



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH TEMPERATUR LINGKUNGAN KERJA DAN
HARMONISA TERHADAP KINERJA TRANSFORMATOR
ARUS**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar ST.

EKA NURHIDAYAT

0806365684

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
JUNI 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
Semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
Telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Eka Nurhidayat

NPM : 0806365684

Tanda Tangan :

Tanggal : 14 Juni 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : EKA NURHIDAYAT
NPM : 0806365684
Program Studi : TEKNIK ELEKTRO
Judul Skripsi : PENGARUH TEMPERATUR LINGKUNGAN
KERJA DAN HARMONISA TERHADAP
KINERJA TRANSFORMATOR ARUS

Telah berhasil dipertahankan di hadapan dewan penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Aji Nur Widyanto S.T., M.T ()
Penguji : Budi Sudiarto S.T.,M.T ()
Penguji : Ir Agus R Utomo M.T ()
Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 14 Juni 2010

KATA PENGANTAR

Pertama-tama penulis mengucapkan puji dan syukur kehadirat Allah SWT, karena dengan rahmat-Nya dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini serta tidak lupa Rahmat dan salam kepada Junjunganku baginda Rasulullah Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan safaat kepada para umatnya .

Tugas akhir ini dibuat untuk memenuhi persyaratan dalam memperoleh gelar ST Teknik Elektro, sesuai dengan kurikulum yang berlaku pada Jurusan Teknik Elektro, Universitas Indonesia.

Penulisan Skripsi ini membahas masalah Pengaruh Temperatur Lingkungan Terhadap Transformator Arus (Current Transformer) dengan Beban Harmonisa. Permasalahan ini diambil oleh penulis karena masalah kualitas distribusi tenaga listrik yang sangat penting bagi masyarakat pengguna tenaga listrik .

Dalam penyusunan Skripsi ini penulis banyak mendapatkan bantuan baik materil maupun moril, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Yth. Kedua orang tuaku dan seluruh keluarga besar terima kasih atas doa dan dukungannya selama ini sehingga Skripsi ini dapat diselesaikan.
2. Yth. Bapak Aji Nur Widyanto S.T., M.T selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan Skripsi ini.
3. Teman yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan Skripsi ini terutama kepada Agung Sujatmiko dan Arif Budiman

4. Pihak lain yang berkepentingan dalam penyusunan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari, bahwa dalam penyusunan Skripsi ini terdapat kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan adanya kritik serta saran yang membangun yang akan diterima dengan segala kerendahan hati.

Akhir kata, penulis mengucapkan banyak terima kasih dan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua, Amin

Depok, 14 Juni 2010

Penulis,

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	: Eka Nurhidayat
NPM	: 0806365684
Program Studi	: Teknik Elektro
Departemen	: Elektro
Fakultas	: Teknik
Jenis Karya	: Skripsi

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

**“PENGARUH TEMPERATUR LINGKUNGAN KERJA DAN
HARMONISA TERHADAP KINERJA TRANSFORMATOR
ARUS”**

Beserta perangkat yang ada (jika di perlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, maengalihmedia atau memformatkan,mengelola dalam bentuk data terpusat (database),merawat dan mempublikasikan skripsi Saya tanpa meminta izin dari Saya selaku penulis selama tetap mencantumkan nama Saya sebagai penulis dan sebagai pemilik Hak cipta.

Demikian pernyataan ini Saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 14 Juni 2010

(Eka Nurhidayat)

ABSTRAK

Nama : Eka Nurhidayat
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Pengaruh Temperatur Lingkungan Kerja dan Harmonisa
Terhadap Kinerja Transformator Arus

Gangguan harmonisa (Arus atau Tegangan) merupakan masalah dalam kualitas distribusi tenaga listrik, yang ditimbulkan oleh beban non linier pada sistem tenaga listrik. Masalah harmonisa ini sangat merugikan karena dapat menimbulkan permasalahan kualitas distribusi listrik yang digunakan, dimana bentuk gelombang suplai akan menjadi terdistorsi sehingga bisa menimbulkan penurunan kinerja dan bahkan akan mengalami kerusakan pada peralatan listrik.

Transformator arus merupakan salah piranti listrik yang berfungsi untuk mentransformasikan arus yang besar pada sisi primer menjadi arus yang kecil di sisi sekunder untuk pengukuran dan proteksi. Akurasi (tingkat ketelitian) adalah kemampuan dari alat ukur untuk memberikan nilai tertentu terhadap harga sebenarnya dari objek yang diukur. Dengan mengetahui tingkat akurasi dari suatu instrumen, maka faktor error yang akan terjadi dapat diketahui.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur lingkungan terhadap ketelitian pengukuran oleh transformator arus dengan beban harmonisa. Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian terhadap Transformator Arus dengan beban harmonisa berupa lampu hemat energi.

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh temperatur lingkungan kerja transformator arus cukup berpengaruh pada akurasi pengukuran arus. Semakin tinggi temperatur kerja, error pengukuran semakin tinggi yang menyebabkan pembacaan pada alat ukur semakin kecil atau turun dari pembacaan normal.

Kata Kunci: Harmonisa, Temperatur, Transformator Arus.

ABSTRACT

Name : Eka Nurhidayat
Program Study: Electrical Engineering
Tittle : The Effect of Environment Temperature to Meassure of Current
Transformer with Harmonic Load

Harmonic distortions (Current or Voltage) are some kind trouble of power quality distribution, it's caused by non-Linear loads. Harmonic could caused bad impact for power distribution systems that used it, where the quality of the supply waveform will be distorted so that it can cause performance degradation and even to experience damage to electrical equipment.

Current transformer is one of the electrical equipment that serves to transform a large current on the primary side of a small current in the secondary for measurement and protection. Accuracy (precision) is the ability of a measurement to give a specific value to the actual value of the object to be measured. By knowing the accuracy of an instrument, then the error factor that will occur can be known.

This research aimed to investigate the influence temperature of accuration measurement performance from current transformer with harmonic loads such as energy saving lamps.

The results showed that temperature work, is influence to accuration measurement current transformer with non-linear loads. High temperature, influence caused high error meassurement. It means flow readings on the instruments measurement become smaller than normal.

Keywords: Harmonics, Temperature, Current Transformers.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
UCAPAN TERIMAKASIH.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vi
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR NOTASI.....	xiv
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penulisan	1
1.3 Permasalahan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Metode dan Langkah Penulisan.....	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	2
BAB 2. DASAR TEORI	
2.1 Pengertian Harmonisa.....	5
2.1.1 Orde Harmonisa.....	7
2.1.2 Deret Fourier.....	7
2.2 Sumber-Sumber Harmonisa.....	9
2.3 Parameter Harmonisa.....	10
2.3.1 <i>Total Distortion Harmonic (THD)</i>	10
2.3.2 <i>Individual Harmonic Distortion (IHD)</i>	11
2.3.3 <i>Root Mean Square (RMS)</i>	11
2.4 Standar Harmonisa.....	12

2.5 Efek Harmonisa.....	13
2.5.1 Efek Harmonisa Terhadap Penghantar.....	14
2.5.2 Efek Harmonisa Terhadap Transformator Arus.....	16
2.5.2.1 Rugi-rugi Tembaga.....	18
2.5.2.2 Rugi-rugi Arus Eddy.....	18
2.5.2.3 Rugi-rugi Histeristis.....	19
2.6 Transformator Arus (Current Transformer).....	19
2.6.1 Prinsip Kerja Trafo Arus.....	21
2.7 Aplikasi Transformator Arus(Current Transformer).....	22
2.8 Lampu Hemat Energi.....	23
BAB 3. METODOLOGI PERCOBAAN	
3.1 Data Alat Percobaan	26
3.2 Metode Pengukuran Harmonisa pada CT dengan Pengaturan Temperatur Lingkungan	27
3.3 Data Hasil Percobaan Pengukuran.....	29
3.4 Metode Percobaan Pengaruh Pengaturan Nilai THD pada CT.....	30
BAB 4. HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA DATA	
4.1 Analisa Data Percobaan	31
4.1.1 Data Hasil Percobaan Harmonisa.....	31
4.2 Perhitungan Error Data Percobaan	34
4.2.1 Analisa Perhitungan Error Data Pengukuran CT Akibat Pengaruh Temperatur.....	35
4.2.2 Analisa Perhitungan Error Data Pengukuran dengan Pengaturan Nilai THD.....	42
4.3 Analisa Rugi – rugi pada Transformator Arus.....	50
BAB 5. PENUTUP	54
5.1 Kesimpulan	54
DAFTAR REFERENSI	56
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Gambar Gelombang Perpaduan antara gelombang Harmonisa dengan gelombang Normal (Ideal)	6
Gambar 2.2	Spektrum Harmonisa	9
Gambar 2.3	Konstruksi dari CT	20
Gambar 2.4	Current Transformer	20
Gambar 2.5	Rangkaian ekivalen trafo arus.....	21
Gambar 2.6	Lampu Hemat Energi	24
Gambar 3.1	Rangkaian Pengukuran	27
Gambar 3.2	Peralatan Percobaan Pengukuran CT.....	28
Gambar 4.1	Grafik IHD Arus (Individual Harmonisa Arus) suhu 27 ⁰ C.....	32
Gambar 4.2	Grafik IHD Tegangan (Individual Harmonisa Tegangan) suhu 27 ⁰ C.....	32
Gambar 4.3	Grafik IHD Arus (Individual Harmonisa Arus) suhu 40 ⁰ C.....	33
Gambar 4.4	Grafik IHD Tegangan (Individual Harmonisa Tegangan) suhu 40 ⁰ C.....	33
Gambar 4.5	Grafik IHD Arus (Individual Harmonisa Arus) suhu 80 ⁰ C.....	34
Gambar 4.6	Grafik IHD Tegangan (Individual Harmonisa Tegangan) suhu 80 ⁰ C.....	34
Gambar 4.7	Grafik Persentase Perbandingan Error Suhu Pengujian	38
Gambar 4.8	Grafik Pengukuran Arus Harmonisa akibat Suhu panas.....	39
Gambar 4.9	Grafik Penurunan Arus akibat kenaikan suhu pengujian	

	pada beban 85 %.....	40
Gambar 4.10	Rangkaian Percobaan dengan lampu Pijar	40
Gambar 4.11	Grafik Penurunan THD akibat penambahan Lampu Pijar pada Rangkaian Percobaan Pengukuran CT dengan LHE.....	40

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Limit Distorsi Arus Harmonisa.....	13
Tabel 2.2	Limit Distorsi Tegangan Haramonisa.....	13
Tabel 2.3	Polaritas dari Komponen Harmonisa.....	14
Tabel 3.1	Daftar Alat Percobaan.....	26
Tabel 3.2	Data Pengukuran Arus pada Setiap Suhu.....	29
Tabel 4.1	Data Hasil Percobaan beban CT 85%, Suhu 27 ⁰ C.....	31
Tabel 4.2	Data Percobaan 510 Lampu dengan Suhu Oven 40 ⁰ C.....	32
Tabel 4.3	Data Percobaan 510 Lampu dengan Suhu Oven 80 ⁰ C.....	33
Tabel 4.4	Presentase Error CT pada Percobaan Suhu 40 ⁰ C di Bandingkan dengan I _s Fundamental dan Arus Suhu 27 ⁰ C.....	36
Tabel 4.5	Presentase Error CT pada Percobaan Suhu 80 ⁰ C di Bandingkan dengan I _s Fundamental dan Arus Suhu 27 ⁰ C.....	36
Tabel 4.6	Presentase Error CT pada Percobaan Suhu 80 ⁰ C di Bandingkan dengan Arus pada Suhu 40 ⁰ C.....	37
Tabel 4.7	Presentase Error CT pada Percobaan Suhu 80 ⁰ C di Bandingkan dengan I _s Fundamental.....	38
Tabel 4.8	Data Ukur Alat Harmonisa Analyzer pada Suhu 27 ⁰ C Dengan beban CT 15%.....	42
Tabel 4.9	Data Hasil Percobaan Kombinasi LHE dengan Lampu Pijar.....	45

Tabel 4.10	Data Ukur alat Harmonisa Anlyzer tanpa Penambahan Lampu Pijar pada Suhu normal.....	47
Tabel 4.11	Data Ukur alat Harmonisa Anlyzer dengan 2 Lampu Pijar pada normal atau tanpa proses pemanasan CT di Oven.....	48
Tabel 4.12	Data Ukur alat Harmonisa Anlyzer dengan 2 Lampu Pijar pada Suhu 40 ⁰ C.....	49

DAFTAR NOTASI

Notasi	Keterangan	Satuan
THD	<i>Total Harmonic Distortion</i>	%
I_{THD}	<i>Current Total Harmonic Distortion</i>	Ampere
V_{THD}	<i>Voltage Total Harmonic Distortion</i>	Voltage
I_{RMS}	<i>Current Root Mean Square</i>	Ampere

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemakaian tenaga Listrik merupakan sebuah kebutuhan yang sudah tidak bisa dihindarkan dalam kehidupan sehari-hari baik untuk kehidupan rumah tangga maupun kebutuhan Industri.

Pada kehidupan sehari-hari penggunaan tenaga Listrik erat kaitannya dengan beban yang digunakan, pada sistem tenaga listrik dikenal ada dua beban yaitu beban Linier dan beban non Linier. Beban Linier merupakan beban yang akan memberikan bentuk gelombang keluaran yang Linier artinya arus yang mengalir sebanding dengan Impedansi dan perubahan tegangan, sedangkan beban non Linier bentuk gelombang keluaran yang dihasilkan tidak sebanding dengan dengan tegangan setiap setengah siklus, sehingga bentuk gelombang arus maupun tegangan keluarannya tidak sama dengan gelombang Input yang disebabkan karena adanya distorsi. Dalam dunia Industri banyak ditemukan beban non Linier yaitu pada motor listrik, trafo, Inverter, rectifier dan converter (Elektronika Daya).

Beban Harmonisa atau beban non Linier adalah pemicu terjadinya Harmonisasi pada sistem tenaga listrik dan hal ini merupakan sebuah gangguan yang dapat menyebabkan berbagai macam kerugian dan permasalahan yaitu seperti meningkatnya rugi-rugi daya, rusaknya peralatan akibat adanya ketidakseimbangan Arus yang menyebabkan pemanasan.

Oleh karena itu, untuk mengatasi permasalahan yang timbul akibat adanya Harmonisasi yang muncul akibat adanya beban non Linier di butuhkan pengukuran dan analisa mengenai besar atau pengaruh dari beban harmonisa (non Linier).

1.2 Tujuan Penulisan

Menganalisa Pengaruh Temperatur Lingkungan Kerja CT (Current Transformer) dengan Beban Harmonisa

1.3 Permasalahan

Dalam melakukan penelitian ini ada beberapa permasalahan yang timbul, diantaranya adalah :

1. Bagaimana memilih transformator arus yang tepat, sesuai dengan kebutuhan dan spesifikasi alat ukur.
2. Menentukan beban harmonisa yang akan digunakan dan pengaturan temperatur yang sesuai dengan pengujian.
3. Bagaimana mengatur pembebanan harmonisa sesuai metodologi penelitian.
4. Bagaimana memilih peralatan uji yang tepat, sesuai dengan yang dibutuhkan.
5. Melakukan trouble shooting terkait rangkaian.
6. Kurangnya kepresisian alat dalam pengujian.

Melakukan pembacaan pada alat ukur dan menentukan persen error

1.4 Batasan Masalah

Dalam Penulisan Skripsi ini agar tidak menyimpang dari pokok bahasan yang telah ditentukan maka penulis akan membatasi pokok bahasan masalah sebagai berikut:

- Menganalisa Error Pengukuran CT (Current Transformer) dengan Beban Harmonisa terhadap kenaikan temperatur lingkungan kerja .

1.5 Metode dan Langkah Penulisan

Dalam penulisan ini dilakukan metode dan langkah-langkah sebagai berikut :

- Analisa Data

Pada tahap ini dilakukan pencarian data-data yang diperlukan dengan merancang dan melakukan percobaan alat.

- Studi Kepustakaan

Pada tahap ini dilakukan kegiatan pengumpulan beberapa referensi yang berhubungan dengan perhitungan Analisa Beban Harmonisa

1.6 Sistematika Penulisan

HALAMAN JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN

KATA PENGANTAR

LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

ABSTRAK

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR NOTASI

BAB 1. PENDAHULUAN

- 1.1 Latar Belakang
- 1.2 Tujuan Penulisan
- 1.3 Permasalahan
- 1.4 Batasan Masalah
- 1.5 Metode dan Langkah Penulisan
- 1.6 Sistematika Penulisan

BAB II. DASAR TEORI

- 2.1 Penjelasan tentang Harmonisa
 - 2.1.1 Orde Harmonisa
 - 2.1.2 Deret Fourier
- 2.2 Sumber-sumber Harmonisa
- 2.3 Parameter Harmonisa
 - 2.3.1 *Total Distortion Harmonisa* (THD)
 - 2.3.2 *Individual Harmonisa Distortion* (IHD)
 - 2.3.3 *Root Mean Square* (RMS)
- 2.4 Standar Harmonisa
- 2.5 Efek Harmonisa
 - 2.5.1 Efek Harmonisa terhadap Penghantar
- 2.6 Penjelasan CT (Current Transformer)
- 2.7 Aplikasi CT (Current Transformer)
- 2.8 Lampu Hemat Energi

BAB III. METODOLOGI PERCOBAAN

- 3.1 Objek Pengukuran
- 3.2 Metode Percobaan Pengukuran Harmonisa pada CT dengan Pengaruh Suhu Lingkungan
- 3.3 Data Hasil Percobaan Pengukuran
- 3.4 Metode Percobaan Pengaruh Pengaturan Nilai THD pada CT

BAB IV. PENGOLAHAN DATA DAN PEMBAHASAN

- 4.1 Analisa Data Percobaan
 - 4.1.1 Data hasil Percobaan
- 4.2 Perhitungan Error Data Percobaan
 - 4.2.1 Analisa Perhitungan Error Data pengukuran CT Akibat Pengaturan Suhu
 - 4.2.2 Analisa Perhitungan Data Percobaan dengan Pengaturan Nilai THD (*Total Harmonic Distortion*)
- 4.3 Perbandingan Alat Ukur yang digunakan Antara Amperemeter Analog dengan Amperemeter Digital
- 4.4 Analisa Rugi-rugi pada Transformator Arus

BAB V. PENUTUP

- 5.1 Kesimpulan

DAFTAR REFERENSI**LAMPIRAN**

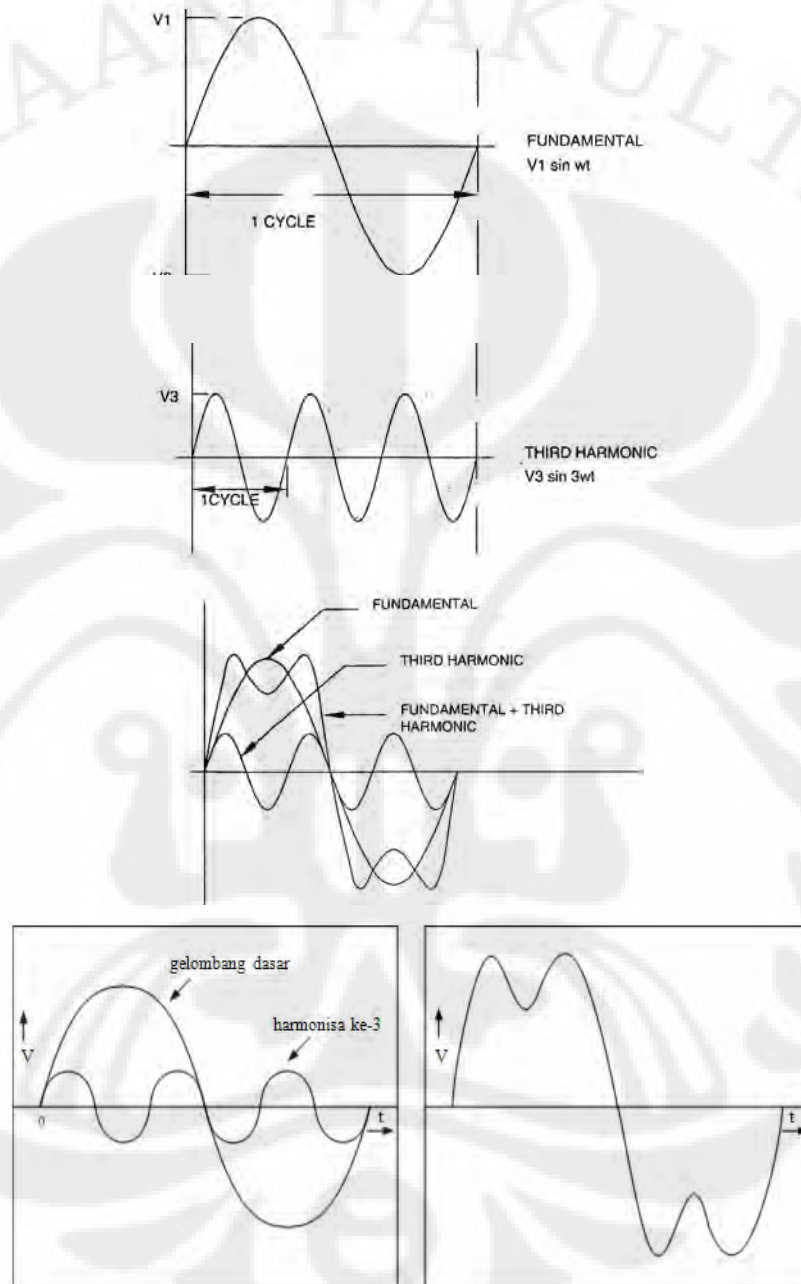
BAB II DASAR TEORI

2.1 Pengertian Harmonisa^[1]

Harmonisa merupakan gangguan yang dalam distribusi tenaga listrik yang disebabkan oleh adanya distorsi gelombang arus dan tegangan yang menyebabkan adanya pembentukan gelombang-gelombang yang tidak Sinusoidal atau dengan frekuensi kelipatan bulat dari frekuensi fundamentalnya .Sehingga harmonisa dapat menyebabkan cacat gelombang atau cacat Harmonisa adalah perubahan bentuk gelombang akibat adanya komponen frekuensi tambahan.

