

SCIENCE ELECTRO

Volume 01, Nomor 01 Juli 2013

ISSN:2339-1715

Eka Purnama Sari	Simulasi Pengaruh Harmonisa Terhadap Transformator Distribusi Pabrik Semen Tonasa IV Dengan Menggunakan <i>Software Etap</i> .
Moch. Fahrulrozi	Studi Peningkatan Daya Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dari Daya 50 Watt Menjadi 1000 Watt Di Desa Montallati Kabupaten Barito Utara Kalimantan Tengah.
Heris Wahyudi	Analisis Pengaruh Beban <i>Non Linear</i> Terhadap Peningkatan Rugi-rugi Pada Tranformator Distribusi Di PT PLN (Persero) UPJ Gondanglegi Penyulang Bantur .
Sugianto Aris	Studi Perbandingan Kinerja Pemutus Tenaga Isolasi Minyak Dengan Isolasi Gas Sf ₆ Di Gardu Induk Polehan – Malang.
M. arif prasetyo	Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohydro di Dusun Sendi Desa Pacet Kecamatan Pacet Kabupaten Mojokerto
Arrif Buddy Kusuma	Sistem Pengenalan Buah Menggunakan <i>Webcam</i> dan <i>Image Processing</i> (Aplikasi Pertokoan)
M. Taqiyuddin Alawiy	Pengaruh Kedalaman Penanaman Dan Jarak Elektroda Tambahan Terhadap Nilai Tahanan Pembedaan
Eko july prasetyo	Perancangan Aplikasi <i>SMS Gateway</i> Untuk Informasi Jadwal Kereta Api di Stasiun Kota Baru Malang
Miftahul Arifin	Analisis Peningkatan Efisiensi Pemakaian Energi Listrik di RSUD Dr. Saiful Anwar Malang
Mochamad Siswanto	Rancang Bangun Alat Pengendali Elektronik Pakai IC 4013 dengan Menggunakan Media <i>Hand Phone</i>
Raya Ariandy	Studi Analisa Perubahan Sudut Daya dan Efek-efeknya Terhadap Sinkronisasi Generator 3Ø

ISSN 2339-1715



9 772339 171515



FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM MALANG

Jl. Mayjen Haryono No. 193 Malang 65144 Telp. (0341) 551932 & 551822 Fax.



SCIENCE ELECTRO

JURNAL ILMU-ILMU TEKNIK ELEKTRO

Volume 01, Nomor 01 Juli 2013

ISSN:2339-1715

Dewan Redaksi

Pelindung

Ketua Prodi Teknik Elektro FT. UNISMA

Pemimpin Redaksi

Dhimas Dhesah Kharisma

Anggota Redaksi

Bambang Dwi Sulo

Bambang Minto Basuki

Oktriza Melfazen

Sugiono

Susilo

Mitra Bestari

Masyhuri Machfudz (UNISMA)

Mudawamah (UNISMA)

Mutmainnah (UNISMA)

Diana Rahmawati (UNIV. TRUNOJOYO)

Denda Dewatama (POLINEMA)

Azam Muzakim (POLINEMA)

Administrasi & Sirkulasi

Ainun Zakiyah

Nur Robbi

Alamat Redaksi

Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik UNISMA

Jl. MT.Haryono 193 Malang 65144

Telp. (0341) 581734 Fax. (0341) 552249

Email: sciencelektro1983@gmail.com

Website: unisma.ac.id, <http://ft.unisma.ac.id>



SCIENCE ELECTRO

JURNAL ILMU-ILMU TEKNIK ELEKTRO

VOLUME 01, NOMOR 01 JULI 2013

ISSN: 2339-1715

NAMA	JUDUL	HAL.
<i>Eka Purnama Sari</i>	Simulasi Pengaruh Harmonisa Terhadap Transformator Distribusi Pabrik Semen Tonasa IV Dengan Menggunakan <i>Software Etap</i> .	1-5
<i>Moch. Fahrulrozi</i>	Studi Peningkatan Daya Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dari Daya 50 <i>Watt</i> Menjadi 1000 <i>Watt</i> Di Desa Montallati Kabupaten Barito Utara Kalimantan Tengah.	6-12
<i>Heris Wahyudi</i>	Analisis Pengaruh Beban <i>Non Linear</i> Terhadap Peningkatan Rugi-rugi Pada Transformator Distribusi Di PT PLN (Persero) UPJ Gondanglegi Penyulang Bantur .	13-17
<i>Sugianto Aris</i>	Studi Perbandingan Kinerja Pemutus Tenaga Isolasi Minyak Dengan Isolasi Gas Sf_6 Di Gardu Induk Polehan – Malang.	18-21
<i>M. arif prasetyo</i>	Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohydro di Dusun Sendi Desa Pacet Kecamatan Pacet Kabupaten Mojokerto	22-26
<i>Arrif Buddy Kusuma</i>	Sistem Pengenalan Buah Menggunakan <i>Webcam</i> dan <i>Image Processing</i> (Aplikasi Pertokoan)	27-33
<i>M. Taqiyuddin Alawiy</i>	Pengaruh Kedalaman Penanaman Dan Jarak Elektroda Tambahan Terhadap Nilai Tahanan Pembedaan	34-42
<i>Eko july prasetyo</i>	Perancangan Aplikasi <i>SMS Gateway</i> Untuk Informasi Jadwal Kereta Api di Stasiun Kota Baru Malang	43-47
<i>Miftahul Arifin</i>	Analisis Peningkatan Efisiensi Pemakaian Energi Listrik di RSUD Dr. Saiful Anwar Malang	48-56
<i>Mochamad Siswanto</i>	Rancang Bangun Alat Pengendali Elektronik Pakai IC 4013 dengan Menggunakan Media <i>Hand Phone</i>	57-63
<i>Raya Ariandy</i>	Studi Analisa Perubahan Sudut Daya dan Efek-efeknya Terhadap Sinkronisasi Generator 3 \emptyset	64-75

SIMULASI PENGARUH HARMONISA TERHADAP TRANSFORMATOR DISTRIBUSI PABRIK SEMEN TONASA IV DENGAN MENGUNAKAN SOFTWARE ETAP

. **Muhammad Taqiyuddin Alawiy¹, Eka Purnama Sari²**

1. Dosen Teknik Elektro UNISMA

2. Mahasiswa Teknik Elektro, Fakultas Teknik

Universitas Islam Malang, Jl. MT. Haryono 193 Malang 65134

masalawiy@gmail.com

Abstrak

Pabrik Semen Tonasa IV adalah salah satu dari 5 pabrik yang ada di PT. Semen Tonasa dimana dalam proses operasinya banyak menggunakan motor yang dilengkapi dengan VSD (*Variable Speed Drive*), converter yang fungsinya untuk mengatur kecepatan motor. Penggunaan VSD dan converter tersebut berdampak pada menurunnya kualitas daya yang disebabkan oleh terjadinya harmonisa.

Data – data kelistrikan yang ada dibuat suatu sistem kemudian dimodelkan dan disimulasikan dengan menggunakan ETAP (*Electrical Transient Analysis Program*) untuk melihat load flow dan kemungkinan terjadinya harmonisa di area tertentu. Untuk meningkatkan faktor daya dapat dipasang capacitor bank sedangkan untuk mengatasi terjadinya harmonisa, dipasang filter harmonic. Filter yang dipasang ada 2 jenis yaitu *single tuned* dan *high pass damped*. Harmonisa yang terjadi akan di tampilkan dan disimulasikan dalam bentuk gelombang dan spektrum

Kondisi sistem kelistrikan yang sudah ada sebelum dipasang kapasitor, power faktornya sudah cukup baik walaupun ada beberapa bus yang power faktornya perlu diperbaiki karena berada di bawah batas PLN (*Perusahaan Listrik Negara*). Hasil simulasi menunjukkan bahwa kondisi sebelum dan sesudah dipasang filter harmonisa mengalami peningkatan yang signifikan terutama untuk orde 5 sehingga bus – bus 6,3 kV nilai harmonisa tegangan masih di bawah batas IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) yaitu 5%.

Kata Kunci : ETAP, Harmonisa, bus, filter

PENDAHULUAN

Pabrik Semen Tonasa IV adalah salah satu dari 5 pabrik yang ada di PT. Semen Tonasa dimana dalam proses operasinya banyak menggunakan motor yang dilengkapi dengan VSD (*Variable Speed Drive*), dan converter untuk mengatur kecepatan motor yang berdampak pada menurunnya kualitas daya yang disebabkan oleh terjadinya harmonisa. Harmonisa yang diakibatkan oleh keadaan tersebut dapat menyebabkan distorsi pada tegangan dan arus, distorsi memiliki frekuensi yang merupakan kelipatan dari frekuensi dasar sistem. Hal itu dapat menyebabkan *waveform* tegangan dan arus yang dihasilkan menjadi tidak sinusoidal murni sehingga pada akhirnya dapat memberikan gangguan pada peralatan sistem tenaga. Transformator distribusi merupakan peralatan yang sangat vital dalam penyaluran daya menuju pusat beban, karena letaknya yang sangat dekat dengan pusat beban. Data – data kelistrikan PT. Semen Tonasa yang sudah ada dibuat suatu sistem kemudian dimodelkan dan disimulasikan dengan menggunakan ETAP (*Electrical Transient*

Analysis Program) untuk melihat load flow dan kemungkinan terjadinya harmonisa di area tertentu. Untuk mengatasi terjadinya harmonisa, dapat dipasang capacitor bank atau filter harmonic. Filter yang dipasang ada 2 jenis yaitu *single tuned* dan *high pass damped*. Harmonisa yang terjadi akan di tampilkan dan disimulasikan dalam bentuk *waveform* dan *spectrum*.

Harmonisa merupakan gangguan yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik akibat terjadinya distorsi gelombang arus dan tegangan. Pada dasarnya, harmonisa adalah gejala pembentukan gelombang-gelombang dengan frekuensi berbeda yang merupakan perkalian bilangan bulat dengan frekuensi dasarnya. Hal ini disebut frekuensi faktor yang timbul pada bentuk gelombang aslinya sedangkan bilangan bulat pengali frekuensi dasar disebut angka urutan faktor. Misalnya, frekuensi dasar suatu sistem tenaga listrik adalah 50 Hz, maka harmonisa keduanya adalah gelombang dengan frekuensi sebesar 100 Hz, harmonisa ketiga adalah gelombang dengan frekuensi sebesar 150 Hz dan seterusnya. Gelombang-gelombang ini kemudian menumpang pada gelombang murni/aslinya sehingga terbentuk gelombang cacat yang merupakan jumlah antara

gelombang murni sesaat dengan gelombang harmoniknya.

Sumber – Sumber Harmonisa pada Sistem Distribusi diantaranya konverter, transformator, kontrol kecepatan motor, batere charger, electroplating, tanur busur listrik dan lain – lain.

Pengaruh yang Ditimbulkan oleh Harmonisa.

Setiap komponen sistem distribusi dapat dipengaruhi oleh harmonisa walaupun dengan akibat yang berbeda. Namun demikian komponen tersebut akan mengalami penurunan kinerja dan bahkan akan mengalami kerusakan. Salah satu dampak yang umum dari gangguan harmonisa adalah panas lebih pada kawat netral dan transformator sebagai akibat timbulnya harmonisa ketiga yang dibangkitkan oleh peralatan listrik satu phase. Frekuensi harmonisa yang lebih tinggi dari frekuensi kerjanya akan mengakibatkan penurunan efisiensi atau terjadi kerugian daya. Selain itu, ada beberapa akibat yang dapat ditimbulkan oleh adanya harmonisa dalam sistem tenaga listrik, antara lain:

1. Timbulnya getaran mekanis pada panel listrik yang merupakan getaran resonansi mekanis akibat harmonisa arus frekuensi tinggi,
2. Harmonik dapat menimbulkan tambahan torsi pada kWh meter jenis elektromekanis yang menggunakan piringan induksi berputar. Sebagai akibatnya, putaran piringan akan lebih cepat atau terjadi kesalahan ukur kWh meter karena piringan induksi tersebut dirancang hanya untuk beroperasi pada frekuensi dasar,
3. Interferensi frekuensi pada sistem telekomunikasi karena biasanya kabel untuk keperluan telekomunikasi ditempatkan berdekatan dengan kawat netral. Triplen harmonik pada kawat netral dapat memberikan induksi harmonik yang mengganggu sistem telekomunikasi,
4. Pemutusan beban. Pemutus beban dapat bekerja dibawah arus pengenalnya atau mungkin tidak bekerja pada arus pengenal. Pemutus beban yang dapat terhindar dari gangguan harmonik pada umumnya adalah pemutus beban yang mempunyai respon terhadap arus rms sebenarnya (*true-rms current*) atau kenaikan temperatur karena arus lebih.

Usaha – Usaha untuk Mengurangi Harmonisa.

Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi pengaruh harmonisa pada sistem distribusi antara lain:

1. Memperbesar Kawat Netral
2. Menurunkan Kapasitas Transformator
3. Menambah reaktor blok (*bloking reactor*) atau bank kapasitor (*capacitor bank*) dan juga memasang filter harmonisa.

Perhitungan Pemasangan Filter Pasif untuk Mengurangi Harmonisa

Perhitungan daya semu beban bisa dihitung dengan persamaan :

$$MVA \text{ beban} = \frac{MW}{PF} \dots\dots\dots(1)$$

Daya reaktif sebelum kompensasi adalah :

$$MVAR = MVA (\sin \cos^{-1}\theta) \dots\dots\dots(2)$$

Daya reaktif sesudah kompensasi adalah :

$$MW = MVA (\sin \cos^{-1}\theta_2) \dots\dots\dots(3)$$

Daya aktif sesudah kompensasi adalah :

$$MW = MVA (\cos \theta_2) \dots\dots\dots(4)$$

Maka didapatkan :

$$MVAR \text{ kapasitor} = MVAR \text{ sebelum kompensasi}$$

$$- MVAR \text{ sesudah kompensasi} \dots\dots\dots (5)$$

Setelah nilai kapasitor ditetapkan, maka nilai L dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan :

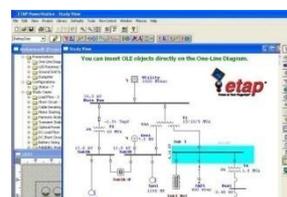
$$L = \frac{1}{\omega_0^2 C} \text{ (dalam Henry)} \dots\dots\dots(6)$$

Filter pasif terdiri dari elemen induktansi (L), kapasitansi (C) dan resistansi (R), jika sudah diketahui nilai L dan C, maka R bisa ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$R = \frac{2}{\omega_0 C} \dots\dots\dots(7)$$

Program Simulasi ETAP

ETAP merupakan kependekan dari *Electrical Transient Analysis Program*. ETAP adalah software yang umum digunakan dalam analisis kelistrikan. ETAP menyediakan solusi terintegrasi dalam bidang *electrical engineering* yang meliputi *arc flash*, aliran beban, *short circuit*, stabilitas transien, koordinasi relay, ampasitas kabel, harmonisa, optimasi alian daya dan lain sebagainya. Produk dan layanan ETAP digunakan di setiap level dalam permrosesan daya listrik, mulai dari pembangkit transmisi dan distribusi, hingga penggunaan daya listrik tersebut. ETAP ditampilkan secara grafis dan dapat dijalankan pada MS Windows 98, NT, 2000 dan XP.



Merancang Desain Filter Pasif

Dalam merancang desain filter pasif ada beberapa

standard – standard tertentu yang digunakan. Standart yang digunakan antara lain yaitu IEEE Std. 519-1992 dimana standard tersebut membahas tentang pembatasan harmonisa. Standard lain yang digunakan yaitu IEEE Std. 1531-2003 tentang langkah – langkah perencanaan pemasangan filter harmonisa. Dalam standard IEEE 519-1992 berisi tentang pembatasan harmonisa arus dan harmonisa tegangan dalam beberapa kondisi seperti Tabel 2.3 – 2.6.

Tabel 1. *Current Distortion Limits (% of IL) for General Distribution Systems (120-69,000 V)*

Isc/IL	h<11	11□h<17	17□h<23	23□h<35	35≥h	TD D
<20	4	2	1.5	0.6	0.3	5
20<50	7	3.5	2.5	1	0.5	8
50<100	10	4.5	4	1.5	0.7	12
100<1000	12	5.5	5	2	1	15
>1000	15	7	6	2.5	1.4	20

Sumber : IEEE Standard 519-1992, *Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power*

Isc/IL	h<11	11□h<17	17□h<23	23□h<35	35≥h	TDD
<50	2	1	0.75	0.3	0.15	2.5
≥50	3.5	1.5	1.15	0.45	0.22	3.75

Sumber : IEEE Standard 519-1992, *Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems*, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1993.

Table 4. *Voltage Distortion Limits (% of V1)*

Bus Voltage at PCC	IHDv (%)	THDv(%)
69 kV and below	3	5
69 kV through 161 kV	1.5	2.5
161 kV and above	1	1.5

Sumber : IEEE Standard 519-1992, *Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems*, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1993.

IHDv = *Individual Harmonic voltage Distortion*

THDv = *Total Harmonic voltage Distortion*

METODOLOGI PENELITIAN

Pengumpulan data yang dilakukan antara lain kwh terpasang, *name plate trafo, SLD*. Data yang sudah terkumpul dimodelkan dalam SLD dengan menggunakan software ETAP kemudian dirunning *load flow* nya sehingga didapatkan factor daya. Faktor daya yang nilainya kurang memenuhi standar PLN dalam hal ini 85%, harus diperbaiki dengan dilakukan

Systems, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1993.

Table 2. *Current Distortion Limits (% of IL) for General Subtransmission Systems (69,001-161,000 V)*

Isc/IL	h<11	11□h<17	17□h<23	23□h<35	35≥h	TD D
<20	2	1	0.75	0.3	0.15	2.5
20<50	3.5	1.75	1.25	0.5	0.25	4
50<100	5	2.25	2	0.75	0.35	6
100<1000	6	2.75	2.5	1	0.5	7.5
>1000	7.5	3.5	3	1.25	0.7	10

Sumber : IEEE Standard 519-1992, *Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems*, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1993.

Table 3. *Current Distortion Limits (% of IL) for General Transmission Systems (>161,000 V)*

pemasangan kapasitor bank untuk kemudian dianalisa harmonisanya. Jika nilai harmonisa melebihi standar IEEE yaitu 5%, maka ditambahkan filter harmonisa

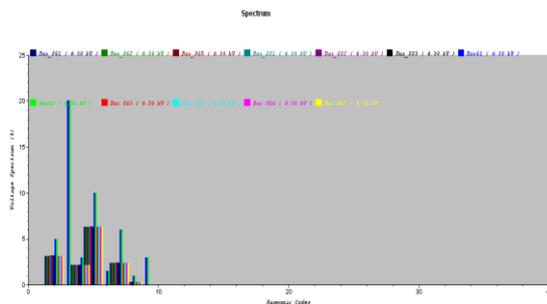
ANALISA DAN SIMULASI

Dari hasil simulasi sistem kelistrikan yang ada, nilai *power factor* sebelum dipasang filter harmonisa rata - rata hasilnya sudah bagus yaitu di atas 85% kecuali pada Bus SG5, Bus SS3, Bus G1 dan Bus G2, dengan demikian nilai *power factor* tersebut harus ditingkatkan. dengan cara pemasangan kapasitor bank yang nantinya dirancang bersama *inductor* dan *resistor* dalam satu kesatuan sebagai *filter pasif* untuk mengatasi masalah harmonisa karena nilai *power factor* yang ditetapkan oleh PLN adalah 85% jika kurang dari nilai tersebut konsumen akan terkena denda dari PLN. Asumsi yang dipakai dalam simulasi ini adalah sumber kelistrikan PLN yang merupakan swing bus yang tidak terpengaruh perubahan di luar sistem kelistrikannya.

Tabel 5. Simulasi nilai *power factor* bus – bus utama sebelum dipasang filter harmonisa.

Bus	% PF	Keterangan
Bus SG1	97.4	OK
Bus SG2	95.7	OK
Bus SG3	93.7	OK
Bus SG4	85.7	OK
Bus SG5	68	NOT OK
Bus SG6	93.3	OK
Bus SG7	92.2	OK
Bus SS1	99.2	OK
Bus SS2	98.8	OK
Bus SS3	41.4	NOT OK
Bus G1	68.4	NOT OK
Bus G2	68.4	NOT OK

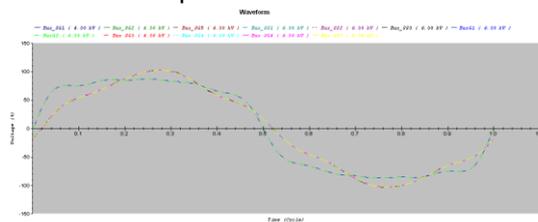
Nilai power faktor di bawah 85% harus diperbaiki dengan pemasangan kapasitor bank. Setelah dilakukan *running load flow*, baru bisa dilakukan analisa harmonisa, seperti tercantum dalam Gambar 1



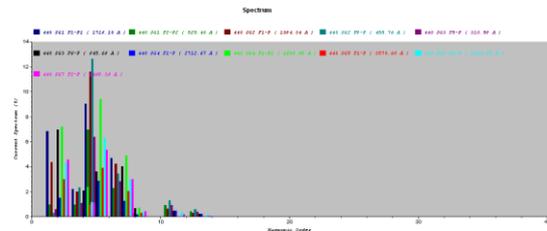
Gambar 1. *spectrum* harmonisa untuk bus 6,3 kV sebelum dipasang filter harmonisa.

Keterangan Gambar :

Sumbu X adalah nilai orde dan sumbu Y adalah besarnya *voltage spectrum* (%) Gambar 4.5. menjelaskan bahwa semua bus melebihi ambang batas IEEE (5%) sehingga membutuhkan penambahan filter harmonisa.



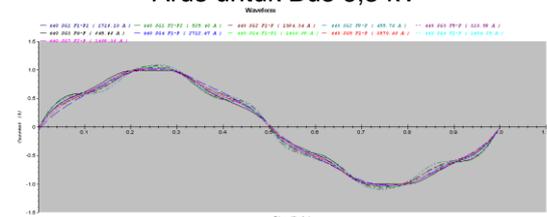
Gambar 2. Gambar *waveform* untuk bus 6,3 kV sebelum dipasang filter harmonisa Gambar 2. menunjukkan gelombang yang terjadi tidak sinusoidal murni dikarenakan terjadinya harmonisa oleh karena itu dibutuhkan penambahan filter harmonisa.



Gambar 3. Spektrum Analisa Harmonisa Arus untuk Bus 6,3 kV

Gambar 3. merupakan Gambar *spectrum* hasil running simulasi total seluruh bus 6,3 kV untuk harmonisa arus. Sumbu X menunjukkan orde dan sumbu Y menunjukkan *current voltage*

Gambar 4. Gambar *Waveform* Harmonisa Arus untuk Bus 6,3 kV



Contoh perhitungan untuk mendesain filter ;

• **Bus SG5 :**

Faktor daya awal (θ_1) : 68% atau 0,68
Faktor daya yang diinginkan (θ_2): 90% atau 0,9

$$MVA \text{ beban} = \frac{MW}{PF} = \frac{7}{0,68} = 10,3 \text{ MVA}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya reaktif sebelum kompensasi} &\rightarrow \text{MVAR} \\ &= \text{MVA} (\sin \cos^{-1} \theta_1) \\ &= 10,3 (\sin \cos^{-1} 0,68) \\ &= 7,55 \text{ MVAR} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya reaktif sesudah kompensasi} &\rightarrow \text{MVAR} = \\ &= \text{MVA} (\sin \cos^{-1} \theta_2) \\ &= 10,3 (\sin \cos^{-1} 0,9) \\ &= 4,36 \text{ MVAR} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya aktif sesudah kompensasi} &\rightarrow \\ MW &= \text{MVA} (\cos \theta_2) = 10,3 (0,9) \\ &= 9,27 \text{ MW} \end{aligned}$$

Maka didapatkan :

$$\begin{aligned} \text{MVAR kapasitor} &= \text{MVAR sebelum} \\ &\text{ kompensasi} - \text{MVAR sesudah kompensasi} = \\ &= 7,55 - 4,36 = 3,19 \text{ MVAR} = 3190 \text{ KVAR} \end{aligned}$$

$$KVAR = 2\pi f CV^2 10^9$$

$$C = \frac{KVAR}{2\pi f CV^2 10^9} = \frac{3190}{2.3,14.50 (6300)^2 \cdot 10^9} = 255,96 \mu F$$

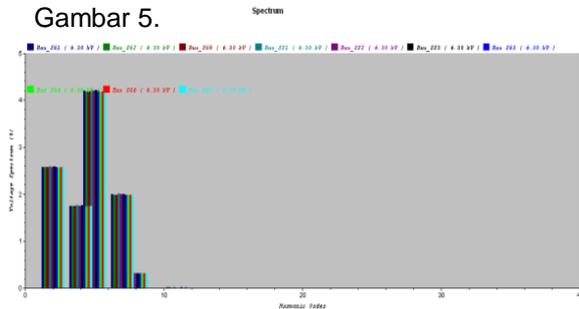
Orde yang akan dituning adalah orde 5 dimana hasil simulasi *spectrum* melampaui batas yang telah ditentukan oleh standart IEEE yaitu 5%.

$$L = \frac{1}{\omega_0^2 C} = \frac{1}{(2,314,250)^2 (255,96 \times 10^{-6})} = 1,585 \text{ mH}$$

$$XL = \omega.L = 3,14(1,585 \times 10^{-3}) = 497,69 \Omega$$

$$R = \frac{n \cdot XL}{Q} = \frac{5 \cdot 497,69}{3190} = 0,78 \Omega$$

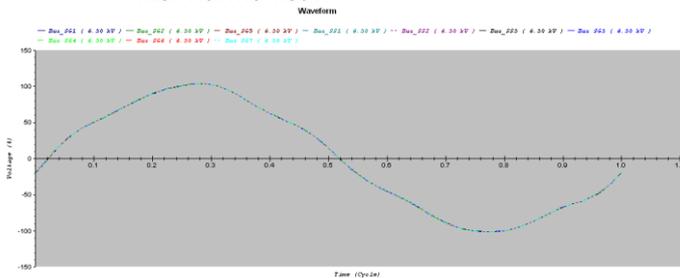
Hasil dari pemasangan filter bisa dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5.

Keterangan Gambar :

Sumbu X adalah nilai orde dan sumbu Y adalah besarnya *voltage spectrum* (%). Nilai pada sumbu Y menunjukkan angka di bawah 5% yang merupakan akibat dari pemasangan filter harmonisa.



Gambar 6. Gambar *Waveform* Setelah Dipasang Filter Harmonisa

Keterangan gambar :

Gambar 4.11. merupakan gambar hasil running harmonisa setelah dilakukan pemasangan filter. Bisa dilihat gelombang sinus sudah dapat dikatakan lebih sempurna dari pada gelombang sinus sebelum dipasang filter harmonisa. Gambar 4.11. menunjukkan bahwa nilai harmonisa tegangan yang ada sudah dibawah standar IEEE setelah dilakukan penambahan filter pada bus – bus 6.

KESIMPULAN

1. Penggunaan Kapasitor sebagai kompensasi daya reaktif dapat meyebabkan resonansi harmonisa, yang akan meningkatkan karakteristik impedansi di bus sehingga THD (*Total Harmonic Distortion*) di bus tersebut juga akan mengalami peningkatan, karena itu agar tidak terjadi fenomena peningkatan

harmonisa pada sistem maka kapasitor dipasang sebagai filter harmonisa.

2. Tingkat Harmonisa (THD-V dan THD-I) secara keseluruhan masih berada dibawah standard maksimum yang diijinkan, walaupun ada beberapa bus dengan tingkat harmonisa yang mendekati bahkan melewati batas maksimum yang diijinkan, misalnya pada Bus SG5, Bus SS3, Bus G1 dan Bus G2.
3. Hasil simulasi dengan menggunakan ETAP menunjukkan perubahan yang signifikan untuk *spectrum* pada orde 5 yang sebelumnya di atas standar IEEE (>5%) menjadi dibawah standar IEEE (5%).
4. Cara untuk mengatasi terjadinya harmonisa adalah dengan memperbaiki power faktor terlebih dahulu yaitu dengan dipasang kapasitor dan kemudian dipasang filter harmonisa yang merupakan rangkaian dari kapasitor, inductor dan resistor yang disusun secara seri karena filter yang digunakan adalah jenis *single tuned*.

DAFTAR PUSTAKA

Ewald F. Fuchs and Mohammad A.S. Masoum *Power Quality in Power Systems and Electrical Machines*, March 2008

IEEE Std. 519 – 1992- *Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power System*, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1993

IEEE Std. 1531 – 2003 – Guide for Application and Specification for Harmonic Filters.

JAVA Journal of Electrical and Electronics Engineering, Vol. 1, No. 2, Oct 2003, ISSN 1412 – 8306

Kawan, C dan Emanuel, A.E, 1996, *Passive Shunt Harmonic Filters for Low and Medium Voltage, a Cost Comparison Study*, IEEE Trans on Power System Vol 11 No 4 pp : 1825 - 1831

Roger C. Dugan, Mark F. Mc Granaghan, *Electrical Power Systems Quality Second Edition*, Professional Engineer, Mc Graw - Hill

J.C Das “ *Passive Filters – Potentialities and Limitations*” IEEE Transactions on Industry Applications Vol. 40 No1, Januari/Februari 2004

STUDI PENINGKATAN DAYA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DARI DAYA 50 WATT MENJADI 1000 WATT DI DESA MONTALLAT I KABUPATEN BARITO UTARA KALIMANTAN TENGAH

Moch. Fahrulrozi¹, Muhammad Taqiyuddin Alawiy², Saiful Affandi³

Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Islam Malang Jl. Mayjen Haryono 193

Telp. 0341-581734 Fax. 0341-552249 Malang 65144 Indonesia

Kel. Tumpang Laung I Kec. Montallat Kab. Barito Utara Kalimantan Tengah 73861 Indonesia

mochf5@gmail.com

Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Surya itu konsepnya sederhana. Yaitu mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Cahaya matahari merupakan salah satu bentuk energi dari sumber daya alam. Pembangkit Listrik Tenaga Surya saat ini lebih diminati karena dapat digunakan untuk keperluan apa saja dan dimana saja seperti penerangan jalan dan untuk rumah tangga. Sel surya ini dapat menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang tidak terbatas langsung diambil dari matahari, tanpa ada bagian yang berputar dan tidak memerlukan bahan bakar. Sehingga sistem sel surya sering dikatakan bersih dan ramah lingkungan. Pada desa Montallat I Pembangkit Listrik Tenaga Surya sudah terpasang melalui program pemerintah daerah Tingkat II Kabupaten Barito Utara provinsi Kalimantan Tengah untuk desa-desa terpencil yang belum teraliri listrik.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang sudah ada pada saat ini daya maksimal yang dihasilkan sebesar 50 watt cukup untuk penerangan lampu dan tidak bisa dimanfaatkan untuk keperluan yang lainnya seperti menyalakan TV, Lemari Pendingin dan lain-lain. Agar program pemerintah yang sudah ada dapat bermafaat tidak hanya untuk penerangan dan memberikan solusi agar bisa di optimalkan penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang sudah ada maka dilakukan studi bagaimana cara untuk meningkatkan daya dari 50 watt menjadi 100 watt. Caranya dengan menambahkan kapasitas Modul Cell dari satu Panel 50 Wp menjadi 3 buah, menambah kapasitas Baterai dari 65 Ah menjadi 300 Ah dengan jumlah 3 buah Baterai masing-masing Baterai berkapasitas 100 Ah dan menambahkan Inverter DC to AC 1000 W.

Kata kunci : PLTS, Panel Cell, Peningkatan Daya dan Inverter

PENDAHULUAN

Kondisi bumi kita kian lama kian tercemarnya lingkungan akibat rumah kaca (greenhouse effect) yang menyebabkan global warming, hujan asam, rusaknya lapisan ozon hingga hilangnya hutan tropis. Semua jenis polusi itu rata-rata akibat dari penggunaan bahan bakar fosil seperti minyak bumi, uranium, plutonium, batu bara dan lainnya yang tiada hentinya. Padahal kita tahu bahwa bahan bakar dari fosil tidak dapat diperbaharui.

Dengan kondisi yang sudah sedemikian memprihatinkan, gerakan hemat energi sudah merupakan keharusan di seluruh dunia. Salah satunya dengan hemat bahan bakar dan menggunakan bahan bakar dari non-fosil yang dapat diperbaharui seperti tenaga angin, tenaga air, energi panas bumi, tenaga matahari, dan lainnya. Duniapun sudah mulai merubah tren produksi dan penggunaan bahan bakarnya, dari bahan bakar fosil beralih ke bahan bakar non-

fosil, terutama tenaga surya yang tidak terbatas

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) akan lebih diminati karena dapat digunakan untuk keperluan apa saja dan di mana saja : bangunan besar, pabrik, perumahan, dan lainnya. Selain persediaannya tanpa batas, tenaga surya nyaris tanpa dampak buruk terhadap lingkungan dibandingkan bahan bakar lainnya. Di negara-negara industri maju seperti Jepang, Amerika Serikat, dan beberapa negara di Eropa dengan bantuan subsidi dari pemerintah telah diluncurkan program-program untuk memasyarakatkan listrik tenaga surya ini. Tidak itu saja di negara-negara sedang berkembang seperti India, Mongol promosi pemakaian sumber energi yang dapat diperbaharui ini terus dilakukan.

Negara Indonesia juga melakukan proyek pembagian Pembangkit Listrik Tenaga Surya Khususnya pada Provinsi Kalimantan Tengah Kabupaten Barito Utara untuk desa-desa

terpencil secara gratis. Namun dalam pelaksanaan di lapangan daya yang di hasilkan dari Pembangkit Tenaga Surya tersebut hanyalah 50 Watt hanya cukup untuk penerangan tidak dapat memenuhi kebutuhan pemakaian daya untuk keperluan lainnya seperti menyalakan TV, Kulkas, Dispenser, dan peralatan elektronik lainnya.

Sebagai solusi dari permasalahan itu maka dilakukan studi untuk meningkatkan daya sesuai dengan kebutuhan yaitu sebesar 1000 watt. Agar masyarakat dapat menggunakan PLTS secara maksimal.

Untuk meningkatkan PLTS dari 50 Watt menjadi 1000 Watt perlu diperhitungkan Jumlah kebutuhan Panel Cell, Jumlah Batrei dan menambahkan Inverter DC to AC. Dari hasil studi ini diharapkan dapat memberikan solusi untuk meningkatkan daya PLTS dari 50 Watt menjadi 1000 Watt yang sebelumnya hanya dapat dimanfaatkan untuk menyalakan 3 buah lampu TL DC.

Pembangkit listrik tenaga surya itu konsepnya sederhana. Yaitu mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Cahaya matahari merupakan salah satu bentuk energi dari sumber daya alam. Sumber daya alam matahari ini sudah banyak digunakan untuk memasok daya listrik di satelit komunikasi melalui sel surya. Sel surya ini dapat menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang tidak terbatas langsung diambil dari matahari, tanpa ada bagian yang berputar dan tidak memerlukan bahan bakar. Sehingga system sel surya sering dikatakan bersih dan ramah lingkungan

Komponen utama sistem surya fotovoltaik adalah modul yang merupakan unit rakitan beberapa sel surya fotovoltaik. Untuk membuat modul fotovoltaik secara pabrikasi bisa menggunakan teknologi kristal dan thin film. Modul fotovoltaik kristal dapat dibuat dengan teknologi yang relatif sederhana, sedangkan untuk membuat sel fotovoltaik diperlukan teknologi tinggi. Modul fotovoltaik tersusun dari beberapa sel fotovoltaik yang dihubungkan secara seri dan paralel

Inverter adalah perangkat elektronika yang dipergunakan untuk mengubah tegangan DC (Direct Current) menjadi tegangan AC (Alternating Current). Output suatu inverter dapat berupa tegangan AC dengan bentuk gelombang sinus (sine wave), gelombang kotak (square wave) dan sinus modifikasi (sine wave modified). Sumber tegangan input inverter dapat menggunakan battery, tenaga surya, atau sumber tegangan DC yang lain. Inverter dalam

proses konversi tegangan DC menjadi tegangan AC membutuhkan suatu penaik tegangan berupa step up transformer.

Baterai atau accu atau aki merupakan salah satu komponen yang sangat penting, fungsi utamanya sebagai stater, penerangan, dan pengapian. Arus yang ideal untuk charge/ Pengisian aki, Arus ideal pada Ampere meter saat pengisian aki adalah 10 % dari kemampuan aki. Jika aki 40 Amp, maka idealnya charging dengan 4 amp selama 10 jam. Charge aki bias dengan arus yang 'besar' sehingga aki akan cepat penuh, tapi aki akan menjadi mendidih dan panas. Ini akan beresiko membuat cell pada aki tersebut melengkung dan rusak.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penulisan Skripsi dilakukan pendataan satu buah rumah sebagai sampel pada bulan Oktober 2012 di Desa Montallat I kecamatan Montallat kabupaten Barito Utara Kalimantan Tengah meliputi pendataan Modul Cell, Baterai, Baterai Control Unit (BCU) dan Lampu.

