapatkan cipherteks.

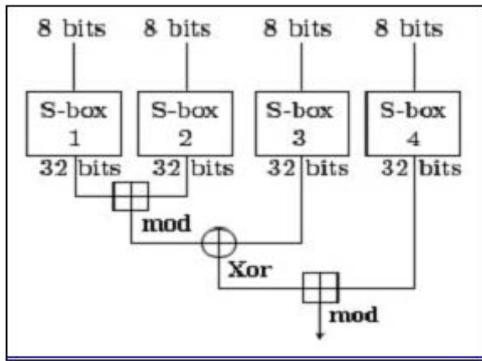
Untuk lebih jelasnya blok diagram enkripsi algoritma Blowfish dapat dilihat pada Gambar 2.

Fungsi F adalah sebagai berikut: bagi  $x_L$  dalam empat kuartar 8-bit yaitu a, b, c dan d seperti Gambar 3 maka:

$$F(x_L) = ((S_{1,a} + S_{2,b} \text{ mod } 2^{32}) \oplus S_{3,c}) + S_{4,d} \text{ mod } 2^{32}$$



Gambar 2. Blok diagram algoritma enkripsi Blowfish



Gambar 3. Fungsi F

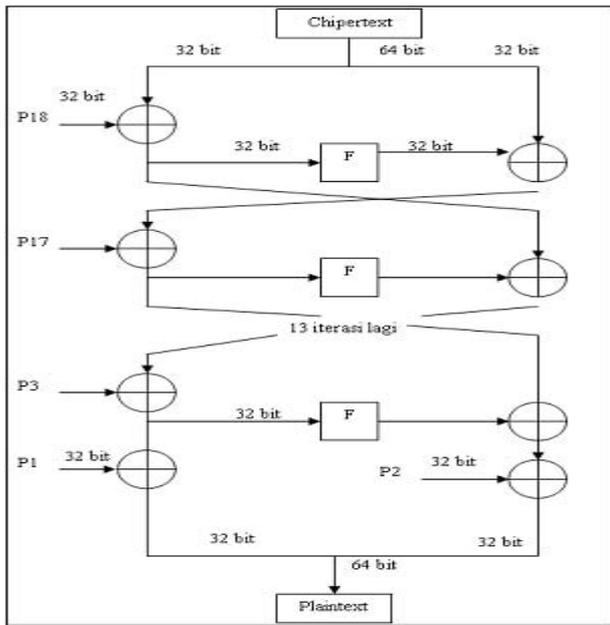
Dekripsi sama persis dengan enkripsi, kecuali bahwa  $P_1, P_2, \dots, P_{18}$  digunakan pada urutan yang berbalik (*reverse*). Algoritmanya dapat dinyatakan sebagai berikut:

```

for i = 1 to 16 do
   $XR_i = XL_{i-1} \oplus P_{19-i};$ 
   $XL_i = F[XR_i] \oplus XR_{i-1};$ 
 $XL_{17} = XR_{16} \oplus P_1;$ 
 $XR_{17} = XL_{16} \oplus P_2;$ 

```

Untuk lebih jelasnya blok diagram dekripsi algoritma Blowfish dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Blok diagram dekripsi Blowfish

#### f. Android

Android adalah kumpulan perangkat lunak yang ditujukan bagi perangkat bergerak mencakup sistem operasi, *middleware*, dan aplikasi kunci. *Android Standart Development Kit* (SDK) menyediakan perlengkapan dan *Application Programming Interface* (API) yang diperlukan untuk mengembangkan aplikasi pada *platform* Android menggunakan bahasa pemrograman Java.

Android dikembangkan oleh Google bersama Open Handset Alliance (OHA) yaitu aliansi perangkat selular

terbuka yang terdiri dari 47 perusahaan *hardware*, *software* dan perusahaan telekomunikasi ditujukan untuk mengembangkan standar terbuka bagi perangkat selular.

Pada mulanya terdapat berbagai macam sistem operasi pada perangkat selular, diantaranya sistem operasi Symbian, Microsoft Windows Mobile, Mobile Linux, iPhone, dan sistem operasi lainnya. Namun diantara sistem operasi yang ada belum mendukung standar dan penerbitan API yang dapat dimanfaatkan secara keseluruhan dan dengan biaya yang murah. Kemudian Google ikut berkecimpung di dalamnya dengan *platform* Android, yang menjanjikan keterbukaan, keterjangkauan, *open source*, dan *framework* berkualitas.

Pada tahun 2005, Google mengakuisisi perusahaan Android Inc. untuk memulai pengembangan *platform* Android. Dimana terlibat dalam pengembangan ini Andy Rubin, Rich Miner, Nick Sears, dan Chris White. Pada pertengahan 2007 sekelompok pemimpin industri bersama-sama membentuk aliansi perangkat selular terbuka, Open Handset Alliance (OHA). Bagian dari tujuan aliansi ini adalah berinovasi dengan cepat dan menanggapi kebutuhan konsumen dengan lebih baik, dengan produk awalnya adalah *platform* Android.

Dimana Android dirancang untuk melayani kebutuhan operator telekomunikasi, manufaktur *handset*, dan pengembang aplikasi. Android pertama kali diluncurkan pada 5 November 2007, dan *smartphone* pertama yang menggunakan sistem operasi Android adalah HTC Dream yang dirilis pada 22 Oktober 2008. Hingga saat ini Android telah merilis beberapa versi Android untuk menyempurnakan versi sebelumnya. Selain berdasarkan penomoran, pada setiap versi Android terdapat kode nama berdasarkan nama-nama kue.

Berikut ini adalah macam-macam versi dari Android:

1. Android versi 1.1
2. Android versi 1.5 (Cupcake)
3. Android versi 1.6 (Donut)
4. Android versi 2.0/2.1 (Eclair)
5. Android versi 2.2 (Froyo: Frozen Yoghurt)
6. Android versi 2.3 (Gingerbread)
7. Android versi 3.0/3.1 (Honeycomb)
8. Android versi 4.0 (ICS: Ice Cream Sandwich)
9. Android versi 4.1 (Jelly Bean)
10. Android versi 4.2 (Jelly Bean)
11. Android versi 4.3 (Jelly Bean)
12. Android versi 4.4 (KitKat)

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Perancangan Antarmuka (Interface)

Perancangan *interface* adalah bagian yang penting dalam aplikasi karena yang pertama kali dilihat ketika aplikasi dijalankan adalah *interface* aplikasi. Perancangan antarmuka sendiri terdiri dari perancangan antarmuka menu utama, perancangan antarmuka *about* dan perancangan antarmuka *help*.

Perancangan antarmuka sendiri menggunakan bahasa XML.

1. Perancangan Antarmuka Menu Utama

Perancangan antarmuka menu utama adalah tampilan yang terdiri dari bagian *input file, browse, password, encrypt, decrypt, home, about, help*.

2. Perancangan Antarmuka About

Perancangan antarmuka *about* adalah tampilan yang berisi mengenai penjelasan tentang aplikasi yang telah dibuat.

3. Perancangan Antarmuka Help

Perancangan antarmuka *help* adalah tampilan yang berisi mengenai penjelasan tentang cara melakukan enkripsi dan dekripsi file.

B. Pembuatan Kelas Encryption.java

Kelas *encryption* ini adalah kelas yang digunakan untuk melakukan proses enkripsi dan dekripsi file. Pada pembuatan program ini, digunakan *software* Eclipse dengan menggunakan bahasa Java. Tabel 1 memperlihatkan pembagian modul-modul program beserta keterangan dari modul-modul yang telah dibuat. Tampilan pada aplikasi di OS Android diatur oleh file XML yang terdapat dalam folder *res/layout*. Tabel 2 memperlihatkan daftar tampilan *layout* yang telah dibuat.

Tabel 1. Modul-Modul Program dari Aplikasi Enkripsi dan Dekripsi File

Nama Modul	Keterangan
AboutActivity.java	Activity yang menampilkan menu <i>about</i>
DashBoardActivity.java	Activity yang mengatur perpindahan antar tampilan dan perintah <i>exit</i>
FileChooser.java & FileArrayAdapter.java	Mengatur menu <i>browse</i> file serta memilih file pada memori <i>handphone</i>
HelpActivity.java	Activity yang menampilkan menu <i>help</i>
MainActivity.java	Activity yang menampilkan menu di halaman utama atau awal
Item.java	Menyimpan variabel dan fungsi-fungsi Item
Encryption.java	Fungsi enkripsi dan dekripsi berdasarkan algoritma Blowfish

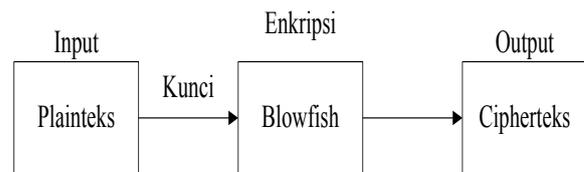
Tabel 2. Nama File Layout Beserta Fungsinya

Nama File	Fungsi
about.xml	Mengatur tampilan pada halaman <i>about</i>
file_view.xml	Mengatur tampilan <i>browse</i> file
footer.xml	Mengatur tampilan menu di bawah

header.xml	Mengatur tampilan menu di atas
help.xml	Mengatur tampilan pada halaman <i>help</i>
main.xml	Mengatur tampilan pada halaman awal

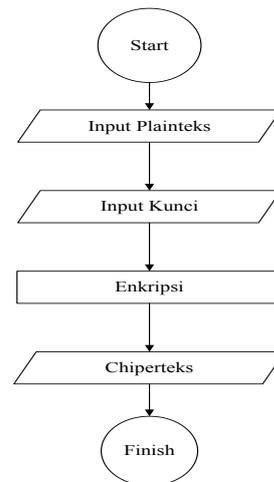
C. Proses Enkripsi File

Pada tahap ini merancang program untuk mengenkripsi file menggunakan algoritma Blowfish. Diagram blok sistem untuk proses enkripsi file diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Blok Proses Enkripsi File

Gambar 6 memperlihatkan *flowchart* proses enkripsi file secara keseluruhan. Untuk melakukan proses enkripsi file hal pertama yang dilakukan adalah input plaintext berupa file yang telah ditentukan ukuran dan format filenya.

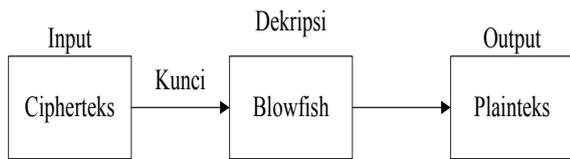


Gambar 6. Flowchart Proses Enkripsi File

Kunci yang digunakan untuk proses enkripsi file bisa berupa gabungan angka, huruf dan karakter khusus sesuai keinginan dari penggunaanya. Blowfish sendiri menggunakan kunci simetris dimana kunci untuk enkripsi dan dekripsi sama. Setelah proses enkripsi file berhasil maka hasil outputnya berupa cipherteks yang sudah tidak dapat dimengerti maknanya.

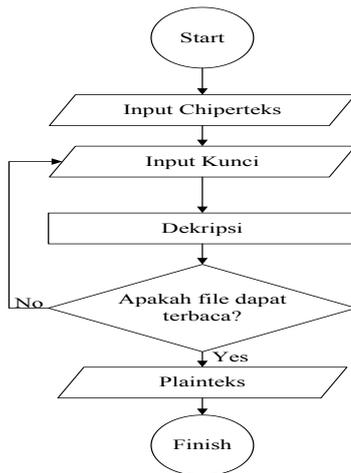
D. Proses Dekripsi File

Pada tahap ini merancang program untuk mendekripsi file menggunakan algoritma Blowfish. Diagram blok sistem untuk proses dekripsi file diperlihatkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram Blok Proses Dekripsi File

Gambar 8 memperlihatkan *flowchart* proses enkripsi file secara keseluruhan. Untuk melakukan proses dekripsi file hal pertama yang dilakukan adalah input cipherteks berupa file yang telah ditentukan ukuran dan format filenya.



Gambar 8. *Flowchart* Proses Dekripsi File

Kunci yang digunakan untuk proses enkripsi file bisa berupa gabungan angka, huruf dan karakter khusus sesuai keinginan dari penggunanya. Blowfish sendiri menggunakan kunci simetris dimana kunci untuk enkripsi dan dekripsi sama. Setelah proses dekripsi file berhasil maka hasil outputnya berupa plainteks yang bisa dimengerti maknanya.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Pengujian Antarmuka Aplikasi

Pengujian perancangan antarmuka aplikasi dilakukan dengan tujuan untuk melihat hasil antarmuka aplikasi enkripsi dan dekripsi file pada *handphone* Android. Pada pengujian antarmuka ini terdiri dari antarmuka menu utama, antarmuka *about*, antarmuka *help*. Untuk antarmuka aplikasi menggunakan bahasa pemrograman XML dan bahasa pemrograman Java untuk membuat *source code* enkripsinya.

##### 1. Antarmuka Menu Utama

Saat awal aplikasi dijalankan pada *handphone* berbasis Android seperti pada Gambar 9. Pada tampilan menu utama terdapat bagian-bagian dari inti aplikasi yang telah dibuat. Fungsi dari bagian-bagian tersebut meliputi:

- a. *Input File* : pilihan ini untuk memasukan file apa saja yang akan dienkrpsi yang terdapat dalam *SD Card*.

