



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS EFEK HARMONIK
PADA STATOR GENERATOR SEREMPAK**

SKRIPSI

**ARIS CAHYONO
0405030133**

**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK
JULI 2009**



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS EFEK HARMONIK
PADA STATOR GENERATOR SEREMPAK**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik

**ARIS CAHYONO
0405030133**

**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK
JULI 2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini merupakan hasil karya saya sendiri, dan semua sumber yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Aris Cahyono

NPM : 0405030133

Tanda Tangan :

Tanggal : 6 Juli 2009

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Aris Cahyono
NPM : 0405030133
Program Studi : Elektro
Judul Skripsi : Analisis Efek Harmonik Pada Stator Generator
Serempak

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Departemen Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Amien Rahardjo, MT. ()

Penguji : Ir. I Made Ardita Y., MT. ()

Penguji : Ir. Agus R. Utomo, MT. ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Juli 2009

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini merupakan salah satu mata kuliah wajib pada Departemen Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia dengan bobot 4 SKS. penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kekuatan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
2. Kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan dan doa.
3. Bapak Ir. Amien Rahardjo, MT. selaku pembimbing skripsi yang selalu meluangkan waktu untuk bimbingan skripsi ini.
4. Teman-teman departemen elektro khususnya angkatan 2005 yang selalu memberikan bantuan.
5. Seluruh keluarga besar Civitas Akademika Fakultas Teknik Universitas Indonesia khususnya karyawan sekretariat Departemen Elektro yang telah banyak memberikan bantuan dalam berbagai urusan administrasi.

Penulis menyadari bahwa dalam skripsi ini masih terdapat kekurangan dan masih jauh dari kesempurnaan, sehingga saran dan kritik yang bersifat membangun sangat penulis butuhkan.

Depok, 6 Juli 2009

Aris Cahyono

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aris Cahyono
NPM : 0405030133
Departemen : Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Analisis Efek Harmonik Pada Stator Generator Serempak

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 6 Juli 2009

yang menyatakan

(Aris Cahyono)

v

Universitas Indonesia

ABSTRAK

Nama : Aris Cahyono
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Analisis Efek Harmonik Pada Stator Generator Serempak

Perkembangan teknologi berpengaruh besar terhadap perkembangan sistem tenaga listrik. Salah satunya adalah semakin banyaknya pemakaian beban-beban non-linear pada instalasi tenaga listrik. Penggunaan beban-beban nonlinear ini menyebabkan harmonik pada gelombang arus listrik maupun tegangannya. Adanya harmonik ini akan mempengaruhi kinerja dari peralatan-peralatan listrik yang terpasang dan juga terhadap generator sebagai penyuplai daya listrik tersebut. Generator serempak merupakan jenis generator yang banyak digunakan dalam pembangkitan tenaga listrik. Adanya harmonik akan mempengaruhi kinerja generator serempak seperti halnya terjadinya pemanasan berlebih pada kumparan stator karena nilai RMS arus yang mengandung harmonik menjadi lebih besar dari arus fundamentalnya. Dengan demikian rugi-rugi yang terjadi akan semakin besar sehingga efisiensi dari generator juga akan mengalami penurunan.

Kata kunci: efek harmonik, generator serempak

ABSTRACT

Name : Aris Cahyono
Department : Electrical Engineering
Title : Analysis of Harmonic Effect on Stator of Synchronous Generator

The development of technology affect to the development on the electrical power system. One of them is the increasing of nonlinear loads on electric installation. Utilizing of nonlinear loads causes harmonic on voltage and current waves which flow on the system. Harmonics will influences performances of the installed electrical equipment, and also attached to generator as a supplier of electrical power. Synchronous generator is type of generator which most used in the generation of electricity. Harmonic will affect performances of synchronous generator such as overheating on the stator winding because of RMS current value will increase compare to the fundamental current. Thus, generator losses will greater and efficiency of the generator will also decrease.

Keywords: harmonic effect, synchronous generator

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Permasalahan	1
1.2 Tujuan Penelitian	1
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Metode Penulisan	2
1.5 Sistematika Penulisan	2
2. HARMONIK DAN GENERATOR SEREMPAK	3
2.1 Generator Serempak	3
2.1.1 Definisi	3
2.1.2 Konstruksi	3
2.1.2.1 Penguatan	3
2.1.2.2 Bentuk Rotor	5
2.1.2.3 Bentuk Stator	5
2.1.3 Prinsip Kerja Generator Serempak	7
2.1.4 Rangkaian Ekuivalen Generator Serempak	9
2.1.5 Daya dan Torsi Pada Generator Serempak	9
2.1.6 Pengaturan Tegangan Pada Generator Serempak	11
2.1 Harmonik	11
2.2.1 Definisi Harmonik	11
2.2.2 Sumber-sumber Harmonik	14
2.2.2.1 Lampu <i>fluorescent</i> dengan <i>ballast</i> elektronik	14
2.2.2.2 Tanur Busur Listrik	15
2.2.2.3 Mesin Listrik	16
2.2.2.4 <i>Electric Drive</i>	17
2.2.2.5 <i>Transformator</i>	17
2.2.3 Efek Harmonik	17
2.2.3.1 Efek Harmonik pada Transformator	18
2.2.3.2 Efek Harmonik pada Kapasitor <i>Banks</i>	18
2.2.3.3 Efek Harmonik pada Mesin Listrik	18
2.2.3.4 Efek Harmonik pada Konduktor	19
2.2.3.5 Efek Harmonik pada Peralatan Proteksi	19
2.2.3.6 Efek Harmonik pada Sistem Telekomunikasi	19

2.2.3.7 Efek Harmonik Pada Peralatan <i>Metering</i>	20
2.2.4 Cara Pengurangan Harmonik	20
2.3 Pengaruh Harmonik Pada Generator Serempak	22
2.3.1 Kenaikan Temperatur Stator	22
2.3.2 Pengaruh Terhadap Efisiensi	22
3. METODE PENGUJIAN HARMONIK PADA STATOR GENERATOR SEREMPAK	23
3.1 Spesifikasi Peralatan	23
3.1.1 Motor Arus Searah	23
3.1.2 Generator serempak	23
3.1.3 Beban-beban	24
3.1.4 <i>Hioki Power Analyzer</i>	24
3.1.5 Termometer Infra Merah	24
3.2 Prosedur Pengujian	24
3.2.1 Pengujian Menggunakan Beban Tanpa Harmonik	26
3.2.2 Pengujian Menggunakan Beban Mengandung Harmonik	26
4. DATA HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS EFEK HARMONIK PADA STATOR GENERATOR SEREMPAK	28
4.1 Data Hasil Pengujian	28
4.1.1 Pengujian Beban Tanpa Harmonik	28
4.1.2 Pengujian Beban Lampu Hemat Energi Hubung Bintang	28
4.1.3 Pengujian Beban Lampu Hemat Energi Hubung Delta	29
4.2 Analisis Efek Harmonik pada Stator Generator Serempak	29
4.2.1 Pengujian Beban Tanpa Harmonik	29
4.2.2 Pengaruh Harmonik Terhadap Temperatur Stator	31
4.2.2.1 Pengaruh THD_I	31
4.2.2.2 Pengaruh THD_V	33
4.2.3 Pengaruh Hubungan Beban	35
4.2.3.1 Beban hubung bintang	35
4.2.3.2 Beban hubung delta	39
5. KESIMPULAN	45
DAFTAR ACUAN	46
DAFTAR REFERENSI	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Generator serempak dengan penguatan generator DC "pilot exciter"	4
Gambar 2.2 Generator serempak dengan penguatan "brushless exciter system"	4
Gambar 2.3 Rotor tipe <i>salient</i>	5
Gambar 2.4 Rotor tipe <i>nonsalient</i>	5
Gambar 2.5 Belitan stator satu lapis	6
Gambar 2.6 Belitan stator berlapis ganda	6
Gambar 2.7 Grafik hubungan arus dan fluks pada rotor	8
Gambar 2.8 Grafik hubungan tegangan yang dihasilkan dengan arus rotor ...	8
Gambar 2.9 Rangkaian ekivalen per-fasa dari generator serempak	9
Gambar 2.10 Diagram aliran daya pada generator serempak	10
Gambar 2.11 Distorsi arus akibat beban non-linear	12
Gambar 2.12 Frekuensi dasar, harmonik ke-2, dan harmonik ke-3	13
Gambar 2.13 Representasi deret fourier pada gelombang terdistorsi	13
Gambar 2.14 <i>Switch-Mode Power Supply</i>	15
Gambar 2.15 Rangkaian ekivalen tanur busur listrik	15
Gambar 2.16 Spektrum frekuensi arus pada proses pelelehan besi baja	16
Gambar 2.17 Spektrum frekuensi arus pada proses pembentukan besi baja ..	16
Gambar 2.18 Kurva magnetisasi <i>transformator</i>	17
Gambar 2.19 <i>Single-tuned</i> dan <i>doubel-tuned filter</i>	21
Gambar 2.20 <i>High-pass</i> dan <i>C-type high-pass filter</i>	21
Gambar 3.1 Skema rangkaian pengujian	24
Gambar 3.2 Rangkaian pengujian	25
Gambar 3.3 Konfigurasi beban hubung bintang (Y)	25
Gambar 3.4 Konfigurasi beban hubung delta (Δ)	25
Gambar 4.1 Bentuk gelombang tegangan dan arus generator serempak	30
Gambar 4.2 Harmonik arus pada generator serempak	30
Gambar 4.3 Harmonik tegangan pada generator serempak	30
Gambar 4.4 Grafik hubungan THD_I fasa A dengan temperatur stator	31
Gambar 4.5 Grafik hubungan THD_I fasa B dengan temperatur stator	32
Gambar 4.6 Grafik hubungan THD_I fasa C dengan temperatur stator	32
Gambar 4.7 Grafik hubungan THD_V fasa A dengan temperatur stator	33
Gambar 4.8 Grafik hubungan THD_V fasa B dengan temperatur stator	33
Gambar 4.9 Grafik hubungan THD_V fasa C dengan temperatur stator	34
Gambar 4.10 Harmonik tegangan pada beban lampu I Y	35
Gambar 4.11 Harmonik arus pada beban lampu I Y	36
Gambar 4.12 Harmonik tegangan pada beban lampu II Y	36
Gambar 4.13 Harmonik arus pada beban lampu II Y	37
Gambar 4.14 Harmonik tegangan pada beban lampu III Y	37
Gambar 4.15 Harmonik arus pada beban lampu III Y	38
Gambar 4.16 Grafik hubungan arus fasa A hubung bintang dengan temperatur stator	38
Gambar 4.17 Grafik hubungan arus fasa B hubung bintang dengan temperatur stator	39

Gambar 4.18 Grafik hubungan arus fasa C hubung bintang dengan temperatur stator	39
Gambar 4.19 Harmonik tegangan pada beban lampu I Δ	40
Gambar 4.20 Harmonik arus pada beban lampu I Δ	40
Gambar 4.21 Harmonik tegangan pada beban II Δ	41
Gambar 4.22 Harmonik arus pada beban lampu II Δ	41
Gambar 4.23 Harmonik tegangan pada beban lampu III Δ	42
Gambar 4.24 Harmonik arus pada beban lampu III Δ	42
Gambar 4.25 Grafik hubungan arus fasa A hubung delta dengan temperatur stator	43
Gambar 4.26 Grafik hubungan arus fasa B hubung delta dengan temperatur stator	43
Gambar 4.27 Grafik hubungan arus fasa C hubung delta dengan temperatur stator	44

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil pengujian untuk beban tanpa harmonik	28
Tabel 4.2 Hasil pengujian untuk beban lampu hemat energi hubung bintang	28
Tabel 4.3 Hasil pengujian untuk beban lampu hemat energi hubung delta	29
Tabel 4.4 Ketidakseimbangan tegangan untuk masing-masing beban	34



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Data pengukuran beban tanpa harmonik	48
Lampiran 2: Data pengukuran beban lampu I bintang	51
Lampiran 3: Data pengukuran beban lampu II bintang	54
Lampiran 4: Data pengukuran beban lampu III bintang	57
Lampiran 5: Data pengukuran beban lampu I delta	60
Lampiran 6: Data pengukuran beban lampu II delta	63
Lampiran 7: Data pengukuran beban lampu III delta	66

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Permasalahan

Suatu sistem tenaga listrik pada umumnya dibangkitkan dengan cara memutar generator serempak sehingga diperoleh tenaga listrik dengan tegangan bolak-balik (AC) tiga fasa. Tenaga listrik yang dihasilkan ini akan disalurkan ke konsumen setelah melewati jaringan transmisi dan distribusi. Akan tetapi, seiring berkembangnya teknologi, banyak sekali penggunaan beban non-linear pada sisi pengguna. Beban non-linear merupakan beban dengan karakteristik gelombang arus tidak proporsional dengan gelombang tegangannya. Beban non-linear ini akan menimbulkan distorsi pada gelombang tegangan maupun arus sistem tenaga listrik tersebut. Hal ini akan menimbulkan berbagai efek yang kurang menguntungkan bagi peralatan-peralatan lain yang terpasang termasuk juga pada generator pada sisi pembangkitannya.

Berbagai macam penelitian sedikit sekali yang membahas pengaruh harmonik terhadap generator sebagai pembangkit listriknya. Sebagian besar penelitian mencuatkan permasalahan harmonik terhadap beban-beban lain yang terpasang pada sisi konsumen ataupun peralatan pada jaringan distribusi seperti halnya transformator. Di lain sisi, generator sebagai pembangkit listrik tentunya memiliki karakteristik tertentu yang akan mengalami perubahan apabila beban yang dipasang mengandung harmonik. Permasalahan yang muncul akibat penggunaan beban non-linear pada generator antara lain adalah kemampuan generator akan berkurang apabila menyuplai beban yang tidak seimbang. Selain itu berpengaruh juga terhadap temperatur pada stator maupun rotor.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk:

- a. Mempelajari lebih jauh mengenai harmonik dan generator serempak.
- b. Menganalisis efek harmonik terhadap parameter-parameter generator serempak.

1.3 Ruang Lingkup

Dalam tulisan ilmiah ini hanya membatasi pembahasan mengenai pengaruh harmonik pada generator yaitu terhadap temperatur stator, tegangan yang dibangkitkan, dan arus yang mengalir pada beban.

1.4 Metode Penulisan

Metode penulisan yang penulis lakukan adalah dengan melakukan pengukuran terhadap parameter-parameter generator serempak akibat pemakaian beban yang mengandung harmonik serta menganalisis hasil pengukurannya. Selain itu, beberapa cara yang penulis lakukan untuk memperoleh data yang mendukung skripsi ini antara lain dengan studi literatur, pencarian data via internet (*searching, browsing*), serta proses wawancara dengan pihak-pihak/narasumber yang berkaitan dengan permasalahan yang dibahas.

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini dikelompokkan menjadi lima bab. Bab 1 Pendahuluan. Berisi tentang latar belakang, tujuan penelitian, ruang lingkup, metode penulisan, dan sistematika penulisan. Bab 2 Generator Serempak dan Harmonik. Pada bab ini dijelaskan mengenai generator serempak dan harmonik. Bab 3 Metode Pengujian Harmonik pada Stator Generator Serempak. Bagian ini berisi tentang bahan yang dipakai dalam pengukuran beserta metode pengukuran yang dilakukan. Bab 4 Data Hasil Pengujian dan Analisis Efek Harmonik pada Stator Generator Serempak. Bab ini menjelaskan tentang hasil penelitian beserta analisis efek harmonik pada stator generator serempak. Bab 5 Kesimpulan. Bab ini merupakan penutup yang berupa kesimpulan seluruh hasil penelitian dan pembahasan.

BAB 2 GENERATOR SEREMPAK DAN HARMONIK

2.1 Generator Serempak

2.1.1 Definisi

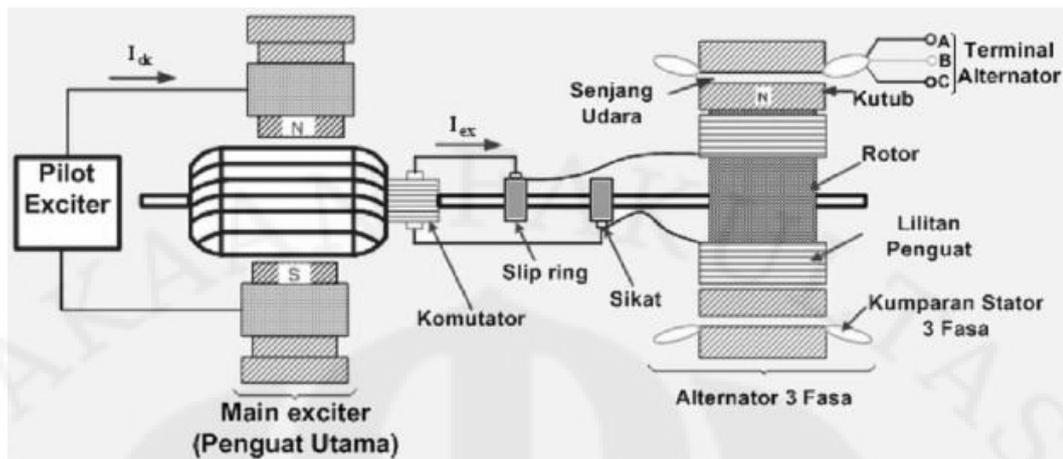
Generator serempak adalah mesin serempak yang digunakan untuk mengubah daya mekanik menjadi daya listrik arus bolak-balik (AC). Daya mekanik ini berasal dari *prime mover* misalnya saja turbin air, turbin angin, turbin uap ataupun yang lainnya.

2.1.2 Konstruksi

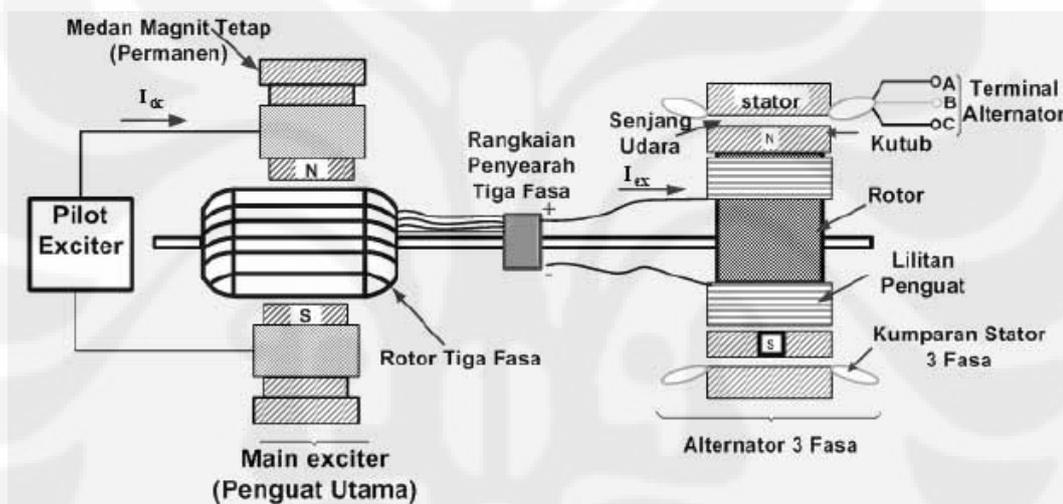
Pada generator serempak terdapat dua jenis kumparan yang merupakan dasar kerja dari generator ini. Kumparan tersebut adalah kumparan yang mengalirkan penguatan DC (kumparan rotor) dan kumparan dibangkitkannya gaya gerak listrik (ggl) arus bolak-balik tiga fasa (kumparan stator). Kumparan pada rotor ini berfungsi untuk membangkitkan medan magnet yang biasa disebut dengan sistem eksitasi. Sedangkan kumparan stator biasanya disebut sebagai kumparan jangkar. Kumparan pada rotor dihubungkan dengan sumber DC luar melalui *slip ring* dan sikat arang. Akan tetapi, ada juga yang tidak menggunakan sikat arang, yang biasanya disebut dengan sistem "*brushless excitation*".

2.1.2.1 Penguatan

Untuk membangkitkan fluks magnetik pada rotor diperlukan penguatan dari sumber DC. Penguatan DC ini, biasanya diperoleh dari generator DC yang seporos dengan rotor generator serempak. Pada generator serempak dengan kecepatan rendah, tetapi memiliki rating daya yang besar, generator DC yang digunakan biasanya tidak dengan penguatan sendiri tetapi menggunakan "*Pilot Exciter*" atau menggunakan magnet permanen sebagai penguatannya.



Gambar 2.1 Generator serempak dengan penguatan generator DC "pilot exciter"



Gambar 2.2 Generator serempak dengan penguatan "brushless exciter system"[1]

Selain kedua bentuk penguatan tersebut di atas, dapat juga digunakan penguatan dengan komponen *solid state* yaitu dioda dan *thyristor*. Tipe penguatan *solid state* ini dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu:

a. Sistem Statis

Pada sistem statis ini, dioda dan *thyristor* yang digunakan adalah tipe statis. Arus dialirkan pada kumparan rotor melalui *slip ring*.

b. Sistem "Brushless"

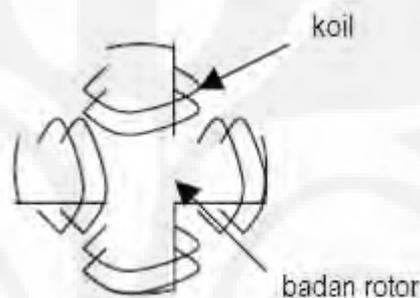
Pada sistem ini, penyearah dipasang pada poros yang berputar sehingga tidak digunakan *slip ring* maupun sikat arang.

2.1.2.2 Bentuk Rotor

Konstruksi bentuk rotor pada generator serempak dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu *salient* dan *nonsalient*.

a. Rotor *Salient*

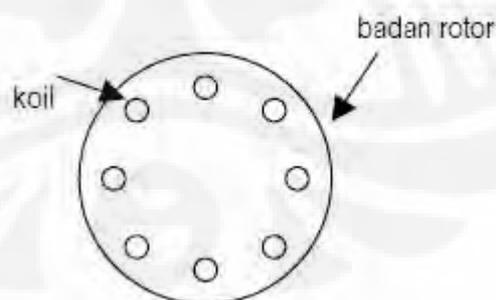
Rotor tipe *salient* ini memiliki bentuk yang menonjol seperti terlihat pada gambar 2.3. Tipe rotor ini digunakan pada generator yang berputar pada kecepatan rendah misalnya saja pada pembangkit listrik tenaga air (PLTA).



Gambar 2.3 Rotor tipe *salient* [1]

b. Rotor *Nonsalient*

Rotor tipe nonsalient ini memiliki bentuk rotor yang tidak menonjol atau silinder seperti terlihat pada gambar 2.4. Tipe rotor ini digunakan pada generator yang memiliki kecepatan tinggi.



Gambar 2.4 Rotor tipe *nonsalient* [1]

2.1.2.3 Bentuk Stator

Stator pada generator serempak terbuat dari besi magnetik yang berbentuk laminasi. Laminasi ini ditujukan untuk mengurangi rugi-rugi arus pusar. Pada besi

2.1.3 Prinsip Kerja Generator Serempak

Pada generator serempak, kumparan rotor dicatu dengan sumber tegangan DC sehingga arus akan mengalir dan kemudian menghasilkan medan magnet rotor. Rotor kemudian diputar oleh *prime mover* sehingga menghasilkan medan magnet yang berputar. Medan magnet yang berputar ini akan menginduksikan tegangan AC tiga fasa pada kumparan stator.[2]

Frekuensi dari tegangan yang dibangkitkan sebanding dengan kecepatan putaran rotor sesuai dengan persamaan 2.1.

$$f_e = \frac{n_m P}{120} \quad (2.1)$$

dengan:

f_e = frekuensi tegangan listrik yang dihasilkan (Hz)

n_m = kecepatan putar rotor (rpm)

P = jumlah kutub pada kumparan stator

Tenaga listrik dibangkitkan pada frekuensi 50 atau 60 Hz, sehingga generator harus memiliki kecepatan tertentu yang bergantung pada jumlah kutub dari statornya. Sebagai contoh, untuk membangkitkan tegangan listrik dengan frekuensi 50 Hz pada stator dengan 4 kutub, rotor harus berputar dengan kecepatan 1500 rpm. Dengan demikian generator dapat menghasilkan frekuensi yang sama meskipun rotor diputar pada kecepatan berbeda tentunya dengan jumlah kutub yang berbeda pula.[2]

Tegangan yang dibangkitkan oleh generator serempak pada masing-masing fasa adalah sebagai berikut:

$$E_A = \sqrt{2} \pi N_c \phi f \quad (2.2)$$

dengan:

E_A = tegangan pada masing-masing fasa (Volt)

N_c = jumlah lilitan pada kumparan stator

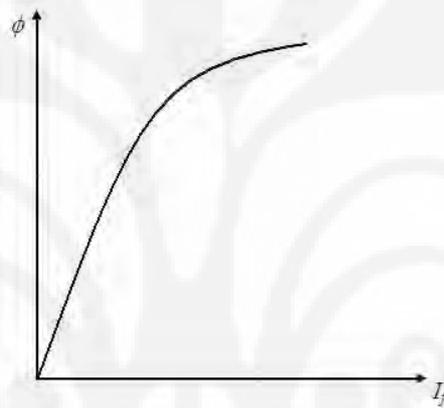
ϕ = fluks yang dihasilkan kumparan rotor (Wb)

f = frekuensi (Hz)

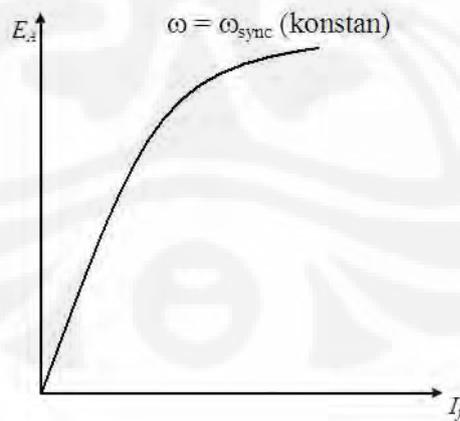
Dengan demikian besarnya tegangan bergantung pada banyaknya fluks yang dihasilkan oleh kumparan rotor. Persamaan 2.2 di atas dapat ditulis kembali menjadi lebih sederhana:

$$E_A = k\phi\omega \quad (2.3)$$

dengan k merupakan konstanta yang merepresentasikan konstruksi generator serempak. Besarnya fluks ϕ yang dihasilkan juga bergantung pada besarnya arus yang dicatu pada kumparan rotor sehingga tegangan E_A yang dihasilkan juga bergantung pada besar arus yang dicatu pada kumparan rotor I_f [2]



Gambar 2.7 Grafik hubungan arus dan fluks pada rotor

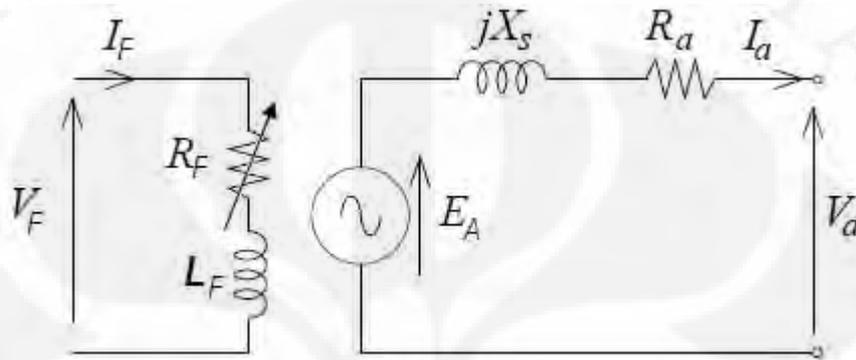


Gambar 2.8 Grafik hubungan tegangan yang dihasilkan dengan arus rotor

Tegangan yang dihasilkan pada masing-masing fasa memiliki beda fasa sebesar 120° antara fasa satu dengan fasa lainnya.