Jenis Modul Cell yang digunakan adalah Polycrystalline Silicon dengan jumlah Cell 36 (4 x 9) per Modul buatan Suntech STP050- 12/MD dengan kapasitas Modul 50 wP dan dapat menghasilkan tegangan Power (Vpm) sebesar 17.0 V dengan tegangan nominal (Nnom) sebesar 12 V, tegangan open circuit (Voc) sebesar 21,9 V dapat menghasilkan arus maksimum (Ipm) sebesar 2,86 A dan arus short circuit (Isc) 3,09 A. Dengan waktu penyerapan sinar matahari selama 7 jam dari jam 8 pagi sampai jam 3 sore dalam keadaan sinar matahari cerah.

Baterai yang berfungsi untuk menyimpan energy listrik yang di hasilkan oleh modul surya pada siang hari dan kemudian dapat digunakan setiap saat bertipe ACDELCON-NS70 satu buah baterai dengan kapasita 65 Ah tegangan 12 V dc.

Baterai control unit atau BCU merupakan alat pengontrol dan pengaturan keseimbangan energy yang berfungsi untuk melindungi baterai dari pengisian yang berlebihan. Bila kondisi baterai dalam keadaan penuh maka BCU akan memutuskan hubungan ke modul cell secara otomatis. Sebaliknya jika baterai dalam keadaan kosong maka BCU aka memutuskan aliran listrik ke beban lampu secara otomatis. Adapun model BCU yang digunakan adalah SNH-050-DC/SUNTECH dengan tegangan nominal 12 V charge indicator LED bar (8 steps) dengan maksimum current 6 mA.

Lampu adalah komponen beban dalam sistem berfungsi sebagai sumber pencahayaan lampu yang digunakan jenis TL (neon) DC dengan tipe alight 12 Vdc armature tegangan nominal 12 Vdc dengan jumlah 3 buah setiap rumah.

Perhitungan keperluan daya (perhitungan daya listrik perangkat dapat dilihat pada label di belakang perangkat, ataupun dibaca dari manual):

- Penerangan rumah: 8 lampu CFL @ 15 Watt x 12 jam sehari = 1440 Watt/jam
- Televisi Sharp 21" Flat TV: @ 90 Watt x 5 jam sehari = 450 Watt/jam
- Kulkas Panasonic 160 liter : @ 79 Watt x 24 jam x 1/3 (karena compressor kulkas tidak selalu hidup, umumnya mereka bekerja lebih sering apabila kulkas lebih sering dibuka pintu) = 632 Watt/jam
- Perangkat lainnya = 400 Watt/jam
- Total kebutuhan daya selama 12 jam = 2922 Watt/jam

Jumlah Panel Solar Cell yang dibutuhkan, satu panel kita hitung 50 Wp (perhitungan adalah 7 jam, dari jam 8 pagi sampai 3 sore waktu maksimum penyerapan sinar matahari oleh tenaga surya) : Kebutuhan solar cells panel : $(2922 / 50 / 7) = 8$ panel surya.

Jumlah kebutuhan baterai 12 Volt dengan daya 100 Ah : $2922 / 12 / 100 = 2,435$ dibulatkan 3 Baterai dengan 100 Ah.

Untuk meningkatkan daya dari 50 Watt menjadi 1000 Watt perlu di tambahkan jumlah Modul Solar Cell, meningkatkan kapasitas baterai untuk penyimpanan daya dan menambahkan inverter DC to AC 1000 Watt.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari uraian yang telah dibahas pada bab sebelumnya, tujuan dari studi tugas akhir ini adalah mencari solusi untuk meningkatkan daya pembangkit listrik tenaga surya dari 50 watt menjadi 1000 watt di desa Montallat I. Pembangkit yang sudah ada dapat digunakan semaksimal mungkin bukan hanya untuk penerangan, bisa digunakan untuk mengoperasikan perangkat elektronik lainnya seperti TV, Kulkas, Computer dan lain-lain. Adapun cara untuk meningkatkan daya pembangkit listrik tenaga surya dari 50 watt menjadi 100 watt dengan dengan cara melakukan perhitungan jumlah modul solar cell, menghitung kapasitas daya batrei untuk kebutuhan daya sebesar 100 watt dan menambahkan inverter Dc to AC.

Modul Surya

Modul surya atau photovoltaic merupakan gabungan beberapa sel surya yang terhubung secara seri. Satu sel surya menghasilkan tegangan sebesar 0,45 Volt. Tegangan ini sangat rendah untuk dapat dimanfaatkan secara praktis, sehingga diperlukan sejumlah sel surya yang dihubungkan secara seri.

$$n = \frac{\sum P}{KPM}$$

Dimana :

P = Jumlah daya listrik (watt)

KPM = Kapasitas daya modul surya (watt)

Daya yang akan tingkatkan dari 50 Watt menjadi 1000 Watt, maka :

$$n = \frac{\sum P}{KPM}$$

$$n = \frac{1000 W}{50 Wp} = 20 \text{ Panel,}$$

Dikalikan waktu maksimum sinar matahari yang dapat di serap. Asumsikan pengisian sinar matahari yang dapat diserap dari jam 8 pagi sampai jam 3 sore maka waktu yang didapat adalah 7 jam per hari.

$$n = \frac{20}{7} = 2,8 \text{ Panel.}$$

Dibulatkan menjadi 3 Panel Modul Cell Dengan menggunakan pendekatan :

$$n = \frac{\sum P}{KPM}$$

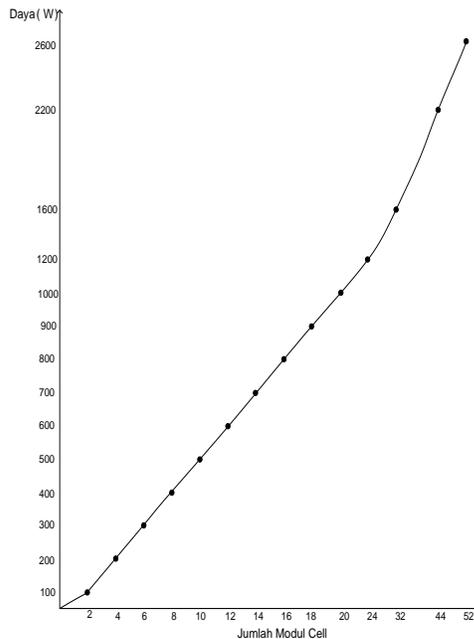
Maka dapat di buat Tabel sebagaimana pada Tabel 1

Tabel 1 Kebutuhan Panel Modul Cell 50 Wp

No	Daya (Watt)	Jumlah Modul Cell
1	100	2
2	200	4
3	300	6
4	400	8
5	500	10

6	600	12
7	700	14
8	800	16
9	900	18
10	1000	20
11	1200	24
12	1600	32
13	2200	44
14	2600	52

Dari Tabel 1 dapat digambarkan dalam bentuk Grafik karakteristik kebutuhan Panel Modul Cell terhadap daya sebagaimana pada Gambar 3.1



Gambar 1 Grafik Karakteristik kebutuhan Panel Modul Cell terhadap Daya

BATERAI

Baterai yang di butuhkan untuk daya 1000 watt dilakukan pendekatan sebagai berikut :
Dimana :

Daya (kebutuhan daya) : 1000 W
Teg Baterai : 12 V

$$\text{Maka, } n = \frac{\text{daya}}{\text{tegangan}}$$

$$n = \frac{1000 \text{ W}}{12 \text{ V}}$$

$$n = 83,3 \text{ A}$$

Di kalikan jumlah pemakaian dalam sehari yaitu 12 jam (hanya digunakan malam hari dari jam 5 sore sampai jam 5 pagi)

Maka, $n = A \times \text{waktu pemakaian baterai}$

$$n = 83,3 \times 12$$

$$n = 1000 \text{ Ah}$$

Dengan menggunakan pendekatan :

$$n = \frac{\text{daya}}{\text{tegangan}} \times \text{waktu pemakaian batrai}$$

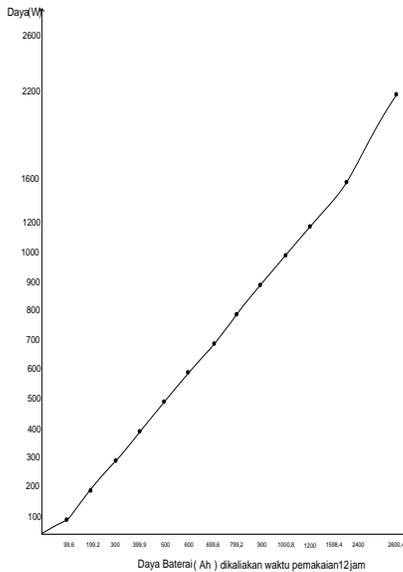
Maka dapat dibuat Tabel sebagaimana pada Tabel 2

Tabel 2 Daya Baterai

No	Daya (W)	Daya Baterai(Ah)	Daya Baterai (Ah) X Waktu Pemakaian (12jam)
1	100	8,3	99,6
2	200	16,6	199,2
3	300	25	300
4	400	33,3	399,9
5	500	41,7	500
6	600	50	600
7	700	58,3	699,6
8	800	66,6	799,2
9	900	75	900
10	1000	83,4	1000,8
11	1200	100	1200
12	1600	133,3	1598,4
13	2200	200	2400
14	2600	216,7	2600,4

Dari Tabel 2 di atas dapat disimpulkan bahwa semakin besar daya maka semakin besar pula kapasitas daya Baterai yang dibutuhkan.

Dari Tabel.2 dapat digambarkan dalam bentuk Grafik Karakteristik daya Baterai yang dibutuhkan dalam pemakaian per jam (12 jam pemakaian) terlihat pada Gambar 2



Gambar 2 Grafik Karakteristik daya Baterai dengan waktu pemakaian 12 jam

Perhitungan waktu pemakaian Baterai dengan beban yang berbeda digunakan pendekatan sebagai berikut :

Maka,
$$t = \frac{\text{daya baterai}}{\text{daya out put}}$$

Dimana ;

t : waktu dalam jam

Daya Baterai : $60 A \times 12 V = 720 W$

Daya Out Put :

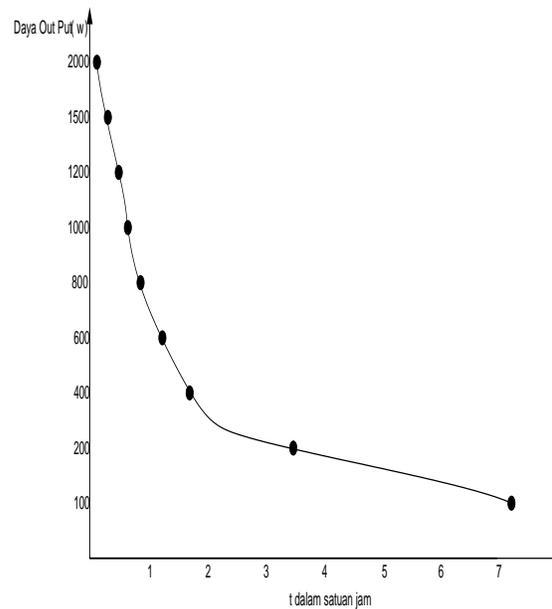
100/200/400/600/800/1000/1200/1500/2000 watt

Dari pendekatan Diatas dapat dibuat Tabel 3

No	Daya Baterai	Daya Out Put	t/jam
1	720	100	7,2
2	720	200	3,6
3	720	400	1,8
4	720	600	1,2
5	720	800	0,9
6	720	1000	0,72
7	720	1200	0,6
8	720	1500	0,48
9	720	2000	0,36

Dari Tabel 3.3 dapat disimpulkan semakin besar daya Out Put yang digunakan maka waktu pemakaian Baterai akan pendek, dengan kapasitas Baterai 60 Ah.

Dari Tabel 3 dapat digambarkan dalam bentuk Grafik Karakteristik waktu pemakaian Baterai dengan beban bervariasi terlihat pada Gambar 3



Gambar 3 waktu pemakaian Baterai dengan beban bervariasi

Dari Gambar 3.3 Grafik Karakteristik waktu pemakaian Baterai dengan beban bervariasi dapat disimpulkan bahwa semakin besar daya Out Put maka semakin pendek waktu pemakaian Baterai dengan kapasitas 60 Ah.

Dari data diatas untuk kebutuhan daya 1000 watt dengan waktu pemakaian selama 12 jam non stop dan daya Out Put maksimal 1000 watt dibutuhkan daya Baterai sebesar :

Dimana :
$$n = \frac{\text{daya Out Put}}{\text{teg Baterai}}$$

$$n = \frac{1000}{12}$$

$$n = 83,3 \text{ Ah} \times 12 \text{ jam}$$

$$n = 1000 \text{ Ah}$$

Jadi, kebutuhan Baterai dengan daya 1000 watt dengan pemakaian maksimal 12 jam adalah 1000 Ah. Dipasaran tersedia 100 Ah, maka dibutuhkan 10 buah Baterai 100 Ah.

Pendekatan untuk Panel Modul Cell dengan daya 1000 W selama 12 jam pemakaian:

Dimana :

Daya Baterai : 1000 Ah

Daya Modul Cell : 50 Wp

Maka,
$$n = \frac{\text{daya Baterai}}{\text{daya Modul Cell}}$$

$$n = \frac{1000}{50}$$

$$n = \frac{20 \text{ Panel}}{7 \text{ jam}}$$

$$n = 2,8 \text{ Panel} > \text{dibulatkan menjadi } 3 \text{ panel}$$

Jadi, untuk daya Baterai 1000 Ah di butuhkan Panel Modul Cell sebanyak 3 buah panel

dengan kapasitas 50 Wp dengan waktu penyerapan sinar Matahari selama 7 jam.

Pendekatan untuk Baterai dengan total kebutuhan daya selama 12 jam

Dimana :

Daya kebutuhan total : 2922 Watt/jam (12 jam pemakaian)

Teg Baterai : 12 Volt

$$\text{Maka, } n = \frac{\text{daya}}{\text{tegangan}}$$

$$n = \frac{2922 \text{ watt/jam}}{12 \text{ volt}}$$

$$n = 243,5 \text{ ampere/jam}$$

Karena dipasaran yang tersedia 100 Ah, maka Baterai yang digunakan 3 buah Baterai 100 Ah.

Jadi, untuk kebutuhan daya total 2922 watt selama 12 jam dibutuhkan 3 buah Baterai 100 Ah.

Pendekatan untuk Panel Modul Cell dengan total kebutuhan daya 2922 selama 12 jam pemakaian :

Dimana :

Daya kebutuhan total : 2922 Watt/jam (12 jam pemakaian)

Jumlah Baterai : 3 buah 100 Ah

Daya Modul Cell : 50 Wp

$$\text{Maka, } n = \frac{\text{daya Baterai}}{\text{daya Modul Cell}}$$

$$n = \frac{300 \times 12}{50}$$

$$n = \frac{3600 \text{ w}}{50 \text{ w}}$$

$$n = \frac{72 \text{ Panel}}{7 \text{ jam}}$$

$$n = 10 \text{ Panel}$$

Jadi, untuk total kebutuhan daya 2922 selama 12 jam dibutuhkan Panel Modul Cell sebanyak 10 buah dengan waktu penyerapan sinar Matahari selama 7 jam.

INVERTER DC TO AC

Daya out put pada inverter sama dengan daya in put.

Dimana :

Daya Out put

Daya : 1000 W

Teg : 220 V

I : 4,5 A

Maka ;

$$\text{daya out put} = \text{daya in put}$$

$$1000 : 220 = 1000 : 12$$

$$4,5 \text{ A} = 83,3 \text{ A}$$

Daya in

Daya : 1000 W

Teg : 12 V

$$I : 83,33 \text{ A}$$

Spesifikasi Inverter 1000 Watt

1000 watt Inverter Charger 12VDC 220VAC

SP-1000C DC 12V

Daya keluar 1000W Daya Kontiniu

Tarikan pertama / Start awal 2400W

Arus Standby / No load current Draw

Voltase masuk DC 10V-15V

Voltase keluar AC 220-240V

Bentuk gelombang keluar : Gelombang sinus yang dimodifikasi

Efisiensi > 85% - 90%

Arus masuk dengan daya penuh 100 Amp

Pengaturan keluaran +- 5% Intelligent PWM

Frekuensi keluar 50Hz Crystall Controlled

Kipas bekerja otomatis

Proteksi keluar hubungan singkat

Baterai lemah : <10,5V +- 0,5V sebelum alarm,

<10V +- 0,5V mati dengan alarm Kelebihan

panas : >60C sebelum alarm, >65C mati dengan alarm

Kelebihan beban : >1000W sebelum alarm,

>1200 mati dengan alarm

Proteksi kebalikan kutub baterai dengan sekering

Sekering 25A*6PCS

Satu lubang stop kontak keluar

Arus cas max. 10 AMP

Switch otomatis (AC Line ke Inverter, Inverter ke AC Line)

Waktu transfer (AC Line ke Inverter 16 ms,

Inverter ke AC Line 16ms)

Ukuran (P.L.T) 360 x 195 x 80mm)

Berat netto 4,8 Kg

Kesimpulan

Dari hasil pembahasaan pada Bab sebelumnya dapat diambil ke simpulan sebagai berikut :

1. Cara untuk meningkatkan Daya Pembangkit Listrik Tenaga Surya dari 50 Watt menjadi 1000 Watt di Desa Montallat I Kabupaten Barito Utara Kalimantan Tengah yaitu dengan manambah kapasitas Panel Cell, meningkatkan Kapasitas Baterai penyimpana daya dan menambahkan Inverter DC to AC 1000 Watt.
2. Kapasitas Baterai yang di gunakan untuk total kebutuhan daya sebanyak 2922 Watt selama 12 jam adalah 3 buah Baterai 100 Ah. Daya Out Put pada Inveter sama dengan daya Input di mana daya Out Put sebesar 1000 W, 220 V dan 4,5 A. Sedangkan daya Input 1000 W, 12 V dan 83,3 A.

3. Kebutuhan jumlah Panel Modul Solar Cell dengan daya 1000 Watt adalah 3 buah Panel Solar Cell dengan kapasitas 50 Wp dengan waktu penyerapan sinar Matahari selama 7 jam dari jam 8 pagi sampai jam 3 sore.

DAFTAR PUSTAKA

- Daryanto, 2012, *Tekni Dasar Elektronika Komunikasi*, Satu Nusa, Jakarta.
- Daryanto, 2012, *Tekni Listrik Lanjutan*, Satu Nusa, Jakarta.
- Owe, Bishop, 2004, *Dasar-Dasar Elektronika*, Erlangga, Jakarta
- Trevor, Lisnsley, 2004, *Instalasi Listrik Dasar*, Erlangga, Jakarta.
- Ramdhani, Mohamad, 2012, *Rangkaian Listrik*, Erlangga, Jakarta.
- Daryanto, 2012, *Tekni Listrik Lanjut*, Satu Nusa, Jakarta.
- M, Dr. Suyitno, M. Pd, 2011, *Pembangkit Energi Listrik*, Rineka Cipta, Jakarta.
- Suriadi dan Mahdi Syukuri, (2010), "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpadu Menggunakan Software PVSYST Pada Komplek Perumahan di Banda Aceh", *Jurnal Rekayasa Elekrika*, 9 (2), 77-80.
- Jumadi, Juni 2010, *Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Banda Aceh*, [Online]. Tersedia <http://jumadi04.blogspot.com/2010/06/study-perencanaan-pembangkit-listrik.html>. Html [20 Januari 2013].
- Bien, Liem Ek, Ishak kasim dan Wahyu Wibowo, (2008) "Perancangan Sistem HIBRID Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Jala-Jala Listrik PLN Untuk Rumah Perkotaan" *Jurnal JET* ri,8 (1), 37-56. <http://elektronikadasar.com/artikelelektronika/inverter-dc-ke-ac/>. [12 November 2012]
- <http://eki.blog.itelkom.ac.id/blog/elektronika-daya/kel-iii/>. [20 November 2012]
- <http://rhazio.wordpress.com/2007/09/12/pembangkit-listrik-tenaga-surya/>. [8 Maret 2013]

ANALISIS PENGARUH BEBAN NON LINEAR TERHADAP PENINGKATAN RUGI-RUGI PADA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DI PT PLN (PERSERO) UPJ GONDANGLEGI PENYULANG BANTUR

Heris Wahyudi¹, Bambang Minto Basuki,² dan Bambang Dwi Sulo³

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang, Jl. Mayjend. Haryono 193, Malang, 65144, Indonesia

Penyulang Bantur PT PLN (Persero) UPJ Gondanglegi Malang, 65175 Indonesia,

harispln@gmail.com

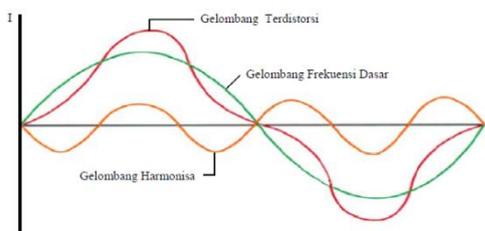
Abstrak

Penyaluran energi listrik ke konsumen tidak terlepas dari penggunaan saluran transmisi dan distribusi dimana transformator distribusi menjadi salah satu komponen utama sebagai alat penurun tegangan. Dalam penggunaannya, beragamnya beban yang diberikan mempengaruhi kinerja dari transformator tersebut dimana salah satu permasalahannya adalah harmonisa arus yang dapat menyebabkan penurunan kapasitas daya terpasang pada transformator. Secara umum, harmonisa arus disebabkan oleh adanya beban-beban non linear sehingga bentuk gelombang arus mengalami bentuk distorsi dimana frekuensi gelombang harmonisanya adalah merupakan hasil kali integer dari frekuensi dasarnya. Semakin besar nilai THD arus yang terjadi maka akan semakin kecil nilai kapasitas daya terpasang (kVA baru) transformator tersebut, dan semakin besar nilai THD arus yang terjadi maka akan semakin besar pula tingkat penurunan kapasitas daya terpasang transformator distribusinya.

Kata kunci : Harmonisa arus, THD, THDF

PENDAHULUAN

Kualitas sistem tenaga berhubungan erat dengan kualitas daya (*Power Quality*). Ada beberapa permasalahan kualitas daya yang sangat mempengaruhi suatu system tenaga, salah satu diantaranya adalah harmonisa. Penyebab dari gangguan harmonisa adalah dari peralatan yang banyak digunakan dalam sektor industri, terutama peralatan yang menggunakan komponen *converter* dan *thyristor*. (1) Harmonisa ini menyebabkan distorsi tegangan dan arus dimana ia memiliki frekuensi yang merupakan kelipatan dari frekuensi dasar sistem. Sehingga gelombang tegangan dan arus yang dihasilkan tidak sinusoidal murni dan pada akhirnya dapat menimbulkan gangguan pada peralatan di sistem tenaga. Transformator distribusi sangat berperan dalam penyaluran daya ke pusat beban dan merupakan peralatan yang paling merasakan adanya harmonisa, karena letaknya yang lebih dekat terhadap beban-beban non linear.



Gambar 1. Uraian Gelombang Terdistorsi menjadi Gelombang Frekuensi Dasar dan Harmonik ke-3

Banyaknya penggunaan *converter* dan *thyristor* yang terdapat pada beban-beban

nonlinear akan semakin meningkatkan arus harmonisa. Harmonisa arus mengakibatkan pemanasan pada bagian-bagian transformator, sehingga mengakibatkan peningkatan rugi-rugi dan penurunan efisiensi pada transformator. Maka dari itu dengan pengukuran pada transformator distribusi dapat diketahui besarnya total harmonisa arus atau THD (*Total Harmonic Distortion*) yang terjadi. Sehingga kita dapat melakukan studi pengaruh harmonisa arus terhadap besarnya penurunan kapasitas daya (kVA) terpasang yang terjadi pada transformator distribusi.

Berdasarkan standart IEC (*International Electrotechnical Commisiion*) 100.4-11, gangguan harmonisa tergolong kedalam bentuk distorsi bentuk gelombang (Dugan, 1996). Pada fenomena ini terjadi perubahan bentuk gelombang dari gelombang dasarnya. Harmonisa adalah gelombang tegangan atau arus sinusoidal yang memiliki frekuensi yang merupakan hasil kali integer dari frekuensi dasar dimana suplai system dirancang untuk beroperasi (biasanya 50 atau 60 Hz). Pada dasarnya, harmonisa adalah gejala pembentukan gelombang - gelombang dengan frekuensi berbeda yang merupakan perkalian bilangan bulat dengan frekuensi dasarnya.

Hal ini disebut frekuensi harmonisa yang timbul pada bentuk gelombang aslinya sedangkan bilangan bulat pengali frekuensi dasar disebut angka urutan harmonisa. Harmonisa yang di timbulkan oleh peralatan yang digunakan menyebabkan perubahan pada bentuk gelombang. Harmonisa disebabkan adanya

beban non linear yang digunakan dalam sistem tenaga listrik. Peralatan seperti converter, penyearah, *adjustable speed drive* untuk mengendalikan motor-motor industri, *thyristor controlled reactor*, serta berbagai peralatan yang didasarkan pada proses pensaklaran yang dapat menimbulkan terjadinya harmonisa. Sedangkan untuk beban, yang dapat menimbulkan harmonisa antara lain *electric arc furnace*, *induction furnace*, serta mesin las, dimana beban tersebut berubah-ubah dari waktu ke waktu dengan cepat secara nonlinear.

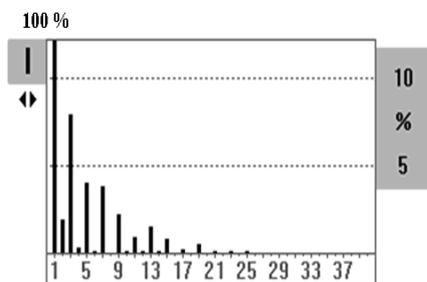
Total Harmonic Distortion (THD)

Salah satu cara yang paling umum untuk menyatakan besarnya distorsi harmonisa yang terjadi dalam suatu sistem adalah THD (Total Harmonic Distortion). Untuk menentukan besarnya THD digunakan persamaan sebagai berikut:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h \text{ max}} I_h^2}}{I_1} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Dengan THD = Distorsi Harmonisa Total (%)
 I1 = Arus frekuensi dasar (A)
 Ih = Arus harmonisa ke-h (A)
 h = Bilangan integer 2,3,4,5....

Gambar berikut adalah bentuk dari spectrum sinyal secara sederhana.



Gambar 2 Spektrum harmonisa terhadap tegangan dasar.

Dari gambar spectrum sinyal gelombang harmonisa dapat di tentukan besarnya arus dari tiap-tiap gelombang harmonisa yang terjadi. Batas dari besarnya THD untuk arus dalam suatu sistem tenaga yang dapat diterima berdasarkan aturan IEC adalah 5 s/d 20% (Fluke Education Partnership, 2004).

Apabila telah melewati batas tersebut maka dikategorikan level arus yang berbahaya dan dapat menyebabkan kerusakan yang serius pada peralatan listrik yang digunakan.

Pengaruh Harmonisa pada Transformator Distribusi

Harmonisa arus menimbulkan pemanasan pada bagian-bagian transformator, sehingga akan meningkatkan rugi-rugi dan penurunan

efisiensi pada transformator. Dengan adanya penurunan efisiensi transformator maka akan terjadi penurunan kapasitas daya terpasang pada transformator tersebut. Untuk melakukan perhitungan penurunan kapasitas daya transformator pada tugas akhir ini digunakan, metode perhitungan nilai THDF (*Transformator Harmonic Derating Factor*) (Tribuana, 1999).

THDF merupakan sebuah nilai atau factor pengali yang digunakan untuk menghitung besar kapasitas baru (kVA baru) transformator. Pada dasarnya, THDF pada suatu transformator dipengaruhi oleh adanya THD (*Total Harmonic Distortion*) dalam transformator tersebut sebagai akibat dari adanya penggunaan beban nonlinear pada sisi beban. Besarnya THD ditentukan terlebih dahulu melalui pengukuran. Sedangkan nilai THDF dapat ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$THDF = \frac{1,414}{cf} \dots\dots\dots(2)$$

$$THDF = \left[1,414 \times \frac{(I_{rms})}{(I_{puncak})} \right] \dots\dots\dots(3)$$

Dimana, I rms = jumlah arus rms rata-rata (A)

Dan crest factor CF = I puncak/I rms

Rumus menentukan kVA baru :

$$kVA \text{ baru} = THDF \times kVA \text{ pengenal} \dots\dots(4)$$

dimana kVA baru = Kapasitas daya terpasang transformator , THDF = *Transformator Harmonic Derating Factor* dan kVA pengenal = Kapasitas transformator distribusi lama. Dalam keadaan ideal (gelombang sinusoidal murni) dimana tidak terdapat gangguan harmonisa dalam sistem nilai *Crest Factor* = $\sqrt{2}$ atau 1.414, dan nilai THDF = 1, sehingga tidak terjadi penurunan kapasitas transformator.

METODE PENELITIAN

Pengkajian ini diselesaikan dengan menggunakan metode sebagai berikut :

1. Kajian Teoritis
Memaparkan teori dasar yang berhubungan dengan harmonisa, THD dan pengaruh harmonisa pada transformator
2. Studi Observasi
Melakukan pengukuran dan pengambilan data harmonisa pada transformator penyulang Bantur UPJ Gondanglegi.
3. Analisis data hasil observasi
Data-Data yang telah didapatkan dari observasi kemudian dianalisa, analisa meliputi :
 - ✓ Perhitungan THDF Tranformator
 - ✓ Perhitungan besarnya penurunan kapasitas daya Transformator.

Data Pengukuran Tgl 21 Juli 2012

Tabel 1 Hasil Pengukuran Trafo Distribusi Penyulang Bantur (Siang Hari)

No Trafo	Nama Trafo	Kapasitas Daya (kVA)	THD Arus (%)			Arus rms (A)			Arus Puncak (A)			Tegangan rms (V)		
			R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T
T187	Bambang Djaya	100	12	15	20	67	55	24	111	110	45	225	226	224
T507	Starlite	200	11	13	23	144	124	34	232	228	61	227	237	225
T55	Starlite	100	26	18	12	48,9	54	21,2	91	94	34	227	226	224
T34	Hiko	100	25	16	26	54	54,6	36	93	92	67	211	210	215
T47	Unindo	200	10	11	7	144	144	139	223	232	216	234	230	230
T48	Starlite	160	16	12	10	74	65	84	126	109	135	225	227	228
T49	Bambang Djaya	160	15	19	11	51,3	40,8	63	92	107	110	227	226	231
T572	Bambang Djaya	100	28	25	16	27,7	19,8	26,5	45	37	43	225	227	226
T314	Bambang Djaya	100	6	15	13	5,37	18,5	13,9	8	31	23	226	229	232

Tabel 2 Hasil Pengukuran Trafo Distribusi Penyulang Bantur (Malam Hari)

No Trafo	Nama Trafo	Kapasitas Daya (kVA)	THD Arus (%)			Arus rms (A)			Arus Puncak (A)			Tegangan rms (V)		
			R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T
T187	Bambang Djaya	100	27	25	22	114	115	40	193	198	203	228	229	223
T507	Starlite	200	17	16	17	270	256	80	429	451	451	118	222	216
T55	Starlite	100	25	24	20	27,5	39,5	24,5	49	67	67	217	228	223
T34	Hiko	100	19	18	16	77	98	61	132	162	109	217	216	224
T47	Unindo	200	13	14	14	231	249	224	361	393	393	217	218	223
T48	Starlite	160	20	22	20	153	158	144	262	262	262	217	219	224
T49	Bambang Djaya	160	15	144	13	124	89	105	193	193	193	218	221	225
T572	Bambang Djaya	100	13	20	15	53	34	68	87	87	103	220	224	227
T314	Bambang Djaya	100	24	17	29	54,9	41	25	42	69	69	224	224	229

Sumber : pengukuran

ANALISA DAN PERHITUNGAN

Berdasarkan data yang didapat dari pengukuran pada penyulang Bantur UPJ Gondanglegi maka Untuk mendapatkan Nilai Penurunan Daya Kapasitas Transformator Distribusi maka digunakan Rumus [kVA baru = THDF x kVA normal]

Dari data Tabel 1 diperoleh Data sbb:

Diketahui :

Transformator T 187 Bambang Djaya

Irms R = 67A , Irms S = 55A , Irms T = 24A

Irms rata-rata = (Irms R + Irms S + Irms T / 3) = 67A + 55A + 24A / 3

Irms rata-rata = 48A

Ipuncak R = 111A , Ipuncak S = 110A , Ipuncak T = 45A

Ipuncak rata-rata = (Ipuncak R + Ipuncak S + Ipuncak T / 3) = 111A + 110A + 45A / 3

Ipuncak rata-rata = 88A

$$THDF = \left[1,414 x \frac{(I_{rms})}{(I_{puncak})} \right] \dots\dots\dots (3)$$

$$= 1,414 x \frac{48}{8}$$

$$THDF = 0,77$$

$$\begin{aligned} \text{kVA baru} &= \text{THDF} \times \text{kVA normal} \\ &= 0,77 \times 100 \text{ kVA} \\ &= 77 \text{ kVA} \end{aligned}$$

Penurunan Kapasitas Tranformator = 23 Kva

HASIL ANALISA

Tabel 1.1 Hubungan THD Arus dengan Penurunan Kapasitas Daya (kVA) Terpasang. (Pengukuran Siang Hari)

No Trafo	kVA Pengenal (kVA)	THD Arus rata-rata %	THDF	kVA baru (kVA)	Penurunan %
T187	100	15	0,77	72	23
T507	200	15	0,81	162	19
T55	100	18	0,79	79	21
T34	100	22	0,80	80	20
T47	200	9	0,90	180	10
T48	160	12	0,85	136	15
T49	160	15	0,70	112	30
T572	100	23	0,82	82	18
T314	100	34	0,84	84	16

Tabel 2.1 Hubungan THD Arus dengan) penurunan kapasitas daya (kVA terpasang.pengukuran Malam hari.

No Trafo	kVA Pengenal (kVA)	THD Arus rata-rata %	THDF	kVA baru (kVA)	Penurunan %
T187	100	24	0,63	63	37
T507	200	16	0,78	156	22
T55	100	23	0,70	70	30
T34	100	17	0,82	82	18
T47	200	13	0,86	172	14
T48	160	20	0,78	125	21
T49	160	14	0,77	123	23
T572	100	16	0,78	78	22
T314	100	23	0,94	94	6

Kesimpulan

1. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada tranformator distribusi di penyulang bantu terjadi THD sebesar (9 s/d 24%) pada siang hari yang mengakibatkan turunya kapasitas tranformator sebesar (10% s/d 30%)
2. Pada malam hari terjadi THD rata-rata (13% s/d 24%) yang mengakibatkan turunya kapasitas daya tranformator sebesar (6% s/d 30%)

Saran

1. Agar kapasitas tranformator tidak banyak mengalami penurunan maka sebaiknya di pasang peralatan anti Harmonisa yang dapat mereduksi Harmonisa. Peralatan tersebut dapat berupa filter pasif maupun inductor yang di susun sedemikian rupa dengan kapasitas yang di sesuaikan.

5.DAFTAR PUSTAKA

Fika Priliasari, Herri Gusmedi, 2007, Studi Pengaruh Harmonisa pada Arus Listrik Terhadap Besarnya Penurunan Kapasitas Daya (kVA) Terpasang

Transformator Distribusi (Studi Kasus : Trafo Distribusi PT PLN (Persero) wilayah Bekasi Raya), Jurnal Rekayasa dan Teknologi

Elektro (<http://jurnal.ee.unila.ac.id>)

Arrilaga J., D.A. Bradley, P.S. Bodger. Power System Harmonics. New York: John Wiley & Sons, 1985.

Burke, James J. Power Distribution Engineering — Fundamentals And Applications. New York : Marcel Dekker Inc., 1994.

Dugan, Roger C, Mark F. McGranaghan, H. Wayne Beaty. Electrical Power System Quality. New York : McGraw-Hill, 1996.

Gonen, Turan. Electric Power Distribution System Engineering. Singapore : McGraw – Hill , Inc ., 1986

Lister, Eugene C. Mesin dan Rangkaian Listrik Jakarta : Erlangga, 1993.

Mazur, Glen A. Power Quality : Measurement And Troubleshooting \ mo \ & : American Technical Publisher Inc., 1999.

Mukherjee, T.K. Transformer. New Delhi : Tata
McGraw-Hill Publishing Company Ltd.,
1987.

Pansini, Anthony i.Electrical Distribution
Engineering.

Singapore : McGraw - Hill, 1986.

Sankaran, C.Power Quality. USA : CRC Press
LLC, 2002

STUDI PERBANDINGAN KINERJA PEMUTUS TENAGA ISOLASI MINYAK DENGAN ISOLASI GAS SF₆ DI GARDU INDUK POLEHAN – MALANG

Sugianto Aris¹, Bambang Minto², M.Taqiyyuddin Alawiy³

1. Mahasiswa Teknik Elektro, Fakultas Teknik, UNISMA

2,3. Dosen Teknik Elektro UNISMA, Jl. Mayjend. Haryono 193, Malang, 65144, Indonesia

arissugi.aris@gmail.com

Abstrak

Salah satu pengamanan yang terpasang pada Gardu induk adalah pemutus tenaga. Pemutus tenaga (PMT) adalah peralatan pemutus dan penghubung yang mempunyai kemampuan memutus dan menghubungkan jaringan dalam keadaan berbeban dan bertegangan sesuai dengan rating pemutus tenaga. Beberapa Gardu Induk (GI) menggunakan dua macam atau lebih media pemadam busur listrik pada Pemutus Tenaga (PMT) yang dimilikinya. Gardu Induk polehan merupakan salah satu Gardu Induk yang Pemutus Tenaganya menggunakan tiga macam media pemadam busur listrik, yaitu media isolasi minyak, vacuum dan gas SF₆ pada jaringan 70 KV.