- b. *Password* : bagian ini untuk memasukan sandi untuk mengenkripsi dan dekripsi file.
- c. *Encrypt* : pilihan ini untuk memproses perintah enkripsi yang telah diberikan untuk dieksekusi sehingga file tidak dapat terbaca.
- d. *Decrypt* : pilihan ini untuk membalikan file seperti semula sehingga dapat terbaca kembali.
- e. *Home* : pilihan ini untuk ke menu utama aplikasi.
- f. *About* : pilihan ini untuk ke menu *about*.
- g. *Help* : pilihan ini untuk ke menu *help*.
- h. *Exit* : pilihan ini untuk keluar aplikasi.



Gambar 9. Antarmuka Menu Utama

Untuk memilih file yang akan dienkrpsi, pengguna harus menekan tombol *browse file*. Gambar 10 menunjukkan antarmuka untuk memilih file di *SD Card* pada *handphone* berbasis Android. File-file yang akan diujicobakan ditempatkan ke dalam folder "File Ujicoba".



Gambar 10. Antarmuka memilih file

Untuk melakukan proses enkripsi dan dekripsi file pada aplikasi yang telah dibuat, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- a. Masukkan file yang akan dienkrpsi dengan menekan *button browse*.
- b. Masukkan *password* dengan panjang *password* yang diinginkan.
- c. Tekan tombol *encrypt* untuk mengeksekusinya.

Jika proses enkripsi berhasil akan muncul tulisan *file encrypt* seperti tampilan pada Gambar 11. Langkah-langkah untuk enkripsi file sama dengan dekripsi file. Tekan tombol *decrypt* untuk mengembalikan file seperti semula sehingga bisa terbaca kembali.



Gambar 11. Peringatan jika proses enkripsi berhasil

2. *Antarmuka About*

Pada saat tombol *About* diklik maka tampilan awal berpindah ke tampilan *About* seperti terlihat pada Gambar 12. Tampilan *About* ini berisi mengenai penjelasan tentang aplikasi yang telah dibuat, fitur-fitur yang terdapat dalam aplikasi, ucapan terimakasih kepada pihak-pihak yang terlibat dalam pembuatan aplikasi dan informasi mengenai pengembang.



Gambar 12. Antarmuka *About*

3. *Antarmuka Help*

Pada saat tombol *Help* diklik maka akan berpindah ke tampilan *Help* seperti terlihat pada Gambar 13. Tampilan *Help* ini berisi mengenai penjelasan tentang cara penggunaan enkripsi dan dekripsi file.



Gambar 13. Antarmuka *Help*

B. *Pengujian Program Aplikasi*

Pada bagian ini dilakukan pengujian aplikasi untuk mengenkripsi file dan setelah proses enkripsi file selesai dilakukan akan dilihat hasilnya kemudian dilakukan pengujian dekripsi file untuk mengembalikan file seperti semula. Pengujian dilakukan dengan format file yang berbeda-beda yang umum terdapat pada perangkat Android. Untuk tingkat keamanannya dilakukan terhadap serangan *brute force*.

1. *Pengujian Terhadap Ukuran File*

Hasil pengujian terhadap file-file yang telah ditentukan sebelumnya dari berbagai macam format file dapat dilihat pada Tabel 3 yang menunjukkan hasil ukuran file setelah dilakukan proses enkripsi file dan Tabel 4 yang menunjukkan hasil ukuran file setelah dilakukan proses dekripsi file.

Tabel 3. Hasil Proses Enkripsi beberapa format file yang berbeda

No	Nama file plainteks	Ukuran file plainteks (Byte)	Ukuran file cipherteks (Byte)
1	Algoritma dan Flowchart.pptx	1528716	1528720
2	Berapa Lama Waktu Bongkar Password.doc	117248	117256
3	Cara Merubah Background Pas Foto.mp4	4910554	4910560
4	Fellaini.jpg	334713	334720
5	LIST SILABUS CCNA EXPLORATION.txt	1114	1120
6	MAC Random Access 10.pptx	442168	442176
7	Matematika Teknik 2 exel 97-2003.xls	151552	151560

8	Motorola Charm.jpg	201285	201288
9	Paper Aes.pdf	673435	673440
10	Sejarah Adobe Photoshop.pdf	1130348	1130352

Dari hasil pengujian pada Tabel 3 dan Tabel 4 tersebut dapat diketahui bahwa ukuran file setelah dilakukan proses enkripsi akan berbeda hasilnya dibandingkan sebelumnya. Setelah file didekripsi kembali ukuran file akan sama seperti semula. Hal ini menunjukkan aplikasi ini dapat bekerja dengan baik. Ukuran file setelah dienkripsi lebih besar dari ukuran asli disebabkan karena adanya proses *padding* yaitu untuk memperoleh blok terakhir sebesar 64 *bit*. Panjang *password/key* untuk melakukan pengujian ini adalah 9 karakter yang terdiri dari kombinasi huruf dan angka. *Key* yang digunakan untuk ujicoba adalah *qwerty123*.

Tabel 4. Hasil Proses Dekripsi beberapa format file yang berbeda

No	Nama file plainteks	Ukuran file cipherteks (Byte)	Ukuran file plainteks (Byte)
1	Algoritma dan Flowchart.pptx	1528720	1528716
2	Berapa Lama Waktu Bongkar Password.doc	117256	117248
3	Cara Merubah Background Pas Foto.mp4	4910560	4910554
4	Fellaini.jpg	334720	334713
5	LIST SILABUS CCNA EXPLORATION.txt	1120	1114
6	MAC Random Access 10.pptx	442176	442168
7	Matematika Teknik 2 exel 97-2003.xls	151560	151552
8	Motorola Charm.jpg	201288	201285
9	Paper Aes.pdf	673440	673435
10	Sejarah Adobe Photoshop.pdf	1130352	1130348

## 2. Pengujian Enkripsi Terhadap Beberapa Tipe File

Ujicoba enkripsi dan dekripsi yang telah dilakukan pada file yang berformat (.pptx), (.doc), (.mp4), (.jpg), (.txt), (.xls) dan (.pdf). Di bawah ini merupakan hasil enkripsi dan dekripsi dari format file yang telah ditentukan tersebut.

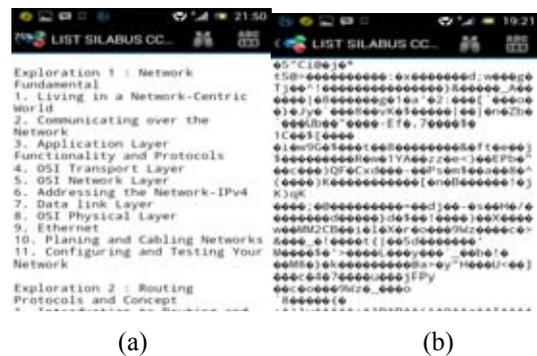
### a. File .txt

Untuk pengujian pada file (.txt) dengan nama file LIST SILABUS CCNA EXPLORATION.txt dengan

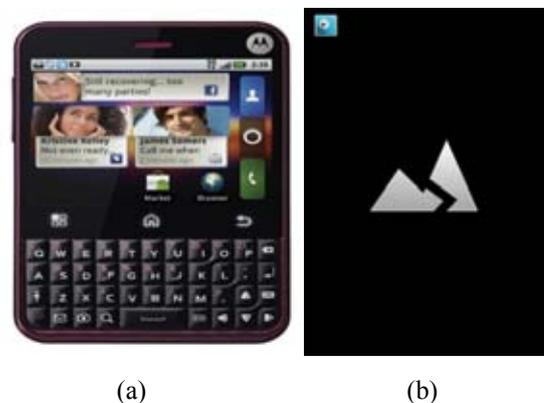
menggunakan *password* “qwerty123” untuk enkripsi dan dekripsinya. Plainteknya ditunjukkan pada Gambar 14 (a) dengan ukuran file sebesar 1114 *Byte*. Hasil enkripsinya ditunjukkan pada Gambar 14 (b) dengan ukuran file sebesar 1120 *Byte* atau lebih besar 6 *Byte* dari ukuran aslinya. Hasil enkripsinya berupa simbol-simbol acak yang tidak bisa dibaca kembali.

### b. File .jpg

Untuk pengujian pada file (.jpg) dengan nama file Motorola Charm.jpg dengan menggunakan *password* “qwerty123” untuk enkripsi dan dekripsinya. Plainteknya ditunjukkan pada Gambar 15 (a) dengan ukuran file sebesar 201285 *Byte*. Hasil enkripsinya ditunjukkan pada Gambar 15 (b) dengan ukuran file sebesar 201288 *Byte* atau lebih besar 3 *Byte* dari ukuran aslinya. Hasil enkripsinya berupa gambar yang tidak bisa dilihat kembali.



Gambar 14. Plainteks (a) dan Cipherteks (b) dari file berformat .txt



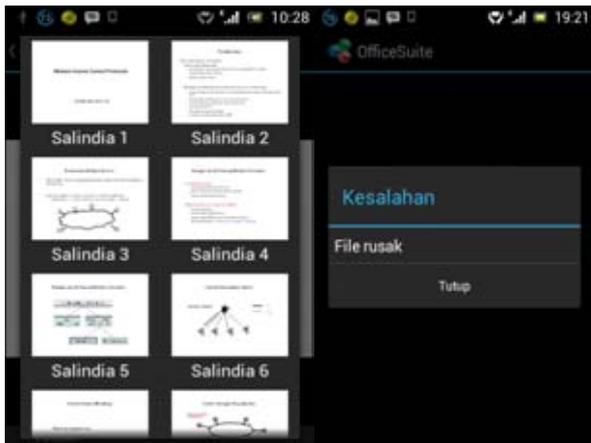
Gambar 15. Plainteks (a) dan Cipherteks (b) dari file berformat .jpg

### c. File .pptx

Untuk pengujian pada file (.pptx) dengan nama file MAC Random Access 10.pptx dengan menggunakan *password* “qwerty123” untuk enkripsi dan dekripsinya. Plainteknya ditunjukkan pada Gambar 16 (a) dengan ukuran file sebesar 442168 *Byte*. Hasil enkripsinya ditunjukkan pada Gambar 16 (b) dengan ukuran file sebesar 442176 *Byte* atau lebih besar 8 *Byte* dari ukuran aslinya. Hasil enkripsinya berupa file yang tidak bisa dibaca kembali.

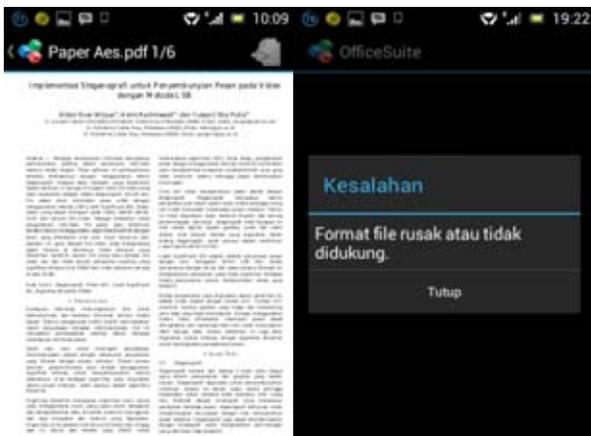
d. File .pdf

Untuk pengujian pada file (.pdf) dengan nama file Paper Aes.pdf dengan menggunakan password “qwerty123” untuk enkripsi dan dekripsinya. Plainteksnnya ditunjukkan pada Gambar 17 (a) dengan ukuran file sebesar 673435 Byte. Hasil enkripsinya ditunjukkan pada Gambar 17 (b) dengan ukuran file sebesar 673440 Byte atau lebih besar 5 Byte dari ukuran aslinya. Hasil enkripsinya berupa file yang tidak bisa dibaca kembali.



(a) (b)

Gambar 16. Plainteks (a) dan Cipherteks (b) dari file berformat .pptx



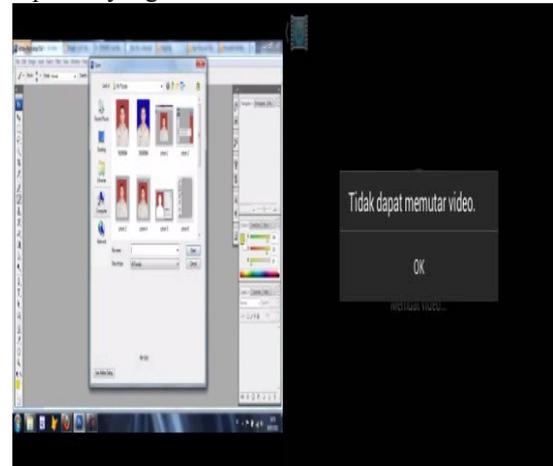
(a) (b)

Gambar 17. Plainteks (a) dan Cipherteks (b) dari file berformat .pdf

e. File .mp4

Untuk pengujian pada file (.mp4) dengan nama file Cara Merubah Background Pas Foto.mp4 dengan menggunakan password “qwerty123” untuk enkripsi dan dekripsinya. Plainteksnnya ditunjukkan pada Gambar 18 (a) dengan ukuran file sebesar 4910554 Byte. Hasil enkripsinya ditunjukkan pada Gambar 18

(b) dengan ukuran file sebesar 4910560 Byte atau lebih besar 6 Byte dari ukuran aslinya. Hasil enkripsinya berupa file yang tidak bisa dibaca kembali.