2.1.4 Rangkaian Ekuivalen Generator Serempak

Untuk mempermudah dalam menganalisa generator serempak, dapat dibuat rangkaian ekuivalen per-fasa. Pada bagian rotor terdapat komponen tahanan dan induktansi dari kumparan. Gambar 2.9 di bawah ini menunjukkan rangkaian ekuivalen per-fasa dari generator serempak.



Gambar 2.9 Rangkaian ekuivalen per-fasa dari generator serempak [1]

dengan:

V_F = tegangan DC yang diberikan pada kumparan rotor (Volt)

I_F = arus yang mengalir pada kumparan rotor (A)

R_F = tahanan kumparan rotor (Ohm)

L_F = induktansi kumparan rotor (H)

E_A = ggl yang dibangkitkan pada setiap fasa (volt)

X_s = reaktansi sinkron (Ohm)

R_a = tahanan kumparan stator (Ohm)

I_a = arus pada stator (A)

V_a = tegangan keluaran generator (Volt)

Dari rangkaian ekuivalen di atas, dapat diketahui hubungan E_A dan V_a yaitu:

$$V_a = E_A - (R_a + jX_s)I_a \quad (2.4)$$

2.1.5 Daya dan Torsi Pada Generator Serempak

Masukan daya dari generator adalah daya mekanik yang disuplai oleh *prime mover*. Pada keadaan *steady state*, torsi mekanik *prime mover* seharusnya

seimbang dengan torsi elektromagnet yang dihasilkan generator dan juga torsi mekanik yang hilang akibat gesekan dan kumparan.

$$T_{pm} = T_{em} + T_{loss} \quad (2.5)$$

$$P_{pm} = P_{em} + P_{loss} \quad (2.6)$$

dengan:

T_{pm} = torsi *prime mover*

T_{em} = torsi elektromagnetik

T_{loss} = torsi rugi-rugi mekanik

P_{pm} = daya yang disuplai *prime mover*

P_{em} = daya elektromagnetik

P_{loss} = rugi-rugi daya

Hubungan torsi elektromagnetik dan daya yang dihasilkan generator ditunjukkan pada persamaan 2.7.

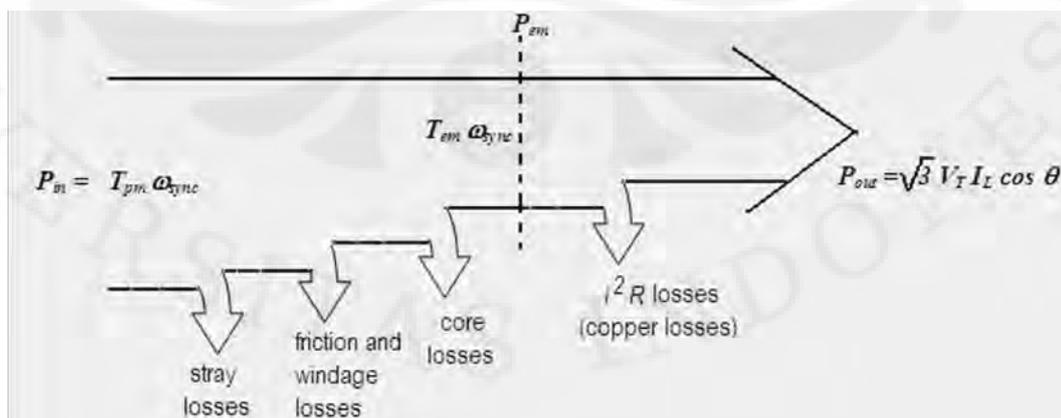
$$P_{em} = T_{em} \omega_{sync} = 3E_A I_a \cos \varphi_{E_A I_a} \quad (2.7)$$

dengan:

ω_{sync} = kecepatan sinkron

$\varphi_{E_A I_a}$ = Beda fasa antara E_A dan I_a

Adapun diagram aliran daya pada generator serempak dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Diagram aliran daya pada generator serempak

2.1.6 Pengaturan Tegangan Pada Generator Serempak

Besarnya pengaturan tegangan pada generator serempak merupakan nilai perbandingan antara selisih tegangan terminal pada kondisi tanpa beban dan kondisi beban penuh dengan tegangan kondisi beban penuh.[2]

$$VR = \frac{V_{a(NL)} - V_{a(FL)}}{V_{a(FL)}} \quad (2.8)$$

dengan:

VR = pengaturan tegangan

$V_{a(NL)}$ = tegangan terminal pada saat tanpa beban (Volt)

$V_{a(FL)}$ = tegangan terminal pada saat beban penuh (Volt)

2.2 Harmonik

2.2.1 Definisi Harmonik

Suatu sistem tenaga listrik arus bolak-balik AC, idealnya menyuplai tegangan dan arus ke peralatan-peralatan konsumen dengan bentuk gelombang sinusoidal murni. Akan tetapi, hal ini sangat sulit tercapai akibat pemasangan beban-beban itu sendiri. Harmonik adalah tegangan maupun arus dengan frekuensi di atas frekuensi dasar dari sistem.

Harmonik ini terjadi akibat penggunaan beban nonlinear yang pada umumnya digunakan untuk komponen *switching*. Misalnya saja penggunaan kapasitor sebagai filter pada rangkaian penyearah. Penggunaan kapasitor ini sebenarnya ditujukan untuk mendapatkan tegangan DC yang sempurna. Akan tetapi, arus pada sumber bolak-baliknya hanya akan mengalir pada saat terjadi pengisian muatan pada kapasitor, sehingga bentuk gelombang arus sumber bolak-baliknya tidak proporsional dengan tegangannya dan mengalami distorsi.[3]

Adapun komponen-komponen arus yang mengalir ke dalam sistem adalah sebagai berikut:

$$I_s(t) = \sqrt{2} I_{s1} \sin(\omega t - \phi_1) + \sum_{n=1}^{\infty} \sqrt{2} I_{sn} \sin(n\omega t - \phi_n) \quad (2.9)$$

dimana:

I_s adalah arus yang mengalir pada sistem (peralatan)

I_{s1} adalah nilai rms dari komponen arus fundamental

I_{sh} adalah nilai rms dari komponen arus harmonik orde ke-h
 h adalah orde harmonik ($h = 2, 3, 4, 5, \dots$)

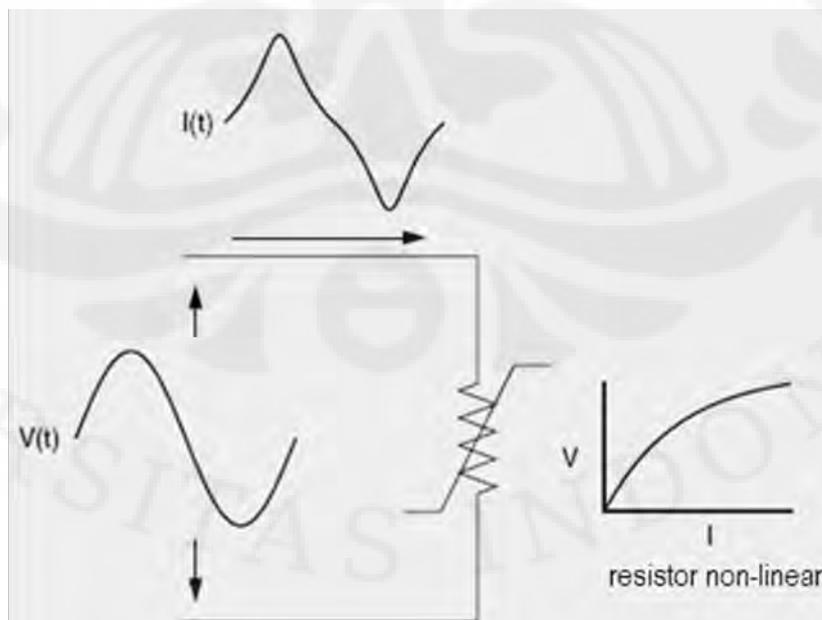
Dengan demikian, arus yang mengalir pada sistem terdiri dari komponen arus fundamental dan juga komponen arus harmoniknya. Komponen arus harmonik yang dibangkitkan hanya orde ganjil karena bentuk gelombang arus dasarnya yang simetris. Dengan demikian, frekuensi dari arus maupun tegangan harmonik yang dihasilkan adalah kelipatan ganjil dari frekuensi dasar sistem. Misalnya saja frekuensi yang digunakan di Indonesia 50 Hz, maka frekuensi harmonik yang dapat terjadi adalah 150 Hz, 250 Hz, dan seterusnya.

Terdapat dua jenis harmonik pada sistem tenaga listrik yaitu harmonik tegangan dan harmonik arus. Total kandungan harmonik pada arus I_s adalah THD_I (*Total Harmonic Distortion*) yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

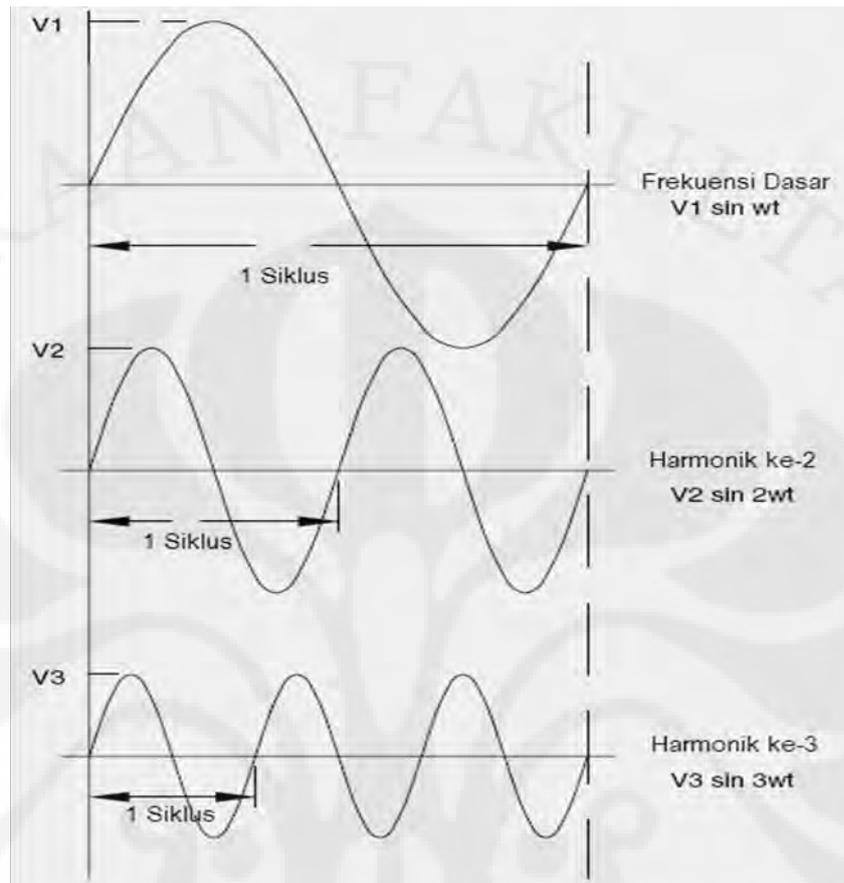
$$THD_I = \sqrt{\sum_{h \neq 1}^{\infty} \left(\frac{I_{sh}}{I_{s1}}\right)^2} \times 100 \% \quad (2.10)$$

Sedangkan untuk kandungan harmonik tegangan THD_V dapat dinyatakan sebagai berikut:

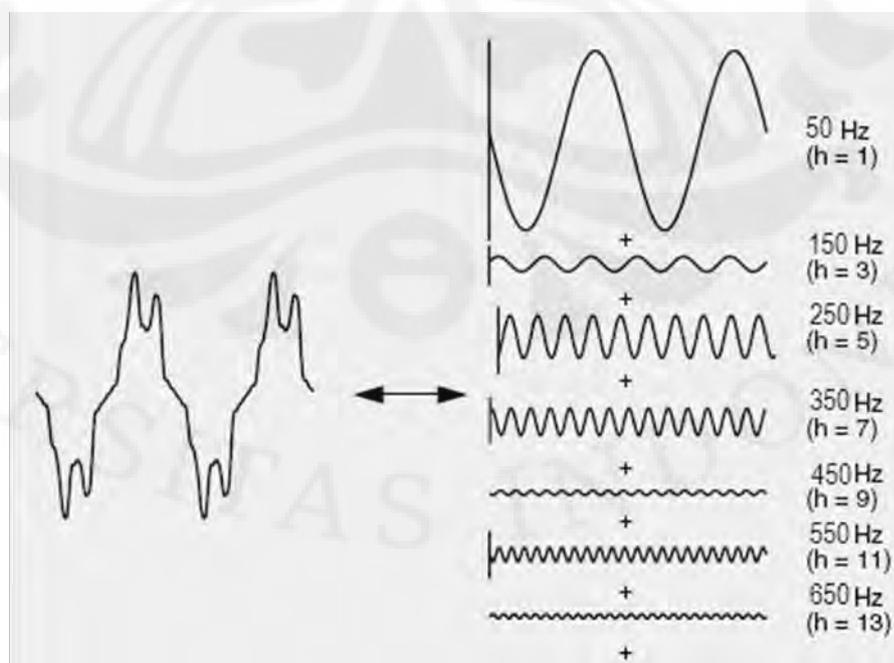
$$THD_V = \sqrt{\sum_{h \neq 1}^{\infty} \left(\frac{V_{sh}}{V_{s1}}\right)^2} \times 100 \% \quad (2.11)$$



Gambar 2.11 Distorsi arus akibat beban non-linear [4]



Gambar 2.12 Frekuensi dasar, harmonik ke-2, dan harmonik ke-3 [7]



Universitas Indonesia

Gambar 2.13 Representasi deret fourier pada gelombang terdistorsi [4]

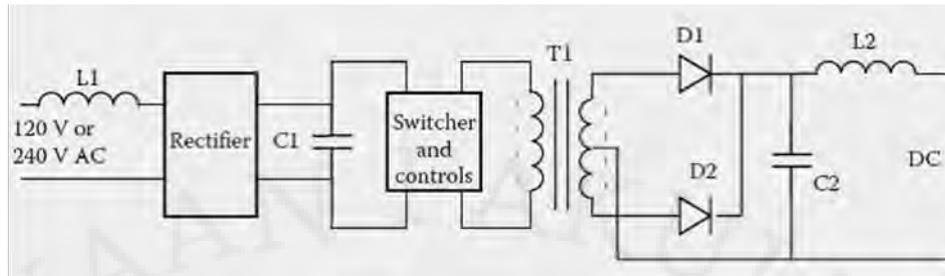
2.2.2 Sumber-Sumber Harmonik

Sumber-sumber yang dapat menimbulkan harmonik adalah berbagai macam beban-beban nonlinear antara lain antara lain komputer, printer, lampu *fluorescent* yang menggunakan *ballast* elektronik, berbagai macam peralatan elektronika daya, pengendali kecepatan motor, motor induksi, pengisi baterai, proses elektroplating, dan lain-lain yang sebagian besar bekerja dengan prinsip *switching* frekuensi tinggi.

2.2.2.1 Lampu *fluorescent* dengan *ballast* elektronik

Sebagian besar beban-beban yang digunakan dalam suatu bangunan adalah berupa lampu untuk pencahayaan. Lampu *fluorescent* merupakan jenis lampu yang banyak menjadi pilihan untuk penghematan energi. Lampu jenis ini membutuhkan *ballast* untuk menyediakan tegangan awal yang tinggi untuk mengawali aliran arus diantara dua elektroda pada tabung. Selain itu, *ballast* juga berfungsi sebagai peralatan untuk membatasi arus yang mengalir pada lampu.

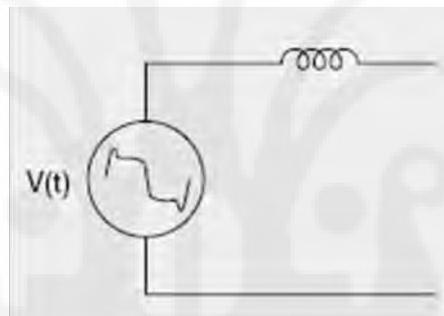
Ada dua tipe *ballast* yang biasa digunakan pada lampu *fluorescent* yaitu *ballast* magnetik dan *ballast* elektronik. Kedua jenis *ballast* tersebut sebenarnya sama-sama menghasilkan harmonik terutama harmonik arus. Akan tetapi, *ballast* elektronik memberikan kontribusi harmonik yang lebih besar jika dibandingkan dengan *ballast* magnetik. Komponen arus harmonik yang dominan pada lampu ini adalah harmonik ke-3. *Ballast* elektronik pada dasarnya menggunakan prinsip teknik konversi dc/dc yaitu *switch-mode power supply* seperti pada gambar 2.14. Penggunaan *switch-mode power supply* ditujukan untuk mengubah frekuensi dasar dari tegangan masukan menjadi tegangan dengan frekuensi yang jauh lebih besar yaitu antara 25 kHz sampai 40 kHz. Penggunaan frekuensi tinggi ini memiliki keuntungan antara lain yaitu, induktor yang kecil saja sudah cukup untuk membatasi arus yang mengalir.[4]



Gambar 2.14 *Switch-Mode Power Supply* [9]

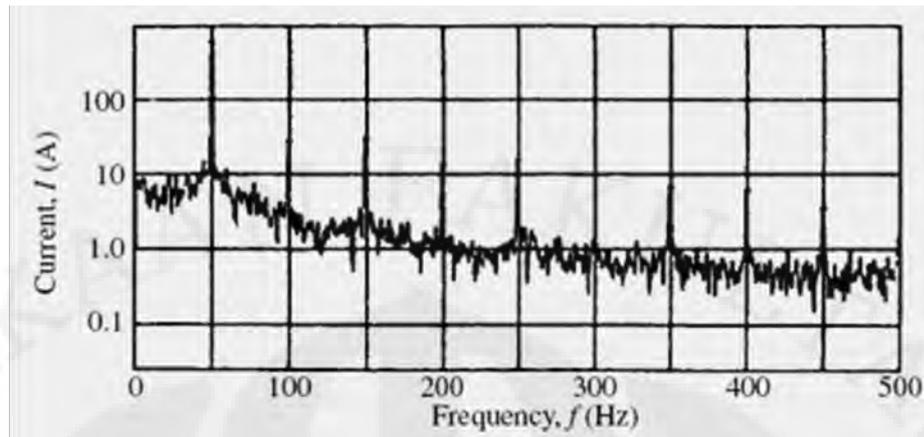
2.2.2.2 Tanur Busur Listrik

Tanur Busur listrik ini banyak digunakan pada industri besi baja dalam proses pelelehan maupun pembentukan besi baja. Prinsip dasar dari tanur busur listrik adalah suatu rangkaian *clamping* tegangan yang diseri dengan rangkaian reaktansi untuk membatasi arus sampai pada nilai tertentu. Rangkaian ekivalennya dapat dilihat pada gambar 2.15.

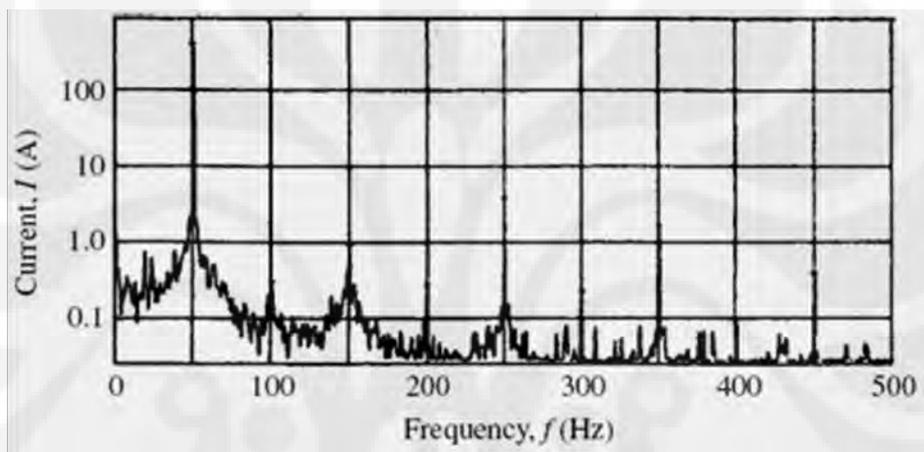


Gambar 2.15 Rangkaian ekivalen tanur busur listrik [4]

Karakteristik tegangan-arus dari tanur busur listrik adalah non-linear. Selama proses penyalaan tanur, tegangan akan turun diiringi kenaikan arus yang dibatasi oleh impedansi dari kabel pada tanur serta impedansi trafo pada tanur. Arus yang mengalir dapat mencapai 60.000 A. Impedansi tersebut memiliki efek penyanggaan pada suplai tegangan dan kemudian beban busur listrik terlihat sebagai sumber harmonik arus yang relatif stabil.[5]



Gambar 2.16 Spektrum frekuensi arus pada proses pelelehan besi baja [5]



Gambar 2.17 Spektrum frekuensi arus pada proses pembentukan besi baja [5]

2.2.2.3 Mesin Listrik

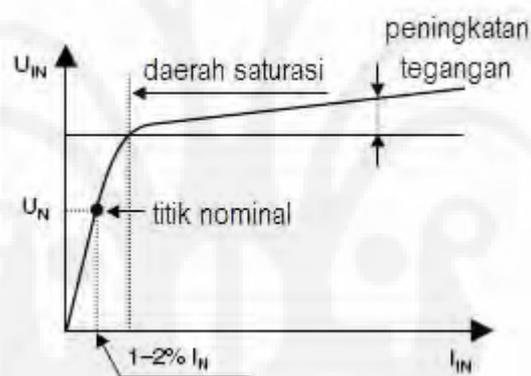
Pada mesin-mesin listrik yang berputar baik motor maupun generator juga dapat menimbulkan harmonik. Harmonik pada mesin-mesin listrik ini dapat terjadi karena stator maupun slot rotor yang tidak simetris ataupun ketidakseimbangan pada kumparan tiga fasanya. Harmonik yang terjadi akan menginduksikan gaya gerak listrik (ggl) pada kumparan stator dengan frekuensi yang sama dengan perbandingan antara kecepatan dengan panjang gelombangnya. Resultan dari gaya gerak magnet (ggm) yang terjadi pada mesin akan memproduksi harmonik yang bergantung pada fungsi kecepatan. Harmonik tambahan dapat terjadi apabila inti magnet yang mengalami saturasi.[6]

2.2.2.4 Electric Drive

Penggunaan *electric drive* menyebabkan terjadinya harmonik karena adanya rangkaian *inverter* maupun *rectifier* yang pada dasarnya merupakan proses pensaklaran. Pada umumnya, aplikasi *electric drive* ini ditujukan untuk mendapatkan variasi tegangan maupun frekuensi pada sumber tenaga yang disuplai pada motor.

2.2.2.5 Transformator

Transformator merupakan sumber harmonik yaitu pada saat terjadi saturasi sehingga arus primer yang mengalir tidak proporsional dengan tegangan primernya seperti terlihat pada gambar 2.18.



Gambar 2.18 Kurva magnetisasi *transformator*

Pada kondisi saturasi, sedikit saja terjadi kenaikan tegangan maka arus magnetisasi yang terjadi menjadi jauh lebih besar.[8]

2.2.3 Efek Harmonik

Setiap peralatan yang terhubung dengan sistem tenaga yang mengandung harmonik akan memiliki efek yang berbeda-beda. Peralatan-peralatan tersebut dapat mengalami penurunan kinerja atau bahkan dapat mengalami kerusakan. Selain itu juga berpengaruh terhadap kualitas daya dari sistem tenaga listrik.

2.2.3.1 Efek Harmonik pada Transformator

Harmonik dapat mempengaruhi kinerja transformator dengan dua cara yaitu akibat harmonik tegangan dan akibat harmonik arus. Harmonik tegangan menghasilkan rugi-rugi tambahan pada inti besi dari transformator karena frekuensi harmonik tegangan yang tinggi. Hal ini disebabkan karena transformator memerlukan daya magnetisasi yang lebih besar. Harmonik arus akan berpengaruh terhadap kumparan transformator. Harmonik arus akan menghasilkan nilai RMS arus yang mengalir pada transformator menjadi lebih besar sehingga rugi-rugi tembaga (I^2R) yang dihasilkan juga semakin besar. Rugi-rugi arus eddy pada kumparan juga meningkat sebanding dengan kuadrat arus harmonik dan kuadrat dari orde frekuensi arus tersebut.[7]

2.2.3.2 Efek Harmonik pada Kapasitor *Banks*

Kapasitor pada umumnya digunakan pada sistem tenaga untuk mengatasi faktor daya yang rendah. Reaktansi kapasitor berbanding terbalik dengan frekuensi sehingga harmonik arus akan mengalir dengan mudah pada kapasitor. Dengan demikian, dapat terjadi beban berlebih pada kapasitor *bank* yang dapat merusak kapasitor *bank* tersebut.