Pada skripsi ini dilakukan perbandingan pemutus tenaga yang ada di Gardu induk Polehan – malang yaitu pemutus tenaga minyak dengan gas SF₆ dalam kapasitasnya sebagai peredam busur api / listrik dan sebagai isolasi konduktor. Dari hasil perhitungan Pemutus tenaga isolasi minyak dan pemutus tenaga isolasi gas SF₆ mempunyai batas trip maksimal yang berbeda, dimana isolasi gas SF₆ mempunyai batas trip yang lebih banyak yaitu 772 kali dan isolasi minyak 523 kali. Berdasarkan jumlah trip maksimal dan gangguan selama 1 tahun dari kedua pemutus tenaga maka usia gas SF₆ lebih lama yaitu 154,4 tahun sedangkan usia minyak 104,6 tahun.

Kata kunci : Pemutus tenaga (PMT), media isolasi minyak, gas SF₆

PENDAHULUAN

Penyaluran daya listrik dari pembangkit ke konsumen membutuhkan peralatan yang handal, dan didukung peralatan dalam Gardu Induk yang baik. Pemutus tenaga merupakan salah satu peralatan yang harus ada dalam Gardu Induk dalam fungsinya sebagai saklar untuk memutuskan dan menghubungkan arus listrik [1].

PMT memerlukan media isolasi mengingat pemutusan atau penyambungan arus dalam dilakukan keadaan berbeban. Beberapa Gardu Induk menggunakan dua macam/lebih media isolasi pada PMT yang dimilikinya [2].

Berdasarkan uraian di atas maka pada skripsi ini dilakukan perbandingan kinerja antara pemutus tenaga yang satu dengan yang lainnya yaitu isolasi minyak dan gas SF₆ dalam kapasitasnya sebagai peredam busur api dan isolasi konduktor.

METODE PENELITIAN

Pengkajian ini diselesaikan dengan menggunakan metode sebagai berikut :

1. Kajian teoritis
Memaparkan teori dasar yang berhubungan dengan pemutus tenaga, PMT isolasi minyak dan PMT isolasi gas SF₆.
2. Studi observasi
Melakukan pengamatan dan pengambilan data di GI Polehan – Malang, yaitu data – data yang berhubungan dengan PMT media isolasi minyak dan PMT media isolasi gas SF₆.
3. Analisis data hasil observasi
Data – data yang telah didapatkan dari observasi kemudian dianalisa, analisa meliputi :
 1. Perhitungan kapasitas trip maksimal dari kedua PMT.
 2. Perhitungan usia pakai dari kedua PMT.
 3. Analisa pemeliharaan dari kedua PMT.
 4. Analisa fisik dari kedua PMT.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter pembanding PMT minyak dan PMT gas SF₆.

Untuk membandingkan PMT minyak dengan PMT gas SF₆ dapat dilihat dari beberapa faktor, yaitu :

1. Kontruksi.
2. Kondisi media isolasi.
3. Jumlah trip maksimal.
4. Pemeliharaan.

Kontruksi PMT minyak

PMT isolasi minyak yang ada di gardu di GI Polehan – Malang adalah jenis minyak banyak, bagian – bagian kontruksinya yaitu :

1. Tangki (*tank*).
2. Kontak – kontak (*contacts*).
3. Pengatur busur api (*arc control device*)
4. Mekanisme penggerak (*operating mechanism*).
5. Bushing.

Kontruksi PMT gas SF₆

Pada PMT gas SF₆, gas SF₆ berfungsi sebagai pemadam loncatan busur api dan isolasi antara bagian yang bertegangan dan bagian yang bertegangan dengan badan. Kontruksinya yaitu :

1. Ruang pemutus tenaga (*circuit breaker compartment*).
2. Kontak – kontak (*contacts*).
3. Pengatur busur api (*arc control device*)
4. Bagian penyangga (*supporting compartment*).
5. Mekanisme penggerak (*operating mechanism*).

Kondisi media isolasi minyak

Kapasitas isolasi dielektrik cair sangat tergantung pada kondisi setelah terjadi pelepasan elektrik, reaksi plasma *misalnya* isolasi minyak menjadi molekul gas hidrokarbon dan karbon yang bersifat sementara. Gas – gas tersebut akan menyebar dan menjadi gelembung – gelembung di dalam minyak.

Kondisi media isolasi gas SF₆

Isolasi gas SF₆ ini sangat dipengaruhi oleh kondisi iklim, seperti temperatur, tekanan dan kelembaban yang berpengaruh pada kapasitas isolasinya.

Jumlah trip maksimal PMT

Untuk menghitung batas trip maksimal PMT adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui kapasitas hubung singkat trafo

$$MVAscT = \frac{\text{kapasitas trafo}}{\text{impedansi trafo}} \quad (1)$$

2. Kapasitas hubung singkat 3 fasa pada bus 70 kV

$$MVAscV = \frac{MVAscV \times (MVAscT + MVAscT)}{MVAscV + (MVAscT + MVAscT)} \times k \quad (2)$$

Nilai konstanta (k) ditentukan berdasarkan cycle breaker yang digunakan PMT tersebut, yaitu dapat dilihat pada Tabel 3.1 Tabel 1. Hubungan dengan waktu membuka PMT

Waktu membuka PMT	Faktor pengkali (k)
8 cycle	1,0
5 cycle	1,1
3 cycle	1,2
2 cycle	1,4
Langsung	1,6

Sumber : dokumen PLN P3B area Malang

3. Dari hasil perhitungan rumus di atas, maka PMT harus dilakukan penggantian sebanyak :

$$n' = \frac{n}{300 \left(\frac{MVAscV}{MVAscV} \right)^{1,5}} \quad (3)$$

Pemeliharaan PMT minyak

Pemeliharaan PMT sangat bergantung pada ukuran dan status pemutus tenaga, apakah dijaga atau tidak dijaga.

Untuk PMT yang statusnya dijaga, kurun waktu pemeliharannya, yaitu :

1. Harian.
2. Bulanan.
3. Tahunan.
4. Overhaul.

Untuk PMT yang statusnya tidak dijaga, kurun waktu pemeliharannya adalah sebagai berikut :

1. Mingguan.
2. Bulanan.
3. Tahunan.
4. Overhaul.

Penentuan waktu overhaul PMT secara garis besar dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2 Waktu overhaul pemutus tenaga

Jenis pemutus tenaga	Kurun waktu overhaul
PMT dengan media isolasi minyak banyak (<i>Bulk Oil Content Circuit Breaker</i>)	Selambat- lambatnya enam tahun atau pada saat jumlah angka pemutusannya (n) = 1500
PMT dengan isolasi gas SF ₆	Selambat – lambatnya Sembilan tahun atau pada saat jumlah angka pemutusannya (n) = 4500

Sumber : dokumen PLN UPT Malang : 7 – 22/HARLUR – PST/2009

Usia pemutus tenaga

Untuk menghitung usia PMT berdasarkan PLN – LMK, 1990 ; 18 dalam sebagai berikut :

$$\text{umur PMT} = \frac{n'}{\text{jumlah gangguan selama 1 tahun}}$$

Perhitungan trip maksimal PMT Minyak

Berdasarkan data yang didapat dari GI Polehan – Malang, maka :

$$n' = \frac{n}{300 \left(\frac{MVAsckV}{MVAcb} \right)^{1,5}}$$

$$n' = \frac{1500}{300 \left(\frac{11,258}{250} \right)^{1,5}}$$

$$n' = \frac{1500}{2,866}$$

$$n' = 523,37 \text{ kali}$$

$$n' = 523 \text{ kali}$$

Perhitungan trip maksimal PMT gas SF₆

Untuk PMT dengan media isolasi gas SF₆ pada GI Polehan – Malang, yaitu :

$$n' = \frac{n}{300 \left(\frac{MVAsckV}{MVAcb} \right)^{1,5}}$$

$$n' = \frac{1500}{300 \left(\frac{11,258}{155,88} \right)^{1,5}}$$

$$n' = \frac{4500}{5,822}$$

$$n' = 772,93 \text{ kali}$$

$$n' = 772 \text{ kali}$$

Analisa pemeliharaan

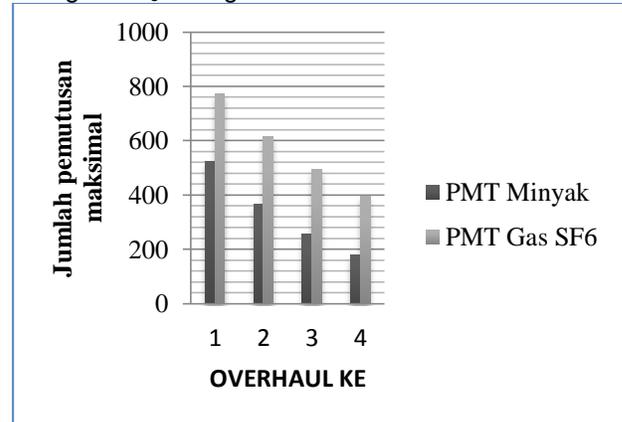
Apabila batas trip sudah tercapai maka PMT akan mengalami overhaul, berdasarkan data yang didapat di GI Polehan – Malang bahwa setelah overhaul PMT akan mengalami penyusutan batas trip maksimal. Untuk PMT minyak sebesar 30% dan gas SF₆ sebesar 20%, untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3 Trip maksimum PMT karena penyusutan

Overhaul ke	Jumlah trip maksimum	
	PMT minyak (penyusutan 30%)	PMT gas SF ₆ (penyusutan 20%)
1	523 kali	772 kali
2	366 kali	617 kali
3	256 kali	493 kali
4	179 kali	394 kali

Sumber : Hasil perhitungan

Dari Tabel 3 dapat dibuat grafik hubungan antara jumlah trip maksimum dengan waktu overhaul pada PMT minyak dan gas SF₆ sebagai berikut :



Gambar 1 Kurva hubungan Trip dengan Overhaul

(sumber : hasil perhitungan)

Dari Gambar 1 dapat diketahui bahwa setelah terjadi penyusutan peralatan sebesar 30% maka jumlah trip maksimum pada PMT minyak menjadi turun. Demikian juga dengan PMT gas SF₆ setelah terjadi penyusutan sebesar 20% maka jumlah trip maksimum akan mengalami penurunan.

Perhitungan usia PMT

Berdasarkan data yang didapat di GI Polehan – Malang bahwa gangguan tertinggi selama 1 tahun dari kedua PMT adalah sama yaitu 5 kali maka dapat diprediksi umur PMT sebagai berikut :

1. Usia PMT minyak

PMT minyak

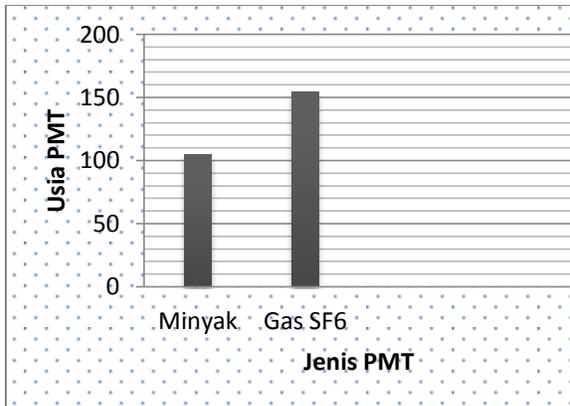
$$= \frac{n'}{\text{jumlah gangguan selama 1 tahun}}$$

$$\text{PMT minyak} = \frac{523}{5} = 104,6 \text{ tahun}$$

2. Usia PMT gas SF₆

$$\text{PMT gas SF}_6 = \frac{772}{5} = 154,4 \text{ tahun}$$

Dari hasil perhitungan di atas maka dapat dibuat kurva perbandingan usia PMT sebagaimana Gambar 2



Gambar 3.2. Kurva perbandingan usia PMT (sumber : hasil perhitungan)

Kondisi media isolasi

1. Pada isolasi minyak

Minyak berada dalam satu tempat dengan kontak – kontak pemutus tenaga. Setelah terjadi tembus fenomena yang terjadi pada pemutus tenaga isolasi minyak adalah akan terbentuk molekul gas hidrokarbon dan karbon. Apabila kandungan karbon semakin banyak maka akan terbentuk jembatan karbon yang mempunyai sifat sebagai konduktor.

2. Pada gas SF₆

Gas tidak berada dalam satu tempat dengan kontak – kontak pemutus tenaga. Berdasarkan prinsip kerja pemutus tenaga gas SF₆, gas hanya akan dihembuskan dengan tekanan tertentu pada celah diantara kontak pada saat terjadi tembus, setelah terjadi tembus tidak terlalu berpengaruh pada tabung media gas SF₆ hembusan gas akan meninggalkan debu dan pengkaratan kontak.

KESIMPULAN

Dari keseluruhan pembahasan perbandingan kinerja pemutus tenaga isolasi minyak dengan pemutus tenaga isolasi gas SF₆ yang ada di Gardu induk Polehan Malang pada jaringan 70 kV, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

Pemutus tenaga isolasi minyak dan pemutus tenaga isolasi gas SF₆ mempunyai batas trip maksimal yang berbeda, dimana isolasi gas SF₆ mempunyai batas trip yang lebih banyak yaitu 772 kali sedangkan isoalsi minyak 523 kali.

Dengan jumlah trip yang berbeda dan jumlah gangguan yang sama dalam 1 tahun pemutus gas SF₆ usia pakainya lebih lama

yaitu 154,4 tahun jika dibandingkan dengan isolasi minyak yaitu 104,6 tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- Sugiyanto, H. (2006). *Studi peralatan Circuit Breaker pada jaringan 20 kV di Gardu Induk Blimbing*. Tugas akhir, Fakultas Teknologi Industri : Institut Teknologi Nasional Malang.
- Klasifikasi Pemutus tenaga daya. (2009). (<http://ichsandi.Blogspot.com/2006/PMT.Html>), diakses 12 Desember 2012
- Subhan. (2009). *Dokumen PLN UPT Malang : 7 – 22/HARLUR – PST (Pemutus Tenaga)*. Malang : Gardu Induk Polehan
- Marsudi, D. (2005). *Pembangkitan Energi Listrik*. Jakarta : Erlangga .
- Arismunandar, A., Kuwahara. (1972). *Teknik Tenaga Listrik*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
- Indramila, V. (2011). *Pemutus tenaga berdasarkan media pemadam busur api*. Teknik Elektro : Politeknik Negeri Semarang.
- Dunia Listrik. (2008). (<http://dunia-listrik.Blogspot.Com/2008/CircuitBreaker.Html>), diakses 2 januari 2013.
- Setiabudy, R. (2007). *Material Teknik listrik*. Jakarta : Universitas Indonesia.
- Sukadi, D. (2009). *Dokumen PLN P3B area Malang (pemeliharaan pemutus tenaga)*. Malang : APP Malang.
- Arismunandar, A. (1983). *Teknik Tegangan Tinggi*. Jakarta : Ghalia Indonesia

STUDI PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHYDRO DI DUSUN SENDI DESA PACET KECAMATAN PACET KABUPATEN MOJOKERTO

Muhammad arif prasetyo¹, Bambang Dwi Sulo², M.Taqiyyuddin Alawiy³

1. Mahasiswa Teknik Elektro Unisma

2.3. Dosen Teknik Elektro Unisma, jl. Mayjen haryono 193, malang, 65144, indonesia

satrio_piningit25@gmail.com

Abstrak

Pertumbuhan permintaan energi listrik di Indonesia semakin meningkat dari waktu ke waktu, namun PLN sebagai pemasok tunggal energi listrik di Indonesia belum mampu melayani 100% permintaan tersebut. Masih banyak daerah yang belum dialiri arus listrik terutama daerah pedesaan. Biaya yang dikeluarkan untuk investasi pembangunan jaringan listrik yang tidak sebanding dengan perkiraan pendapatan yang akan diterima menjadi alasan utama suatu daerah belum terjangkau aliran listrik. Oleh karena itu masyarakat di pedesaan khususnya dituntut untuk lebih kreatif mencari sumber energi alternatif. Di Indonesia, terutama daerah pedesaan banyak sumber energi alternatif yang dapat digunakan sebagai sumber energi listrik, seperti sungai, air terjun, dan waduk. Saat ini pemanfaatan sumber energi tersebut sedang digalakkan sebagai pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH), karena sumber energi tersebut dianggap mudah untuk diaplikasikan di daerah pedesaan yang belum terjangkau aliran listrik dari PLN. Serta memiliki kelangsungan yang terjamin selama sumber energi tersebut tidak dirusak. Dan alasan yang paling menguatkan untuk memanfaatkan sumber energi ini adalah tingkat keekonomisan, karena tidak perlu membeli bahan baku sehingga biaya yang dibutuhkan hanya biaya operasional.

Kata kunci : PLTMH, air terjun, energi alternatif

PENDAHULUAN

Krisis energi yang terjadi saat ini tidak hanya menyangkut bahan bakar minyak tetapi listrik juga mengalami krisis, ini terbukti dari seringnya terjadi pemadaman bergilir. Perkembangan permintaan energi listrik tidak diimbangi dengan perkembangan jumlah energi listrik yang dibangkitkan (perkembangan jumlah pembangkit listrik). PLN selaku perusahaan listrik tunggal yang ada di Indonesia dan berkewajiban mengurus listrik di Indonesia sudah mengalami kuwalahan menghadapi situasi yang seperti ini, dipertanyaan saja yang penduduknya berkembang pesat pelayanan permintaan energi listrik belum bisa dikatakan baik apalagi di pedesaan yang biasanya perkembangan penduduknya lambat.

Masyarakat, terutama yang tinggal di daerah pedesaan dituntut untuk lebih kreatif mencari sumber energi alternatif. Di pedesaan-pedesaan Indonesia yang paling banyak adalah potensi tenaga air seperti sungai, air terjun, dan waduk. Sehingga pembangkit listrik yang dapat dibangun untuk memenuhi kebutuhan listrik di pedesaan yang belum terjangkau aliran listrik dari PLN adalah

pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH).

Dusun sendi desa Pacet kecamatan Pacet kabupaten Mojokerto terletak di daerah pegunungan, lokasinya yang jauh dari desa sekitar sehingga tidak terjangkau aliran listrik dari PLN. Mungkin PLN memperhitungkan investasi yang dibutuhkan untuk membangun jaringan listrik ke dusun sendi tidak sebanding dengan pendapatan yang akan diperoleh dari tagihan listriknya.

Saat ini warga sendi memanfaatkan aliran sungai yang terdapat di dusun tersebut sebagai pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Meskipun perkembangan warga sendi terbilang lambat (saat ini terdapat 39 kepala keluarga) tetapi listrik yang dihasilkan oleh PLTMH yang saat ini beroperasi sudah sangat tidak seimbang dengan kebutuhan listrik warga sendi.

Diselatan dusun sendi (sekitar 50m) terdapat air terjun yang sangat potensial untuk digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Dengan potensi yang besar tersebut diharapkan kapasitas energi listrik yang dihasilkan dapat memenuhi kebutuhan listrik warga sendi secara layak.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penulisan ini selain literatur dari berbagai sumber, juga dilakukan wawancara dengan warga sendi. Wawancara difokuskan pada karakteristik air terjun dan kebutuhan energi listrik warga sendi, dan yang paling penting adalah pengambilan data langsung ke lokasi air terjun yang berada diselatan dusun. Pengambilan data dilapangan meliputi :

- Tinggi jatuh air (head)
- Kecepatan aliran air
- Luas aliran air
- Kedalaman aliran air
- Kontur tanah
- Rencana lokasi forebay, penstok, power house, dan saluran pembuangannya.
- Juga dilakukan rencana distribusi tenaga listrik (tetapi dalam tulisan ini tidak dibahas)

Data-data diatas harus diambil dengan tingkat keakuratan yang tinggi karena menentukan besarnya potensi tenaga listrik yang akan dihasilkan, juga menentukan jenis turbin dan kapasitas generator yang akan digunakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari uraian yang dibahas sebelumnya, tujuan utama dari studi tugas akhir ini adalah memberikan solusi atas masalah kelistrikan yang dialami oleh warga dusun Sendi. Air terjun yang terdapat diselatan dusun (sekitar 50m) adalah potensi yang besar yang dapat digunakan sebagai PLTMH dengan kapasitas yang besar sehingga kebutuhan listrik warga sendi dapat tercukupi dengan layak.

Perhitungan debit air

Debit air dihitung berdasarkan persamaan :

$$Q = V \cdot A$$

Dengan:

$$\begin{aligned} A &= W \cdot D \\ &= 80 \times 30 \\ &= 2400 \text{ cm}^2 \\ &= 0,24 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

V = kecepatan aliran air

$$t = \text{waktu} = 3,8 \text{ s}$$

$$d = \text{jarak} = 4 \text{ m}$$

c = faktor koreksi 0,75 untuk pelampung dipermukaan air

$$\begin{aligned} V &= c \left(\frac{d}{t} \right) \\ &= 0,75 \left(\frac{4}{3,8} \right) \\ &= 0,75 \cdot 1,1 \\ &= 0,825 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Jadi debit air (Q) dapat dihitung dengan membagi volume dengan waktu yaitu :

$$Q = V \cdot A$$

$$\begin{aligned} &= 0,825 \cdot 0,24 \\ &= 0,198 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Pengukuran tinggi jatuh air (head)

Dari data hasil pengukuran, tinggi jatuh air total yang bisa dimanfaatkan setinggi 20 meter (tanpa ditambah tinggi tandon). Apabila setelah ditambah tinggi tandon, maka ketinggiannya bertambah 1,5meter. Tapi karena posisi pipa pesat berada pada ketinggian 1 meter dari dasar tandon maka tinggi jatuh air total 21 meter. Panjang total pipa pesat yang digunakan 35 meter terdapat satu kali belokan pipa pesat dengan sudut 45°. Besar tinggi jatuh efektif dapat diperoleh berdasarkan persamaan :

$$H_{\text{eff}} = H_t - H_1 - Z$$

Dimana besarnya H1 adalah :

$$H_1 = H_b + H_g + H_p$$

$$\begin{aligned} H_b &= K_d \frac{v^2}{2g} \\ &= 0,28 \frac{1,82^2}{2 \cdot 9,8} \\ &= 0,047 \\ H_g &= f \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g} \\ &= 0,011 \frac{35}{0,63} \frac{1,82^2}{2 \cdot 9,8} \\ &= 0,10 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_p &= 0,5 \frac{v^2}{2g} \\ &= 0,5 \frac{1,82^2}{2 \cdot 9,8} \\ &= 0,084 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} H_1 &= 0,047 + 0,10 + 0,084 \\ &= 0,231 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} H_{\text{eff}} &= 21 - 0,231 - 0,5 \\ &= 20,27 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi besarnya tinggi jatuh efektif yang bisa dimanfaatkan oleh PLTMH tersebut adalah sebesar 20,27 meter.

Perhitungan daya teoritis

Dengan tinggi jatuh efektif sebesar 20,27 m, debit air sebesar 0,198 m³/dt, maka daya teoritis yang bisa dihasilkan oleh PLTMH tersebut dapat diketahui berdasarkan persamaan :

$$\begin{aligned} P_{\text{teoritis}} &= 9,8 \times Q \times H_{\text{eff}} \\ &= 9,8 \times 0,198 \times 20,27 \\ &= 39,33 \text{ Kw} \end{aligned}$$

Jadi besarnya daya teoritis yang dihasilkan oleh PLTMH tersebut adalah sebesar 39,33 Kw.

Pemilihan jenis turbin

Perhitungan Daya Turbin

Daya teoritis yang dibangkitkan turbin dapat dihitung berdasarkan persamaan.

$$P = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{1000} \cdot \eta$$

$$= \frac{1000 \cdot 9,8 \cdot 0,198 \cdot 20,27}{1000} \cdot 0,75$$

$$= \frac{39331,91}{1000} \cdot 0,75$$

$$= 29,50 \text{ Kw}$$

Pemilihan Jenis Turbin

Untuk menentukan jenis turbin yang dipilih, maka dicari dulu harga percepatan spesifiknya (N_s), besar spesifik dapat dihitung berdasarkan persamaan :

$$N_s = \frac{n\sqrt{P}}{H^{5/4}}$$

Kecepatan turbin diambil dari harga sebesar 300 rpm, dengan pertimbangan bahwa putaran adalah 300 rpm sehingga besarnya kecepatan spesifik turbin adalah :

$$N_s = \frac{300\sqrt{30,4}}{20,89^{5/4}}$$

$$= \frac{300 \cdot 5,43}{44,66}$$

$$= 36,5 \text{ rpm}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas dengan harga spesifik (N_s) sebesar 36,5 rpm, maka turbin yang dipilih adalah turbin cross flow. Dipilihnya turbin jenis cross flow ini juga berdasarkan keunggulan-keunggulan turbin jenis ini adalah : mudah perawatannya, mudah pembuatannya, memiliki range daya dan head yang lebar, serta relatif murah harganya.

Jenis turbin	Putaran spesifik (rpm)
Pelton	12 – 30
Turgo	20 - 70
Cross flow	20 – 80
Prancis	80 – 400
Kaplan	340 - 1000

Tabel 1. Tabel pemilihan turbin

Pemilihan jenis dan kapasitas generator

Sistem Distribusi Listrik

Daya generator atau daya output dari PLTMH adalah dihitung berdasarkan persamaan :

$$P_g = \eta_t \cdot \eta_g \cdot g \cdot Q \cdot H$$

Dimana efisiensi generator η_g diambil sebesar 85% atau 0,85. Karena pada poros turbin terdapat kopling terbuat dari bahan karet yang berguna untuk meredam hentakan saat permulaan turbin memutar dengan efisiensi (η_k) sebesar 0,9 maka besar daya generator adalah :

$$P_g = \eta_t \cdot \eta_g \cdot \eta_k \cdot g \cdot Q \cdot H$$

$$P_g = 0,75 \cdot 0,85 \cdot 0,9 \cdot 9,8 \cdot 0,198 \cdot 20,89$$

$$= 23,27 \text{ Kw}$$

Jika power faktor ($\cos \phi$) adalah sebesar 0,8 maka daya generator dalam satuan kVA adalah :

$$\frac{23,27}{0,8} = 29,1 \text{ kVA}$$

Pemilihan Generator

Berdasarkan daya yang dihasilkan generator, maka untuk PLTMH Pacet dapat dipakai generator dengan ketentuan sebagai berikut :

- Jenis generator = generator serempak (sinkron) 3 phase tanpa sikat (brushless)
- Daya output = 29,1 kVA
- Power faktor = 0,8
- Frekuensi = 50 Hz
- Putaran = 1500 rpm

Sistem penguatan pada generator adalah penguat sendiri, sedangkan pengaturan tegangan nominal generator dilakukan oleh AVR yang sudah terpasang pada generator.

Bangunan sipil yang diperlukan

Perancangan fasilitas bangunan sipil yang akan digunakan pada suatu PLTMH, berdasarkan pada topologi atau jenis PLTMH yang akan dibangun. Fasilitas bangunan sipil pada PLTMH Sendi berasal dari air terjun, bangunan pengambilan (intake), penenang akhir (forebay), pipa pesat (pantstoke), power house serta saluran pembuang (tailrace).

Bendungan (Weir)

Karena sumber air yang digunakan pada PLTMH Pacet berasal dari air terjun, maka diperlukan untuk membangun bendungan sebagai penampung air yang keluar dari air terjun. Bendungan harus dirancang agar semua air yang keluar dari air terjun dapat tertampung.

Selain sebagai penampung air, bendungan disini juga berfungsi untuk meningkatkan tinggi jatuh (head) yang telah ada. Dengan bertambahnya tinggi jatuh maka kapasitas daya yang bisa dibangkitkan akan lebih besar.

Bangunan Pengambilan (Intake)

Bangunan pengambilan disini berfungsi untuk mengambil air dari bendungan, kemudian mengalirkannya menuju bangunan forebay.

Fungsi lain dari bangunan ini adalah pembersihan terhadap endapan lumpur dan sampah yang dibawa oleh aliran air masuk. Karena itu harus dirancang untuk penanganan pembuangan endapan lumpur, sampah dan batu2 yang hanyut tersebut.

Permukaan dasar bangunan pengambilan ini harus diatas dasar bendungan. Sehingga krikil yang besar tidak akan dapat masuk ke bangunan pengambila itu. Untuk mencegah masuknya sampah, maka harus dilengkapi dengan saringan sampah yang umumnya terbuat dari pagar

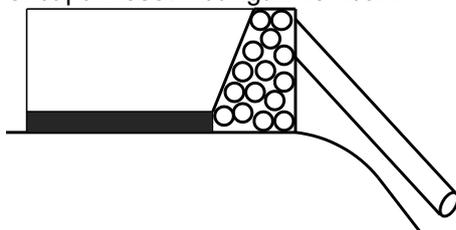
baja dengan bingkai yang dipasang didepan bangunan pengambilan.

Untuk keperluan pekerjaan perawatan atau perbaikan, bangunan pengambilan tersebut perlu dilengkapi dengan pintu air untuk menutup pintu air.

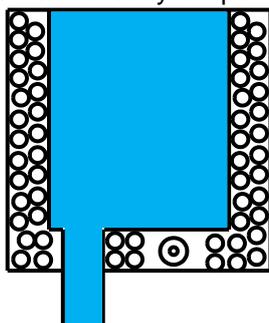
Penenang Akhir (*Forebay*)

Merupakan bangunan penenang akhir. Bangunan ini dilengkapi dengan saringan sampah tepat sebelum air memasuki pipa pesat, serta pintu air untuk menutup air masuk ke pipa pesat bilamana diperlukan. Bangunan ini dilengkapi pula dengan bangunan penahan gelombang, yang juga bangunan penahan gelombang ini berfungsi untuk menahan pasir dan kerikil masuk ke pipa pesat.

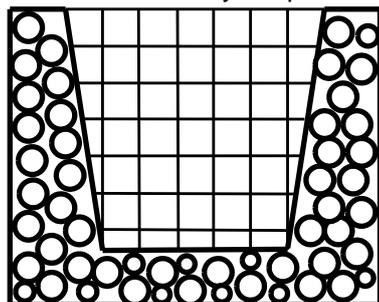
Dimensi bangunan forebay harus disesuaikan dengan debit air yang akan digunakan untuk memutar turbin. Dimensinya harus dibuat dengan ukuran yang memadai. Diusahakan agar mempunyai kapasitas tandon air lebih untuk berjaga-jaga terhadap adanya penambahan beban mendadak sebelum aliran air dalam saluran pembawa air mencapai kesetimbangan kembali.



Gambar 1. Gambar forebay tampak Samping



Gambar 2. Gambar forebay tampak atas



Gambar 3. Gambar forebay tampak belakang

Adapun dimensi dari bangunan forebay untuk PLTMH Pacet adalah :

- Panjang = 5 meter
- Lebar = 4 meter
- Tinggi = 1,5 meter
- Volume = 5 x 4 x 1,5
- Tinggi bangunan penahan gelombang = 0,30 meter

Pipa Pesat (*Pantstoke*)

Penentuan diameter pipa pesat yang digunakan adalah berdasarkan persamaan :

$$D_p = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}$$

Dimana :

$$V = C \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

$$= 0,09 \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 20,89}$$

$$= 0,09 \cdot 20,23 = 1,82 \text{ /detik}$$

Sehingga :

$$D_p = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,198 \cdot 0,98}{1,93}} = 0,63 \text{ meter}$$

Pipa pesat dapat terbuat dari pipa baja atau pipa PVC, masing-masing punya kekurangan dan kelebihan.

Karena pipa pesat juga merupakan komponen dengan biaya yang cukup besar proporsinya, perlu dipilih pipa yang berumur panjang. Pertimbangan-pertimbangan utamanya meliputi harga pipa, biaya pemasangan dan biaya pemeliharaan yang tergantung dari jenis pipa yang dipakai.

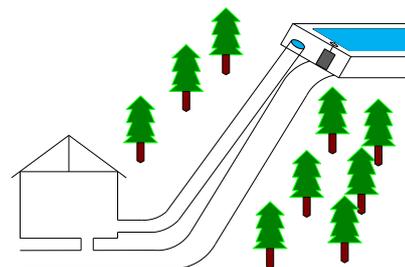
Untuk PLTMH Pacet dipakai pipa pesat dari PVC dengan pertimbangan :

- Lebih ekonomis karena harganya kira-kira separuh dari harga pipa baja.
- Mudah untuk ditangani dan disambung, sehingga biaya pemasangan lebih ringan.

Power House

Power house digunakan sebagai tempat turbin, generator, panel distribusi, dan peralatan pendukung operasional PLTMH tersebut sehingga terlindung dari panas dan hujan, juga sebagai pelindung dari tangan-tangan yang kurang bertanggung jawab.

Perencanaan lokasi penempatan power house seperti tampak pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. Gambar komponen sipil di PLTMH sendi

Perencanaan didasarkan pada pertimbangan bahwa lokasi tersebut yang memungkinkan untuk dibangun power house.

Power house disini merupakan bangunan permanen berupa rumah kecil yang sederhana. Karena untuk turbin dan generator diperlukan pondasi yang kokoh, maka untuk pondasi digunakan beton bertulang.

Saluran Pembuangan (*Tailrace*)

Saluran pembuang digunakan untuk mengalirkan air yang telah dimanfaatkan oleh turbin menuju sungai kembali. Saluran ini harus lebih tinggi dari pada muka air sungai tempat pengembalian air tersebut guna menghindari masuknya batu dan kerikil dimasa banjir.

KESIMPULAN

Dari pembahasan bab-bab sebelumnya dari skripsi yang berjudul studi perencanaan pembangkit listrik tenaga mikrohidro di dusun sendi desa pacet kabupaten Mojokerto ini dapat ditarik beberapa kesimpulan, antara lain :

1. Daya listrik yang dapat dihasilkan oleh PLTMH di dusun Sendi tersebut adalah 29,1 kVA.
2. Turbin yang tepat untuk digunakan pada PLTMH ini adalah turbin Cross Flow.
3. Pemilihan generator untuk PLTMH ini adalah jenis generator serempak (sinkron), karena sebagai pembangkit yang terpisah (tidak di interkoneksi).
4. Debit air terjun di dusun sendi sebesar 0,198 m³/s.
5. Tinggi jatuh air efektif sebesar 20,27 m.
6. Bangunan sipil yang digunakan dalam pembangunan PLTMH di dusun sendi adalah bendungan, bangunan pengambilan, penenang akhir, pipa pesat, power house, dan saluran pembuangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Dandekar, M.M., & Sharma, K.N. (1991). *Pembangkit listrik tenaga air*. Indonesia: Universitas Indonesia.
- Fritz Dietzel. (1993). *Turbin, pompa dan kompresor*. Indonesia: Erlangga.
- Patty, O.F. (1995). *Tenaga Air*. Indonesia: Erlangga
- Perencanaan turbin air. (2013). (http://www.slideshare.net/khairul_fadli/), diakses 15 Maret 2013
- Arismunandar Artono, & Kuwahara Susumu. (2004). *Teknik tenaga listrik jilid I : pembangkitan dengan tenaga air*. Indonesia: Pradnya Paramita.
- Arismunandar Wiranto. (1997). *Penggerak mula turbin*. Indonesia: ITB Bandung.

Harmutaji Agus. (1998). *Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Di Desa Sumber Kepuh Kecamatan Lengkong Kabupaten Nganjuk*. Tugas Akhir. Fakultas Teknik: Universitas Darul 'Ulum.

Pembangunan pembangkit listrik tenaga mikrohidro dengan pemanfaatan potensi air di desa benteng besi kabupaten Lebong propinsi Bengkulu. (2012). (unib.ac.id/blog/jurnal/amplifier/?p=78). Diakses 20 April 2013.

Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Di Sungai Cikawat Desa Talang Mulia Kecamatan Padang Cermin Kabupaten Pesawaran Propinsi Lampung. (2013). (journal.eng.unila.ac.id/index.php/fema/article/view/34). Diakses 20 April 2013.

Turbin Air Pada PLTA. (2010). (jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/JIMT/article/view/100). Diakses 15 maret 2013.

SISTEM PENGENALAN BUAH MENGGUNAKAN WEBCAME DAN IMAGE PROCESSING (APLIKASI PERTOKOAN)

Arrif Buddy Kusuma¹, Sugiono², Bambang Dwi Sulo³.

1. Mahasiswa Teknik Elektro Unisma Malang

2.3. Dosen Teknik Elektro Unisma Malang

Abstraks

Sekarang ini teknologi image processing sangat berkembang sesuai dengan kemajuan teknologi. Untuk itu pada skripsi ini dibuat dengan menggunakan metode tersebut yang digunakan untuk proses pengenalan buah yang kemudian diaplikasikan pada toko-toko dan mini market.

Proses awal adalah melakukan pengambilan gambar buah setelah itu gambar hasil pengambilan diproses image dengan menggunakan metode integral proyeksi untuk scanning objek dan proses pengidentifikasian bentuk, warna, ukuran pada gambar tersebut yang ditunjukkan oleh grafik histogram. Untuk mengenali buah digunakan metode perbandingan yaitu membandingkan fitur-fitur integral proyeksi yang didapat dibandingkan dengan fitur-fitur integral proyeksi dalam database. Setelah itu gambar hasil image processing tadi memberikan informasi nama buah, harga buah dan satuan.

Untuk itu pada skripsi ini dapat dijadikan sebagai sistem yang memudahkan dalam bertransaksi di toko-toko dan mini market.