Pada sistem tenaga listrik frekuensi kerja normal adalah 50 Hz atau 60 Hz tetapi, dalam aplikasi pemakaiannya berdasarkan beban yang digunakan frekuensi arus dan tegangan dapat menjadi tidak normal atau menjadi kelipatan dari frekuensi normal 50 / 60 Hz, hal inilah yang disebut dengan Harmonisasi. Jika frekuensi (f) adalah frekuensi normal dari suatu sistem, maka frekuensi orde n (1,2,3... n) adalah nf atau factor kelipatan dari frekuensi normal, sehingga frekuensi dapat berubah menjadi 100 Hz, 150 Hz dan seterusnya. Gelombang inilah yang kemudian menumpang pada gelombang normal sehingga terbentuklah gelombang tidak sinusoidal yang merupakan hasil dari penjumlahan antara gelombang normal sesaat dengan gelombang harmonisanya.

Berikut merupakan gambar yang menunjukkan gambar bentuk gelombang normal dan gelombang yang terkenan distorsi harmonisa dan gabungan dari hasil penjumlahan kedua gelombang yaitu antara gelombang normal dan gelombang harmonisa yang memebentuk gelombang tidak sinusoidal lagi seperti gelombang normal pada umumnya yang sinusoidal.



Gambar 2.1 Gambar Gelombang Perpaduan antara gelombang Harmonisa dengan gelombang Normal (Ideal)^[2]

Gambar diatas menunjukkan gelombang normal (ideal) yang seharusnya sinusoidal menjadi berubah karena adanya tambahan gelombang gangguan dari

gelombang harmonisa, hal ini dapat mengakibatkan terjadinya perubahan pada nilai besaran RMS (Root Mean Square)

2.1.1 Orde Harmonisa ^[3]

Orde harmonisa adalah perbandingan frekuensi harmonisa dengan frekuensi dasar, yang dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$n = \frac{f_n}{F} \dots\dots\dots (2-6)$$

Keterangan : n = Orde Harmonisa

f_n = Frekuensi Harmonisa ke-n

F = Frekuensi dasar

Gelombang dengan frekuensi dasar tidak dianggap sebagai harmonisa, yang dianggap sebagai harmonisa adalah mulai dari orde ke-2 samapai ore ke-n sehingga persamaan diatas dapat diubah menjadi :

$$n = fn \dots\dots\dots(2-7)$$

2.1.2 Deret Fourier ^[3]

Gelombang sinus adalah bentuk gelombang paling dasar yang menyusun berbagai bentuk gelombang lainnya yang ada di dunia kelistrikan. Pada tahun 1822, J.B.J. Fourier, menyatakan bahwa sembarang fungsi periodik pada interval T bisa diwakili oleh deret tak hingga sinusoida yang frekuensinya berkaitan secara harmonis atau dapat dinyatakan sebagai fungsi penjumlahan komponen sinusoida fundamental dengan komponen harmonisa pada deret orde tertinggi pada frekuensi yang merupakan kelipatan frekuensi fundamentalnya. Analisa harmonisa merupakan cara untuk menganalisis bentuk gelombang terdistorsi, yang merupakan penjumlahan dari besaran dan fasa fundamental dengan harmonisa orde tertinggi pada gelombang periodik. Hasil deretnya dikenal sebagai deret Fourier dan memperlihatkan hubungan antara fungsi waktu dengan fungsi frekuensi.

Suatu fungsi periodik $f(\theta)$ dengan periode 2π yang memenuhi syarat-syarat Dirichlet sebagai berikut:

- (1) mempunyai bilangan diskontinuitas yang terbatas dalam suatu periode
- (2) mempunyai maksimum dan minimum yang terbatas dalam satu periode
- (3) integral adalah terbatas (tertentu), dapat dikembangkan menjadi suatu deret Fourier

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\omega t + b_n \sin n\omega t) \dots\dots\dots (2-1)$$

dengan koefisien a_0, a_n, b_n masing-masing adalah:

$$a_0 = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt \dots\dots\dots (2-2)$$

Nilai f fundamental untuk satu periode yaitu dari 0 hingga T .

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cos n\omega t dt \dots\dots\dots (2-3)$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \sin n\omega t dt \dots\dots\dots (2-4)$$

Dimana n adalah indeks harmonisa.

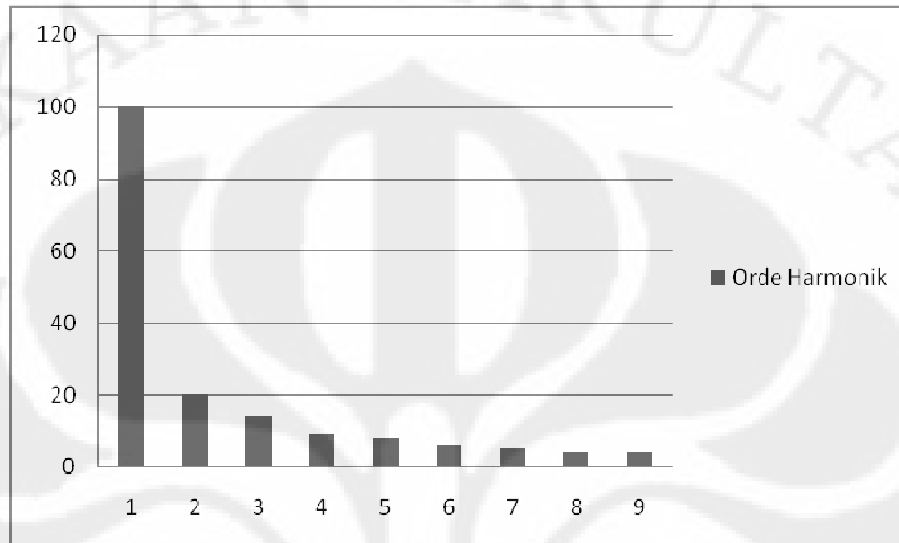
Berdasarkan deret fourier diatas didapatkan bahwa gelombang yang mengintrodusir harmonisa-harmonisa ganjil yaitu harmonisa ketiga, kelima, ketujuh dan seterusnya .Suku a_0 menyatakan komponen dc atau nilai rata-rata dari gelombang, yang mana umumnya komponen ini tidak muncul dalam jaringan sistem arus bolak-balik,dan apabila bentuk gelombang sempurna atau sinusoidal maka orde yang ada adalah orde = 1. Ampiltudo harmonisa biasa dinyatakan :

$$C_h = \sqrt{a_n^2 + b_n^2} \quad \text{dimana } n \geq 1 \dots\dots\dots (2-5)$$

Untuk nilai C sebagai fungsi n seringkali digambarkan dalam suatu barchart dan dikenal dengan "Spektrum harmonisa" gelombang.

Spektrum harmonisa adalah distribusi semua amplitudo kompoen harmonisa sebagai fungsi orde harmonisanya dan diilustrasikan menggunakan

histogram. Gambar di bawah ini merupakan contoh spektrum harmonisa. Dari gambar tersebut dapat dikatakan bahwa spektrum merupakan perbandingan arus atau tegangan frekuensi harmonisa terhadap arus atau tegangan frekuensi dasar.



Gambar 2.2 Spektrum Harmonisa

2.2 Sumber-sumber Harmonisa^[4]

Peralatan listrik berdasarkan karakteristiknya terdiri atas 2 jenis yaitu peralatan yang merupakan beban linier dan peralatan yang merupakan beban non linier. Peralatan yang merupakan beban linier sebenarnya adalah peralatan yang menampilkan sebuah impedansi yang tetap (steady state) pada satu putaran gelombang sinusoidal tegangan terjadi. Sebuah gelombang sinusoidal tegangan diberikan pada sebuah peralatan linier akan menghasilkan suatu gelombang sinusoidal arus yang proporsional. Jika tegangan diperbesar dua kali lipat, arus akan menjadi besar juga dan menampilkan gelombang yang sama dengan tegangan.

Sedangkan beban non linier adalah peralatan yang tidak memperlihatkan suatu impedansi konstan saat terjadi gelombang sinusoidal tegangan. Hal ini menyebabkan gelombang arus terjadi distorsi yang akan mempengaruhi gelombang sinusoidal arus yang terjadi dan karena hal inilah beban non linier dapat dikatakan sebagai sumber dari harmonisa.

Beban non linier umumnya merupakan peralatan elektronik yang didalamnya banyak terdapat komponen semikonduktor, dalam proses kerjanya

berlaku sebagai saklar yang bekerja pada setiap siklus gelombang dari sumber tegangan. Proses kerja ini akan menghasilkan gangguan atau distorsi gelombang arus yang tidak sinusoidal. Bentuk gelombang ini tidak menentu dan dapat berubah menurut pengaturan pada parameter komponen semikonduktor dalam peralatan elektronik. Perubahan bentuk gelombang ini tidak terkait dengan sumber tegangannya.

Beberapa peralatan yang dapat menyebabkan timbulnya harmonisa antara lain komputer, printer, lampu fluorescent yang menggunakan elektronik ballast, kendali kecepatan motor dan masih banyak lagi yang lainnya. Peralatan ini dirancang untuk menggunakan arus listrik secara hemat dan efisien karena arus listrik hanya dapat melalui komponen semi konduktornya selama periode pengaturan yang telah ditentukan. Namun disisi lain hal ini akan menyebabkan gelombang mengalami gangguan gelombang arus dan tegangan yang pada akhirnya akan kembali ke bagian lain sistem tenaga listrik. Penomena ini akan menimbulkan gangguan beban tidak linier satu phase. Hal di atas banyak terjadi pada distribusi yang memasok pada areal perkantoran/komersial. Sedangkan pada areal perindustrian gangguan yang terjadi adalah beban non linier tiga phase yang disebabkan oleh motor listrik, kontrol kecepatan motor, batere charger.

2.3 Parameter Harmonisa^[3]

Dalam analisa harmonic yang menggunakan metode pengukuran dengan alat, ada beberapa parameter dari harmonisa yang perlu diperhatikan yaitu, *Total Harmonisa Distortion* (THD) dan *Individual Harmonisa Distortion* . Selain itu juga ada *Root Mean Square* (RMS).

2.3.1 Total Distortion Harmonisa (THD)

THD (*Total Harmonic Distortion*) merupakan perbandingan nilai rms (*root mean square*) komponen harmonisa dari sebuah besaran (arus atau tegangan) terhadap nilai rms besaran (arus atau tegangan) tersebut pada frekuensi dasarnya dan biasanya dihitung dalam persen . Besaran THD digunakan untuk mengukur besarnya penyimpangan dari bentuk gelombang periodic yang mengandung harmonic dari gelombang sinusoidal idealnya.

$$V_{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2}}{V_1} \times 100\% \dots\dots\dots (2-8)$$

Keterangan : V_n = Nilai tegangan harmonisa

V_1 = Nilai Fundamental

n = Komponen harmonic maksimum yang diamati

$$I_{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1} \times 100\% \dots\dots\dots (2-9)$$

Keterangan : I_n = Komponen Harmonisa

I_1 = Komponen Fundamental

n = Komponen harmonic maksimum yang diamati

2.3.2 Individual Harmonisa Distortion (IHD)

Individual Harmonic Distortion (IHD) adalah rasio antara nilai RMS dari harmonisa individual dan nilai RMS dari fundamental.

$$IHD = \sqrt{\left(\frac{I_{Sh}}{I_{S1}}\right)^2} \times 100\% \dots\dots\dots (2-10)$$

dimana :

IHD : Individual Harmonisa Distortion (%)

ISh : Arus harmonisa pada orde ke-h (A)

IS1 : Arus fundamental (I_{rms}) dalam A

2.3.3 RMS (Root Mean Square)

RMS dapat didefinisikan sebagai akar kuadrat rata-rata dari fungsi yang terdapat ampiltudo dari fungsi berkalanya pada suatu periode, sehingga RMS dapat artikan dengan persamaan berikut:

$$X_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt} \dots\dots\dots(2-11)$$

sedangkan untuk menghitung tegangan dan arus atau V_{RMS} ,

I_{RMS} adalah :

$$V_{rms} = \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} V_n^2} \dots\dots\dots(2-12)$$

atau dapat juga didefinisikan dengan persamaan berikut:

$$V_{rms} = \sqrt{V_1^2 + V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 + \dots + V_n^2} \dots\dots\dots(2-13)$$

$$I_{rms} = \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} I_n^2} \dots\dots\dots(2-14)$$

atau dapat juga didefinisikan dengan persamaan berikut:

$$I_{rms} = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + \dots + I_n^2} \dots\dots\dots(2-15)$$

2.4 Standar Harmonisa^[3]

Ada dua kriteria yang digunakan dalam analisa distorsi harmonisa, limitasi untuk distorsi arus harmonisa dan limitasi untuk distorsi tegangan harmonisa. Standar yang dipakai untuk limitasi tegangan harmonisa adalah IEEE 519. Untuk standard harmonisa arus, ditentukan oleh rasio I_{sc}/I_L

Tabel 2.1 Limit Distorsi Arus Harmonisa

Maximum Harmonic Current Distortion In % of Fundamental						
I_{sc} / I_{Load}	Harmonic Orde					THD (%)
	<11	11 ≤ h < 17	17 ≤ h < 17	23 ≤ h < 35	35 ≤	
	Individual Harmonisa Distortion (IHD %)					
< 20	4,0	2,0	1,5	0,6	0,3	5

20-50	7,0	3,5	2,5	1,0	0,5	8
50-100	10,0	4,5	4,0	1,5	0,7	12
100-1000	12,0	5,5	5,0	2,0	1,0	15
> 1000	15,0	7,0	6,0	2,5	1,4	20

I_{SC} adalah arus hubung singkat yang ada pada PCC (*Point of Common Coupling*) (Dugan, 2003: 6), I_L adalah arus beban fundamental nominal. Sedangkan untuk standard harmonisa tegangan ditentukan oleh tegangan sistem yang dipakai seperti pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Limit Distorsi Tegangan Harmonisa

<i>Maximum Distortion (%)</i>	System Voltage		
	$V \leq 69 \text{ kV}$	$69 < V < 138 \text{ kV}$	$V > 138 \text{ kV}$
<i>Individual Harmonic</i>	3,0	1,5	1,0
<i>Total Harmonisa</i>	5,0	2,5	1,5

2.5 Efek dari Harmonisa^[5]

Harmonik merupakan sebuah gangguan dalam kinerja dari suatu alat, pada keadaan normal, arus beban setiap phase dari beban linier yang seimbang pada frekuensi dasarnya akan saling menghapuskan sehingga arus netralnya menjadi nol. Sebaliknya beban tidak linier satu phase akan menimbulkan harmonisa kelipatan tiga ganjil yang disebut triplen harmonisa (harmonisa ke-3, ke-9, ke-15 dan seterusnya) yang sering disebut *zero sequence* harmonic. Sehingga harmonic ini akan menyebabkan panas berlebih pada kawat Netral.

Tabel 2.3 Polaritas dari Komponen Harmonisa

Harmonisa	1	2	3	4	5	6	7	8
Frekuensi (Hz)	50	100	150	200	250	300	350	400
Urutan	+	-	0	+	-	0	+	-

Harmonisa ini dapat menghasilkan arus netral yang lebih tinggi dari arus phase karena saling menjumlah di tiap fasanya. Harmonisa pertama urutan polaritasnya adalah positif, harmonisa kedua urutan polaritasnya adalah negatif

dan harmonisa ketiga urutan polaritasnya adalah nol, harmonisa keempat adalah positif (berulang berurutan dan demikian seterusnya).

2.5.1 Efek Harmonisa Terhadap Penghantar

Pada sistem distribusi arus listrik kabel atau konduktor (penghantar) merupakan sarana yang dibutuhkan, adanya gangguan harmonisa dalam suatu distribusi arus sangatlah merugikan berdasarkan persamaan I^2R dapat didefinisikan bahwa nilai arus (I) akan menjadi lebih besar, sedangkan untuk tahanan (R) dapat dibedakan menjadi arus searah (R_{DC}), efek kulit penghantar (*Skin effect*) dan efek dari kedekatan penghantar (*Proximity effect*)

a. *Skin effect*

Skin effect merupakan akibat dari adanya distribusi arus dipermukaan lebih besar daripada yang ada di dalam penghantar yang mengakibatkan tahanan efektif sistem meningkat. Hal yang mempengaruhi kenaikan dari *skin effect* ini adalah kenaikan frekuensi dan diameter penghantar yang digunakan dalam sistem distribusi arus listrik.

b. *Proximity effect*

Proximity effect disebabkan oleh adanya medan magnet penghantar yang mengganggu distribusi arus pada penghantar-penghantar yang berdekatan.

Akibat harmonisa terhadap penghantar dapat digambarkan berdasarkan persamaan sebagai berikut :

$$k_c = \frac{R_{ac}}{R_{dc}} = 1 + k_{SE} + k_{PE} \dots\dots\dots(2-16)$$

dimana :

k_c : Rasio perbandingan R_{dc} dengan R_{ac}

R_{ac} : Tahanan penghantar pada arus bolak-balik

R_{dc} : Tahanan arus searah

k_{SE} : Penambahan tahanan akibat *Skin effect*

k_{PE} : Penambahan tahanan akibat *Proximity effect*

Harmonisa memiliki frekuensi kelipatan dari frekuensi fundamental, adanya faktor kelipatan dari frekuensi harmonisa inilah yang mempengaruhi

besarnya tahanan arus bolak-balik (R_{ac}) akibat adanya *Skin effect* dan *Proximity effect*. Letak aliran arus pada suatu penghantar dipengaruhi oleh besarnya frekuensi, semakin besar frekuensi yang di terapkan maka aliran arus akan semakin mendekati permukaan atau menjauh dari pusat penampang penghantar tersebut.

Aliran arus pada suatu penghantar di pengaruhi oleh besarnya frekuensi, jika semakin besar nilai frekuensi yang diterapkan maka aliran arus akan semakin mendekati permukaan atau menjauh dari pusat penampang penghantar tersebut. Parameter efek kulit (*skin effect*) diperoleh sebagai fungsi dari frekuensi dan tahanan arus searah dengan persamaan sebagai berikut:

$$X = 0,027678 \sqrt{\frac{f \cdot \mu}{R_{dc}}} \dots \dots \dots (2-17)$$

Dimana :

F : Frekuensi dalam Hz

μ : Permeabilitas magnet dari konduktor

R_{dc} : Tahanan arus searah dalam $\Omega/1000$ ft

Penambahan nilai tahanan akibat efek kulit (K_{SE}) adalah fungsi nonlinear dari parameter x tersebut. Suatu metode pendekatan kurva dilakukan untuk mendapatkan perhitungan K_{SE} sehingga didapatkan persamaan orde-5 sebagai berikut:

Dimana $x \leq 2$ berlaku:

$$K_{SE}(x) = 10^{-3} (1,04x^5 + 8,24x^4 - 3,24x^3 + 1,44x^2 - 0,2764x + 0,0166) \dots \dots \dots (2-18)$$

Sedangkan untuk $2 < x \leq 10$ berlaku:

$$K_{SE}(x) = 10^{-3} (-0,2x^5 + 6,616x^4 - 83,345x^3 + 500x^2 - 1061,9x + 0,0166) \dots \dots \dots (2-19)$$

Untuk nilai K_{PE} yang merupakan suatu harga penambahan nilai tahanan akibat efek kedekatan (*proximity effect*) di dapat dari persamaan :

$$K_{PE} = K_{SE} \sigma^2 + \left(\frac{1,18}{K_{SE} + 0,27} + 0,312 \sigma^2 \right) \dots \dots \dots (2-20)$$

Dengan σ adalah perbandingan antara diameter penghantar dengan jarak antar penghantar. Setelah didapatkan nilai K_{PE} dan K_{SE} maka didapatkan juga nilai R_{ac} yang juga dapat digunakan untuk mencari nilai R_h atau nilai tahanan penghantar pada saat distorsi. Sehingga diperoleh persamaan:

$$R_{ac} = kc \cdot R_{dc} \quad \text{dan} \quad R_h = R_{dc} + R_{ac}$$

Maka persamaan akhir menjadi R_h :

$$R_h = R_{dc} \cdot (kc + 1) \dots\dots\dots(2-21)$$

Besarnya rugi-rugi tembaga atau rugi-rugi penghantar akibat terdapatnya komponen harmonisa didalam arus beban dapat dihitung dengan persamaan :

$$P_{SR} = \sum_{h=1}^{\infty} I_h^2 \cdot R_h \dots\dots\dots(2-22)$$

dimana :

P_{SR} : Rugi-rugi penghantar

I_h : Arus pada frekuensi

R_h : Tahanan penghantar untuk frekuensi dengan orde h

2.5.2 Efek Harmonisa Terhadap Transformator Arus

Trafo arus merupakan alat listrik yang dapat mengukur arus yang mengalir pada suatu rangkaian listrik dengan perbandingan rasio tertentu dan bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Apabila trafo arus dilalui oleh beban nonlinier, maka akan timbul arus harmonisa yang akan mengganggu kinerja pada trafo tersebut.