Kondisi lain yang dapat terjadi akibat harmonik ini adalah peristiwa resonansi harmonik. Kondisi resonansi ini dicapai pada saat reaktansi kapasitif dan reaktansi induktif sama dengan salah satu frekuensi harmonik yang terjadi. Adanya resonansi mengakibatkan penguatan terhadap harmonik yang terjadi. Tipe resonansi ini ada dua macam yaitu resonansi paralel, dan resonansi seri. Pada umumnya resonansi seri mengakibatkan penguatan tegangan, sedangkan resonansi paralel mengakibatkan penguatan arus.[7]

2.2.3.3 Efek Harmonik pada Mesin Listrik

Adanya harmonik tegangan pada motor akan mengakibatkan rugi-rugi tambahan pada inti magnet dari motor. Rugi histeresis dan arus eddy akan meningkat karena pengaruh frekuensi tinggi dari tegangan harmonik tersebut pada kumparan. Rugi histeresis meningkat seiring kenaikan frekuensi, sedangkan rugi arus eddy meningkat seiring kuadrat dari frekuensi tersebut. Demikian juga untuk

Universitas Indonesia

harmonik arus yang menyebabkan kenaikan rugi-rugi tembaga (I^2R). Dengan demikian akan meningkatkan suhu dari kumparan yang dapat merusak isolasi sehingga mengurangi umur dari motor tersebut.[7]

Efek lain yang dapat terjadi akibat harmonik ini adalah osilasi torsi pada motor. Osilasi torsi ini terjadi karena interaksi harmonik arus urutan positif dengan harmonik arus urutan negatif.[6]

2.2.3.4 Efek Harmonik pada Konduktor

Arus yang mengalir pada konduktor mengakibatkan rugi-rugi konduktor (I^2R). Apabila arus yang mengalir mengandung harmonik, rugi-rugi yang terjadi juga bertambah karena kenaikan nilai RMS arus tersebut. Tahanan efektif dari konduktor akan meningkat seiring kenaikan frekuensi karena terjadinya efek permukaan (*skin effect*). Efek permukaan ini terjadi karena fluks *linkage* yang tidak merata sehingga arus cenderung mengalir pada sisi permukaan konduktor.[7]

Adanya harmonik arus triplen yaitu harmonik dengan orde kelipatan tiga, menyebabkan arus urutan nol. Apabila sistem tidak seimbang, arus akan dialirkan menuju konduktor kawat netral. Pada umumnya ukuran konduktor netral sama dengan konduktor fasa sehingga akan terjadi beban berlebih yang dapat merusak konduktor kawat netral tersebut.[6]

2.2.3.5 Efek Harmonik pada Peralatan Proteksi

Peralatan proteksi merupakan peralatan yang mudah mengalami gangguan apabila arus harmonik mengalir. Misalnya saja rele elektromekanik dapat beroperasi lebih cepat atau lebih lambat dari yang diharapkan akibat arus yang mengandung harmonik.[7]

2.2.3.6 Efek Harmonik pada Sistem Telekomunikasi

Pada umumnya saluran komunikasi ditempatkan berdekatan dengan konduktor sistem tenaga listrik. Harmonik yang terjadi pada saluran sistem tenaga

listrik menyebabkan interferensi pada saluran komunikasi baik interferensi induktif, kapasitif, maupun konduktif.[6]

2.2.3.7 Efek Harmonik pada Peralatan *Metering*

Harmonik yang terjadi dalam sistem tenaga listrik dapat menimbulkan kesalahan pembacaan pada peralatan metering seperti halnya pada kWh meter. 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. Dengan kesalahan sedikit saja dalam pembacaan, dapat menyebabkan biaya listrik yang harus dibayar menjadi lebih besar.[9]

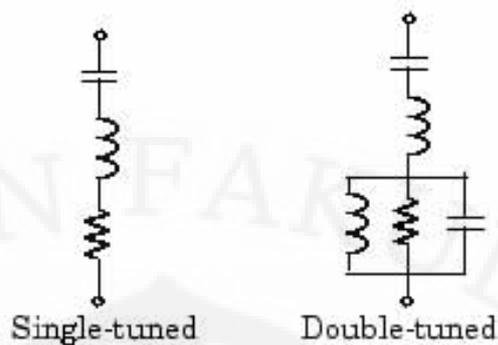
2.2.4 Cara Pengurangan Harmonik

Harmonik memiliki banyak pengaruh negatif terhadap peralatan sistem tenaga atupun terhadap beban-beban yang lain. Untuk itu, berbagai cara telah dilakukan untuk mengurangi efek harmonik tersebut antara lain pemasangan filter harmonik.

Filter harmonik merupakan suatu rangkaian yang digunakan pada sistem tenaga listrik untuk mengurangi distorsi tegangan dan sebagai koreksi faktor daya. Dengan pemasangan filter harmonik, arus yang mengandung harmonik akan dialihkan pada bagian yang memiliki impedansi yang kecil. Filter harmonik dirancang untuk bersifat kapasitif pada frekuensi dasar sehingga juga menghasilkan daya reaktif yang dibutuhkan oleh konverter dan juga sebagai koreksi faktor daya. Beberapa jenis filter yang sering digunakan adalah sebagai berikut:

a. *Band-pass filter*

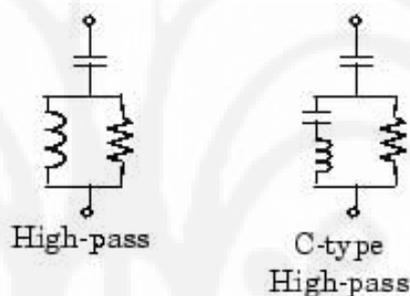
Filter jenis ini digunakan untuk mengatasi harmonik pada orde rendah misalnya harmonik orde 5, 7, 11, 13, dan sebagainya. *Band-pass filter* ini dapat ditala pada satu frekuensi (*single-tuned filter*) maupun untuk dua frekuensi (*double-tuned filter*).



Gambar 2.19 *Single-tuned* dan *doubel-tuned filter*

b. *High-pass filter*

Filter ini digunakan untuk mengatasi harmonik pada orde yang lebih tinggi. Tipe khusus jenis filter ini yaitu *C-type high-pass filter* digunakan untuk menyediakan daya reaktif dan mengatasi resonansi paralel.



Gambar 2.20 *High-pass* dan *C-type high-pass filter*

Selain penggunaan filter harmonik, usaha-usaha yang dapat dilakukan untuk mengurangi efek harmonik adalah sebagai berikut:

a. Memperbesar Kawat Netral

Pada sistem 3 phase empat kawat, terdapat tiga kawat fasa dan satu kawat netral. Apabila beban yang dipasang non-linier sehingga pengaruh harmonik lebih dominan maka untuk mengatasi panas lebih pada kawat netral akibat pengaruh harmonik sebaiknya ukuran kawat netral diperbesar dari ukuran standarnya. Demikian juga pada panel-panel listrik disarankan kawat netral untuk sistem pentanahannya diperbesar dari ukuran standarnya.

b. Menurunkan Kapasitas Transformator

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi pengaruh harmonik pada sistem distribusi adalah dengan mengurangi kapasitas suplai daya transformator (*derating transformer*).

2.3 Pengaruh Harmonik Pada Generator Serempak

Pada generator serempak, pengaruh yang dapat terjadi akibat harmonik arus maupun tegangan adalah kenaikan temperatur yang terjadi pada stator, meningkatnya rugi-rugi daya.

2.3.1 Kenaikan Temperatur Stator

Adanya harmonik yang disebabkan oleh beban-beban non-linear akan menyebabkan kenaikan nilai RMS arus yang mengalir. Dengan demikian akan terjadi pemanasan berlebih pada kumparan stator akibat mengalirnya arus yang lebih besar. Arus yang lebih besar ini dapat merusak laminasi pada kumparan stator. Dengan demikian, generator dapat mengalami kerusakan lebih cepat.

2.3.2 Pengaruh Terhadap Efisiensi

Efisiensi merupakan nilai perbandingan antara daya keluaran dari generator yang berupa daya listrik dengan daya masukan yang berupa daya mekanik yang berasal dari *prime mover*. Adanya arus harmonik selain dapat merusak laminasi kumparan, juga dapat menimbulkan rugi-rugi daya menjadi lebih besar. Rugi-rugi ini dapat berupa rugi-rugi tembaga (I^2R). Frekuensi dari harmonik yang lebih tinggi dari frekuensi fundamental akan meningkatkan rugi-rugi arus eddy dan juga rugi-rugi histeresis yang terjadi pada inti dari stator. Rugi arus eddy akan meningkat seiring kuadrat frekuensi, sedangkan rugi histeresis sebanding dengan frekuensi. Dengan demikian, meningkatnya rugi-rugi ini akan mengurangi efisiensi dari generator.

BAB 3

METODE PENGUJIAN HARMONIK PADA STATOR GENERATOR SEREMPAK

3.1 Spesifikasi Peralatan

3.1.1 Motor Arus Searah

Motor arus searah digunakan dalam proses pengujian ini yaitu sebagai *prime mover* untuk menggerakkan rotor dari generator serempak yang akan digunakan.

Adapun spesifikasi motor arus searah yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Kecepatan : 1500 rpm
- Tegangan jangkar : 220 Volt
- Tegangan medan : 220 Volt
- Ambang temperatur : 40° C
- Daya : 2 kW
- Arus beban penuh : 12 Ampere
- Arus medan : 0,47 Ampere

3.1.2 Generator Serempak

Generator serempak diputar dengan motor arus searah sehingga menghasilkan tegangan yang akan menyuplai daya pada beban yang terpasang.

Spesifikasi dari generator serempak yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Daya : 1,5 kVA
- Kecepatan : 1500 rpm
- Tegangan rotor : 220 V
- Tegangan stator : 220/380
- Arus beban penuh : 4,0 /2,3
- Jumlah fasa : 3
- Frekuensi : 50 Hz

3.1.3 Beban-beban

Pada proses pengujian ini digunakan beban berupa resistor dan lampu hemat energi yang dihubungkan bintang (Y) dan delta (Δ) dengan spesifikasi sebagai berikut:

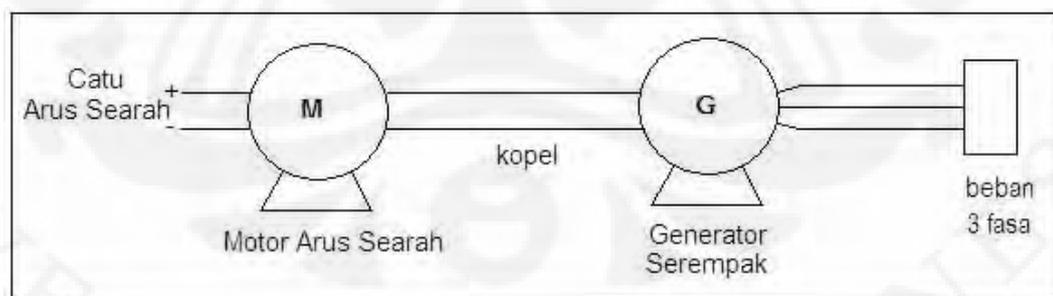
- Resistor 440 Ohm (3 buah)
- Lampu hemat energi I (3 buah) : Philips Essential 18 Watt 220-240 V/50-60 Hz
- Lampu hemat energi II (3 buah) : Brico 15 Watt 185-240 V/50-60 Hz
- Lampu hemat energi III (3 buah): 3G 18 Watt 220-240 V/50-60 Hz

3.1.4 Hioki Power Analyzer

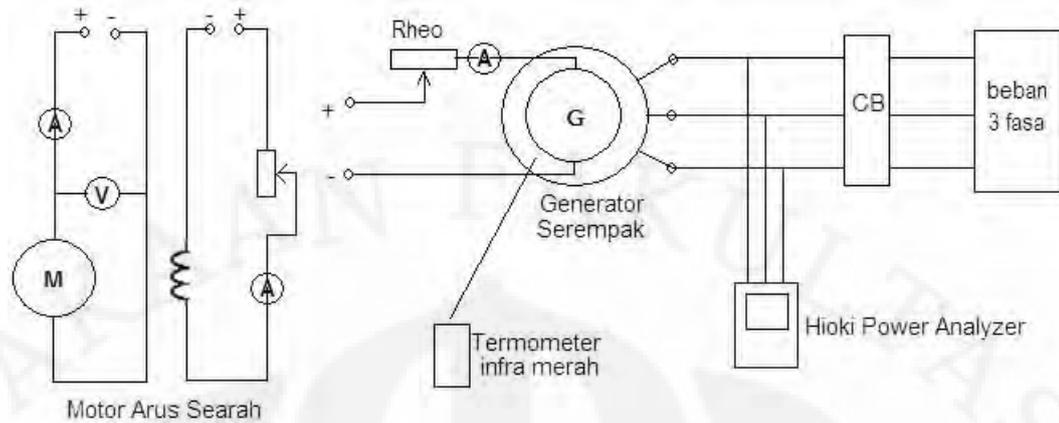
3.1.5 Termometer Infra Merah

3.2 Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Listrik I Departemen Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Secara umum rangkaian pengujian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

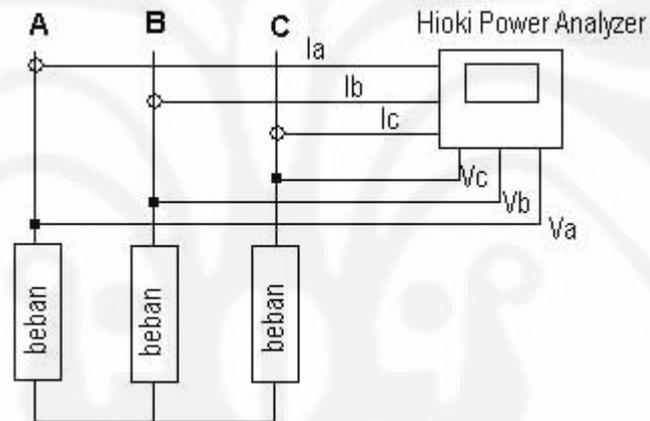


Gambar 3.1 Skema rangkaian pengujian

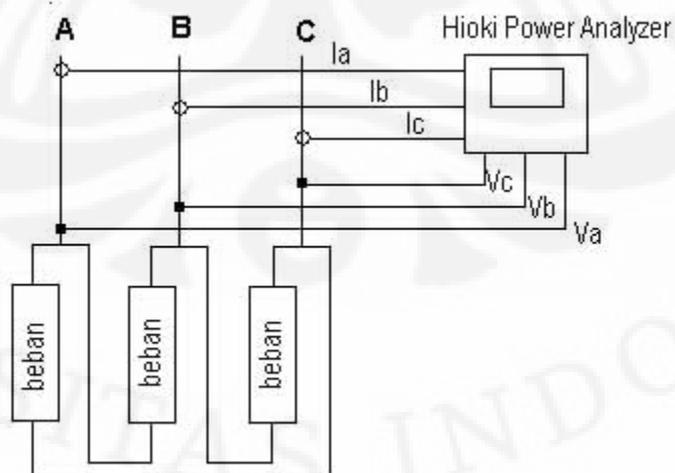


Gambar 3.2 Rangkaian pengujian

Adapun konfigurasi beban hubung bintang (Y) dan beban hubung delta (Δ) dapat dilihat pada gambar 3.3 dan gambar 3.4.



Gambar 3.3 Konfigurasi beban hubung bintang (Y)

Gambar 3.4 Konfigurasi beban hubung delta (Δ)

3.2.1 Pengujian Menggunakan Beban Tanpa Harmonik

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mendapatkan karakteristik generator serempak apabila digunakan beban yang tidak mengandung harmonik. Dengan demikian dapat diketahui apakah generator serempak itu sendiri menghasilkan harmonik atau tidak. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Membuat rangkaian seperti terlihat pada gambar 3.2
2. Beban yang digunakan adalah beban resistif tiga fasa.
3. Menstart generator serempak dengan menyalakan catu daya pada rotor. Pastikan rotor berputar sampai pada kecepatan 1500 rpm.
4. Memutar rheostat medan sehingga frekuensi generator yang dihasilkan 50 Hz. Pastikan arus pada rotor tidak melebihi 0,47 A.
5. Menaikkan *Circuit Breaker* sehingga beban tersambung dengan stator.
6. Mencatat besar arus pada masing-masing beban dan tegangan pada masing-masing fasanya. Pengukuran dilakukan dengan *Hioki Power Analyzer*. Dengan alat ini dapat diketahui juga besar harmonik yang terjadi.
7. Generator dibiarkan bekerja dengan beban tersebut selama 5 menit. Setelah lima menit dicatat temperatur pada stator dari generator. Pengukuran dilakukan dengan termometer infra merah.
8. Setelah selesai, generator dimatikan dan dibiarkan selama sampai suhu stator kembali seperti keadaan awalnya sebelum dilakukan pengukuran untuk beban yang lain.

3.2.2 Pengujian Menggunakan Beban Mengandung Harmonik

Pada pengujian ini dilakukan dengan memasang beban yang mengandung harmonik pada generator serempak. Pada pengujian ini beban yang digunakan adalah lampu hemat energi. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Membuat rangkaian seperti terlihat pada gambar 3.2
2. Beban yang digunakan adalah beban tiga fasa lampu hemat energi I.
3. Menstart generator serempak dengan menyalakan catu daya pada rotor. Pastikan rotor berputar sampai pada kecepatan 1500 rpm.

4. Memutar rheostat medan sehingga frekuensi generator yang dihasilkan 50 Hz. Pastikan arus pada rotor tidak melebihi 0,47 A.
5. Menaikkan *Circuit Breaker* sehingga beban tersambung dengan stator.
6. Mencatat besar arus pada masing-masing beban dan tegangan pada masing-masing fasanya. Pengukuran dilakukan dengan Hioki Power Analyzer. Dengan alat ini dapat diketahui juga besar harmonik yang terjadi.
7. Generator dibiarkan bekerja dengan beban tersebut selama 5 menit. Setelah lima menit dicatat temperatur pada stator dari generator. Pengukuran dilakukan dengan termometer infra merah.
8. Setelah selesai, generator dimatikan dan dibiarkan selama sampai suhu stator kembali seperti keadaan awalnya sebelum dilakukan pengukuran untuk beban yang lain.
9. Mengulangi langkah 1 sampai 7 untuk beban lampu hemat energi II dan lampu hemat energi III.

Pengujian dilakukan untuk beban tiga fasa yang terhubung secara bintang dan juga terhubung secara delta.

BAB 4

DATA HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS EFEK HARMONIK PADA STATOR GNERATOR SEREMPAK

4.1 Data Hasil Pengujian

4.1.1 Pengujian Beban Tanpa Harmonik

Tabel 4.1 Hasil pengujian untuk beban tanpa harmonik

Beban	fasa	Tegangan (V)	V-dasar	THD _V (%)	Arus (A)	I-dasar	THD _I (%)	Temperatur stator (°)
Resistor (440 Ω 0.5 A)	A	238.88	238.79	2.74	0.3128	0.3127	2.84	28.5
	B	234.76	234.6	2.87	0.3098	0.3097	2.76	
	C	237.43	237.33	2.95	0.3062	0.3061	2.97	

4.1.2 Pengujian Beban Lampu Hemat Energi Hubung Bintang

Tabel 4.2 Hasil pengujian untuk beban lampu hemat energi hubung bintang

Beban	fasa	Tegangan (V)	V-dasar	THD _V (%)	Arus (A)	I-dasar	THD _I (%)	Temperatur stator (°)
Lampu I Y	A	254.14	253.84	4.83	0.105	0.0958	44.92	32.1
	B	249.76	249.22	6.54	0.0943	0.0861	44.68	
	C	253.35	253.05	4.9	0.1042	0.0833	75.19	
Lampu II Y	A	249.7	249.5	4.06	0.054	0.0466	58.64	31
	B	245.01	244.8	4.13	0.052	0.0454	55.74	
	C	248.14	247.92	4.22	0.0503	0.0422	64.57	
Lampu III Y	A	246.43	246.13	4.93	0.1007	0.0923	43.62	31.5
	B	242.22	241.66	6.81	0.0937	0.0856	44.59	
	C	245.35	245.05	4.93	0.1048	0.0856	70.69	

Keterangan:

- Lampu I Y : Lampu hemat energi I yang dihubung bintang
- Lampu II Y : Lampu hemat energi II yang dihubung bintang
- Lampu III Y : Lampu hemat energi III yang dihubung bintang

4.1.3 Pengujian Beban Lampu Hemat Energi Hubung Delta

Tabel 4.3 Hasil pengujian untuk beban lampu hemat energi hubung delta

Beban	fasa	Tegangan (V)	V-dasar	THD _V (%)	Arus (A)	I-dasar	THD _I (%)	Temperatur stator (°C)
Lampu I Δ	A	223.68	223.15	6.91	0.211	0.1609	84.89	33.3
	B	222.39	221.86	6.95	0.2155	0.1602	89.92	
	C	221.49	220.94	7.04	0.2094	0.1556	90.06	
Lampu II Δ	A	230.16	230.03	3.29	0.0872	0.0816	37.55	31.1
	B	228.74	228.61	3.36	0.0883	0.0828	37	
	C	227.64	227.5	3.48	0.0864	0.0798	41.38	
Lampu III Δ	A	241.59	241.07	6.57	0.221	0.1653	88.83	32.5
	B	239.88	240.42	6.71	0.232	0.1679	95.28	
	C	239.55	239.01	6.76	0.2273	0.1656	94.04	

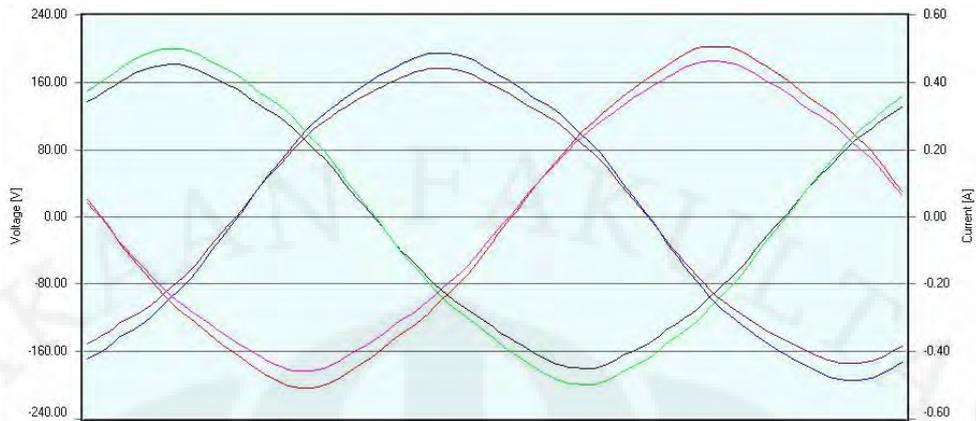
Keterangan:

- Lampu I Δ : Lampu hemat energi I yang dihubung delta
- Lampu II Δ : Lampu hemat energi II yang dihubung delta
- Lampu III Δ : Lampu hemat energi III yang dihubung delta

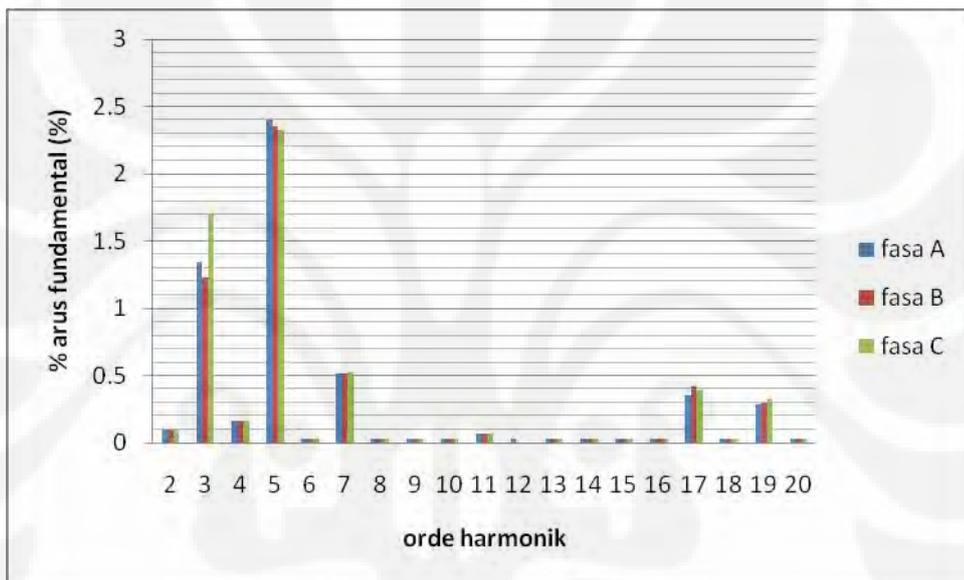
4.2 Analisis Efek Harmonik Pada Stator Generator Serempak

4.2.1 Pengujian Beban Tanpa Harmonik

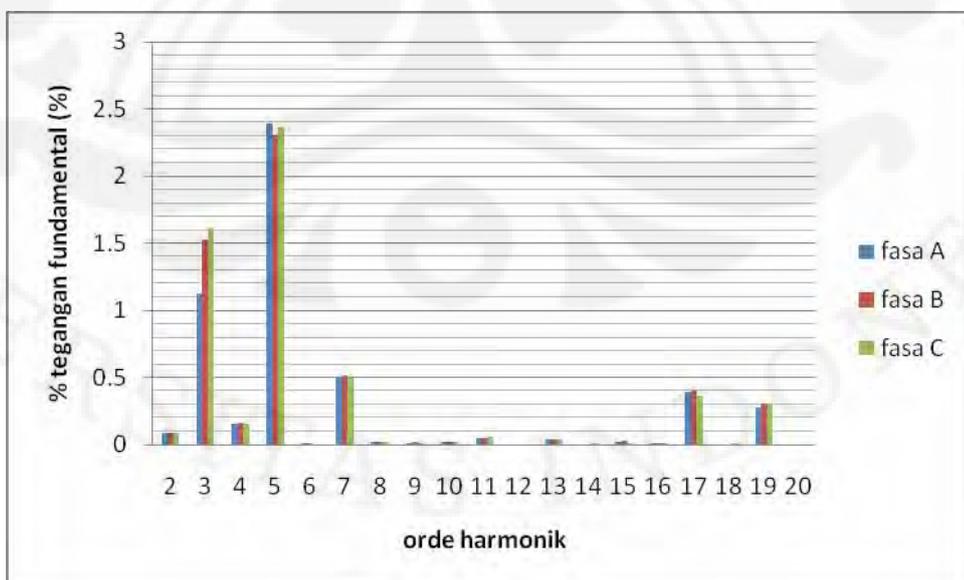
Pada pengujian ini ternyata dihasilkan harmonik pada komponen tegangan maupun arusnya meskipun kecil yaitu rata-rata sebesar 2,85 % THD_V dan 2,86 % THD_I untuk masing-masing fasa sehingga dapat disimpulkan bahwa generator serempak yang digunakan juga mengandung harmonik. Hal ini disebabkan oleh karakteristik dari generator serempak sendiri yaitu rekatansi dari generator. Ketika beban yang terpasang bersifat induktif, reaktansi generator akan bersifat kapasitif, dan begitu juga sebaliknya. Gambar 4.1 menunjukkan bahwa gelombang arus maupun tegangan tidak mengalami distorsi yang berarti atau dapat dikatakan masih proporsional antara tegangan dan arusnya. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa THD di bawah standar pengaruhnya dapat diabaikan. Temperatur pada stator juga tidak mengalami kenaikan yang besar yaitu menjadi 28,5 °C.