Keyword: Image Processing, Webcam.

PENDAHULUAN

Pengolahan citra adalah suatu teknik yang digunakan untuk memproses gambar dengan cara memanipulasinya sebagai suatu data gambar tertentu untuk mendapat informasi dari gambar yang didapat. Banyak data yang diperoleh dan diamati menampilkan suatu keadaan yang diinginkan. Parameternya adalah bentuk, warna dan ukuran. Parameter ini dapat diketahui karena pada setiap element gambar atau pixel mempunyai kurang lebih dua informasi mengenai warna dan ukuran. Dasar dibuatnya sistem ini untuk pengenalan buah yang digunakan pada pertokoan dengan proses pengolahan citra digital dengan menggunakan komputer. Untuk itu disini dibuat sistem yang mampu memberikan informasi tentang image matching, *Image Matching* merupakan pencocokan antara *citra query* dengan citra yang ada pada database. *Citra Query* adalah suatu gambar yang dijadikan acuan informasi (*content*) dalam proses pencarian. Sedangkan *Citra Database* adalah sekumpulan gambar yang akan digunakan sebagai database gambar.

Dari kumpulan gambar ini akan dicari gambar yang mempunyai kemiripan dengan gambar templatnya. Adapun beberapa hal yang di butuhkan

Proses *capture* pada buah, pertama buah ditangkap oleh webcam berupa gambar video (gambar bergerak) kemudian gambar video tersebut dijadikan frame hasil *capture*. Buah yang ditangkap oleh kamera berupa variabel long (video) dan disimpan dalam memori kamera, untuk merubah agar menjadi frame (gambar capture) dan tersimpan dalam memori program maka menggunakan perintah "capEditCopy lwndC". On Error Resume Next maksudnya adalah gambar buah dicapture sampai tidak ada error. Set Picture2.Picture=Clipboard.GetData(vbCFBitmap) maksudnya untuk meletakkan hasil capture dari kamera ke dalam picture2. Hasil capture disimpan dalam data base kemudian dihitung nilai histogramnya (*Histogram RGB* merupakan proses pada citra dimana dihasilkan distribusi warna dari citra yaitu jumlah pixel yang mempunyai nilai RGB sama), setelah itu nilai vektor dan histogram disimpan dalam database.

Satu macam buah disimpan sebanyak satu kali. Hendri Saputra, 2007, Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Webcam Dan Finger Print, dari program tersebut menyimpulkan bahwa Setiap penghuni rumah harus melakukan registrasi fingerprint agar dapat mengakses sistem keamanan, dan pada program fingerprint digunakan sebagai proses identifikasi user. Moch Ichawannudin, 2007, Pencatat Meteran Listrik Menggunakan Webcam dan Image Processing, dari program tersebut menyimpulkan bahwa seting kamera dalam penyimpanan gambar dan identifikasi gambar harus sama, agar angka kwh meter dapat dikenali dengan tepat.

Citra merupakan representasi dari dua dimensi untuk bentuk fisik nyata tiga dimensi, yang mana dalam perwujudannya bisa bermacam-macam. Mulai dari gambar hitam putih pada sebuah foto yang tidak bergerak sampai pada gambar berwarna yang bergerak pada sebuah pesawat televisi. Pada proses transformasi yang menghasilkan citra dari bentuk tiga dimensi ke bentuk dua dimensi akan dipengaruhi oleh bermacam-macam faktor yang mengakibatkan penampilan citra suatu benda tidak identik dengan bentuk fisik nyatanya. Faktor-faktor tersebut merupakan efek degradasi atau penurunan kualitas yang dapat berupa rentang kontras benda yang terlalu sempit atau terlalu lebar, distorsi geometri (*geometric distortion*), kekaburan (*blur*), kekaburan akibat obyek citra yang bergerak (*motion blur*), noise atau gangguan yang disebabkan oleh interferensi peralatan pembuat citra, baik itu berupa transduser, peralatan elektronik ataupun peralatan optik.

Proses pengolahan citra digital dengan menggunakan komputer digital adalah terlebih dahulu mentransformasikan citra ke dalam bentuk besaran-besaran diskrit dari nilai tingkat keabuan pada titik-titik elemen citra. Bentuk citra ini disebut citra digital. Elemen-elemen citra digital apabila ditampilkan dalam layar monitor akan menempati sebuah ruang yang

disebut dengan pixel (*picture elemen/pixel*).

Teknik dan proses untuk mengurangi atau menghilangkan efek degradasi pada citra digital meliputi perbaikan citra (*image enhancement*), restorasi citra (*image restoration*), dan transformasi spasial (*spatial transformation*). Subjek lain dari pengolahan citra digital diantaranya adalah pengkodean citra (*image coding*), segmentasi citra (*image segmentation*), representasi dan diskripsi citra (*image representation and description*).

Pengolahan citra digital memiliki banyak aplikasi seperti pada bidang penginderaan jarak jauh, robotik, pemetaan, biomedis, dan sebagainya. Perlengkapan pengolahan citra digital minimal terdiri atas alat pemasukan data citra berupa digitizer atau scanner, komputer digital, alat penyimpanan data dengan kapasitas yang besar.

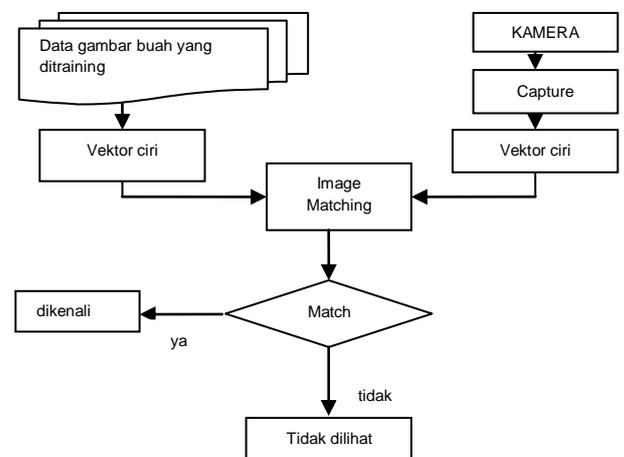
METODOLOGI

Blok Diagram

Tujuan dari pembuatan program adalah :

- Melakukan pembelajaran terhadap proses pengenalan buah.
- Melakukan pengenalan terhadap gambar buah yang dicapture dari Kamera.

Untuk membuat program aplikasi pengenalan buah menggunakan *image processing*, blok diagram dari sistem yang dibuat adalah :



Gambar 1 Blok Diagram Sistem

Ada beberapa hal yang dibutuhkan dalam blok diagram tersebut, yaitu :

- Hardware
 - PC
 - Webcam
- Software
 - Kamera driver
 - Database
 - Library untuk API (capture dari webcam)

Gambar 1 menunjukkan gambaran sistem secara keseluruhan. Data gambar buah yang ditraining merupakan data gambar yang akan di simpan dalam database. Kemudian dihitung vektor cirinya, vektor ciri yang digunakan adalah warna yang di proses dengan histogram.

Untuk pengenalan online menggunakan kamera, setelah itu gambar dari kamera di *capture*. Kemudian menghitung vektor ciri dari gambar. Setelah itu dilakukan proses matching antara vektor ciri dari data yang ditraining dengan vektor ciri dari gambar. Jarak terkecil dari gambar yang diambil.

PENGUJIAN ALAT DAN ANALISA

Pengujian Webcam

Sebelum dilakukan pengujian program secara sistem maka pada skripsi ini dilakukan pengujian kamera(webcam) yang bertujuan untuk mengetahui kinerja webcam yang. Cara pengujian webcam ini adalah sebagai berikut:

1. Pertama kali yang harus di lakukan adalah menginstal driver webcam agar dapat digunakan untuk mengakses data ke PC.
2. Setting kamera dalam penyimpanan gambar dan pengenalan gambar harus sama, agar buah dapat dikenali dengan tepat.

Setting tersebut antara lain :

- Exposure = 1/30[s]
- Gain = 3000
- Brightness = 5000
- Contrast = 5000
- Hue = 5000
- Saturation = 5000
- Sharpness = 5000
- White Balance = 5000
- Gamma = 2200

- Backlight Comp = 5000
3. Tampilan ketika program webcam diaktifkan.

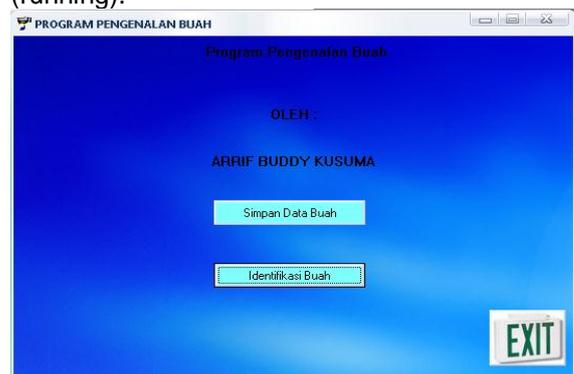


Gambar 2 Tampilan gambar webcam ketika diaktifkan

Dengan pangujian diatas dapat kita analisa bahwa suatu kamera (webcam) dapat bekerja bila driver kamera telah di install pada PC.

Pengujian Secara Sistem

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja secara sistem. Gambar 4.2 menunjukkan tampilan program setelah program dijalankan (running).



Gambar 3 Running Program Pertama Kali

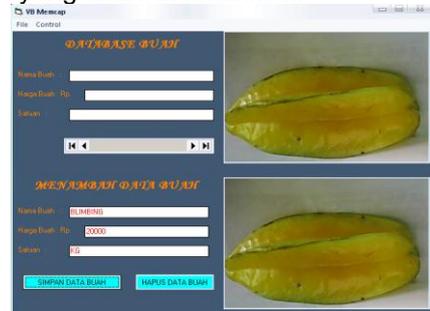
Cara menjalankan program ini adalah:

1. Pertama kali PC akan menampilkan form awal seperti pada Gambar 4.2.
2. Kemudian klik tombol *Simpan Data Buah* (Tombol ini berfungsi untuk menyimpan data buah yang akan di input).

3. Kemudian klik tombol *Identifikasi Buah* (Tombol ini berfungsi untuk mengidentifikasi/mengenal nama buah, harga buah, satuan).

Dalam pengujian program ini pertama kali yang harus dilakukan adalah memasukkan data pada *form entry* database. Proses yang dilakukan dalam pengujian ini adalah:

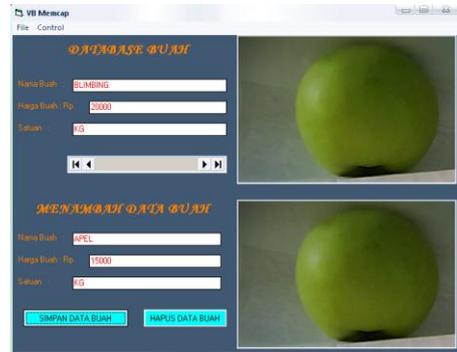
1. Memasukkan data buah yang akan disimpan atau diidentifikasi (*entry* data kedalam form yang telah disediakan). Klik *Simpan Data Buah*, Gambar 4, Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7, Gambar 8 dan Gambar 9 menunjukkan hasil capture buah yang akan diidentifikasi.



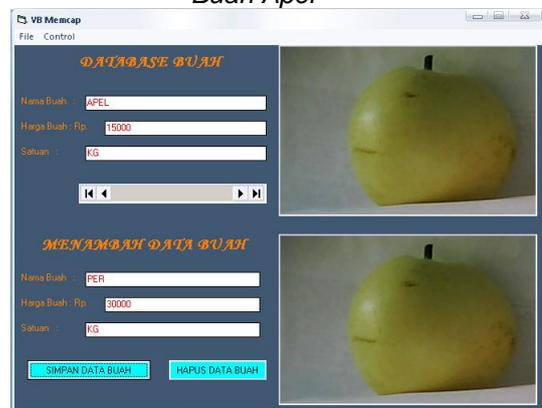
Gambar 4 Proses penyimpanan Data Buah Blimbing



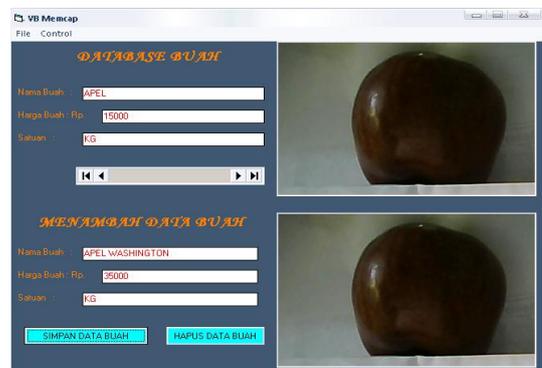
Gambar 5 Proses penyimpanan Data Buah Jeruk



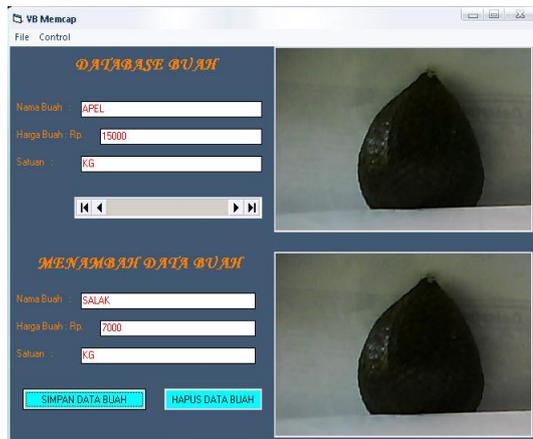
Gambar 6 Proses penyimpanan Data Buah Apel



Gambar 7 Proses penyimpanan Data Buah Per



Gambar 8 Proses penyimpanan Data Buah Apel Washington



Gambar 9 Proses penyimpanan Data Buah Salak

Penyimpanan data buah dilakukan satu-persatu pada saat pengambilan gambar buah dengan mengisi *nama buah*, *harga buah Rp*, *satuan*. Kemudian tekan tombol *Simpan Data Buah*, data buah yang sudah diinput akan tersimpan pada *database buah*. Ketika ada nama buah yang sama maka akan ada informasi (MsgBox "Data sudah ada, silahkan hapus dulu...", vbOKOnly).

2. Penghapusan database buah yang sudah tersimpan dilakukan dengan cara menuliskan nama buah yang akan dihapus. Kemudian tekan tombol *Hapus Data Buah*.

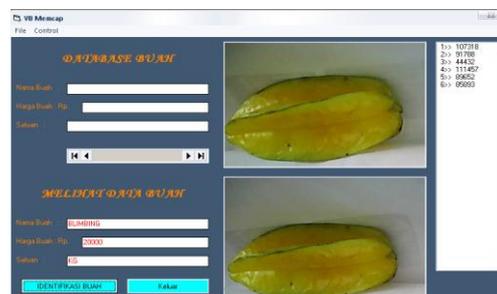
Pada analisa program penyimpanan data ke dalam database, system program telah berjalan dengan sempurna sesuai dengan rencana semula yaitu ketika semua form pengisian data buah telah terisi semua dan kemudian klik tombol *Simpan Buah* maka dengan otomatis data tersebut akan tersimpan kedalam database buah.

Pengujian Program Pencarian Data Dalam Database

Pertama kali yang dilakukan klik tombol *Identifikasi Buah*.



Gambar 10 Proses Identifikasi Buah Blimbing



Gambar 11 Hasil Proses Identifikasi Buah Blimbing

Cara kerja program ini adalah, pertama:

1. Pertama kali dekatkan buah yang akan diidentifikasi dengan webcam.
2. Kemudian klik tombol *Identifikasi*, jika jenis buah tersebut sudah tersimpan dalam database maka akan tampil nama buah, harga buah, satuan. Seperti contoh pada Gambar 4.10.

Setelah dilakukan pengujian bahwa setelah jenis buah tersimpan dalam database maka pada saat proses identifikasi dilakukan maka nama buah, harga buah dan satuan dapat dikenali. Akan tetapi jika jenis buah belum di simpan dalam database maka pada saat proses identifikasi jenis buah tersebut tidak akan dikenali.

Akurasi Pengenalan Buah.

Tujuh macam buah ditraining berdasarkan jarak dan posisi yang berbeda. Masing-masing buah dicoba sebanyak tujuh kali. Tabel 4.1 adalah tabel akurasi dari masing-masing buah, dimana telah dilakukan sebanyak 7 kali percobaan.

Tabel 1. Akurasi dari masing-masing buah sebanyak 7 kali percobaan

Nama Buah	Percobaan ke-									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Apel Hijau	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
Apel Merah	v	v	v	x	v	v	x	v	v	v
Belimbing	v	v	x	v	v	v	x	v	x	v
Jeruk	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
Mangga	v	v	v	x	v	x	v	v	v	x
Pear	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
Salak	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v

Nama Buah	Posisi					
	Dikenali (%)			Tidak dikenali (%)		
	1	2	3	1	2	3
Apel hijau	100	100	100	0	0	0
Apel merah	100	100	100	0	0	0
Belimbing	90	100	100	10	0	0
Jeruk	100	100	100	0	0	0
Mangga	90	100	90	10	0	10
Pear	100	100	100	0	0	0
Salak	100	100	100	0	0	0
Rata-rata	98	100	98	2	0	2

Keterangan tabel : v = dikenali
x = tidak dikenali

Tabel 2. Rata-rata akurasi dari masing-masing buah

Pada Tabel 2, rata-rata buah dikenali sebesar 89 % dan tidak dikenali sebesar 11%. Buah tidak dikenali disebabkan posisi dan jarak selalu berubah. Jika pada saat pengujian posisi dan jarak sama dengan saat penyimpanan buah maka buah dapat dikenali semua. Buah yang dapat dikenali semua adalah apel hijau, jeruk, pear dan salak.

Pada buah Belimbing, buah tidak dikenali sebagai buah belimbing sebanyak tiga kali tetapi dikenali sebagai buah pear dan buah apel hijau. Buah mangga tidak dikenali sebagai buah mangga sebanyak tiga kali, tetapi dikenali sebagai buah apel hijau.

Akurasi Posisi

Pada percobaan ini dilakukan enam kali percobaan dengan mengubah-ubah posisi dari masing-

masing buah. Posisi diubah sebanyak tiga kali dari posisi semula . Dengan mengubah-ubah posisi buah dapat dikenali sebesar 98 %, 100 % dan 98 %. Posisi terbaik agar buah selalu dikenali adalah posisi yang sama saat kita menyimpan buah dalam database.

Berikut ini adalah tabel akurasi dari masing-masing buah saat posisinya diubah:

Tabel 3. Akurasi buah dengan posisi yang berbeda

Dari Tabel 3, dapat dilihat ada tujuh macam buah yang dapat dikenali

Nama Buah	Dikenali (%)	Tidak Dikenali (%)
Apel Hijau	100	0
Apel Merah	80	20
Belimbing	70	30
Jeruk	100	0
Mangga	70	30
Pear	100	0
Salak	100	0
Rata-rata	89	11

semua meskipun posisinya diubah-ubah. Buah tersebut adalah apel hijau, apel merah, jeruk, pear dan salak. Ada 2 macam buah yang tidak dapat dikenali semuanya, yaitu belimbing, dan mangga. Jika posisinya diubah, buah belimbing bisa dikenali sebagai apel hijau, buah mangga bisa dikenali sebagai buah apel hijau.

Dari Tabel 3 pada posisi 1 dan posisi 3 buah tidak dapat dikenali 100%, karena pada posisi tersebut buah telah diubah posisinya dari posisi semula saat penyimpanan buah dalam database. Posisi terbaik saat percobaan adalah posisi 2, karena pada posisi ini buah dapat dikenali 100%. Hal ini disebabkan karena pada posisi 2 merupakan posisi yang sama saat penyimpanan buah dalam database.

Akurasi Jarak

Pada percobaan ini dilakukan enam kali percobaan dengan mengubah-ubah jarak antara kamera dengan buah. Saat percobaan jarak diubah sebanyak tiga kali, dengan jarak minimum 8cm, 17cm dan jarak minimum 28cm. Dengan mengubah-ubah jarak buah dapat dikenali sebesar 99 %, 100 % dan 98 %.

Berikut ini adalah tabel akurasi dari masing-masing buah saat jaraknya diubah.

Tabel 4. Akurasi buah dengan jarak yang berbeda

Dari Tabel 4. dapat dilihat ada empat macam buah yang dapat dikenali semua meskipun jaraknya diubah-ubah. Buah tersebut adalah apel hijau, jeruk, pear dan salak.

Ada 3 macam buah yang tidak dapat dikenali semuanya, yaitu apel merah, belimbing, mangga. Jika jaraknya diubah, buah belimbing bisa dikenali sebagai buah pear, buah mangga bisa dikenali sebagai buah apel hijau. Dari Tabel 4.4 dapat dilihat pada jarak 8cm buah dapat dikenali 100%, pada jarak 17cm buah dapat dikenali 100% dan pada jarak 28cm buah hanya dapat dikenali sebesar 93 %. Jarak terbaik saat percobaan adalah pada jarak 8cm dan 17cm . Semakin jauh jarak antara kamera dengan buah, maka semakin kurang prosentase dalam pengenalan buah. Pada saat penyimpanan buah dalam database jarak yang digunakan adalah 17cm, sehingga pada jarak tersebut buah dapat dikenali 100%. Pada jarak yang minimum buah juga dapat dikenali 100%. Intensitas cahaya sangat mempengaruhi pada pengenalan buah dan buah rawan tidak dikenali.

Dari pengujian diatas dapat dikatakan bahwa program *pengenalan buah (image processing)* ini sudah teruji, dan berjalan dengan semestinya.

KESIMPULAN

Dari pembuatan alat (hardware) dan penyusunan program (software) serta pengujian dan analisa yang telah dilakukan dalam skripsi ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Setiap jenis buah harus terlebih dahulu melakukan penginputan data buah kedalam database buah agar dapat diakses oleh sistem.
2. Pada proses identifikasi buah ini menggunakan sistem image processing.

3. Video (gambar bergerak) di tangkap (capture) oleh webcam dan diubah menjadi gambar.

4. Intensitas cahaya, jarak juga dapat mempengaruhi hasil akurasi.

Nama Buah	Jarak (cm)					
	Dikenali (%)			Tidak dikenali (%)		
	8	17	28			
Apel hijau	100	100	100	0	0	0
Apel merah	100	100	80	0	0	20
Belimbing	100	100	80	0	0	20
Jeruk	100	100	100	0	0	0
Mangga	100	100	90	0	0	10
Pear	100	100	100	0	0	0
Salak	100	100	100	0	0	0
Rata-rata	100	100	93	0	0	7

SARAN

Beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan: pada skripsi ini di masa mendatang, disarankan memakai sistem cerdas seperti jaringan saraf tiruan untuk proses identifikasi buah contohnya neural network karena tingkat ketepatan identifikasinya sangat akurat. Dengan demikian alat ini akan lebih sempurna.

PENGARUH KEDALAMAN PENANAMAN DAN JARAK ELEKTRODA TAMBAHAN TERHADAP NILAI TAHANAN PEMBUMIAN

Muhammad Taqiyuddin Alawiy
Dosen Teknik Elektro UNISMA
Universitas Islam Malang, Jl. MT. Haryono 193 Malang 65134

Abstraks

Semakin kecil nilai tahanan pembumian maka semakin baik sistem pembumiannya. Pada kondisi tanah tertentu, nilai tahanan pembumian dipengaruhi oleh kedalaman penanaman dan jarak elektroda. Penelitian ini akan memaparkan bagaimana pengaruhnya terhadap nilai tahanan pembumian.

Dalam penelitian digunakan metode pengukuran tiga titik dengan menginjeksikan arus AC konstan di antara elektroda uji dan elektroda arus yang menimbulkan beda potensial di antara elektroda uji dan elektroda tegangan, sehingga didapatkan nilai tahanan pembumian.

Hasil analisa menunjukkan bahwa nilai tahanan pembumian akan semakin kecil bila kedalaman penanaman, jumlah elektroda yang ditanam, dan jarak penanamannya ditambah.

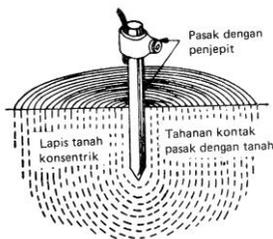
Keyword: Jarak elektroda tahanan

PENDAHULUAN

Sistem pembumian memegang peranan yang sangat penting dalam sistem proteksi peralatan elektrik dan elektronik. Sistem pembumian digunakan sebagai jalur pelepasan arus gangguan ke tanah.

Sistem pembumian yang baik adalah sistem pembumian yang memiliki nilai tahanan pembumian yang kecil. Pada kondisi tanah tertentu, nilai tahanan pembumian dipengaruhi oleh kedalaman penanaman dan jarak elektroda. Untuk mengetahui pengaruh kedalaman penanaman dan jarak elektroda terhadap nilai tahanan pembumian dengan menggunakan elektroda batang, maka perlu dilakukan penelitian.

Resistansi dalam sistem pembumian merupakan komposisi dari: a) resistansi batang metal, b) resistansi kontak antara permukaan batang metal dan tanah di sekitarnya, dan c) resistansi bagian tanah di sekitar batang metal (rod) pembumian.



Gambar 1. Sel-sel tanah sebagai elektroda pembumian
Sumber: Abdul Hadi, 1994, Sistem Distribusi Daya Listrik

Sebuah sistem pembumian membentuk elektroda tanah yang umumnya dimodelkan sebagai sebuah setengah lingkaran, setengah elip, atau sebuah tabung dengan alas berupa permukaan setengah bola. Elektroda ini digambarkan sebagai konduktor yang terdiri dari

lapisan berupa sel-sel tanah yang tebalnya sama seperti diperlihatkan pada Gambar 1. Arus yang mengalir dari pembumian tersebut akan melintasi sel-sel ini. Sel tanah yang terdekat dengan rod mempunyai permukaan paling kecil karenanya memberikan resistansi paling besar. Bila jarak dari elektroda bertambah maka luasan ini juga membesar.

Bila elektroda metal didekati berbentuk setengah bola, seperti terlihat pada Gambar 2.b, maka sel individu pada radius x dan tebal dx mempunyai resistansi dR yang dinyatakan sebagai

$$dR = \frac{\rho dx}{2\pi x^2} \quad (1)$$

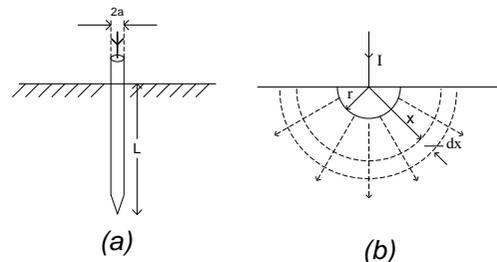
Integrasi dari r menuju titik r_1 menghasilkan

$$R = \frac{\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_1} \right) \quad (2)$$

Bila r_1 berada di jauh tak berhingga ($r_1 = \infty$), maka rumusan di atas menjadi

$$R = \frac{\rho}{2\pi r} \quad (3)$$

yang menyatakan resistansi efektif sistem pembumian.



Gambar 2. (a) Elektroda pembumian
(b) Model pembumian sebagai elektroda setengah bola

Sumber: G.F. Tagg, 1964, Earth Resistances

Resistivitas tanah

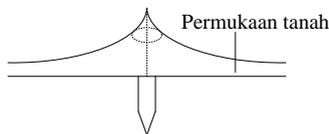
Resistivitas adalah salah satu faktor yang menentukan nilai tahanan suatu elektroda. Adapun faktor utama yang menentukan resistivitas tanah adalah :

- Jenis tanah.
- Kandungan air dan garam yang terlarut di dalam air.
- Ukuran butir dan distribusinya.
- Suhu dan tekanan.

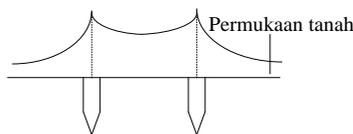
Pembumian batang vertikal

Tujuan dari pembumian batang vertikal adalah untuk memperoleh tahanan tanah yang rendah sehingga dapat memungkinkan arus gangguan yang terjadi dengan cepat dapat terdistribusi ke tanah.

Di bawah ini diperlihatkan distribusi tegangan yang terjadi untuk satu batang elektroda dan dua batang elektroda yang ditanam tegak lurus ke dalam tanah.



Gambar.3. Distribusi tegangan sekitar satu batang elektroda
Sumber: Tadjuddin, 1998

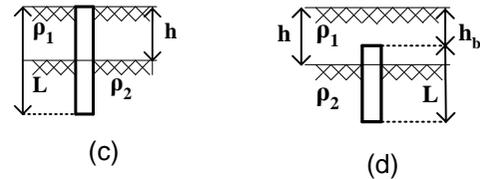
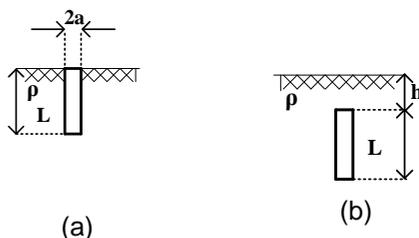


Gambar 4. Distribusi tegangan sekitar dua batang elektroda
Sumber: Tadjuddin, 1998

Dengan demikian untuk jumlah elektroda yang lebih banyak yang ditanam tegak lurus ke dalam tanah maka tahanan pentanahan semakin kecil dan distribusi tegangan akan lebih merata.

Satu batang elektroda yang ditanam tegak lurus ke dalam tanah

Dalam persoalan pembumian, elektroda pembumian merupakan bahan penghantar yang membawa muatan listrik yang terdistribusi (menyebarkan) di sekeliling elektroda pembumian. Dengan cara seperti ini potensial di setiap tempat pada permukaan elektroda akan sama.



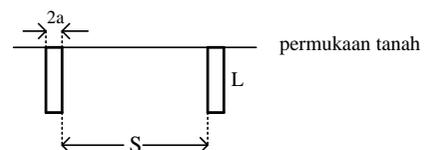
Gambar 5. Satu batang tegak lurus ke dalam tanah

Sumber: Tadjuddin, 1998

Pada Gambar 5. diperlihatkan satu batang elektroda berbentuk silinder berdiameter $2a$ dengan panjang L yang ditanam tegak lurus permukaan tanah. Gambar 5.a. menunjukkan satu batang elektroda yang ditanam tegak lurus ke dalam tanah. Gambar 5.b. menunjukkan elektroda batang yang ditanam tegak lurus pada kedalaman beberapa cm di bawah permukaan tanah. Gambar 5.c menunjukkan satu batang elektroda tegak lurus ke dalam tanah, dan menembus lapisan kedua tanah. Gambar 5.d. menunjukkan satu batang elektroda tegak lurus ke dalam tanah, pada kedalaman beberapa cm di bawah permukaan tanah dan menembus lapisan kedua tanah.

Dua batang elektroda tegak lurus ke dalam tanah

Untuk mengurangi nilai tahanan pembumian dan tahanan jenis tanah yang relatif tinggi dilakukan dengan cara menanamkan batang-batang elektroda pembumian dalam jumlah yang cukup banyak. Susunan dari dua batang elektroda berbentuk silinder dengan panjang L yang ditanam tegak lurus ke dalam tanah dengan jarak antara kedua elektroda tersebut sebesar S terlihat pada Gambar 6.

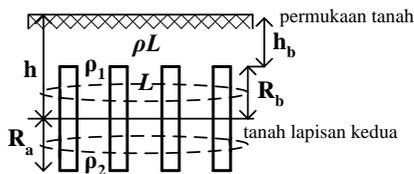


Gambar 6. Dua batang elektroda ditanam tegak lurus ke dalam tanah
Sumber: Tadjuddin, 1998

Beberapa batang elektroda (Multiple-Rod) yang ditanam tegak lurus ke dalam tanah

Jika susunan batang - batang elektroda yang ditanam tegak lurus ke dalam tanah dalam jumlah yang lebih banyak, maka tahanan pembumian akan semakin kecil dan distribusi tegangan pada permukaan tanah akan lebih merata. Penanaman elektroda yang tegak lurus ke dalam tanah dapat berbentuk bujur sangkar atau empat persegi panjang dengan jarak antara batang elektroda

pembumian adalah sama seperti pada dalam Gambar 7.



Gambar 7. Beberapa batang elektroda tegak lurus ke dalam tanah
Sumber: Tadjuddin, 1998

Elektroda Pembumian

Elektroda pembumian ialah penghantar yang ditanam dalam bumi dan membuat kontak langsung dengan bumi.

Jenis Elektroda Pembumian

Menurut Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2000 ayat 3.18.2, jenis elektroda pembumian di antaranya

- Elektroda pita
- Elektroda batang
- Elektroda pelat

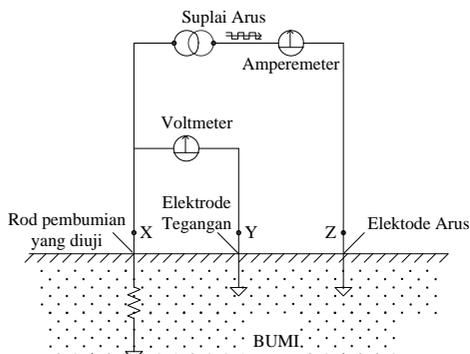
Bahan dan Ukuran Elektroda Pembumian

Sebagai bahan elektroda digunakan tembaga, atau baja yang digalvanisasi atau dilapisi tembaga sepanjang kondisi setempat tidak mengharuskan memakai bahan lain.

Ukuran minimum elektroda dapat dipilih dengan memperhatikan pengaruh korosi dan Kemampuan Hantar Arus (KHA).

Mengukur Resistansi Sistem Pembumian

Resistansi pembumian biasanya diacu sebagai resistansi rod pembumian, yaitu resistansi ohmik antara sebuah elektroda pembumian dan sebuah elektroda acuan (sebagai elektroda bantu) yang dibumikan dan ditempatkan pada jarak yang jauh dari sistem pembumian yang diuji. Jarak yang jauh ini dimaksudkan agar tidak terjadi interaksi antara kedua elektroda tersebut.



Gambar 8. Prinsip pengukuran resistansi pembumian
Sumber: Katalog AEMC, 1986

Resistansi selanjutnya didapat dengan menerapkan Hukum Ohm,

$$R = \frac{\text{Jatuh tegangan}}{\text{Arus konstan}}$$

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dipakai dalam penelitian ini adalah metode analisis studi literatur dan pengukuran langsung di lapangan.

Studi Literatur

Literatur-literatur yang diperlukan untuk mendukung penelitian ini, antara lain parameter yang mempengaruhi nilai tahanan pembumian, pengetanahan batang vertikal, dan pengukuran nilai tahanan pembumian.

Data Penelitian

Data yang diteliti adalah data yang didapat dari hasil pengukuran pada bulan Desember 2010. Untuk memperoleh data-data yang diperlukan maka dilakukan hal-hal sebagai berikut:

- Penelitian ini dilakukan pada lahan terbuka di sekitar gedung kuliah Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Pengukuran tahanan pembumian dilakukan dengan metode 3 (tiga) titik dengan obyek uji elektroda pembumian dan dua buah elektroda bantu.
- Pengambilan data dilakukan dengan menanam batang elektroda pada tempat dan waktu yang sama dengan tujuan agar data yang diambil lebih akurat karena kondisi tanah yang diuji adalah sama.

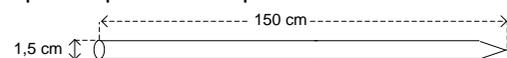
Alat Ukur dan Obyek Uji

Alat Ukur

Alat ukur yang digunakan adalah alat ukur analog model 4102A. Alat ini dirancang menurut standart IEC. Selain untuk mengukur nilai tahanan pembumian, alat ini juga dapat digunakan untuk mengukur nilai tegangan pembumian.

Obyek Uji

Dalam penelitian ini, obyek uji yang digunakan adalah elektroda yang terbuat dari batang besi pejal yang dilapisi tembaga dengan panjang 150 cm dan diameter 1,5 cm seperti diperlihatkan pada Gambar 9.

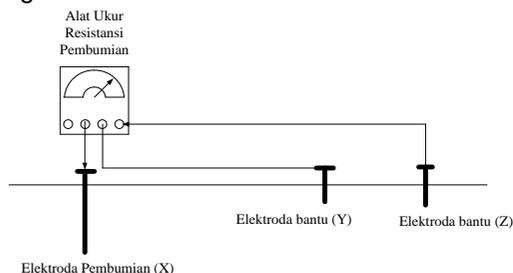


Gambar 9. Batang elektroda
Sumber : Peneliti

Prosedur Penelitian
Rangkaian Pengukuran

Pengukuran menggunakan metode tiga titik dengan menginjeksikan arus AC konstan sebesar I di antara elektroda uji (X) dan elektroda arus (Z) yang menimbulkan beda potensial sebesar V di antara elektroda uji (X) dan elektroda tegangan (Y). Sehingga didapatkan nilai tahanan pembumian sebesar R, di mana $R = V / I$.

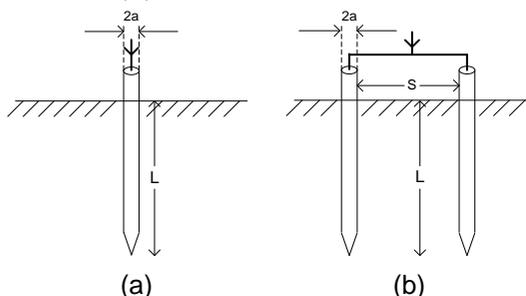
Berikut adalah model rangkaian pengukuran yang digunakan dalam pengambilan data.



Gambar 10. Model Rangkaian Pengukuran
 Sumber: Katalog AEMC, 1986

Konfigurasi penanaman batang elektroda.