Arus dan tegangan harmonisa secara signifikan akan menyebabkan panas lebih pada trafo melebihi batas standar, maka inilah tanda bahwa trafo tersebut mengalami distorsi harmonisa.

Ada beberapa hal yang dapat menyebabkan panas pada trafo arus ketika mengandung komponen harmonisa yaitu:

➤ **Kenaikkan Arus RMS**

Apabila pada rangkaian yang terhubung dengan trafo arus mengandung harmonisa maka arus RMS akan naik, yang dapat mengakibatkan rugi-rugi penghantar juga bertambah. Dengan adanya

pertambahan rugi-rugi penghantar ini maka terjadilah *skin effect* dan *proximity effect* yang dapat mengakibatkan terjadinya penurunan pengukuran arus pada alat ukur arus yang terpasang dengan CT.

➤ Peningkatan rugi-rugi arus Eddy

Rugi-rugi arus Eddy ada pada penghantar yaitu pada belitan trafo, inti trafo dan penghantar lain yang terlindungi oleh medan magnet dari trafo, yang dapat menyebabkan panas berlebih pada trafo. Rugi-rugi arus Eddy meningkat dengan kuadrat dari frekuensi arus harmonisanya.

➤ Rugi Inti (*Hysteresis Losses*)

Peningkatan rugi inti ini bergantung pada pengaruh harmonisa pada tegangan yang diberikan dari inti trafo.

Rugi-rugi Trafo terdiri atas dua yaitu:

1. Rugi-rugi tanpa beban atau *no load loss* (P_{NL})
2. Rugi-rugi oleh beban atau *Load-related loss* (P_{LL})

Rugi-rugi tanpa beban (P_{LL}) merupakan fungsi dari arus beban, yang terutama adalah rugi-rugi tembaga I^2R (P_R) dan *Stray Losses* (P_{ST}). *Stray Losses* adalah rugi-rugi yang antara lain disebabkan arus eddy yang menimbulkan fluksi elektromagnetik yang menyasar ke kumparan, inti, pelindung magnetik dan sebagainya. Untuk arus harmonisa yang besar, rugi-rugi arus eddy pada kumparan adalah yang paling dominan.

$$P_{LOSS} = P_{NL} + P_{LL} \dots \dots \dots (2-23)$$

Dan

$$P_{LL} = P_{NL} + P_{LL} + P_{EC} + P_{ST} \dots \dots \dots (2-24)$$

2.5.2.1 Rugi-rugi Tembaga

Komponen rugi-rugi tembaga pada trafo adalah I^2R , dimana arus (I) akan dapat menjadi lebih besar nilainya akibat terdapat komponen harmonisa. Begitu juga dengan nilai tahanan (R), saat terjadi distorsi harmonisa, nilai R juga berubah menjadi nilai tahanan arus searah (R_{dc}) ditambah (R_{ac}) yang merupakan nilai tahanan tambahan akibat adanya efek kulit (*skin effect*) dan efek kedekatan penghantar (*proximity effect*) sebagai dampak dari adanya frekuensi harmonisa.

$$P_R = \sum_{h=1}^{h \max} I_h^2 \cdot R_h \dots \dots \dots (2-25)$$

dimana :

P_R : Rugi-rugi penghantar

I_h : Arus pada frekuensi

R_h : Tahanan penghantar untuk frekuensi dengan orde h

Arus harmonisa dipengaruhi oleh fenomena yang dikenal sebagai efek kulit (*skin effect*). Apabila frekuensi arus yang dihasilkan lebih tinggi dari frekuensi arus fundamentalnya (50 Hz), maka arus akan cenderung mengalir pada permukaan dari kawat konduktor. Sehingga berakibat berkurangnya area efektif cross sectional dari konduktor dan meningkatkan nilai tahanan. Tahanan yang besar akan menyebabkan rugi-rugi tembaga sebesar (I^2R) yang besar pula . Akhirnya dengan adanya pendekatan efek tersebut maka akan timbul ketidaksesuaian pengukuran distribusi arus yang melalui konduktor atau arus yang terukur akan lebih kecil.

2.5.2.2 Rugi-rugi Arus Eddy

Rugi arus eddy perlu diamati karena distorsi arus beban relatif lebih tinggi. Dengan arus-arus frekuensi harmonisa lebih tinggi maka menyebabkan bertambahnya rugi-rugi inti yang sebanding terhadap kuadrat arus beban RMS dan orde harmonisa frekuensi nya. Konsentrai arus eddy lebih tinggi pada ujung-ujung belitan trafo karena efek kerapatan medan magnet bocor pada kumparan. Bertambahnya rugi-rugi arus edy karena harmonisa berpengaruh nyata pada temperatur kerja trafo. Besarnya rugi-rugi total arus eddy dinyatakan dengan suatu persamaan:

$$P_{EC} = P_{EC} - f \sum_{h=1}^{\infty} I_h^2 \cdot h^2 \dots \dots \dots (2-26)$$

Dimana :

h : bilangan buat orde komponen harmonisa

P_{EC-f} : rugi-rugi arus eddy

I_h : arus RMS harmonisa ke-n

2.5.2.3 Rugi –rugi Histeristis

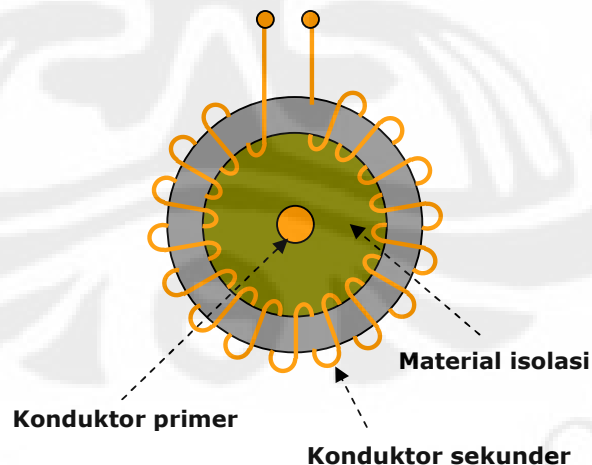
Histeristis merupakan efek didalam sebuah material ferromagnetic yang terjadi bila material tersebut diberi sifat kemagnetan dengan arah bolak - balik, medan magnet akan menginduksikan arus berbentuk sebuah lingkaran yang disebut *hysteresis loop*.

$$e = -N \frac{d\phi}{dt} \dots\dots\dots (2-27)$$

Apabila luas penampang inti besi (A), panjang rangkaian magnet (I) dan jumlah lilitan (N) maka perubahn fluks yang terjadi $d\Phi$. Untuk suatu perubahan waktu kecil dt adalah $d\Phi/dt$, tegangan induksi (e) .

2.6 Transformator Arus (Current Transformer)^[6]

Current Transformer (CT) adalah suatu perangkat listrik yang berfungsi menurunkan arus yang besar menjadi arus dengan ukuran yang lebih kecil. CT digunakan karena dalam pengukuran arus tidak mungkin dilakukan langsung pada arus beban atau arus gangguan, hal ini disebabkan arus sangat besar dan bertegangan sangat tinggi. Karakteristik CT ditandai oleh *Current Transformer Ratio* (CTR) yang merupakan perbandingan antara arus yang dilewatkan oleh sisi primer dengan arus yang dilewatkan oleh sisi sekunder



Gambar 2.3 Kontruksi dari CT^[7]

Current Transformer merupakan salah satu type trafo instrumentasi yang menghasilkan arus di sekunder dimana besarnya sesuai dengan ratio dan arus

primernya. Ada 2 standart yang paling banyak diikuti pada CT yaitu : IEC 60044-1 (BSEN 60044-1) & IEEE C57.13 (ANSI), meskipun ada juga standart Australia dan Canada.

CT umumnya terdiri dari sebuah inti besi yang dililiti oleh konduktor beberapa ratus kali. Output dari sekunder biasanya adalah 1 atau 5 ampere, ini ditunjukkan dengan ratio yang dimiliki oleh CT tersebut. Misal 100:1, berarti sekunder CT akan mengeluarkan output 1 ampere jika sisi primer dilalui arus 100 Ampere. Jika 400:5, berarti sekunder CT akan mengeluarkan output 5 ampere jika sisi primer dilalui arus 400 Ampere. Dari kedua macam output tersebut yang paling banyak ditemui, dipergunakan dan lebih murah adalah yang 5 ampere.



Gambar 2.4 Current Transformer^[8]

Pada CT tertulis class dan burden, dimana masing masing mewakili parameter yang dimiliki oleh CT tersebut. Class menunjukkan tingkat akurasi CT, misalnya class 1.0 berarti CT tersebut mempunyai tingkat kesalahan 1%. Burden menunjukkan kemampuan CT untuk menerima sampai batas impedansi tertentu. CT standart IEC menyebutkan burden 1.5 VA (volt ampere), 3 VA, 5 VA dan masih banyak lagi. Burden ini berhubungan dengan penentuan besar kabel dan jarak pengukuran .

2.6.1 Prinsip Kerja Trafo Arus^[9]

Prinsip kerja trafo arus sama dengan trafo daya satu fasa. Cara kerja dari trafo arus ini yaitu jika pada kumparan primer mengalir arus I_1 , maka pada kumparan primer akan timbul gaya gerak magnet sebesar $N_1 \cdot I_1$. Gaya gerak magnet ini memproduksi fluks pada inti.

Fluks ini membangkitkan gaya gerak listrik (ggl) pada kumparan sekunder. Jika kumparan sekunder tertutup, maka pada kumparan sekunder

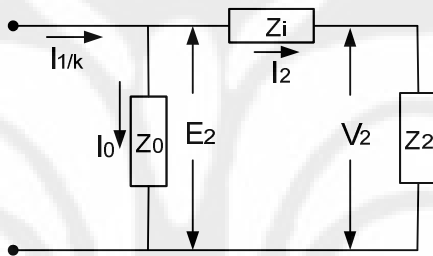
mengalir arus I_2 . Arus ini menimbulkan gaya gerak magnet $N_2 \cdot I_2$ pada kumparan sekunder.

Bila trafo tidak mempunyai rugi-rugi (trafo ideal) berlaku persamaan :

$$N_1 I_1 = N_2 I_2 \dots\dots\dots (2-28)$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} \dots\dots\dots (2-29)$$

Gambar Rangkaian Ekivalen dari Trafo Arus dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.5. Rangkaian ekivalen trafo arus

Keterangan :

Tegangan terminal sekunder (V_2) tergantung pada impedansi peralatan (Z_2) yang bisa berupa alat ukur / relay, sehingga dapat ditulis persamaan :

$$V_2 = I_2 Z_2 \dots\dots\dots (2- 30)$$

Jika tahanan dan reaktansi bocor kumparan trafo dinyatakan (Z_i), maka ggl pada kumparan sekunder harus lebih besar dari pada tegangan sekunder agar rugi-rugi tegangan pada (Z_i) dapat dikompensasi, maka persamaan yang harus dipenuhi adalah :

$$E_2 - V_2 = E_2 - I_2 Z_2 = I_2 Z_i \dots\dots\dots (2.31)$$

Atau

$$E_2 = I_2 (Z_2 + Z_i) \dots\dots\dots (2.32)$$

Dalam prakteknya trafo arus selalu mengandung arus beban nol (I_0), arus ini menimbulkan fluks (Φ) yang dibutuhkan untuk membangkitkan gaya gerak listrik E_2 :

$$E_2 = 4,44 f N_2 \phi = 4,44 f N_2 AB \dots\dots\dots(2.33)$$

di mana :

f = frekuensi tegangan

Φ = fluks magnetik

A = luas penampang inti trafo

B = rapat medan magnetik

Gaya Gerak Listrik (GGL) inilah yang mempertahankan aliran arus I_2 pada impedansi ($Z_2 + Z_i$). Oleh karena itu, amper belitan yang ditimbulkan arus beban nol harus dapat mengimbangi amper belitan yang ditimbulkan arus primer dan sekunder :

$$N_1 I_0 = N_1 I_1 = N_2 I_2 \dots\dots\dots (2-34)$$

2.7 Aplikasi CT (Current Transformer)^[10]

CT (Current Transformer) merupakan alat alat yang bekerja dengan sistem mentransfer arus sisi instalasi primer ke sisi instalasi sekunder. Karena CT bekerja dengan cara mentransfer arus utama (input) ke arus sekunder (output) maka CT memiliki rating . Pada CT terdapat 2 fungsi penggunaan, yaitu :

- Pengukuran

Untuk fungsi sebagai alat dalam sistem pengukuran CT harus memiliki ketelitian (tingkat akurasi pengukuran) yang tinggi pada daerah arus pengukuran beban nominal . Selain itu juga CT harus jenuh pada arus gangguan yang besar untuk keamanan alat ukur.

- Proteksi

Untuk fungsi sebagai alat pengaman CT haruslah memiliki ketelitian yang berkebalikkan dengan fungsi CT sebagai alat dalam sistem pengukuran yaitu memiliki ketelitian/Error yang kecil. Hal ini dimaksudkan untuk membuat,keandalan dalam sistem proteksi .Selain itu CT juga harus tidak jenuh terhadap gangguan yang besar agar kerja dari sistem pengaman dapat optimal.

Aplikasi CT sebagai proteksi arus dilakukan dengan mempergunakan ratio CT, misalkan kebutuhan unit proteksi mempunyai range 0,5 ~ 5 Amp, dengan mempergunakan CT dengan ratio 1000:5 maka range proteksi arus yang bisa dijangkau adalah 100 ~ 1000 Amp. Perhitungannya adalah sebagai berikut :

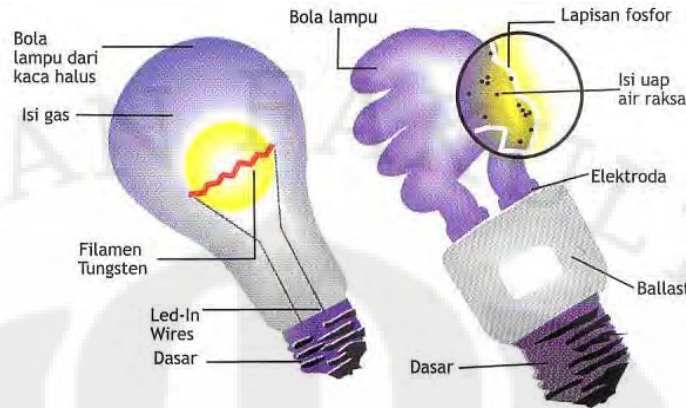
Range	: 0.5 ~ 5 Amper
Ratio CT	: 1000/5 = 200
Range dengan CT	: (0,5 X 200) ~ (5 X 200) Amp = 100 ~ 1000 Amp

Pada terminal CT sebaiknya dihubung singkat jika tidak terhubung dengan beban saat line primer dialiri arus. Ini mencegah pembebanan dengan impedansi yang terlalu besar dan mengakibatkan percikan bunga api listrik.

2.8 Lampu Hemat Energi^[11]

Pada prinsipnya lampu hemat energi merupakan lampu fluorescent yang menggunakan ballast. Untuk itu, di bawah ini akan dijelaskan tentang lampu fluorescent dan ballast.





Gambar 2.6 Lampu Hemat Energi^[11]

Prinsip kerja lampu fluorescent adalah berdasarkan pelepasan elektron dari kutub negatif ke kutub positif. Elektron yang terlepas ini akan bertabrakan dengan atom gas yang diisikan ke dalam tabung tersebut. Tumbukan elektron dan atom gas ini akan menghasilkan elektron yang akan menabrak atom berikut, dan seterusnya. Adapun atom yang tidak cukup energi untuk lepas dari ikatan atom akan mengalami perpindahan dari tingkat energi rendah ke tingkat energi tinggi. Karena pada tingkat energi tinggi ini keadaan elektron tidak stabil maka ia akan kembali ke lintasan semula (tingkat energi lebih rendah) sambil mengeluarkan gelombang elektromagnetik yang merupakan sinar ultra violet. Sinar ini oleh gas fluorescent dalam sisi tabung diubah menjadi sinar tampak.

Tumbukan yang terjadi di dalam tabung kalau tidak dikendalikan, maka akan menyebabkan panas berlebihan dan tabung akan rusak. Untuk itu dipasang ballast yang berfungsi untuk mengendalikan arus yang mengalir ke dalam tabung lampu. Ballast dapat dibuat dari suatu kawat atau penghantar yang dililit sedemikian rupa atau berupa kumparan (choke coil) berinti besi. Ballast ini mempunyai fungsi:

- a. Memberikan pemanasan mula pada elektroda untuk penyediaan elektron bebas dalam jumlah yang banyak.
- b. Memberikan gelombang potensial yang cukup besar untuk mengadakan bunga api antara kedua elektrodanya.
- c. Mencegah terjadinya peningkatan arus bunga api yang melebihi batas yang telah ditentukan dari setiap ukuran lampu.

BAB III METODOLOGI PERCOBAAN

3.1 Data Alat Percobaan

Pada proses pengambilan data ini beban yang digunakan adalah beban pada rumah tangga yaitu Lampu Hemat Energi (LHE) dan lampu pijar biasa sebagai beban Linier, yang digunakan sebagai pengurang dari nilai THD (*Total Harmonisa Distortion*) pada pembebanan harmonisa, agar dapat di lakukan analisa error data pengukuran akibat penurunan nilai THD pada pembebanan CT . Pengujian dilakukan di Laboratorium Tegangan Tinggi dan Pengukuran Listrik Departemen Teknik Elektro Universitas Indonesia.

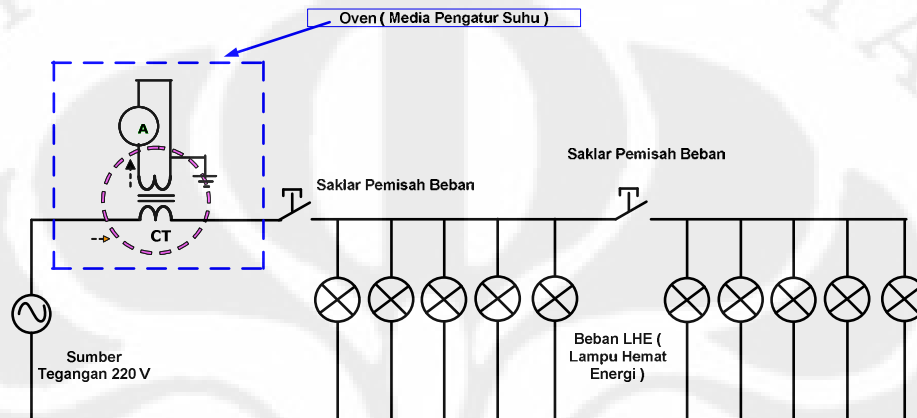
Untuk mengetahui pengaruh suhu lingkungan dari beban harmonic, terhadap kinerja transformator arus (CT) dilakukan pengukuran secara bertahap, dari beban 5 % sampai 90% dengan pengaturan suhu lingkungan, menggunakan media pemanas Oven. Sedangkan untuk pengujian pengaruh pengaturan nilai THD menggunakan lampu pijar, terhadap pengukuran arus CT dengan beban harmonisa (Lampu Hemat Energi).