Gambar 4.1 Bentuk gelombang tegangan dan arus generator serempak



Gambar 4.2 Harmonik arus pada generator serempak



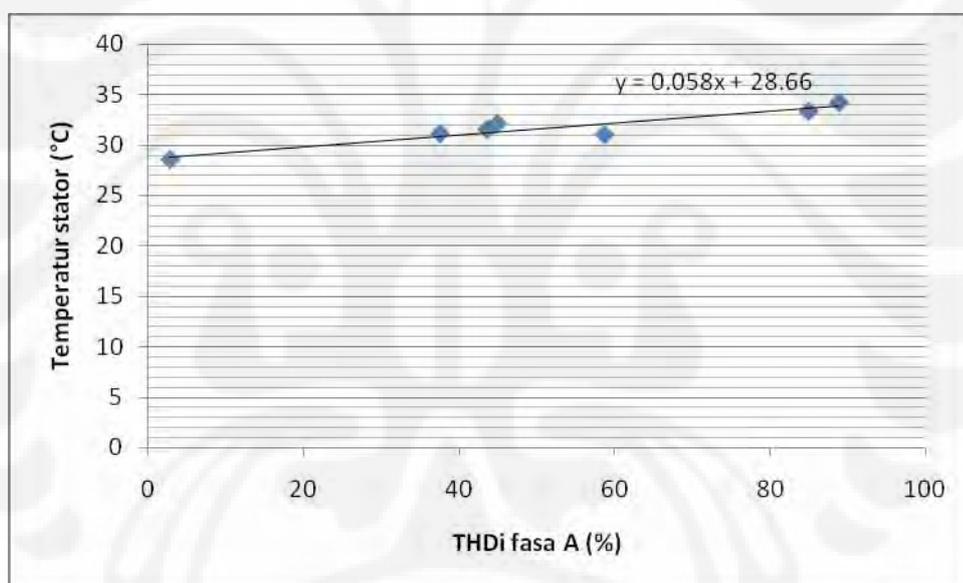
Gambar 4.3 Harmonik tegangan pada generator serempak

4.2.2 Pengaruh Harmonik Terhadap Temperatur Stator

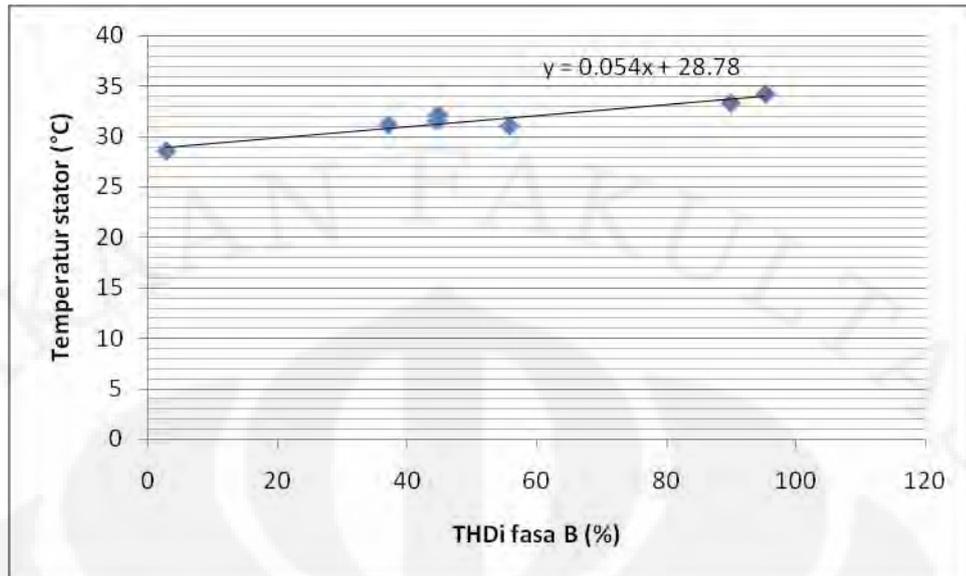
Secara garis besar, adanya harmonik arus maupun tegangan akan meningkatkan temperatur pada stator. Hal ini dapat dilihat misalnya saja pada pengujian beban lampu I Y. Meskipun arus yang mengalir hanya 0.045 A, temperatur stator dapat mencapai 32,1 °C. Di lain sisi, pada beban tanpa harmonik arus yang mengalir mencapai 0,31 A, tetapi temperatur stator hanya sebesar 28,5 °C.

4.2.2.1 Pengaruh THD_I

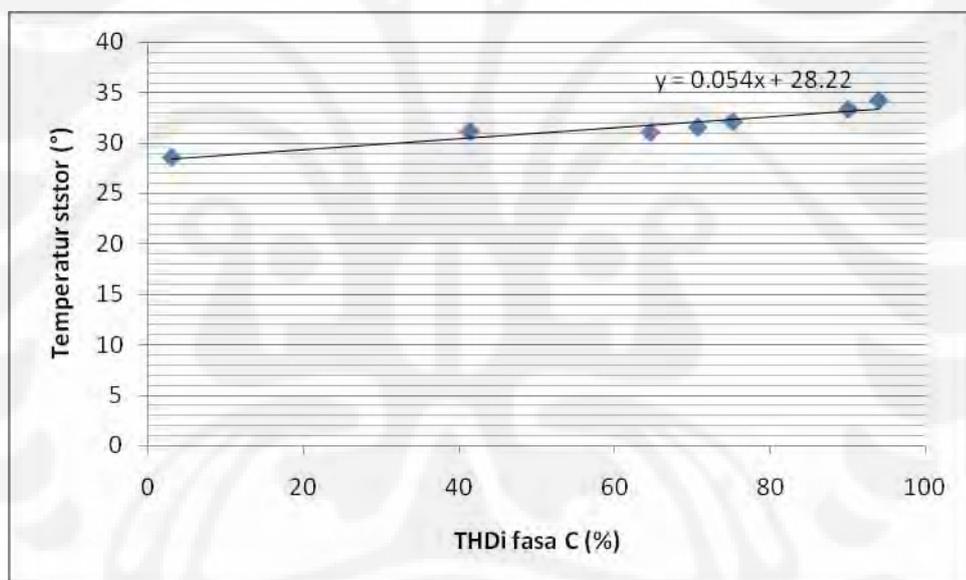
Berdasarkan data hasil pengujian dapat diketahui hubungan antara THD_I dengan temperatur pada stator yang dapat digambarkan dengan grafik linear sebagai berikut:



Gambar 4.4 Grafik hubungan THD_I fasa A dengan temperatur stator



Gambar 4.5 Grafik hubungan THD_1 fasa B dengan temperatur stator



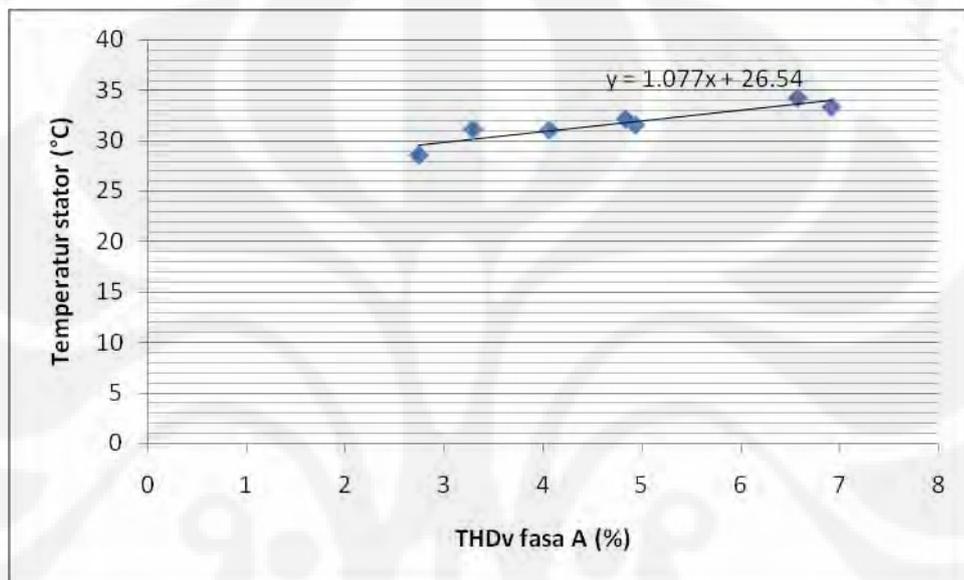
Gambar 4.6 Grafik hubungan THD_1 fasa C dengan temperatur stator

Dari ketiga grafik di atas dapat dikatakan bahwa semakin besar THD_1 yang terjadi, semakin tinggi pula temperatur pada stator. Hal ini terjadi karena semakin besarnya nilai THD_1 berpengaruh terhadap penambahan arus RMS yang mengalir pada kumparan stator. Dengan demikian, rugi-rugi tembaga yang berupa panas semakin meningkat seiring kenaikan THD_1 . Selain itu, rugi-rugi inti yang berupa rugi arus eddy dan juga rugi histeresis akan meningkat dengan adanya komponen

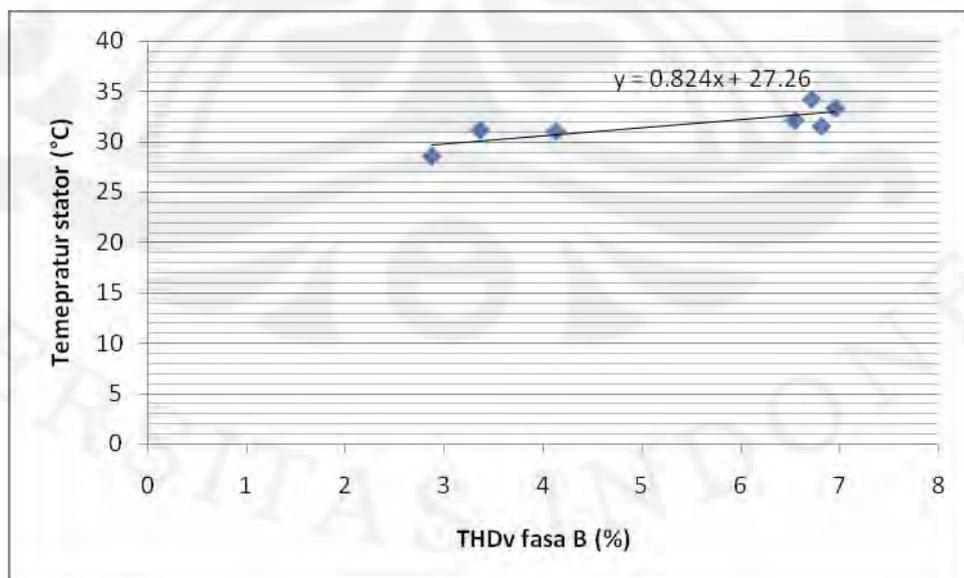
arus pada orde selain orde ke-1. Rugi-rugi inti ini juga menimbulkan panas pada inti stator sehingga temperatur stator akan meningkat.

4.2.2.2 Pengaruh THD_v

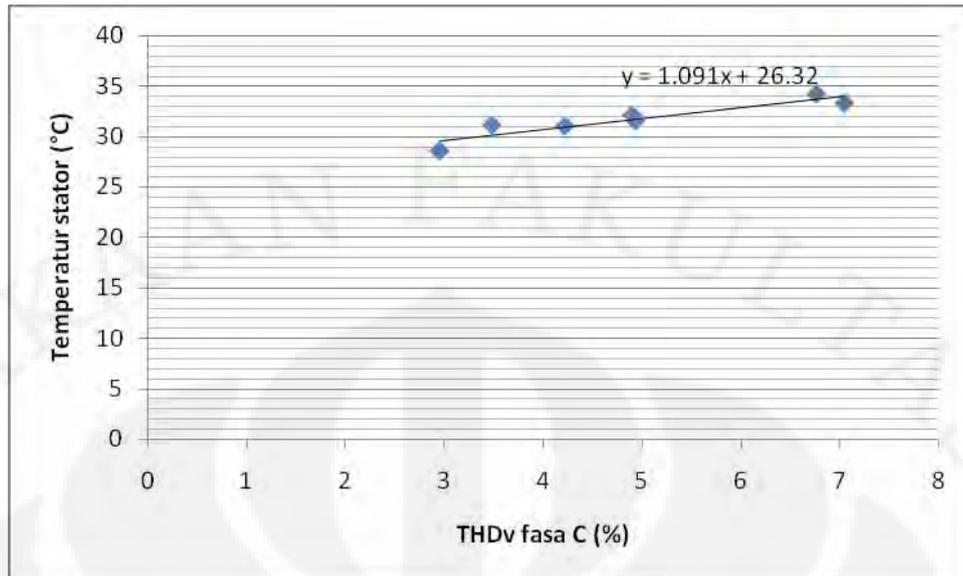
Berdasarkan data hasil percobaan diperoleh hubungan antara THD_v dengan temperatur pada stator yaitu sebagai berikut:



Gambar 4.7 Grafik hubungan THD_v fasa A dengan temperatur stator



Gambar 4.8 Grafik hubungan THD_v fasa B dengan temperatur stator



Gambar 4.9 Grafik hubungan THD_V fasa C dengan temperatur stator

Berdasarkan ketiga grafik di atas dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai THD_V yang terjadi semakin tinggi pula temperatur stator yang terjadi. Selain itu kondisi beban yang tidak seimbang juga berpengaruh terhadap kenaikan temperatur pada stator. Kondisi beban yang tidak seimbang ini dapat dilihat dari tegangan dan arus pada masing-masing fasa yang tidak sama. Kondisi ketidakseimbangan beban yang digunakan dapat direpresentasikan dengan ketidakseimbangan tegangan (*Unbalanced Voltage*) yang dapat ditulis dengan persamaan sebagai berikut:

$$\% \text{ unbalanced} = \frac{\text{penyimpangan teg. tertinggi dari teg. rata - rata}}{\text{tegangan rata - rata semua fasa}} \times 100 \quad (4.1)$$

Tabel 4.4 Ketidakseimbangan tegangan untuk masing-masing beban

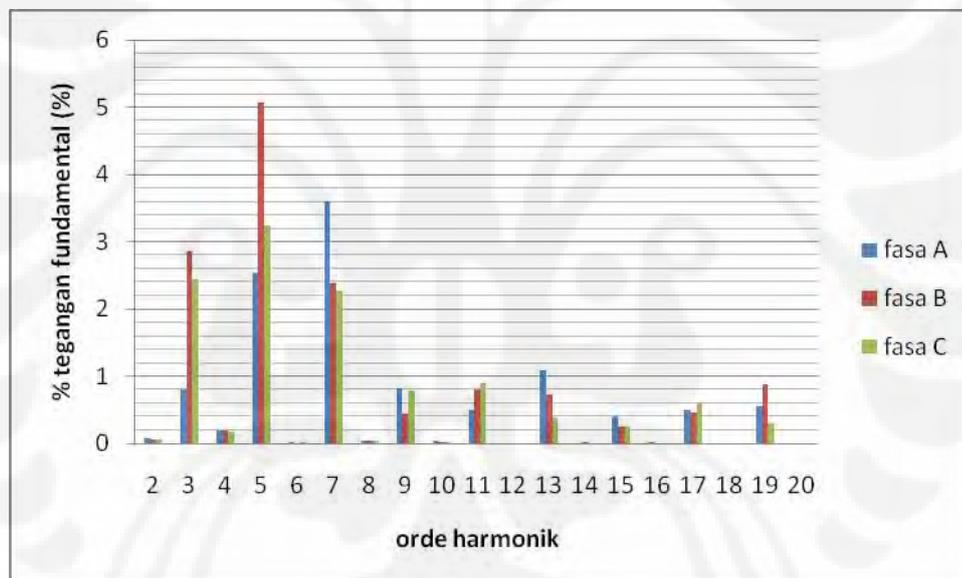
No	Tegangan fasa (V)			$THD_V(\%)$			V rata ² (V)	% unbalanced	T stator(°C)
	Va	Vb	Vc	Va	Vb	Vc			
1	238.88	234.76	237.43	2.74	2.87	2.95	237.02	0.78	28.5
2	254.14	249.76	253.35	4.83	6.54	4.9	252.42	1.05	32.1
3	249.7	245.01	248.14	4.06	4.13	4.22	247.62	1.05	31
4	246.43	242.22	245.35	4.93	6.81	4.93	244.67	1	31.5
5	223.68	222.39	221.49	6.91	6.95	7.04	222.52	0.52	33.3
6	230.16	228.74	227.64	3.29	3.36	3.48	228.85	0.57	31.1
7	241.59	239.88	239.55	6.57	6.71	6.76	240.34	0.52	32.5

Dari hasil pengujian ini, ketidakseimbangan beban tidak terlalu berpengaruh terhadap kenaikan temperatur pada stator. Hal ini mungkin disebabkan karena penggunaan beban dengan daya yang relatif kecil. Selain itu, presentase ketidakseimbangan beban juga relatif sangat kecil yaitu hanya berkisar 1 %.

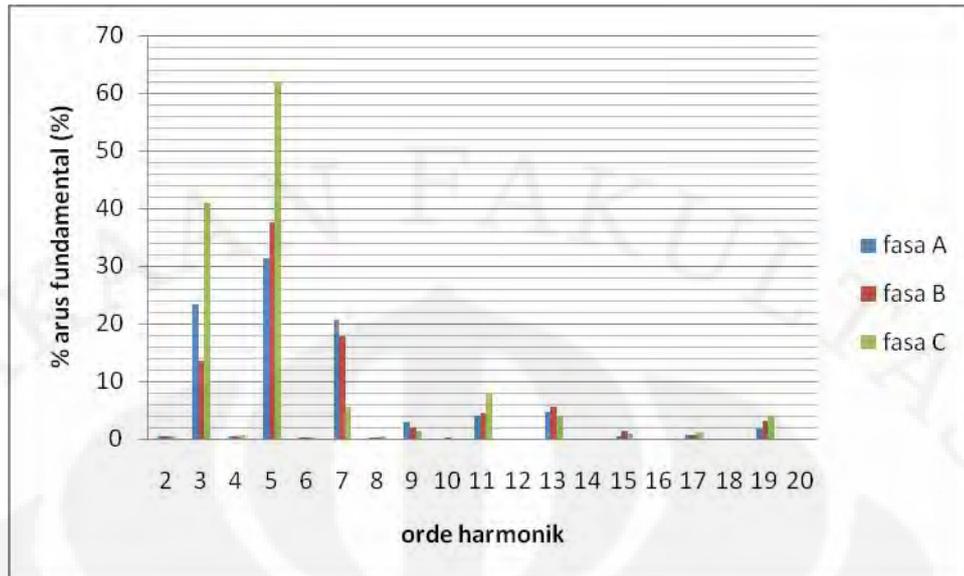
4.2.3 Pengaruh Hubungan Beban

4.2.3.1 Beban hubung bintang

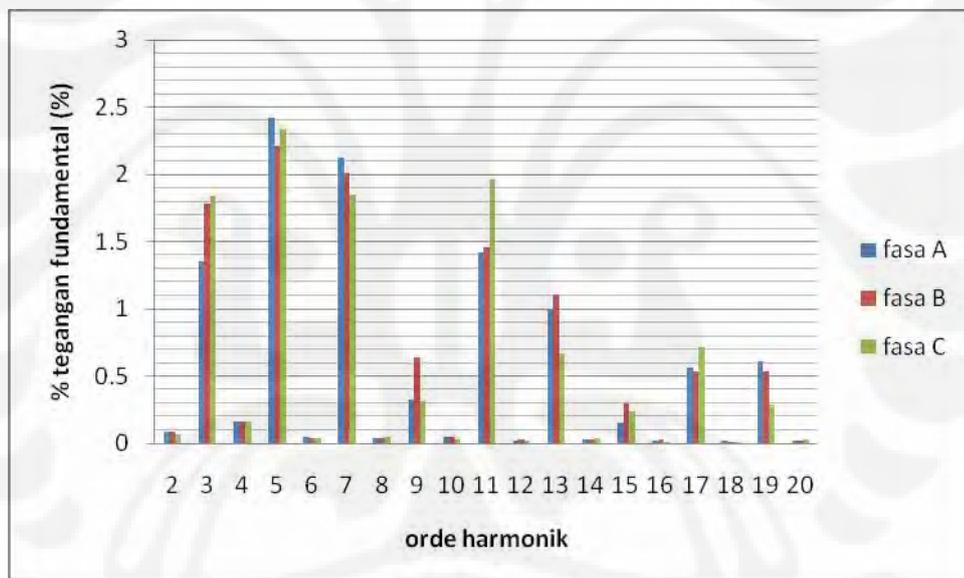
Gambar 4.10 sampai gambar 4.15 menunjukkan karakteristik harmonik dari arus maupun tegangan pada beban-beban pengujian yang dihubung bintang. Dapat diketahui bahwa harmonik arus dan yang terjadi didominasi oleh orde 3, 5 dan 7 untuk beban lampu I dan lampu III serta orde 5, 7, dan 11 untuk beban lampu II.



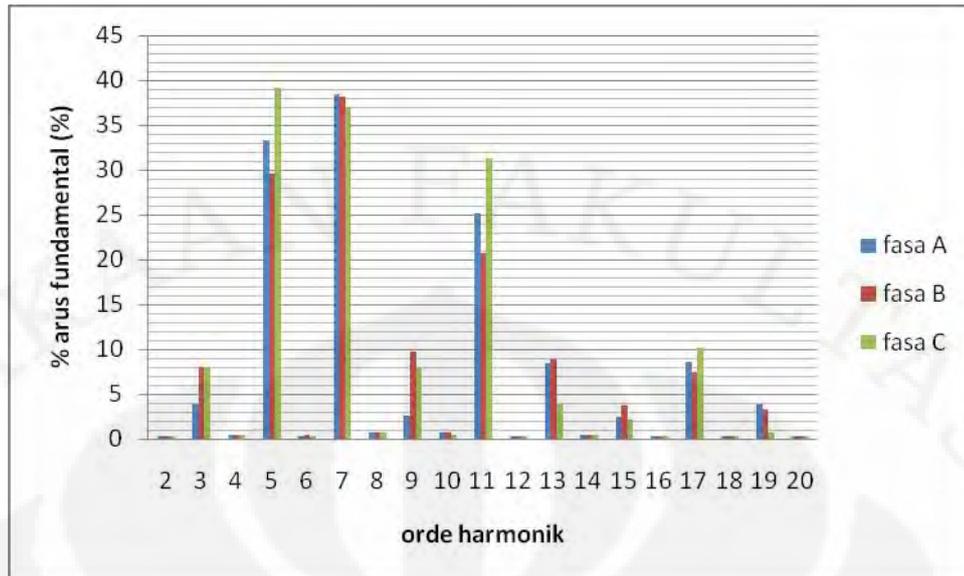
Gambar 4.10 Harmonik tegangan pada beban lampu I Y



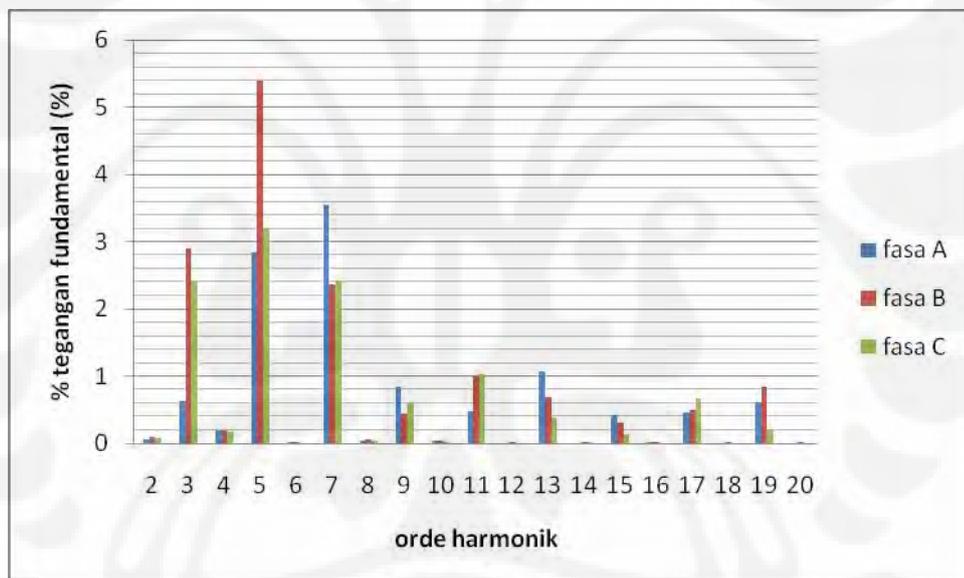
Gambar 4.11 Harmonik arus pada beban lampu I Y



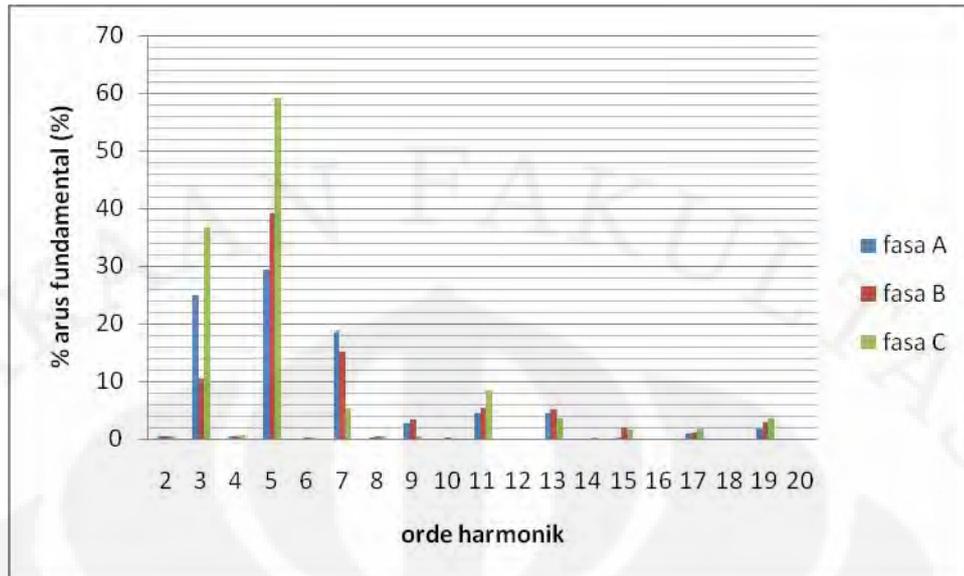
Gambar 4.12 Harmonik tegangan pada beban lampu II Y