Konfigurasi penanaman batang elektroda terdiri dari satu elektroda batang dan dua elektroda batang. Pengukuran nilai tahanan pembumian pada satu elektroda batang dilakukan dengan mengubah-ubah kedalaman penanaman (L), sedangkan pada dua elektroda batang dilakukan dengan mengubah-ubah kedalaman penanaman (L) dan jarak antar elektroda (S).



Gambar 11. Konfigurasi penanaman batang elektroda

Sumber: Peneliti

ANALISIS DATA PENELITIAN

Pengukuran nilai tahanan pembumian dilakukan pada satu elektroda batang dan dua elektroda batang seperti diperlihatkan pada Gambar 11. Untuk satu elektroda batang seperti pada Gambar 11.a., kedalaman penanaman (L) diubah-ubah dan setiap kedalaman penanaman diukur nilai tahanan pembumiannya. Demikian juga untuk Gambar 11.b., pembumian dengan menggunakan dua elektroda batang, untuk setiap kedalaman penanaman (L) dan jarak

antar elektroda (S) tertentu, diukur nilai tahanan pembumiannya.

Pengaruh Kedalaman Penanaman terhadap Nilai Tahanan Pembumian

Pengaruh kedalaman penanaman terhadap nilai tahanan pembumian untuk satu batang elektroda ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tahanan pembumian untuk satu elektroda dan resistivitas tanah

No.	L (cm)	R (Ω)	ρ (Ωcm)
1.	25	150	6052,6
2.	50	23	1575,6
3.	75	15	1416,3
4.	100	11,2	1333,0
5.	125	9,3	1328,0

Sumber: Hasil pengukuran

Tabel 1. memperlihatkan bahwa semakin dalam penanaman batang elektroda maka nilai tahanan pembumian dan nilai resistivitas tanahnya akan semakin kecil.

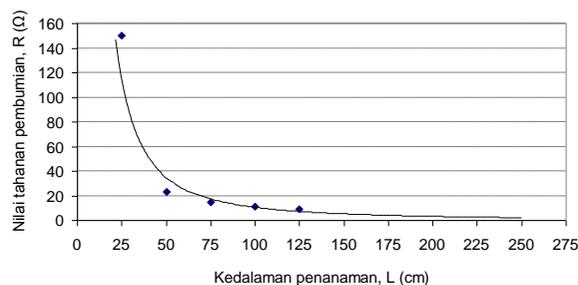
Dari hasil pengukuran pada Tabel 1. didapatkan resistivitas tanah (ρ) rata-rata di tempat pengukuran untuk kondisi saat itu adalah :

$$\rho = \frac{6052,6 + 1575,6 + 1416,3 + 1333,0 + 1328,0}{5}$$

$$\rho = 2341,1 \text{ } \Omega\text{cm.}$$

Selanjutnya dari data hasil pengukuran pada Tabel 1. dapat dibuat grafik yang menyatakan hubungan antara pengaruh kedalaman penanaman batang elektroda terhadap nilai tahanan pembumian yang ditunjukkan pada Gambar 12.

Gambar 12. Grafik hubungan antara pengaruh kedalaman penanaman batang elektroda terhadap nilai tahanan pembumian



Berdasarkan Gambar 12., penambahan kedalaman (L) menyebabkan penurunan pada nilai tahanan pembumian (R). Pada kedalaman hingga 75 cm, peningkatan kedalaman mengakibatkan penurunan nilai tahanan pembumian (R) yang cepat. Sedangkan penambahan kedalaman elektroda pada daerah lebih besar dari 75 cm, penurunan nilai tahanan pembumiannya kecil dan cenderung konstan (jenuh). Kecenderungan penurunan nilai tahanan pembumian terhadap penambahan kedalaman penanaman ini akan menjadi

dasar untuk menentukan kedalaman efektif dimana penambahan kedalaman tidak lagi berpengaruh secara signifikan terhadap perubahan nilai tahanan pbumian.

Berdasarkan Gambar 12., dapat diamati bahwa penanaman batang elektroda menghasilkan penurunan nilai tahanan pbumian secara efektif hingga kedalaman penanaman 75 cm. Sedangkan penanaman dengan kedalaman lebih dari 75 cm ternyata tidak efektif karena menghasilkan penurunan nilai tahanan pbumian yang kecil. Sehingga apabila ingin mendapatkan nilai tahanan pbumian yang kecil secara efektif disarankan untuk menambah jumlah batang elektroda yang ditanam secara paralel dengan elektroda batang yang telah ada sebelumnya.

Adapun jumlah penggunaan elektroda paralel yang diperlukan untuk mendapatkan suatu nilai tahanan pbumian tertentu yang diinginkan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$R_N = \frac{\rho}{2\pi NL} \left(Ln \frac{8L}{2a} - 1 + \frac{2L}{S} Ln \frac{2N}{\pi} \right)$$

Pengaruh Jarak Penanaman Dua Elektroda terhadap Nilai Tahanan Pbumian Untuk kedalaman penanaman 25 cm

Pengaruh jarak penanaman dua elektroda terhadap nilai tahanan pbumian untuk kedalaman penanaman 25 cm ditunjukkan pada Tabel 2. Dari Tabel 2. dapat dilihat bahwa semakin jauh jarak penanaman batang elektroda maka nilai tahanan pbumiannya akan semakin kecil.

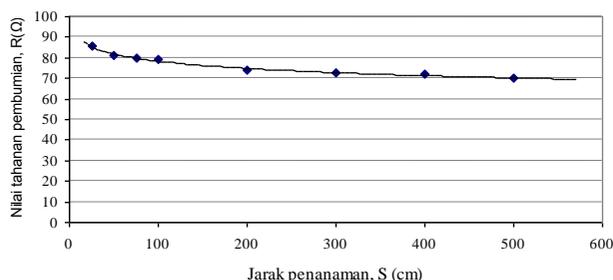
Tabel 2. Tahanan pbumian dua batang elektroda untuk kedalaman penanaman 25 cm

No.	S (cm)	R (Ω)
1.	25	86
2.	50	81
3.	75	80
4.	100	79
5.	200	74
6.	300	73
7.	400	72
8.	500	70

Sumber: Hasil pengukuran

Dari data hasil pengukuran pada Tabel 2. dapat dibuat grafik yang menyatakan hubungan antara pengaruh jarak penanaman batang elektroda terhadap nilai tahanan pbumian untuk kedalaman penanaman 25 cm yang ditunjukkan pada Gambar 13.

Gambar 13. Grafik hubungan antara pengaruh jarak penanaman elektroda (S) terhadap nilai tahanan pbumian (R) untuk L = 25 cm



Berdasarkan Gambar 13., penambahan jarak penanaman (S) menyebabkan penurunan pada nilai tahanan pbumian (R). Tetapi terlihat bahwa pengaruh penambahan jarak penanaman elektroda untuk kedalaman penanaman (L) 25 cm tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap perubahan nilai tahanan pbumian. Kecenderungan penurunan nilai tahanan pbumian terhadap penambahan jarak penanaman ini akan menjadi dasar untuk menentukan jarak efektif dimana penambahan jarak tidak lagi berpengaruh terhadap perubahan nilai tahanan pbumian.

Apabila hasil pengukuran nilai tahanan pbumian dua batang elektroda pada Tabel 2. dibandingkan dengan hasil pengukuran nilai tahanan pbumian satu batang elektroda pada Tabel 1. untuk kedalaman yang sama yaitu 25 cm, didapatkan penurunan nilai tahanan pbumian (ΔR) kurang lebih setengahnya. Adapun prosentase penurunan nilai tahanan pbumian dua batang elektroda terhadap nilai tahanan pbumian satu batang elektroda untuk kedalaman penanaman 25 cm ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan nilai tahanan pbumian satu elektroda batang dan dua elektroda batang untuk kedalaman penanaman 25 cm

No.	1 elektroda	2 elektroda		ΔR (Ω)	ΔR (%)
	R (Ω)	S (cm)	R (Ω)		
1.	150	25	86	64	42,67
2.	150	50	81	69	46
3.	150	75	80	70	46,67
4.	150	100	79	71	47,33
5.	150	200	74	76	50,67
6.	150	300	73	77	51,33
7.	150	400	72	78	52
8.	150	500	70	80	53,33

Sumber: Hasil pengukuran dan perhitungan
Keterangan:

$$\Delta R (\%) = \frac{\Delta R (\Omega)}{150} \times 100 \%$$

Untuk kedalaman penanaman 50 cm

Pengaruh jarak penanaman dua elektroda terhadap nilai tahanan pbumian

untuk kedalaman penanaman 50 cm ditunjukkan pada Tabel 4.

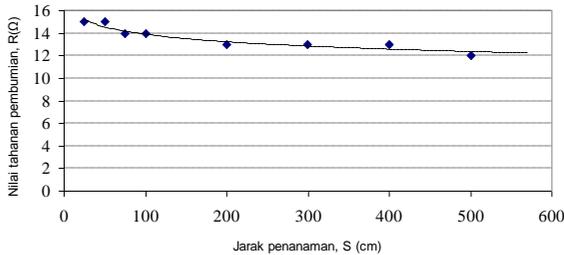
Tabel 4. Tahanan pembumian dua batang elektroda untuk kedalaman penanaman 50 cm

No.	S (cm)	R (Ω)
1.	25	15
2.	50	15
3.	75	14
4.	100	14
5.	200	13
6.	300	13
7.	400	13
8.	500	12

Sumber: Hasil pengukuran

Tabel 4. memperlihatkan bahwa semakin jauh jarak penanaman batang elektroda maka nilai tahanan pembumiannya akan semakin kecil. Dari data hasil pengukuran pada Tabel 4. dapat dibuat grafik yang menyatakan hubungan antara pengaruh jarak penanaman batang elektroda terhadap nilai tahanan pembumian untuk kedalaman penanaman 50 cm yang ditunjukkan pada Gambar 14.

Gambar 14. Grafik hubungan antara pengaruh jarak penanaman elektroda terhadap nilai tahanan pembumian untuk L = 50 cm



Berdasarkan Gambar 14., penambahan jarak penanaman (S) menyebabkan penurunan pada nilai tahanan pembumian (R). Tetapi terlihat bahwa penambahan jarak penanaman elektroda untuk kedalaman penanaman (L) 50 cm tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap perubahan nilai tahanan pembumian.

Adapun perbandingan hasil pengukuran nilai tahanan pembumian dua batang elektroda pada Tabel 4. dengan hasil pengukuran nilai tahanan pembumian satu batang elektroda pada Tabel 1. untuk kedalaman yang sama yaitu 50 cm, ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan nilai tahanan pembumian satu elektroda batang dan dua elektroda batang untuk kedalaman penanaman 50 cm

No.	1 elektroda		2 elektroda		ΔR (Ω)	ΔR (%)
	R (Ω)	S (cm)	S (cm)	R (Ω)		
1.	23	25	25	15	8	34,78
2.	23	50	50	15	8	34,78
3.	23	75	75	14	9	39,13
4.	23	100	100	14	9	39,13
5.	23	200	200	13	10	43,48
6.	23	300	300	13	10	43,48

7.	23	400	13	10	43,48
8.	23	500	12	11	47,83

Sumber: Hasil pengukuran dan perhitungan
Keterangan:

$$\Delta R (\%) = \frac{\Delta R (\Omega)}{23} \times 100 \%$$

Untuk kedalaman penanaman 75 cm

Pengaruh jarak penanaman dua elektroda terhadap nilai tahanan pembumian untuk kedalaman penanaman 75 cm ditunjukkan pada Tabel 6.

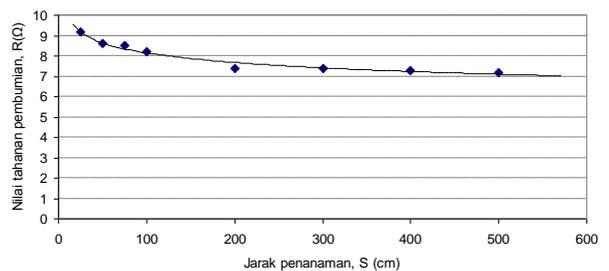
Tabel 6. Tahanan pembumian dua batang elektroda untuk kedalaman penanaman 75 cm

No.	S (cm)	R (Ω)
1.	25	9,2
2.	50	8,6
3.	75	8,5
4.	100	8,2
5.	200	7,4
6.	300	7,4
7.	400	7,3
8.	500	7,2

Sumber: Hasil pengukuran

Tabel 6. memperlihatkan bahwa semakin jauh jarak penanaman batang elektroda maka nilai tahanan pembumiannya akan semakin kecil. Dari data hasil pengukuran pada Tabel 6. dapat dibuat grafik yang menyatakan hubungan antara pengaruh jarak penanaman batang elektroda terhadap nilai tahanan pembumian untuk kedalaman penanaman 75 cm yang ditunjukkan pada Gambar 15.

Gambar 15. Grafik hubungan antara pengaruh jarak penanaman elektroda terhadap nilai tahanan pembumian untuk L = 75 cm



Berdasarkan Gambar 15., penambahan jarak penanaman (S) menyebabkan penurunan pada nilai tahanan pembumian (R). Terlihat bahwa penambahan jarak penanaman elektroda untuk kedalaman penanaman (L) 75 cm tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap perubahan nilai tahanan pembumian. Karena setiap penambahan jarak penanaman menghasilkan penurunan nilai tahanan pembumian yang kecil (kurang dari 1 Ω).

Perbandingan hasil pengukuran nilai tahanan pembumian dua batang elektroda pada Tabel 6. dengan hasil pengukuran nilai tahanan pembumian satu batang elektroda pada Tabel 1. untuk kedalaman yang sama yaitu 75 cm, ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan nilai tahanan pembumian satu elektroda batang dan dua elektroda batang untuk kedalaman penanaman 75 cm

No.	1 elektroda		2 elektroda		$\Delta R (\Omega)$	$\Delta R (\%)$
	R (Ω)	S (cm)	R (Ω)	S (cm)		
1.	15	25	9,2	5,8	38,67	
2.	15	50	8,6	6,4	42,67	
3.	15	75	8,5	6,5	43,33	
4.	15	100	8,2	6,8	45,33	
5.	15	200	7,4	7,6	50,67	
6.	15	300	7,4	7,6	50,67	
7.	15	400	7,3	7,7	51,33	
8.	15	500	7,2	7,8	52	

Sumber: Hasil pengukuran dan perhitungan
Keterangan:

$$\Delta R (\%) = \frac{\Delta R (\Omega)}{15} \times 100 \%$$

Untuk kedalaman penanaman 100 cm

Pengaruh jarak penanaman dua elektroda terhadap nilai tahanan pembumian untuk kedalaman penanaman 100 cm ditunjukkan pada Tabel 8.

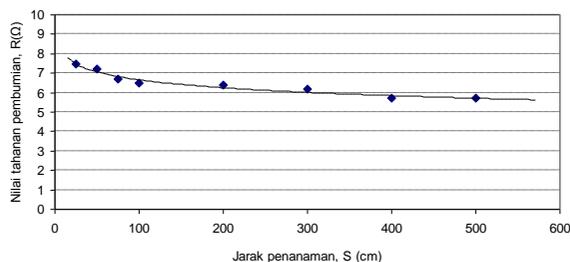
Tabel 8. Tahanan pembumian dua batang elektroda untuk kedalaman penanaman 100 cm

No.	S (cm)	R (Ω)
1.	25	7,5
2.	50	7,2
3.	75	6,7
4.	100	6,5
5.	200	6,4
6.	300	6,2
7.	400	5,7
8.	500	5,7

Sumber: Hasil pengukuran

Tabel 8. memperlihatkan bahwa semakin jauh jarak penanaman batang elektroda maka nilai tahanan pembumiannya akan semakin kecil. Dari data hasil pengukuran pada Tabel 8. dapat dibuat grafik yang menyatakan hubungan antara pengaruh jarak penanaman batang elektroda terhadap nilai tahanan pembumian untuk kedalaman penanaman 100 cm yang ditunjukkan pada Gambar 16.

Gambar 16. Grafik hubungan antara pengaruh jarak penanaman elektroda terhadap nilai tahanan pembumian untuk L = 100 cm



Berdasarkan Gambar 16., penambahan jarak penanaman (S) menyebabkan penurunan pada nilai tahanan pembumian (R). Terlihat bahwa penambahan jarak penanaman elektroda untuk kedalaman penanaman (L) 100 cm tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap perubahan nilai tahanan pembumian. Karena setiap penambahan jarak penanaman menghasilkan penurunan nilai tahanan pembumian yang kecil (kurang dari 1 Ω).

Perbandingan hasil pengukuran nilai tahanan pembumian dua batang elektroda pada Tabel 8. dengan hasil pengukuran nilai tahanan pembumian satu batang elektroda pada Tabel 1. untuk kedalaman yang sama yaitu 100 cm, ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Perbandingan nilai tahanan pembumian satu elektroda batang dan dua elektroda batang untuk kedalaman penanaman 100 cm

No.	1 elektroda		2 elektroda		$\Delta R (\Omega)$	$\Delta R (\%)$
	R (Ω)	S (cm)	R (Ω)	S (cm)		
1.	11,2	25	7,5	3,7	33,04	
2.	11,2	50	7,2	4	35,71	
3.	11,2	75	6,7	4,5	40,19	
4.	11,2	100	6,5	4,7	41,96	
5.	11,2	200	6,4	4,8	42,86	
6.	11,2	300	6,2	5	44,64	
7.	11,2	400	5,7	5,5	49,11	
8.	11,2	500	5,7	5,5	49,11	

Sumber: Hasil pengukuran dan perhitungan
Keterangan:

$$\Delta R (\%) = \frac{\Delta R (\Omega)}{11,2} \times 100 \%$$

Untuk kedalaman penanaman 125 cm

Pengaruh jarak penanaman dua elektroda terhadap nilai tahanan pembumian untuk kedalaman penanaman 125 cm ditunjukkan pada Tabel 10. Tabel 10. memperlihatkan bahwa semakin jauh jarak penanaman batang elektroda maka nilai tahanan pembumiannya akan semakin kecil

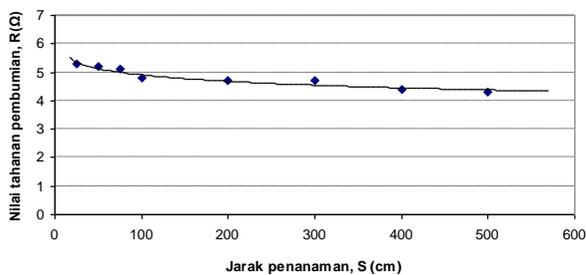
Tabel 10. Tahanan pembumian dua batang elektroda untuk kedalaman penanaman 125 cm

No.	S (cm)	R (Ω)
1.	25	5,3
2.	50	5,2
3.	75	5,1
4.	100	4,8
5.	200	4,7
6.	300	4,7
7.	400	4,4
8.	500	4,3

Sumber: Hasil pengukuran

Dari data hasil pengukuran pada Tabel 10. dapat dibuat grafik yang menyatakan hubungan antara pengaruh jarak penanaman batang elektroda terhadap nilai tahanan pembedaan untuk kedalaman penanaman 125 cm yang ditunjukkan pada Gambar 17.

Gambar 17. Grafik hubungan antara pengaruh jarak penanaman elektroda terhadap nilai tahanan pembedaan untuk L = 125 cm



Berdasarkan Gambar 17., penambahan jarak penanaman (S) menyebabkan penurunan pada nilai tahanan pembedaan (R). Terlihat bahwa penambahan jarak penanaman elektroda untuk kedalaman penanaman (L) 125 cm tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap perubahan nilai tahanan pembedaan. Karena setiap penambahan jarak penanaman menghasilkan penurunan nilai tahanan pembedaan yang kecil (kurang dari 1 Ω).

Perbandingan hasil pengukuran nilai tahanan pembedaan dua batang elektroda pada Tabel 10. dengan hasil pengukuran nilai tahanan pembedaan satu batang elektroda pada Tabel 1. untuk kedalaman yang sama yaitu 100 cm, ditunjukkan pada Tabel 11.

Tabel 11. Perbandingan nilai tahanan pembedaan satu elektroda batang dan dua elektroda batang untuk kedalaman penanaman 125 cm

No.	1 elektroda	2 elektroda		ΔR (Ω)	ΔR (%)
	R (Ω)	S (cm)	R (Ω)		
1.	9,3	25	5,3	4,0	43,01
2.	9,3	50	5,2	4,1	44,09
3.	9,3	75	5,1	4,2	45,16
4.	9,3	100	4,8	4,5	48,39
5.	9,3	200	4,7	4,6	49,46
6.	9,3	300	4,7	4,6	49,46
7.	9,3	400	4,4	4,9	52,69
8.	9,3	500	4,3	5	53,76

Sumber: Hasil pengukuran dan perhitungan
Keterangan:

$$\Delta R (\%) = \frac{\Delta R (\Omega)}{9,3} \times 100 \%$$

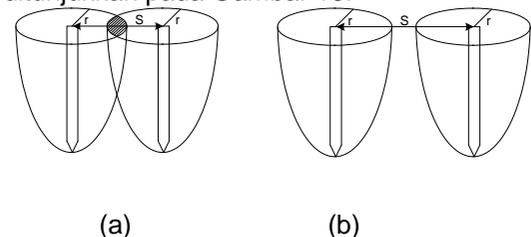
Radius Efektif Elektroda Pembedaan

Tahanan elektroda pembedaan mempunyai tiga komponen, yaitu:

- Tahanan elektroda sendiri.
- Tahanan kontak antara elektroda dengan tanah sekitarnya.
- Tahanan tanah di sekelilingnya.

Elektroda pembedaan yang ditanam ke tanah akan menghantarkan arus ke segala arah di tanah yang terdiri atas lapisan-lapisan tanah dengan ketebalan yang sama. Lapisan tanah terdekat dengan elektroda memiliki permukaan paling sempit, sehingga memberikan tahanan terbesar. Lapisan berikutnya, karena lebih luas, memberikan tahanan yang lebih kecil. Demikian seterusnya, sehingga pada suatu jarak tertentu dari elektroda, lapisan tanah sudah tidak menambah besarnya tahanan tanah sekeliling elektroda. Jarak ini disebut radius efektif elektroda pembedaan (r).

Model radius efektif elektroda pembedaan untuk 2 batang elektroda ditunjukkan pada Gambar 18.



Gambar 18. Radius efektif elektroda pembedaan untuk 2 batang elektroda
Sumber: Hasil penelitian

Gambar 18.(a) menunjukkan radius efektif elektroda pembedaan untuk 2 batang elektroda dimana terjadi perpotongan radius efektif elektroda pembedaannya. Pada kondisi ini dikatakan bahwa jarak penanaman (S) < 2r sehingga apabila penerapan model paralel dilakukan akan terjadi kesalahan. Sedangkan pada Gambar 18.(b) menunjukkan radius efektif elektroda pembedaan untuk 2 batang elektroda dimana tidak terjadi perpotongan pada radius efektif elektroda pembedaannya. Pada kondisi ini dikatakan bahwa jarak penanaman (S) > 2r sehingga penerapan model paralel bisa dilakukan dan mendekati kebenaran.

Untuk menentukan nilai radius efektif elektroda pembedaan (r), kita asumsikan bahwa perubahan nilai tahanan pembedaan (R) pada penambahan jarak penanaman (S) yang lebih kecil dari 2 % dianggap memiliki nilai yang tetap untuk semua perhitungan.

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian seluruh analisis data penelitian tentang pengaruh kedalaman penanaman dan jarak elektroda tambahan terhadap nilai tahanan pembumian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Semakin dalam elektroda ditanam maka nilai tahanan pembumiannya akan semakin kecil. Dan untuk penambahan kedalaman $\Delta L = 25$ cm yang sama ternyata menghasilkan selisih penurunan yang tidak sama.
2. Penambahan 1 batang elektroda akan memperkecil nilai total tahanan pembumian.
3. Semakin lebar jarak penanaman kedua elektroda maka akan semakin kecil nilai tahanan pembumiannya, mengikuti fungsi logaritmik.
4. Untuk menentukan nilai radius efektif elektroda pembumian (r), perubahan nilai tahanan pembumian (R) pada penambahan jarak penanaman (S) yang lebih kecil dari 2 % dianggap memiliki nilai yang tetap untuk semua perhitungan dan tidak lagi berpengaruh terhadap penurunan nilai tahanan pembumian. Pada kondisi ini dikatakan bahwa jarak penanaman (S) $> 2r$ sehingga penerapan model paralel bisa dilakukan dan mendekati kebenaran.
5. Jumlah penggunaan elektroda paralel untuk mendapatkan nilai tahanan pembumian yang diinginkan dapat dihitung dengan pendekatan analisis dari hasil pengukuran.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah disimpulkan, maka untuk mendapatkan nilai tahanan pembumian yang kecil disarankan menanam beberapa elektroda secara paralel dengan konfigurasi kedalaman yang dalam dan jarak yang lebar.

Sebagai contoh, untuk mendapatkan nilai tahanan pembumian sebesar 1Ω , dapat dilakukan dengan menggunakan 8 batang elektroda yang ditanam secara paralel dengan kedalaman 125 cm dan jarak penanaman 500 cm.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional, 2000, *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)*, Yayasan PUIL, Jakarta.
- Hadi, Abdul, Ir., 1994, *Sistem Distribusi Daya Listrik*. Erlangga. Jakarta.
- Harten, P. Van. 1985. *Instalasi Listrik Arus Kuat* 3. Binacipta. Bandung.
- Hutauruk, T.S., 1999. *Pengetanahan Netral Sistem Tenaga Dan Pengetanahan Peralatan*. Erlangga. Jakarta.
- Katalog AEMC, 1986.

- Kodali, V. Prasad, 1996, *Engineering Electromagnetic Compatibility*.
- Kyoritsu, *Instruction Manual Analog Earth Resistance Tester Model 4102 A*, Jepang.
- Tadjuddin, *Bentuk - bentuk elektroda pentanahan*, Elektro Indonesia Edisi ke Lima Belas, Nopember 1998.
- Tagg, G.F, B.Sc., Ph.D., M.I.E.E., F.Inst.P. 1964. *Earth Resistance*. The Whitefriars Press Ltd. London.

PERANCANGAN APLIKASI SMS GATEWAY UNTUK INFORMASI JADWAL KERETA API DI STASIUN KOTA BARU MALANG

Eko july prasetyo¹, Bambang minto² dan Diana Rahmawati³

1. Mahasiswa Teknik Elektro, Unisma, Jl. MT. Haryono 193, Malang, 65144, Indonesia
2. Dosen Teknik Elektro Unisma, Jl. MT. Haryono 193, Malang, 65144, Indonesia
3. Dosen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo, Madura
ekojulypresetyo@gmail.com

Abstrak

SMS atau Short Messaging Services merupakan salah satu fasilitas telepon selular (ponsel) yang paling banyak digunakan saat ini karena biayanya murah, prosesnya cepat, dan juga dapat langsung diterima oleh tujuan. Dalam Tugas Akhir ini SMS Gateway akan diimplementasikan ke sistem informasi jadwal kereta api, baik jadwal kedatangan maupun jadwal keberangkatan. Aplikasi SMS Gateway dalam Tugas Akhir ini dibangun menggunakan Visual Basic 6, dengan menggunakan komponen MobileFBUS 1.5. dan SmEngine sebagai komponen penghubung antara ponsel dengan komputer. Untuk proses memperbaharui data pada data base menggunakan Microsoft Access 2007.

Sistem ini ada mempunyai 2 proses, yaitu: proses menerima SMS dan mengirim SMS, dan proses update data. Proses mengirim dan menerima SMS adalah proses dimana user dalam hal ini pengirim SMS mengirimkan SMS yang berisi informasi yang diinginkan sesuai dengan formatnya, kemudian aplikasi SMS Gateway akan mengirimkan balasan sesuai dengan informasi yang diinginkan. Sedangkan untuk proses update data dilakukan oleh Admin yang bertugas dan bertanggung jawab atas semua keakuratan data yang ada. Aplikasi SMS Gateway ini sudah dapat digunakan untuk mengirim dan menerima SMS secara otomatis.

Keyword : sms gateway, penjadwalan kereta api, visual basic 6.0

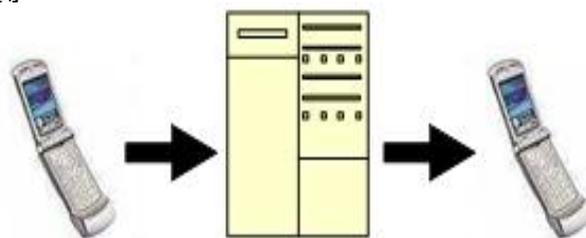
Pendahuluan

Sistem informasi jadwal kereta saat ini masih belum merata kepada masyarakat luas hanya pada kalangan tertentu saja, sedangkan pemakai jasa angkutan kereta api ini kebanyakan untuk masyarakat dalam ekonomi menengah dan menengah kebawah. Saat ini pelanggan dapat informasi tiket melalui toko penyedia tiket online (alfamart, indomart) di samping itu juga ada beberapa operator seluler penyedia layanan jadwal kereta api, akan tetapi kedua aplikasi dan jasa tersebut kurang efektif di karenakan tidak semua tempat terjangkau oleh toko seperti alfamart dan indomart, sedangkan untuk operator penyedia informasi jadwal kereta api sangat kurang efektif untuk kalangan semua kalangan. Dengan adanya aplikasi pemesanan tiket berbasis sms gateway ini di harapkan akan memudahkan pelanggan dalam memperoleh informasi jadwal kedatangan maupun keberangkatan kereta api. [1]

Aplikasi sms gateway ini bisa membantu pelanggan untuk mendapatkan informasi jadwal kereta api tanpa harus datang ke stasiun kota baru malang, dengan aplikasi ini pelanggan bisa memperoleh informasi hanya dengan mengirimkan sms.

Cara Kerja Short Message Service (SMS)

Mekanisme utama yang dilakukan dalam sebuah sistem SMS adalah melakukan pengiriman short message dari suatu terminal ke terminal yang lain (dalam hal ini adalah ponsel). Hal ini dapat dilakukan berkat adanya sebuah entitas dalam sistem SMS yang bernama Short Message Service Center (SMSC) atau disebut juga Message Center (MC). [4]



Gambar 2.1 Cara kerja sms

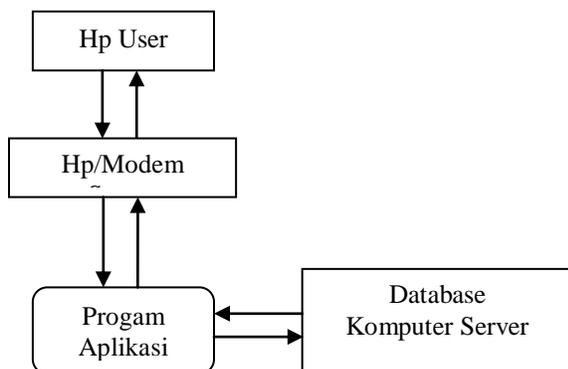
SMMSGATEWAY

SMS Gateway adalah aplikasi SMS dimana pesan yang di terima dan dikirimkan menggunakan bantuan Gateway Device terintegrasi dengan database server yang dapat mendistribusikan pesan SMS secara otomatis. Kelebihan SMS Gateway : SMS gateway merupakan aplikasi berbasis

komputer, sehingga dapat di otomatisasi. Dapat menyimpan data dalam jumlah yang banyak karena disimpan di sebuah hardisk server. [1]

Cara Kerja SMSGATEWAY

Sistem Aplikasi pesan anda akan dihubungkan dengan database server. Di server database inilah semua pesan balasan sudah disiapkan. Program akan mengambil data didalam database server lalu mengirmkan pesan balasan otomatis kepada anda melalui device gateway yaitu Modem GSM. [1]



Gambar 2.2 Cara kerja program Aplikasi sms gateway

Microsoft Visual Basic 6.0

Microsoft Visual Basic 6.0 adalah bahasa pemrograman berbasis grafis (GUI-Graphical User Interface) yang berbeda dengan bahasa pemrograman basic, Turbo Pascal, Turbo C, Cobol, dbase dan bahasa lainnya yang bersifat teks. [5]

Visual Basic 6.0 berawal dari bahasa pemrograman BASIC (*Beginners All-Purpose Symbolic Instruction Code*). Karena bahasa BASIC cukup mudah dipelajari maka hampir setiap programmer menguasai bahasa ini.

Konsep Kerja Visual Basic

Visual Basic dalam mengidentifikasi kesalahan, pada saat kita menulis kode program Visual Basic menangkap dan menandai syntax atau kesalahan saat objek tersebut selesai dibentuk. Untuk mengetahui adanya kesalahan, Visual Basic juga meng-compile semua kode yang kita masukkan. [5]

Komponen MobileFBUS 1.5

Untuk dapat mengakses ponsel melalui komputer maka diperlukan kabel data Originator SMS Center Reciever yang di hubungkan ke COM1

atau COM2 pada komputer. Dan komponen yang digunakan adalah MobileFBUS. [1]

Komponen ExSmEngine 1.4

ExSmEngine, adalah Active X Componen (OCX), yang berfungsi sebagai alat bantu penulisan program pada beberapa bahasa pemograman salah satunya Visual Basic 6.0 Tools ini sangat sederhana dan mudah penggunaannya. Komponen ExSmEngine dibuat berdasarkan komponen mscomm32.ocx untuk melakukan komunikasi dengan modem. Jadi pada saat Aplikasi yang menggunakan ExSmEngine di distribusikan ke komputer client, harus menyertakan komponen mscomm32.ocx juga.

Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan sistem ini dilakukan setelah melalui tahap analisis. Pada tahap ini bertujuan untuk memberi gambaran secara umum tentang sistem yang akan dibangun dengan Visual Basic 6.0. Berikut Tabel 1 Komponen Aplikasi SMS Gateway.

Tabel 1 Komponen Aplikasi SMS Gateway.

Control	Property	Nilai
Form	Name	SMS_OK
commandButton1	Name	cmdSetting
commandButton2	Name	cmdCommand
Label	Name	lblOnline
Label1	Name	Contoh untuk tes Aplikasi

Label2	Name	Sembarang Text
Label3	Name	UJI COBA
Label4	Name	Sms gateway PT KAI
Label5	Name	Kirim Ke Nomer ini
Label6	Name	Modem
Label7	Name	(Nomor yg di gunakan)
Frame1	Name	Data Jadwal
Frame2	Name	Pesan Masuk
Datagrid1	Name	Jadwal
Datagrid2	Name	Pesan Masuk
ComboBox	Name	cboModemID
ListBox	Name	ListPesan
CheckBox	Name	Update
Mobile FBus	Name	FBUS
	Visible	False
ExSmEngine	Name	SMSEngine
	Visible	True

Nama field	Tipe Data	Ukuran	Keterangan
No Keberangkatan	Text	10	Primary Key
Nama Kereta	Text	10	Primary Key
Dari	Text	10	
Tujuan	Text	10	Primary Key
Jam Kereta Datang	Date/Time	-	Primary Key
Jam Kereta Berangkat	Date/Time	-	Primary Key
InfoTiket	Text	10	

ANALISA HASIL IMPLEMENTASI PROGRAM

Program aplikasi SMS Gateway ini dibangun bertujuan untuk menerima SMS dari user dan mengirimkan kembali SMS yang berisi informasi yang dibutuhkan user dalam hal ini user adalah orang yang membutuhkan informasi jadwal Kereta, baik kedatangan maupun keberangkatan. Sehingga dengan hanya mengirimkan sebuah SMS, pelanggan dapat mengetahui informasi yang dibutuhkan.

Implementasi Program

Aplikasi Database Access, Aplikasi ini dibangun untuk admin, dimana admin mempunyai tugas dan hak untuk meng-update setiap perubahan jadwal kereta. Sedangkan aplikasi SMS Gateway berfungsi untuk menerima SMS dari user dan mengirimkan kembali informasi yang diminta oleh user sesuai dengan format yang sudah ditentukan. Untuk membangun aplikasi sms gateway dengan menggunakan Visual Basic 6 dengan menggunakan komponen MobileFBUS 1.5 dan ExSmEngine.

Koneksi Database

Untuk menampilkan sebuah informasi yang diambil dari table sebuah database maka diperlukan suatu model akses yang digunakan untuk berinteraksi dengan database yang disebut ADO atau ActiveX Data Object.

Script yang digunakan untuk memanggil database adalah sebagai berikut :

```

If Left(SMSAWAL, 3) = "CEK" Then
Set KONEKSI_DATABASE = New Connection
KONEKSI_DATABASE.CursorLocation = adUseClient
KONEKSI_DATABASE.Open"provider=microsoft.jet.oledb.4.0;data source=" & App.Path & "\PT-KAI2.mdb;"
Set BACA_DATABASE = New Recordset
BACA_DATABASE.Open "select * from jadwal where tujuan = " & Mid(SMSAWAL, 5, 15) & " ", KONEKSI_DATABASE, adOpenStatic, adLockOptimistic
If Not BACA_DATABASE.EOF Then
Dim JumlahJawaban As Integer
Dim jawabansms As String
BACA_DATABASE.MoveFirst

```

Implementasi SMS Gateway

1) SMS Gateway akan memproses pengambilan data dari database sesuai dengan format SMS yang telah ditentukan.

2) Kemudian SMS Gateway akan mengirim balik SMS balasan kepada user yang mengirimkan SMS.