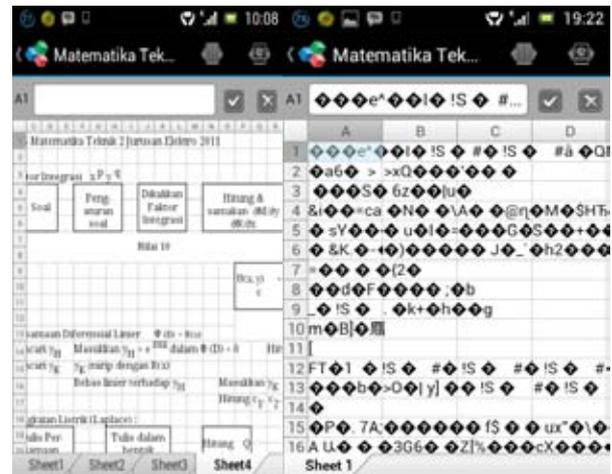


(a) (b)

Gambar 18. Plainteks (a) dan Cipherteks (b) dari file berformat .mp4

f. File .xls

Untuk pengujian pada file (.xls) dengan nama file Matematika Teknik 2 excel 97-2003.xls dengan menggunakan password “qwerty123” untuk enkripsi dan dekripsinya. Plainteksnnya ditunjukkan pada Gambar 19 (a) dengan ukuran file sebesar 151552 Byte. Hasil enkripsinya ditunjukkan pada Gambar 19 (b) dengan ukuran file sebesar 151560 Byte atau lebih besar 8 Byte dari ukuran aslinya. Hasil enkripsinya berupa simbol-simbol yang tidak bisa dibaca kembali.



(a) (b)

Gambar 19. Plainteks (a) dan Cipherteks (b) dari file berformat .xls

g. File .doc

Untuk pengujian pada file (.doc) dengan nama file Berapa Lama Waktu Bongkar Password.doc dengan menggunakan password “qwerty123” untuk enkripsi

dan dekripsinya. Plainteksnya ditunjukkan pada Gambar 20 (a) dengan ukuran file sebesar 117248 Byte. Hasil enkripsinya ditunjukkan pada Gambar 20 (b) dengan ukuran file sebesar 117256 Byte atau lebih besar 8 Byte dari ukuran aslinya. Hasil enkripsinya berupa simbol-simbol yang tidak bisa dibaca kembali.



(a) (b)

Gambar 20. Plainteks (a) dan Cipherteks (b) dari file berformat .doc

Dari hasil pengujian aplikasi terhadap file-file yang telah ditentukan format filenya, rancangan proses enkripsi pada file tersebut yang telah dirancang dapat diimplementasikan dan berhasil dijalankan dengan baik. Hal ini dibuktikan dengan aplikasi yang bisa diinstal ke dalam *handphone* Android dan dapat digunakan untuk melakukan proses enkripsi dan dekripsi file. *Password/key* digunakan harus sama karena algoritma Blowfish menggunakan kunci simetris untuk melakukan proses enkripsi dan dekripsi file. Proses dekripsi file dengan *password/key* yang salah tidak dapat membuka file kembali seperti keadaan semula. Untuk itu pengguna aplikasi ini disarankan untuk mengingat dengan baik *password/key* yang digunakan. Jika pengguna lupa *password/key* maka file tidak dapat didekripsi lagi. Panjang *password/key* dan kerahasiaan *password/key* mempengaruhi dari tingkat keamanan file itu sendiri.

Hasil pengujian enkripsi file yang dilakukan terhadap file dokumen, gambar, dan video membuat file tersebut tidak dapat dimengerti maknanya kembali. Karena pada saat proses enkripsi terdapat operasi penambahan dan XOR sehingga karakter yang sebelumnya bisa dibaca menjadi tidak terbaca. Gambar 14 sampai dengan Gambar 20 menunjukkan perbedaan tampilan file sebelum dan setelah dilakukan proses enkripsi. Perbedaan ukuran file sebelum dan setelah proses enkripsi dikarenakan adanya proses *padding* yaitu untuk memperoleh blok terakhir sebesar 64 bit. Hal ini karena algoritma Blowfish adalah algoritma yang menggunakan *cipher* blok 64 bit untuk membagi ukuran file sebelum dilakukan proses enkripsinya.

Untuk tingkat keamanan dilakukan pengujian terhadap serangan *brute force*. Serangan bertipe *brute force* adalah dengan menerapkan percobaan setiap kemungkinan kunci yang ada satu per satu sampai diperoleh plaintext yang diharapkan. Waktu yang diperlukan untuk memperoleh kunci yang diharapkan, selalu berbanding lurus dengan panjang bit kunci yang dimiliki oleh algoritma kriptografi, dan makin cepat prosesor yang dipakai, makin cepat waktu yang pula dibutuhkan untuk dapat memperoleh kunci tersebut. Analisa *brute force attack* pada sistem ini adalah dengan melakukan perhitungan matematis dari masing-masing kunci untuk mendapatkan nilai durasi proses memecahkan kemungkinan kunci. Panjang kunci yang digunakan dalam penelitian ini adalah 72 bit. Kemungkinan kunci yang dapat dihasilkan dengan menggunakan panjang 72 bit adalah sejumlah  $4,7 \times 10^{21}$  kunci. Asumsi kecepatan komputasi adalah  $10^6$  *key/sec* maka :

$$\frac{4,7 \times 10^{21}}{10^6} = \frac{4,7 \times 10^{15} \text{ sec}}{3,1536 \times 10^7} = 1,49 \times 10^8$$

menghasilkan durasi sejumlah  $1,49 \times 10^8$  tahun untuk memecahkan seluruh kemungkinan kunci.

Berdasarkan dari hasil pengujian tersebut, maka aplikasi enkripsi dan dekripsi file ini cukup aman untuk melindungi file-file yang sifatnya pribadi dan rahasia yang orang lain tidak berhak untuk mengetahuinya.

## V. PENUTUP

### A. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan dalam penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Aplikasi enkripsi dan dekripsi file dapat berfungsi dengan baik pada *handphone* Android dengan OS Android 2.3, 4.0, dan 4.1.
2. Aplikasi yang dibuat dapat diimplementasikan dengan baik untuk melakukan enkripsi dan dekripsi file karena file yang telah dienkripsi menjadi tidak bisa dimengerti dan pahami lagi isinya.
3. Tingkat keamanan dari aplikasi yang dibuat cukup aman karena algoritma Blowfish memiliki panjang kunci yang besar. Dengan menggunakan kunci berjumlah 72 bit atau 9 karakter dibutuhkan waktu  $1,49 \times 10^8$  tahun untuk membongkarnya dengan kecepatan komputasinya adalah  $10^6$  *key/sec*.

### B. Saran

Aplikasi enkripsi dan dekripsi file ini masih banyak kekurangannya sehingga diharapkan kedepannya sistem aplikasi ini bisa dikembangkan menjadi lebih baik lagi. Terdapat beberapa saran diantaranya:

1. Menambahkan beberapa fitur diantaranya penambahan pilihan algoritma lain dan kemampuan untuk mengenkripsi folder.
2. Pembuatan fungsi waktu sehingga bisa diketahui seberapa cepat enkripsi dan dekripsi filenya.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Rahman, Abdul. (2012). *Implementasi Algoritma Serpent Untuk Enkripsi Dan Dekripsi Data File Pada Ponsel Berbasis Android*. Jurnal Jurusan Teknik Informatika STMIK GI MDP.
- [2] Defni, Indri Rahmayun. (2014). *Enkripsi SMS (Short Message Service) Pada Telepon Selular Berbasis Android Dengan Metode RC6*. Jurnal Momentum Vol.16 No.1. Februari 2014 Jurusan Teknologi Informasi Politeknik Negeri Padang.
- [3] Munir, Rinaldi. (2006). *Kriptografi*. Bandung: Penerbit Informatika.
- [4] Munir, Rinaldi. (2004). *Diktat Kuliah IF5054 Kriptografi*. Bandung. Teknik Informatika ITB.
- [5] Syafari, Anjar. Sekilas Tentang Enkripsi Blowfish. Tersedia dari: [ilmukomputer.org/wp.../anjar-enkripsi-blowfish.doc](http://ilmukomputer.org/wp.../anjar-enkripsi-blowfish.doc). [URL dikunjungi pada tanggal 2 September 2013]
- [6] Juwairiah. (2010). *Aplikasi Kriptografi File Menggunakan Algoritma Blowfish*. Seminar Nasional Informatika 2010 (semnasIF 2010) UPN "Veteran" Yogyakarta, 22 Mei 2010.
- [7] Tri Massandy, Danang. (2011). *Studi dan Implementasi Cryptography Package pada Sistem Operasi Android*. Makalah Jurusan Teknik Informatika-STEI Institut Teknologi Bandung.
- [8] Satvika Aswari, Ni Made. (2011). *Eksplorasi Java Cryptography Architecture (JCA) dan Implementasinya Pada Perangkat Android*. Makalah Jurusan Teknik Informatika-STEI Institut Teknologi Bandung.
- [9] Amiral, Muhammad. (2010). *Aplikasi Pengingat Shalat dan Arah Kiblat Menggunakan Global Positioning System (GPS) Berbasis Android 1.6*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Informatika Institut Teknologi Indonesia.
- [10] Inggiantowi, Hafid. (2011). *Studi Implementasi Algoritma Block Cipher pada Platform Android*. Makalah Jurusan Teknik Informatika-STEI Institut Teknologi Bandung.
- [11] Pratama, Widiyanto. *Pengenalan Android Part 1*. Tersedia dari: [ml.scribd.com/doc/190153286/Pengenalan-Android](http://ml.scribd.com/doc/190153286/Pengenalan-Android). [URL dikunjungi pada tanggal 20 Juni 2013]
- [12] E Pratiwi, Apriyanti. (2011). *Implementasi Enkripsi Data Dengan Algoritma Blowfish Menggunakan Java Pada Aplikasi Email*. Jurnal Jurusan Teknik Komputer Politeknik Telkom Bandung.
- [13] Erikawaty Aryani Tambunan, Shanty. (2010). *Implementasi Algoritma Kriptografi Blowfish Untuk Keamanan Dokumen Pada Microsoft Office*. Jurnal Jurusan Teknik Informatika STMIK Amikom Yogyakarta.
- [14] Pambudi Nusa, Tetuko. (2013). *Rancang Bangun Aplikasi Enkripsi Database MYSQL Dengan Algoritma Blowfish*. Jurnal Jurusan Manajemen Informatika Universitas Negeri Surabaya.
- [15] Alim Sutanto, Candra. (2010). *Penggunaan Algoritma Blowfish Dalam Kriptografi, Bandung*. Makalah Jurusan Teknik Informatika-STEI Institut Teknologi Bandung.

# Analisa Efisiensi Konsumsi Energi Listrik Pada Kapal Motor Penumpang Nusa Mulia

Alimuddin, Herudin, David Mangantar

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon, Indonesia

*alimudyuntirta@yahoo.co.id* , *davidtampubolon@yahoo.co.id*

**Abstrak** — Besarnya pemakaian energi listrik dipengaruhi oleh jenis beban yang dipakai. Beban memiliki sifat resistif, induktif, dan kapasitif. Sifat ini akan memiliki dampak pada sistem kelistrikan yaitu faktor daya. Semakin besar faktor daya (daya aktif besar) maka sistem listrik tersebut akan semakin bagus dan sebaliknya. Oleh karena itu ketika sistem memiliki faktor daya yang rendah (daya reaktif besar) maka akan berpengaruh pada konsumsi bahan bakar genset, sehingga dibutuhkan perbaikan faktor daya dengan menggunakan kapasitor. Sistem kelistrikan kapal Nusa Mulia memiliki faktor daya yang rendah sehingga membutuhkan kapasitor untuk perbaikan faktor daya. Pada Tugas Akhir ini dilakukan simulasi pemasangan kapasitor sebesar 80, 11 dan 215 KVAR pada masing-masing feeder panel untuk meningkatkan faktor daya dari 0,78 menjadi 0,95. Hasil perhitungan menunjukkan pengeluaran biaya energi bahan bakar perhari turun dari Rp10.985.000 menjadi Rp7.492.680.

**Kata kunci:** Faktor Daya, Kapasitor, Biaya Listrik

**Abstract** - The amount of electrical energy consumption is influenced by the type of weight used. Expenses have resistive, inductive, and capacitive. These properties will have an impact on the electrical system is the power factor. The greater the power factor (large active power) then the electrical system will be better and vice versa. Therefore when the system has a low power factor (reactive power is great) it will affect the fuel consumption of the generator, so it takes power factor improvement using capacitors. Nusa electrical systems aboard Majesty has a low power factor and thus require a capacitor for power factor improvement. In this paper conducted simulation installation of capacitors by 80, 11 and 215 KVAR on each feeder panel to improve power factor from 0.78 to 0.95. The calculations show the energy expenditure of fuel per day fell from Rp10.985.000 be Rp7.492.680.

**Keywords:** Power Factor, Capacitors, Electricity Costs

## I. PENDAHULUAN

Kapal Motor Penumpang (KMP) Nusa Mulia adalah kapal angkutan umum yang mengangkut penumpang dan kendaraan umum yang melewati Merak menuju Bakauheni dan sebaliknya. Dari segi kelistrikan, kapal Nusa Mulia termasuk mengkonsumsi listrik yang cukup besar, ini dikarenakan kapal Nusa Mulia banyak menggunakan beban induktif seperti motor listrik sehingga pemakaian bahan bakar untuk mensuplai beban-beban induktif menjadi besar.