Gambar 4.13 Harmonik arus pada beban lampu II Y

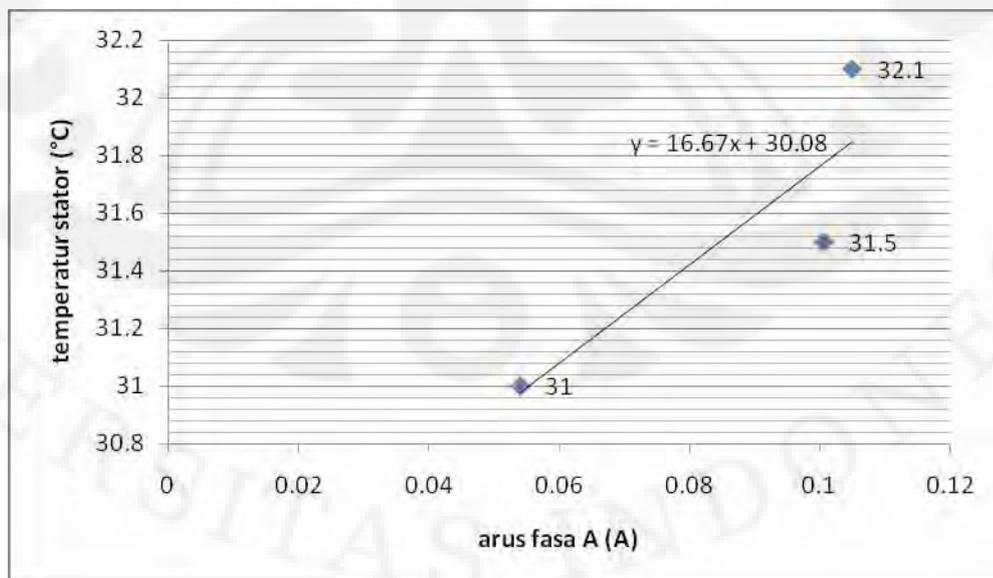


Gambar 4.14 Harmonik tegangan pada beban lampu III Y

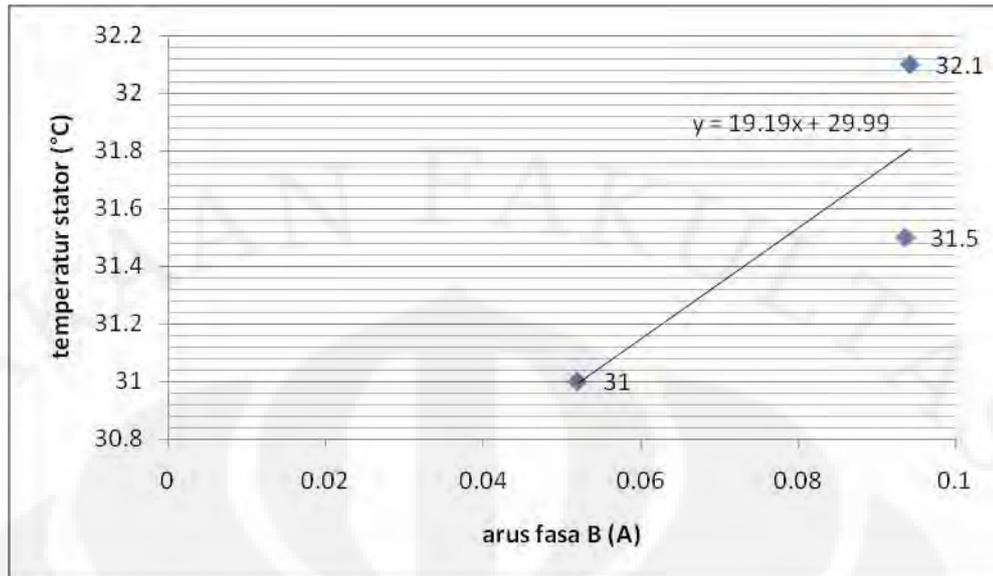


Gambar 4.15 Harmonik arus pada beban lampu III Y

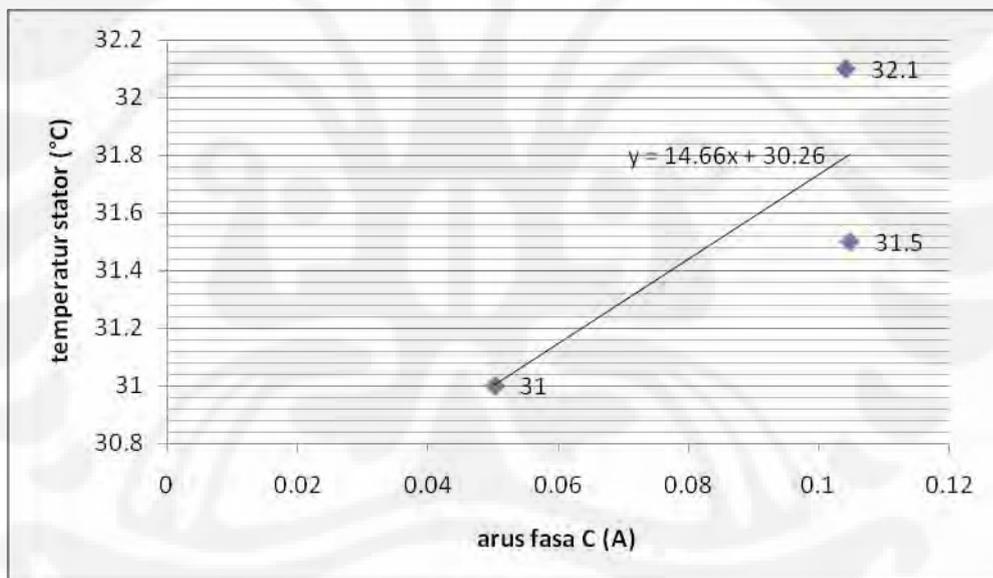
Pada pengujian beban mengandung harmonik yang dihubung bintang dihasilkan hubungan antara arus yang mengalir pada masing-masing fasa dengan temperatur pada kumparan stator generator serempak yaitu dapat dilihat pada gambar 4.16, gambar 4.17, dan gambar 4.18. Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar arus yang mengalir pada sisi beban, temperatur pada stator akan mengalami kenaikan. Kenaikkan arus pada sisi beban ini dapat disebabkan oleh adanya tambahan arus akibat harmonik yang terjadi.



Gambar 4.16 Grafik hubungan arus fasa A hubung bintang dengan temperatur stator.



Gambar 4.17 Grafik hubungan arus fasa B hubung bintang dengan temperatur stator.

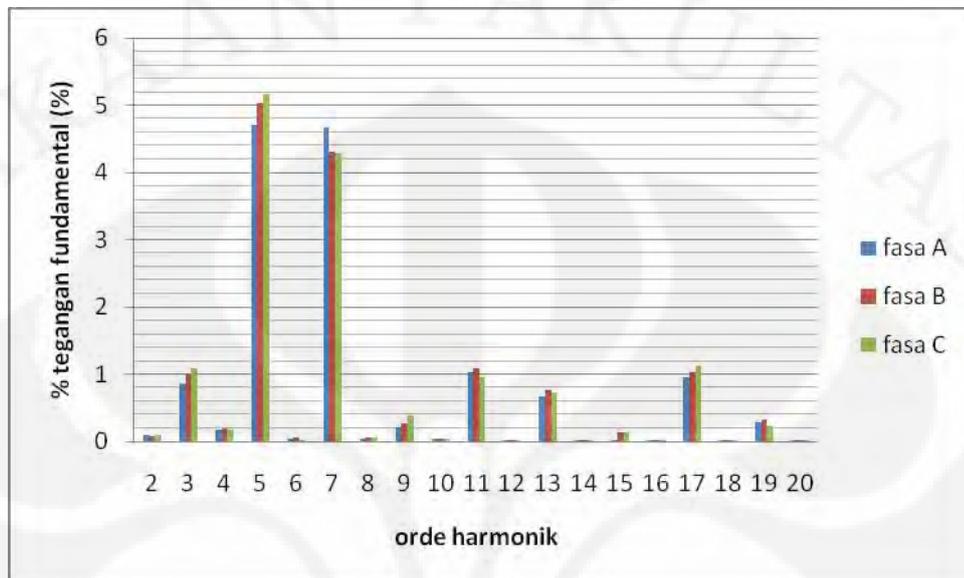


Gambar 4.18 Grafik hubungan arus fasa C hubung bintang dengan temperatur stator.

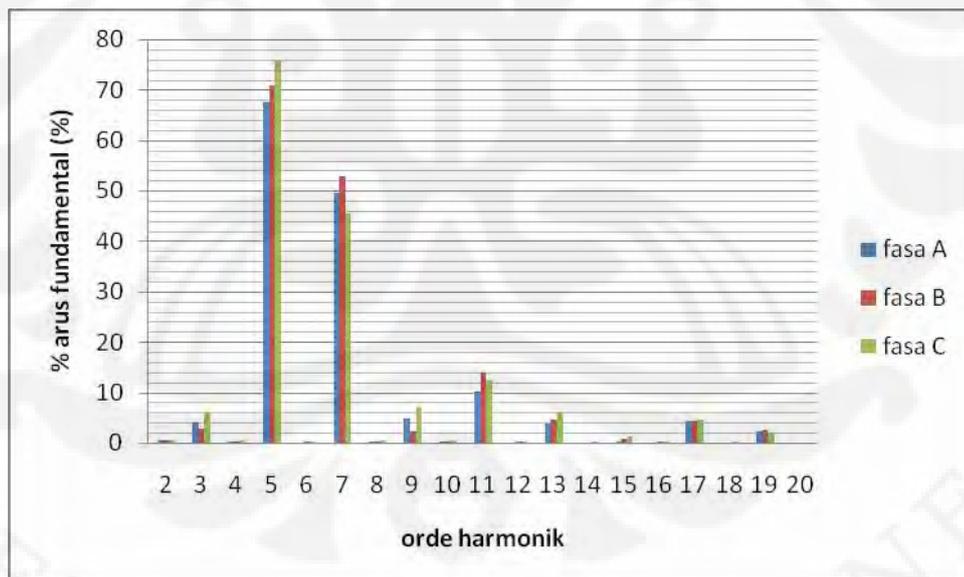
4.2.3.2 Beban hubung delta

Gambar 4.19 sampai 4.24 menunjukkan karakteristik harmonik arus maupun tegangan pada masing-masing beban yang dihubungkan delta. Harmonik arus yang terjadi didominasi oleh orde 5 dan 7 pada beban lampu I, II, dan III. Adanya harmonik arus ini akan meningkatkan nilai RMS arus yang mengalir pada beban.

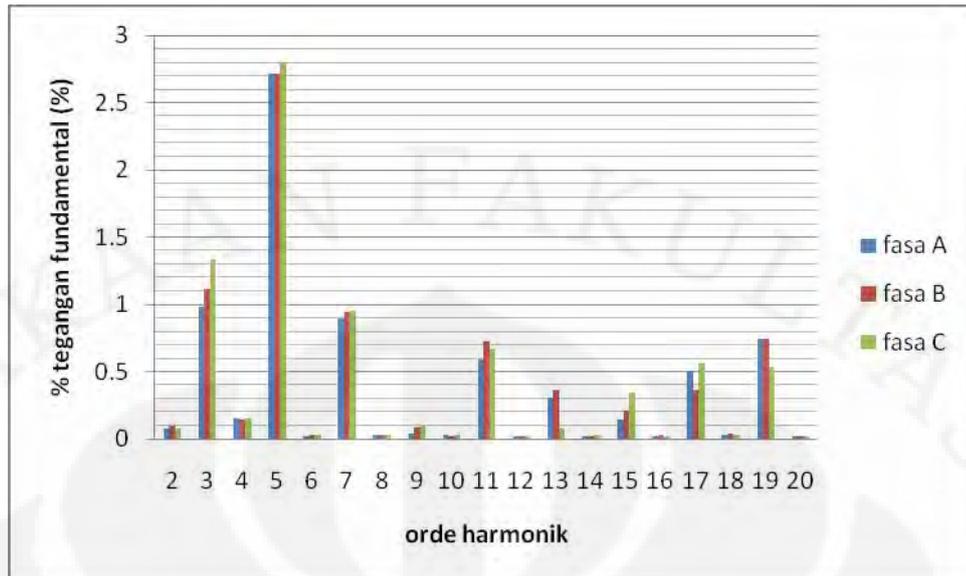
Pada beban yang terhubung delta ini terlihat komponen harmonik orde 3 relatif kecil jika dibandingkan dengan beban yang terhubung bintang. Hal ini disebabkan komponen urutan nol tidak mengalir pada saluran beban hubung delta.



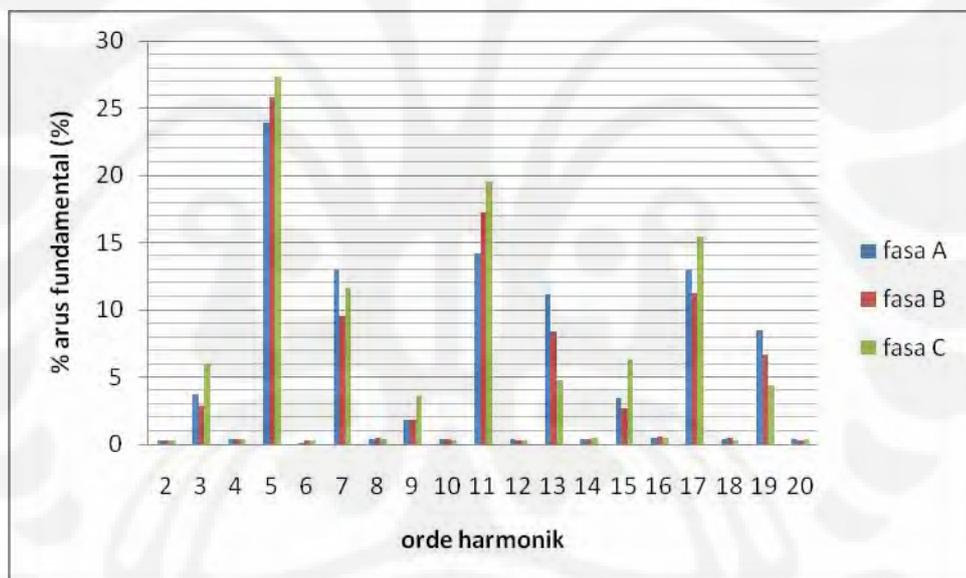
Gambar 4.19 Harmonik tegangan pada beban lampu I Δ



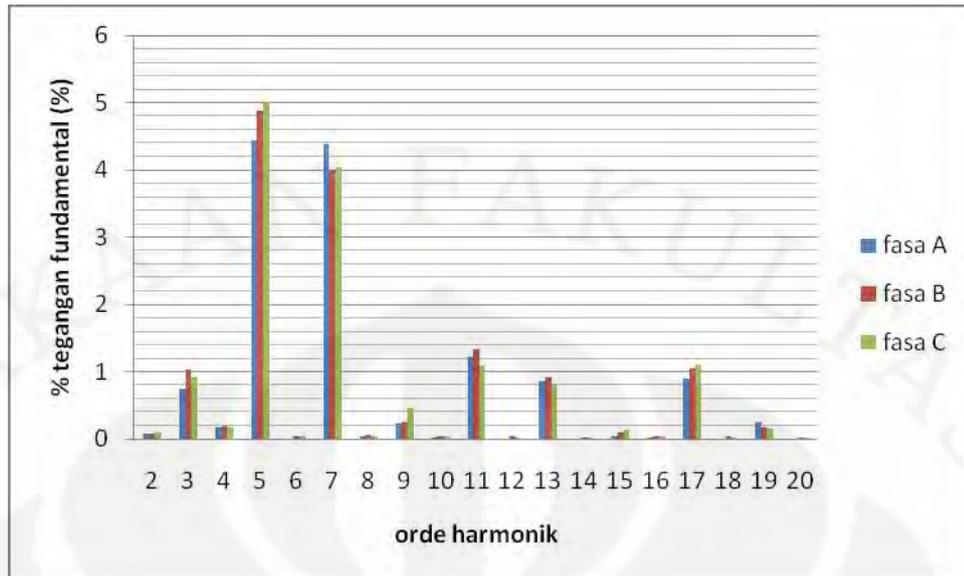
Gambar 4.20 Harmonik arus pada beban lampu I Δ



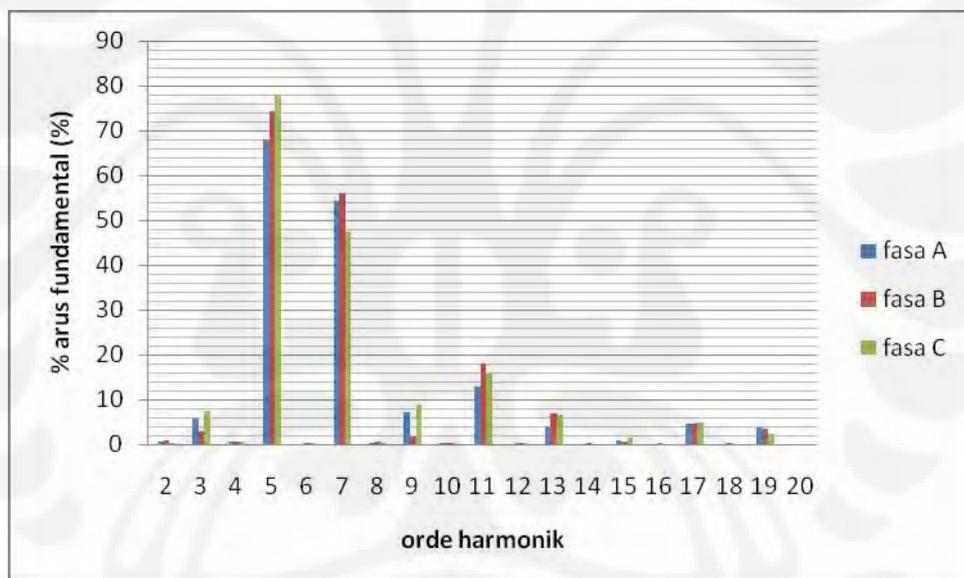
Gambar 4.21 Harmonik tegangan pada beban II Δ



Gambar 4.22 Harmonik arus pada beban lampu II Δ

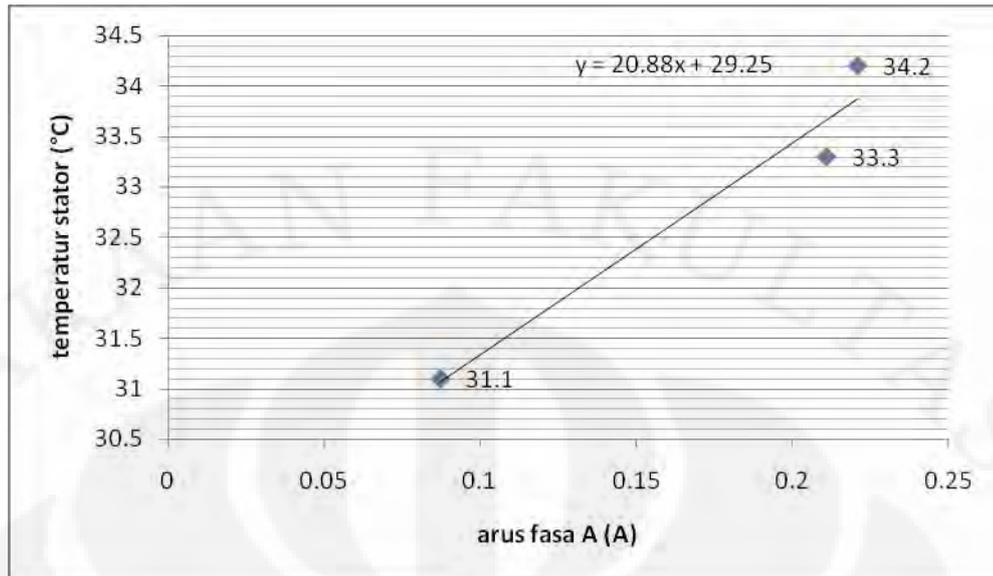


Gambar 4.23 Harmonik tegangan pada beban lampu III Δ

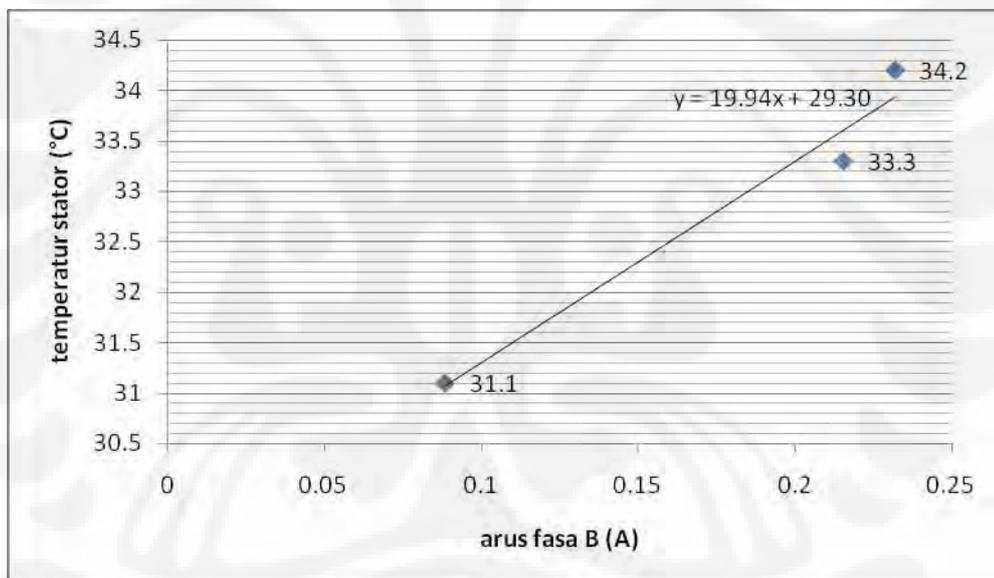


Gambar 4.24 Harmonik arus pada beban lampu III Δ

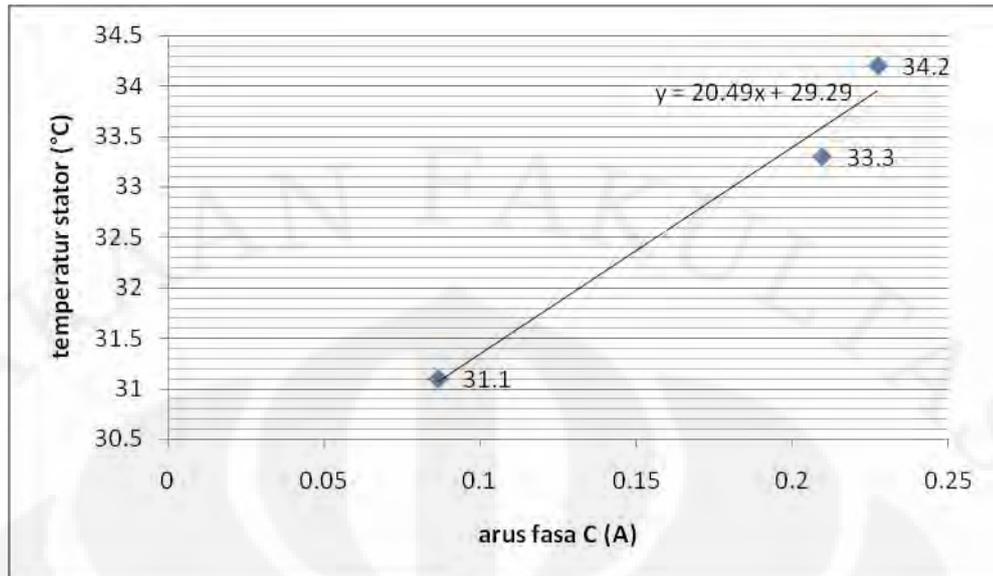
Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pengukuran, didapatkan grafik yang menyatakan hubungan arus yang mengalir pada tiap fasa dengan temperatur pada stator. Hal yang sama dengan beban hubung bintang, pada beban yang dihubung delta ini diperoleh juga bahwa kenaikan arus yang mengalir pada beban akan diikuti kenaikan temperatur pada stator. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4.25, gambar 4.26, dan gambar 4.27.



Gambar 4.25 Grafik hubungan arus fasa A hubung delta dengan temperatur stator



Gambar 4.26 Grafik hubungan arus fasa B hubung delta dengan temperatur stator



Gambar 4.27 Grafik hubungan arus fasa C hubung delta dengan temperatur stator

BAB 5 KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Generator serempak menghasilkan harmonik meskipun relatif kecil yaitu rata-rata sebesar 2,85 % THD_V dan 2,86 % THD_I untuk masing-masing fasa.
2. Pengaruh *Total Harmonic Distortion* (THD) di bawah standard (5% THD_V dan 20 % THD_I) terhadap temperatur stator dapat diabaikan.
3. Semakin besar *Total Harmonic Distortion* (THD), temperatur stator semakin tinggi.
4. Komponen harmonik yang terjadi pada beban yang dihubung bintang didominasi oleh orde 3, 5, dan 7, sedangkan pada beban hubung delta didominasi oleh orde 5, dan 7.

DAFTAR ACUAN

- [1] *Electrical Energy Technology*. Chapter 6. Synchronous machine
- [2] Chapman, Stephen J.. (2002). *Electric Machinery and Power System Fundamentals*. McGraw-Hill
- [3] Masri, Syafrudin. (2004). *Analisis Kualitas Daya Sistem Distribusi Perumahan Modern*. Volume 3 No. 2
- [4] Dugan, Roger C., McGranaghan, Mark F., Santoso, Surya, Beaty, H. Wayne. *Electrical Power System Quality, Second Edition*. McGraw-Hill
- [5] Arrillaga, J., Watson N.R.. *Power System Harmonics, Second Edition*. John Willey & Son Ltd.
- [6] De La Rosa, Francisco C.. (2006). *Harmonic And Power System*. CRC Press.
- [7] Sankaran, C.. (2002). *Power Quality*. CRC Press LLC
- [8] Baggini, Angelo. (2008). *Handbook of Power Quality*. John Willey & Son Ltd.
- [9] Vedam, R.Sastry, Salma, Mulukutla S.. (2009). *Power Quality - VAR Compensation in Power System*. CRC Press.

DAFTAR REFERENSI

- Arrillaga, J., Watson N.R.. *Power System Harmonics, Second Edition*. John Willey & Son Ltd.
- Baggini, Angelo. (2008). *Handbook of Power Quality*. John Willey & Son Ltd.
- Chapman, Stephen J.. (2002). *Electric Machinery and Power System Fundamentals*. McGraw-Hill.
- De La Rosa, Francisco C.. (2006). *Harmonic And Power System*. CRC Press.
- Dugan, Roger C., McGranaghan, Mark F., Santoso, Surya, Beaty, H. Wayne. *Electrical Power System Quality, Second Edition*. McGraw-Hill
- Masri, Syafrudin. (2004). *Analisis Kualitas Daya Sistem Distribusi Perumahan Moderen*. Volume 3 No. 2
- Munandir, Adi. (2003). *Analisis Efek Tegangan Harmonik pada Unjuk Kerja Motor Induksi*.
- Sankaran, C.. (2002). *Power Quality*. CRC Press LLC
- Tolbert, Leon M.. (1996). *Harmonic Analysis of Electrical Distribution Systems*. Oak Ridge National Laboratory.
- Vedam, R.Sastry, Salma, Mulukutla S.. (2009). *Power Quality - VAR Compensation in Power System*. CRC Press.