Cara kerja program aplikasi ini adalah:

- 1) Menghubungkan modem/handphone dengan computer.
- 2) Memindah inbox yang ada di ponsel ke dalam database komputer.
- 3) Pengecekan format SMS yang telah ditentukan.
- 4) Proses pengambilan data dari tabel jadwal sesuai dengan format SMS yang telah ditentukan.
- 5) Mengirimkan SMS balasan kepada user sesuai dengan format yang telah di minta dengan data yang ada di database.

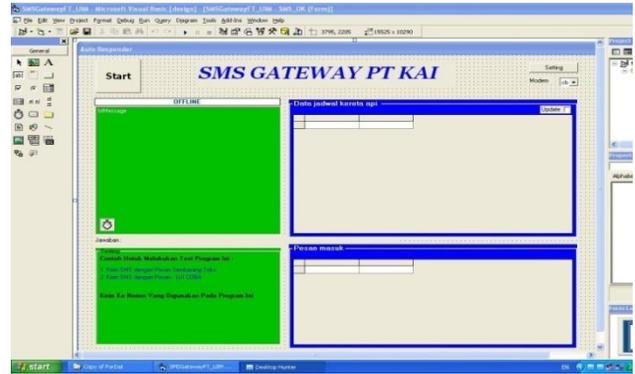
Analisa Hasil Implementasi Program

Dari pengujian program aplikasi dengan menggunakan Modem program dapat dijalankan dengan baik. Database yang dibangun untuk admin juga dapat berjalan baik.

Dari hasil percobaan dengan membandingkan waktu sms di kirim maupun diterima dari beberapa operator seluler.

- 1) Jika operator server menggunakan Telkomsel
 - Dalam 1 menit mampu melakukan transaksi pesan masuk sebanyak 23-30 transaksi pesan keluar dan masuk. Percobaan ini di lakukan di area tata surya dengan kondisi sinyal modem 3G.
- 2) Jika operator server menggunakan XL
 - Untuk operator XL dalam 1 menit transaksi yang dilakukan sekitar 15 transaksi per 1 menit.
- 3) Jika operator server menggunakan IM3
 - Untuk operator IM3 tidak jauh beda dengan Telkomsel akan tetapi operator ini mampu transaksi sampai 35 transaksi per menit untuk sesama operator Indosat namun sering terjadi gangguan sms tidak terkirim kepada pelanggan yang menggunakan operator selain yang di pakai diatas.

Dari ke tiga percobaan di atas di lakukan di tempat yang sama akan tetapi untuk operator XL dalam kondisi hujan lebat. Dari beberapa percobaan di atas dapat di simpulkan bahwa semakin baik kualitas sinyal semakin cepat pula transaksi yang di lakukan oleh aplikasi ini. Berikut ini adalah tampilan aplikasi SMS Gateway untuk Tugas Akhir .



Tabel 1 Format sms untuk pelanggan

Format Pesan	Keterangan
CEK <Spasi>KOTA TUJUAN	Format pesan jadwal keberangkatan. Contoh : CEK GAMBIR

Tabel 2 Format untuk sms balasan

Format Pesan	Keterangan
NoKeberangkatan<spasi>NamaKereta <spasi>Jam	Contoh Balasan SMS : (B11-TAWANGALUN-14:30)

Kesimpulan

Pengujian aplikasi ini menggunakan modem GSM HUAWEI tipe E173 dapat berjalan dengan baik. Database yang dibangun untuk admin juga terkoneksi dengan baik.

Dari hasil percobaan ini dapat diketahui jumlah sms yang dikirim dan diterima oleh aplikasi ini dalam waktu 1 menit. Percobaan alat ini menggunakan kartu seluler Telkomsel, XL, Indosat IM3.

Saran

Untuk mengaplikasikan langsung aplikasi ini kepada masyakat umum di harapkan memakai komponen tambahan VB 6.0 yang berbayar. Database yang di pakai untuk tugas akhir ini menggunakan Microsoft access 2007 untuk pengembangan aplikasi ini bisa berbasis web agar semua stasiun di Indonesia bisa terkoneksi langsung ke database server. Dengan menghubungkan database kesemua stasiun yang ada di Indonesia terutama jawa timur untuk memaksimalkan proses update database.

Daftar Pustaka

- X-OREANG TECHNOLOGY. 2010.
MEMBANGUN APLIKASI HANDPHONE
DENGAN FBUS & VISUAL BASIC.
Semarang : ANDI PUBLISHER.
- Heryanto, Imam. 2011. MEMBUAT DATABASE
DENGAN MS ACCESS. Semarang : ANDI
PUBLISHER.
- Leong, Marlon.2010.IMPLEMENTASI ACTIVE X
DATA OBJECTS PADA VISUAL BASIC
Semarang : ANDI PUBLISHER.
- Daud Edison, Tarigan. 2012. MEMBANGUN SMS
GATEWAY BERBASIS WEB DENGAN
CODEIGNITER. Yogyakarta : LOKOMEDIA
- Romzi Imron Rozidi. 2009 “Membuat Sendiri SMS
Gateway (ESME) Berbasis Protokol SMPP” .
Jakarta. Elex Media Komputindo.
- Handayani Saptaji.2011 “Membuat SMS Gateway
dengan Delphi 7”.Bandung. Widya Media.
- Agus Saputra. 2012.”Membangun Aplikasi sms
dengan php dan MySQL”. Jakarta. Elex
Media Komputindo.
- Heryanto,imam. 2012 “Membuat Database Dengan
Microsoft Access “ Bandung. Informatika
bandung.
- <http://www.slideshare.net/ABYSlides/sms-gateway-4649245> 15 juni 2013
- <http://skyticle.blogspot.com/2012/11/pengertian-asp-html-dan-php.html> 15 Juni 2013

ANALISIS PENINGKATAN EFISIENSI PEMAKAIAN ENERGI LISTRIK DI RSUD Dr. SAIFUL ANWAR MALANG

Miftahul Arifin¹, Muhammad Taqiyuddin Alawiy²

1. Mahasiswa Teknik Elektro, Fakultas Teknik,
2. Dosen Teknik Elektro, Universitas Islam Malang, Jl. MT. Haryono 193 Malang 65134

Pemakaian energi listrik di RSUD Dr. Saiful Anwar Malang memiliki banyak ragam peralatan listrik dan elektronik yang sensitif terhadap gangguan dan berhubungan langsung dengan pasien. Masalah-masalah yang dialami RSUD Dr. Saiful Anwar Malang adalah kemampuan hantar arus (KHA) yang telah melampaui kemampuan nominalnya, ketidakseimbangan beban pada masing-masing fasa yang terlalu besar serta jatuh tegangan pada titik terjauh melampaui 50%. Dari masalah-masalah ini menyebabkan penurunan efisiensi. Sehingga perlu dilakukan peningkatan efisiensi energi listrik karena untuk mengevaluasi sistem-sistem yang ada serta penghematan tarif listrik yang dikeluarkan.

Metode penelitian yang digunakan, yaitu pengamatan dan pengukuran dilakukan pada masing-masing gardu yang ada di Rumah Sakit Dr. Saiful Anwar Malang dan pada setiap panel beban (SDP), serta pada jaringan listrik yang ada di rumah sakit. Selain itu digunakan asumsi-asumsi guna mempermudah dalam perhitungan analisis. Di dalam meningkatkan efisiensi energi listrik digunakan dua kondisi, yaitu kondisi sekarang dan kondisi setelah beban diseimbangkan.

Untuk mengatasi KHA yang telah melampaui 80% KHA serta ketidakseimbangan beban perlu dilakukan regrouping. Beban yang telah melampaui 80% KHA diantaranya IRD sebesar 83,9%; Ruang OK (penerangan) sebesar 81,9% dan ruang 12 sebesar 95,9%. Serta beban yang memiliki ketidakseimbangan paling besar adalah kamar mayat-IRNA I yang mencapai 50%. Setelah di regrouping terjadi pembebanan lebih seimbang serta KHA bisa turun dibawah 80%. Ketidakseimbangan menyebabkan rugi-rugi saluran menjadi besar karena pada kawat netral mengalir arus. Selain itu jatuh tegangan yang terjadi pada sisi beban memiliki nilai besar bila dibandingkan jatuh tegangan dengan menggunakan pendekatan perhitungan. Dengan pengukuran jatuh tegangan terbesar terjadi pada beban IRD pada fasa T sebesar 17 volt. Sehingga dari beberapa hal diatas dapat dicari nilai peningkatan efisiensi energi listrik secara teknis dan konversinya dalam bentuk rupiah.

Keyword: Efisiensi pemakaian listrik

Latar Belakang

Penghematan energi listrik dewasa ini sangat perlu diperhatikan. Hal ini terkait terbatasnya pasokan energi listrik dari PLN serta meningkatnya tarif listrik yang akhirnya berdampak semakin tinggi biaya yang dikeluarkan. Untuk itu kita harus lebih bijaksana dalam mengatasi masalah tersebut.

Demikian juga pemakaian energi listrik di RSUD Dr. Saiful Anwar Malang yang memiliki banyak ragam peralatan listrik masih belum efisien. Hal ini diketahui dari data di lapangan, bahwa telah terjadi jatuh tegangan di titik terjauh lebih dari 5% dan ketidakseimbangan beban mencapai 60%. Keadaan seperti ini sangat tidak diperbolehkan bagi sebuah rumah sakit yang sarat dengan

peralatan-peralatan sensitif yang dapat terkait langsung dengan nyawa pasien.

Penghematan Energi Listrik juga dapat dilihat faktor-faktor lain. Faktor dari umur peralatan yang seharusnya peralatan tersebut diganti tetapi masih belum diganti ataupun peralatan tersebut sudah pernah rusak tetapi masih dipakai. Selain itu dalam pengoperasian peralatan-peralatan di RSUD Dr. Saiful Anwar Malang juga harus sesuai prosedur penggunaannya sehingga peralatan tersebut tidak cepat rusak dan pemborosan energi dapat diatasi.

Langkah Peningkatan Efisiensi Energi Listrik

Di dalam perencanaan walaupun sesuai dengan standar yang ada, tetapi dalam pengoperasiannya sering terjadi bahwa kondisi sistem operasi kurang sesuai dengan yang direncanakan. Untuk itu segera diambil tindakan agar losses dapat turun. Hal tersebut merupakan salah satu contoh strategi jangka pendek.

Strategi jangka pendek pada dasarnya memperbaiki efisiensi yang rendah menjadi tinggi. Strategi ini dapat dilakukan secara berurutan. Bila efisiensi rendah, maka untuk menaikkan efisiensi langkah pertama adalah mencari lokasi losses yang tinggi tersebut terjadi. Kemudian menginventarisasi sumber hilang energi (losses) baik teknis maupun non teknis. Dengan melakukan pengamatan dan pengukuran maka akan diketahui sumber yang memberikan kontribusi terhadap tingginya hilang energi, sehingga dapat diambil tindakan antisipasi untuk menaikkan efisiensi.

Strategi jangka panjang pada dasarnya adalah mencegah agar hilang energi yang rendah tidak menjadi tinggi sehingga efisiensi tetap tinggi. Pada dasarnya strategi ini menyangkut keseluruhan proses pengelolaan sistem.

Konstruksi disini merupakan tes layak uji (*comisioning test*). Setelah konstruksi, ada tiga hal yang tidak bisa dipisahkan satu dengan lainnya. Yang pertama pengoperasian, berhubungan dengan sistem informasi jaringan (pelaksanaan yang dianjurkan) sehingga akan didapatkan efisiensi yang maksimal.. Yang kedua pemeliharaan. Hal tersebut sangat penting sekali di dalam menjaga kestabilan sistem, dapat dilakukan dengan pengawasan pemeliharaan. Untuk yang terakhir, perusahaan bisnis. Ini bisa dilakukan pada jaringan listrik PLN yang berhubungan langsung dengan konsumen (sistem pembacaan meter, administrasi, sistem informasi pelanggan).

Bila strategi jangka panjang ini tidak dilakukan atau dilakukan tanpa pengendalian yang baik maka akan terjadi penurunan efisiensi yang tidak diinginkan. Sebagai contoh akan terjadi jatuh tegangan pada dari sumber ke beban sehingga permasalahan tersebut memberikan kontribusi yang tinggi. Hal tersebut dapat terjadi karena beberapa kemungkinan antara lain kurang baiknya

perkiraan beban atau kurangnya data-data informasi mengenai sistem.

Secara teoritis hilang energi yang dikenal hanyalah hilang energi teknik, yaitu energi listrik yang tak dimanfaatkan karena didisipasikan menjadi panas, yaitu hilang energi I^2Rt , arus eddy dan histerisis magnetis. Namun, kenyataannya hilang energi non teknik terjadi, hal tersebut disebabkan pencatatan meter yang salah, ketidak samaan data lapangan dengan data administrasi, pola pemakaian peralatan listrik yang tidak sesuai dan lain-lain.

Tabel 1. Contoh Sumber Losses, Indikator dan Standardnya

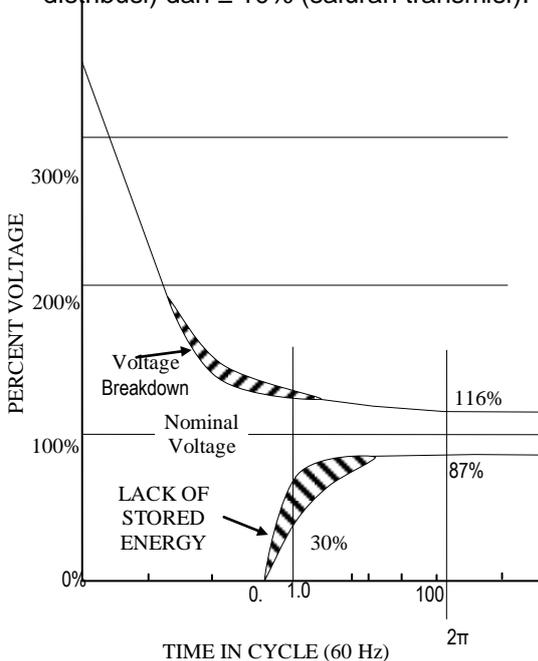
No	Sumber Losses	Indikator	Standard
Losses Teknik			
1	Panjang Jaringan	Km jaringan-Km	MvaKm
2	Konduktor	Tahanan jenis—ohm/km	Sesuai SNI
3	Konektor	Temperatur—derajat celcius	
4	Pengetanahan	Tahanan-ohm	Maximum 5
5	Gardu bagi TR	Temperatur-derajat celcius	Maximum 45
6	Beban lebih	Besar beban-ampere	Nominal
7	Tegangan ujung	Turunnya tegangan-%	Maximum 10
8	Keseimbangan Beban	Beban kawat netral-%	Maximum 10
Losses Non Teknik			
1	Proses penyambungan	Lama penyambungan-hari	10,30,100
2	Pembacaan meter	Jam nyala rata-rata	Data statistik
3	Manajemen & segel	SOP	Ada dan dijalankan
4	Manajemen	SOP	Ada dan dijalankan

	kunci gardu		
5	Sistem pengawatan	Keamanan	Aman dan terkoordinasi
6	Pemakaian tidak sah	Prosentase	Rendah

Sumber: Seminar Losses Energi, 2004

Tegangan

Tegangan harus konstan supaya kualitas daya listrik baik, tetapi pada kenyataannya tidaklah selalu konstan dimana suatu tegangan naik dan suatu saat tegangan turun. Toleransi tegangan naik atau turun yang diijinkan berdasarkan IEEE Std. 446 "Recommended Practice for Emergency and Standby Power System for Industrial and Commercial Applications" adalah -13% s/d +16%. Dan toleransi tegangan naik turun menurut PLN adalah $\pm 5\%$ (saluran distribusi) dan $\pm 10\%$ (saluran transmisi).



Gambar 1. Toleransi Naik Turun Tegangan Yang Diijinkan
Sumber: Mohan 1994

Diasumsikan tegangan sistem (nominal) 100%. Batas atas tegangan nominal yang diijinkan +16% menjadi 116% dan batas bawah yang diijinkan -13% menjadi 87%. Jika tegangan naik diatas 116%, maka tegangan tersebut akan tembus (daerah yang diarsir). Dan bila melebihi daerah yang diarsir akan terjadi tembus total

berdampak ke faktor keamanan. Sedangkan bila tegangan kurang dari 87% akan mengalami kehilangan energi.

Rentang tegangan nominal yang diijinkan adalah $330,6 \text{ V} \leq V_n \leq 402,8 \text{ V}$. Nilai ini diperoleh dari persamaan (1)

$$V_b = V_n - 13\%V_n \quad (1.a)$$

$$V_a = V_n + 16\%V_n \quad (1.b)$$

Jatuh Tegangan (Voltage Drop)

Jatuh tegangan adalah nilai penurunan tegangan akibat adanya rugi-rugi pada jaringan listrik atau perbedaan tegangan antara sisi kirim dan sisi terima pada faktor daya tertentu dan dalam keadaan beban nominal.

$$V_D = Z \cdot I \quad (2)$$

Dalam persamaan (2) nilai Z ditentukan oleh instalasi yang sudah ada. Dengan demikian nilainya tetap selama jaringan listrik tidak mengalami perubahan, sehingga nilai jatuh tegangan ditentukan oleh arus beban. Semakin besar beban, maka jatuh tegangannya semakin besar.

Selain beban yang berlebihan, jatuh tegangan dapat disebabkan karena penggunaan kabel yang jelek. Panjang penghantar, luas penampang penghantar serta temperatur juga mempengaruhi besarnya jatuh tegangan.

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} \quad (3)$$

Tahanan listrik (resistansi) adalah besaran yang menyatakan hambatan dari bahan konduktor penghantar dalam menyalurkan arus listrik. Data dari pabrik tersedia resistansi pada suhu 20°C.

$$R_t = R_{20} [1 + \alpha (t_t - t_{20})] \quad (4)$$

Untuk mengetahui jatuh tegangan dalam persen digunakan rumus:

$$V_D (\%) = \frac{|V_S| - |V_R|}{|V_S|} \times 100\% \quad (5)$$

Metode Penelitian

Metode yang dipakai dalam penelitian ini adalah studi literatur dan pengukuran langsung di lapangan, yaitu RSU Dr. Saiful Anwar Malang.

Metode ini dilaksanakan berdasarkan diagram alur berikut,



Gambar 2. Diagram Alur Peningkatan Efisiensi Energi Listrik

Analisis

Dari data hasil penelitian, selanjutnya dapat dilakukan analisis,

- ❖ Ketidakseimbangan beban dan cadangan,
- ❖ *Regrouping* dan penyeimbangan beban,
- ❖ Arus kawat netral,
- ❖ Jatuh tegangan
- ❖ Rugi-rugi saluran,
- ❖ Efisiensi saluran,
- ❖ Efisiensi energi listrik.

Disamping itu akan digunakan asumsi-asumsi dalam perhitungan, khususnya pada perhitungan arus netral.

Berikut adalah tingkat pembebanan masing penghantar setiap kelompok beban:

Tabel 2

Tingkat Pembebanan Penghantar Terhadap KHA dan Arus Rata-rata

No	Beban	KHA (A)	Pembebanan Penghantar (%)			
			I_R	I_S	I_T	I_{rata}
Kelompok Beban I (Gardu 174)						
1	Ins. Rawat Darurat (IRD)	82	55,6	99,4	96,6	83,9
2	Gedung I B	44	13,2	73,2	99,6	62,3
3	Pompa	61	68	67,5	67,7	67,7
4	Haemodialis	82	43,9	69,8	67,1	60,3

5	Paviliun (Lama) - OBG	82	92,9	85,9	75	84,6
6	Ruang OK (AC)	82	58,2	83,3	72,2	71,2
7	Ruang OK (Penerangan)	61	45,4	103,1	97,2	81,9
8	Kamar Mayat - IRNA I	61	37,1	45,6	122,9	68,5
9	VRT - IPS	44	42,9	73,4	84,3	66,9
10	Ruang (20,21), Ruang Kuliah	61	24,6	49,2	65,6	46,5
11	IPAL	44	67,9	61,6	67,7	65,7
12	Poli - WB	207	16,9	29,1	25,9	23,9
13	Radiologi - Informasi	207	14,6	25,5	19,5	19,9
14	Ruang OK (Lama) - AC Samping	44	45,5	45,5	45,5	45,5
15	CSSD	82	55,9	91,6	90,4	79,3
16	Ruang 12	61	48,2	125,4	114,1	95,9
17	Laundry	44	56,8	56,8	56,8	56,8
18	Dapur	44	50,2	51,1	50,7	50,7
19	Ruang 12 (atas) - Anastesi	44	46,8	60,7	57,7	55,1
20	Ruang 12 (bawah)	44	34,1	113,6	68,2	71,9
21	Ketel	108	38,2	43,2	44,1	41,8

Kelompok Beban II (Gardu 25)

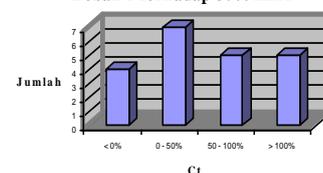
1	Ruang CVCU (Jantung)	334	10,6	8,7	8,7	9,3
2	Ruang Cobalt	108	18,5	18,5	18,5	18,5
3	Paviliun (Baru)	450	20,7	20,5	19,7	20,3
4	Radiologi (Penerangan)	550	9,7	8,8	9,6	9,4
5	Radiologi (Alat)	207	19,9	20,8	21,5	20,7
6	Ruang MRI	207	15,9	14,7	15,4	15,3

Keterangan

: melebihi 80 %KHA

Dari Tabel 2 dapat dilihat beban-beban yang masing-masing fasanya telah melampaui 80% KHA dan penyimpangannya terhadap arus beban rata-rata. Pada beban Ruang 12, pembebanan masing fasanya, yaitu pada fasa R = 48,2% ; fasa S = 125,4% ; fasa T = 114,1%. Berdasar nilai-nilai ini, pada Ruang 12 terjadi pembebanan yang sangat tidak merata dan telah melampaui 80% KHA dan bahkan 100% KHA, sehingga perlu dilakukan *regrouping*.

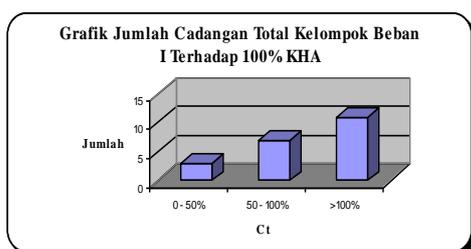
Grafik Jumlah Cadangan Total Kelompok Beban I Terhadap 80% KHA



Gambar 3

Pada Gambar 3, beban yang memiliki cadangan pembebanan dibawah 0% adalah Ruang 12, Paviliun (lama), IRD dan Ruang OK (penerangan). Untuk beban yang memiliki cadangan dibawah 50% adalah CSSD, Ruang OK (AC), Ruang 12 (bawah), Kamar Mayat, Pompa, VRT-IPS dan IPAL. Sedangkan beban yang cadangan pembebanannya diantara 50-100% adalah Gedung IB, Haemodalisasi, Laundry, Ruang 12 (atas) dan Dapur. Untuk beban Ruang 20;21, Ruang OK (lama), Ketel, Poli dan Radiologi-Informasi memiliki cadangan pembebanan diatas 100%.

Sedangkan jumlah beban yang memiliki cadangan pembebanan terhadap 100%, ditunjukkan pada grafik berikut,



Gambar 4

Pada Gambar 4, beban Ruang 12, Paviliun (lama) dan IRD memiliki cadangan pembebanan dibawah 50%. Sedangkan cadangan diantara 50-100% adalah Ruang OK (penerangan), CSSD, Ruang OK (AC), Ruang 12 (bawah), Kamar Mayat, Pompa dan VRT-IPS. Untuk cadangan diatas 100% adalah IPAL, Gedung IB, Haemodalisasi, Laundry, Ruang 12 (atas), Dapur, Ruang (20,21), Ruang OK (lama), Ketel, Poli dan Radiologi-Informasi.

1. Regrouping dan Penyeimbangan Beban

Ada beberapa cara untuk mengatasi pembebanan penghantar yang melebihi 80 % dan 100%, yaitu:

- ❖ *Regrouping* dilakukan sebagai usaha penyeimbangan beban arus masing-masing fasa dari beban yang ada. *Regrouping* dilakukan hanya pada beban satu fasa.
- ❖ Penambahan beban diarahkan dari catu penghantar fasa yang bebannya masih rendah.
- ❖ Mengganti penghantar fasa dengan KHA lebih besar bila KHA (80% atau 100%) dilampaui.

Cara yang pertama merupakan alternatif yang paling tepat dilakukan, karena setiap adanya penambahan beban baik kecil

maupun besar semuanya mengacu pada cara tersebut.

Untuk melakukan *regrouping*, perlu dilakukan beberapa langkah berikut yaitu,

- a. Menghitung jumlah cadangan (C) seluruh fasa (R,S,T) pada setiap kelompok beban, dengan rumus,
$$C = I_R + I_S + I_T \quad (\%) \quad (6)$$
- b. Apabila nilai cadangan (C) positif, maka penyeimbangan beban secara rata dapat dilakukan, yaitu dengan menggunakan rumus,

$$I_{rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} \quad (\%) \quad (7)$$

- c. Dalam penyeimbangan beban, nilai I_{rata} merupakan beban baru bagi setiap fasa dalam kondisi yang diseimbangkan, sehingga

$$I_R = I_S = I_T = I_{rata}$$

- d. Apabila nilai cadangan (C) negatif, penyeimbangan secara rata tidak dapat dilakukan. Tetapi langkah dapat dilakukan, yaitu dengan memperkecil selisih beban diantara fasa-fasanya. Sebaiknya beban tertinggi dari setiap fasa sama dengan 80 % nilai KHA.

Setelah *diregrouping*, terdapat beberapa beban yang mengalami *overload*, yang ditunjukkan pada Tabel 3.

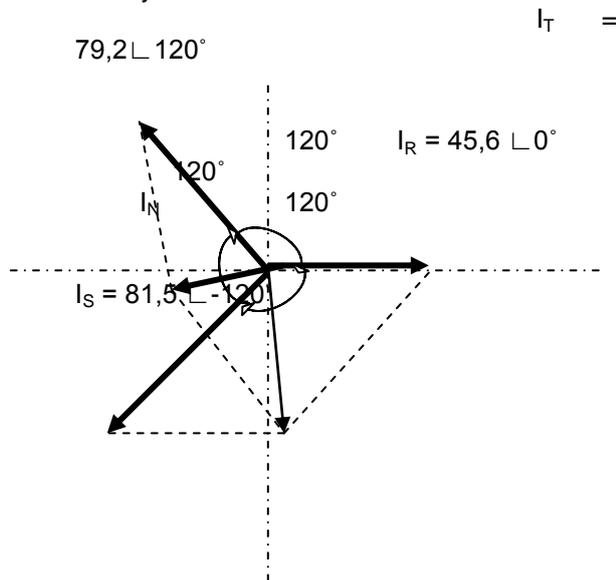
Tabel 3
Beban-beban *Regrouping* yang Mengalami *Overload*

No	Beban	Kelebihan Cadangan (%)
1	Ruang 12	-47,7
2	Paviliun (lama) - OBG	-13,8
3	IRD	-11,6

Pada Tabel 3, pada ketiga beban tersebut setelah dilakukan *regrouping* masih mengalami kelebihan pembebanan lebih dari 80% KHA yang sebelumnya ada empat beban memiliki kelebihan pembebanan (sebelum *regrouping*). Sehingga untuk kedepan jika ada penambahan beban pada beban-beban ini perlu dilakukan penggantian penghantar KHA yang lebih besar. Penggantian penghantar juga harus diikuti penggantian pengaman, seperti MCB dan sekering baru yang sesuai.

Arus Balik pada Kawat Netral (I_N)

Akibat adanya ketidakseimbangan beban, maka pada kawat netral akan mengalir arus yang dinamakan arus balik. Pada RSUD Dr. Saiful Anwar Malang terjadi pembebanan yang tidak merata terutama pada beban kelompok beban I. Sedangkan pada kelompok beban II, arus yang mengalir pada masing-masing fasanya relatif seimbang karena perbedaan nilai antar fasanya kecil.



Gambar 5 Diagram fasor beban IRD

Pada Gambar 5, menunjukkan diagram fasor pada beban IRD. Beda fasa diasumsikan 120° .

Dari gambar tersebut dapat dicari arus netralnya, yaitu dengan rumus

$$I_N = I_R + I_S + I_T \quad (8)$$

dimana,

$$I_R = 45,6 \angle 0^\circ \text{ A}$$

$$= 45,6 + j 0$$

$$I_S = 81,5 \angle -120^\circ \text{ A}$$

$$= -40,75 - j 70,58$$

$$I_T = 79,2 \angle 120^\circ \text{ A}$$

$$= -39,6 + j 68,59$$

Sehingga arus netral yang mengalir pada beban IRD adalah

$$I_N = (45,6 + j 0) + (-40,75 - j 70,58)$$

$$+ (-39,6 + j 68,59)$$

$$= -34,75 - j 1,99$$

$$= 34,81 \angle -176,72^\circ$$

Besar dari arus netral (I_N) adalah 34,81 A.

Selanjutnya dapat dihitung faktor ketidakseimbangan beban (F_K) yang diukur terhadap nilai arus rata-ratanya. Faktor ketidakseimbangan beban (F_K) untuk IRD dengan arus rata-rata sama dengan 68,8 A dapat dihitung, yaitu

$$F_K = \frac{I_N}{I_{Rata-rata}} \times 100\% \quad (9)$$

$$= \frac{34,81 \text{ A}}{68,8 \text{ A}} \times 100\% = 50,6\%$$

Dengan menggunakan analogi perhitungan yang sama didapatkan arus kawat netral (I_N) dan faktor ketidakseimbangan beban (F_K) pada beban lain yang ditunjukkan pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4

Arus Kawat Netral dan Faktor Ketidakseimbangan pada Kelompok Beban I

No	Beban	I_N (A)	I_{rata} (A)	F_K (%)
1	Kamar Mayat - IRNA I	49,99	41,8	119,4
2	Ruang 12	44,06	58,5	75,3
3	Ins Rawat Darurat (IRD)	34,81	68,8	50,6
4	Ruang OK (penerangan)	38,53	49,9	77,2
5	Gedung I B	33,73	27,3	123,6
6	Ruang 12 (bawah)	30,41	31,7	95,9
7	CSSD	28,71	65	44,2
8	Poli - WB	23,58	49,5	47,6
9	Ruang (20,21), Ruang Kuliah	21,79	28,3	76,9
10	Haemodialisa	20,19	49,4	40,9
11	Radiologi - Informasi	19,52	41,2	46,6
12	Ruang OK (AC)	17,88	58,4	30,6
13	VRT - IPS	16,53	29,4	56,2
14	Paviliun (lama) - OBG	12,83	69,4	18,5
15	Ketel	6	45,2	13,3
16	Ruang 12 (atas) - Anastesi	5,57	24,2	23
17	IPAL	2,57	28,9	8,9
18	Dapur	0,35	22,3	1,6
19	Pompa	0,27	41,3	0,7
20	Ruang OK (lama) - AC Samping	0	20	0
21	Laundry	0	25	0
TOTAL		407,32	875,5	45,3

Tabel 5

Arus Kawat Netral dan Faktor Ketidakseimbangan pada Kelompok Beban II

No	Beban	I_N (A)	I_{rata} (A)	F_K (%)
1	Ruang CVCU (Jantung)	6,16	31,2	19,7
2	Radiologi (Penerangan)	4,63	51,6	8,9
3	Paviliun (Baru)	4,06	91,3	4,5

4	Radiologi (Alat)	2,78	42,9	6,5
5	Ruang MRI	2,18	31,8	6,9
6	Ruang Cobalt	0	20	0
TOTAL		19,81	268,8	7,8

beban Pompa yang memiliki F_K sebesar 0,7%. Sedangkan untuk Ruang OK (lama) dan Laundry, tidak ada arus netral yang mengalir karena beban masing fasa sudah seimbang.

Berdasarkan Tabel 5, dari keseluruhan beban kelompok II, faktor ketidakseimbangan (F_K) beban rata-rata masih dibawah 20%, yaitu F_K terbesar 19,7% pada ruang CVCU (jantung) yang memiliki arus 6,16 A. Sedangkan arus netral paling kecil sebesar 2,18 A terjadi pada ruang MRI yang memiliki F_K 6,9%. Ini menandakan bahwa arus netral pada setiap beban relatif kecil.

Akibat adanya penyeimbangan beban, maka arus balik (kawat netral) tidak dialiri arus atau sama dengan nol. Hal ini bisa dibuktikan dengan menggunakan diagram fasor seperti pada pembahasan sebelumnya. Sehingga untuk rugi-rugi teknis, yaitu rugi-rugi saluran didapatkan cenderung lebih kecil dari kondisi sebelumnya karena tidak ada arus yang mengalir pada kawat netral.

Jatuh tegangan (ΔV)

Pada kondisi sekarang dan setelah beban diseimbangkan, jatuh tegangan menggunakan pendekatan perhitungan nilainya sangat kecil. Tetapi berdasarkan pengukuran jatuh tegangan yang terjadi nilainya sangat besar. Hal ini dikarenakan pada perhitungan, untuk mencari nilai resistansi hanya berdasarkan R saluran saja sehingga nilainya kecil. Sedangkan pada pengukuran, nilai R sangat besar karena terjadi *lose contact*. Banyaknya penyambungan serta penyambungan kurang tepat juga dapat mempengaruhi jatuh tegangan, sehingga perlu dilakukan *maintenance* yang tepat agar dapat mengurangi jatuh tegangan yang terjadi. Bisa dilakukan dengan membersihkan penyambungan-penyambungan antar penghantar, mengencangkan kembali sambungan-sambungan.

Rugi saluran (P_{RS})

Rugi-rugi tersebut (P_{RS}) merupakan rugi akibat energi listrik yang tak

dimanfaatkan karena didisipasikan menjadi panas. Untuk itu terlebih dahulu diketahui parameter masing-masing beban dalam perhitungannya.

Pada kondisi sekarang, rugi saluran pada masing beban sebesar 181,06 W, sedangkan pada kondisi setelah beban diseimbangkan sebesar 140,71 W. Berarti terdapat selisih 40,33 W. Dengan kondisi setelah beban diseimbangkan maka sistem akan semakin baik karena rugi saluran semakin kecil, sehingga nantinya terdapat peningkatan efisiensi saluran.

Berdasarkan nilai rugi-rugi saluran pada kondisi sekarang, dapat dihitung efisiensi saluran (η), yaitu

$$\eta = \frac{P_{OUT}}{P_{in}} = \frac{P_{OUT}}{P_{OUT} + P_{RUGI-RUGI}} \quad (10)$$

Meter pelanggan terletak pada sisi *output* trafo, sehingga rugi-rugi pada trafo diabaikan.

Pemakaian daya total pada kelompok beban I sebesar 577.866 VA dan mempunyai $\cos \phi$ sistem 0,95 terbelakang. Sehingga dapat dicari nilai daya (P), yaitu :

$$\begin{aligned} P &= S \times \cos \phi \\ (11) \quad &= 577.866 \text{ VA} \times 0,95 \\ &= 548.972,7 \text{ W} \approx 548,97 \text{ kW} \end{aligned}$$

Sedangkan pemakaian daya total kelompok beban II sebesar 177.452 VA dengan $\cos \phi$ sistem 0,98 terbelakang, sehingga nilai dayanya (P) adalah

$$\begin{aligned} P &= 177.452 \text{ VA} \times 0,98 \\ &= 173.902,96 \text{ W} \approx 173,90 \text{ kW} \end{aligned}$$

Total pemakaian daya (P_{OUT}) di RSU Dr. Saiful Anwar Malang adalah

$$\begin{aligned} P_{OUT} &= P_{\text{Kelompok Beban I}} + P_{\text{Kelompok Beban II}} \\ (12) \quad &= 548,97 \text{ kW} + 173,90 \text{ kW} \\ &= 722,87 \text{ kW} \end{aligned}$$

dimana nilai $P_{RS} = 181,06 \text{ W} \approx 0,18 \text{ kW}$ Sehingga efisiensi salurannya (η) pada kondisi sekarang adalah

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{722,87 \text{ kW}}{722,87 \text{ kW} + 0,18 \text{ kW}} \\ &= \frac{722,87 \text{ kW}}{723,05 \text{ kW}} = 99,975 \% \end{aligned}$$

Pada kondisi sekarang nilai efisiensi saluran yang didapatkan sebesar 99,975%. Hal merupakan nilai sangat baik mengingat efisiensi 80% saja sudah bagus. Namun, efisiensi ini

dihitung hanya berdasarkan rugi-rugi teknis, yaitu rugi-rugi saluran yang secara umum rugi-rugi ini memiliki nilai yang sangat kecil. Pada kenyataannya, rugi-rugi non teknis memiliki nilai yang besar sekali lebih besar dari rugi-rugi teknis, seperti halnya pola pemakaian listrik. Sehingga untuk mengetahui efisiensi energi listrik lebih tepat lagi, juga harus mengetahui rugi-rugi non teknis.

Setelah beban diseimbangkan, selanjutnya juga dicari nilai efisiensi salurannya (η), dimana

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } P_{\text{OUT}} &= 722,87 \text{ kW ;} \\ P_{\text{RS}} &= 140,71 \text{ W} \approx 0,14 \text{ kW} \\ \eta &= \frac{722,87 \text{ kW}}{722,87 \text{ kW} + 0,14 \text{ kW}} \\ &= \frac{722,87 \text{ kW}}{723,01 \text{ kW}} = 99,981 \% \end{aligned}$$

Dari nilai efisiensi saluran pada kondisi setelah beban diseimbangkan, yaitu sebesar 99,981% dan nilai efisiensi pada kondisi sekarang sebesar 99,975%. Berarti terjadi peningkatan sebesar 0,01%. Hal ini dikarenakan, nilai rugi-rugi saluran pada kondisi setelah beban diseimbangkan menjadi lebih kecil dari kondisi sekarang.