Berikut ini adalah daftar alat yang digunakan untuk pengujian ” Pengaruh Temperatur Lingkungan Kerja dan Harmonisa Terhadap Kinerja CT ” yaitu:

Tabel 3.1 Daftar Alat Percobaan

No	Nama Alat	Merek	Spesifikasi	Jumlah
1	Current Transformer (CT)	TAB	TO BS 3938/73 & IEC 185 50/60 Hz, 30/5, 5VA, Class 1	1
2	Lampu Hemat Energi (LHE)	Tami	20 watt	180
3	Lampu Pijar	Philips	200 W	8
4	Harmonic Analyzer	Amprobe	Model HA-2000	1
5	Ampermeter Digital			2
6	Thermometer Digital	APPA 51	Skala Pengukuran • - 58 ⁰ C to 1999 ⁰ C	1
7	Oven (Media Pemanas)	Electrolux	Type : EOT3000	1

8	Miniature Breaker (MCB)	Circuit Schneider	• Max : 220°C 20 A	1
9	Kabel		2,5 mm ²	120 m

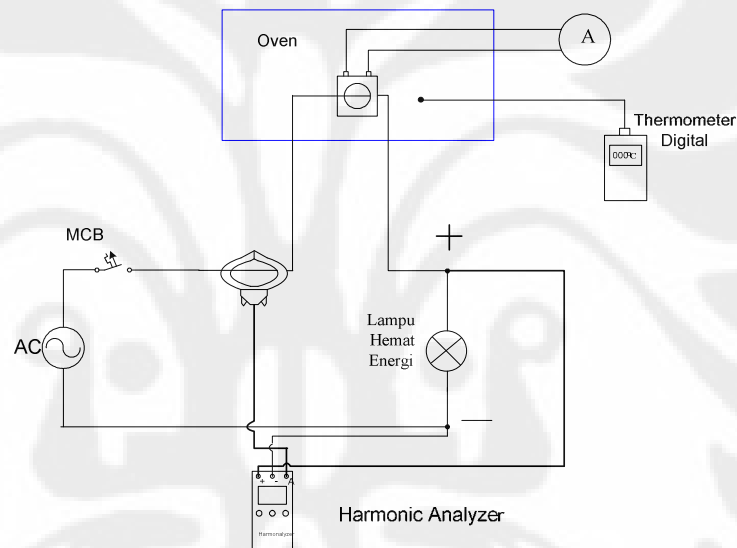


Gambar 3.1 Rangkaian Pengukuran

Berdasarkan gambar 3.1 lampu hemat energi 20 W yang digunakan sebagai beban. Lampu hemat energi di rangkai secara paralel agar dapat menambah arus yang dibutuhkan untuk pengukuran dari ratio CT yaitu 30/5 A. Proses pembebanan dilakukan dengan penambahan 5% setiap tahap atau sekitar 30 lampu setiap tahap dan pembebanan hanya dilakukan sampai 90 % dari rasio CT yaitu sekitar 540 buah lampu hemat energi .

3.2 Metode Pengukuran Harmonisa pada CT dengan Pengaturan Temperatur Lingkungan

Metode percobaan dalam "Analisa Pengaruh Temperatur Lingkungan Terhadap Kinerja CT dengan Beban Harmonisa" adalah dengan menggunakan alat Harmonisa Analyzer, yang dapat menunjukkan nilai dari harmonisa yang terdapat pada alat percobaan setiap orde ganjil nya.



Gambar 3.2 Peralatan Percobaan Pengukuran CT

Pada proses percobaan, CT dikondisikan suhu lingkungan kerjanya menggunakan media pemanas yaitu oven. Pengambilan data pengukuran dilakukan pada 3 titik suhu yang berbeda yaitu pada suhu 27°C , 40°C dan 80°C dengan waktu pemanasan masing-masing titik pengukuran adalah 5 menit.

CT (Transformator Arus) dikalungkan pada kabel penghantar pada sisi primer, dan dimasukkan ke dalam Oven sebagai media untuk pengatur suhu lingkungan kerja pada CT, sedangkan pada sisi sekunder dihubungkan seri terhadap Ampere meter. Harmonic Analyzer memiliki 3 terminal. Untuk mengukur distorsi arus maka clamp dari Harmonic Analyzer dikalungkan ke kabel penghantar. Sedangkan untuk mengukur distorsi tegangan maka terminal positif

dan negatif dari Harmonic Analyzer dihubungkan ke terminal positif dan negatif beban.

3.3 Data Hasil Percobaan Pengukuran

Setelah dilakukan percobaan pada CT dengan beban Harmonisa dengan pengaturan suhu lingkungan kerja menggunakan media pemanas oven, maka didapatkan data hasil percobaan pengukuran dengan beban LHE (Lampu Hemat Energi) dalam jumlah yang berbeda sebagai berikut .

Tabel 3.2 Data pengukuran Arus pada setiap suhu

Beban (%)	Jumlah Lampu	Arus Fundamental Primer (A)	Arus Primer (A)	Arus Fundamental Sekunder (A)	Arus Sekunder (A)					
					(Ifp)	(Ip)	(Ifs)	Suhu Pengujian		
								27 ⁰ C	40 ⁰ C	80 ⁰ C
5	30	1.5	1.5	0.25	0.11	0.10	0.10			
10	60	3	3.1	0.5	0.24	0.22	0.20			
15	90	4.5	4.8	0.75	0.40	0.39	0.37			
20	120	6	6.1	1.0	0.53	0.52	0.44			
25	150	7.5	7.6	1.25	0.83	0.77	0.68			
30	180	9	8.8	1.5	1.01	0.96	0.90			
35	210	10.5	10.4	1.75	1.27	1.25	1.21			
40	240	12	11.9	2.0	1.52	1.51	1.45			
45	270	13.5	13.6	2.25	1.65	1.55	1.51			
50	300	15	15.1	2.5	1.80	1.75	1.71			
55	330	16.5	16.3	2.75	2.03	1.99	1.95			
60	360	18	17.7	3.0	2.07	2.05	2.02			
65	390	19.5	19.6	3.25	2.57	2.46	2.42			
70	420	21	20.9	3.5	2.72	2.69	2.58			
75	450	22.5	22.3	3.75	2.60	2.58	2.45			
80	480	24	24.1	4.0	3.06	2.96	2.91			
85	510	25.5	25.4	4.25	3.16	3.04	2.95			
90	540	26.4	26.4	4.5	3.26	3.24	3.18			

Pada Tabel I_{fp} arus fundamental pada sisi primer dan I_{fs} adalah arus fundamental pada sisi sekunder berdasarkan perhitungan pertambahan beban 5% untuk setiap tahap nya .

Berdasarkan data hasil percobaan pengukuran diatas penurunan arus pengukuran pada sisi sekunder CT terjadi, seiring dengan perubahan kenaikan suhu nya. Hal ini bisa terjadi karena beban Harmonisa yang berupa LHE (Lampu Hemat Energi) yang diletakkan pada pengukuran sisi Sekunder CT dan adanya proses pemanasan pada lingkungan kerja CT (pemanasan didalam Oven) mempengaruhi kinerja dari CT, sehingga terjadilah error pengukuran pada alat ukur di sisi Sekunder CT.

3.4 Metode Percobaan Pengaruh Pengaturan Nilai THD pada CT

Percobaan dilakukan dengan cara melakukan penambahan beban lampu pijar pada rangkaian percobaan CT pada percobaan sebelumnya. Penambahan lampu pijar ini bertujuan untuk menurunkan nilai THD (*Total Harmonisa Distortion*) agar dapat dianalisa error pengukuran arus oleh CT, setelah penambahan lampu pijar yang kemudian dipanaskan pada suhu pengujian yang sama dengan percobaan sebelumnya yaitu 27°C , 40°C dan 80°C oleh oven.

BAB IV
HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

4.1 Analisa Data Percobaan

Analisa dilakukan dengan cara membandingkan antara hasil pengukuran pada CT beban harmonisa pada suhu lingkungan kerja normal atau pada suhu pengaturan 27°C, dengan pengukuran CT dengan beban harmonisa dengan kondisi suhu yang diatur atau di naikkan suhunya. Pengukuran dilakukan pada suhu 27°C sebagai suhu kerja normal CT atau suhu pembanding, 40°C dan 80°C sebagai suhu kerja abnormal pada CT.

4.1.1 Data Hasil Percobaan Harmonisa

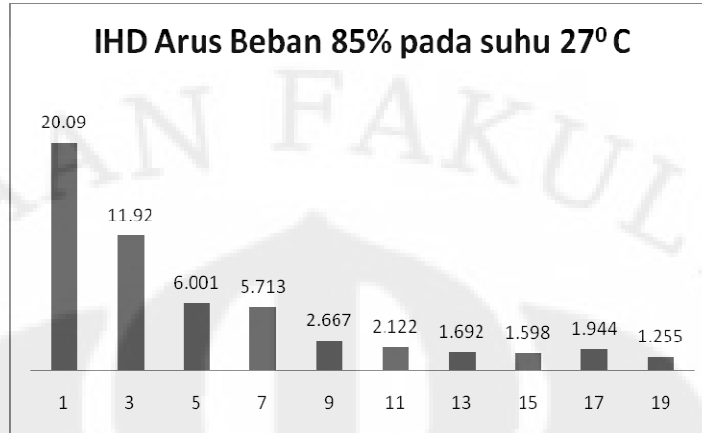
Untuk data hasil percobaan Pengaruh Suhu Lingkungan Terhadap Kinerja CT dengan Beban Harmonisa ini, semua data terlampir pada lampiran. Sehingga untuk mempermudah analisa maka data yang diambil adalah pada beban 85 % sebagai berikut .

- Beban 510 buah Lampu Hemat Energi (LHE)
- Beban CT = 85 % dari rasio 30/5 A

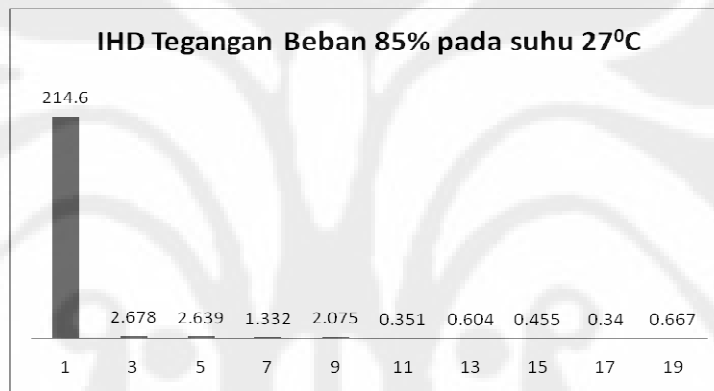
Tabel 4.1 Data Hasil Percobaan beban CT = 85 %, Suhu : 27°C

Data Hasil Percobaan : $I_p = 25.4 \text{ A}$ $I_s = 3.16 \text{ A}$

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	20.09	100	214.6
3	150	59.3	11.92	1.2	2.678
5	250	29.8	6.001	1.2	2.639
7	350	28.4	5.713	0.6	1.332
9	450	13.2	2.667	0.9	2.075
11	550	10.5	2.122	0.1	0.351
13	650	8.4	1.692	0.2	0.604
15	750	7.9	1.598	0.1	0.455
17	850	9.6	1.944	0.2	0.340
19	950	6.2	1.255	0.3	0.667
I _{THD} = 76.4 % I _{RMS} = 25.9 A			V _{THD} = 2.3% V _{RMS} = 214.8 V		



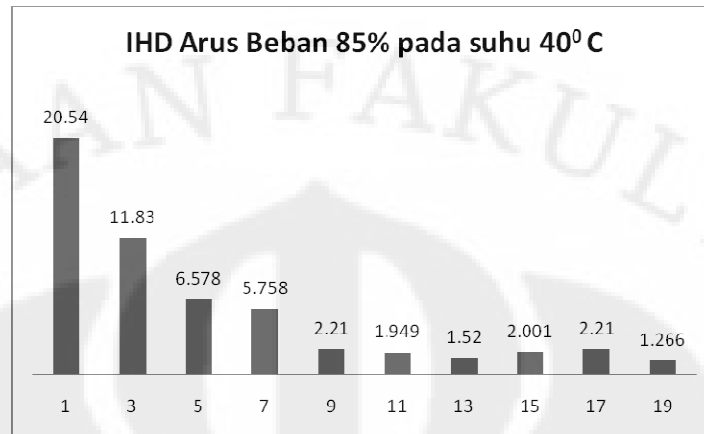
Gambar 4.1 Grafik IHD Arus (Individual Harmonisa Arus) suhu 27⁰ C



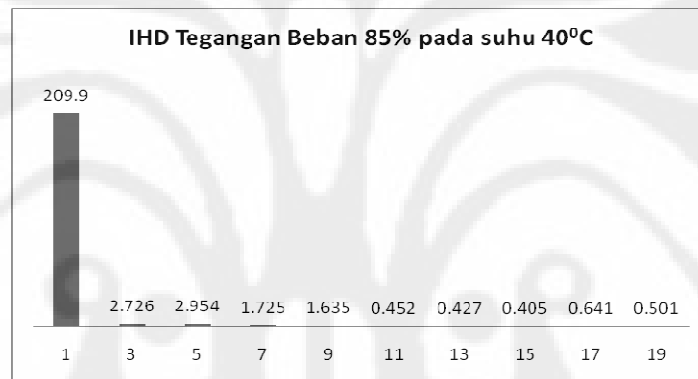
Gambar 4.2 Grafik IHD Tegangan (Individual Harmonisa Tegangan) suhu 27⁰ C

Tabel 4.2 Data percobaan 510 Lampu dengan Suhu Oven 40⁰ C
Didapatkan : $I_p = 25.4$ A & $I_s = 3.04$ A

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	20.54	100	209.9
3	150	57.6	11.83	1.2	2.726
5	250	29.9	6.578	1.4	2.954
7	350	28.0	5.758	0.8	1.725
9	450	10.7	2.210	0.7	1.635
11	550	9.4	1.949	0.2	0.452
13	650	7.4	1.520	0.2	0.427
15	750	9.7	2.001	0.0	0.405
17	850	10.3	2.210	0.3	0.641
19	950	6.1	1.266	0.2	0.501
I _{THD} = 74.6 % I _{RMS} = 25.56 A			V _{THD} = 2.4% V _{RMS} = 209.8 V		



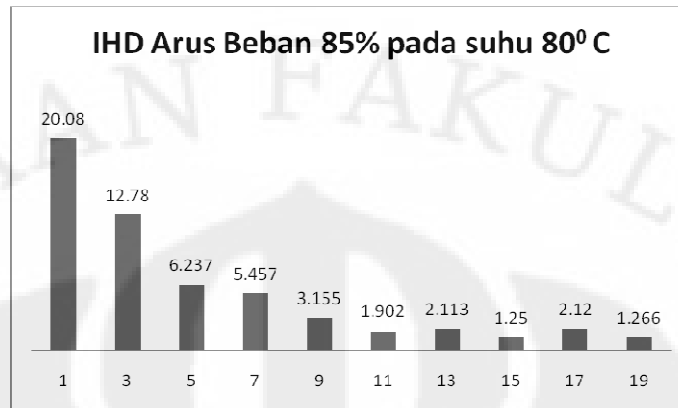
Gambar 4.3 Grafik IHD Arus (Individual Harmonisa Arus) suhu 40°C



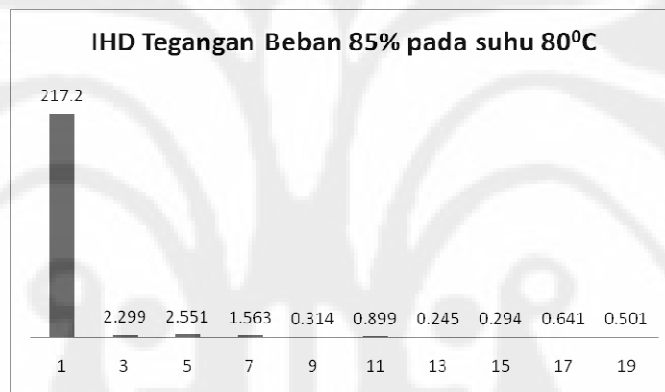
Gambar 4.4 Grafik IHD Tegangan (Individual Harmonisa Tegangan) suhu 40°C

Tabel 4.3 Data Percobaan 510 Lampu dengan Suhu Oven 80°C
Didapatkan : $I_p = 25.4 \text{ A}$ & $I_s = 2.95 \text{ A}$

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	20.08	100	217.2
3	150	63.6	12.78	1.0	2.299
5	250	31.0	6.237	1.1	2.551
7	350	27.1	5.457	0.7	1.563
9	450	15.7	3.155	0.1	0.314
11	550	9.4	1.902	0.4	0.899
13	650	10.5	2.113	0.1	0.245
15	750	6.2	1.250	0.1	0.294
17	850	10.3	2.120	0.3	0.641
19	950	6.1	1.266	0.2	0.501
I _{THD} = 74.6 % I _{RMS} = 25.56 A			V _{THD} = 2.4% V _{RMS} = 209.8 V		



Gambar 4.5 Grafik IHD Arus (Individual Harmonisa Arus) suhu 80⁰ C



Gambar 4.6 Grafik IHD Tegangan (Individual Harmonisa Tegangan) suhu 80⁰ C

Data hasil percobaan dan gambar grafik diatas merupakan salah satu data dari percobaan pengaruh temperatur lingkungan CT dengan beban harmonisa, untuk di analisa.

4.2 Perhitungan Error Data Percobaan

Analisa error data dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar penyimpangan pengukuran arus dari CT terhadap pembebanan harmonisa berupa lampu hemat energi (LHE) dan pemanasan suhu dengan media oven. Analisa Error data percobaan dilakukan dengan 2 cara yaitu :

- Dengan persentase selisih error dari setiap suhu kenaikan pengujian
- Dengan analisa pengaruh pengaturan nilai THD terhadap error pengukuran CT

4.2.1 Analisa Perhitungan Error Data Pengukuran CT Akibat Pengaturan Suhu

Analisa dilakukan dengan cara mencari persentase selisih error pengukuran pada masing masing suhu pengujian. Yaitu dengan mencari persentase selisih pengukuran arus oleh CT antara I_S Fundamental dan I_S suhu uji,. Dengan rumus perhitungan sebagai berikut :

$$\varepsilon(\%) = \frac{I_{S1} - I_{S2}}{I_{S1}} \times 100\%$$

Dimana :

$\varepsilon(\%)$ = kesalahan arus (%)

I_{S1} = arus sekunder pada saat suhu pertama

I_{S2} = arus sekunder pada saat suhu kedua

Misalkan Data pada suhu 40°C

Kesalahan arus (current error)

$$\varepsilon(\%) = \frac{I_S(27^{\circ}\text{C}) - I_S(40^{\circ}\text{C})}{I_S(27^{\circ}\text{C})} \times 100\%$$

Perhitungan data pada pembebanan 85 % yaitu 510 lampu :

$$\varepsilon(\%) = \frac{I_S(27^{\circ}\text{C}) - I_S(40^{\circ}\text{C})}{I_S(27^{\circ}\text{C})} \times 100\%$$

$$\varepsilon(\%) = \frac{3.16 - 3.04}{3.16} \times 100\%$$

$$\varepsilon(\%) = 3.79\%$$

Metode perhitungan diatas dipakai untuk seluruh data masing-masing suhu pengukuran sehingga didapatkan data hasil perhitungan yang terdapat pada table berikut

Tabel 4.4 Presentase Error CT pada Percobaan pada suhu 40°C yang di bandingkan dengan I_S Fundamental dan Arus pada suhu 27°C

Beban	IP (A)	I_S F (A)	I_S 40°C (A)	Selisih	Error (%)	I_S 27°C (A)	I_S 40°C (A)	Selisih	Error (%)
5 %	1.5	0.25	0.10	0.15	60	0.11	0.10	0.01	9.09
10 %	3.1	0.5	0.22	0.28	56	0.24	0.22	0.02	8.33
15 %	4.8	0.75	0.39	0.36	48	0.40	0.39	0.01	2.50
20 %	6.1	1.0	0.52	0.48	48	0.53	0.52	0.01	1.88
25 %	7.6	1.25	0.77	0.48	38.4	0.83	0.77	0.06	7.22
30 %	8.8	1.5	0.96	0.54	36	1.01	0.96	0.05	4.95
35 %	10.4	1.75	1.25	0.5	28.6	1.27	1.25	0.02	1.60
40 %	11.9	2.0	1.51	0.49	24.5	1.52	1.51	0.01	0.65
45 %	13.6	2.25	1.55	0.7	31.1	1.65	1.55	0.10	6.06
50 %	15.1	2.5	1.75	0.75	30	1.80	1.75	0.05	2.77
55 %	16.3	2.75	1.99	0.76	27.6	2.03	1.99	0.04	1.97
60 %	17.7	3.0	2.05	0.95	31.6	2.07	2.05	0.02	0.96
65 %	19.6	3.25	2.46	0.79	24.3	2.57	2.46	0.11	4.28
70 %	20.9	3.5	2.69	0.81	23.1	2.72	2.69	0.03	1.10
75 %	22.3	3.75	2.58	1.17	31.2	2.60	2.58	0.02	0.76
80 %	24.1	4.0	2.96	1.04	26.0	3.06	2.96	0.10	3.26
85 %	25.4	4.25	3.04	1.21	28.4	3.16	3.04	0.12	3.79
90 %	26.4	4.5	3.24	1.26	28	3.26	3.24	0.02	0.61

Tabel 4.5 Presentase Error CT pada Percobaan pada suhu 80°C yang di bandingkan dengan I_S Fundamental dan Arus pada suhu 27°C