Lampiran 1: Data pengukuran beban tanpa harmonik

BEBAN TANPA HARMONIK.CSV
 Measurement period 5/26/2009 15:00:13 - 5/26/2009 15:01:57
 Display period 5/26/2009 15:01:13
 Measurement interval 1 Minute

LVL_U1: Harmonic level voltage CH1 Average value , BEBAN TANPA HARMONIK.CSV[V]

Order	[V]	[%]	[°]	Order	[V]	[%]	[°]
1	238.79	100.00	29.39	21	0.01	0.01	76.46
2	0.22	0.09	-159.33	22	0.01	0.00	-86.07
3	2.68	1.12	-120.16	23	0.01	0.00	122.29
4	0.38	0.16	-121.16	24	0.01	0.00	-35.48
5	5.72	2.39	-27.33	25	0.01	0.01	174.68
6	0.03	0.01	-175.89	26	0.01	0.00	-174.46
7	1.20	0.50	-152.79	27	0.01	0.00	122.49
8	0.06	0.03	-99.76	28	0.01	0.00	-6.88
9	0.04	0.02	-160.37	29	0.01	0.00	-117.26
10	0.05	0.02	58.68	30	0.01	0.00	4.95
11	0.13	0.05	169.75	31	0.01	0.01	167.73
12	0.01	0.00	-63.95	32	0.01	0.00	54.20
13	0.09	0.04	66.49	33	0.01	0.01	-128.59
14	0.02	0.01	127.38	34	0.00	0.00	-23.99
15	0.06	0.03	-82.21	35	0.07	0.03	93.39
16	0.04	0.02	74.03	36	0.01	0.00	47.23
17	0.93	0.39	-149.09	37	0.09	0.04	-148.21
18	0.02	0.01	-4.38	38	0.01	0.00	-170.36
19	0.67	0.28	-30.39	39	0.01	0.00	-40.31
20	0.01	0.00	15.49	40	0.01	0.00	96.72
TOTAL	238.88						
THD-F		2.74					

BEBAN TANPA HARMONIK.CSV

Measurement period 5/26/2009 15:00:13 - 5/26/2009 15:01:57

Display period 5/26/2009 15:01:13

Measurement interval 1 Minute

LVL_U2: Harmonic level voltage CH2 Average value , BEBAN TANPA HARMONIK.CSV[V]

Order	[V]	[%]	[°]	Order	[V]	[%]	[°]
1	234.60	100.00	-90.44	21	0.01	0.00	-119.83
2	0.21	0.09	79.46	22	0.01	0.01	86.55
3	3.59	1.53	133.58	23	0.02	0.01	-96.62
4	0.38	0.16	123.86	24	0.01	0.00	129.49
5	5.41	2.31	92.21	25	0.02	0.01	6.01
6	0.04	0.02	1.30	26	0.01	0.00	-104.43
7	1.21	0.51	86.40	27	0.01	0.01	-90.64
8	0.06	0.03	22.81	28	0.01	0.00	-151.58
9	0.06	0.02	68.49	29	0.00	0.00	-143.33
10	0.06	0.02	-22.21	30	0.01	0.00	-170.29
11	0.12	0.05	-84.38	31	0.01	0.01	15.77
12	0.01	0.00	143.40	32	0.01	0.00	-155.23
13	0.09	0.04	-48.48	33	0.01	0.01	16.59
14	0.02	0.01	-155.36	34	0.00	0.00	-52.01
15	0.08	0.03	65.63	35	0.07	0.03	-144.37
16	0.04	0.02	-156.75	36	0.01	0.00	-179.83
17	0.95	0.40	-24.21	37	0.10	0.04	95.51
18	0.02	0.01	-87.84	38	0.01	0.00	91.67
19	0.72	0.31	-148.97	39	0.00	0.00	179.65
20	0.01	0.00	-29.67	40	0.00	0.00	-89.55
TOTAL	234.69						
THD-F		2.87					

BEBAN TANPA HARMONIK.CSV

Measurement period 5/26/2009 15:00:13 - 5/26/2009 15:01:57

Display period 5/26/2009 15:01:13

Measurement interval 1 Minute

LVL_U3: Harmonic level voltage CH3 Average value , BEBAN TANPA HARMONIK.CSV[V]

Order	[V]	[%]	[°]	Order	[V]	[%]	[°]
1	237.33	100.00	150.35	21	0.01	0.00	-52.16
2	0.22	0.09	-52.28	22	0.01	0.00	-133.13
3	3.83	1.61	-4.27	23	0.02	0.01	64.28
4	0.38	0.16	-16.67	24	0.01	0.00	-70.30
5	5.61	2.36	-150.27	25	0.01	0.00	-159.86
6	0.01	0.01	147.85	26	0.01	0.00	50.87
7	1.19	0.50	-33.31	27	0.01	0.00	36.81
8	0.06	0.03	152.68	28	0.01	0.00	97.80
9	0.04	0.02	-66.45	29	0.01	0.00	50.84
10	0.05	0.02	-176.16	30	0.00	0.00	40.31
11	0.15	0.06	41.27	31	0.01	0.00	-69.25
12	0.01	0.00	-21.18	32	0.00	0.00	-76.62
13	0.10	0.04	-173.24	33	0.01	0.00	117.01
14	0.03	0.01	11.32	34	0.01	0.00	142.88
15	0.04	0.02	-164.07	35	0.07	0.03	-22.66
16	0.04	0.02	-35.06	36	0.01	0.00	-98.81
17	0.87	0.37	94.24	37	0.10	0.04	-26.76
18	0.03	0.01	125.85	38	0.01	0.00	-37.93
19	0.71	0.30	86.63	39	0.01	0.00	129.69
20	0.01	0.01	158.41	40	0.00	0.00	-77.60
TOTAL	237.43						
THD-F		2.95					

BEBAN TANPA HARMONIK.CSV

Measurement period 5/26/2009 15:00:13 - 5/26/2009 15:01:57

Display period 5/26/2009 15:01:13

Measurement interval 1 Minute

LVL_I1: Harmonic level current CH1 Average value Circuit 1 , BEBAN TANPA HARMONIK.CSV[A]

Order	[A]	[%]	[°]	Order	[A]	[%]	[°]
1	0.3127	100.00	0.92	21	0.0001	0.02	40.61
2	0.0003	0.09	174.09	22	0.0001	0.02	-35.83
3	0.0042	1.33	-157.67	23	0.0001	0.02	-50.33
4	0.0005	0.16	155.33	24	0.0001	0.02	149.51
5	0.0075	2.40	1.43	25	0.0001	0.02	63.31
6	0.0001	0.02	171.11	26	0.0001	0.02	-143.69
7	0.0016	0.50	177.72	27	0.0001	0.02	-108.58
8	0.0001	0.03	-132.43	28	0.0001	0.02	-177.14
9	0.0001	0.02	153.15	29	0.0001	0.02	-56.17
10	0.0001	0.03	13.42	30	0.0001	0.02	-112.02
11	0.0002	0.06	-159.88	31	0.0001	0.02	-112.55
12	0.0001	0.02	142.74	32	0.0001	0.02	179.99
13	0.0001	0.05	44.82	33	0.0001	0.02	-61.13
14	0.0001	0.02	125.00	34	0.0001	0.02	160.15
15	0.0001	0.02	-26.37	35	0.0001	0.03	139.82
16	0.0001	0.04	127.46	36	0.0001	0.02	166.56
17	0.0011	0.37	-117.95	37	0.0001	0.04	-169.12
18	0.0001	0.02	-35.54	38	0.0001	0.02	155.38
19	0.0009	0.29	-60.55	39	0.0001	0.02	-130.81
20	0.0001	0.02	137.11	40	0.0001	0.03	175.85
TOTAL	0.3128						
THD-F		2.84					

BEBAN TANPA HARMONIK.CSV

Measurement period 5/26/2009 15:00:13 - 5/26/2009 15:01:57

Display period 5/26/2009 15:01:13

Measurement interval 1 Minute

LVL_I2: Harmonic level current CH2 Average value Circuit 1 , BEBAN TANPA HARMONIK.CSV[A]

Order	[A]	[%]	[°]	Order	[A]	[%]	[°]
1	0.3097	100.00	-120.09	21	0.0001	0.02	-91.16
2	0.0003	0.09	58.96	22	0.0001	0.02	78.15
3	0.0038	1.23	103.11	23	0.0001	0.02	-82.59
4	0.0005	0.16	96.89	24	0.0001	0.02	118.01
5	0.0073	2.35	123.99	25	0.0001	0.02	7.49
6	0.0001	0.02	5.80	26	0.0001	0.02	-84.43
7	0.0016	0.51	57.40	27	0.0001	0.02	-86.11
8	0.0001	0.03	59.06	28	0.0001	0.02	165.10
9	0.0001	0.03	51.11	29	0.0000	0.02	-34.24
10	0.0001	0.03	-61.16	30	0.0000	0.02	-179.71
11	0.0002	0.05	-43.94	31	0.0001	0.02	-7.00
12	0.0000	0.02	116.85	32	0.0001	0.02	-179.23
13	0.0001	0.04	-77.37	33	0.0001	0.02	18.79
14	0.0001	0.02	-154.76	34	0.0001	0.02	-67.13
15	0.0001	0.04	80.18	35	0.0001	0.04	-114.46
16	0.0001	0.02	-142.06	36	0.0001	0.02	-178.06
17	0.0013	0.41	4.67	37	0.0001	0.04	64.67
18	0.0001	0.02	-106.53	38	0.0001	0.02	82.14
19	0.0009	0.29	-176.98	39	0.0001	0.02	115.20
20	0.0001	0.02	3.13	40	0.0001	0.02	-169.76
TOTAL	0.3098						
THD-F		2.76					

BEBAN TANPA HARMONIK.CSV
 Measurement period 5/26/2009 15:00:13 - 5/26/2009 15:01:57
 Display period 5/26/2009 15:01:13
 Measurement interval 1 Minute

LVL_I3: Harmonic level current CH3 Average value Circuit 1 , BEBAN TANPA HARMONIK.CSV[A]

Order	[A]	[%]	[°]	Order	[A]	[%]	[°]
1	0.3061	100.00	120.98	21	0.0000	0.02	64.08
2	0.0003	0.09	-75.74	22	0.0000	0.02	-87.10
3	0.0052	1.70	-24.27	23	0.0001	0.02	74.05
4	0.0005	0.16	-29.61	24	0.0000	0.02	-41.08
5	0.0071	2.32	-119.08	25	0.0001	0.02	-166.19
6	0.0001	0.02	166.19	26	0.0000	0.02	68.05
7	0.0016	0.51	-63.03	27	0.0000	0.02	93.99
8	0.0001	0.03	173.87	28	0.0000	0.02	51.79
9	0.0001	0.03	-87.83	29	0.0001	0.02	53.79
10	0.0001	0.03	175.06	30	0.0000	0.02	84.21
11	0.0002	0.06	66.21	31	0.0001	0.02	-148.23
12	0.0000	0.02	-20.00	32	0.0001	0.02	6.02
13	0.0001	0.04	162.66	33	0.0001	0.02	154.53
14	0.0001	0.02	8.81	34	0.0000	0.02	-177.32
15	0.0001	0.03	-130.36	35	0.0001	0.03	11.45
16	0.0001	0.02	0.94	36	0.0000	0.02	-52.66
17	0.0012	0.39	127.82	37	0.0001	0.04	-52.97
18	0.0001	0.02	115.91	38	0.0001	0.02	-63.85
19	0.0010	0.31	59.62	39	0.0001	0.02	118.22
20	0.0001	0.02	142.24	40	0.0000	0.02	-39.05
TOTAL	0.3062						
THD-F		2.97					

Lampiran 2: Data pengukuran beban lampu I bintang

BEBAN LAMPU I BINTANG.CSV
 Measurement period 5/26/2009 15:29:18 - 5/26/2009 15:34:22
 Display period 5/26/2009 15:32:18
 Measurement interval 1 Minute

LVL_U1: Harmonic level voltage CH1 Average value , BEBAN LAMPU I BINTANG.CSV[V]

Order	[V]	[%]	[°]	Order	[V]	[%]	[°]
1	253.84	100.00	29.37	21	0.71	0.28	-142.36
2	0.20	0.08	47.71	22	0.04	0.02	93.82
3	2.04	0.80	-125.49	23	0.24	0.09	-1.80
4	0.47	0.19	-166.36	24	0.02	0.01	77.98
5	6.43	2.53	-2.40	25	0.78	0.31	-153.52
6	0.08	0.03	-59.07	26	0.01	0.00	-24.18
7	9.16	3.61	-58.18	27	0.56	0.22	73.81
8	0.10	0.04	161.99	28	0.03	0.01	-153.48
9	2.09	0.82	162.39	29	0.21	0.08	-126.34
10	0.10	0.04	174.07	30	0.03	0.01	3.42
11	1.29	0.51	-89.44	31	0.52	0.20	67.14
12	0.03	0.01	-144.71	32	0.01	0.00	-45.85
13	2.75	1.08	145.97	33	0.46	0.18	-69.45
14	0.03	0.01	-2.17	34	0.03	0.01	55.93
15	1.02	0.40	4.50	35	0.21	0.08	72.05
16	0.06	0.02	38.99	36	0.03	0.01	87.59
17	1.25	0.49	166.07	37	0.23	0.09	-62.19
18	0.02	0.01	111.76	38	0.01	0.00	131.34
19	1.43	0.56	-36.25	39	0.38	0.15	149.39
20	0.01	0.00	51.03	40	0.02	0.01	8.39
TOTAL	254.14						
THD-F		4.83					

BEBAN LAMPU I BINTANG.CSV
 Measurement period 5/26/2009 15:29:18 - 5/26/2009 15:34:22
 Display period 5/26/2009 15:32:18
 Measurement interval 1 Minute

LVL_U2: Harmonic level voltage CH2 Average value , BEBAN LAMPU I BINTANG.CSV[V]

Order	[V]	[%]	[°]	Order	[V]	[%]	[°]
1	249.22	100.00	-90.24	21	0.69	0.28	52.58
2	0.19	0.08	-92.41	22	0.04	0.02	13.20
3	7.15	2.87	108.73	23	0.08	0.03	14.58
4	0.48	0.19	120.71	24	0.04	0.02	-52.29
5	12.62	5.06	142.98	25	1.17	0.47	-16.74
6	0.04	0.02	167.08	26	0.02	0.01	-143.68
7	5.95	2.39	159.50	27	0.68	0.27	-109.09
8	0.12	0.05	24.20	28	0.04	0.02	170.08
9	1.13	0.45	50.94	29	0.31	0.12	115.98
10	0.08	0.03	-34.85	30	0.04	0.02	129.17
11	2.03	0.81	5.50	31	0.76	0.31	-166.89
12	0.04	0.02	-99.67	32	0.03	0.01	16.81
13	1.84	0.74	-43.30	33	0.61	0.25	93.52
14	0.06	0.02	-133.84	34	0.04	0.01	29.35
15	0.66	0.26	-135.13	35	0.39	0.16	-28.42
16	0.04	0.02	179.53	36	0.04	0.01	-1.85
17	1.17	0.47	-90.98	37	0.47	0.19	29.29
18	0.04	0.02	82.29	38	0.04	0.02	-93.16
19	2.22	0.89	139.44	39	0.52	0.21	-61.80
20	0.03	0.01	98.94	40	0.03	0.01	-173.40
TOTAL	249.76						
THD-F		6.54					

BEBAN LAMPU I BINTANG.CSV
 Measurement period 5/26/2009 15:29:18 - 5/26/2009 15:34:22
 Display period 5/26/2009 15:32:18
 Measurement interval 1 Minute

LVL_U3: Harmonic level voltage CH3 Average value , BEBAN LAMPU I BINTANG.CSV[V]

Order	[V]	[%]	[°]	Order	[V]	[%]	[°]
1	253.05	100.00	150.47	21	0.18	0.07	-36.23
2	0.19	0.07	-161.48	22	0.04	0.01	-161.17
3	6.18	2.44	-55.78	23	0.32	0.13	-177.54
4	0.46	0.18	-30.82	24	0.03	0.01	134.45
5	8.19	3.24	-63.51	25	0.80	0.32	121.67
6	0.07	0.03	117.02	26	0.02	0.01	54.23
7	5.74	2.27	82.54	27	0.12	0.05	57.61
8	0.11	0.04	-77.19	28	0.04	0.02	1.39
9	1.98	0.78	-49.58	29	0.28	0.11	-22.19
10	0.07	0.03	129.53	30	0.02	0.01	-71.31
11	2.31	0.91	151.60	31	0.62	0.25	-29.15
12	0.03	0.01	43.37	32	0.03	0.01	-165.37
13	0.98	0.39	-16.38	33	0.22	0.09	-123.04
14	0.05	0.02	75.73	34	0.04	0.02	-125.29
15	0.67	0.27	145.26	35	0.41	0.16	-177.64
16	0.04	0.01	-26.85	36	0.02	0.01	-124.13
17	1.51	0.60	35.17	37	0.52	0.20	-176.85
18	0.03	0.01	-88.20	38	0.04	0.01	49.54
19	0.80	0.32	-48.29	39	0.28	0.11	72.77
20	0.03	0.01	-107.75	40	0.03	0.01	5.88
TOTAL	253.35						
THD-F		4.90					

BEBAN LAMPU | BINTANG.CSV

Measurement period 5/26/2009 15:29:18 - 5/26/2009 15:34:22

Display period 5/26/2009 15:32:18

Measurement interval 1 Minute

LVL_J1: Harmonic level current CH1 Average value Circuit 1 , BEBAN LAMPU | BINTANG.CSV[A]

Order	[A]	[%]	[°]	Order	[A]	[%]	[°]
1	0.0958	100.00	7.62	21	0.0002	0.25	141.31
2	0.0006	0.58	124.97	22	0.0001	0.09	39.36
3	0.0225	23.44	-173.15	23	0.0007	0.77	98.62
4	0.0005	0.50	-129.82	24	0.0001	0.09	64.46
5	0.0300	31.33	-124.88	25	0.0012	1.29	22.31
6	0.0004	0.40	24.21	26	0.0001	0.06	-50.54
7	0.0198	20.69	64.76	27	0.0004	0.43	-56.29
8	0.0003	0.32	-147.67	28	0.0001	0.09	150.90
9	0.0029	3.00	-139.13	29	0.0005	0.56	-80.26
10	0.0002	0.18	168.98	30	0.0001	0.06	67.93
11	0.0040	4.19	76.01	31	0.0008	0.85	-127.23
12	0.0001	0.12	-18.83	32	0.0001	0.09	161.26
13	0.0045	4.65	-70.10	33	0.0004	0.45	141.27
14	0.0001	0.10	38.49	34	0.0001	0.08	32.20
15	0.0005	0.54	36.32	35	0.0004	0.45	117.73
16	0.0001	0.11	-11.27	36	0.0001	0.08	-144.28
17	0.0008	0.83	-81.57	37	0.0006	0.59	71.80
18	0.0001	0.10	-99.91	38	0.0001	0.07	2.48
19	0.0019	1.94	174.76	39	0.0004	0.46	-21.20
20	0.0001	0.08	41.99	40	0.0001	0.09	-94.94
TOTAL	0.1050						
THD-F		44.92					

BEBAN LAMPU | BINTANG.CSV

Measurement period 5/26/2009 15:29:18 - 5/26/2009 15:34:22

Display period 5/26/2009 15:32:18

Measurement interval 1 Minute

LVL_J2: Harmonic level current CH2 Average value Circuit 1 , BEBAN LAMPU | BINTANG.CSV[A]

Order	[A]	[%]	[°]	Order	[A]	[%]	[°]
1	0.0861	100.00	-118.06	21	0.0011	1.26	116.97
2	0.0005	0.60	-25.52	22	0.0001	0.11	126.22
3	0.0117	13.60	-178.59	23	0.0007	0.79	-88.89
4	0.0005	0.59	-119.51	24	0.0001	0.08	37.69
5	0.0323	37.55	-56.12	25	0.0017	1.92	116.14
6	0.0002	0.25	143.83	26	0.0001	0.07	-94.66
7	0.0153	17.82	-120.62	27	0.0010	1.11	-20.34
8	0.0003	0.39	81.32	28	0.0001	0.09	86.93
9	0.0019	2.21	24.66	29	0.0006	0.65	161.79
10	0.0002	0.25	8.63	30	0.0001	0.08	-7.39
11	0.0039	4.55	145.99	31	0.0010	1.19	-25.63
12	0.0001	0.10	-151.64	32	0.0001	0.07	157.42
13	0.0049	5.75	66.25	33	0.0008	0.94	-160.27
14	0.0001	0.11	-133.03	34	0.0001	0.08	81.33
15	0.0013	1.55	-109.40	35	0.0006	0.66	34.30
16	0.0001	0.16	-125.03	36	0.0001	0.08	-151.15
17	0.0007	0.77	1.20	37	0.0006	0.69	-157.62
18	0.0001	0.10	166.73	38	0.0001	0.07	-93.37
19	0.0027	3.09	-104.25	39	0.0006	0.73	58.81
20	0.0001	0.08	48.04	40	0.0001	0.07	-125.70
TOTAL	0.0943						
THD-F		44.68					

BEBAN LAMPU | BINTANG.CSV

Measurement period 5/26/2009 15:29:18 - 5/26/2009 15:34:22

Display period 5/26/2009 15:32:18

Measurement interval 1 Minute

LVL_I3: Harmonic level current CH3 Average value Circuit 1 , BEBAN LAMPU | BINTANG.CSV[A]

Order	[A]	[%]	[°]	Order	[A]	[%]	[°]
1	0.0833	100.00	130.86	21	0.0013	1.53	-59.61
2	0.0005	0.66	-62.60	22	0.0001	0.12	-76.44
3	0.0341	40.97	5.08	23	0.0002	0.18	-34.21
4	0.0006	0.73	62.10	24	0.0001	0.12	-125.03
5	0.0515	61.83	90.99	25	0.0020	2.40	-102.43
6	0.0003	0.37	-121.14	26	0.0001	0.07	107.45
7	0.0048	5.75	-97.64	27	0.0013	1.55	150.04
8	0.0004	0.48	-43.55	28	0.0001	0.11	82.95
9	0.0012	1.42	68.87	29	0.0005	0.66	42.10
10	0.0001	0.12	-133.49	30	0.0001	0.09	71.60
11	0.0065	7.82	-69.59	31	0.0012	1.38	110.47
12	0.0001	0.12	174.91	32	0.0001	0.09	-39.21
13	0.0035	4.25	-175.00	33	0.0011	1.30	-0.90
14	0.0001	0.17	21.27	34	0.0001	0.09	-108.05
15	0.0009	1.13	86.75	35	0.0008	0.90	-109.00
16	0.0001	0.13	11.24	36	0.0001	0.09	56.21
17	0.0011	1.33	136.12	37	0.0005	0.56	-41.12
18	0.0001	0.15	37.10	38	0.0001	0.10	149.72
19	0.0034	4.14	43.47	39	0.0008	0.99	-151.85
20	0.0001	0.09	-90.15	40	0.0001	0.07	82.25
TOTAL	0.1042						
THD-F		75.19					

Lampiran 3: Data pengukuran beban lampu II bintang

BEBAN LAMPU II BINTANG.CSV
 Measurement period 5/26/2009 16:15:58 - 5/26/2009 16:20:59
 Display period 5/26/2009 16:18:58
 Measurement interval 1 Minute

LVL_U1: Harmonic level voltage CH1 Average value , BEBAN LAMPU II BINTANG.CSV[V]

Order	[V]	[%]	[°]	Order	[V]	[%]	[°]
1	249.50	100.00	29.35	21	0.32	0.13	-12.96
2	0.21	0.09	77.46	22	0.03	0.01	71.06
3	3.38	1.35	-124.12	23	1.11	0.44	-160.33
4	0.41	0.16	-138.07	24	0.02	0.01	159.74
5	6.03	2.42	-58.59	25	0.42	0.17	139.77
6	0.11	0.04	129.15	26	0.04	0.02	-84.66
7	5.29	2.12	166.45	27	0.36	0.15	-101.72
8	0.09	0.04	89.43	28	0.02	0.01	-50.92
9	0.80	0.32	-168.57	29	0.76	0.30	99.69
10	0.12	0.05	-74.86	30	0.02	0.01	67.91
11	3.55	1.42	46.79	31	0.22	0.09	64.17
12	0.04	0.01	-147.07	32	0.04	0.02	93.69
13	2.47	0.99	-52.50	33	0.39	0.15	166.44
14	0.08	0.03	178.14	34	0.02	0.01	-99.90
15	0.37	0.15	64.93	35	0.62	0.25	-0.83
16	0.05	0.02	-7.72	36	0.03	0.01	22.39
17	1.41	0.56	-92.69	37	0.24	0.10	26.72
18	0.04	0.02	-144.56	38	0.03	0.01	-92.96
19	1.51	0.61	-125.14	39	0.38	0.15	73.30
20	0.05	0.02	72.79	40	0.02	0.01	114.16
TOTAL	249.70						
THD-F		4.06					

BEBAN LAMPU II BINTANG.CSV

Measurement period 5/26/2009 16:15:58 - 5/26/2009 16:20:59

Display period 5/26/2009 16:18:58

Measurement interval 1 Minute

LVL_U2: Harmonic level voltage CH2 Average value , BEBAN LAMPU II BINTANG.CSV[V]

Order	[V]	[%]	[°]	Order	[V]	[%]	[°]
1	244.80	100.00	-90.46	21	0.47	0.19	91.86
2	0.22	0.09	-42.90	22	0.04	0.01	-131.72
3	4.37	1.79	126.46	23	0.97	0.39	-46.27
4	0.40	0.16	12.58	24	0.02	0.01	-82.73
5	5.41	2.21	61.08	25	0.58	0.24	-63.25
6	0.10	0.04	5.76	26	0.04	0.02	-174.60
7	4.93	2.01	39.51	27	0.30	0.12	5.24
8	0.09	0.04	9.23	28	0.03	0.01	127.61
9	1.56	0.64	0.24	29	0.74	0.30	-140.67
10	0.11	0.04	84.56	30	0.01	0.01	-142.57
11	3.57	1.46	140.49	31	0.43	0.17	-179.30
12	0.06	0.02	26.68	32	0.04	0.01	104.21
13	2.70	1.10	164.39	33	0.23	0.09	-75.72
14	0.07	0.03	43.34	34	0.03	0.01	60.55
15	0.72	0.30	-171.47	35	0.68	0.28	124.42
16	0.06	0.02	106.61	36	0.01	0.01	-131.44
17	1.31	0.54	6.06	37	0.29	0.12	51.89
18	0.03	0.01	59.15	38	0.04	0.01	30.64
19	1.31	0.54	82.95	39	0.18	0.07	-154.53
20	0.05	0.02	-55.90	40	0.03	0.01	-37.11
TOTAL	245.01						
THD-F		4.13					