Efisiensi Energi Listrik

Untuk mencari nilai energi listrik rugi-rugi saluran (W_{RS}) diatas digunakan,

$$W_{\text{RS}} = P_{\text{RS}} \times t \quad (13)$$

Dimana t disini adalah 8760 jam (1 tahun). Dengan rumus 13, didapatkan W_{RS} sebesar 1.554.537,29 Wh \approx 1.554,54 kWh

Dengan standar yang ditetapkan PLN bahwa 1 kWh = Rp. 582, maka nilai W_{RS} bila diuangkan sebagai berikut

$$\begin{aligned} &= \text{Rp. } 582 \times 1.554,54 \text{ kWh} \\ &= \text{Rp. } 904.742,28 \end{aligned}$$

Jadi RSUD Dr. Saiful Anwar Malang akibat adanya rugi-rugi saluran, setiap tahun rugi sebesar Rp. 904.742,28.

Sedangkan pada kondisi setelah beban diseimbangkan nilai energi W_{RS} yang didapatkan sebesar 1.130.302,8 Wh \approx 1.130,30 kWh. Sehingga bila nilai ini diuangkan sebagai berikut

$$\begin{aligned} &= \text{Rp. } 582 \times 1.130,30 \text{ kWh} \\ &= \text{Rp. } 657.834,6 \end{aligned}$$

Setelah beban diseimbangkan setiap tahun, rugi yang terjadi menjadi Rp. 657.834,6. Sehingga terdapat selisih,

$$\begin{aligned} &= \text{Rp. } 904.742,28 - \text{Rp. } 657.834,6 \\ &= \text{Rp. } 246.907,68. \end{aligned}$$

dimana efisiensi (penghematan) energi listrik sebesar,

$$\begin{aligned} &= 1.554,54 \text{ kWh} - 1.130,30 \text{ kWh} \\ &= 424,24 \text{ kWh}. \end{aligned}$$

Berarti akibat adanya peningkatan efisiensi 0,01%, bisa menghemat uang sebesar Rp. 246.907,68, dengan nilai efisiensi energi listrik sebesar 424,24 kWh.

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Tingkat pembebanan masing-masing penghantar fasa secara umum sudah melampaui 80% KHA dan bahkan 100% KHA. Sehingga dengan kondisi sekarang banyak terjadi pembebanan yang sangat tidak merata, seperti pada beban Kamar Mayat-IRNA I yang memiliki Δ_{rata} paling besar. Akibat adanya ketidakseimbangan berat seperti pada beban ini maka akan rugi saluran akan memiliki nilai yang besar karena pada kawat netral mengalir arus, sehingga akan mengakibatkan penurunan nilai efisiensi. Untuk efisiensi pada kondisi sekarang sebesar 99,975%. Efisiensi ini dicari berdasarkan nilai perhitungan, sedangkan pada kondisi sesungguhnya efisiensi yang terjadi sebesar 98,348%. Penurunan nilai efisiensi ini disebabkan karena rugi-rugi saluran pada kondisi sesungguhnya memiliki nilai lebih besar daripada rugi-rugi saluran menggunakan perhitungan. Nilai-nilai efisiensi ini sangat besar, karena rugi-rugi yang dicari adalah rugi teknis saja, yaitu rugi-rugi saluran dan tidak memperhitungkan rugi teknis lainnya seperti *lose contact* ataupun rugi non teknis, yaitu pola pemakaian listrik.
2. Setelah dilakukan *regrouping* (pemindahan catu daya) dan penyeimbangan beban, terjadi pembebanan yang lebih merata khususnya pada beban yang memiliki Δ_{rata} paling besar, yaitu Kamar-Mayat-IRNA I. Namun, setelah *diregrouping* masih terdapat beban yang penghantar fasanya melampaui 80% KHA, seperti pada beban IRD. Pada kondisi setelah beban diseimbangkan didapatkan efisiensi

sebesar 99,981%. Berarti terjadi kenaikan nilai efisiensi sebesar 0,01% dari efisiensi sebelumnya, yaitu sebesar 99,975%. Dengan peningkatan efisiensi secara teknis sebesar 0,01% ini didapatkan efisiensi energi listrik sebesar 424,24 kWh.

Saran-saran

Dalam menganalisis ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu

1. Di dalam meningkatkan efisiensi energi listrik hanya digunakan rugi-rugi teknis, yaitu rugi saluran saja. Sehingga untuk kedepan perlu dilakukan studi yang baru tentang perhitungan rugi-rugi teknis lainnya seperti *lose contact* serta rugi non teknis yang terkait dengan pola pemakaian listrik
2. *Maintenance* dalam sistem tenaga listrik perlu lebih diperhatikan lagi, dikarenakan jatuh tegangan pada sisi beban memiliki nilai yang sangat besar.

Daftar Pustaka

- Addison-Wesley. 1991. *Principles of Power Electronics*.
- England Electric. 1992. *Power Quality and Sensitive Electronic Equipment*.
- Hutauruk T.S, Prof.Ir.M.Sc.1985. *Transmisi Daya Listrik*. Erlangga. Jakarta.
- Ibrahim, H.D, Ir.M.Sc,C.Eng,MIEE. 2004. *Seminar Losses Energi*. Yogyakarta.
- Mohan. 1994. *Power Electronics Converters, Applications and Design*.
- Syariffuddin, Ir.M.Eng. 2001. *Fenomena Voltage Sags dan Pengaruhnya Pada Peralatan Industri*.
- PUIL. 1987. *Peraturan Umum Instalasi Listrik*.
- W.D. Stevensen, Jr. *Analisis Sistem Tenaga Listrik*. Erlangga. Jakarta.
- Zuhal.1991. *Dasar Tenaga Listrik*. ITB. Bandung.

Rancang Bangun Alat Pengendali Elektronik Pakai IC 4013 Dengan Menggunakan Media Hand Phone

Mochamad Siswanto¹, Lukman Julianto², Susilo³.

¹Mahasiswa Teknik Elektro Unisma

²Dosen Teknik Elektro Unisma

³Dosen POLINEMA

Abstraksi

Alat ini merupakan gabungan dari pada kecanggihan teknologi handphone dan mikrokontroler menjadi sebuah alat pengontrol peralatan elektronik jarak jauh sebagai salah satu hasil yang mempunyai manfaat dalam perkembangan sistem pengontrolan dalam dunia elektro. Memberikan tambahan jenis pilihan kepada masyarakat untuk memilih jenis pengontrol peralatan elektronik atau instalasi listrik yang mempunyai kelebihan dalam hal jarak pengontrolannya. Menanggulangi permasalahan dalam hal pengontrolan instalasi listrik suatu tempat yangmana pengontrolannya diinginkan bisa dilakukan dari jarak jauh mengingat si pengontrol mempunyai kendala waktu jika harus mendatangi objek pengontrolan untuk melakukan pengontrolan.

Keyword: IC 4013, Hand Phone.

PENDAHULUAN

Dunia teknik kontrol di mata orang awam dianggap sebagai dunia ajaib, canggih, serba otomatis, yang berkesan mewah, dan mahal. Anggapan seperti itu tidak semuanya benar, apalagi dianggap sebagai barang mewah dan mahal. Dunia yang satu ini bukanlah lagi dianggap sebagai sesuatu yang mewah. Hampir semua barang-barang elektronik di rumah tangga telah dilengkapi dengan suatu sistem yang di dalamnya terdapat suatu chip yang dinamakan mikrokontroler. Mulai dari telepon, air-conditioner, vcd dan dvd player, televisi, peralatan audio, peralatan games, hingga peralatan listrik dsb. Semuanya telah menggunakan chip mikrokontroller yang berfungsi untuk mengatur peralatan-peralatan elektronik tersebut agar dapat bekerja secara otomatis sesuai yang kita inginkan.

Mikrokontroler bukanlah komponen yang asing saat ini. Harganya pun tidak terlalu mahal. Selain peralatan elektronik rumah-tangga seperti yang disebutkan di atas, mikrokontroler telah menjadi motivator bagi industri dan kalangan praktisi untuk membuat sistem-sistem elektronika profesional. Munculnya kebutuhan akan kontroler yang serbaguna, relatif murah ,

dan mudah dalam instalasi telah mendorong pengembangan sistem kendali yang dapat diprogram. Suatu perangkat standar yang dibuat berdasarkan hardware CPU dan memori untuk mengendalikan mesin ataupun proses. Pada awalnya ini dimaksudkan untuk menggantikan relay hardware dan timer yang banyak ditemukan pada kontrol panel konvensional.

Dengan melihat perkembangan teknologi handphone yang sangat pesat pada masyarakat saat ini, maka penulis berusaha untuk mengaplikasikan teknologi handphone dengan mikrokontroler. Hal ini diharapkan akan membantu masyarakat atau konsumen handphone agar bisa lebih memanfaatkan teknologi yang digunakannya. Kemudian dengan melihat kondisi pengontrolan instalasi listrik dalam kehidupan masyarakat saat ini yang masih tergolong konvensional yaitu relatif hanya menggunakan prinsip pengontrolan jarak dekat atau bisa dikatakan prinsip pengontrolan yang belum mampu dilakukan dalam jarak jauh, maka hal inilah yang membuat penulis tertantang untuk membuat sebuah alat pengontrol instalasi listrik yang prinsip pengontrolannya bisa dilakukan dari jarak jauh dengan

harapan dapat memudahkan masyarakat luas yang sekarang sebagian hidup dalam kehidupan super sibuk yang biasanya mempunyai kendala-kendala waktu dan jarak dalam hal sistem pengontrolan instalasi listrik baik rumah tinggalnya, kantornya, maupun tempat-tempat lainnya yang memerlukan pengontrolan.

Dengan melihat hal-hal di atas, penulis mencoba menggabungkan teknologi-teknologi tersebut yaitu mikrokontroler, handphone, serta pengontrol jarak jauh menjadi sebuah alat pengendali elektronik.

Beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam perencanaan alat pengendali peralatan listrik jarak jauh ini, dengan menggunakan media Hand Phone antara lain :

1. keamanan,
2. kemudahan dalam pengerjaan, pemeliharaan, dan perbaikan,
3. keandalan, handal dalam pengontrolan untuk menghindari gangguan atau kerusakan pada batas normal,
4. ekonomis dalam perencanaan, pemasangan, dan pengoperasian,
5. keindahan (estetika) dalam perencanaan sebuah peralatan.

Sebuah alat pengendali atau pengontrol peralatan listrik merupakan sebuah alat yang sangat penting dibuat, karena alat ini sebagai tolok ukur bekerja atau tidaknya sebuah peralatan listrik. Sebagus atau secanggih apapun peralatan listrik kita, kalau alat pengontrolnya biasa saja? Maka orang sudah menganggap hal yang biasa saja. Tetapi halnya kalau alat pengendali atau pengontrol peralatan listrik kita sudah kelihatan canggih, maka sedikit banyak orang akan memperhatikan peralatan kita, setidaknya dapat simpatik dari orang lain.

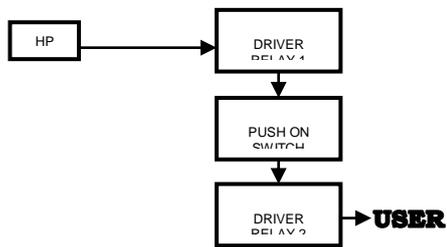
Peralatan yang akan kami rancang ini, mudah-mudahan dapat bermanfaat khususnya bagi kami sendiri dan umumnya bagi orang lain yang memerlukannya. Selain itu juga kami mencoba membantu dalam pembuatan alat pengaman sepeda motor jarak jauh dengan media Hand Phone. Karena alat ini selain bisa digunakan pengendali

atau pengontrol peralatan listrik, alat ini juga dapat dipergunakan sebagai alat pengaman sepeda motor, karena alat ini pada prinsipnya menggunakan sistem relay (switching) saja dan aplikasinya dapat dipergunakan di peralatan apa saja yang kita butuhkan.

Dalam merancang sebuah rangkaian alat pengendali elektronik yang berbasis pada IC 4013 ini, hal – hal yang perlu di perhatikan adalah sebagai berikut :

1. Tersedianya media hand phone sebagai basis utama penggerak pada rangkaian relay driver 1, yang mana led pada key pad hand phone sewaktu menyala akan memberikan trigger sebuah relay yang melalui dua buah transistor berjenis $n - p - n$ (9012 dan TIP 42).
2. Pemilihan komponen elektronika yang bagus dan berkualitas, demi kesempurnaan alat pengendali elektronik ini.
3. Pemilihan atau kesesuaian sebuah relay yang akan digunakan dengan tegangan yang dibutuhkan.
4. Harus tersedianya sumber tegangan (power supply) yang benar-benar stabil, maka dari itu pada rangkaian Push ON/OFF switch kami lengkapi dengan IC LM 7805.
5. Rangkaian Relay Driver 1, digunakan sebagai trigger atau pemberi sinyal kepada rangkaian Push ON/OFF Switch yang berbasis pada IC type CD 4013 BE.
6. Rangkaian Push ON/OFF switch ini bekerja pada saat diberikan trigger dari rangkaian relay driver 1 dan rangkaian ini yang nantinya akan mentrigger rangkaian relay driver 2 serta selanjutnya menghidupkan atau mematikan peralatan elektronik yang digunakan sebagai contoh.

Blok Diagram Rangkaian



Gambar 1: Blok Diagram Rangkaian Pengendali Elektronik
Sumber : Perancangan

Blok rangkaian di atas menggunakan media hand phone, usahakan nomor pada hand phone hanya kita yang mengetahui, serta rubah nomor pada sms centernya supaya tak ada sms yang masuk. Karena kalau sampai sms masuk maka peralatan pengendali ini akan bekerja. Karena hand phone di sini berfungsi sebagai penggerak utama untuk mengaktifkan relay driver pertama. Yang mana ketika kita miss call, sms (sourth message service) led pada key pad hand phone akan menyala, dan kemudian akan mentrigger transistor pertama yakni type 9012 hasil dari kopling (penggerak) kapasitor 47 μ F. Kemudian hasil dari transistor 9012, sinyal langsung diberikan kepada transistor TIP 42 melalui kaki basis, dari transistor inilah yang mentrigger relay pertama untuk dilanjutkan pada rangkaian push ON/OFF switch.

Rangkaian Push ON/OFF Switch disini bekerja karena adanya trigger dari relay driver 1 pada IC mikrokontroller CD 4013 BE, sebagai indicator bekerja dan tidaknya dilengkapi dengan sebuah led yang akan bekeja bila adanya tigger dari luar. Rangkaian ini sangat menentukan bekerja atau tidaknya alat pengendali elektronik ini, maka dari itu pada rangkaian ini haruslah lebih hati-hati baik dalam perancangan maupun pembuatannya nanti, terutama pada IC kontrollernya jangan sampai terlalu panas dalam teknik penyoderannya karena IC ini bekerja pada suhu ± 80 $^{\circ}$ C.

Komponen dan Rangkaian Yang Digunakan

Dalam pembuatan alat pengendali elektronik ini, Rangkaian / komponen yang dibutuhkan meliputi : *Hand Phone sebagai media utama, Relay driver 1, Push ON/OFF switch dan Relay driver 2.*

Hand Phone Penerima

Handphone atau telephone genggam adalah sebuah perangkat telekomunikasi elektronik yang mempunyai kemmpauan drier yang lama dengan telephone fixed line sehingga konvensional namun daft dibawa kemana mans (portable) den tidak perlu disambungkan dengan jaringan telephone menggunakan kabel (nirkabel, wireless).

Handphone mempunyai banyak fungsi, disamping untuk komunikasi,internet, photo dan dapat juga dapat dipergunakan sebagai alai pengendali peralatan elektronik jarak jauh. Alat pengendali jarak jauh yang menggunakan basis utama sebuah handphone ini diperkhususkan bagi kita yang sibuk dan suka bepergian dengan adanya alat mi kita tidak usah kuatir untuk menghidpkan atau mnelnatikan sebuah peralatan elektronik yang kita punyai karena dapat kita kendalikan walaupun degan jarak jauh.

Rangkaian Relay Driver 1

Rangkaian ini berfungsi untuk menggerakkan sinyal analog (tegangan listrik) dari led vibrator handphone penerima kepada mngkaiian Push ON/OFF, karena pada rangkaian ini terdapat relay yang akan menjadi nonnally close atau dengan kata lain relay dalam keadaan tertutup ketika relay ini mendapat trigger dari led vibrator handphone penerima. Dalam keadaan inilah sinyal analog diteruskan ke n3ngkaiian berikutnya yakni pada rangkaian Push ON/OFF yang berbasis pada IC CD 4013 BE.

Rangkaian Push ON/OFF Switch

Rangkaian ini akan bekerja apabila mendapat trigger dari rangkaian relay driver 1. Pada waktu rangkaian ini mendapat trigger pertama maka IC

4013 bekerja dan mengaktifkan atau menyalakan rangkaian relay driver 2. Setelah rangkaian ini bekerja dan sudah dapat mengaktifkan atau menyalakan peralatan elektronik kita, maka tunggulah beberapa saat sampai led vibrator handphone penerima dalam keadaan mati, setelah kita hubungi pertama kali tadi.

Untuk mematikan peralatan elektronik yang kita nyalakan tadi, maka hubungi lagi handphone penerima. Maka sinyal analog dari relay driver 1 langsung memberikan trigger pada IC 4013 atau pada rangkaian push on/off switch untuk diteruskan pada rangkaian relay driver 2 yang akan menjadikan relay driver 2 normally open atau keadaan terbuka dan memutuskan tegangan pada peralatan elektronik kita.

Rangkaian Relay Driver 2

Pada rangkaian ini fungsinya sama persis pada rangkaian relay driver 1, hanya saja dari rangkaian ini langsung diteruskan pada user (peralatan elektronik yang ingin kita kendalikan).

PEMBAHASAN

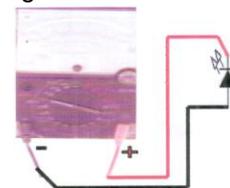
Untuk pengujian pada alat ini meliputi; tegangan pada vibrator handphone penerima, rangkaian relay driver 1 beserta komponen yang digunakan, rangkaian push ON/OFF beserta komponen yang digunakan, rangkaian relay driver 2 beserta komponen yang digunakan. Pengecekan alat dilakukan secara perbagian dan diusahakan dilakukan mulai dari tegangan keluaran pada led vibrator handphone sampai pada rangkaian akhir. Hal ini dimaksudkan agar apabila terdapat kekurangan maupun kesalahan dapat segera diatasi diperbaiki.

Dalam pembuatan alat ini, hal terpenting adalah mengetahui sinyal atau trigger yang diberikan dari led vibrator handphone penerima ke rangkaian relay driver 1 dan seterusnya. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan multimeter baik analog maupun digital untuk mengetahui tegangan keluaran pada vibrator dari handphone penerima. Untuk masing masing rangkaian dan pada setiap

komponennya menghasilkan nilai tegangan yang berbeda disetiap komponen.

Pengukuran Tegangan Keluaran Led Vibrator Handphone Penerima

Pengukuran tegangan keluaran pada vibrator dan handphone penerima ini dilakukan dengan tujuan mengecek ada tidaknya tegangan yang keluar dari vibrator handphone penerima. Cara ini dapat dilakukan dengan menggunakan multimeter baik analog ataupun digital. Pastikan skala multimeter tepat pada skala Volt DC dan amati dengan cermat, berapa besar tegangan yang tertera pada jarum penunjuk pada multimeter. Untuk dapat memperjelas keterangan tersebut, lihat pada gambar 2 dibawah ini :



Led vibrator HP

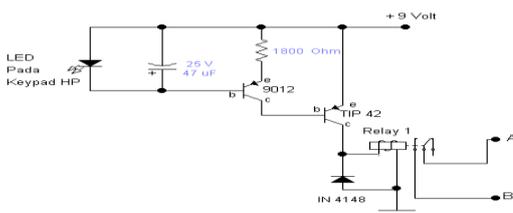
Gambar 2: Pengukuran tegangan keluaran pada led vibrator HP penerima
Sumber : Perancangan

Sesuai pada gambar diatas, skala pada multimeter kita putar pada posisi 10 Volt DC. Untuk melakukan pengukuran led vibrator Handphone penerima harus dalam keadaan ON, serta pada waktu mendapat sinyal masuk. Pada waktu bersamaan led vibrator menyala, jarum penunjuk pada multimeter menunjukkan angka 4, ini berarti tegangan keluaran pada led vibrator ini adalah sebesar 4 Volt DC. Tegangan pada vibrator handphone penerima inilah yang dijadikan sebagai trigger bagi mikrokontroler sebagai indikasi bahwa handphone penerima mendapatkan sinyal panggilan masuk dari luar. Ketika beda potensial yang dihasilkan oleh vibrator handphone penerima sebesar 4 Volt muncul, maka tegangan tersebut diberikan ke rangkaian relay driver 1.

Pengujian Rangkaian Relay Driver 1

Setelah rangkaian relay driver 1 ini mendapatkan tegangan dari led vibrator pada handphone penerima, kemudian tegangan diteruskan dan dikopling oleh kapasitor elektrolit berkapasitas 47 μF / 25 volt dan diteruskan ke transistor jenis n-p-n dengan type 9012 melalui kaki basis. Kemudian dari kaki transistor ini diteruskan kepada transistor type TIP 42 yang mana ia langsung mentrigger relay driver pertama, sehingga relay dalam keadaan normaly close. Demikian juga sebaliknya, jika rangkaian ini mendapat trigger yang kedua dan led driver keypad hand phone, maka relay akan menjadi normaly open sesuai dengan keterangan di atas.

Untuk lebih jelas dapat kita lihat pada gambar 3 di bawah ini :



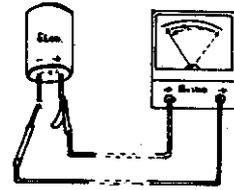
Gambar 3: Rangkaian Relay Driver 1

Sumber : Perancangan

Adapun sistem pengujian pada rangkaian relay driver 1 ini adalah sebagai berikut :

1. Pemeriksaan pada kondensator elektrolit

Kondensator elektrolit yang digunakan dalam rangkaian ini bekerja dengan tegangan rendah, oleh karena itu pemeriksaannya agak berlainan dengan elektrolit biasa yang mempunyai tegangan kerja tinggi. Untuk memeriksa elektrolit ini dapat digunakan ohm-meter ataupun multimeter dengan batas ukur $R \times 10$, $R \times 100$ atau $R \times 1000$. Batas ukur yang lebih tinggi dapat pula digunakan, akan tetapi lebih sulit dan terlalu lambat. Untuk langkah pemeriksaan dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini :



Gambar 4: Pemeriksaan pada kondensator elektrolit

Sumber : Pelajaran Elektronika – YPIP Surabaya

Keterangan :

- Hubungkan kabel pemeriksaan yang negatif dan ohm-meter dengan kutub positif elektrolit, dan gunakanlah penjepit buaya agar lebih mudah pengukurannya.
- Tekanlah colok hubung positif ohm-meter pada kutub negatif elektrolit.
- Perhatikan gerakannya jarum ohm-meter; jarum ohm-meter bergerak maksimum menuju titik nol, kemudian kembali semula dan jalannya jarum kembali ke titik nol tergantung dari pada besar kecilnya mikrofard kondensator.
- Jika jarum tak mau kembali ke titik nol, berarti kondensator tersebut telah tembus atau hubungan pendek.
- Apabila jarum pelan-pelan kembali dan hanya berhenti di tengah-tengah, maka berarti kondensator tersebut sudah bocor.

Setelah kita melakukan pemeriksaan pada kondensator, selanjutnya hal yang perlu diketahui adalah besar kapasitasnya. Adapun untuk menghitung besar kapasitas kondensator pada rangkaian relay driver 1 ini adalah sebagai berikut :

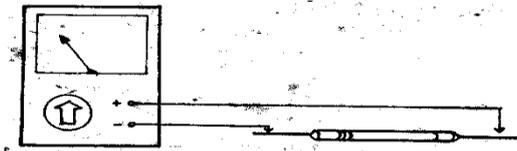
Diketahui : Muatan listrik : 47 μF dan tegangan listriknya 25 Volt.

Maka kapasitasnya adalah $C = \frac{Q}{V} =$

$$\frac{47}{25} = 1,88 \text{ coulomb.}$$

2. Pemeriksaan pada tahanan listrik (resistor)

Adapun langkah-langkah pemeriksaannya bisa dilihat pada gambar 5 berikut ini :



Gambar 5 : Pemeriksaan pada resistor
Sumber : Ketrampilan Elektronika – Marfiah Surabaya

Keterangan :

- Putarlah saklar skala hingga menunjuk ohm meter, misal 1 x
- Tempelkan pencolok + dan pencolok -
- Putar knop penyetalah titik nol ohm hingga jarum penunjuk menunjukkan pada angka 0 skala (letak titik nol ini ada di ujung kanan skala).
- Kita sudah mulai dapat mengukur tahanan
Bila jarum menunjuk angka 100, itu artinya alat yang kita ukur bertahanan 100 ohm, karena ukuran perbandingan skala yang kita gunakan = 1:1 atau 1 X nya. Kalau saklar penunjuk kita arahkan pada angka 10 X, maka bila jarum menunjuk angka 100, artinya tahanan alat tersebut = 10 x 100 ohm = 1000 ohm.

Tahanan pada rangkaian relay driver 1 ini, memiliki nilai sebesar 1800 ohm, dan dialiri tegangan sebesar 9 Volt. Untuk menghitung besar arus yang lewat pada tahanan tersebut dapat kita gunakan rumus hukum ohm yakni sebagai berikut :

(Irwan Edward. Penerapan Konsep Dasar Listrik elektronika. Erlangga. 1999)

$$I = \frac{V}{R} \dots\dots\dots 2.2$$

Diketahui : tahanan sebesar 1800 ohm dan tegangannya 9 Volt

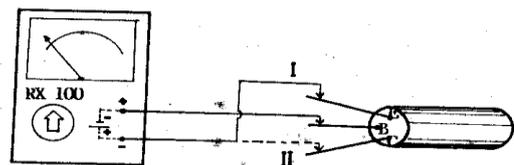
Maka besar arusnya adalah I

$$= \frac{V}{R} = \frac{9}{1800} = 0,005 \text{ A}$$

Jadi arus yang masuk ke transistor jenis n-p-n 9012 ini adalah sebesar 0,005 Ampere.

3. Menentukan jenis transistor (PNP atau NPN)

Adapun langkah-langkah untuk menentukan apakah transistor itu jenis PNP ataukah jenis NPN dapat dilihat pada gambar 6 berikut ini :



Gambar 6 : Menentukan jenis transistor
Sumber : Ketrampilan Elektronika – Marfiah Surabaya

Keterangan :

- Putarlah saklar alat ukur ohm pada posisi R x 100.
- Hubungkan basis kepada kawat positif (kawat merah) alat ukur ohm. Dengan demikian basis kita hubungkan kepada negatif baterai.
- Hubungkan emitor kepada kawat negatif (kawat hitam) alat ukur ohm.

Jadi emitor kita beri potensial negatif baterai.

Kalau alat ukur menunjukkan harga ohm kecil, maka transistor kita adalah jenis P.N.P.

Kalau alat ukur menunjukkan harga ohm besar, maka transistor kita adalah jenis N.PN.

Kesimpulan

Dari pengujian rangkaian yang telah dirancang untuk pembuatan alat pengendali peralatan elektronik yang berbasis pada IC 4013 ini, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- Alat pengendali elektronik ini dapat memudahkan seseorang untuk melakukan pengontrolan peralatan elektronik atau instalasi listrik pada suatu tempat, tidak harus mendatangi objek pengontrolan tersebut.
- Alat pengendali elektronik ini ini dapat dijadikan sebuah contoh aplikasi dari penggabungan teknologi handphone dan

mikrokontroler yang dapat dikembangkan dengan arti tidak hanya terbatas pada pengontrolan instalasi listrik ataupun peralatan elektronik saja, tetapi bisa juga dibuat dengan jenis pengontrolan-pengontrolan lainnya.

3. Alat pengendali elektronik ini sangat cocok digunakan pada sebuah instalasi listrik atau peralatan elektronik suatu tempat yang mana pengontrolannya kita inginkan bisa dilakukan dari jarak jauh mengingat si pengontrol mempunyai kendala waktu jika harus mendatangi objek pengontrolan.

Saran

Didalam pembuatan alat pengendali elektronik yang berbasis pada IC 4013 ini masih banyak kekurangan yang perlu diperbaiki untuk mendapatkan hasil yang maksimal sebagai alat pengendali atau pengontrol yang sempurna.

Ada beberapa bagian yang perlu dilakukan penyempurnaan antara lain :

1. Masih memerlukan handphone satu lagi yang akan digunakan sebagai media transmitter.
2. Pembuatan rangkaian, pemilihan komponen dan penyolderan pada PCB harus lebih baik sehingga dapat menghasilkan peralatan yang bagus pula.

Pengemasan rangkaian pada box supaya dapat menghasilkan tampilan yang lebih menarik.

STUDI ANALISA PERUBAHAN SUDUT DAYA DAN EFEK-EFEKNYA TERHADAP SINKRONISASI GENERATOR 3Ø

Raya Ariandy

Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Islam Malang
Jalan Mayjen Haryono 193 Malang

Abstrak

Kebutuhan manusia pada energi listrik semakin meningkat, hal ini disebabkan energi listrik merupakan energi yang sangat mudah digunakan untuk memenuhi berbagai kebutuhan manusia. Energi listrik memiliki beberapa kelebihan, antara lain lebih mudah dikonversikan sesuai kebutuhan dan mudah disalurkan dari satu tempat ke tempat yang lain yang relatif jauh.

Kelistrikan memegang peranan penting di dalam kehidupan kita, baik dalam bidang industri maupun rumah tangga. Unjuk kerja sebuah generator sangat dipengaruhi oleh perubahan sudut daya. Hal ini diakibatkan faktor daya beban, baik dalam kondisi tertinggal (*lagging*) maupun pada kondisi mendahului (*leading*). Dengan faktor daya 0,8 didapatkan hasil untuk kondisi tertinggal = 595,98 Volt. Untuk kondisi mendahului = 590,69 Volt. Sinkronisasi generator dapat menghasilkan daya output yang maksimal dengan mengubah sudut daya generator dengan cara pengaturan penguatan medan. Dengan menggunakan faktor daya yang berbeda didapatkan hasil generator 1 dan 2 menggunakan faktor daya $\cos 0,8$. $P_{maks} = 54388092 \text{ Watt}$ dan $T_{maks} = 1039263 \text{ Newton meter}$. Generator 1 dan 2 menggunakan faktor daya $\cos 0,8$ dan $0,6$. $P_{maks} = 54385142 \text{ Watt}$ dan $T_{maks} = 1039207 \text{ Newton meter}$.

Daya output aktif per phase akan maksimum jika $\delta = 90^\circ$ atau Generator 1 dan 2 menggunakan faktor daya $\cos 0,8$. Generator 1 dan 2 menggunakan faktor daya $\cos 0,8$ dan $0,6$.

Keyword: Generator, perubahan sudut daya

PENDAHULUAN

Kebutuhan manusia pada energi listrik semakin meningkat, hal ini disebabkan energi listrik merupakan energi yang sangat mudah digunakan untuk memenuhi berbagai kebutuhan manusia. Energi listrik memiliki beberapa kelebihan, antara lain lebih mudah dikonversikan sesuai kebutuhan dan mudah disalurkan dari satu tempat ke tempat yang lain, yang relatif jauh.

Kelistrikan memegang peranan penting di dalam kehidupan kita, baik dalam bidang industri maupun rumah tangga. Kebutuhan akan listrik semakin lama semakin besar dan dengan bertambahnya kebutuhan listrik maka diperlukan pembangkit lain untuk menambah energi. Salah satu sistem peralatan yang digunakan adalah mesin generator.

Mesin generator yang umum digunakan adalah mesin generator tegangan AC, di mana penggerak utamanya bisa berjenis mesin turbin, mesin diesel atau mesin baling-baling. Dalam pengoperasian pembangkit listrik dengan generator, karena faktor keandalan dan fluktuasi jumlah beban, maka disediakan dua atau lebih generator yang dioperasikan dengan tugas terus-menerus, cadangan dan bergiliran untuk generator-generator tersebut.

Penyediaan generator tunggal untuk pengoperasian terus menerus adalah suatu hal yang riskan, kecuali bila bergilir dengan sumber PLN atau peralatan UPS. Untuk memenuhi peningkatan beban listrik maka generator-generator tersebut dioperasikan secara paralel antar generator atau paralel generator dengan sumber pasokan lain yang lebih besar misalnya dari PLN.

Generator adalah suatu mesin yang mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik. Tenaga mekanik di sini digunakan untuk memutar kumparan kawat penghantar dalam medan magnet ataupun sebaliknya memutar magnet diantara kumparan kawat penghantar. Tenaga mekanik dapat berasal dari tenaga panas, tenaga potensial air, motor diesel, motor bensin bahkan ada yang berasal dari motor listrik.

Tenaga listrik yang dihasilkan oleh generator tersebut dapat arus searah atau arus bolak-balik, hal ini tergantung dari susunan generator (konstruksi) dan sistem pengambilan arusnya. Oleh sebab itu ada 2 macam generator yaitu:

1. Generator arus searah
Generator arus searah adalah suatu mesin pengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik arus searah.
2. Generator arus bolak-balik
Generator arus bolak-balik adalah suatu mesin pengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik arus bolak-balik.

Generator Arus Bolak-balik

Berdasarkan beberapa penulisan skripsi terdahulu dan analisa studi literatur, maka dapat diambil intisari dasar teori generator arus bolak-balik. Generator arus bolak-balik adalah suatu mesin pengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik arus bolak-balik. Generator arus bolak-balik juga disebut sebagai generator sinkron (serempak). Generator yang termasuk jenis mesin serempak (mesin sinkron) dimana frekuensi listrik yang dihasilkan sebanding dengan jumlah kutub dan putaran yang dimilikinya. Listrik yang dihasilkan adalah listrik arus bolak-balik (listrik AC). Mesin penggerak (*Prime Mover*) dapat berasal dari tenaga air, tenaga uap, mesin diesel dan sebagainya.

Generator AC banyak dijumpai pada pusat-pusat listrik (dengan kapasitas yang relatif besar), misalnya pada PLTA, PLTU, PLTD, PLTN, PLTG dan lain-lain. Di sini umumnya generator AC disebut dengan alternator atau generator saja. Selain generator AC dengan kapasitas yang relatif besar, ada juga generator AC dengan kapasitas kecil. Misalnya generator

yang dipakai untuk penerangan darurat, untuk penerangan daerah-daerah terpencil (yang belum terjangkau listrik), dan sebagainya. Generator tersebut sering disebut "*Home Light*" atau "generator set".

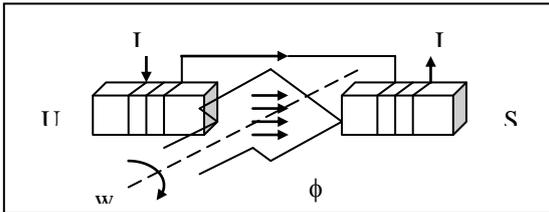
Prinsip Kerja Generator Arus Bolak-balik

Dalam suatu penghantar atau kumparan dapat dibangkitkan oleh GGL. bila penghantar tersebut berada di dalam suatu medan magnet yang mempunyai kecepatan relatif terhadapnya. Bila ujung-ujung penghantar dihubungkan beban, mengalirlah arus beban di dalam penghantar tersebut. Karena itu penghantar mempunyai peranan sebagai pembawa arus kerja, lazim disebut jangkar. Disamping jangkar, diperlukan adanya medan magnet dengan jumlah fluks tertentu yang sudah barang tentu dapat diperoleh dengan mempergunakan magnet permanen. Karena pertimbangan-pertimbangan teknis biasanya fluks yang diperlukan dibangkitkan secara elektromagnetis, yakni dengan mengalirkan arus I_m pada kumparan lain yang disebut kumparan medan dengan jumlah lilitan w yang diperlukan. Dengan demikian:

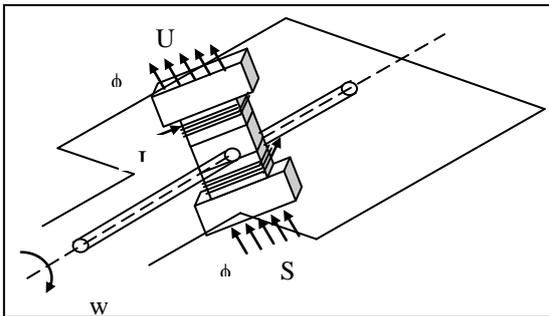
$$\phi = \frac{w I_m}{R_m} \quad (1)$$

Dimana R_m tahanan rangkaian magnetis sepanjang jalan fluks magnet. I_m karenanya disebut arus magnetisasi, untuk membedakannya dari arus kerja yang berhubungan dengan pemberian daya pada beban.