Akibat pemakaian beban induktif yang besar maka mengakibatkan faktor daya yang rendah yaitu sekitar 0,78 dan menyebabkan pemakaian daya yang kurang optimal pada peralatan listrik lain. Untuk itulah diperlukan perbaikan faktor daya pada kapal Nusa Mulia agar tercipta pemakaian daya listrik yang optimal dan efisien. Di Indonesia sendiri PLN menetapkan faktor daya sebesar 0,85 yang mana dengan faktor daya 0,85 sudah bisa dikatakan baik. Ini dikarenakan jika faktor daya kurang dari 0,85 maka pihak konsumen dikenakan biaya KVAR sehingga tagihan rekening listrik menjadi naik. Untuk dikapal sendiri kurang lebih sama, perbedaannya jika dikapal mengakibatkan pemakaian bahan bakar yang menjadi boros.

Maka dari itu untuk memperbesar harga  $\cos \varphi$  (faktor daya) yang rendah hal yang mudah dilakukan adalah memperkecil sudut  $\varphi$  (phi). Sedangkan untuk

memperkecil sudut  $\varphi$  (phi) hal yang mungkin dilakukan adalah memperkecil komponen daya reaktif (VAR). Berarti komponen daya reaktif yang ada bersifat induktif sehingga harus dikurangi dan pengurangan itu bisa dilakukan dengan menambah suatu sumber daya reaktif yaitu berupa kapasitor.

Kapasitor ini berfungsi untuk mengurangi reaktif induktif yang disebabkan beban motor listrik tadi dan menaikkan  $\cos \varphi$  (faktor daya). Adapun kapasitor ini sering disebut kapasitor bank, kapasitor bank inilah yang akan digunakan untuk sistem kelistrikan kapal Nusa Mulia dengan tujuan dapat meningkatkan faktor dayanya dan meng-efisiensikan pemakaian bahan bakar di kapal Nusa Mulia.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### a. Konservasi Energi Listrik

Menurut bahasa konservasi berarti pengawetan, perlindungan, pengawetan, atau pengendalian. Konservasi energi berarti menggunakan energi secara efisien dengan tidak menurunkan fungsi energi itu sendiri secara teknis namun memiliki tingkat ekonomi yang serendah-rendahnya, dapat diterima oleh masyarakat serta tidak pula mengganggu lingkungan. Sehingga konservasi energi listrik adalah penggunaan energi listrik dengan efisiensi tinggi melalui langkah-langkah penurunan berbagai kehilangan (*loss*) energi listrik pada semua taraf pengelolaan, mulai dari pembangkitan, pengiriman (transmisi), sampai dengan

pemanfaatan. Dengan kata lain yang lebih sederhana, konservasi energi listrik adalah penghematan energi listrik.

b. *Energi Listrik, Daya Listrik dan Beban Listrik*

Daya listrik pada sistem tenaga listrik bolak-balik tiga fasa terdiri dari tiga komponen, yaitu daya kompleks, daya aktif, dan daya reaktif. Yang dimaksud dengan daya kompleks adalah jumlah tegangan dan arus yang digunakan untuk diubah energi listrik per satuan waktu. Daya kompleks mengandung komponen real dan imajiner dari daya yang diberikan.

$$S = 3 \cdot V_{rms} \times I_{rms} \tag{1}$$

$$S = P + jQ \tag{2}$$

$$S = Scos\phi + jSsin\phi \tag{3}$$

$$E = P \cdot t \tag{4}$$

Keterangan :

$V_{rms}$  = tegangan RMS (volt)

$I_{rms}$  = arus RMS (ampere)

$S$  = daya kompleks (VA)

$P$  = daya real (watt)

$Q$  = daya imajiner (VAR)

$j$  = operator imajiner

$t$  = waktu (jam)

$E$  = energi listrik (KWH)

$\phi$  = perbedaan sudut fasa antara tegangan dan arus

c. *Pengaruh Kualitas Daya Listrik*

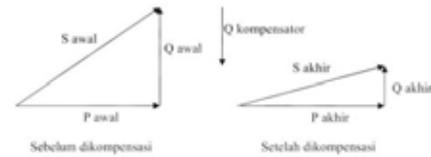
Faktor daya adalah rasio daya aktif terhadap daya kompleks. Faktor daya bernilai antara 0 (nol) sampai 1 (satu). Beban dengan faktor daya 0.9 lagging menunjukkan bahwa beban secara efektif dapat menggunakan 90 persen dari daya kompleks (VA) yang disuplai dan mengubahnya untuk melakukan suatu kerja yang berguna (watt).

Magnitude daya reaktif meningkat seiring dengan menurunnya faktor daya. Daya reaktif menyebabkan adanya energi yang terbuang karena daya reaktif tidak dapat digunakan untuk bekerja sedangkan daya yang dibangkitkan oleh pembangkit adalah daya kompleks. Selain itu, keadaan ini akan meningkatkan rugi-rugi pada jaringan listrik karena meningkatnya arus yang dikirimkan. Oleh karena itu, penghematan energi yang cukup signifikan dapat dilakukan dengan meningkatkan faktor daya.

Faktor daya sistem tenaga listrik dapat ditingkatkan dengan cara:

1. Mengurangi beban yang tidak efisien; motor yang bekerja pada beban penuh secara signifikan memiliki faktor daya yang lebih baik
2. Pemasangan kapasitor eksternal pada motor atau pada peralatan distribusi
3. Menggunakan motor hemat energi
4. Menggunakan motor sinkron daripada motor induksi
5. Peningkatan faktor daya dapat dilakukan dengan pemasangan kapasitor paralel pada sisi beban.

Perbaikan tersebut dapat dijelaskan pada gambar berikut:



Gambar 1. Upaya Peningkatan Faktor Daya dengan Pemasangan Kapasitor

Ukuran kapasitor yang digunakan untuk kompensasi faktor daya dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$Q_{kompensator} = P(\tan[\cos^{-1}PF_{lama}] - \tan[\cos^{-1}PF_{baru}]) \tag{5}$$

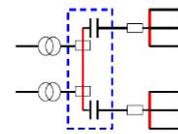
Persentase pengurangan rugi-rugi jaringan yang diperoleh dengan peningkatan faktor daya ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\% \text{ Pengurangan rugi - rugi} = \left[ 1 - \left( \frac{PF_{lama}}{PF_{baru}} \right)^2 \right] \times 100\% \tag{6}$$

d. *Metode Pemasangan Kapasitor Bank*

1. *Global Compensation*

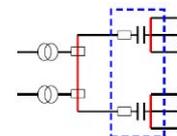
Pada kompensasi global, *capacitor bank* dipasang paralel pada panel utama. Metode ini mudah dan sederhana. Tetapi masih ada arus reaktif yang mengalir di semua penghantar dari tempat pemasangan *capacitorbank* hingga ke beban. Dengan demikian rugi-rugi daya pada penghantar tersebut tidak dapat ditekan.



Gambar 2. *global compensation*

2. *Group Compensation*

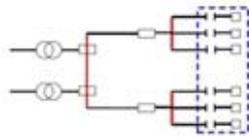
Dengan metode ini kapasitor yang terdiri dari beberapa panel kapasitor dipasang dipanel distribusi. Cara ini cocok diterapkan pada industri dengan kapasitas beban terpasang besar sampai ribuan kva dan terlebih jarak antara panel induk dan panel distribusi cukup berjauhan.



Gambar 3. *Group Compensation*

3. *Individual Compensation*

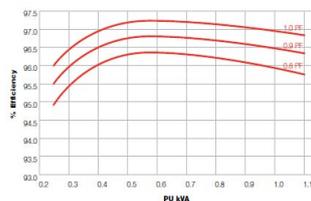
Pada kompensasi individual, *capacitor bank* dipasang langsung pada terminal beban induktif. Metode ini paling bagus dibandingkan dengan dua metode lainnya. Rugi-rugi daya pada semua penghantar dan dapat dilakukan penambahan beban pada sisi sekunder transformator.



Gambar 4. Individual Compensation

e. Generator-set

Sebuah generator -set memiliki rating yang dinyatakan dalam kW dan faktor daya. Sebuah generator yang beroperasi pada kW rating pada beban lagging dengan faktor daya 0,8 membutuhkan kW dari mesin yang lebih besar daripada saat beroperasi pada kW rating pada beban resistif. Hal ini berkaitan dengan perubahan efisiensi alternator dan akan menyebabkan peningkatan temperatur operasi dan konsumsi bahan bakar.



Gambar 5. Kurva Efisiensi Alternator

1. Sistem Bahan Bakar

Pada mesin diesel, bahan bakar yang digunakan adalah solar. Untuk bahan bakar ini dibutuhkan tanki sebagai penyimpanan bahan bakar. Merencanakan tanki penyimpanan harus di perhitungkan pemakaian bahan bakar dan untuk berapa lama bahan bakar disediakan.

$$V_{th} = \text{specific fuels consumption (SFC)} \times P \times T \quad (7)$$

Keterangan:

$V_{th}$  = volume tanki penyimpanan bahan bakar (liter)

SFC = konsumsi spesifik bahan bakar (l/KWH)

T = untuk berapa lama bahan bakar disediakan (liter)

P = daya listrik (KWH)

f. Payback Period (PBP)

Metode Analisis *payback period* bertujuan untuk mengetahui seberapa lama (periode) investasi akan dapat dikembalikan saat terjadinya kondisi *Break Even Point* (jumlah arus kas masuk sama dengan jumlah arus kas keluar). *Payback Period* (PBP) ini dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Payback Period} = \frac{\text{investasi}}{\text{saving}} \quad (8)$$

Keterangan:

PBP = Jangka waktu pengembalian investasi.

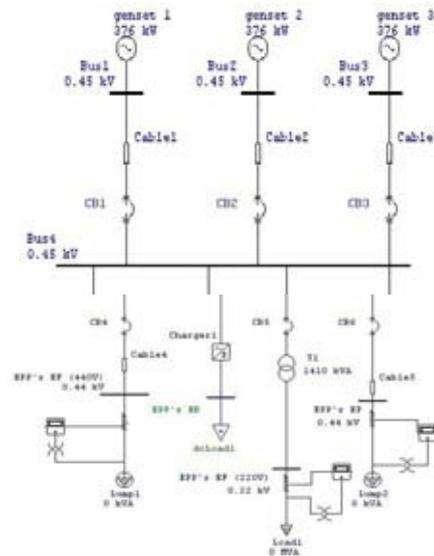
Investasi = Jumlah investasi awal yang dilakukan untuk mengganti sistem lama dengan sistem yang baru.

Saving = Penghematan yang dihasilkan dari penggunaan sistem baru.

III. METODE PENELITIAN

A. Sistem Kelistrikan Kapal Nusa Mulia

Single Line Diagram diagram sistem kelistrikan pada KUD Tani Mulyo dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Single Line Diagram di Kapal Nusa Mulia Menggunakan ETAP

B. Hasil Pengukuran Listrik

Hasil pengukuran listrik adalah hasil pengukuran di beberapa feeder jaringan listrik dikapal Nusa Mulia, yaitu di beberapa panel yang menuju ke beban. Adapun hasil pengukuran tersebut adalah

1. Feeder EPP's EF (440V)

Tabel 1. Hasil Pengukuran Feeder EPP' EF (440V) di Kapal Nusa Mulia

Kondisi Kapal	Tegangan	Arus	cosp	Daya Nyata (P)	Daya Reaktif (Q)	Daya semu (S)
Sandar	440 V	146,8 A	0,79	88,4	68,6 KVAR	112 KVA
Mau berangkat	440 V	192,5 A	0,79	115,8	89,7 KVAR	146,7 KVA
Berlayar	440 V	294,1 A	0,79	177,9 KW	137,7 KVAR	224,6 KVA
Mau sandar	440 V	191A	0,79	114,9	89,2 KVAR	146 KVA

2. Feeder EPP's EF (220V)

Tabel 2. Hasil Pengukuran Feeder EPP' EF (220V) di Kapal Nusa Mulia

Kondisi Kapal	Tegangan	Arus	cosp	Daya Nyata (P)	Daya Reaktif (Q)	Daya semu (S)
Sandar	220 V	88,8 A	0,83	28,1 KW	18,7 KVAR	33,7 KVA
Mau berangkat	220 V	90,1 A	0,83	28,5 KW	19,3 KVAR	34,8 KVA
Berlayar	220 V	94,2 A	0,82	29,5 KW	20,5 KVAR	35,8 KVA
Mau sandar	220 V	90,6 A	0,83	28,7 KW	19,6 KVAR	34,5 KVA

3. Feeder EPP' EP

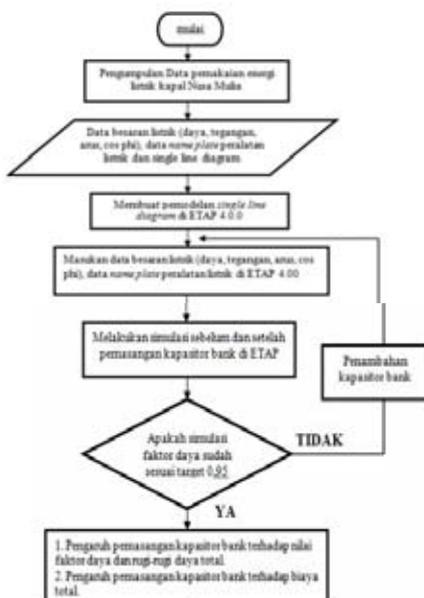
Tabel 3. Hasil Pengukuran EPP' EP Di Kapal Nusa Mulia

Kondisi Kapal	Tegangan	Arus	cosφ	Daya Nyata (P)	Daya Reaktif (Q)	Daya semu (S)
Sandar	440 V	542,2 A	0,8	330,5 KW	247,7 KVAR	413,8 KVA
Mau berangkat	440 V	760,2 A	0,78	451,9 KW	362,8 KVAR	578,8 KVA
Belayar	440 V	762,1 A	0,78	452,5 KW	363,1 KVAR	580,3 KVA
Mau sandar	440 V	542,9 A	0,8	331,4 KW	248,2 KVAR	413,9 KVA

C. Langkah Penelitian

1. Mempersiapkan *single line* diagram, sistem distribusi kelistrikan kapal Nusa Mulia
2. Mengumpulkan data komponen sistem yang dibutuhkan oleh perangkat lunak (*software*) dalam hal ini ETAP *Power Station*. Berupa data mentah yang biasa digunakan untuk analisis pemasangan kapasitor.
3. Mengumpulkan data tegangan dan beban sistem kelistrikan kapal Nusa Mulia sebagai dasar dalam melakukan pemodelan dan simulasi dengan *software* ETAP.
4. Memasukkan data yang diperlukan ETAP *Power Station*.
5. Melakukan analisis pemasangan kapasitor dengan simulasi di ETAP
6. Periksa hasil dan bandingkan berapa nilai faktor daya, daya nyata, daya reaktif dan daya semu ketika sebelum dan sesudah pemasangan kapasitor bank apakah terjadi perbaikan pada sistem.
7. Setelah terjadi perbaikan sistem dari simulasi maka hitung penghematan yang didapat setelah perbaikan.
8. Memberikan rekomendasi dan simpulan hasil penelitian.