BEBAN LAMPU II BINTANG.CSV

Measurement period 5/26/2009 16:15:58 - 5/26/2009 16:20:59

Display period 5/26/2009 16:18:58

Measurement interval 1 Minute

LVL_U3: Harmonic level voltage CH3 Average value , BEBAN LAMPU II BINTANG.CSV[V]

Order	[V]	[%]	[°]	Order	[V]	[%]	[°]
1	247.92	100.00	150.38	21	0.50	0.20	-126.94
2	0.17	0.07	-169.45	22	0.02	0.01	-46.81
3	4.55	1.84	-9.12	23	1.13	0.46	70.80
4	0.41	0.17	82.14	24	0.02	0.01	37.16
5	5.78	2.33	175.95	25	0.25	0.10	75.18
6	0.10	0.04	-105.22	26	0.05	0.02	18.73
7	4.57	1.85	-72.97	27	0.40	0.16	124.36
8	0.11	0.04	-108.76	28	0.03	0.01	143.57
9	0.78	0.32	168.71	29	0.75	0.30	-21.51
10	0.08	0.03	127.43	30	0.02	0.01	-104.09
11	4.87	1.97	-86.22	31	0.39	0.16	-30.11
12	0.04	0.02	-159.65	32	0.04	0.02	-82.16
13	1.65	0.66	48.50	33	0.34	0.14	22.09
14	0.09	0.04	-50.74	34	0.03	0.01	-139.54
15	0.60	0.24	-22.03	35	0.60	0.24	-113.14
16	0.03	0.01	-95.17	36	0.02	0.01	-162.15
17	1.77	0.71	134.35	37	0.52	0.21	-139.39
18	0.03	0.01	24.43	38	0.03	0.01	-162.60
19	0.71	0.29	-5.40	39	0.29	0.12	-79.49
20	0.06	0.02	161.38	40	0.03	0.01	-142.16
TOTAL	248.14						
THD-F		4.22					

BEBAN LAMPU II BINTANG.CSV

Measurement period 5/26/2009 16:15:58 - 5/26/2009 16:20:59

Display period 5/26/2009 16:18:58

Measurement interval 1 Minute

LVL_I1: Harmonic level current CH1 Average value Circuit 1 , BEBAN LAMPU II BINTANG.CSV[A]

Order	[A]	[%]	[°]	Order	[A]	[%]	[°]
1	0.0466	100.00	24.11	21	0.0007	1.49	102.32
2	0.0001	0.25	149.94	22	0.0001	0.18	153.05
3	0.0018	3.90	-45.61	23	0.0018	3.84	-17.22
4	0.0002	0.50	-41.22	24	0.0001	0.13	-128.96
5	0.0155	33.32	-27.96	25	0.0011	2.40	-49.82
6	0.0001	0.28	-155.48	26	0.0001	0.17	-97.76
7	0.0179	38.42	-114.01	27	0.0006	1.31	8.43
8	0.0003	0.64	159.02	28	0.0001	0.19	64.50
9	0.0012	2.56	-57.65	29	0.0010	2.14	-109.62
10	0.0003	0.55	38.82	30	0.0001	0.14	153.77
11	0.0117	25.05	174.87	31	0.0008	1.76	-127.34
12	0.0001	0.23	-2.03	32	0.0001	0.19	-118.16
13	0.0039	8.29	90.15	33	0.0006	1.27	-81.92
14	0.0002	0.40	-141.77	34	0.0001	0.15	48.14
15	0.0011	2.40	175.23	35	0.0007	1.44	165.37
16	0.0001	0.24	131.94	36	0.0001	0.22	90.76
17	0.0040	8.55	73.92	37	0.0007	1.47	140.41
18	0.0001	0.30	-69.88	38	0.0001	0.14	-3.60
19	0.0018	3.80	15.02	39	0.0005	1.00	-178.17
20	0.0001	0.25	79.54	40	0.0001	0.18	-111.61
TOTAL	0.0540						
THD-F		58.64					

BEBAN LAMPU II BINTANG.CSV

Measurement period 5/26/2009 16:15:58 - 5/26/2009 16:20:59

Display period 5/26/2009 16:18:58

Measurement interval 1 Minute

LVL_I2: Harmonic level current CH2 Average value Circuit 1 , BEBAN LAMPU II BINTANG.CSV[A]

Order	[A]	[%]	[°]	Order	[A]	[%]	[°]
1	0.0454	100.00	-101.09	21	0.0010	2.15	-118.47
2	0.0001	0.23	89.41	22	0.0001	0.17	-52.02
3	0.0036	8.03	-157.81	23	0.0017	3.69	87.05
4	0.0002	0.45	105.58	24	0.0001	0.15	157.61
5	0.0134	29.47	82.97	25	0.0005	1.15	113.86
6	0.0002	0.35	67.79	26	0.0001	0.19	-133.17
7	0.0173	38.11	118.76	27	0.0008	1.66	162.45
8	0.0003	0.60	-28.19	28	0.0001	0.12	151.92
9	0.0044	9.69	104.27	29	0.0011	2.36	-7.87
10	0.0003	0.57	-170.16	30	0.0001	0.15	11.21
11	0.0034	20.79	-81.83	31	0.0002	0.53	24.33
12	0.0001	0.28	125.20	32	0.0001	0.17	-98.21
13	0.0040	8.79	-66.96	33	0.0006	1.42	75.58
14	0.0002	0.35	110.53	34	0.0001	0.13	130.38
15	0.0017	3.77	-31.31	35	0.0008	1.67	-97.69
16	0.0001	0.26	-175.03	36	0.0001	0.14	85.66
17	0.0034	7.55	-176.34	37	0.0002	0.42	-76.70
18	0.0001	0.17	141.33	38	0.0001	0.15	163.96
19	0.0015	3.32	-165.13	39	0.0005	1.18	-13.93
20	0.0001	0.27	-0.85	40	0.0001	0.13	45.86
TOTAL	0.0520						
THD-F		55.74					

BEBAN LAMPU II BINTANG.CSV
 Measurement period 5/26/2009 16:15:58 - 5/26/2009 16:20:59
 Display period 5/26/2009 16:18:58
 Measurement interval 1 Minute

LVL_I3: Harmonic level current CH3 Average value Circuit 1 , BEBAN LAMPU II BINTANG.CSV[A]

Order	[A]	[%]	[°]	Order	[A]	[%]	[°]
1	0.0422	100.00	143.00	21	0.0006	1.42	16.12
2	0.0001	0.25	-79.68	22	0.0001	0.15	82.07
3	0.0034	8.01	51.83	23	0.0021	4.95	-148.19
4	0.0002	0.45	-131.17	24	0.0001	0.13	-165.47
5	0.0165	39.07	-158.44	25	0.0006	1.48	141.36
6	0.0001	0.33	-70.66	26	0.0001	0.23	85.35
7	0.0156	37.00	4.32	27	0.0003	0.80	-77.02
8	0.0003	0.75	-26.76	28	0.0001	0.14	145.64
9	0.0033	7.74	-82.12	29	0.0013	3.13	124.24
10	0.0002	0.39	-92.39	30	0.0001	0.13	-88.23
11	0.0132	31.26	38.88	31	0.0007	1.55	59.45
12	0.0001	0.30	-72.13	32	0.0001	0.19	10.17
13	0.0016	3.78	-171.81	33	0.0002	0.57	-168.76
14	0.0002	0.43	-21.66	34	0.0001	0.16	-122.33
15	0.0009	2.14	113.74	35	0.0009	2.22	39.55
16	0.0001	0.19	-38.08	36	0.0001	0.12	-33.42
17	0.0043	10.10	-57.03	37	0.0005	1.28	-27.48
18	0.0001	0.25	97.98	38	0.0001	0.17	-133.11
19	0.0003	0.74	-160.85	39	0.0001	0.33	105.35
20	0.0001	0.29	-129.22	40	0.0001	0.16	-150.80
TOTAL	0.0503						
THD-F		64.57					

Lampiran 4: Data pengukuran beban lampu III bintang

BEBAN LAMPU III BINTANG.CSV
 Measurement period 5/29/2009 18:02:06 - 5/29/2009 18:07:07
 Display period 5/29/2009 18:05:06
 Measurement interval 1 Minute

LVL_U1: Harmonic level voltage CH1 Average value , BEBAN LAMPU III BINTANG.CSV[V]

Order	[V]	[%]	[°]	Order	[V]	[%]	[°]
1	246.13	100.00	29.38	21	0.70	0.29	-157.95
2	0.18	0.07	144.64	22	0.04	0.02	73.62
3	1.57	0.64	-106.05	23	0.22	0.09	-13.68
4	0.47	0.19	-63.74	24	0.03	0.01	-146.22
5	6.99	2.84	-5.64	25	0.82	0.33	-165.46
6	0.07	0.03	-116.62	26	0.01	0.01	61.75
7	8.72	3.54	-63.10	27	0.54	0.22	53.98
8	0.10	0.04	171.06	28	0.04	0.02	-113.34
9	2.08	0.84	154.65	29	0.19	0.08	-138.66
10	0.10	0.04	-77.88	30	0.02	0.01	76.83
11	1.21	0.49	-95.67	31	0.57	0.23	52.60
12	0.03	0.01	-169.31	32	0.01	0.00	-103.94
13	2.65	1.08	139.57	33	0.43	0.17	-94.81
14	0.03	0.01	-7.02	34	0.03	0.01	116.22
15	1.03	0.42	-6.38	35	0.21	0.09	60.45
16	0.06	0.02	-111.27	36	0.03	0.01	-98.83
17	1.13	0.46	165.10	37	0.27	0.11	-91.02
18	0.03	0.01	18.88	38	0.01	0.01	76.34
19	1.54	0.63	-41.47	39	0.36	0.15	119.59
20	0.02	0.01	149.08	40	0.03	0.01	-19.52
TOTAL	246.43						
THD-F		4.93					

BEBAN LAMPU III BINTANG.CSV
 Measurement period 5/29/2009 18:02:06 - 5/29/2009 18:07:07
 Display period 5/29/2009 18:05:06
 Measurement interval 1 Minute

LVL_U2: Harmonic level voltage CH2 Average value , BEBAN LAMPU III BINTANG.CSV[V]

Order	[V]	[%]	[°]	Order	[V]	[%]	[°]
1	241.66	100.00	-90.32	21	0.80	0.33	25.91
2	0.21	0.09	170.23	22	0.04	0.01	-22.38
3	6.99	2.89	115.63	23	0.26	0.11	42.27
4	0.46	0.19	155.93	24	0.04	0.02	0.10
5	13.02	5.39	143.96	25	1.05	0.43	-22.80
6	0.05	0.02	47.88	26	0.03	0.01	-149.96
7	5.71	2.36	159.58	27	0.78	0.32	-132.35
8	0.12	0.05	16.63	28	0.04	0.02	135.86
9	1.04	0.43	15.42	29	0.20	0.08	110.66
10	0.08	0.03	-66.91	30	0.04	0.02	83.67
11	2.40	0.99	0.89	31	0.69	0.29	-176.84
12	0.04	0.02	-40.39	32	0.03	0.01	39.52
13	1.67	0.69	-42.01	33	0.67	0.28	71.07
14	0.06	0.03	174.23	34	0.04	0.01	-64.95
15	0.75	0.31	-171.19	35	0.33	0.14	-48.59
16	0.04	0.02	128.02	36	0.04	0.02	97.89
17	1.20	0.50	-104.66	37	0.48	0.20	18.14
18	0.04	0.02	153.47	38	0.04	0.02	-109.52
19	2.02	0.84	138.59	39	0.54	0.22	-84.95
20	0.04	0.02	2.32	40	0.03	0.01	152.24
TOTAL	242.22						
THD-F		6.81					

BEBAN LAMPU III BINTANG.CSV

Measurement period 5/29/2009 18:02:06 - 5/29/2009 18:07:07

Display period 5/29/2009 18:05:06

Measurement interval 1 Minute

LVL_U3: Harmonic level voltage CH3 Average value , BEBAN LAMPU III BINTANG.CSV[V]

Order	[V]	[%]	[°]	Order	[V]	[%]	[°]
1	245.05	100.00	150.43	21	0.12	0.05	-129.84
2	0.20	0.08	-28.57	22	0.03	0.01	-162.76
3	5.91	2.41	-54.22	23	0.42	0.17	-163.67
4	0.45	0.18	35.65	24	0.03	0.01	79.40
5	7.84	3.20	-62.87	25	0.64	0.26	105.38
6	0.04	0.02	116.97	26	0.02	0.01	5.45
7	5.95	2.43	76.31	27	0.25	0.10	33.98
8	0.10	0.04	-59.09	28	0.04	0.02	-6.79
9	1.46	0.60	-53.16	29	0.22	0.09	-16.00
10	0.08	0.03	110.48	30	0.03	0.01	-100.95
11	2.56	1.04	152.92	31	0.54	0.22	-49.72
12	0.03	0.01	109.65	32	0.02	0.01	-152.93
13	0.98	0.40	-37.72	33	0.27	0.11	-131.45
14	0.06	0.02	133.57	34	0.04	0.02	-54.33
15	0.36	0.15	141.07	35	0.33	0.13	168.76
16	0.04	0.02	-41.39	36	0.02	0.01	53.34
17	1.65	0.67	31.95	37	0.47	0.19	164.91
18	0.03	0.01	-99.47	38	0.03	0.01	64.84
19	0.48	0.20	-41.22	39	0.26	0.11	59.35
20	0.04	0.02	-152.11	40	0.04	0.01	-38.78
TOTAL	245.35						
THD-F		4.93					

BEBAN LAMPU III BINTANG.CSV

Measurement period 5/29/2009 18:02:06 - 5/29/2009 18:07:07

Display period 5/29/2009 18:05:06

Measurement interval 1 Minute

LVL_I1: Harmonic level current CH1 Average value Circuit 1 , BEBAN LAMPU III BINTANG.CSV[A]

Order	[A]	[%]	[°]	Order	[A]	[%]	[°]
1	0.0923	100.00	6.26	21	0.0003	0.33	135.58
2	0.0005	0.57	-172.53	22	0.0001	0.10	71.34
3	0.0230	24.89	-178.47	23	0.0007	0.80	101.46
4	0.0005	0.49	60.44	24	0.0001	0.07	-164.57
5	0.0271	29.39	-127.19	25	0.0012	1.28	3.77
6	0.0002	0.26	19.57	26	0.0001	0.06	-116.41
7	0.0175	19.00	58.81	27	0.0004	0.38	-52.71
8	0.0004	0.38	-160.42	28	0.0001	0.10	-132.13
9	0.0026	2.86	-142.28	29	0.0004	0.48	-90.20
10	0.0002	0.17	37.54	30	0.0001	0.07	-176.54
11	0.0041	4.49	74.13	31	0.0008	0.89	-151.97
12	0.0001	0.07	106.57	32	0.0001	0.08	-168.37
13	0.0042	4.51	-77.81	33	0.0004	0.41	134.75
14	0.0001	0.12	66.81	34	0.0001	0.08	152.42
15	0.0004	0.41	19.77	35	0.0004	0.42	97.04
16	0.0001	0.13	-173.67	36	0.0001	0.08	-127.79
17	0.0009	0.99	-82.86	37	0.0006	0.69	52.38
18	0.0001	0.07	-78.77	38	0.0001	0.07	-57.08
19	0.0017	1.82	160.25	39	0.0003	0.37	-37.66
20	0.0001	0.08	165.12	40	0.0001	0.09	-135.68
TOTAL	0.1007						
THD-F		43.62					

BEBAN LAMPU III BINTANG.CSV

Measurement period 5/29/2009 18:02:06 - 5/29/2009 18:07:07

Display period 5/29/2009 18:05:06

Measurement interval 1 Minute

LVL_J2: Harmonic level current CH2 Average value Circuit 1 , BEBAN LAMPU III BINTANG.CSV[A]

Order	[A]	[%]	[°]	Order	[A]	[%]	[°]
1	0.0856	100.00	-116.23	21	0.0013	1.56	101.25
2	0.0005	0.61	-22.88	22	0.0001	0.10	101.97
3	0.0091	10.66	-151.76	23	0.0007	0.81	-115.22
4	0.0005	0.55	-105.50	24	0.0001	0.09	140.67
5	0.0336	39.29	-59.54	25	0.0017	1.93	107.39
6	0.0003	0.35	129.49	26	0.0001	0.08	-70.52
7	0.0131	15.26	-125.34	27	0.0011	1.24	-41.72
8	0.0004	0.43	65.43	28	0.0001	0.10	-162.93
9	0.0030	3.52	30.59	29	0.0005	0.57	143.39
10	0.0002	0.21	47.53	30	0.0001	0.09	-96.98
11	0.0046	5.34	140.08	31	0.0011	1.23	-37.20
12	0.0001	0.09	117.14	32	0.0001	0.08	172.42
13	0.0045	5.28	61.24	33	0.0009	1.00	176.13
14	0.0001	0.13	-122.09	34	0.0001	0.08	43.32
15	0.0018	2.12	-117.32	35	0.0005	0.62	18.50
16	0.0001	0.15	162.28	36	0.0001	0.08	-123.15
17	0.0010	1.20	-17.31	37	0.0006	0.71	-173.02
18	0.0001	0.09	-164.82	38	0.0001	0.07	-12.35
19	0.0026	3.03	-111.78	39	0.0006	0.76	31.00
20	0.0001	0.11	115.59	40	0.0001	0.08	-118.05
TOTAL	0.0937						
THD-F		44.59					

BEBAN LAMPU III BINTANG.CSV

Measurement period 5/29/2009 18:02:06 - 5/29/2009 18:07:07

Display period 5/29/2009 18:05:06

Measurement interval 1 Minute

LVL_J3: Harmonic level current CH3 Average value Circuit 1 , BEBAN LAMPU III BINTANG.CSV[A]

Order	[A]	[%]	[°]	Order	[A]	[%]	[°]
1	0.0856	100.00	128.96	21	0.0016	1.87	-73.69
2	0.0005	0.60	20.69	22	0.0001	0.12	-84.23
3	0.0314	36.71	9.06	23	0.0004	0.49	-12.46
4	0.0006	0.65	100.05	24	0.0001	0.11	-40.95
5	0.0506	59.12	90.72	25	0.0018	2.10	-112.84
6	0.0003	0.35	-96.84	26	0.0001	0.08	97.49
7	0.0046	5.42	-109.24	27	0.0014	1.68	135.21
8	0.0004	0.45	-49.81	28	0.0001	0.10	54.33
9	0.0005	0.58	172.05	29	0.0004	0.47	24.23
10	0.0001	0.15	-136.66	30	0.0001	0.10	20.12
11	0.0073	8.55	-71.21	31	0.0011	1.23	95.87
12	0.0001	0.11	-130.45	32	0.0001	0.09	-31.13
13	0.0031	3.59	178.73	33	0.0011	1.32	-16.59
14	0.0002	0.18	42.17	34	0.0001	0.09	-138.85
15	0.0015	1.80	72.40	35	0.0007	0.81	-129.20
16	0.0001	0.13	33.10	36	0.0001	0.10	122.26
17	0.0016	1.88	132.46	37	0.0005	0.53	-63.00
18	0.0001	0.10	9.86	38	0.0001	0.10	148.82
19	0.0031	3.64	36.60	39	0.0008	0.96	-171.75
20	0.0001	0.12	-62.77	40	0.0001	0.08	65.54
TOTAL	0.1048						
THD-F		70.69					

Lampiran 5: Data pengukuran beban lampu I delta

BEBAN LAMPU I DELTA.CSV
 Measurement period 5/26/2009 17:35:02 - 5/26/2009 17:40:03
 Display period 5/26/2009 17:38:02
 Measurement interval 1 Minute

LVL_U1: Harmonic level voltage CH1 Average value , BEBAN LAMPU I DELTA.CSV[V]

Order	[V]	[%]	[°]	Order	[V]	[%]	[°]
1	223.15	100.00	29.78	21	0.15	0.07	137.77
2	0.18	0.08	-103.41	22	0.03	0.01	-87.05
3	1.91	0.86	-69.42	23	0.69	0.31	-106.12
4	0.35	0.16	86.47	24	0.02	0.01	-84.38
5	10.51	4.71	110.36	25	1.00	0.45	120.97
6	0.09	0.04	29.81	26	0.02	0.01	142.43
7	10.41	4.66	-21.57	27	0.17	0.08	42.21
8	0.08	0.04	35.34	28	0.03	0.01	176.58
9	0.47	0.21	-136.88	29	0.40	0.18	165.47
10	0.09	0.04	27.67	30	0.01	0.01	116.22
11	2.30	1.03	95.53	31	0.68	0.30	23.09
12	0.04	0.02	14.66	32	0.02	0.01	159.32
13	1.48	0.66	-34.44	33	0.11	0.05	-64.17
14	0.04	0.02	40.85	34	0.03	0.01	90.73
15	0.05	0.02	73.15	35	0.31	0.14	99.12
16	0.04	0.02	9.90	36	0.01	0.00	179.59
17	2.13	0.95	-10.51	37	0.41	0.18	-42.07
18	0.03	0.01	-15.88	38	0.02	0.01	135.31
19	0.62	0.28	-162.58	39	0.05	0.02	-125.44
20	0.03	0.01	-20.44	40	0.02	0.01	-2.43
TOTAL	223.68						
THD-F		6.91					

BEBAN LAMPU I DELTA.CSV

Measurement period 5/26/2009 17:35:02 - 5/26/2009 17:40:03

Display period 5/26/2009 17:38:02

Measurement interval 1 Minute

LVL_U2: Harmonic level voltage CH2 Average value , BEBAN LAMPU I DELTA.CSV[V]

Order	[V]	[%]	[°]	Order	[V]	[%]	[°]
1	221.86	100.00	-90.68	21	0.11	0.05	-100.99
2	0.16	0.07	172.21	22	0.03	0.01	136.35
3	2.21	0.99	-178.69	23	0.81	0.36	-4.65
4	0.39	0.17	-110.28	24	0.02	0.01	57.72
5	11.14	5.02	-133.06	25	0.87	0.39	-12.98
6	0.10	0.04	-122.65	26	0.04	0.02	14.14
7	9.56	4.31	-145.18	27	0.12	0.05	-93.84
8	0.12	0.06	-121.17	28	0.03	0.01	45.59
9	0.59	0.27	145.61	29	0.42	0.19	-91.74
10	0.09	0.04	-139.99	30	0.01	0.00	-99.22
11	2.40	1.08	-137.71	31	0.49	0.22	-104.39
12	0.03	0.02	-170.96	32	0.03	0.01	-62.25
13	1.68	0.76	-154.09	33	0.20	0.09	151.79
14	0.05	0.02	-147.88	34	0.03	0.01	-107.30
15	0.28	0.13	-33.79	35	0.35	0.16	-153.21
16	0.04	0.02	-118.07	36	0.02	0.01	102.92
17	2.29	1.03	101.56	37	0.37	0.17	-162.61
18	0.03	0.01	-122.01	38	0.02	0.01	-93.56
19	0.71	0.32	61.01	39	0.15	0.07	44.54
20	0.05	0.02	146.35	40	0.02	0.01	-120.53
TOTAL	222.39						
THD-F		6.95					

BEBAN LAMPU I DELTA.CSV

Measurement period 5/26/2009 17:35:02 - 5/26/2009 17:40:03

Display period 5/26/2009 17:38:02

Measurement interval 1 Minute

LVL_U3: Harmonic level voltage CH3 Average value , BEBAN LAMPU I DELTA.CSV[V]

Order	[V]	[%]	[°]	Order	[V]	[%]	[°]
1	220.94	100.00	149.84	21	0.13	0.06	0.13
2	0.20	0.09	26.70	22	0.03	0.01	37.53
3	2.40	1.08	50.19	23	0.95	0.43	130.16
4	0.36	0.16	-23.24	24	0.01	0.01	146.81
5	11.39	5.16	-8.66	25	0.74	0.34	-116.83
6	0.05	0.02	121.69	26	0.03	0.01	-158.92
7	9.47	4.28	101.12	27	0.12	0.05	179.87
8	0.10	0.05	66.15	28	0.03	0.01	-48.90
9	0.84	0.38	-0.76	29	0.51	0.23	38.59
10	0.08	0.04	93.90	30	0.01	0.00	-40.40
11	2.11	0.95	-18.51	31	0.54	0.25	157.33
12	0.03	0.01	-126.41	32	0.02	0.01	108.81
13	1.60	0.72	79.61	33	0.13	0.06	0.53
14	0.04	0.02	29.14	34	0.02	0.01	-24.12
15	0.27	0.12	155.38	35	0.39	0.18	-22.30
16	0.04	0.02	122.62	36	0.02	0.01	-52.28
17	2.47	1.12	-131.42	37	0.39	0.18	82.50
18	0.03	0.01	120.56	38	0.02	0.01	12.39
19	0.50	0.23	-61.09	39	0.10	0.05	-140.00
20	0.03	0.01	-47.09	40	0.02	0.01	109.96
TOTAL	221.49						
THD-F		7.04					

BEBAN LAMPU I DELTA.CSV
 Measurement period 5/26/2009 17:35:02 - 5/26/2009 17:40:03
 Display period 5/26/2009 17:38:02
 Measurement interval 1 Minute

LVL_J1: Harmonic level current CH1 Average value Circuit 1 , BEBAN LAMPU I DELTA.CSV[A]

Order	[A]	[%]	[°]	Order	[A]	[%]	[°]
1	0.1609	100.00	9.17	21	0.0007	0.44	-92.12
2	0.0008	0.47	-33.66	22	0.0002	0.10	-89.10
3	0.0067	4.16	-124.65	23	0.0036	2.21	43.13
4	0.0007	0.46	-114.28	24	0.0002	0.10	18.01
5	0.1086	67.51	-143.41	25	0.0033	2.04	-141.40
6	0.0003	0.17	107.99	26	0.0001	0.07	133.24
7	0.0796	49.48	53.38	27	0.0006	0.39	115.00
8	0.0005	0.34	-106.51	28	0.0001	0.06	-17.44
9	0.0078	4.84	-62.93	29	0.0019	1.17	-44.29
10	0.0004	0.27	84.15	30	0.0001	0.04	-106.94
11	0.0166	10.30	-131.36	31	0.0022	1.37	114.66
12	0.0001	0.07	48.26	32	0.0001	0.07	77.02
13	0.0061	3.76	-2.62	33	0.0004	0.24	-14.17
14	0.0002	0.15	-86.25	34	0.0001	0.05	29.46
15	0.0007	0.46	81.20	35	0.0013	0.79	-109.89
16	0.0002	0.11	-163.58	36	0.0001	0.06	165.19
17	0.0071	4.41	140.68	37	0.0011	0.70	31.60
18	0.0002	0.12	11.63	38	0.0001	0.06	-16.57
19	0.0037	2.32	-43.63	39	0.0001	0.08	-173.24
20	0.0001	0.08	159.43	40	0.0001	0.05	103.41
TOTAL	0.2110						
THD-F		84.89					