Beban	IP (A)	I_S F (A)	I_S 80°C (A)	Selisih	Error (%)	I_S 27°C (A)	I_S 80°C (A)	Selisih	Error (%)
5 %	1.5	0.25	0.10	0.15	60	0.11	0.10	0.01	9.09
10 %	3.1	0.5	0.20	0.30	60	0.24	0.20	0.04	16.6
15 %	4.8	0.75	0.37	0.38	50.6	0.40	0.37	0.03	7.50
20 %	6.1	1.0	0.44	0.56	56	0.53	0.44	0.09	16.98
25 %	7.6	1.25	0.68	0.57	45.6	0.83	0.68	0.15	18.0
30 %	8.8	1.5	0.90	0.60	40	1.01	0.90	0.11	10.89

35 %	10.4	1.75	1.21	0.54	30.8	1.27	1.21	0.06	4.72
40 %	11.9	2.0	1.45	0.55	27.5	1.52	1.45	0.07	4.60
45 %	13.6	2.25	1.51	0.74	32.8	1.65	1.51	0.14	8.48
50 %	15.1	2.5	1.71	0.79	31.6	1.80	1.71	0.09	5.00
55 %	16.3	2.75	1.95	0.80	29.0	2.03	1.95	0.08	3.94
60 %	17.7	3.0	2.02	0.98	32.6	2.07	2.02	0.05	2.41
65 %	19.6	3.25	2.42	0.83	25.5	2.57	2.42	0.15	5.83
70 %	20.9	3.5	2.58	0.92	26.2	2.72	2.58	0.14	5.14
75 %	22.3	3.75	2.45	1.30	34.6	2.60	2.45	0.15	5.76
80 %	24.1	4.0	2.91	1.09	27.25	3.06	2.91	0.15	4.90
85 %	25.4	4.25	2.95	1.30	30.5	3.16	2.95	0.21	6.64
90 %	26.4	4.5	3.18	1.32	29.3	3.26	3.18	0.08	2.45

Tabel 4.6 Presentase Error CT pada Percobaan pada suhu 80°C yang di bandingkan dengan Arus pada suhu 40°C

Beban	Jumlah Lampu	IP (A)	I_s 40°C (A)	I_s 80°C (A)	Selisih	Error (%)
5 %	30	1.5	0.10	0.10	0.00	0.00
10 %	60	3.1	0.22	0.20	0.02	9.09
15 %	90	4.8	0.39	0.37	0.02	5.12
20 %	120	6.1	0.52	0.44	0.08	15.38
25 %	150	7.6	0.77	0.68	0.09	11.6
30 %	180	8.8	0.96	0.90	0.06	6.25
35 %	210	10.4	1.25	1.21	0.04	3.20
40 %	240	11.9	1.51	1.45	0.06	3.97
45 %	270	13.6	1.55	1.51	0.04	2.58
50 %	300	15.1	1.75	1.71	0.04	2.28
55 %	330	16.3	1.99	1.95	0.04	2.01
60 %	360	17.7	2.05	2.02	0.03	1.46
65 %	390	19.6	2.46	2.42	0.04	1.62
70 %	420	20.9	2.69	2.58	0.11	4.08
75 %	450	22.3	2.58	2.45	0.13	5.03

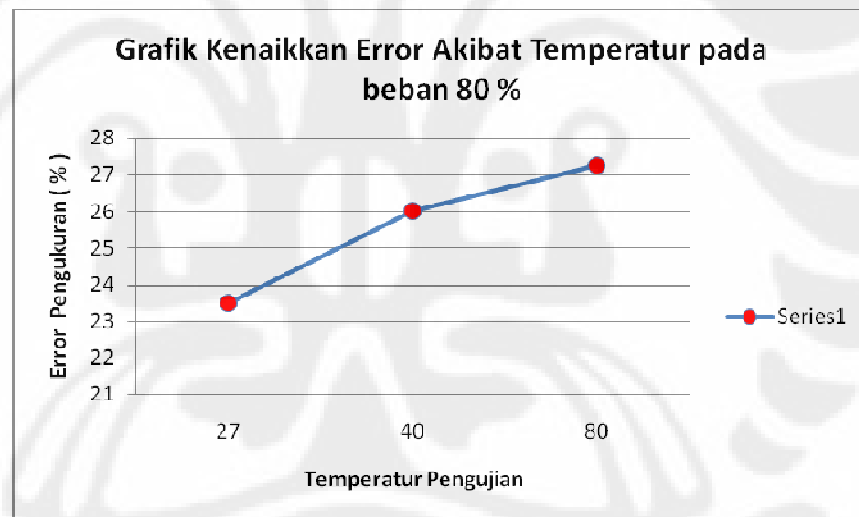
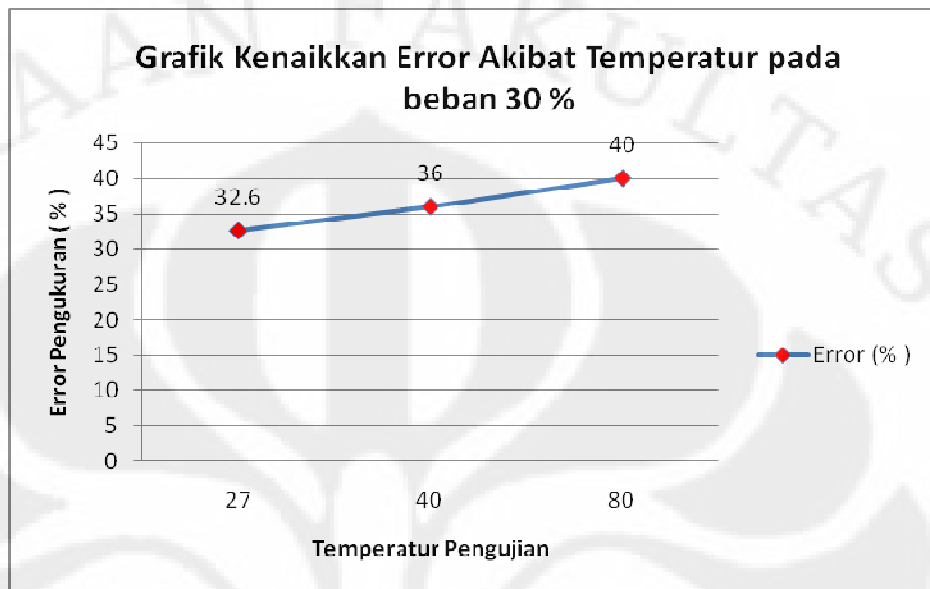
80 %	480	24.1	2.96	2.91	0.05	1.68
85 %	510	25.4	3.04	2.95	0.09	2.96
90 %	540	26.4	3.24	3.18	0.06	1.85

Tabel 4.7 Presentase Error CT pada Percobaan pada suhu 27°C yang di bandingkan dengan I_s Fundamental

Beban	Jumlah Lampu	IP (A)	I_s F(A)	I_s 27°C (A)	Selisih	Error (%)
5 %	30	1.5	0.25	0.11	0.14	56
10 %	60	3.1	0.5	0.24	0.26	52
15 %	90	4.8	0.75	0.40	0.35	46.6
20 %	120	6.1	1.0	0.53	0.47	47
25 %	150	7.6	1.25	0.83	0.42	33.6
30 %	180	8.8	1.5	1.01	0.49	32.6
35 %	210	10.4	1.75	1.27	0.48	27.4
40 %	240	11.9	2.0	1.52	0.48	24
45 %	270	13.6	2.25	1.65	0.6	26.6
50 %	300	15.1	2.5	1.80	0.7	28
55 %	330	16.3	2.75	2.03	0.72	26.1
60 %	360	17.7	3.0	2.07	0.93	31
65 %	390	19.6	3.25	2.57	0.68	20.9
70 %	420	20.9	3.5	2.72	0.78	22.2
75 %	450	22.3	3.75	2.60	1.15	30.6
80 %	480	24.1	4.0	3.06	0.94	23.5
85 %	510	25.4	4.25	3.16	1.09	25.6
90 %	540	26.4	4.5	3.26	1.24	27.5

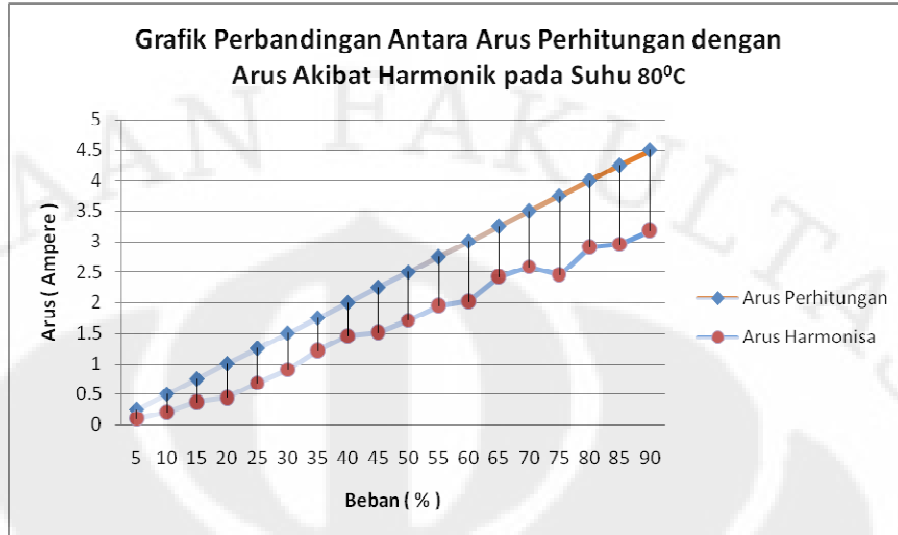
Berdasarkan data tabel hasil perhitungan diatas, dapat disimpulkan bahwa error pengukuran arus CT akibat pengaruh dari suhu tidaklah linier seiring dengan penambahan pembebanan yang mencapai 90 % dari rasio CT 30/5 A, baik itu pada

suhu 40°C maupun pada suhu 80°C , sehingga grafik persentase error yang terbentuk adalah



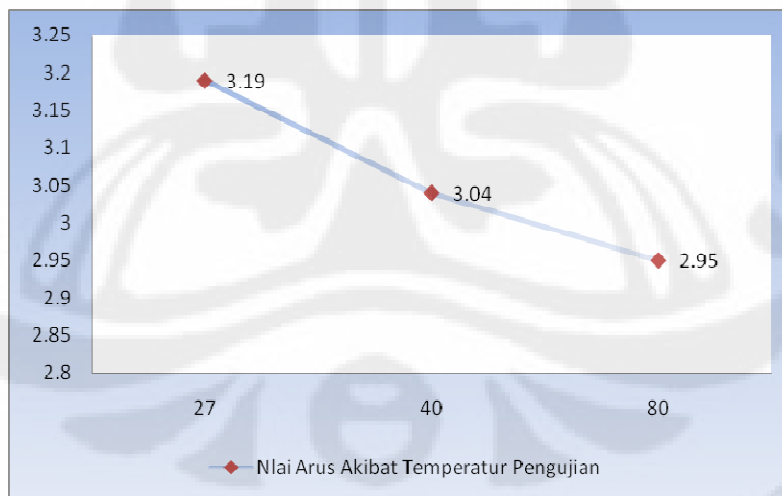
Gambar 4.7 Grafik Persentase Perbandingan Error I_s Akibat Kenaikkan Temperatur

Berdasarkan gambar grafik diatas dapat terlihat bahwa error semakin naik seiring kenaikan temperatur pengujian pada Trafo arus. Akibatnya pengukuran pada sisi sekunder Trafo arus semakin turun dari pengukuran seharusnya menurut perhitungan.



Gambar 4.8 Grafik Pengukuran Arus Harmonisa akibat Suhu panas

Gambar 4.8 diatas merupakan grafik perbandingan antara arus perhitungan dengan arus akibat adanya harmonisa pada suhu pengujian 80°C. Berdasarkan gambar dari data pengukuran yang di dapat terlihat adanya error karena adanya distorsi arus harmonisa dari beban non linier yang digunakan yaitu lampu hemat energi pada rangkaian percobaan



Gambar 4.9 Grafik Penurunan Arus akibat kenaikan suhu pengujian pada beban 85 %

Pada saat suhu 27°C atau suhu lingkungan kerja normal didapatkan data pengukuran arus sebesar 3.19 A sehingga terlihat arus terjadi error yang relatif jauh dari arus normal perhitungan yaitu 4.25 A. Pada saat suhu lingkungan kerja CT di naikkan menjadi 40°C didapatkan arus pengukuran yang turun menjadi sebesar 3.04 A, begitupun pada saat suhu diatur atau dinaikkan lagi menjadi 80°C arus pengukuran pada sisi sekunder CT kembali turun menjadi 2.95 A, semua pemanasan dilakukan dengan rentang waktu yang sama yaitu 5 menit.

Hal ini bisa terjadi disebabkan karena, suhu lingkungan merupakan faktor eksternal yang dapat mempengaruhi kinerja dari suatu peralatan. Jika beban pada sisi sekunder CT mempengaruhi kinerja CT, dengan semakin besarnya arus yang mengalir maka akan semakin panas suhu kerja pada CT sehingga pengukuran pada sisi sekunder CT terdapat Error, karena berdasarkan persamaan I^2R . Maka dari contoh masalah ini dapat diambil sebuah kesimpulan bahwa beban berlebih akan mengakibatkan panas, sehingga mempengaruhi CT menjadi keadaan jenuh dan mengalami error dalam pengukuran arusnya. Begitupun dengan suhu lingkungan yang juga mempengaruhi kondisi suhu kerja pada CT sehingga suhu lingkungan yang cukup ekstrem akan dianggap sebagai gangguan pengukuran oleh CT dan dapat membuat CT lebih cepat berada dalam titik jenuhnya bahkan untuk yang lebih ekstrem lagi CT akan panas dan putus.

4.2.2 Analisa Perhitungan Data Percobaan dengan Pengaturan Nilai THD (*Total Harmonic Distortion*)

THD (*Total Harmonic Distortion*) merupakan faktor penyebab adanya kesalahan pengukuran pada CT yang muncul akibat adanya pembebanan harmonisa. Semakin besar nilai THD maka semakin besar juga error pengukuran, percobaan dilakukan dengan cara menambahkan lampu pijar sebagai media penurun THD pada rangkaian percobaan sebelumnya.

Untuk analisa, data yang diambil sebagai perhitungan adalah data pada pembebanan 15% dari rasio CT 30/5 A. Berdasarkan tabel data hasil pengukuran dapat diketahui bahwa nilai arus harmonisa yang didapatkan adalah harmonisa ganjil (3,5,7,9,11,13,15,7,19) yang merupakan nilai harmonisa yang relatif besar nilainya. Data percobaan pengukuran pada saat suhu 27°C yang didapat

adalah: 2.164 A, 1.089 A, 1.025 A, 0.463 A, 0.381 A, 0.358 A, 0.291 A, 0.366 A dan 0.220 A sehingga nilai THD_I dapat dicari dengan perhitungan sebagai berikut.

- Beban 90 buah Lampu Hemat Energi (LHE)
 - Beban CT = 15 % dari rasio 30/5 A
 - Suhu : $27^{\circ}C$
- Data Hasil Percobaan : $I_p = 3.1 A$ $I_s = 0.40 A$

Tabel 4.8 Data Ukur Alat Harmonisa Analyzer pada suhu $27^{\circ}C$ dengan beban CT 15 %

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	3.592	100	217.8
3	150	60.2	2.164	0.9	2.08
5	250	30.3	1.089	1.3	2.894
7	350	28.5	1.025	0.4	0.915
9	450	12.8	0.463	0.8	1.817
11	550	10.6	0.381	0.0	0.113
13	650	9.9	0.358	0.3	0.825
15	750	8.1	0.291	0.2	0.364
17	850	10.1	0.366	0.1	0.364
19	950	6.1	0.220	0.2	0.579
I _{THD} = 77.6%			V _{THD} = 2.0 %		
I _{RMS} = 4.556 A			V _{RMS} = 217.9 V		

$$\begin{aligned}
 THD_I &= \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1} \\
 &= \frac{\sqrt{I_3^2 + I_5^2 + I_7^2 + I_9^2 + I_{11}^2 + I_{13}^2 + I_{15}^2 + I_{17}^2 + I_{19}^2}}{I_1} \\
 &= \frac{\sqrt{2.164^2 + 1.089^2 + 1.025^2 + 0.463^2 + 0.381^2 + 0.358^2 + 0.291^2 + 0.366^2 + 0.220^2}}{3.592} \\
 &= \frac{\sqrt{7.6474173}}{3.592} \\
 THD_I &= 0.7712 = 77.12\%
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa total arus harmonisa (THD_I) yang didapat mencapai 77.12%, sehingga menimbulkan error pada pengukuran CT. Error ini pada dasarnya muncul akibat adanya pembebanan LHE atau beban harmonisa dan kenaikan suhu oleh media oven, dari data pengukuran alat ukur menunjukkan angka 0.40 A pada suhu pemanasan $27^{\circ}C$, kemudian 0.39 A pada saat suhu pemanasan $40^{\circ}C$ dan 0.37 A pada saat suhu pemanasan $80^{\circ}C$, masing – masing pemanasan dilakukan pada rentang waktu 5 menit .

Untuk menghitung besarnya presentase nilai harmonisa arus setiap orde harmonisanya (IHD) kita dapat menghitung secara manual dengan menggunakan rumus pada persamaan 2-10. Misalkan kita ingin menghitung besarnya presentase arus pada beban 15 % orde ketiga melalui persamaan tersebut.

Perhitungan Data pada Tabel menggunakan persamaan 2-10, Didapatkan data :

- $I_{S3} = 2.164$ A (Arus Individual Harmonisa pada harmonic ke-3)
- $I_{S1} = 3.592$ A (Arus Individual Harmonisa pada harmonic ke-1)
- IHD_I , yang didapatkan dari pengukuran = 60.2%

Perhitungan :

$$IHD_I = \sqrt{\left(\frac{I_{S3}}{I_{S1}}\right)^2} \times 100\%$$

$$IHD_I = \sqrt{\left(\frac{2.164}{3.592}\right)^2} \times 100\%$$

$$IHD_I = 60.2\%$$

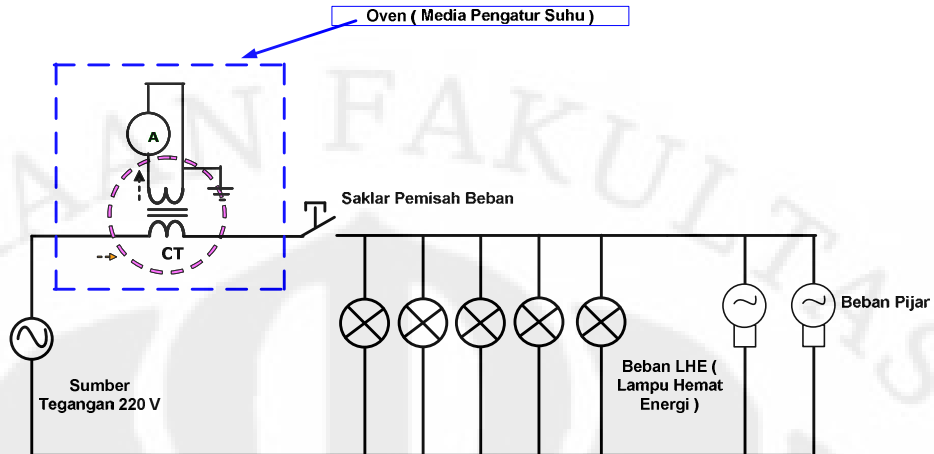
Dari data di atas dapat di buktikan bahwa berdasarkan perhitungan data sesuai dengan pengukuran percobaan yaitu IHD sebesar 60.2 %

Sedangkan untuk menghitung nilai THD_V dapat menggunakan persamaan 2-8 untuk mendapatkan nilai THD_V hampir sama dengan mencari THD_I

$$\begin{aligned}
 THD_V &= \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2}}{V_1} \\
 &= \sqrt{\frac{V_3^2 + V_5^2 + V_7^2 + V_9^2 + V_{11}^2 + V_{13}^2 + V_{15}^2 + V_{17}^2 + V_{19}^2}{V_1}} \\
 &= \sqrt{\frac{2.08^2 + 2.894^2 + 0.915^2 + 1.817^2 + 0.113^2 + 0.825^2 + 0.364^2 + 0.364^2 + 0.579^2}{217.8}} \\
 &= \sqrt{\frac{18.133977}{217.8}} \\
 THD_V &= 0.0195 = 1.955\%
 \end{aligned}$$

Dari analisa perhitungan diatas terlihat bahwa ada perbedaan walaupun sedikit yaitu antara THD pengukuran dengan THD hasil perhitungan. Berdasarkan perhitungan nilai THD_V adalah 1.955%, sedangkan menurut pengukuran THD_V yang didapatkan adalah 2.0 % begitu juga dengan nilai THD_I , berdasarkan perhitungan didapatkan 77.12 % tetapi data pengukuran didapatkan 77.6%. Hal ini dapat terjadi karena adanya komponen nilai harmonisa genap yang tidak dihitung secara manual, karena harmonisa genap memiliki nilai yang kecil dan tidak terlalu mempengaruhi error pengukuran pada CT.