D. Flow Chart



Gambar 7. Flow Chart Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Menghitung Konsumsi Energi Listrik

Dari data hasil pengukuran, maka didapat besarnya konsumsi energi listrik pada masing-masing feeder panel, sehingga konsumsi energi listrik pada masing-masing feeder dapat ditotal untuk mendapatkan konsumsi energi listrik secara keseluruhan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4. Total Pengukuran Konsumsi Energi Listrik Kapal Nusa Mulia

No.	Feeder	Daya nyata (P)	Daya reaktif (Q)	Daya semu (S)
1.	Feeder EPP' EF (440V)	177,9 KW	137,3 KVAR	224,6 KVA
2.	Feeder EPP' EF (220V)	29,5 KW	20,5 KVAR	35,8 KVA
3.	Feeder EPP' EP	452,5 KW	363,1 KVAR	580,3 KVA
<b>TOTAL</b>		<b>660 KW</b>	<b>521KVAR</b>	<b>841 KVA</b>

b. Biaya Energi Listrik

Biaya energi listrik adalah biaya energi bahan bakar kapal Nusa Mulia sebelum perbaikan faktor daya. Adapun biaya energi bahan bakar ini menggunakan beberapa asumsi, antara lain :

1. Konsumsi SFC = 0,16 liter/KWH
2. Harga bahan bakar = Rp 6.500 /liter

Maka jumlah dan biaya bahan bakar yang dikonsumsi adalah:

$$(perhari) \text{ liter} = 660 \times 0,16 \times 16 = 1.690 \text{ liter}$$

$$biaya = 1.690 \times Rp6.500 = Rp 10.985.000$$

Untuk konsumsi bahan bakar perbulan dan pertahun sama dengan perhitungan diatas dan hasilnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 5. Biaya Energi Sebelum Perbaikan Faktor Daya

Waktu	Energi (KWH)	Bahan bakar (Liter)	Biaya (Rupiah)
Per-hari	10.560	1.690	10.985.000
Per-bulan	211.200	33.792	219.648.000
Per-tahun	2.534.400	405.504	2.635.776.000

c. Faktor Daya

Hasil pengukuran faktor daya dikapal nusa mulia adalah

Tabel 6. Hasil Pengukuran Faktor Daya Dikapal Nusa Mulia

Feeder	Faktor daya (cos φ)
EPP' EF (440V)	0,79
EPP' EF (220V)	0,82
EPP' EP	0,78
<b>Total rata-rata</b>	<b>0,78</b>

Melalui pengukuran faktor daya untuk masing-masing feeder diperoleh penggambaran faktor

Per-tahun	2.534.400	405.504	2.635.776.000
-----------	-----------	---------	---------------

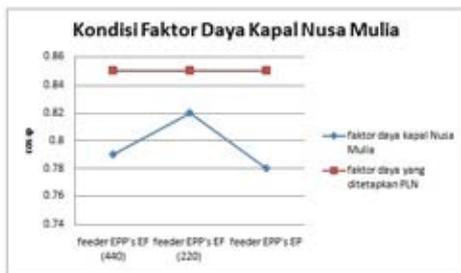
c. *Faktor Daya*

Hasil pengukuran faktor daya dikapal nusa mulia adalah

Tabel 6. Hasil Pengukuran Faktor Daya Dikapal Nusa Mulia

Feeder	Faktor daya (cos φ)
EPP' EF (440V)	0,79
EPP' EF (220V)	0,82
EPP' EP	0,78
<b>Total rata-rata</b>	<b>0,78</b>

Melalui pengukuran faktor daya untuk masing-masing feeder diperoleh penggambaran faktor daya yang dibandingkan dengan faktor daya minimum yang ditetapkan PLN sebagaimana pada grafik berikut:



Gambar 8. Grafik Faktor Daya di Kapal Nusa Mulia dan PLN

d. *Simulasi Pemasangan Kapasitor Bank*

Sebelum pemasangan kapasitor bank maka dihitung dulu berapa KVAR yang dibutuhkan untuk simulasi kapasitor bank di ETAP 4.0 yaitu

1. Feeder EPP' EF (440V)

$$Q_{kompensator} = 177,9(\tan[\cos^{-1}0,79] - \tan[\cos^{-1}0,95])KVAR$$

$$Q_{kompensator} = 79,6 KVAR$$

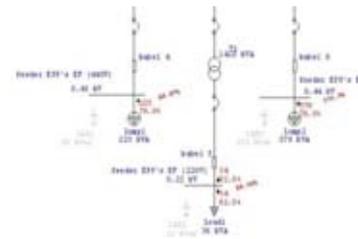
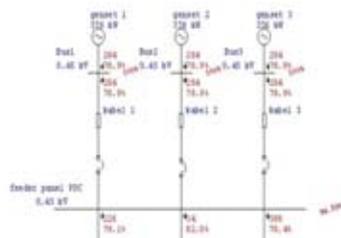
$$Q_{kompensator} \approx 80 KVAR$$

Untuk perhitungan yang sama pada Feeder EPP' EF (220V), dan Feeder EPP' EP, maka hasilnya adalah

Tabel 7. Ringkasan Hasil Perhitungan Kvar yang di Butuhkan Kapasitor Bank Pada Masing-Masing Feeder

	Feeder panel		
	Feeder EPP's EF (440V)	Feeder EPP's EF (220V)	Feeder EPP's EP
P total (KW)	177,9 KW	29,5 KW	452,5 KW
PF awal	0,79	0,82	0,78
PF akhir	0,95	0,95	0,95
Qc (KVAR)	80 KVAR	11 KVAR	215

a. Simulasi sebelum Pemasangan Kapasitor Bank menggunakan ETAP 4.0



Gambar 9. Simulasi Aliran Daya Sebelum Pemasangan Kapasitor Bank

Pada kondisi sebelum pemasangan kapasitor bank dengan beban penuh semua dinyalakan, Maka dari hasil simulasi diperoleh :

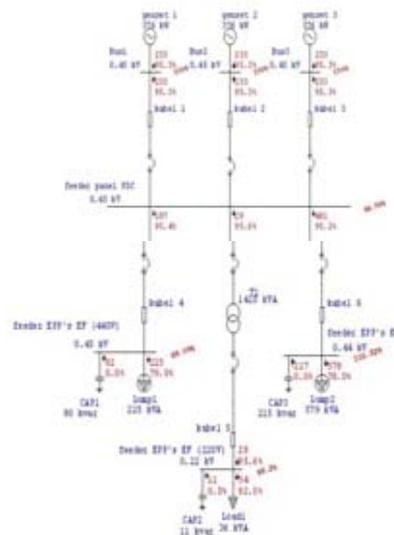
SUMMARY OF TOTAL GENERATION, LOADING & DEMAND

	MW	Mvar	MVA	% PF
Swing Bus(es):	0.072	0.524	0.552	79.07 Lagging
Generators:	0.000	0.000	0.000	100.00 Lagging
Total Demand:	0.072	0.524	0.552	79.07 Lagging
Total Motor Load:	0.029	0.500	0.504	79.20 Lagging
Total Static Load:	0.029	0.019		
Apparent Losses:	0.015	0.004		
System Min. mch:	0.000	0.000		

Number of iterations: 3

Gambar 10. Ringkasan Pembangkitan, Pembebanan dan Faktor Daya Total Sebelum Perbaikan Faktor Daya

b. Simulasi setelah Pemasangan Kapasitor Bank menggunakan ETAP 4.0



Gambar 10. Simulasi Aliran Daya Setelah Pemasangan Kapasitor Bank

Pada kondisi setelah pemasangan kapasitor bank dengan beban penuh semua dinyalakan, Maka dari hasil simulasi diperoleh :

**SUMMARY OF TOTAL GENERATION, LOADING & DEMAND**

	MW	Mvar	MVA	% EF
Swing Panel:	0.667	0.212	0.700	95.20 Lagging
Generator:	0.000	0.000	0.000	100.00 Lagging
Total Demand:	0.667	0.212	0.700	95.30 Lagging
Total Motor Load:	0.629	0.500	0.804	79.20 Lagging
Total Static Load:	0.038	-0.291		
Apparent Losses:	0.010	0.003		
System Mismatch:	0.000	0.000		

Number of Buses: 2

Gambar 11. Ringkasan Pembangkitan, Pembebanan Dan Faktor Daya Total Setelah Perbaikan Faktor Daya

Maka ringkasan hasil perbaikan faktor daya pada simulasi ini dapat diperlihatkan pada tabel berikut ini: tabel 8. Rincian Hasil Simulasi ETAP 4.0

Kondisi di	Sebelum pemasangan kapasitor bank		Setelah pemasangan kapasitor bank	
	KVAR	Cos φ	KVAR	Cos φ
Feeder PDC	524	0,7887	212	0,9530

Dengan melakukan simulasi ETAP 4.0 maka dapat dipastikan dengan menggunakan kapasitor bank yang telah dihitung harga KVARnya secara manual, ketika simulasi tidak jauh berbeda hasil cos φ sebelum dan setelah perbaikan untuk mencapai cos φ akhir menjadi 0,95. Baik secara perhitungan maupun secara simulasi ETAP.

*e. Pemakaian Energi Listrik setelah perbaikan faktor daya Pada masing-masing Feeder*

**a. Feeder EPP' EF (440V)**

$$\% \text{pengurangan rugi} - \text{rugi} = \left[ 1 - \left( \frac{0,79}{0,95} \right)^2 \right] \times 100\% = 30,84\%$$

$$KWH_{\text{rugi}} = P \cdot t = 30,84\% \times 177,9 \times 16 = 877,9 \text{ KWH}$$

Dengan perhitungan yang sama untuk Feeder EPP' EF (220V) dan Feeder EPP' EP maka hasilnya adalah Tabel 9. Perbandingan Pemakaian Energi Listrik Pada Feeder Panel Kapal Nusa Mulia

Sebelum Pemasangan kapasitor bank			Setelah Pemasangan kapasitor bank		
Feeder	KWH per-hari	KWH per-tahun	Feeder	KWH per-hari	KWH per-tahun
Feeder EPP' EF (440V)	2.846,4	683.136	Feeder EPP' EF (440V)	877,9	210.696
Feeder EPP' EF (220V)	472	113.280	Feeder EPP' EF (220V)	120,3	28.872
Feeder EPP' EP	7.240	1.737.600	Feeder EPP' EP	2.359,5	566.280
<b>Total</b>	<b>10.560</b>	<b>2.534.016</b>	<b>Total</b>	<b>3.358</b>	<b>805.848</b>

*f. Biaya Energi Setelah Perbaikan Faktor Daya (perhari) liter* = 3.358 x 0,16 = 537,28 liter  
*biaya* = 537,28 x Rp6500 = Rp3.492.320

Untuk perbulan dan pertahun menggunakan perhitungan yang sama maka hasilnya adalah

Waktu	Biaya awal sebelum pemakaian	BBM (liter)	Biaya setelah pemasangan kapasitor bank	BBM (liter)
Perhari	Rp 10.985.000	1.690	Rp7.492.680	1.152,72
Pertahun	Rp 2.635.776.000	405.504	Rp1.797.693.950	276.568,3

Tabel 10. Konsumsi Bahan Bakar Energi Listrik Pada Feeder Panel Kapal Nusa Mulia

Tabel 11. Penghematan Setelah Pemasangan Kapasitor Bank Dikapal Nusa Mulia

Waktu	BBM (liter)	Biaya penghematan
Perhari	537,28	Rp3.492.320
Pertahun	128.935,7	Rp838.082.050

Pada tabel di atas, menunjukkan adanya penghematan yang dikeluarkan untuk biaya bahan bakar yang tadinya perhari biaya yang dikeluarkan Rp10.985.000 setelah penghematan biaya yang dikeluarkan menjadi Rp7.492.680.