BEBAN LAMPU I DELTA.CSV
 Measurement period 5/26/2009 17:35:02 - 5/26/2009 17:40:03
 Display period 5/26/2009 17:38:02
 Measurement interval 1 Minute

LVL_J2: Harmonic level current CH2 Average value Circuit 1 , BEBAN LAMPU I DELTA.CSV[A]

Order	[A]	[%]	[°]	Order	[A]	[%]	[°]
1	0.1602	100.00	-112.86	21	0.0007	0.41	9.04
2	0.0009	0.58	-115.53	22	0.0001	0.09	-99.60
3	0.0045	2.82	172.65	23	0.0027	1.66	147.71
4	0.0008	0.48	-53.95	24	0.0001	0.05	-146.09
5	0.1134	70.80	-27.32	25	0.0037	2.30	73.65
6	0.0007	0.46	-76.21	26	0.0001	0.07	-149.73
7	0.0848	52.91	-75.83	27	0.0005	0.33	5.69
8	0.0007	0.43	-73.02	28	0.0001	0.07	138.73
9	0.0040	2.48	-98.51	29	0.0014	0.87	77.18
10	0.0008	0.49	-68.77	30	0.0001	0.06	80.22
11	0.0225	14.02	-8.80	31	0.0021	1.32	-22.54
12	0.0006	0.40	-91.71	32	0.0001	0.05	126.79
13	0.0075	4.70	-94.09	33	0.0006	0.36	-102.13
14	0.0004	0.26	-57.75	34	0.0001	0.07	115.08
15	0.0014	0.88	43.05	35	0.0012	0.76	8.99
16	0.0005	0.34	-59.50	36	0.0001	0.04	43.36
17	0.0071	4.43	-100.63	37	0.0012	0.74	-88.76
18	0.0003	0.18	-77.20	38	0.0001	0.05	-72.94
19	0.0044	2.74	-178.42	39	0.0003	0.21	158.71
20	0.0002	0.10	-55.80	40	0.0001	0.05	-40.92
TOTAL	0.2155						
THD-F		89.92					

BEBAN LAMPU I DELTA.CSV
 Measurement period 5/26/2009 17:35:02 - 5/26/2009 17:40:03
 Display period 5/26/2009 17:38:02
 Measurement interval 1 Minute

LVL_J3: Harmonic level current CH3 Average value Circuit 1 , BEBAN LAMPU I DELTA.CSV[A]

Order	[A]	[%]	[°]	Order	[A]	[%]	[°]
1	0.1556	100.00	128.45	21	0.0009	0.55	137.12
2	0.0009	0.57	91.66	22	0.0002	0.15	84.14
3	0.0097	6.21	30.56	23	0.0038	2.47	-94.96
4	0.0009	0.56	113.40	24	0.0001	0.05	-146.79
5	0.1177	75.63	96.66	25	0.0021	1.38	-44.57
6	0.0005	0.31	98.02	26	0.0001	0.09	-16.45
7	0.0707	45.44	164.97	27	0.0006	0.41	-111.82
8	0.0008	0.53	99.14	28	0.0001	0.06	1.06
9	0.0113	7.24	105.15	29	0.0017	1.06	-177.49
10	0.0007	0.44	120.00	30	0.0001	0.04	-74.02
11	0.0195	12.51	125.29	31	0.0016	1.00	-130.81
12	0.0005	0.33	97.25	32	0.0001	0.06	-92.04
13	0.0095	6.13	125.38	33	0.0007	0.45	109.18
14	0.0006	0.37	110.87	34	0.0001	0.06	-79.64
15	0.0020	1.29	-123.92	35	0.0013	0.82	126.63
16	0.0005	0.30	111.44	36	0.0001	0.05	19.05
17	0.0073	4.67	19.82	37	0.0011	0.73	149.13
18	0.0003	0.22	134.08	38	0.0001	0.06	142.62
19	0.0032	2.06	57.63	39	0.0004	0.28	-12.15
20	0.0001	0.08	46.57	40	0.0001	0.05	-161.01
TOTAL	0.2094						
THD-F		90.06					

Lampiran 6: Data pengukuran beban lampu II delta

BEBAN LAMPU II DELTA.CSV

Measurement period 5/29/2009 16:02:54 - 5/29/2009 16:07:57

Display period 5/29/2009 16:05:54

Measurement interval 1 Minute

LVL_U1: Harmonic level voltage CH1 Average value , BEBAN LAMPU II DELTA.CSV[V]

Order	[V]	[%]	[°]	Order	[V]	[%]	[°]
1	230.03	100.00	29.78	21	0.20	0.09	7.83
2	0.17	0.07	-78.22	22	0.03	0.01	176.28
3	2.26	0.98	-69.05	23	0.97	0.42	151.58
4	0.35	0.15	-45.72	24	0.03	0.01	11.17
5	6.25	2.72	155.64	25	0.63	0.27	75.86
6	0.05	0.02	-91.72	26	0.03	0.01	56.17
7	2.06	0.89	36.16	27	0.15	0.06	-8.44
8	0.07	0.03	79.88	28	0.02	0.01	-129.96
9	0.09	0.04	116.22	29	0.58	0.25	131.64
10	0.06	0.02	-40.46	30	0.02	0.01	0.43
11	1.36	0.59	-152.14	31	0.33	0.14	62.98
12	0.04	0.02	-121.20	32	0.02	0.01	-12.27
13	0.70	0.30	170.36	33	0.14	0.06	-13.64
14	0.04	0.02	142.12	34	0.02	0.01	151.44
15	0.33	0.14	70.64	35	0.35	0.15	122.96
16	0.05	0.02	117.48	36	0.01	0.01	-66.26
17	1.16	0.51	-122.22	37	0.26	0.11	50.13
18	0.06	0.02	41.03	38	0.02	0.01	5.55
19	1.71	0.74	97.50	39	0.16	0.07	-41.21
20	0.05	0.02	-39.82	40	0.02	0.01	156.86
TOTAL	230.16						
THD-F		3.29					

BEBAN LAMPU II DELTA.CSV

Measurement period 5/29/2009 16:02:54 - 5/29/2009 16:07:57

Display period 5/29/2009 16:05:54

Measurement interval 1 Minute

LVL_U2: Harmonic level voltage CH2 Average value , BEBAN LAMPU II DELTA.CSV[V]

Order	[V]	[%]	[°]	Order	[V]	[%]	[°]
1	228.61	100.00	-90.75	21	0.18	0.08	39.59
2	0.21	0.09	-175.80	22	0.03	0.01	-155.95
3	2.55	1.12	-171.08	23	0.95	0.41	-103.05
4	0.33	0.15	-176.08	24	0.02	0.01	-155.78
5	6.21	2.72	-85.54	25	0.59	0.26	-82.24
6	0.06	0.03	-157.38	26	0.03	0.01	-156.07
7	2.15	0.94	-81.80	27	0.11	0.05	27.18
8	0.06	0.03	-141.25	28	0.02	0.01	-156.48
9	0.19	0.08	-164.26	29	0.54	0.24	-123.89
10	0.05	0.02	-170.43	30	0.02	0.01	-122.85
11	1.65	0.72	-31.75	31	0.32	0.14	-107.37
12	0.04	0.02	50.97	32	0.03	0.01	175.95
13	0.83	0.36	-2.33	33	0.06	0.03	16.23
14	0.05	0.02	56.70	34	0.02	0.01	-173.81
15	0.47	0.21	87.94	35	0.29	0.13	-134.51
16	0.06	0.03	-101.33	36	0.02	0.01	144.12
17	0.83	0.36	-19.24	37	0.32	0.14	-116.79
18	0.09	0.04	-95.32	38	0.02	0.01	142.61
19	1.69	0.74	-41.04	39	0.04	0.02	74.50
20	0.04	0.02	-161.57	40	0.02	0.01	128.51
TOTAL	228.74						
THD-F		3.36					

BEBAN LAMPU II DELTA.CSV

Measurement period 5/29/2009 16:02:54 - 5/29/2009 16:07:57

Display period 5/29/2009 16:05:54

Measurement interval 1 Minute

LVL_U3: Harmonic level voltage CH3 Average value , BEBAN LAMPU II DELTA.CSV[V]

Order	[V]	[%]	[°]	Order	[V]	[%]	[°]
1	227.50	100.00	149.82	21	0.37	0.16	-157.29
2	0.18	0.08	33.64	22	0.04	0.02	17.22
3	3.03	1.33	55.68	23	1.16	0.51	23.63
4	0.34	0.15	49.88	24	0.02	0.01	179.11
5	6.34	2.79	34.79	25	0.23	0.10	-174.69
6	0.07	0.03	46.34	26	0.04	0.02	9.96
7	2.17	0.95	154.99	27	0.24	0.11	-172.99
8	0.06	0.03	-41.92	28	0.02	0.01	31.91
9	0.22	0.10	-5.51	29	0.69	0.30	1.61
10	0.06	0.03	105.18	30	0.02	0.01	138.01
11	1.52	0.67	97.54	31	0.06	0.03	166.75
12	0.04	0.02	103.21	32	0.03	0.01	-0.33
13	0.17	0.08	-149.42	33	0.19	0.08	174.71
14	0.07	0.03	-86.72	34	0.03	0.01	-9.62
15	0.79	0.35	-99.16	35	0.40	0.18	-11.76
16	0.05	0.02	46.71	36	0.02	0.01	-9.61
17	1.27	0.56	97.37	37	0.09	0.04	103.55
18	0.06	0.03	123.80	38	0.02	0.01	-53.43
19	1.21	0.53	-151.02	39	0.14	0.06	152.40
20	0.05	0.02	109.34	40	0.02	0.01	-28.75
TOTAL	227.64						
THD-F		3.48					

BEBAN LAMPU II DELTA.CSV

Measurement period 5/29/2009 16:02:54 - 5/29/2009 16:07:57

Display period 5/29/2009 16:05:54

Measurement interval 1 Minute

LVL_I1: Harmonic level current CH1 Average value Circuit 1 , BEBAN LAMPU II DELTA.CSV[A]

Order	[A]	[%]	[°]	Order	[A]	[%]	[°]
1	0.0816	100.00	32.58	21	0.0011	1.30	140.60
2	0.0002	0.24	-168.07	22	0.0002	0.26	-78.55
3	0.0030	3.66	-35.15	23	0.0049	6.00	-75.46
4	0.0003	0.33	0.73	24	0.0002	0.24	85.28
5	0.0195	23.93	-17.98	25	0.0030	3.63	-147.21
6	0.0001	0.16	-67.31	26	0.0001	0.17	162.42
7	0.0106	13.02	-1.17	27	0.0007	0.80	128.48
8	0.0003	0.33	157.37	28	0.0001	0.17	10.84
9	0.0015	1.83	-98.79	29	0.0025	3.12	-94.42
10	0.0003	0.34	38.88	30	0.0001	0.14	70.24
11	0.0116	14.27	-13.29	31	0.0015	1.82	-156.78
12	0.0003	0.32	-47.21	32	0.0001	0.14	-21.21
13	0.0091	11.20	-53.49	33	0.0006	0.76	116.69
14	0.0003	0.41	-132.21	34	0.0001	0.12	-45.40
15	0.0028	3.42	-176.17	35	0.0013	1.62	-108.54
16	0.0004	0.54	-149.76	36	0.0001	0.10	-79.49
17	0.0106	12.98	-35.78	37	0.0005	0.67	-153.94
18	0.0003	0.35	106.79	38	0.0001	0.10	-79.87
19	0.0069	8.49	-119.15	39	0.0005	0.57	87.74
20	0.0003	0.34	94.58	40	0.0001	0.11	-119.72
TOTAL	0.0872						
THD-F		37.55					

BEBAN LAMPU II DELTA.CSV
 Measurement period 5/29/2009 16:02:54 - 5/29/2009 16:07:57
 Display period 5/29/2009 16:05:54
 Measurement interval 1 Minute

LVL_J2: Harmonic level current CH2 Average value Circuit 1 , BEBAN LAMPU II DELTA.CSV[A]

Order	[A]	[%]	[°]	Order	[A]	[%]	[°]
1	0.0828	100.00	-89.25	21	0.0011	1.31	152.52
2	0.0002	0.19	-82.33	22	0.0002	0.20	-158.79
3	0.0024	2.88	-97.13	23	0.0045	5.46	29.82
4	0.0003	0.40	-136.52	24	0.0001	0.16	-103.31
5	0.0214	25.89	98.15	25	0.0023	2.76	47.69
6	0.0002	0.19	-47.58	26	0.0001	0.16	-55.23
7	0.0079	9.57	-123.32	27	0.0005	0.62	127.69
8	0.0004	0.44	-40.64	28	0.0001	0.12	-128.51
9	0.0015	1.80	-81.60	29	0.0022	2.67	13.11
10	0.0003	0.31	-48.31	30	0.0001	0.10	-91.81
11	0.0143	17.26	93.54	31	0.0011	1.34	34.15
12	0.0002	0.28	-167.22	32	0.0001	0.12	-102.72
13	0.0069	8.30	148.66	33	0.0001	0.13	115.25
14	0.0003	0.36	145.09	34	0.0001	0.12	140.42
15	0.0022	2.67	-163.13	35	0.0012	1.43	3.96
16	0.0005	0.57	-32.86	36	0.0001	0.10	-109.69
17	0.0093	11.18	67.77	37	0.0008	0.91	16.15
18	0.0004	0.48	-54.51	38	0.0001	0.13	-116.22
19	0.0055	6.62	91.16	39	0.0002	0.28	-140.14
20	0.0002	0.25	-177.92	40	0.0001	0.09	89.51
TOTAL	0.0883						
THD-F		37.00					

BEBAN LAMPU II DELTA.CSV
 Measurement period 5/29/2009 16:02:54 - 5/29/2009 16:07:57
 Display period 5/29/2009 16:05:54
 Measurement interval 1 Minute

LVL_J3: Harmonic level current CH3 Average value Circuit 1 , BEBAN LAMPU II DELTA.CSV[A]

Order	[A]	[%]	[°]	Order	[A]	[%]	[°]
1	0.0798	100.00	150.91	21	0.0021	2.64	-33.76
2	0.0002	0.22	92.56	22	0.0002	0.24	74.03
3	0.0047	5.84	117.32	23	0.0057	7.20	153.95
4	0.0003	0.40	78.96	24	0.0001	0.14	-77.79
5	0.0218	27.30	-135.61	25	0.0010	1.22	-5.00
6	0.0002	0.28	115.04	26	0.0002	0.20	99.15
7	0.0093	11.64	132.55	27	0.0012	1.50	-51.77
8	0.0003	0.39	101.73	28	0.0001	0.12	134.67
9	0.0029	3.69	90.28	29	0.0028	3.53	133.96
10	0.0002	0.31	165.10	30	0.0001	0.11	-118.00
11	0.0156	19.56	-131.96	31	0.0004	0.55	-9.42
12	0.0002	0.31	75.89	32	0.0001	0.15	107.51
13	0.0038	4.79	82.94	33	0.0007	0.89	-64.09
14	0.0004	0.56	29.72	34	0.0001	0.08	142.24
15	0.0050	6.25	9.20	35	0.0014	1.78	123.01
16	0.0004	0.54	106.33	36	0.0001	0.10	93.40
17	0.0123	15.45	-168.76	37	0.0003	0.32	174.39
18	0.0002	0.28	160.06	38	0.0001	0.16	77.86
19	0.0035	4.40	9.15	39	0.0004	0.44	-61.82
20	0.0003	0.36	-85.65	40	0.0001	0.10	136.53
TOTAL	0.0864						
THD-F		41.38					

Lampiran 7: Data Pengukuran beban lampu III delta

BEBAN LAMPU III DELTA.CSV
 Measurement period 5/29/2009 17:06:29 - 5/29/2009 17:11:32
 Display period 5/29/2009 17:09:29
 Measurement interval 1 Minute

LVL_U1: Harmonic level voltage CH1 Average value , BEBAN LAMPU III DELTA.CSV[V]

Order	[V]	[%]	[°]	Order	[V]	[%]	[°]
1	241.07	100.00	29.81	21	0.24	0.10	154.64
2	0.20	0.08	11.39	22	0.04	0.02	73.01
3	1.80	0.75	-55.41	23	0.57	0.24	-65.99
4	0.42	0.17	15.84	24	0.01	0.01	-80.24
5	10.71	4.44	116.04	25	0.94	0.39	152.41
6	0.05	0.02	168.63	26	0.02	0.01	-11.50
7	10.59	4.39	-13.43	27	0.19	0.08	45.63
8	0.10	0.04	99.19	28	0.03	0.01	-73.33
9	0.59	0.24	-154.78	29	0.34	0.14	-126.38
10	0.08	0.03	74.91	30	0.01	0.01	176.54
11	2.97	1.23	109.30	31	0.52	0.22	74.07
12	0.05	0.02	106.11	32	0.03	0.01	-178.12
13	2.11	0.87	-6.49	33	0.03	0.01	-36.14
14	0.05	0.02	35.10	34	0.03	0.01	135.57
15	0.12	0.05	-35.29	35	0.37	0.15	158.60
16	0.06	0.03	-151.11	36	0.03	0.01	-178.59
17	2.18	0.91	-1.30	37	0.49	0.21	28.34
18	0.05	0.02	-2.28	38	0.02	0.01	78.59
19	0.64	0.27	-101.92	39	0.09	0.04	-31.95
20	0.03	0.01	69.00	40	0.03	0.01	162.83
TOTAL	241.59						
THD-F		6.57					

BEBAN LAMPU III DELTA.CSV
 Measurement period 5/29/2009 17:06:29 - 5/29/2009 17:11:32
 Display period 5/29/2009 17:09:29
 Measurement interval 1 Minute

LVL_U2: Harmonic level voltage CH2 Average value , BEBAN LAMPU III DELTA.CSV[V]

Order	[V]	[%]	[°]	Order	[V]	[%]	[°]
1	239.88	100.00	-90.59	21	0.16	0.07	-34.73
2	0.18	0.08	-95.56	22	0.03	0.01	158.96
3	2.46	1.03	-175.92	23	0.68	0.28	26.89
4	0.42	0.18	-113.85	24	0.04	0.02	116.27
5	11.72	4.89	-128.13	25	0.72	0.30	21.59
6	0.09	0.04	-58.57	26	0.03	0.01	140.34
7	9.60	4.00	-136.70	27	0.19	0.08	-77.31
8	0.10	0.04	-76.41	28	0.03	0.01	62.47
9	0.58	0.24	156.22	29	0.33	0.14	-22.83
10	0.08	0.03	-58.81	30	0.03	0.01	68.69
11	3.17	1.32	-119.86	31	0.37	0.15	-46.04
12	0.08	0.03	-63.68	32	0.02	0.01	3.51
13	2.18	0.91	-132.09	33	0.24	0.10	-165.05
14	0.04	0.01	-67.04	34	0.03	0.01	-40.58
15	0.21	0.09	-4.83	35	0.51	0.21	-86.61
16	0.06	0.02	-26.90	36	0.04	0.02	-11.13
17	2.50	1.04	110.78	37	0.43	0.18	-105.55
18	0.07	0.03	-149.06	38	0.03	0.01	-105.54
19	0.40	0.17	108.13	39	0.18	0.07	113.98
20	0.03	0.01	-75.35	40	0.02	0.01	-101.71
TOTAL	240.42						
THD-F		6.71					

BEBAN LAMPU III DELTA.CSV

Measurement period 5/29/2009 17:06:29 - 5/29/2009 17:11:32

Display period 5/29/2009 17:09:29

Measurement interval 1 Minute

LVL_U3: Harmonic level voltage CH3 Average value , BEBAN LAMPU III DELTA.CSV[V]

Order	[V]	[%]	[°]	Order	[V]	[%]	[°]
1	239.01	100.00	149.86	21	0.09	0.04	-8.48
2	0.21	0.09	138.33	22	0.04	0.02	-85.37
3	2.19	0.92	49.07	23	0.87	0.36	165.77
4	0.40	0.17	130.95	24	0.03	0.01	-57.53
5	11.95	5.00	-1.94	25	0.72	0.30	-76.59
6	0.07	0.03	91.81	26	0.03	0.01	-104.22
7	9.63	4.03	110.13	27	0.18	0.08	163.03
8	0.09	0.04	153.81	28	0.03	0.01	-143.01
9	1.07	0.45	0.81	29	0.42	0.18	103.92
10	0.08	0.04	124.76	30	0.03	0.01	-87.20
11	2.56	1.07	-1.27	31	0.46	0.19	-149.64
12	0.04	0.02	129.92	32	0.03	0.01	-1.13
13	1.96	0.82	108.77	33	0.22	0.09	21.68
14	0.05	0.02	-173.70	34	0.02	0.01	-155.69
15	0.32	0.13	164.53	35	0.49	0.20	50.08
16	0.06	0.02	75.40	36	0.02	0.01	150.62
17	2.63	1.10	-119.47	37	0.37	0.15	151.33
18	0.04	0.02	76.59	38	0.02	0.01	-16.10
19	0.36	0.15	43.82	39	0.11	0.05	-94.70
20	0.03	0.01	-156.79	40	0.02	0.01	53.63
TOTAL	239.55						
THD-F		6.76					

BEBAN LAMPU III DELTA.CSV

Measurement period 5/29/2009 17:06:29 - 5/29/2009 17:11:32

Display period 5/29/2009 17:09:29

Measurement interval 1 Minute

LVL_J1: Harmonic level current CH1 Average value Circuit 1 , BEBAN LAMPU III DELTA.CSV[A]

Order	[A]	[%]	[°]	Order	[A]	[%]	[°]
1	0.1653	100.00	9.52	21	0.0012	0.74	-99.83
2	0.0010	0.58	-179.41	22	0.0002	0.12	-114.75
3	0.0094	5.70	-144.20	23	0.0034	2.04	82.15
4	0.0009	0.55	49.53	24	0.0001	0.04	-161.91
5	0.1124	68.01	-138.99	25	0.0039	2.38	-112.30
6	0.0003	0.16	-69.44	26	0.0001	0.07	-28.65
7	0.0897	54.29	59.41	27	0.0009	0.57	108.73
8	0.0006	0.35	69.61	28	0.0001	0.08	127.49
9	0.0119	7.22	-66.87	29	0.0018	1.06	13.00
10	0.0005	0.30	-108.53	30	0.0001	0.03	103.29
11	0.0213	12.87	-116.81	31	0.0018	1.12	157.66
12	0.0001	0.08	-173.08	32	0.0001	0.06	-52.62
13	0.0066	3.98	50.32	33	0.0005	0.32	-26.21
14	0.0003	0.17	67.76	34	0.0001	0.06	83.94
15	0.0016	1.00	69.25	35	0.0014	0.87	-51.12
16	0.0002	0.11	-99.51	36	0.0001	0.04	-75.46
17	0.0077	4.69	164.15	37	0.0011	0.67	117.50
18	0.0001	0.06	-122.55	38	0.0001	0.05	-139.39
19	0.0060	3.60	-13.38	39	0.0001	0.09	166.42
20	0.0002	0.14	46.70	40	0.0001	0.06	85.28
TOTAL	0.2210						
THD-F		88.83					

BEBAN LAMPU III DELTA.CSV

Measurement period 5/29/2009 17:06:29 - 5/29/2009 17:11:32

Display period 5/29/2009 17:09:29

Measurement interval 1 Minute

LVL_J2: Harmonic level current CH2 Average value Circuit 1 , BEBAN LAMPU III DELTA.CSV[A]

Order	[A]	[%]	[°]	Order	[A]	[%]	[°]
1	0.1679	100.00	-110.79	21	0.0011	0.63	52.34
2	0.0013	0.75	-34.61	22	0.0001	0.09	56.82
3	0.0047	2.78	-89.68	23	0.0019	1.15	-175.10
4	0.0011	0.64	-51.35	24	0.0001	0.04	-76.44
5	0.1248	74.28	-24.70	25	0.0037	2.18	102.05
6	0.0007	0.42	6.32	26	0.0001	0.08	179.21
7	0.0939	55.91	-69.82	27	0.0007	0.41	14.37
8	0.0010	0.58	2.10	28	0.0001	0.07	-178.59
9	0.0030	1.77	-66.68	29	0.0014	0.84	142.01
10	0.0007	0.43	17.24	30	0.0001	0.07	172.29
11	0.0304	18.11	5.32	31	0.0018	1.05	24.45
12	0.0008	0.46	4.95	32	0.0001	0.08	114.78
13	0.0117	6.97	-61.15	33	0.0006	0.35	-62.50
14	0.0005	0.27	-16.71	34	0.0001	0.06	127.78
15	0.0012	0.69	26.68	35	0.0015	0.91	58.68
16	0.0004	0.24	27.30	36	0.0001	0.05	117.00
17	0.0079	4.71	-79.84	37	0.0015	0.90	-22.29
18	0.0004	0.25	-2.37	38	0.0001	0.06	24.68
19	0.0057	3.40	-154.26	39	0.0004	0.23	-120.83
20	0.0001	0.09	-30.78	40	0.0001	0.05	0.86
TOTAL	0.2320						
THD-F		95.28					

BEBAN LAMPU III DELTA.CSV

Measurement period 5/29/2009 17:06:29 - 5/29/2009 17:11:32

Display period 5/29/2009 17:09:29

Measurement interval 1 Minute

LVL_J3: Harmonic level current CH3 Average value Circuit 1 , BEBAN LAMPU III DELTA.CSV[A]

Order	[A]	[%]	[°]	Order	[A]	[%]	[°]
1	0.1656	100.00	128.62	21	0.0005	0.33	141.45
2	0.0010	0.60	116.90	22	0.0001	0.07	66.80
3	0.0128	7.70	53.16	23	0.0035	2.12	-64.89
4	0.0011	0.65	163.64	24	0.0001	0.04	102.86
5	0.1293	78.06	102.77	25	0.0022	1.35	1.75
6	0.0008	0.49	170.15	26	0.0001	0.08	28.71
7	0.0788	47.61	172.09	27	0.0011	0.69	-110.46
8	0.0009	0.56	-168.95	28	0.0001	0.07	-43.39
9	0.0149	9.00	113.12	29	0.0014	0.83	-114.18
10	0.0007	0.44	-178.97	30	0.0001	0.07	-10.47
11	0.0263	15.87	141.98	31	0.0014	0.85	-84.99
12	0.0007	0.42	-175.62	32	0.0001	0.06	-31.02
13	0.0112	6.74	152.25	33	0.0010	0.62	134.79
14	0.0005	0.32	-165.91	34	0.0001	0.07	-87.89
15	0.0026	1.59	-127.66	35	0.0017	1.03	-172.47
16	0.0003	0.18	-176.39	36	0.0001	0.06	-48.07
17	0.0083	5.02	43.30	37	0.0010	0.59	-155.97
18	0.0004	0.22	166.67	38	0.0001	0.06	-179.87
19	0.0039	2.38	99.67	39	0.0004	0.26	44.78
20	0.0003	0.16	-146.71	40	0.0001	0.06	-158.93
TOTAL	0.2273						
THD-F		94.04					