Sebagai bukti dan pembandingan, jika THD itu berpengaruh terhadap error pengukuran maka dilakukan percobaan, dengan beban sama yaitu 15 % dari rasio CT tetapi dengan pengaturan nilai THD nya dengan cara menambahkan pada rangkaian percobaan sebelumnya dengan lampu pijar.

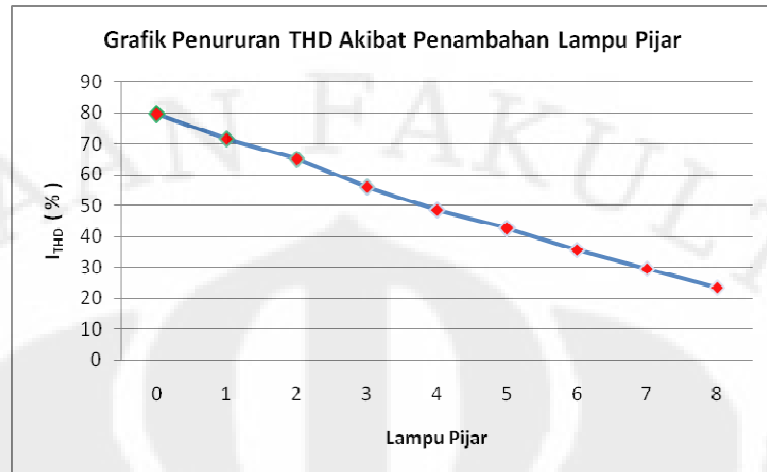


Gambar 4.10 Rangkaian Percobaan dengan lampu Pijar

Dengan rangkaian percobaan seperti diatas yaitu dengan mengkombinasikan lampu pijar dengan lampu harmonisa, dengan rasio perbandingan 1:7, maksudnya adalah dengan penambahan 1 lampu pijar maka dilakukan pengurangan 7 buah LHE pada rangkaian. Dari hasil pecobaan didapatkan data sebagai berikut

Tabel 4.9 Data Hasil Percobaan Kombinasi LHE dengan Lampu Pijar

Jumlah Beban (Lampu)		I_p (A)	I_{THD} (%)			I_s (A)		
LP	LHE		27 ⁰ C	40 ⁰ C	80 ⁰ C	27 ⁰ C	40 ⁰ C	80 ⁰ C
-	90	4.430	77.6	79.7	80.6	0.39	0.28	0.27
1	83	4.394	70.2	71.7	72.4	0.40	0.33	0.29
2	76	4.487	64.3	65.1	65.6	0.42	0.38	0.36
3	69	4.497	55.5	56.1	56.7	0.43	0.40	0.38
4	62	4.596	48.5	48.7	49.8	0.45	0.42	0.40
5	55	4.666	42.6	42.8	42.9	0.47	0.45	0.41
6	48	4.719	35.6	35.8	35.9	0.49	0.47	0.43
7	41	4.744	29.8	29.9	30.0	0.51	0.50	0.46
8	34	4.794	23.6	23.7	23.9	0.53	0.51	0.49



Gambar 4.11 Grafik Penurunan THD akibat penambahan Lampu Pijar pada Rangkaian Percobaan Pengukuran CT dengan LHE

Dari grafik diatas merupakan salah satu grafik pada percobaan di titik 40°C dengan variasi nilai THD berdasarkan grafik dapat diketahui bahwa I_{THD} akan semakin turun dengan penambahan lampu pijar pada rangkaian percobaan dengan lampu hemat energi.

Berikut merupakan data harmonisa tanpa penambahan lampu pijar pada suhu normal atau tanpa proses pemanasan CT di oven.

Tabel 4.10 Data ukur alat harmonisa Analyzer tanpa penambahan lampu pijar pada suhu normal.

- 90 LHE tanpa lampu Pijar * Suhu Normal
- $I_s = 0.42 \text{ A}$

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	3.592	100	217.8
3	150	60.2	2.164	0.9	2.08
5	250	30.3	1.089	1.3	2.894
7	350	28.5	1.025	0.4	0.915
9	450	12.8	0.463	0.8	1.817
11	550	10.6	0.381	0.0	0.113
13	650	9.9	0.358	0.3	0.825
15	750	8.1	0.291	0.2	0.364
17	850	10.1	0.366	0.1	0.364
19	950	6.1	0.220	0.2	0.579
$I_{THD} = 77.6\%$ $I_{RMS} = 4.556 \text{ A}$			$V_{THD} = 2.0 \%$ $V_{RMS} = 217.9 \text{ V}$		

Kemudian dibandingkan dengan data pengukuran dengan penambahan 2 Lampu Pijar sehingga THD turun menjadi 64.3% dibanding data THD pengukuran alat tanpa lampu pijar yaitu sebesar 77.6 % dengan data sebagai berikut

Tabel 4.11 Data ukur alat harmonisa Analyzer dengan 2 lampu pijar pada suhu normal atau tanpa proses pemanasan CT di oven.

- 76 LHE dengan 2 lampu Pijar
- $I_s = 0.42$ A

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	3.770	100	213.6
3	150	48.9	1.847	0.9	2.027
5	250	25.4	0.960	1.2	2.693
7	350	23.2	0.875	0.4	1.056
9	450	11.9	0.450	0.6	1.436
11	550	8.3	0.316	0.1	0.294
13	650	8.8	0.333	0.3	0.738
15	750	7.1	0.268	0.1	0.267
17	850	8.9	0.338	0.1	0.384
19	950	6.1	0.232	0.2	0.595
I _{THD} = 64.3%			V _{THD} = 2.0 %		
I _{RMS} = 4.489 A			V _{RMS} = 213.7 V		

Dari data hasil percobaan dapat terlihat bahwa THD Arus (I_{THD}) dapat dikurangi atau diatur nilainya dengan cara menambahkan lampu pijar pada rangkaian percobaan. Semakin banyak penambahan lampu pijar, maka semakin turun juga nilai I_{THD} , sehingga pengukuran arus sekunder (I_s) rangkaian oleh CT semakin mendekati arus normal yaitu sebesar 0.75 A. Berdasarkan data percobaan diatas maka dapat membuktikan bahwa nilai THD, terutama THD arus sangat mempengaruhi error pengukuran I_s akibat adanya gangguan harmonisa.

Sedangkan pengaruh suhu pada percobaan ini, juga cukup berpengaruh karena berdasarkan data percobaan semakin tinggi suhu pengujian maka error semakin besar atau pengukuran I_s oleh CT semakin turun menjauh dari arus

normal . Sebagai bukti berikut salah satu data hasil pengukuran alat harmonisa analyzer.

Tabel 4.12 Data ukur alat harmonisa Analyzer dengan 2 lampu pijar pada suhu 40°C.

- 76 LHE tanpa lampu Pijar * Suhu 40°C
- $I_s = 0.38$ A

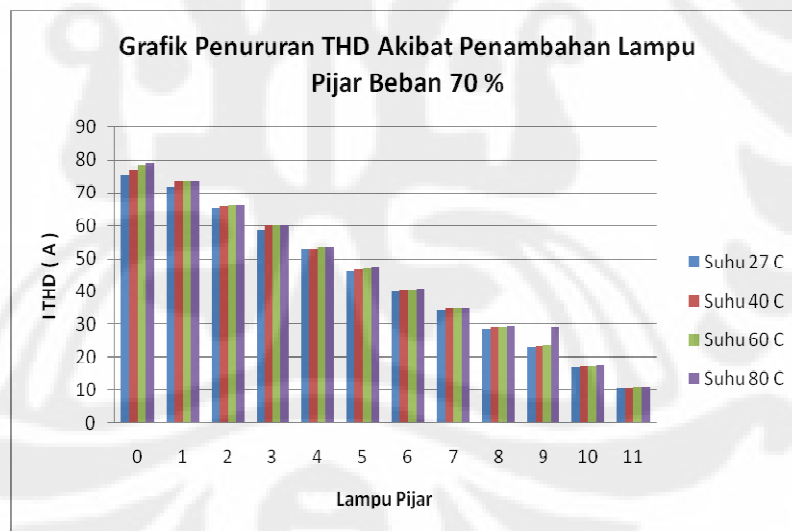
H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	3.762	100	213.8
3	150	49.4	1.858	1.0	2.341
5	250	25.3	0.960	1.1	2.418
7	350	23.2	0.875	0.5	1.243
9	450	11.9	0.450	0.6	1.479
11	550	7.5	0.284	0.0	0.089
13	650	8.6	0.326	0.3	0.647
15	750	6.4	0.241	0.1	0.267
17	850	9.4	0.353	0.2	0.458
19	950	8.9	0.259	0.3	0.758
I _{THD} = 65.1%			V _{THD} = 2.0 %		
I _{RMS} = 4.487 A			V _{RMS} = 213.8 V		

Berdasarkan data pengukuran di atas dapat terlihat bahwa semakin tinggi suhu pengujian maka nilai I_{THD} akan semakin tinggi yaitu menjadi 65.1 % setelah sebelumnya pada suhu normal hanya 64.3 %, sehingga I_s pengukuran CT pun ikut turun menjadi 0.38 setelah sebelumnya 0.42 pada suhu normal. Hal ini biasa terjadi karena nilai I_{THD} mempengaruhi error pengukuran CT semakin besar nilai I_{THD} , maka semakin besar error pengukuran yang berarti semakin turun nilai I_s dari pengukuran normal yaitu 0.75 A

Sedangkan untuk beban 70 % dari rasio CT dihasilkan pengujian dengan penambahan lampu pijar di dapatkan data percobaan gambar grafik sebagai berikut

Tabel 4.13 Hasil percobaan variasi nilai THD dengan beban 70 %

Jumlah Beban (Lampu)		Ip (A)				V _{THD} (%)	I _{THD} (%)				I _s (A)			
LP	LHE	27°C	40°C	60°C	80°C		27°C	40°C	60°C	80°C	27°C	40°C	60°C	80°C
-	420	20.08	20.21	20.25	21.07	2.1	75.4	76.8	78.3	79.1	2.631	2.608	2.598	2.561
1	400	20.46	20.66	20.82	20.97	1.9	71.9	73.3	73.5	73.5	2.573	2.568	2.642	2.630
2	380	21.03	21.07	21.16	21.20	1.9	65.4	66.0	66.3	66.4	2.675	2.672	2.669	2.666
3	340	20.72	20.73	20.98	21.07	1.9	58.8	59.96	60.1	60.1	2.704	2.692	2.671	2.618
4	320	20.90	20.94	21.00	21.03	1.7	52.8	52.8	53.3	53.5	2.738	2.596	2.572	2.212
5	300	21.08	21.10	21.12	21.19	1.8	46.2	46.6	46.8	47.1	2.776	2.627	2.496	2.475
6	280	20.62	20.76	20.80	21.04	1.7	40.4	40.6	40.7	40.9	2.814	2.565	2.506	2.496
7	244	20.94	20.95	20.97	21.00	1.6	34.4	34.9	35.0	35.0	2.853	2.835	2.833	2.826
8	206	20.97	20.99	21.02	21.04	1.7	28.7	29.1	29.1	29.3	2.840	2.826	2.821	2.214
9	160	21.06	21.02	20.99	21.06	1.7	23.2	23.3	23.8	29.1	2.845	2.826	2.821	2.792
10	120	21.02	21.05	21.04	21.10	2.2	16.8	17.1	17.1	17.4	2.855	2.855	2.852	2.846
11	76	21.09	21.12	21.07	21.01	1.7	10.7	10.75	10.8	10.9	2.857	2.853	2.844	2.846

**Gambar 4.12** Grafik Penurunan Nilai THD Akibat Penambahan Lampu Pijar

4.3 Perbandingan Alat Ukur yang digunakan Antara Amperemeter Analog dengan Amperemeter Digital

Pengujian ini dilakukan untuk melengkapi data percobaan yang sudah dilakukan untuk membandingkan tingkat kepresisian alat ukur

yang digunakan dalam percobaan. Pengujian di lakukan dengan menggunakan Amperemeter analog dengan Amperemeter Digital secara bergantian yang di pasang pada sisi sekunder rangkaian pengukuran trafo arus. Pengaturan beban dilakukan pada saat pembebanan 10 %, 40 % dan 70 % dengan pengaturan nilai THD dan temperature lingkungan kerja dari trafo arusnya pada titik 27°C dan 40°C.

Percobaan temperature 27°C

Beban (%)	THD _I (%)	Amperemeter Analog		Error	Amperemeter Digital		Error
		IP (A)	IS (A)		IP (A)	IS (A)	
10	80,5	3,0	0.24	52	3,02	0.255	49
	45,3	3,0	0.24	52	3,05	0.264	47.2
	4,8	3,0	0.25	50	3,03	0.272	45.6
40	78,9	12,1	1,60	20	12,03	1.634	18.3
	46,3	12,0	1,61	19.5	12,02	1.644	17.8
	8,7	12,1	1.62	19	12,05	1.672	16.4
70	77,7	21,0	2.78	20.57	21,02	2.795	20.14
	38,5	21,1	2.80	20	21,02	2.812	19.66
	10,1	21,1	2.82	19.43	21,04	2.836	18.97

Percobaan temperature 40°C

Beban (%)	THD _I (%)	Amperemeter Analog		Error	Amperemeter Digital		Error
		IP (A)	IS (A)		IP (A)	IS (A)	
10	80,5	3,0	0.24	52	3,02	0.252	49.6
	45,3	3,0	0.25	50	3,05	0.258	48.4
	4,8	3,0	0.28	44	3,03	0.272	45.6
40	78,9	12,1	1,58	21	12,03	1.632	18.4
	46,3	12,0	1,59	20.5	12,02	1.642	17.9
	8,7	12,1	1.60	20	12,05	1.668	16.6
70	77,7	21,1	2.74	21.7	21,02	2.792	20.22
	38,5	21,1	2.77	20.8	21,02	2.810	19.71
	10,1	21,1	2.78	20.5	21,04	2.834	19.02

4.4 Analisa Rugi-rugi pada Transformator Arus

Tujuan dilakukan analisa perhitungan ini adalah untuk mengetahui error arus pengukuran atau penurunan nilai arus pengukuran oleh Trafo arus, akibat adanya rugi-rugi daya trafo arus pada saat diberikan beban non linear (harmonisa).

Seperti diketahui sebelumnya bahwa dengan meningkatnya nilai komponen-komponen harmonisa atau arus harmonisa maka akan terjadi juga kenaikan rugi-rugi daya pada trafo arus akibat adanya distorsi harmonisa yaitu rugi-rugi arus tembaga dan rugi-rugi arus eddy. Akibat adanya rugi-rugi tersebut maka arus pengukuran pada sisi sekunder trafo mengalami penurunan atau error dari nilai seharusnya.

Melalui data-data dan pengukuran di bawah ini maka dapat dibuktikan adanya error pengukuran akibat adanya rugi-rugi pada trafo. Sebagai contoh data yang diambil adalah data dari hasil percobaan variasi nilai THD dengan beban 70% pada saat penggunaan 5 lampu pijar suhu pebgujian 60⁰C yaitu didapatkan data-data sebagai berikut :

- Frekuensi yang diambil orde 1 : 50 Hz
- Permeabilitas konduktor (μ) : 1 untuk jenis logam
- Tahanan Transformator : 0.2 Ω
- Perbandingan antar diameter dan jarak antar Konduktor (σ) : 2 mm/15 mm atau 0.13
- Arus RMS Harmonisa Primer (I_p) : 21.12 A
- Arus Harmonisa Sekunder I_s : 2.60 A

Langkah pertama mencari nilai parameter x :

$$X = 0,027678 \sqrt{\frac{f \cdot \mu}{Rdc}}$$

$$X = 0,027678 \sqrt{\frac{50 \text{ Hz} \cdot 1}{0.2}} = 0.4376$$

Kemudian dengan metode pendekatan kurva dilakukan untuk mendapatkan perhitungan K_{SE} sesuai dengan persamaan (2-18) dengan $x = 0.4376$ artinya pemakaian range nya berada pada $x \leq 2$ sehingga diperoleh persamaan:

$$K_{SE}(x) = 10^{-3}(1,04x^5 + 8,24x^4 - 3,24x^3 + 1,44x^2 - 0,2764x + 0,0166)$$

$$K_{SE}(x) = 9,21 \times 10^{-5}$$

Sedangkan untuk nilai K_{PE} yang merupakan suatu harga penambahan nilai tahanan efek kedekatan didapat dari persamaan (2-20):

$$K_{PE} = K_{SE}\sigma^2 + \left(\frac{1,18}{K_{SE} + 0,27} + 0,312\sigma^2\right)$$

$$K_{PE} = (9,21 \times 10^{-5}) \times 0,13^2 + \left(\frac{1,18}{(9,21 \times 10^{-5}) + 0,27} + 0,312 \times 0,13^2\right)$$

$$K_{PE} = 6,8 \times 10^{-6}$$

Kemudian mencari nilai rasio perbandingan antara tahanan arus searah(R_{dc}) dengan tahanan arus bolak-balik (R_{ac}) yang di sebut dengan kc. Nilai kc didapatkan dari persamaan (2-16) sehingga didapatkan hasil perhitungan :

$$K_C = 1 + K_{SE} + K_{PE}$$

$$K_C = 1 + 9,21 \times 10^{-5} + 6,8 \times 10^{-6}$$

$$K_C = 1,0000989$$

Sehingga didapatkan nilai R_h atau nilai tahanan penghantar, sesuai dengan persamaan(2-21):

$$R_h = R_{dc} \cdot (k_c + 1)$$

$$R_h = 0,2 \times (1,0000989 + 1)$$

$$R_h = 0,40 \Omega$$

Sehingga besarnya rugi-rugi tembaga akibat terdapatnya komponen harmonisa di dalam arus beban yang dapat dihitung dengan persamaan (2-25):

$$P_R = \sum_{h=1}^{h_{\max}} I_h^2 \cdot R_h$$

$$P_R = \sum_{h=1}^{h_{\max}} 21,12^2 \times 0,40$$

$$P_R = 446,05 \times 0,40$$

$$P_R = 178,42 \text{ W}$$

Jadi orde -1 harmonisa

Daya awal tanpa distorsi harmonisa, dengan tahanan awal trafo arus 0.2Ω adalah:

$$P = I^2 \cdot R$$

$$P = 21.12^2 \times 0.2$$

$$P = 89.2 \text{ W}$$

Berdasarkan hasil R_h dan daya awal, maka dapat dicari nilai arus pada saat terdapat distorsi harmonisa yaitu dengan persamaan :

$$P = I^2 \cdot R$$

$$I = \sqrt{\frac{89.2}{0.40}}$$

$$I = 14.9 \text{ A}$$

Dengan Rasio CT maka I menjadi :

- Rasio CT : $30/5 = 6$
- Sehingga I Setelah adanya harmonisa adalah sebesar $14.9/6 = 2.483 \text{ A}$

Dengan demikian arus pengukuran di sisi sekunder menjadi sebesar 2.483 A atau terjadi error karena seharusnya CT dengan beban 70 % mengukur arus sebesar 3.5 A . Hal ini biasa terjadi karena adanya aliran dari harmonisa arus pada konduktor yang menyebabkan bertambahnya rugi-rugi saluran sebagai akibat adanya pemanasan tambahan. Pemanasan tambahan ini diakibatkan oleh dua fenomena yaitu *skin effect* dan *proximity effect*. *Skin effect* disebabkan oleh distribusi arus dipermukaan lebih besar daripada didalam penghantar, sehingga nilai tahanan efektif meningkat dan nilai arus terukur menjadi tidak sesuai.

Hali ini juga membuktikan dengan adanya faktor temperatur yang tinggi maka arus pengukuran akan semakin error, karena temperature panas sebelumnya sudah dihasilkan oleh adanya *skin effect* dan *proximity effect*.