**V. KESIMPULAN**

1. Kondisi pemakaian bahan bakar pada sistem kelistrikan Kapal Nusa Mulia sebelum perbaikan faktor daya adalah 1.690 liter perhari dengan biaya Rp10.985.000 dengan faktor daya rata-rata 0,78. Ini sangat tidak baik mengingat kondisi faktor daya yang rendah maka perbaikan faktor daya dengan pemasangan kapasitor bank sebagai salah satu alternatif mengatasi faktor daya yang rendah.
2. Kondisi pemakaian bahan bakar pada sistem kelistrikan Kapal Nusa Mulia setelah perbaikan faktor daya adalah 537,28 liter. Ini adalah penghematan bahan bakar setelah perbaikan faktor daya menjadi 0,95 dengan pemasangan kapasitor bank, maka setelah perbaikan faktor daya menjadi 0,95 maka pemakaian bahan bakar menjadi 1.152,72 liter perhari dengan biaya Rp7.492.680.
3. Dengan pemasangan kapasitor bank hasil perhitungan dan simulasi maka didapat perbaikan faktor daya menjadi 0,95 dari yang tadinya 0,78. Dengan faktor daya 0,95 maka beban KVAR di kapal Nusa mulia telah direduksi menjadi 212 KVAR hasil simulasi ETAP dari yang tadinya KVAR dikapal Nusa Mulia sebesar 524 KVAR

**DAFTAR PUSTAKA**

[1] Fauzan, H.J. (2008). Konservasi Energi Listrik pada Industri Baja dengan Meningkatkan Efisiensi dan Kualitas Daya Listrik. Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia.  
 [2] Hadi, Prasetio. (2008). Konservasi Energi Listrik pada Industri Otomotif. Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

- 
- [3] Jamali, Jamal. (2014). *Analisis Perbaikan Faktor Daya di PT. Primer Indokencana Gorontalo*. Universitas Negeri Gorontalo.
  - [4] Iverson, Jim. (2006). *Rated Power Factor Test and Installation Acceptance of Imergency and Standby Power System. Technical Information, Cummins Power Generation*.
  - [5] Rizal, Abdul. (2001). Studi Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) Dengan Daya 1500 KW Di Pulau Bawean PT. PLN (persero) UPJ Area Gresik. Fakultas Teknologi Industri Universitas Kristen Petra Surabaya.
  - [6] PowerStation Help. (2000). *Load Flow Calculation Method. Lake Forest, CA. Operation Technology, Inc.*
  - [7] Tampubolon, Wempi. (2012). Analisa Audit Energi Dengan Parameter Beban Penerangan dan Sistem Pengkondisian Udara Pada Rumah Sakit Krakatau Medika (RSKM) Cilegon. Jurusan Teknik Elektro. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
  - [8] Jaya Santoso, Yusan. (2007). Simulasi dan analisa efek penempatan capasitor 360, 310, 210 kVAR pada plant 1 di PT. Garudafood Putra Jaya. Fakultas teknologi industri Universitas Kristen Petra Surabaya.

# Sistem Presensi Berbasis Algoritma *Eigenface* Dengan Metode *Principal Component Analysis*

Siswo Wardoyo, Romi Wiryadinata, Raya Sagita

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon, Indonesia

**Abstrak** - Presensi adalah suatu pendataan kehadiran, bagian dari pelaporan aktivitas suatu institusi, atau komponen institusi itu sendiri yang berisi data-data kehadiran yang disusun dan diatur sedemikian rupa sehingga mudah untuk dicari dan dipergunakan apabila sewaktu-waktu diperlukan oleh pihak yang berkepentingan. Aplikasi komputer yang dikembangkan pada sistem presensi adalah aplikasi komputer yang dapat mengenali wajah seseorang hanya dengan menggunakan webcam. Sistem pengenalan wajah ini menggunakan algoritma *eigenface*, dengan menggunakan citra yang dihasilkan melalui webcam dan menggunakan informasi mentah dari pixel citra yang kemudian direpresentasikan dalam metoda *Principal Component Analysis (PCA)*. Hasil dari pengujian sistem presensi menggunakan ekspresi wajah, aksesoris wajah dan variasi jarak, didapat sensitivitas 100%, spesifisitas 55.55 %, dan akurasi 69.33 %.

**Kata kunci:** Sistem presensi, *eigenface*, *PCA*.

**Abstract** - Presence is a collection of attendance, part of the reporting activities of an institution, the institution itself or components that contain attendance data compiled and arranged in a way that is easy to find and used at any time when required by the interested parties. Computer applications developed on Presence system is a computer application that can recognize someone's face just by using a webcam. Face recognition system using *eigenface* algorithm, using the resulting image via webcam and use the raw information from the pixel image which is then represented in the method of *Principal Component Analysis (PCA)*. The results of testing the system using facial expressions presence, face accessories and distance variation, obtained sensitivitas 100%, a specificity of 55.55%, and 69.33% accuracy.

**Keywords:** System of presence, *eigenface*, *PCA*.

## I. PENDAHULUAN

Adanya komputer sebagai alat yang menghasilkan informasi dan alat pengolahan data, sehingga kemajuan teknologi komputer dapat diimplementasikan pada sistem presensi menggantikan sistem presensi yang belum terkomputerisasi (manual). Pada sistem presensi manual yaitu menggunakan sistem pengarsipan biasa (pembukuan). Permasalahan yang sering muncul apabila proses dilakukan secara manual [1], yaitu :

1. Kemungkinan manipulasi data kehadiran.
2. Hilang buku presensi (manual).
3. Kesulitan dalam rekapitulasi data kehadiran.

Sistem presensi menggunakan identifikasi wajah sebagai *input* dan menganalisa tingkat akurasi pengenalan yang dilakukan oleh sistem. Teknik ini bisa diimplementasikan dengan menggunakan kamera digital sebagai media *scanning* wajah, atau dengan menggunakan *webcam*.

Peneliti memilih tentang proses merancang bangun sebuah sistem presensi dengan menggunakan identifikasi wajah sebagai *input* dan menganalisa tingkat akurasi pengenalan sistem berdasarkan algoritma *eigenface* dengan metode *PCA (principal component analysis)*.

## II. DASAR TEORI

Citra (*image*) atau gambar adalah salah satu komponen multimedia yang memegang peranan sangat penting sebagai bentuk informasi visual. Citra mempunyai karakteristik yang tidak dimiliki oleh data teks, yaitu citra memiliki informasi. Sebuah gambar dapat memberikan informasi yang lebih banyak daripada informasi tersebut disajikan dalam bentuk kata-kata (tekstual).

### A. Citra Analog

Citra analog adalah citra yang bersifat kontinu, citra yang masih dalam bentuk sinyal analog, seperti hasil pengambilan gambar oleh kamera atau citra tampilan di layar TV ataupun monitor (sinyal video), foto sinar-X yang tercetak di kertas foto, lukisan, hasil CT-scan.

### B. Citra Digital

Citra digital (diskrit) dihasilkan dari citra analog (kontinu) melalui digitalisasi. Pada umumnya citra digital berbentuk empat persegi panjang, dan dimensi ukurannya dinyatakan sebagai tinggi x lebar (atau lebar x panjang). Menciptakan dan menampilkan warna pada citra digital merupakan kombinasi dari tiga warna dasar, yaitu merah, hijau, dan biru (*Red, Green, Blue - RGB*).

1. Citra Warna

Citra berwarna direpresentasikan dalam beberapa kanal (*channel*) yang menyatakan komponen-komponen warna penyusunnya. Banyaknya kanal yang digunakan bergantung pada model warna yang digunakan pada citra tersebut. Intensitas suatu titik pada citra berwarna merupakan kombinasi dari tiga intensitas yaitu derajat keabuan merah ( $f_{merah}(x,y)$ ), hijau ( $f_{hijau}(x,y)$ ) dan biru ( $f_{biru}(x,y)$ ) [4].

2. Citra Grayscale

*Grayscale* adalah warna-warna *pixel* yang berada dalam rentang gradasi warna hitam dan putih. Format citra ini disebut dengan derajat keabuan karena ada warna abu-abu diantara warna minimum (hitam) dan warna maksimum (putih).

Perubahan warna *image* menjadi *grayscale*, cara yang umumnya dilakukan adalah dengan memberikan bobot untuk masing-masing warna dasar *red*, *green*, dan *blue*. Akan tetapi cara yang cukup mudah adalah dengan membuat nilai rata-rata dari ketiga warna dasar tersebut dan kemudian mengisikannya untuk warna dasar tersebut dengan nilai yang sama [4].

$$s = \frac{r+g+b}{3} \tag{1}$$

3. Citra biner

Citra biner hanya mempunyai dua nilai keabuan, 0 dan 1. Oleh karena itu, 1 bit sudah cukup untuk merepresentasikan nilai *pixel*. Citra biner diperoleh melalui proses pemisahan *pixel* berdasarkan derajat keabuan yang dimilikinya. Proses peminberian dilakukan dengan membulatkan ke atas atau ke bawah untuk setiap nilai keabuan dari *pixel* yang berada di atas atau bawah harga ambang. Metode untuk menentukan besarnya nilai ambang disebut *thresholding*.

C. Pengenalan wajah

Teknologi pengenalan wajah secara digital atau lebih sering dikenal dengan *face recognition*. Secara umum cara kerjanya adalah dengan mengkonversikan foto, sketsa, dan gambar video menjadi serangkaian angka, yang disebut dengan *faceprint* kemudian membandingkannya dengan rangkaian angka lain yang mewakili wajah-wajah yang sudah dikenal. Secara garis besar proses pengenalan citra wajah oleh sistem dapat dibagi menjadi lima tahap, yaitu [7]:

1. Deteksi
2. Pengenalan Posisi
3. Normalisasi
4. Pengkodean
5. Perbandingan

D. Komponen Analisis Utama (PCA)

Bentuk umum dari *Principal Component Analysis* (PCA) dapat dilihat sebagai berikut [8]:

$$C = \sum_{k=1}^K (x_k - \Psi)(x_k - \Psi)^T \tag{2}$$

Dimana  $C$  merupakan matriks kovarian,  $x$

merupakan image ( $x_1, x_2, \dots, x_k$ ) dan  $\Psi$  adalah rata-rata image yang dihasilkan dari merata-rata  $x$  ( $x_1, x_2, \dots, x_k$ ) dengan dekomposisi *eigen*, matriks kovarian ini dapat didekomposisi menjadi:

$$C = \Phi \cdot \Phi^T \tag{3}$$

Dimana  $\Phi$  adalah selisih antara *image* ( $x$ ) dengan nilai tengah ( $\Psi$ ). Pilih sejumlah kolom dari matriks  $\Phi$  yang berasosiasi dengan *eigenvalue* terbesar. Pemilihan sejumlah  $m$  kolom dari matriks  $\Phi$  ini menghasilkan matriks transformasi atau matriks proyeksi  $\Phi_m$ . Berikutnya sebuah *image*  $x$  (berdimensi  $n$ ) dapat diekstraksi kedalam *feature* baru  $y$  (berdimensi  $m < n$ ) dengan memproyeksikan  $x$  searah dengan  $\Phi_m$  sebagai berikut:

$$\mu = \Phi_m \cdot x \tag{4}$$

Metode PCA memproyeksikan ruang asal kedalam ruang baru yang berdimensi lebih rendah, sebanyak mungkin kandungan informasi asal tetap dipertahankan untuk tidak terlalu banyak hilang setelah dibawa ke dimensi *feature* yang lebih kecil. Reduksi *feature* yang signifikan dari  $n$  buah menjadi  $m$  buah yang tentunya akan sangat meringankan komputasi dalam proses pengenalan berikutnya [8].

E. Algoritma Eigenface

Algoritma pengenalan wajah dimulai dengan membuat matriks kolom dari wajah yang diinput ke dalam database. Rata-rata vector citra (mean) dari matriks kolom dihitung dengan cara membaginya dengan jumlah banyaknya citra yang disimpan didalam database.

- a. Siapkan citra *training set*  $I_1, I_2, \dots, I_M$  yang disebut *training images*.
- b. Representasikan tiap citra  $I_i$  sebagai vektor  $\Gamma_i$ , sehingga dari  $N \times N$  menjadi vektor  $N^2 \times 1$
- c. Hitung vektor wajah rata-rata

$$\Psi = \Psi = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \Gamma_i \tag{5}$$

- d. Kurangi citra pelatihan dengan vektor wajah rata-rata
- $$\Phi = \Gamma_i - \Psi \tag{6}$$

Jika elemen-elemen dari matriks  $\Phi$  ditemukan nilai negatif, ganti nilainya dengan nilai 0. Buat  $A = [\Phi_1 \Phi_2 \dots \Phi_n]$  menjadi matriks  $N^2 \times M$  dengan  $M$  adalah banyaknya citra dan asumsikan  $M \ll N$ .