Karena harus ada bagian yang bergerak satu terhadap yang lain, generator harus mempunyai stator, yang tidak bergerak dan rotor, yang bergerak. Tergantung mana yang lebih baik untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan yang khas, penghantar dapat diletakkan pada stator, kumparan medan pada rotor atau sebaliknya, yakni kumparan medan pada stator, kumparan kerja pada rotor. Antara rotor dan stator terdapat celah udara. Dengan demikian rangkaian magnet adalah terdiri dari jalan di dalam rotor, celah udara dan stator.



Gambar 1. Kumparan kerja pada stator, kumparan medan pada rotor
 Sumber : Pengantar umum elektroteknik, Ir.A.R.Margunadi, 1986.



Gambar 2. Kemungkinan lain kumparan kerja dan kumparan medan
 Sumber : Pengantar umum elektroteknik, Ir. A. R. Margunadi, 1986.

Bagian-bagian Dari Generator Arus Bolak-balik

Bagian-bagian dari generator arus bolak-balik atau generator sinkron adalah sebagai berikut:

1. Rangka Stator
2. Stator
3. Rotor
4. Cincin Geser

Rangka Stator

Rangka stator terbuat dari besi tuang. Rangka stator merupakan rumah dari bagian-bagian generator yang lain.

Stator

Bagian ini tersusun dari plat-plat (seperti yang dipergunakan juga pada jangkar dari mesin arus searah) stator yang mempunyai alur-alur sebagai tempat meletakkan lilitan stator. Lilitan stator berfungsi sebagai tempat terjadinya GGL induksi.

Rotor

Rotor merupakan bagian yang berputar. Pada rotor terdapat kutub-kutub magnet dengan lilitannya yang dialiri arus searah, melewati cincin geser dan sikat-sikat.

Cincin Geser

Dibuat dari bahan kuningan atau tembaga yang di pasang pada poros dengan memakai bahan isolasi. Cincin geser ini berputar bersama-sama dengan poros dan rotor. Jumlah cincin geser ada dua buah yang masing-masing cincin geser dapat menggeser sikat arang yang masing-masing merupakan sikat positif dan sikat negatif, berguna untuk mengalirkan arus penguat magnet ke lilitan magnet pada rotor.

Karakteristik Generator Arus Bolak-balik

Generator diputar oleh suatu tenaga penggerak (*prime mover*) untuk menghasilkan tenaga listrik. Pada prinsipnya putaran generator adalah konstan (tetap). Demikian halnya dengan putaran generator dalam pembuatan karakteristik-karakteristik harus selalu dipertahankan agar tetap. Karakteristik-karakteristik yang penting adalah:

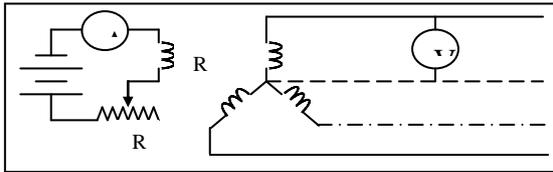
1. Karakteristik Tanpa Beban (*Not Load Characteristic*).
2. Karakteristik Berbeban (*Load Characteristic*).
3. Karakteristik Hubung-Singkat (*Short-Circuit Characteristic*).
4. Karakteristik Luar.
5. Karakteristik Pengaturan.

Karakteristik Tanpa Beban

Karakteristik tanpa beban menggambarkan hubungan antara tegangan-jepit sebagai fungsi dari arus kemagnetan dimana generator dalam keadaan tanpa beban dan putaran tetap.

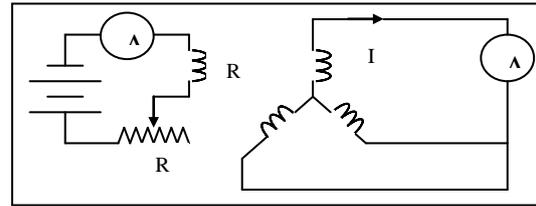
$$E_o = f(I_m), I = 0, n = \text{konstan} \quad (2)$$

Karakteristik tanpa beban dari generator diperoleh berdasarkan pengukuran tegangan tanpa beban (E_o) apabila I_m berubah dari nol sampai batas tertentu. Karakteristik tanpa beban dapat dilakukan untuk generator satu-fasa atau tiga-fasa.



Gambar 3. Rangkaian generator tanpa beban

Sumber : Mesin Sinkron, Drs. Sumanto MA, 1996.



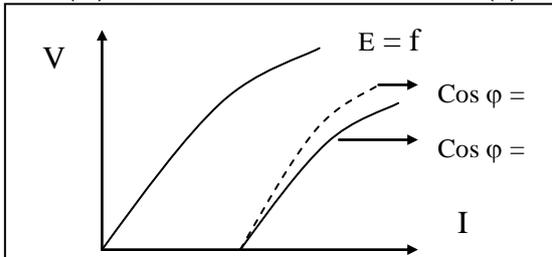
Gambar 5. Rangkaian generator hubung-singkat generator 3-fasa

Sumber : Mesin Sinkron, Drs. Sumanto MA, 1996.

Karakteristik Berbeban

Karakteristik berbeban dari suatu generator merupakan penggambaran dari hubungan antara tegangan jepit (V) sebagai fungsi arus kemagnitan (I_m), dimana beban generator tetap, dan jumlah putaran tetap.

$$V = f(I_m), Z_L = \text{konstan}, n = \text{konstan} \quad (3)$$



Gambar 4. Karakteristik berbeban

Sumber : Mesin Sinkron, Drs. Sumanto MA, 1996.

Bila $\cos \phi$ beban berubah, dengan sendirinya penggambaran karakteristik berbeban akan berubah pula. Di sini yang perlu diperhatikan adalah penggambaran karakteristik berbeban dengan $\cos \phi = 0$, dimana lengkung ini sejajar dengan lengkung tanpa beban. Lengkung berbeban akan semakin tegak bila $\cos \phi$ semakin tinggi (beban induktif).

Karakteristik Hubung-Singkat

Karakteristik hubung-singkat merupakan penggambaran dari hubungan antara arus fasa hubung-singkat (I_{sc}) sebagai fungsi arus kemagnitan (I_m), dimana dalam hal ini beban di hubung-singkat dan putaran generator tetap.

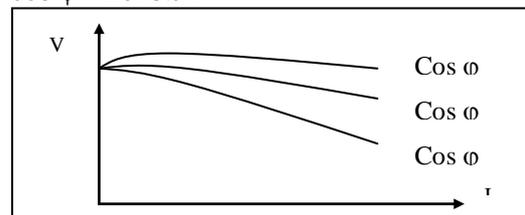
$$I_{sc} = f(I_m), \text{dimana } Z_L = 0, n = \text{konstan} \quad (4)$$

Setiap perubahan arus kemagnitan (I_m) harus juga diukur berapa besar arus fasa hubung-singkat (I_{sc}) tersebut. Grafik hubungan antara I_m dan I_{sc} merupakan garis lurus dimana arus kemagnitan diambil sampai arus fasa pada hubung-singkat 1,25 – 1,5 arus fasa beban normal.

Karakteristik Luar

Karakteristik luar dari suatu generator merupakan penggambaran dari hubungan antara tegangan jepit (V) sebagai fungsi arus beban (I) dimana arus penguat magnet (I_m) tetap, putaran tetap dan $\cos \phi$ yang tetap.

$$V = f(I), \text{dimana } I_m = \text{konstan}, n = \text{konstan}, \cos \phi = \text{konstan}$$



Gambar 6. Karakteristik luar

Sumber : Mesin Sinkron, Drs. Sumanto MA, 1996.

Karakteristik Pengaturan

Karakteristik pengaturan merupakan penggambaran dari hubungan antara arus kemagnitan (I_m) sebagai fungsi arus beban (I) pada tegangan jepit (V) tetap, jumlah putaran tetap dan $\cos \phi$ yang juga tetap.

$$I_m = f(I), \text{dimana } V = \text{konstan}, n = \text{konstan}, \cos \phi = \text{konstan} \quad (6)$$

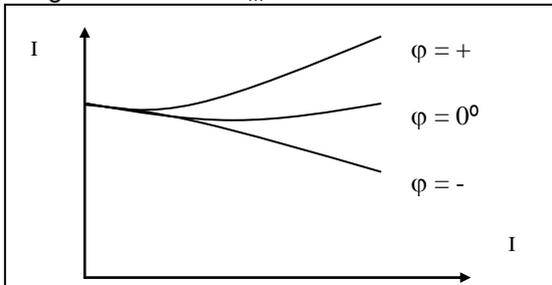
Beberapa lengkung karakteristik untuk sudut pergeseran fasa $\phi = 0^\circ$, $\phi = 90^\circ$ (pada beban induktif), sudut pergeseran fasa $\phi = -90^\circ$ (pada beban kapasitif).

Dari persamaan tegangan:

$$V = E - I_z \quad (7)$$

$$E = K n \phi \quad (8)$$

Kalau I tambah besar, V akan turun. Agar V tetap besarnya, E diperbesar dengan menambah I_m .



Gambar 7. Karakteristik pengaturan
Sumber : Mesin Sinkron, Drs. Sumanto MA, 1996.

Operasi Perubahan Sudut Daya Pada Generator

Untuk mengetahui model pengoperasian pembebanan pada generator arus bolak-balik, maka harus dapat diketahui lebih dahulu tentang optimalisasi dari masing-masing generator, yaitu:

1. Kapasitas output maksimum dan kapasitas output ekonomis.
2. Fixed heat rate dan incremental heat rate.
3. Waktu shut down minimum.
4. Output-output stabil minimum, run-up maksimum dan run-down maksimum.

Model operasi pada generator arus bolak-balik dibedakan menjadi:

1. Model operasi secara tunggal
Dalam model operasi pembebanan pada generator secara tunggal hanya digunakan satu generator utama.
2. Model operasi secara paralel
Dalam model operasi pembebanan pada generator secara paralel lebih banyak menggunakan fungsi generator yang di paralel.

Adapun yang dapat mempengaruhi model pembebanan pada generator arus bolak-balik adalah:

1. Arus sinkronisasi
2. Daya sinkronisasi
3. Torsi sinkronisasi
4. Pembagian beban secara paralel
5. Pengaruh penguatan medan

Pengaruh GGL Induksi

Menurut teori listrik, GGL induksi yang dihubungkan pada kumparan dalam medan magnet adalah:

$$E = 4,44 \cdot f \cdot \phi \cdot N \text{ (Volt)} \quad (9)$$

$$E = 2,22 \cdot f \cdot \phi \cdot 2 Z \text{ (Volt)} \quad (10)$$

Telah diketahui bahwa untuk membuat lilitan terdapat dua macam langkah, yaitu langkah penuh dan langkah diperpendek. Kedua macam langkah ini merupakan suatu faktor yang mempengaruhi besarnya GGL induksi. Faktor tersebut dinamakan faktor langkah atau f_p . Selain itu, besarnya GGL induksi juga dipengaruhi oleh banyaknya kumparan yang menyebabkan terjadinya GGL yang terdistribusi (kumparan yang bergeseran) pada tiap-tiap kutub. Faktor ini dinamakan faktor distribusi atau f_d . Jadi besarnya GGL induksi:

$$E = 4,44 \cdot f \cdot f_p \cdot f_d \cdot \phi \cdot N \text{ (Volt)} \quad (11)$$

$$E = 2,22 \cdot f \cdot f_p \cdot f_d \cdot \phi \cdot 2 Z \text{ (Volt)} \quad (12)$$

Tabel 1. Besarnya faktor langkah (f_p) untuk bermacam-macam langkah

Langkah	f_p
9 / 10	0,988
6 / 7	0,974
5 / 6	0,966
4 / 5	0,951
3 / 4	0,924
2 / 3	0,866

Sumber : Mesin Sinkron, Drs. Sumanto MA, 1996.

Pengaturan Lilitan Stator

180° listrik: busur yang terletak antara dua kutub tidak semua yang berdekatan = 180°L.

Untuk generator 2 kutub = 180°L = ½ lingkaran

Untuk generator 4 kutub = 180°L = ¼ lingkaran

Untuk generator p kutub = 180°L = 1/p lingkaran

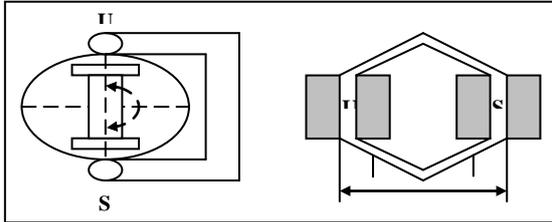
Langkah Alur (Y_G)

1. Jika langkah lilitan = 180°L, langkah ini disebut langkah penuh.

$$Y_G = \frac{G}{P} \quad (13)$$

2. Jika langkah lilitan < 180°L, langkah ini disebut langkah tidak penuh.

$$Y_G < \frac{G}{P} \quad (14)$$



Gambar 8. Langkah penuh

Sumber : *Mesin Sinkron, Drs. Sumanto MA, 1996.*

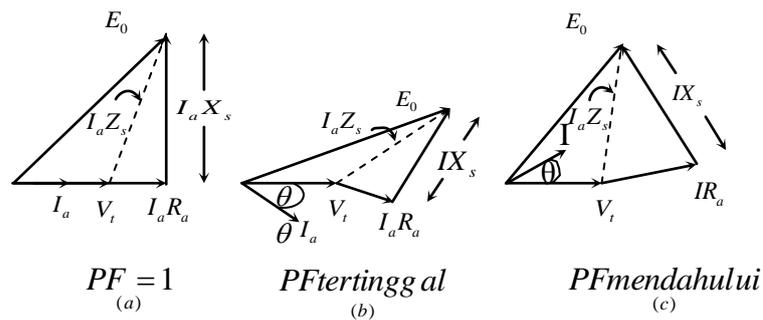
SISTEM PEMBEBANAN GENERATOR Umum

Dalam pembahasan BAB III mengenai sistem pembebanan generator akan membahas mengenai pembebanan pada kondisi lagging dan leading, pengaturan daya sinkronisasi, sistem

hubungan paralel antar generator serta sistem hubungan generator dengan busbar.

Pembebanan Pada Kondisi Tertinggal (*Lagging*) dan Pembebanan Pada Kondisi Mendahului (*Leading*)

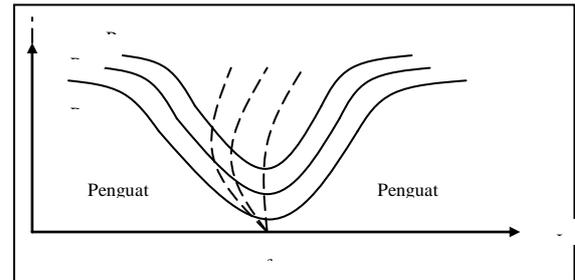
Berbagai macam beban dengan daya yang berbeda-beda dan aplikasi (penggunaan) yang berbeda pula, maka pada saat gangguan pada salah satu pembangkit mengakibatkan kekurangan daya untuk mensuplai beban listrik yang terpasang. Sehingga perlu adanya prioritas beban yaitu beban-beban produksi atau beban-beban menunjang proses produksi termasuk beban penerangan. Secara vektoris besar GGL armatur tanpa beban (E_0) pada faktor daya beban = 1, PF tertinggal dan PF mendahului terlihat pada Gambar 9.



Pengaturan Pengaruh Penguatan Medan

Diagram vektor pada gambar. menunjukkan keadaan generator sinkron untuk faktor kerja yang berbeda-beda pada keadaan beban (P) tetap. Untuk beban tetap arus jangkar yang ditarik dari jala-jala oleh generator harganya besar pada saat penguat berkurang (faktor kerja terbelakang), bertambah kecil untuk harga faktor kerja = 1,0, menjadi lebih besar lagi ketika penguatan dibuat berlebih (faktor kerja mendahului).

Hubungan antara arus jangkar (I) dengan arus penguat / arus medan (I_f) untuk suatu beban (P) yang tetap akan merupakan kurva yang berbentuk V



Gambar 10. Kurva penguatan medan berbentuk V

Sumber : *Dasar Tenaga Listrik, Zuhal, 1991.*

Pembagian Beban Pada Generator Paralel

Jumlah beban yang diterima generator yang bekerja paralel bergantung pada pengaturan kopel daya masuk pada mesin penggerak awal. Perubahan penguatan hanya akan merubah kVA yang

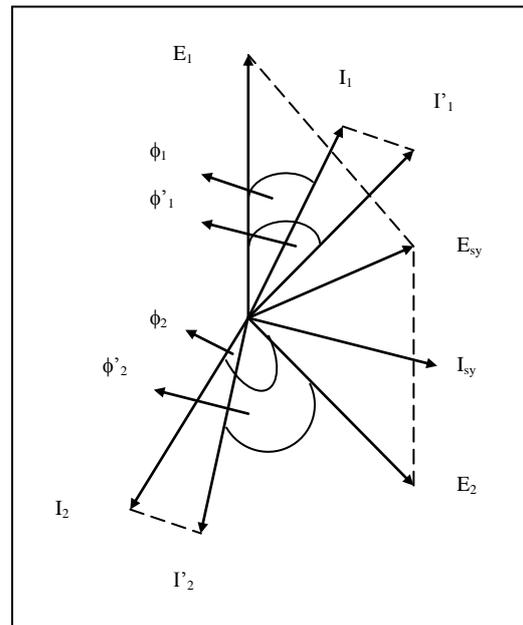
keluar dan dapat mengubah faktor kerja beban yang dibangkitkan dengan tidak mengubah kW mesin tersebut.

Pada gambar 9, I_1 dan I_2 masing-masing mempunyai faktor kerja $\cos \phi_1$ dan $\cos \phi_2$. Arus total yang disuplai beban merupakan jumlah vektor arus I_1 dan I_2 . Bila daya masuk untuk mesin penggerak awal generator 2 dinaikkan, vektor gaya gerak magnet bergeser ke kanan.

Resultan tegangan E_{sy} yang dihasilkan akan menimbulkan arus sirkulasi I_{sy} yang terbelakang hampir 90° terhadap vektor tegangan E_{sy} .

I'_2 adalah arus jangkar baru dari generator 2 yang merupakan jumlah vektor I_{sy} dan I_2 . Ternyata I'_2 lebih besar daripada I_2 dan sudut ϕ'_2 lebih kecil daripada ϕ_2 . Arus I_{sy} ini juga lewat generator 1 dan menyebabkan arus I_1 berubah menjadi I'_1 yang lebih kecil daripada I_1 , sedangkan sudut ϕ'_1 lebih besar daripada sudut ϕ_1 . Kenaikan daya masuk pada mesin penggerak awal dapat menyebabkan generator tersebut mengambil beban yang lebih besar pada faktor kerja yang berbeda. Ada beberapa hal yang perlu diingat:

1. Beban yang diambil masing-masing generator bergantung pada pengaturan kopel.
2. Penguatan hanya mengubah faktor kerja.
3. Jika daya yang masuk ke mesin penggerak awal dijaga konstan tetapi penguatan medan diubah, komponen kVA yang keluar dari generator tersebut dapat berubah sedangkan komponen kW tetap.



Gambar 11. Diagram vektor pada faktor kerja generator paralel

Sumber : Dasar Tenaga Listrik, Zuhal, 1991.

POLA KARAKTERISTIK PERUBAHAN

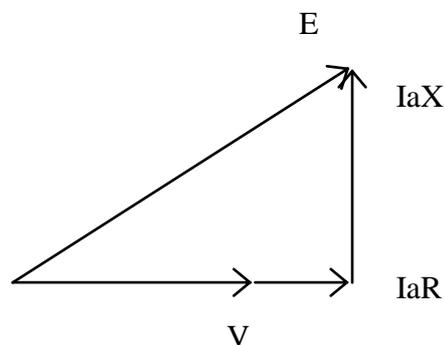
Sebagai bahan perbandingan besar tegangan yang diinduksikan pada armatur sesuai dengan persamaan 3-8 dan 3-10 adalah sebagai berikut:

Jika menggunakan Power Factor=1 maka:

$$E_a = \sqrt{(V_t + I_a R)^2 + (I_a X_L)^2}$$

$$E_a = \sqrt{(230 + 6956.5 \times 0,016)^2 + (6956.5 \times 0,07)^2}$$

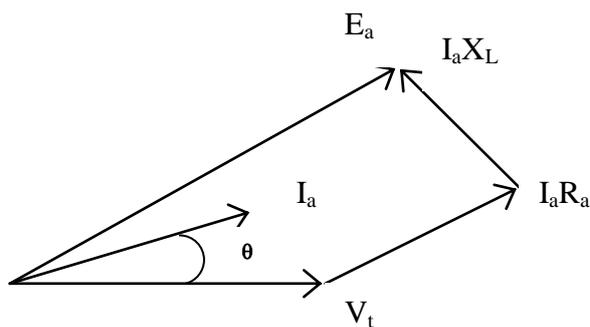
$$E_a = 593.33 \text{ Volt}$$



Gambar 12. Diagram Fasor Factor Daya 1

Sumber : Drs. Yon Rinjono, 1997, hal 103
 Jika menggunakan Power Factor=0,8 Leading maka:

$$E_a = \sqrt{(V_t \cdot \cos\theta + I_a R)^2 + (V_t \cdot \sin\theta - I_a X_L)^2}$$



PF = $\cos\theta = 0,8$ (mendahului)

Gambar 13. Diagram Fasor Factor Daya 0,8 Mendahului

Sumber : Drs. Yon Rinjono, 1997, hal 103

Perhitungan Hubungan Generator Secara Paralel

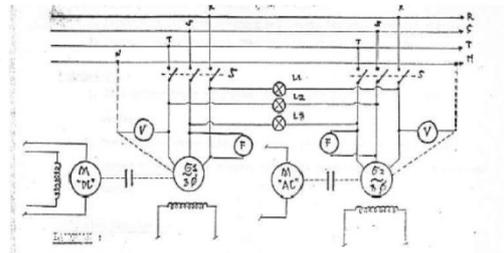
Kerja dari sebuah generator yang dihubungkan paralel dengan generator lain dengan menggunakan busbar bersama dikenal sebagai sinkronisasi generator. Untuk sinkronisasi yang baik (layak) dari generator-generator, maka kondisi berikut ini harus dipenuhi:

- (i) Tegangan terminal (efektif) yang masuk harus sama seperti tegangan busbar.
- (ii) Kecepatan yang masuk mesin harus sedemikian sehingga frekuensi generator $\left(\frac{PN}{120}\right)$ sama dengan frekuensi busbar.
- (iii) Fasa dari tegangan generator harus identik dengan fasa dari tegangan busbar.

Keadaan (i) ditunjukkan dengan voltmeter, keadaan (ii) dan (iii) adalah ditunjukkan dengan lampu-lampu yang disinkronisasikan atau sinkronoskop.

Hubungan-hubungan yang berlaku untuk generator-generator yang

disinkronkan adalah: B.M. Weedy, 1998, 243.



Gambar 14 Hubungan Penyinkronan Generator

Sumber : www.electrical education synchronizing generator.htm, diakses 4 april 2009

- E_1 = EMF dari mesin 1
- E_2 = EMF dari mesin 2
- E_n = EMF dari mesin n
- I_s = Arus yang disinkronkan atau arus beredar
- E_r = Jumlah vektor EMF E_1, E_2 dan seterusnya
- Z_s = impedansi sinkron
- θ_1 = Sudut antara I_{sh} dengan E_1
- θ_2 = Sudut antara I_{sh} dengan E_2
- θ = Sudut antara I_{sh} dengan E_r
- P_{sy} = Daya yang disinkronkan
- T_{sy} = Torsi yang disinkronkan

$$\tan \theta = \frac{X_s}{R_a} \quad 4-1$$

$$I_{sy} = \frac{E_r}{Z_s} \quad (15)$$

Daya masukan mesin 1 adalah :

$$E_1 I_{sy} \cos \theta_1$$

Daya masukan mesin 2 adalah :

$$E_2 I_{sy} \cos \theta_2$$

$$E_1 I_{sy} = E_2 I_{sy} \cos \theta + \text{rugi-rugi Cu}$$

Kalau diambil $E_1 = E_2 = E$, maka :

$$E = 2 E \cos \frac{180 - \alpha}{2}$$

$$E = 2 E \cos 90 - \frac{\alpha}{2}$$

$$E = 2 E \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$E = 2 E \frac{\alpha}{2} \text{ (untuk } \alpha \text{ kecil)}$$

$$E = E \alpha$$

$\alpha = \text{radian elektrik}$

$$I_{sy} = \frac{E_r}{Z_s} = \frac{E_r}{X_s} \text{ (jika } R_a \text{ diabaikan)}$$

$$I_{sy} = \alpha \frac{E}{X_s}$$

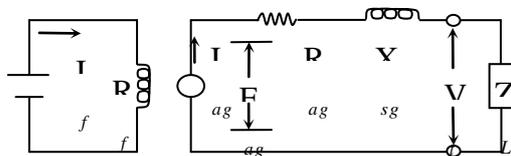
Daya yang disinkronkan (disediakan oleh mesin 1) adalah masukan harga I_{sy} pada persamaan ini, maka total daya untuk 3 fasa = $3 P_{sy}$, torsi yang disinkronkan T_{sy} , satuannya dalam Nw-m, maka kerja yang dilakukan per detik = $T_{sy} X_s 2\pi \frac{N_s}{60}$, maka

$$T_{sy} = 3 x \frac{P_{sy} x 60}{2\pi N_s}, \text{ dimana } N_s \text{ adalah}$$

$$\text{kecepatan sinkron} = \frac{120 f}{p}$$

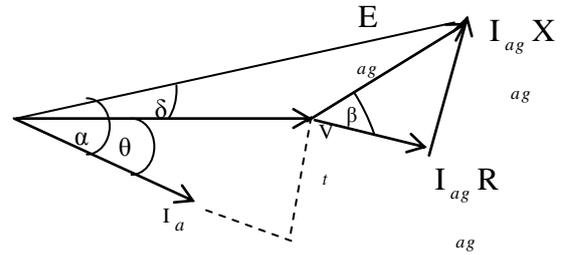
Perhitungan Sudut Daya Antar Saluran Pada Sistem Daya

Daya output generator sinkron dapat ditentukan oleh besar sudut daya generator tersebut.



Gambar 15. Rangkaian listrik generator AC
Sumber : B.M. Weedy, 1998, 245

Perhatikan bagan rangkaian listrik dan susunan vektoris dari generator sinkron untuk power faktor beban lagging pada Gambar 3.2. Drs. Yon Rinjono, 1997, hal 104



Catatan : $E_{ag} = E_0$

Gambar 16. Generator AC dengan beban pf lagging

Sumber : B.M. Weedy, 1998, 248

$$E_{ag} = I_{ag} R_{ag} + j I_{ag} X_{sg} + V_t$$

$$I_{ag} Z_{ag} = E_{ag} - V_t$$

$$I_{ag} = \frac{E_{ag} - V_t}{Z_{ag}}$$

$$I_{ag} = \frac{E_{ag} \angle \delta - V_t \angle 0}{Z_{ag}}$$

$$I_{ag} = \frac{E_{ag} \cos \delta + j E_{ag} \sin \delta - V_t}{R_{ag} + j X_{sg}}$$

$$I_{ag} = \frac{E_{ag} \cos \delta R_{ag} + E_{ag} \sin \delta X_{sg} - V_t R_{ag}}{(R_{ag})^2 + (X_{sg})^2} - \frac{V_t R_{ag}}{(R_{ag})^2 + (X_{sg})^2}$$

$$I_{ag} = j \frac{E_{ag} \cos \delta R_{ag} - E_{ag} \sin \delta X_{sg} - V_t R_{ag}}{(R_{ag})^2 + (X_{sg})^2} - j \frac{V_t R_{ag}}{(R_{ag})^2 + (X_{sg})^2}$$

Dengan demikian bagian riil dari I_{ag} adalah: B.M. Weedy, 1998, hal: 246.

$$I_{ag} = \frac{E_{ag} \cos \delta R_{ag} + E_{ag} \sin \delta X_{sg} - V_t R_{ag}}{(R_{ag})^2 + (X_{sg})^2} \quad (16)$$

Atau I_{ag} dapat juga dicari dengan bantuan

I_a dengan perhitungan sebagai berikut: B.M. Weedy, 1998, hal: 247.

$$I_a = \frac{E_a - V_t}{Z_s} = \frac{E_a \angle \delta - V_t \angle 0}{Z_s}$$

$$= \frac{E_a \angle \delta - \beta - V_t \angle -\beta}{Z_s}$$

$$= \frac{E_a \angle -(\beta - \delta) - V_t \angle -\beta}{Z_s}$$

$$I_a = \frac{E_a}{Z_s} [\cos(\beta - \delta) - j \sin(\beta - \delta)] - \frac{V_t}{Z_s} (\cos \beta - j \sin \beta)$$

$$= \left[\frac{E_a}{Z_s} \cos(\beta - \delta) - \frac{V_a}{Z_s} \cos\beta \right] - j \left[\frac{E_a}{Z_s} \sin(\beta - \delta) - \frac{V_a}{Z_s} \sin\beta \right]$$

Adapun besar daya output beban penuh per phase (P_o)/ph dari generator sinkron sambungan bintang adalah: B.M. Weedy, 1998, hal: 247.

$$P_o/ph = V_t I_L$$

Untuk generator dengan power faktor beban tertinggal, daya output per phase adalah: B.M. Weedy, 1998, hal: 248.

$$P_o/ph = V_t I_L \cos \theta - j V_t I_L \sin \theta$$

$V_t I_L \cos \theta$ disebut daya output aktif, sedangkan $V_t I_L \sin \theta$ disebut daya semu.

Daya output aktif adalah daya yang diberikan kepada beban generator. Pada daya output aktif, besar $I_L \cdot \cos \theta = I_{ag}$.

Dengan demikian besar daya output aktif dari generator sinkron adalah: B.M. Weedy, 1998, hal: 248.

$$(P_o) \text{ aktif / ph} = V_t \cdot \frac{E_{ag} \cdot \cos \delta \cdot R_{ag} + E_{ag} \cdot \sin \delta \cdot X_{sg} - V_t \cdot R_{ag}}{R_{ag}^2 + X_{sg}^2}$$

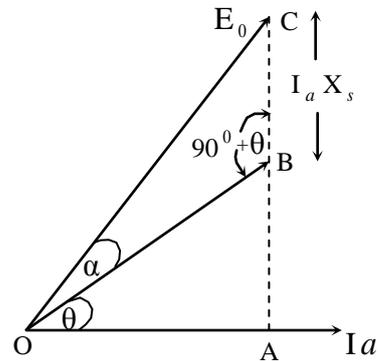
Pada R_{ag} diabaikan di dapat (untuk mesin

$$\text{besar}) (P_o) \text{ aktif / ph} = \frac{V_t E_{ag} \cdot \sin \delta}{X_{sg}}$$

Daya output aktif per phase akan maksimum jika $\delta = 90^\circ$ atau

$$[(P_o) \text{ aktif / ph}]_{maks} = \frac{V_t \cdot E_{ag}}{X_{sg}}$$

Dengan mensubstitusikan persamaan diatas ke daya output aktif per phase di dapat arus beban maksimum : B.M. Weedy, 1998, hal: 246.

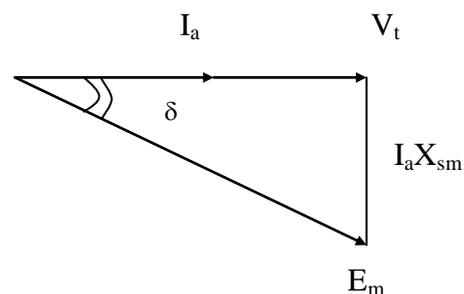


Gambar 17. Besar GGL armatur dengan R_a yang diabaikan
Sumber : B.M. Weedy, 1998, 258.

Terdapat 2 generator sinkron 3 fasa, sesuai data dari Tabel 3.1 generator 1 tegangan 230 Volt per fase, 1600 kVA, 1500 rpm, $X_m = 1,95$ Ohm per fase dan generator 2 tegangan 230 Volt per fase, 1600 kVA, 1500 rpm, $X_{sg} = 2,65$ Ohm per fase. Generator dijalankan dengan kecepatan nominal dan tegangan medan generator diatur, sehingga berputar dengan $\cos \varphi = 1,0$ pada beban penuh. Maka kopel maksimum adalah sebagai berikut; Arus nominal, sesuai dengan rumus

$$(I_a) = \frac{KVA}{V_t} = \frac{1600000}{230} = 6956.5$$

A per fasa, maka :



Dari diagram fasor (untuk $\cos \varphi = 1,0$) sesuai gambar dibawah, di dapat:

GGL induksi generator 1, rumus 3-8;

$$E_{fm} = \sqrt{V_t^2 + (I_a \times X_{sm})^2} = 14184 \text{ Volt}$$

Daya maksimum bila $\delta = 90^\circ$, dan jika E_{fm} dan V_t konstan, rumus 4-10;

$$P_{maks} = \frac{V_t \cdot E_{sm}}{X_{sm}}$$

$$= \frac{230 \times 14184}{1,95} = 1672984.6 \text{ Watt}$$

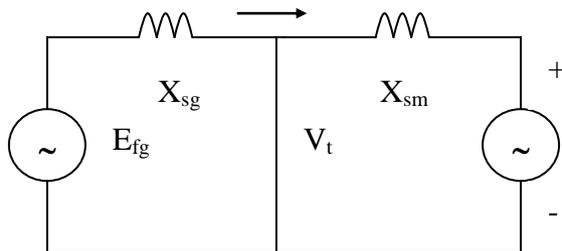
$$\text{Kecepatan sinkron} = \frac{120 \cdot f}{p} = 200 \text{ rpm}$$

Torsi maksimumnya, rumus 3-18;

$$T_{maks} = 3 \frac{P_{maks} \cdot 60}{2\pi N_s}$$

$$= 3 \frac{1672984.6 \times 60}{2\pi \times 1500} = 31967.86 \text{ Newton meter}$$

$T_{maks} = 0,738 \times 31967.86 = 23592.3 \text{ lb-ft}$
Rangkaian ekivalen seluruhnya dapat digambarkan seperti Gambar 4.8 dibawah dan diagram fasornya seperti Gambar 4.9 dibawah.



Gambar 18 Rangkaian Generator
Sumber : [www. Ujangaja's Weblog.htm](http://www.Ujangaja's Weblog.htm), diakses 4 april 2009

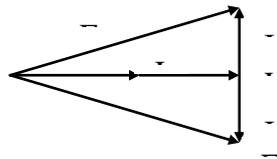
GGL induksi generator 1, rumus 3-8;

$$E_{fg} = \sqrt{V_t^2 + (I_a \cdot X_{sg})^2}$$

$$= \sqrt{52900 + 371465875}$$

$$= 19275 \text{ Volt}$$

Daya maksimum terjadi bila E_g terdahulu 90° terhadap E_{fm} , dan bila E_{fg} dan E_{fm} konstan, diagram fasornya adalah seperti Gambar dibawah dengan faktor kerja tidak sama dengan 1,0.



Gambar 19 Diagram Fasor Daya
Sumber : [www. Ujangaja's Weblog.htm](http://www.Ujangaja's Weblog.htm), diakses 4 april 2009

Maka $P_{maks} = \frac{E_{fg} \cdot E_{sm}}{X_{sg} + X_{sm}} = \frac{19275 \times 14184}{4,60} = 59434043 \text{ Watt per fasa}$

Jadi $T_{maks} = 3 \frac{P_{maks} \cdot 60}{2\pi N_s} = 3 \frac{59434043 \times 60}{2\pi \times 1500} = 1135682.35 \text{ Newton meter}$

$T_{maks} = 0,738 \times 1135682.35 = 838133.57 \text{ lb-ft}$

$I_a = \frac{E_{fm}}{\sqrt{(X_{sg} + X_{sm})^2 + E_{fg}^2}} = \frac{14184}{\sqrt{19275^2 + 14184^2}} = 23931 \text{ Volt}$

$I_a = \frac{23931}{4,60} = 5202 \text{ A}$

$\cos \alpha = \frac{E_{fm}}{I_a \cdot (X_{sg} + X_{sm})} = \frac{14184}{23929} = 0,59$

$\sin \alpha = \frac{E_{fg}}{I_a \cdot (X_{sg} + X_{sm})} = \frac{19275}{23929} = 0,8$

Maka:

$V_t = E_{fm} + I_a X_{sm}$
 $= E_{fm} - I_a X_{sm} \cos \alpha + j I_a X_{sm} \sin \alpha$
 $V_t = 14184 - 6857 + j 7496 = 7327 + j 7496$

Dan kebesarannya adalah:

$V_t = 10482 \text{ Volt (tegangan fasa)}$

Kesimpulan

- Unjuk kerja sebuah generator sangat dipengaruhi oleh perubahan sudut daya. Hal ini diakibatkan faktor daya beban, baik dalam kondisi tertinggal (*lagging*) maupun pada kondisi mendahului (*leading*). Dengan faktor daya 0,8 didapatkan hasil:
 - Untuk kondisi tertinggal = 595,98 Volt

- Untuk kondisi mendahului = 590,69 Volt
2. Sinkronisasi generator dapat menghasilkan daya output yang maksimal dengan mengubah sudut daya generator dengan cara pengaturan penguatan medan. Dengan menggunakan faktor daya yang berbeda didapatkan hasil:
- Generator1 dan 2 menggunakan factor daya Cos 0,8
 $P_{maks} = 54388092 \text{ Watt}$ dan
 $T_{maks} = 1039263 \text{ Newton meter}$
 - Generator1 dan 2 menggunakan factor daya Cos 0,8 dan 0,6
 $P_{maks} = 54385142 \text{ Watt}$ dan
 $T_{maks} = 1039207 \text{ Newton meter}$