BAB 5

Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang sudah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan, diantaranya :

1. Beban Non Linear menyebabkan harmonisa arus ganjil dengan THD yang besar, dan harmonisa arus yang paling dominan adalah harmonisa arus orde ke-3 yang bernilai diatas 58 %
2. Berdasarkan data pengujian didapatkan data bahwa error pengukuran semakin besar jika temperatur kerja dinaikkan yaitu pada suhu 27⁰C error pengukuran berada pada 20.9% sampai 56 %. Pada suhu 40⁰C error naik menjadi 23.0 % sampai yang tertinggi mencapai 60 % dan pada suhu 80⁰C error kembali naik menjadi 25.0 % sampai yang tertinggi mencapai 60.5 %
3. Error pengukuran dipengaruhi oleh nilai THD Arus yang menimbulkan rugi-rugi pada transformator arus yaitu berdasarkan hasil analisa jika arus 70 % mengukur arus sebesar 3.5 A,tetapi karena adanya rugi-rugi pada trafo arus akibat harmonisa menjadi 2.483
4. Berdasarkan hasil pengujian, pada beban yang sama yaitu 70% dengan I_{THD} 71.9 % arus didapatkan I_s sebesar 2.573 A tetapi setelah diturunkan nilai I_{THD} nya menjadi 10.7% I_s naik menjadi 2.857 A . Hal ini membuktikan bahwa semakin kecil nilai THD arus maka semakin besar nilai arus pengukuran Sekunder Trafo

DAFTAR REFERENSI

1. Bharat Heavy Electrical, *Transformers*, New Delhi : Tata McGraw-Hill Publishing Company Ltd., 2003.
2. Setiadji, Sentosa J¹, Machmudsyah Tabrani², Wijaya Yohanes C³. “*Pengaruh Harmonisa pada Gardu Tiang Daya 100 kVA di PT PLN APJ Surabaya Selatan*”. Skripsi. Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra.
3. Firmansyah, Indra. “*Pengaruh Harmonisa pada Transformator Daya dan Penagulangannya*”. Skripsi FT UI. Depok. 2009
4. Sumani, Sambodho, Ir. 2002. *Pengenalan Mutu Listrik*. Prosiding Seminar Electric Power Quality. STT-PLN. Jakarta.
5. Marsudi, Djiteng, Ir. 2002. *Pengaruh Harmonisa Dalam Pasokan Tenaga Listrik*. Prosiding Seminar Kiat Menghadapi Krisis Energi Listrik. Universitas Trisakti. Jakarta.
6. Tanoto Information Centre, *Transformer*. Electrical Engineering Caegories. Juni 2009
7. [http://ww.wordpress.com/Current Transformer \(CT\)/Eling Elingen Dewe.htm](http://ww.wordpress.com/Current%20Transformer%20(CT)/Eling%20Elingen%20Dewe.htm)
8. Catalog Instrument transformer ; Technical Information & Application guide, ABB
9. “Current Transformer”. Di akses dari <http://davidgultom.wordpress.com/2008/06/19/current-transformer/> pada tanggal 21 Februari 2010
10. [http://ww.wordpress.com/Current Transformer \(CT\)/Eling Elingen Dewe.htm](http://ww.wordpress.com/Current%20Transformer%20(CT)/Eling%20Elingen%20Dewe.htm)
11. Harsono, Liem Ek Bien & Sudarno, “*Pengujian Harmonisa Dan Upaya Pengurangan Gangguan Harmonisapada Lampu Hemat Energi*“ :volume 4. JETri, Agustus 2004
12. Positiveinfo.wordpress.com, risiko-bola-lampu-pada-lingkungan. Sumber: Media Mastan – Standardisasi. Januari 2009



HASIL PERCOBAAN

VARIASI BEBAN HARMONIK

Universitas Indonesia

DATA PERCOBAAN

- Beban 30 buah Lampu Hemat Energi (LHE)
- Beban CT = 5 % dari rasio 30/5 A
- Suhu : 27⁰ C

Data Hasil Percobaan : $I_p = 1.5A$ $I_s = 0.11 A$

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	1.196	100	211.1
3	150	58.7	0.702	1	2.207
5	250	28	0.335	1.1	2.5
7	350	26.8	0.320	0.4	0.861
9	450	11.2	0.134	0.5	1.214
11	550	10.2	0.123	0.1	0.338
13	650	9.0	0.108	0.1	0.274
15	750	8.4	0.101	0.1	0.366
17	850	9.5	0.114	0.2	0.525
19	950	6.2	0.074	0	0.058
$I_{THD} = 74.5\%$ $I_{RMS} = 1.517 A$			$V_{THD} = 1.8 \%$ $V_{RMS} = 211.3 V$		

* 30 Lampu dengan Suhu Oven 40⁰ C * Didapatkan : $I_p = 1.5 A$ & $I_s = 0.10 A$

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	1.144	100	208.4
3	150	59.1	0.676	1.0	2.263
5	250	29.8	0.341	1.2	2.614
7	350	28.9	1.330	0.4	0.872
9	450	13.3	0.153	0.6	1.310
11	550	9.9	0.113	0.1	0.258
13	650	8.6	0.098	0.1	0.337
15	750	7.6	0.087	0.2	0.501
17	850	9.5	0.109	0.1	0.413
19	950	8.1	0.092	0.0	0.208
$I_{THD} = 77.4 \%$ $I_{RMS} = 1.456 A$			$V_{THD} = 1.9 \%$ $V_{RMS} = 208.4 V$		

* 30 Lampu dengan Suhu Oven 80⁰C * Didapatkan : Ip = 1.5 A & Is = 0.10A

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	1.153	100	208.4
3	150	58.7	0.677	1.0	2.264
5	250	29.1	0.335	1.1	2.482
7	350	28.5	0.328	0.6	1.289
9	450	12.4	0.143	0.6	1.361
11	550	10.1	0.116	0.1	0.297
13	650	9.4	0.108	0.0	0.163
15	750	9.2	0.106	0.2	0.540
17	850	11.3	0.130	0.2	0.473
19	950	6.9	0.079	0.1	0.391
I _{THD} = 76.5 % I _{RMS} = 1.455 A			V _{THD} = 1.9 % V _{RMS} = 208.5 V		

- Beban 60 buah Lampu Hemat Energi (LHE)
- Beban CT = 10 % dari rasio 30/5 A
- Suhu : 27⁰C

Data Hasil Percobaan : Ip = 3.1 A Is = 0.24 A

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	2.476	100	212.6
3	150	58.9	1.459	1.4	2.372
5	250	28.9	0.717	1.3	2.851
7	350	26.5	0.657	0.4	1.035
9	450	10.1	0.251	0.7	1.580
11	550	9.0	0.223	0.1	0.405
13	650	8.7	0.216	0.1	0.420
15	750	9.9	0.246	0.1	0.338
17	850	10.8	0.267	0.2	0.477
19	950	6.2	0.155	0	0.165
I _{THD} = 74.7% I _{RMS} = 3.087 A			V _{THD} = 2.1 % V _{RMS} = 212.5 V		

* 60 Lampu dengan Suhu Oven 40⁰ C * Didapatkan : Ip = 3.0 A & Is = 0.22 A

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	2.476	100	213.1
3	150	62.3	1.459	1.0	2.313
5	250	31.0	0.717	1.4	3.050
7	350	25.0	0.657	0.3	0.704
9	450	15.6	0.251	0.6	1.415
11	550	6.8	0.223	0.2	0.518
13	650	9.3	0.216	0.1	0.247
15	750	9.3	0.246	0.0	0.159
17	850	13.0	0.267	0.3	0.756
19	950	11.1	0.155	0.2	0.626
I _{THD} = 81.5 % I _{RMS} = 3.010 A			V _{THD} = 9.2 % V _{RMS} = 213.1 V		

* 60 Lampu dengan Suhu Oven 80⁰ C * Didapatkan : Ip = 3.1 A & Is = 0.20 A

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	2.399	100	212.1
3	150	62.3	1.449	1.0	2.318
5	250	31.0	0.722	1.1	2.445
7	350	28.2	0.676	0.6	1.304
9	450	12.7	0.305	0.6	1.461
11	550	8.3	0.199	0.2	0.498
13	650	9.2	0.221	0.2	0.478
15	750	9.7	0.235	0.1	0.658
17	850	12.3	0.296	0.3	0.587
19	950	8.8	0.211	0.2	0.587
I _{THD} = 78.3 % I _{RMS} = 3.052 A			V _{THD} = 1.9 % V _{RMS} = 212.3 V		

- Beban 90 buah Lampu Hemat Energi (LHE)
- Beban CT = 15 % dari rasio 30/5 A
- Suhu : 27⁰ C

Data Hasil Percobaan : $I_p = 3.1 \text{ A}$ $I_s = 0.40 \text{ A}$

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	3.592	100	217.8
3	150	60.2	2.164	0.9	2.08
5	250	30.3	1.089	1.3	2.894
7	350	28.5	1.025	0.4	0.915
9	450	12.8	0.463	0.8	1.817
11	550	10.6	0.381	0.0	0.113
13	650	9.9	0.358	0.3	0.825
15	750	8.1	0.291	0.2	0.364
17	850	10.1	0.366	0.1	0.364
19	950	6.1	0.220	0.2	0.579
$I_{\text{THD}} = 77.6\%$ $I_{\text{RMS}} = 4.556 \text{ A}$			$V_{\text{THD}} = 2.0 \%$ $V_{\text{RMS}} = 217.9 \text{ V}$		

* 90 Lampu dengan Suhu Oven 40⁰ C * Didapatkan : $I_p = 3.0 \text{ A}$ & $I_s = 0.39 \text{ A}$

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	3.394	100	210.9
3	150	61.3	2.081	1.3	2.897
5	250	31.7	1.078	1.0	2.257
7	350	30.3	1.028	0.8	1.702
9	450	15.3	0.522	0.8	1.743
11	550	8.7	0.295	0.1	0.296
13	650	9.4	0.320	0.3	0.804
15	750	8.6	0.293	0.1	0.368
17	850	12.1	0.411	0.2	0.449
19	950	8.7	0.297	0.2	0.583
$I_{\text{THD}} = 80.6\%$ $I_{\text{RMS}} = 4.372 \text{ A}$			$V_{\text{THD}} = 2.2 \%$ $V_{\text{RMS}} = 210.9 \text{ V}$		

* 90 Lampu dengan Suhu Oven 80⁰C * Didapatkan : Ip = 3.1 A & Is = 0.37 A

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	3.453	100	209.9
3	150	61.0	2.108	1.2	2.696
5	250	31.2	1.078	1.0	2.241
7	350	29.3	1.014	0.8	1.731
9	450	14.5	0.503	0.6	1.460
11	550	8.9	0.309	0.0	0.198
13	650	9.2	0.320	0.1	0.331
15	750	9.1	0.315	0.0	0.135
17	850	12.1	0.419	0.1	0.383
19	950	8.6	0.298	0.3	0.770
I _{THD} = 79.7 % I _{RMS} = 4.430 A			V _{THD} = 2.1 % V _{RMS} = 210.0 V		

- Beban 120 buah Lampu Hemat Energi (LHE)
- Beban CT = 20 % dari rasio 30/5 A
- Suhu : 27⁰C

Data Hasil Percobaan : Ip = 6.1 A Is = 0,53A

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	4.826	100	210.0
3	150	56.7	2.736	1.5	3.255
5	250	30.1	1.455	1.1	2.442
7	350	29.6	1.431	0.9	2.013
9	450	11.9	0.577	08	1.833
11	550	9.5	0.463	0.0	0.125
13	650	9.4	0.454	0.3	0.751
15	750	12.4	0.601	0.1	1.023
17	850	13.1	0.638	0.4	0.878
19	950	6.0	0.388	0.3	0.745
I _{THD} = 76.0 % I _{RMS} = 6.075 A			V _{THD} = 2.6 % V _{RMS} = 210.0 V		

120 Lampu dengan Suhu Oven 40⁰ C Didapatkan : Ip = 6.1 A & Is = 0.52 A

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	4.647	100	209.6
3	150	57.2	2.660	1.6	3.561
5	250	31.4	1.460	1.1	2.402
7	350	31.0	1.444	0.7	1.611
9	450	13.5	0.627	0.9	2.029
11	550	9.1	0.422	0.0	0.061
13	650	8.5	0.398	0.2	0.488
15	750	11.9	0.553	0.2	0.513
17	850	13.1	0.610	0.4	0.865
19	950	9.1	0.426	0.2	0.589
I _{THD} = 76.0 % I _{RMS} = 5.892 A			V _{THD} = 2.6 % V _{RMS} = 209.7 V		

* 120 Lampu dengan Suhu Oven 80⁰ C * Didapatkan : Ip = 5.75 A & Is = 0.44A

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	4.684	100	210.1
3	150	53.4	2.715	1.7	3.578
5	250	31.2	1.452	1.2	2.524
7	350	31.8	1.479	0.9	1.979
9	450	15.1	0.702	0.8	1.863
11	550	9.2	0.427	0.1	0.334
13	650	8.7	0.405	0.2	0.539
15	750	11.3	0.529	0.3	0.796
17	850	13.9	0.650	0.4	0.997
19	950	9.8	0.456	0.3	0.667
I _{THD} = 79.4 % I _{RMS} = 5.929 A			V _{THD} = 2.6 % V _{RMS} = 210.7 V		

- Beban 180 buah Lampu Hemat Energi (LHE)
- Beban CT = 30% dari rasio 30/5 A
- Suhu : 27⁰ C

Data Hasil Percobaan : $I_p = 8.8 \text{ A}$ $I_s = 1.01 \text{ A}$

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	7.151	100	209.4
3	150	60.2	4.309	1.6	3.436
5	250	30.5	2.181	1.0	2.105
7	350	28.7	2.056	0.9	2.021
9	450	13.1	0.943	0.8	1.848
11	550	8.3	0.595	0.1	0.373
13	650	9.1	0.656	0.2	0.543
15	750	8.6	0.616	0.1	0.23
17	850	10.1	0.728	0.3	0.755
19	950	5.6	0.404	0.3	0.631
$I_{THD} = 77.1\%$ $I_{RMS} = 9.031 \text{ A}$			$V_{THD} = 2.4\%$ $V_{RMS} = 209.4 \text{ V}$		

* 180 Lampu dengan Suhu Oven 40⁰ C * Didapatkan : $I_p = 8.9 \text{ A}$ & $I_s = 0.96 \text{ A}$

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	7.151	100	209.4
3	150	60.2	4.309	1.6	3.436
5	250	30.5	2.181	1.0	2.105
7	350	28.7	2.056	0.9	2.021
9	450	13.1	0.943	0.8	1.848
11	550	8.3	0.595	0.1	0.373
13	650	9.1	0.656	0.2	0.543
15	750	8.6	0.616	0.1	0.23
17	850	10.1	0.728	0.3	0.755
19	950	5.6	0.404	0.3	0.631
$I_{THD} = 77.1\%$ $I_{RMS} = 9.031 \text{ A}$			$V_{THD} = 2.4\%$ $V_{RMS} = 209.4 \text{ V}$		

* 180 Lampu dengan Suhu Oven 80⁰ C * Didapatkan : Ip = 8.9 A & Is = 0.90

A

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	7.151	100	209.4
3	150	60.2	4.309	1.6	3.436
5	250	30.5	2.181	1.0	2.105
7	350	28.7	2.056	0.9	2.021
9	450	13.1	0.943	0.8	1.848
11	550	8.3	0.595	0.1	0.373
13	650	9.1	0.656	0.2	0.543
15	750	8.6	0.616	0.1	0.23
17	850	10.1	0.728	0.3	0.755
19	950	5.6	0.404	0.3	0.631
I _{THD} = 77.1%			V _{THD} = 2.4%		
I _{RMS} = 9.031 A			V _{RMS} = 209.4 V		

- Beban 240 buah Lampu Hemat Energi (LHE)
- Beban CT = 40 % dari rasio 30/5 A
- Suhu : 27⁰ C

Data Hasil Percobaan : Ip = 11.9 A Is = 1.52 A

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	9.429	100	212.1
3	150	58.1	5.481	1.5	3.245
5	250	31.1	2.939	1.4	3.097
7	350	29.6	2.792	0.8	1.833
9	450	12.2	1.156	0.7	1.650
11	550	9.6	0.909	0.0	0.177
13	650	9.0	0.851	0.3	0.664
15	750	11.1	1.055	0.1	0.380
17	850	12.7	1.199	0.4	0.931
19	950	8.0	0.756	0.1	0.398
I _{THD} = 77.5%			V _{THD} = 2.6%		
I _{RMS} = 11.94 A			V _{RMS} = 212.2 V		

240 Lampu dengan Suhu Oven 40⁰ C Didapatkan : Ip = 11.9 A & Is = 1.51 A

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	9.137	100	212.3
3	150	58.3	5.295	1.5	3.318
5	250	31.7	2.879	1.2	2.592
7	350	30.9	2.806	0.8	1.715
9	450	14.1	1.282	0.9	2.109
11	550	9.4	0.858	0.0	0.118
13	650	8.8	0.799	0.2	0.628
15	750	11.4	1.036	0.2	0.424
17	850	13.0	1.180	0.3	0.659
19	950	9.0	0.825	0.3	0.668
I _{THD} = 78.8 % I _{RMS} = 11.57 A			V _{THD} = 2.5% V _{RMS} = 212.5 V		

240 Lampu dengan Suhu Oven 80⁰ C Didapatkan : Ip = 11.9 A & Is = 1.45 A

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	9.137	100	211.3
3	150	59.40	5.430	1.6	3.402
5	250	31.7	2.900	1.4	3.059
7	350	31.1	2.850	0.8	1.765
9	450	15.2	1.397	0.9	1.961
11	550	8.2	0.753	0.1	0.375
13	650	8.2	0.751	0.2	0.483
15	750	10.3	0.944	0.1	0.290
17	850	12.9	1.187	0.4	0.864
19	950	9.3	0.854	0.1	0.246
I _{THD} = 79.8 % I _{RMS} = 11.69 A			V _{THD} = 2.6% V _{RMS} = 212.2 V		

- Beban 300 buah Lampu Hemat Energi (LHE)
- Beban CT = 50 % dari rasio 30/5 A
- Suhu : 27⁰ C

Data Hasil Percobaan : $I_p = 15.1 \text{ A}$ $I_s = 1.80 \text{ A}$

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	11.65	100	212.0
3	150	58.3	6.802	1.2	2.658
5	250	29.3	3.442	1.1	2.461
7	350	27.7	3.229	0.6	1.466
9	450	11.1	1.296	0.8	1.776
11	550	10.1	1.185	0.0	0.119
13	650	8.4	0.98	0.1	0.405
15	750	9.0	1.052	0.1	0.282
17	850	10.2	1.197	0.2	0.604
19	950	5.4	0.636	0.2	0.454
I _{THD} = 74.9%			V _{THD} = 2.2 %		
I _{RMS} = 14.57 A			V _{RMS} = 212.9 V		

300 Lampu dengan Suhu Oven 40⁰ C Didapatkan : $I_p = 16.3 \text{ A}$ & $I_s = 1.75 \text{ A}$

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	11.59	100	214.0
3	150	60.1	6.972	1.4	3.165
5	250	30.5	3.537	1.1	2.547
7	350	29.7	3.445	0.7	1.544
9	450	13.7	1.598	0.9	1.986
11	550	9.5	1.108	0.2	0.441
13	650	9.6	1.114	0.3	0.751
15	750	7.9	0.926	0.3	0.744
17	850	10.9	1.275	0.4	0.997
19	950	9.3	0.765	0.1	0.275
I _{THD} = 78.1 %			V _{THD} = 2.4 %		
I _{RMS} = 14.72 A			V _{RMS} = 214.1 V		

300 Lampu dengan Suhu Oven 80⁰ C Didapatkan : Ip = 16.3 A & Is = 1.71 A

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	11.69	100	213.9
3	150	59.6	6.973	1.2	2.752
5	250	30.1	3.525	1.0	2.282
7	350	29.2	3.417	0.8	1.750
9	450	13.3	1.557	0.9	2.106
11	550	9.4	1.100	0.1	0.316
13	650	9.4	1.105	0.3	0.682
15	750	8.8	1.035	0.2	0.507
17	850	11.7	1.376	0.5	1.142
19	950	7.1	0.839	0.2	0.513
I _{THD} = 77.4 % I _{RMS} = 14.84 A			V _{THD} = 2.3 % V _{RMS} = 213.9 V		

- Beban 360 buah Lampu Hemat Energi (LHE)
- Beban CT = 60 % dari rasio 30/5 A
- Suhu : 27⁰ C

Data Hasil Percobaan : Ip = 17.7 A Is = 2.07 A

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	13.99	100	208.0
3	150	57.3	8.019	1.4	3.095
5	250	30.2	4.225	1.4	3.065
7	350	29.5	4.131	0.7	1.571
9	450	11.7	1.64	0.8	1.861
11	550	9.7	1.36	0.2	0.522
13	650	7.4	1.047	0.1	0.299
15	750	10.8	1.52	0.2	0.548
17	850	12.1	1.695	0.2	0.619
19	950	8.2	1.156	0.0	0.183
I _{THD} = 76.1 % I _{RMS} = 17.60 A			V _{THD} = 2.6% V _{RMS} = 207.9 V		

360 Lampu dengan Suhu Oven 40⁰ C Didapatkan : Ip = 17.7 A & Is = 2.05 A

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	13.56	100	208.1
3	150	58.7	7.965	1.5	3.176
5	250	31.3	4.255	1.4	3.054
7	350	31.0	4.214	0.7	1.487
9	450	14.2	1.937	0.8	1.834
11	550	9.3	1.267	0.12	0.285
13	650	8.3	1.125	0.3	0.665
15	750	10.5	1.426	0.3	0.667
17	850	13.0	1.776	0.3	0.769
19	950	9.3	1.264	0.0	0.143
I _{THD} = 79.3 % I _{RMS} = 17.30 A			V _{THD} = 2.8% V _{RMS} = 208.2 V		