- e. Hitung kovarian matriks  $C$  dengan ukuran  $N^2 \times M$
- $$C = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M \Phi_n \Phi_n^T = AA^T \tag{7}$$
- f. Menghitung *eigenvalue* ( $\lambda$ ) dan *eigenvector* ( $X$ )
- $$CX = \lambda X \tag{8}$$

- g. Menghitung nilai *eigenface* ( $\mu$ )
- $$\mu = X\Phi \tag{9}$$

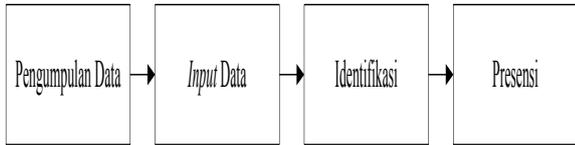
- h. Bobot setiap citra  $W = \Phi \mu$
- $$W = \Phi \mu \tag{10}$$

- h. Menghitung nilai *eigenface* citra uji,  $W_{uji} = (W - \Psi) \mu$
- $$W_{uji} = (W - \Psi) \mu \tag{11}$$

- i. Menghitung jarak *Euclidean* antara citra uji dan citra latih,  $D_j = \|W_{uji} - W_j\|$
- $$D_j = \|W_{uji} - W_j\| \tag{12}$$

**III. METODOLOGI PENELITIAN**

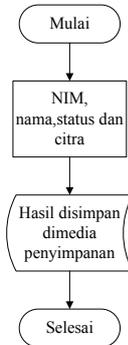
Pada penelitian sistem presensi, terlebih dahulu dibuat rancangan sistem unjuk kerjanya. Penggambaran unjuk kerja dari perancangan sistem presensi dapat digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok Penelitian

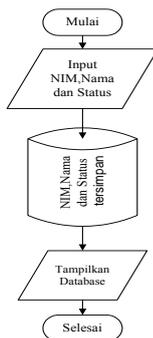
**1. Pengumpulan Data**

Hal pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengumpulan data. Pengumpulan data akan dilakukan sebagai tanda pengenalan dan sumber informasi. Data yang sudah terkumpul kemudian akan di *input* ke dalam aplikasi dan di simpan pada *database*.



Gambar 2. Diagram Pengumpulan Data

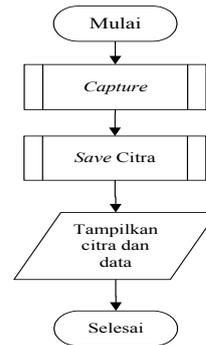
**2. Input Data**



Gambar 3. Diagram *Input* data mahasiswa.

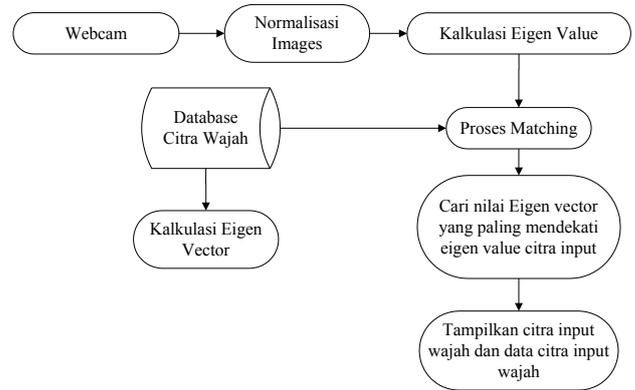
Pada proses *input* data, pertama-tama harus menambahkan nomor urut terlebih dahulu.

Pada proses *input* citra, *user* akan diminta untuk *capture* citra wajah. Setelah *capture*, citra wajah yang didapat akan diproses disimpan dalam *database*, foto akan di sesuaikan dengan data yang telah ada. Setelah itu foto akan ditampilkan pada *form* antarmuka



Gambar 4. Diagram *Input* Citra

**3. Perancangan Identifikasi Wajah**

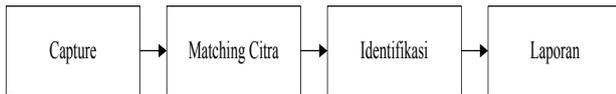


Gambar 5. Diagram blok proses identifikasi wajah

- a. Citra wajah *dicapture* menggunakan *webcam*. Hasil dari *capture* ini adalah *file* gambar yang bertipe *.jpg*.
- b. Citra wajah ini kemudian dinormalisasi dengan beberapa tahapan. Pertama citra diturunkan kualitas warnanya dari *image* RGB menjadi *image grayscale*.
- c. Setelah didapatkan citra wajah yang ternormalisasi, hitung nilai *eigen* dari citra wajah tersebut, misalnya diperoleh nilai *x*.
- d. Koleksi citra wajah yang telah tersimpan pada *database* masing-masing dikalkulasi nilai *eigen*-nya dan dikumpulkan dalam *vector* yang dinamakan *eigenvector*. Misalkan didapat nilai  $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ .
- e. Proses *matching* dilakukan dengan mencocokkan nilai *x* dengan nilai-nilai pada *eigenvector* dan mencari nilai yang paling mendekati.

Jika nilai yang paling mendekati telah ditemukan cari data mahasiswa yang berkorespondensi dengan nilai tersebut.

4. Sistem Presensi

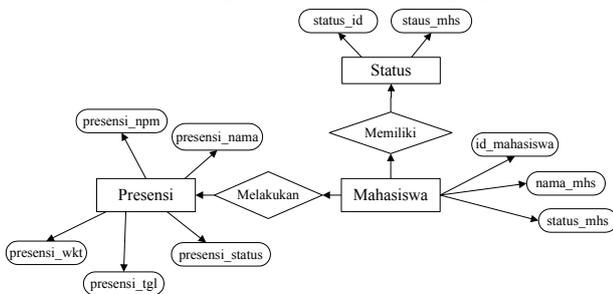


Gambar 6. Alur Presensi

- Langkah 1 : *Capture* citra wajah mahasiswa;
- Langkah 2 : Lakukan proses *matching* dengan citra wajah pada *database*;
- Langkah 3 : Identifikasi data mahasiswa berdasarkan identifikasi wajah;
- Langkah 4 : Laporan Presensi.

5. Perancangan Model Database

Diagram hubungan entitas atau yang lebih dikenal dengan E-R, adalah notasi grafik dari sebuah model data atau sebuah model jaringan yang menjelaskan tentang data yang disimpan (*storage data*) dalam sistem secara abstrak. Diagram hubungan entitas tidak menyatakan bagaimana memanfaatkan data, membuat data, mengubah data, dan menghapus data



Gambar 7. ERD Sistem Presensi

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, terdiri dari pengumpulan data mahasiswa dan pengumpulan data citra wajah mahasiswa. Data mahasiswa berupa nim, nama dan status, sedangkan data citra merupakan citra wajah dari masing-masing mahasiswa.

Tabel 1. Pengumpulan Data Citra

Pengujian	Data latih	Data uji
Ekspresi	60	5
Aksesoris	10	2
Jarak	15	3



Gambar 8. Contoh Hasil Citra Dengan Berbagai

Ekspresi



Gambar 9. Contoh Hasil Citra Dengan Aksesoris Kacamata



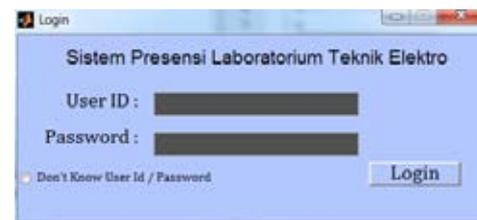
Gambar 10. Contoh Hasil Citra Dengan Aksesoris Kerudung



Gambar 11. Contoh Hasil Citra Dengan Variasi Jarak

B. Input Data

Hal pertama yang dilakukan pada proses presensi adalah *login*. Hasil presensi secara keseluruhan dapat dilakukan oleh asisten, asisten berlaku sebagai admin. Tampilan *form login* dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 12. Form Login

Setelah melewati proses *login*, sistem akan masuk ke menu daftar mahasiswa, dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Tampilan presensi

Keterangan Gambar 13:

1. Kolom input data (nim, nama dan status mahasiswa).
2. Tombol pencarian, *input* data, *update* data dan *delete* data.
3. Tampilan *database* mahasiswa (data mahasiswa yang telah diisikan akan ditampilkan pada kolom *database*).

4. Kolom *input* citra untuk *database*.
5. Kolom *capture* citra.
6. Tombol *training* citra, untuk mengekstrak citra.
7. Tombol *capture* citra wajah (*capture* citra wajah untuk pengujian dan proses presensi), *open file* citra wajah (mengambil data citra wajah dari *folder*), dan tombol cari *via image* (proses mengidentifikasi citra wajah).
8. Tombol *view* presensi (melihat hasil *print out* presensi).
9. Tombol *exit* (menutup program).

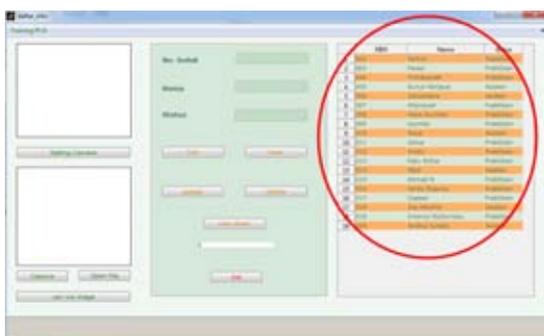
Proses pengisian data mahasiswa dilakukan oleh asisten, dengan cara mengumpulkan data-data mahasiswa yang terdaftar sebagai praktikan, kemudian mengisikan pada *database*. Ada 12 data mahasiswa yang dimasukan ke dalam *database*. Proses pengisian data pada *database* di bagi menjadi beberapa tahapan. Pengisian data atau penambahan data dapat dilakukan dengan menekan tombol *input* atau *update*, sehingga program akan mengeksekusi perintah dan menyimpan data. Tombol cari berfungsi sebagai program penjelajah data mahasiswa dengan cara mengisikan nomor induk mahasiwa, maka program akan menampilkan data nama dan status mahasiswa tersebut. Tombol *delete* berfungsi untuk menghapus data. Tombol *view* presensi akan menampilkan data-data presensi.

Usai proses *input* data, *webcam* otomatis akan dalam keadaan menyala, kemudian dilakukan 5 kali *capture* wajah sebagai citra latih yang akan disimpan pada *database*. Hasil *input* citra wajah terdapat pada Gambar 14.



Gambar 14. Hasil *input* data citra

Tampilan *form database* usai *input* data pada Gambar 15 (a), sedangkan pada Gambar 15 (b) merupakan hasil *input* data mahasiswa yang diperjelas.



Gambar 15 (a) Tampilan Menu *Input* Data

Proses *input* data selesai selanjutnya proses *capture*, saat proses ini masuk kedalam pengujian citra wajah. Jika citra wajah mahasiswa teridentifikasi dan sesuai dengan data pada *database* maka mahasiswa tersebut dikatakan melakukan presensi.

	NIM	Nama	Status
1	002	Farhan	Praktikan
2	003	Faisal	Praktikan
3	004	Firmansyah	Praktikan
4	005	Surya Harjaya	Asisten
5	006	Dewantara	Asisten
6	007	Afiandiyah	Praktikan
7	008	Haris Nurman	Praktikan
8	009	Gumilar	Praktikan
9	010	Raya	Asisten
10	011	Jesus	Praktikan
11	012	Kristy	Praktikan
12	013	Ratu Nufus	Praktikan
13	014	Maul	Asisten
14	015	Ahmad N	Praktikan
15	016	Ferdy Wiguna	Praktikan
16	017	Caesar	Praktikan
17	018	Joe Hendrik	Asisten
18	019	Imamul Mufarridan	Praktikan
19	020	Andika Junata	Asisten

Gambar 15 (b) Hasil *Input* Data Mahasiswa

Hasil rekap presensi data dapat dilihat dengan menekan tombol *view* presensi, hal ini hanya dapat dilakukan oleh asisten yang berperan sebagai admin. Hasil dari *view* presensi jika dicetak akan terlihat pada Gambar 16.

	NIM	Nama	Tanggal & Waktu
1	K2504040011	Tabi	23-Mar-2014 18:52:06
2	K2504040003	Tabi	23-Mar-2014 18:52:30
3	K2504040003	Tabi	23-Mar-2014 18:58:18
4	K2504040003	Tabi	23-Mar-2014 19:39:26
5	K2504040001	Rubi	23-Mar-2014 19:39:39
6	K2504040001	Rubi	23-Mar-2014 19:43:27
7	K2504040001	Rubi	23-Mar-2014 19:57:04
8	K2504040001	Rubi	23-Mar-2014 19:58:23
9	K2504040009	Ahmad	23-Mar-2014 19:58:17
10	K2504040012	Raya	23-Mar-2014 17:41:02
11	K2504040012	Raya	23-Mar-2014 17:43:07
12	K2504040012	Raya	23-Mar-2014 17:41:02
13	K2504040012	Raya	23-Mar-2014 17:43:00
14	K2504040005	Ahmad	23-Mar-2014 17:43:41
15	K2504040006	Ahmad	23-Mar-2014 17:43:08
16	K2504040005	Ahmad	23-Mar-2014 17:44:07
17	K2504040005	Ahmad	23-Mar-2014 17:44:27
18	K2504040005	Ahmad	23-Mar-2014 17:46:36
19	K2504040005	Ahmad	23-Mar-2014 17:46:34
20	K2504040005	Ahmad	23-Mar-2014 17:46:29
21	K2504040006	Ahmad	28-Mar-2014 13:32:40
22	K2504040005	Ahmad	28-Mar-2014 13:32:37
23	K2504040003	Tabi	22-Apr-2014 20:27:13
24	K2504040003	Tabi	22-Apr-2014 20:27:15
25	K2504040003	Tabi	22-Apr-2014 20:27:36

Gambar 16. Hasil Laporan Presensi

C. Identifikasi citra wajah

Proses identifikasi wajah dilakukan pengujian dengan citra wajah berekspresi, penggunaan aksesoris dan variasi jarak.

1. Identifikasi citra wajah dengan ekspresi.

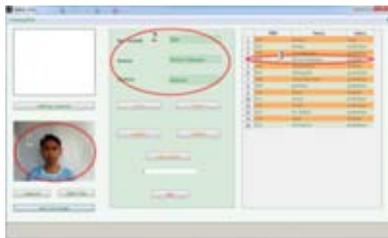
Data identifikasi pertama, didapat berdasarkan hasil pengujian dengan ekspresi normal, pencahayaan yang terang, *capture* wajah menghadap depan atau formal. Pengujian dilakukan oleh 3 mahasiswa, masing-masing citra wajah mahasiswa tersebut dilakukan proses identifikasi wajah sebanyak 5 kali. Hasil identifikasi dengan ekspresi normal dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 17.

Tabel 2. Hasil Percobaan Identifikasi Dengan Ekspresi Normal

Nama	Percobaan ke-				
	I	II	III	IV	V
Faisal	✓	✓	✓	✓	✓
Surya	✓	✓	✓	✓	✓
Raya	✓	✓	✓	✓	✓

Keterangan Tabel 2:

- ✓ = Wajah teridentifikasi.
- X = Wajah tidak teridentifikasi.



Gambar 17. Hasil identifikasi dengan ekspresi normal

Keterangan Gambar 17 :

1. Citra wajah Surya Harjaya;
2. Data Surya Harjaya;
3. Data Surya Harjaya pada *database* mahasiswa.

2. Identifikasi citra wajah dengan aksesoris

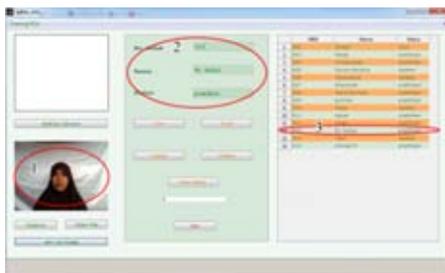
Data identifikasi citra wajah menggunakan kerudung, pengujian dilakukan oleh 2 mahasiswi, masing-masing citra wajah mahasiswi tersebut dilakukan proses identifikasi wajah sebanyak 5 kali. Pengujian dilakukan dengan pencahayaan yang terang, *capture* wajah menghadap depan atau formal. Hasil identifikasi menggunakan kerudung dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 18.

Tabel 3 Hasil Percobaan Identifikasi Menggunakan Kerudung

Nama	Percobaan ke-				
	I	II	III	IV	V
Raya	✓	✓	✓	✓	✓
Rt. Nufus	✓	✓	✓	✓	✓

Keterangan Tabel 4.3 :

- ✓ = Wajah teridentifikasi.
- X = Wajah tidak teridentifikasi.



Gambar 18. Hasil identifikasi menggunakan

kerudung.

Keterangan Gambar 18:

1. Citra wajah Rt. Nufus;
2. Data Rt. Nufus;
3. Data Rt. Nufus pada *database* mahasiswa.

3. Identifikasi citra wajah dengan variasi jarak

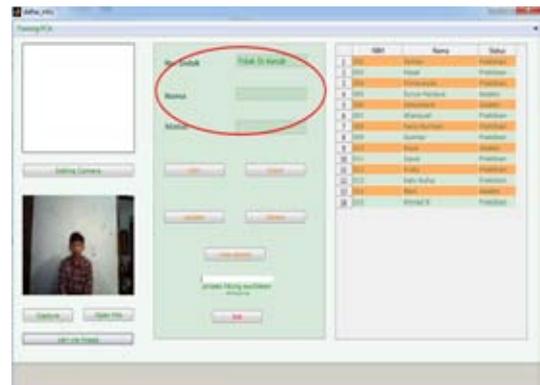
Data identifikasi ketiga, didapat berdasarkan hasil pengujian dengan jarak 150cm, pencahayaan yang terang, *capture* wajah menghadap depan atau formal, dilakukan sebanyak 5 kali percobaan. Hasil percobaan identifikasi dengan jarak 100cm dapat dilihat pada Tabel 4.4. dan Gambar 4.12.

Tabel 4. Hasil Percobaan Identifikasi Dengan Jarak 150cm

Nama	Percobaan ke-				
	I	II	III	IV	V
Ahmad N	X	X	X	X	X

Keterangan Tabel 4:

- ✓ = wajah teridentifikasi.
- X = wajah tidak teridentifikasi



Gambar 19. Hasil Tidak Teridentifikasi Citra Wajah Dengan Jarak 150cm

Pada saat pengujian dengan citra wajah ekspresi terkejut dan sedih terdapat citra wajah yang salah identifikasi, dapat terlihat pada Gambar 20 dan 21.

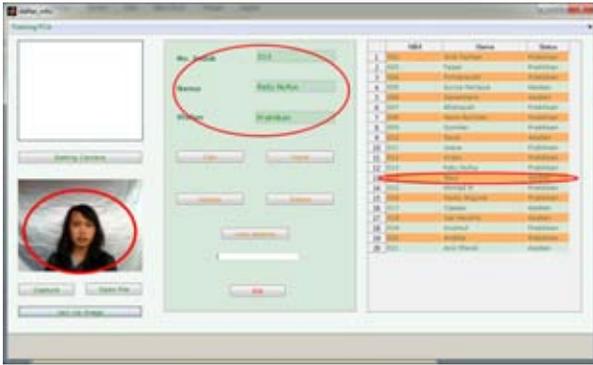


Gambar 20. Hasil Citra Tidak Teridentifikasi Dengan Ekspresi Terkejut

Keterangan Gambar 20 :

1. Citra wajah Ferdy;
2. data Caesa;

3. data Ferdy ada pada *database*.



Gambar 21. Hasil Citra Tidak Teridentifikasi Dengan Ekspresi Sedih

Keterangan Gambar 21 :

1. Citra wajah Maul.
2. Data Rt. Nufus.
3. Data Maul ada pada *database*.

Hasil dari pengujian identifikasi wajah mahasiswa dan hasil presensi maka dapat diketahui tingkat keberhasilannya pada Tabel 5-7.

Tabel 5. Hasil Pengujian Identifikasi Ekspresi

Ekspresi	Data Latih	Data Uji	Klasifikasi	
			Benar	Salah
Normal	60	15	15	0
Tersenyum	60	15	15	0
Sedih	60	15	13	2
Terkejut	60	15	13	2
Berkedip	60	15	15	0

Tabel 6. Hasil Pengujian Identifikasi Aksesoris

Aksesoris	Data Latih	Data Uji	Klasifikasi	
			Benar	Salah
Kerudung	60	10	8	2
Kacamata	60	10	8	2

Tabel 7. Hasil Pengujian Identifikasi Jarak

Jarak	Data Latih	Data Uji	Klasifikasi	
			Benar	Salah
50cm	60	5	5	0
100cm	60	5	0	5
150cm	60	5	0	5

Tingkat keberhasilan :

Persentase keberhasilan dari tiap pengujian yang dihitung dengan rumus,

$$\% \text{ Keberhasilan} = \frac{\sum \text{data benar}}{\sum \text{data uji}} \times 100\%$$

Tabel 8. Tingkat Keberhasilan Identifikasi

Pengujian	Data Latih	Data Uji	Klasifikasi		Keberhasilan (%)
			Benar	Salah	
Ekspresi	60	75	71	4	94.66%
Aksesoris	60	20	16	4	80%
Jarak	15	15	5	10	33.33%

Tabel 9. Keberhasilan Sistem Presensi.

Klasifikasi	Jumlah hasil identifikasi positif	Jumlah hasil identifikasi negatif	Total
Jumlah citra wajah yang teridentifikasi	TP	FN	TP+FN
Klasifikasi	Jumlah hasil identifikasi positif	Jumlah hasil identifikasi negatif	Total
Jumlah citra wajah yang tidak teridentifikasi	FP	TN	FP+TN

$$\text{Sensivitas} = \frac{TP}{TP+FN} \times 100 \%$$

$$\text{Spesifisitas} = \frac{TN}{TN+FP} \times 100 \%$$

$$\text{Akurasi} = \frac{\sum \% \text{Klasifikasi}}{n} \times 100\%$$

Keterangan Tabel 9 :

- a. TP (*true positive*) = Citra wajah teridentifikasi dan benar datanya ada pada *database*.
- b. FP (*false positif*) = Citra wajah teridentifikasi dan salah datanya ada pada *database*.
- c. TN (*true negative*) = Citra wajah teridentifikasi tetapi tidak dikenali.
- d. FN (*false negative*) = Citra wajah tidak dapat teridentifikasi

Table 10. Sensivitas, Spesifisitas, dan Akurasi

Sensivitas %	Spesifisitas %	Akurasi %
100%	55.55%	69.33%

Tabel 11. Waktu Proses Sistem

Proses	Waktu Proses
Webcam on	2 detik
Input citra	5 detik

Identifikasi	2 detik
Pecarian data	1 detik
Training citra	2-3 detik

Waktu proses input citra dibutuhkan *delay* beberapa detik untuk mendapatkan hasil citra wajah berjumlah 5, karena proses input yang terlalu cepat citra wajah yang dihasilkan untuk citra latih pada *database* hanya berjumlah sedikit yaitu kurang dari 5. Semakin banyak citra wajah yang digunakan dalam melakukan training untuk setiap sampel, maka pengenalan akan semakin baik, tetapi waktu proses untuk training data citra wajah meningkat.

**V. PENUTUP**

**A. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian presensi berbasis algoritma *eigenface* dengan metode *principal component analysis* diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem presensi yang dibangun menggunakan algoritma *eigenface* dengan metode *principal component analysis* dapat dibangun dan diimplementasikan menggunakan prinsip pengenalan wajah. Adapun tingkat keberhasilan sistem presensi dapat dilihat dari persentase sensitivitas 100%, spesifisitas 55.55 %, dan akurasi 69.33 %.
2. Dampak dari sistem presensi yang dibangun dapat mengurangi tindak kecurangan, membantu keamanan prosedur presensi, *record* data dapat dicetak.
3. Tingkat keberhasilan proses identifikasi dengan pengujian jarak sebesar 33.33%, hal tersebut didapat dari pengujian terhadap jarak 50cm, 100cm, dan 150cm. Pada jarak 50cm, citra wajah menghadap depan, ekspresi normal, dan pencahayaan yang cukup, citra wajah dapat dikenali dan proses identifikasi berhasil dilakukan, sedangkan pada jarak 100cm dan 150cm, citra wajah menghadap depan, ekspresi normal, dan pencahayaan yang cukup, citra wajah tidak dapat dikenali dan tidak ada proses identifikasi.
4. Tingkat keberhasilan proses identifikasi menggunakan aksesoris kacamata dan kerudung sebesar 80%, hal tersebut berhasil dilakukan pada citra wajah menghadap depan, pencahayaan yang cukup dan menggunakan jarak 50cm.
5. Tingkat keberhasilan proses identifikasi dengan berbagai ekspresi (normal, senyum, sedih, terkejut dan berkedip) sebesar 94.66%, hal tersebut berhasil dilakukan pada citra wajah menghadap depan, pencahayaan yang cukup dan menggunakan jarak 50cm.

**B. Saran**

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

1. Sistem presensi yang dibangun dapat menghitung jumlah mahasiswa yang telah melakukan presensi.
2. Pengujian dilakukan menggunakan *webcam* dengan resolusi yang tinggi.
3. Proses pengujian dilakukan dengan mengukur berbagai sudut kemiringan posisi wajah dan intensitas pencahayaan.

**DAFTAR PUSTAKA**

[1] Indra. *Sistem pengenalan wajah dengan metode eigenface untuk absensi pada PT. florindo lestari*. Fakultas Teknologi Informasi. 2012, Universitas Budi Luhur: Jakarta.

[2] Sigit Wasista, Bima Sena Bayu D, dan Sandra Agustyan Putra. *Sistem Pengenalan Wajah Pada Mesin Absensi Mahasiswa Menggunakan Metode PCA Dan DTW*. 2011, Program Studi Teknik Komputer, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) : Surabaya.

[3] Agus Kurniawan, Akuwan Saleh, dan Nana Ramadijanti. *Aplikasi Absensi Kuliah Berbasis Identifikasi Wajah Menggunakan Metode Gabor Wavelet*. 2012, Program Studi Teknik Komputer, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) : Surabaya.

[4] Rinaldi Munir. *Pengolahan Citra Digital (Computer vision & Image Processing)*. 2004, Informatika : Bandung

[5] Oky Dwi Nurhayati, *Kompresi Citra*. 2010, Universitas Diponegoro : Semarang.

[6] Agung Susanto. *Makalah Pengertian Webcam*. 2012, STMIK Banjarbaru : Banjarmasin

[7] Hanif al Fatta. *Rekayasa Sistem Pengenalan Wajah*. 2009, STMIK AMIKOM Yogyakarta : Penerbit Andi.

[8] Fika Tiara Putri, *Analisis Algoritma Eigenface (Pengenalan Wajah) Pada Aplikasi Kehadiran Pengajaran Dosen*. 2011, Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah : Jakarta.

[9] Kholistianingsih (2012). *Sistem Pengenalan Wajah Menggunakan Metode Eigenface*.

[10] Diah Eka Puspitasari, Achmad Hidayatno, dan Ajub Ajulian Zahra. *Pengenalan wajah menggunakan principal component analysis (pca) untuk aplikasi sistem keamanan rumah*. 2011, Fakultas Teknik. Jurusan Teknik Elektro. Universitas Diponegoro: Semarang.

[11] Dadang Ardiansyah, Edi Satriyanto, Eru Puspita, Budi Nur Iman. *Identifikasi wajah pada sistem keamanan brankas menggunakan principal component analysis*. 2011, Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya. Kampus PENS-ITS Sukolilo: Surabaya

[12] Saputra Aries Pratama. *Deteksi wajah manusia dengan Template Matching dan ekstraksi Fitur Gabor*. 2011, Institut Teknologi Telkom : Bandung.

## **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