360 Lampu dengan Suhu Oven 80⁰ C Didapatkan : Ip = 17.7 A & Is = 2.02A

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	13.81	100	208.4
3	150	58.6	8.105	1.5	3.245
5	250	31.0	4.292	1.4	2.933
7	350	30.5	4.217	0.8	1.781
9	450	13.4	1.853	0.8	1.800
11	550	9.7	1.345	0.0	0.023
13	650	8.4	1.164	0.2	0.533
15	750	11.1	1.540	0.3	0.797
17	850	13.7	1.899	0.4	1.901
19	950	9.2	1.281	0.0	0.804
I _{THD} = 78.8 % I _{RMS} = 17.51 A			V _{THD} = 2.6% V _{RMS} = 208.3 V		

- Beban 420 buah Lampu Hemat Energi (LHE)
 - Beban CT = 70 % dari rasio 30/5 A
 - Suhu : 27⁰ C
- Data Hasil Percobaan : $I_p = 20.9 \text{ A}$ $I_s = 2.72 \text{ A}$

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	16.76	100	217.4
3	150	60.5	10.15	1.1	2.488
5	250	30.2	5.072	1.2	2.786
7	350	28.0	4.70	0.6	1.307
9	450	13.1	2.208	0.7	1.73
11	550	9.2	1.547	0.2	0.507
13	650	7.6	1.290	0.3	0.749
15	750	8.3	1.406	0.3	0.814
17	850	12	2.015	0.3	0.659
19	950	8.2	1.39	0.1	0.296
I _{THD} = 77.9%			V _{THD} = 2.1%		
I _{RMS} = 21.25 A			V _{RMS} = 217.6 V		

420 Lampu dengan Suhu Oven 40⁰ C Didapatkan : $I_p = 20.9 \text{ A}$ & $I_s = 2.69 \text{ A}$

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	16.76	100	217.7
3	150	61.3	10.02	0.9	2.102
5	250	30.8	5.034	1.2	2.679
7	350	28.8	4.714	0.6	1.449
9	450	14.6	2.391	0.8	1.869
11	550	9.2	1.509	0.2	0.470
13	650	8.6	1.413	0.2	0.522
15	750	7.6	1.249	0.2	0.607
17	850	11.6	1.903	0.2	0.505
19	950	7.0	1.155	0.1	0.349
I _{THD} = 79.1%			V _{THD} = 1.9%		
I _{RMS} = 20.85 A			V _{RMS} = 217.8 V		

420 Lampu dengan Suhu Oven 80⁰ C Didapatkan : Ip = 21.0 A & Is = 2.58 A

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	16.40	100	217.4
3	150	61.1	10.3	1.0	2.285
5	250	30.7	5.036	1.1	2.578
7	350	28.8	4.725	0.7	1.570
9	450	14.5	2.388	0.7	1.612
11	550	9.2	1.519	0.2	0.610
13	650	8.4	1.381	0.4	0.902
15	750	6.6	1.098	0.2	0.569
17	850	11.2	1.838	0.3	0.791
19	950	7.9	1.310	0.1	0.215
I _{THD} = 78.8%			V _{THD} = 2.1%		
I _{RMS} = 20.94 A			V _{RMS} = 217.5 V		

- Beban 480 buah Lampu Hemat Energi (LHE)
- Beban CT = 80 % dari rasio 30/5 A
- Suhu : 27⁰ C

Data Hasil Percobaan : Ip = 24.1 A Is = 3.06 A

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	19.28	100	216.4
3	150	59.7	11.52	1.0	2.266
5	250	29.9	5.78	1.1	2.55
7	350	27.9	5.390	0.6	1.396
9	450	12.6	2.436	0.7	1.614
11	550	9.1	1.771	0.2	0.485
13	650	7.8	1.519	0.4	0.929
15	750	8.2	1.590	0.2	0.625
17	850	10.8	2.098	0.4	0.972
19	950	6.7	1.300	0.0	0.156
I _{THD} = 76.5%			V _{THD} = 2.0%		
I _{RMS} = 24.29 A			V _{RMS} = 216.6 V		

480 Lampu dengan Suhu Oven 40⁰ C Didapatkan : Ip = 24.1 A & Is = 2.96 A

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	18.61	100	217.2
3	150	63.1	11.75	0.9	2.077
5	250	31.3	5.843	1.2	2.803
7	350	28.0	5.231	0.4	0.961
9	450	16.3	3.040	0.7	1.600
11	550	10.4	1.944	0.1	0.292
13	650	10.2	1.910	0.3	0.791
15	750	6.4	1.199	0.0	0.207
17	850	9.2	1.718	0.2	0.440
19	950	6.8	1.268	0.3	0.823
I _{THD} = 80.4%			V _{THD} = 1.9%		
I _{RMS} = 23.88 A			V _{RMS} = 217.2 V		

480 Lampu dengan Suhu Oven 80⁰ C Didapatkan : Ip = 24.1 A & Is = 2.91 A

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	18.93	100	217.3
3	150	61.9	11.72	0.9	2.048
5	250	30.7	5.826	1.2	2.676
7	350	27.5	5.209	0.5	1.122
9	450	14.0	2.666	0.7	1.703
11	550	10.1	1.919	0.1	0.349
13	650	9.5	1.815	0.3	0.803
15	750	7.5	1.422	0.1	0.330
17	850	10.0	1.907	0.2	0.437
19	950	6.1	1.173	0.2	0.629
I _{THD} = 78.6%			V _{THD} = 1.9%		
I _{RMS} = 24.09 A			V _{RMS} = 217.4 V		

- Beban 510 buah Lampu Hemat Energi (LHE)
- Beban CT = 85 % dari rasio 30/5 A
- Suhu : 27⁰ C

Data Hasil Percobaan : $I_p = 25.4 \text{ A}$ $I_s = 3.16 \text{ A}$

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	20.09	100	214.6
3	150	59.3	11.92	1.2	2.678
5	250	29.8	6.001	1.2	2.639
7	350	28.4	5.713	0.6	1.332
9	450	13.2	2.667	0.9	2.075
11	550	10.5	2.122	0.1	0.351
13	650	8.4	1.692	0.2	0.604
15	750	7.9	1.598	0.1	0.455
17	850	9.6	1.944	0.2	0.340
19	950	6.2	1.255	0.3	0.667
$I_{THD} = 76.4 \%$ $I_{RMS} = 25.9 \text{ A}$			$V_{THD} = 2.3\%$ $V_{RMS} = 214.8 \text{ V}$		

510 Lampu dengan Suhu Oven 40⁰ C Didapatkan : $I_p = 25.4 \text{ A}$ & $I_s = 3.04 \text{ A}$

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	20.54	100	209.9
3	150	57.6	11.83	1.2	2.726
5	250	29.9	6.578	1.4	2.954
7	350	28.0	5.758	0.8	1.725
9	450	10.7	2.210	0.7	1.635
11	550	9.4	1.949	0.2	0.452
13	650	7.4	1.520	0.2	0.427
15	750	9.7	2.001	0.0	0.405
17	850	10.3	2.210	0.3	0.641
19	950	6.1	1.266	0.2	0.501
$I_{THD} = 74.6 \%$ $I_{RMS} = 25.56 \text{ A}$			$V_{THD} = 2.4\%$ $V_{RMS} = 209.8 \text{ V}$		

510 Lampu dengan Suhu Oven 80⁰ C Didapatkan : Ip = 25.4 A & Is = 2.95 A

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	20.08	100	217.2
3	150	63.6	12.78	1.0	2.299
5	250	31.0	6.237	1.1	2.551
7	350	27.1	5.457	0.7	1.563
9	450	15.7	3.155	0.1	0.314
11	550	9.4	1.902	0.4	0.899
13	650	10.5	2.113	0.1	0.245
15	750	6.2	1.250	0.1	0.294
17	850	10.3	2.120	0.3	0.641
19	950	6.1	1.266	0.2	0.501
I _{THD} = 74.6 % I _{RMS} = 25.56 A			V _{THD} = 2.4% V _{RMS} = 209.8 V		

- Beban 540 buah Lampu Hemat Energi (LHE)
- Beban CT = 90 % dari rasio 30/5 A
- Suhu : 27⁰ C

Data Hasil Percobaan : Ip = 26.4 A Is = 3.26 A

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	21.41	100	215.0
3	150	59.2	12.69	1.3	2.815
5	250	30.7	6.575	1.2	2.686
7	350	28.6	6.108	0.8	1.765
9	450	12.1	2.607	0.8	1.842
11	550	9.5	2.038	0.1	0.333
13	650	8.2	1.770	0.4	1.019
15	750	8.4	1.804	0.1	0.333
17	850	10.5	2.265	0.4	0.969
19	950	6.4	1.386	0.2	0.448
I _{THD} = 76.5 % I _{RMS} = 26.93 A			V _{THD} = 2.3% V _{RMS} = 215.0 V		

540 Lampu dengan Suhu Oven 40⁰ C Didapatkan : Ip = 26.4 A & Is = 3.24 A

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	21.02	100	214.8
3	150	60.4	11.34	1.3	2.931
5	250	31.0	6.523	1.1	2.574
7	350	29.3	6.169	0.6	1.440
9	450	14.6	3.079	0.9	1.952
11	550	8.5	1.796	0.1	0.313
13	650	8.7	1.841	0.5	1.095
15	750	7.3	1.548	0.1	0.426
17	850	10.9	2.292	0.4	1.022
19	950	7.1	1.497	0.1	0.427
I _{THD} = 74.6 % I _{RMS} = 25.56 A			V _{THD} = 2.4% V _{RMS} = 209.8 V		

540 Lampu dengan Suhu Oven 80⁰ C Didapatkan : Ip = 26.4 A & Is = 3.18 A

H	F (Hz)	IHD _I (%)	I (A)	IHD _V (%)	V(V)
1	50	100	20.98	100	215.0
3	150	60.8	12.77	1.4	3.210
5	250	30.6	6.441	1.2	2.721
7	350	29.2	6.144	0.7	1.565
9	450	14.4	3.033	0.9	2.009
11	550	8.3	1.762	0.1	0.326
13	650	8.6	1.815	0.3	0.819
15	750	8.0	1.684	0.2	0.480
17	850	11.2	2.357	0.4	0.877
19	950	6.7	1.421	0.1	0.420
I _{THD} = 74.6 % I _{RMS} = 26.58 A			V _{THD} = 2.4% V _{RMS} = 215.2 V		



HASIL PERCOBAAN

VARIASI NILAI THD

➤ **Beban 90 Lampu hemat energy 27⁰C**

$I_{RMS} = 4,48 \text{ A}$ $V_{RMS} = 209,5 \text{ V}$
 $I_{THD} = 76,2 \%$ $V_{THD} = 2,1 \%$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	3,568	100	209,5	100
3	150	2,12	59,4	2,666	1,2
5	250	1,068	29,9	2,279	1,0
7	350	0,975	27,3	1,837	0,8
9	450	0,399	11,2	1,544	0,7
11	550	0,362	10,1	0,345	0,1
13	650	0,350	9,8	0,292	0,1
15	750	0,346	9,6	0,285	0,1
17	850	0,372	10,4	0,520	0,2
19	950	0,214	6,0	0,367	0,1

➤ **Beban 83 Lampu hemat energi dan 1 lampu pijar 27⁰C**

$I_{RMS} = 4,395 \text{ A}$ $V_{RMS} = 212,8 \text{ V}$
 $I_{THD} = 70,2 \%$ $V_{THD} = 2,1 \%$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	3,624	100	212,8	100
3	150	1,949	53,7	2,629	1,2
5	250	1,001	27,6	2,569	1,2
7	350	0,932	25,7	1,537	0,7
9	450	0,472	13,0	1,611	0,7
11	550	0,351	9,6	0,137	0
13	650	0,327	9,0	0,448	0,2
15	750	0,250	6,9	0,325	0,1
17	850	0,337	9,3	0,595	0,2
19	950	0,246	6,8	0,379	0,1

➤ **Beban 83 Lampu hemat energi dan 1 lampu pijar 40⁰C**

➤ $I_{RMS} = 4,394 \text{ A}$ $V_{RMS} = 211,9 \text{ V}$
 ➤ $I_{THD} = 79,7\%$ $V_{THD} = 2,1 \%$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	3,562	100	211,9	100
3	150	1,952	54,8	2,377	1,3
5	250	0,991	27,8	2,377	1,1
7	350	0,938	26,3	1,477	0,6
9	450	0,485	13,6	1,477	0,6
11	550	0,299	8,4	0,099	0,0
13	650	0,320	9,0	0,535	0,2
15	750	0,251	7,0	0,372	0,1
17	850	0,347	9,7	0,626	0,2

19	950	0,254	7.1	0,387	0,1
----	-----	-------	-----	-------	-----

➤ **Beban 83 Lampu hemat energi dan 1 lampu pijar Suhu 90°C**

➤ $I_{RMS} = 4,394 \text{ A}$

$V_{RMS} = 211,9 \text{ V}$

➤ $I_{THD} = 71.7\%$

$V_{THD} = 2,1 \%$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	3,554	100	212.5	100
3	150	1.965	55.2	2.602	1.2
5	250	1.605	28.2	2.490	1.1
7	350	0.940	26.4	1.356	0.6
9	450	0.495	13.9	1.709	0.8
11	550	0.302	8.5	0.139	0.0
13	650	0.320	9.0	0.333	0.1
15	750	0.260	7.3	0.440	0.2
17	850	0.380	10.7	0.662	0.3
19	950	0.271	0.1	0.419	0.1

➤ **Beban 76 Lampu hemat energi dan 2 lampu pijar 27°C**

$I_{RMS} = 4,489 \text{ A}$

$V_{RMS} = 213,7 \text{ V}$

$I_{THD} = 64,3 \%$

$V_{THD} = 2 \%$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	3,770	100	213,6	100
3	150	1,847	48,9	2,027	0,9
5	250	0,960	25,4	2,693	1,2
7	350	0,875	23,2	1,056	0,4
9	450	0,450	11,9	1,436	0,6
11	550	0,316	8,3	0,294	0,1
13	650	0,333	8,8	0,738	0,3
15	750	0,268	7,1	0,267	0,1
17	850	0,338	8,9	0,384	0,1
19	950	0,232	6,1	0,595	0,2

➤ **Beban 76 Lampu hemat energi dan 2 lampu pijar 40°C**

$I_{RMS} = 4,489 \text{ A}$

$V_{RMS} = 213,7 \text{ V}$

$I_{THD} = 65.1\%$

$V_{THD} = 2 \%$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	3.762	100	213.8	100
3	150	1.858	49.4	2.341	1.0
5	250	0.955	25.3	2.418	1.1
7	350	0.875	23.2	1.243	0.5
9	450	0.450	11.9	1.479	0.6
11	550	0.284	7.5	0.089	0.0
13	650	0.326	8.6	0.647	0.3
15	750	0.241	6.4	0.307	0.1

17	850	0.353	9.4	0.458	0.2
19	950	0.259	0.9	0.758	0.3

➤ **Beban 76 Lampu hemat energi dan 2 lampu pijar 80⁰C**

$$I_{RMS} = 4,489 \text{ A}$$

$$V_{RMS} = 213,7 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 65.6\%$$

$$V_{THD} = 2 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	3.755	100	212.9	100
3	150	1.844	49.1	2.239	1.0
5	250	0.955	25.4	2.698	1.2
7	350	0.875	23.3	1.140	0.5
9	450	0.460	12.2	1.700	0.7
11	550	0.290	7.7	0.176	0.0
13	650	0.328	8.7	0.656	0.3
15	750	0.262	6.9	0.385	0.1
17	850	0.349	9.3	0.592	0.2
19	950	0.231	6.1	0.533	0.2

➤ **Beban 69 Lampu hemat energi dan 3 lampu pijar 27⁰C**

$$I_{RMS} = 4,615 \text{ A}$$

$$V_{RMS} = 212,1 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 55,5 \%$$

$$V_{THD} = 1,9 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	4,035	100	211,9	100
3	150	1,728	42,8	2,156	1,0
5	250	0,891	22,0	2,479	1,1
7	350	0,810	20,0	1,278	0,6
9	450	0,366	9,0	1,593	0,7
11	550	0,290	7,1	0,060	0
13	650	0,275	6,8	0,650	0,3
15	750	0,263	6,5	0,325	0,1
17	850	0,320	7,9	0,621	0,2
19	950	0,199	4,9	0,443	0,2

➤ **Beban 69 Lampu hemat energi dan 3 lampu pijar 40⁰C**

$$I_{RMS} = 4,615 \text{ A}$$

$$V_{RMS} = 212,1 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 55,5 \%$$

$$V_{THD} = 1,9 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	3.925	100	211.7	100
3	150	1.683	42.8	2.287	1.0
5	250	0.869	22.1	2.536	1.1
7	350	0.807	20.5	1.112	0.5
9	450	0.398	10.1	1.980	0.9
11	550	0.261	6.6	0.104	0.0
13	650	0.283	7.2	0.570	0.2

15	750	0.236	6.0	0.522	0,2
17	850	0.316	8.0	0.406	0.1
19	950	0.222	5.6	0.587	0.2

➤ **Beban 69 Lampu hemat energi dan 3 lampu pijar 80°C**

$$I_{RMS} = 4,615 \text{ A} \quad V_{RMS} = 212,1 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 56,7\% \quad V_{THD} = 1,9 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	3.893	100	211.3	100
3	150	1.677	43.0	2.170	1.0
5	250	0.874	22.4	2.649	1.2
7	350	0.802	20.0	0.844	0.3
9	450	0.411	10.5	1.689	0.7
11	550	0.273	7.0	0.260	0.1
13	650	0.298	7.6	0.821	0.3
15	750	0.241	6.2	0.242	0.1
17	850	0.312	8.0	0.473	0.2
19	950	0.227	5.8	0.499	0.2

➤ **Beban 62 Lampu hemat energi dan 4 lampu pijar 27°C**

$$I_{RMS} = 4,64 \text{ A} \quad V_{RMS} = 210,6 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 48,5 \% \quad V_{THD} = 1,9 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	4,176	100	210,4	100
3	150	1,567	37,5	1,989	0,9
5	250	0,800	19,1	2,482	1,1
7	350	0,719	17,2	0,615	0,2
9	450	0,331	7,9	1,758	0,8
11	550	0,276	6,6	0,089	0
13	650	0,273	6,5	0,789	0,3
15	750	0,239	5,7	0,123	0
17	850	0,278	6,6	0,451	0,2
19	950	0,180	4,3	0,426	0,2

➤ **Beban 62 Lampu hemat energi dan 4 lampu pijar 40°C**

$$I_{RMS} = 4.596 \text{ A} \quad V_{RMS} = 212,1 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 48,7\% \quad V_{THD} = 1,9 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	4.122	100	211.5	100
3	150	1.555	37.7	1.702	0.8
5	250	0.791	19.1	2.339	1.1
7	350	0.707	17.1	0.552	0.2
9	450	0.353	8.5	1.771	0.8
11	550	0.253	6.1	0.313	0.1
13	650	0.272	6.6	0.714	0.3
15	750	0.219	5.3	0.355	0.1
17	850	0.265	6.4	0.472	0.2
19	950	0.190	4.6	0.217	0.1

➤ **Beban 62 Lampu hemat energi dan 4 lampu pijar 80°C**

$I_{RMS} = 4.576 \text{ A}$

$V_{RMS} = 212,1 \text{ V}$

$I_{THD} = 49,8\%$

$V_{THD} = 1,9 \%$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	4.099	100	211.4	100
3	150	1.582	38.5	1.472	0.6
5	250	0.798	19.4	2.537	1.2
7	350	0.698	17.0	1.093	0.5
9	450	0.377	9.2	1.683	0.7
11	550	0.252	6.1	0.551	0.2
13	650	0.297	7.2	0.418	0.1
15	750	0.194	4.7	0.285	0.1
17	850	0.255	6.2	0.403	0.1
19	950	0.203	4.9	0.366	0.1

➤ **Beban 55 Lampu hemat energi dan 5 lampu pijar 27°C**

$I_{RMS} = 4,652 \text{ A}$

$V_{RMS} = 211,7 \text{ V}$

$I_{THD} = 42,6 \%$

$V_{THD} = 1,9 \%$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	4,338	100	211,6	100
3	150	1,436	33,1	1,759	0,8
5	250	0,731	10,8	2,480	1,1
7	350	0,623	14,3	0,744	0,3
9	450	0,305	7,0	1,657	0,7
11	550	0,255	5,9	0,272	0,1
13	650	0,269	6,2	0,708	0,3
15	750	0,201	4,6	0,115	0
17	850	0,240	5,5	0,500	0,2
19	950	0,181	4,1	0,452	0,2

➤ **Beban 55 Lampu hemat energi dan 5 lampu pijar 40°C**

$I_{RMS} = 4.666 \text{ A}$

$V_{RMS} = 212,1 \text{ V}$

$I_{THD} = 42,8\%$

$V_{THD} = 1,9 \%$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	4.277	100	211.9	100
3	150	1.422	33.2	1.686	0.7
5	250	0.719	16.8	2.503	1.1
7	350	0.617	14.4	0.855	0.4
9	450	0.333	7.7	1.571	0.7
11	550	0.244	5.7	0.273	0.1
13	650	0.274	6.4	0.728	0.3
15	750	0.189	4.4	0.235	0.1
17	850	0.232	5.4	0.289	0.1

19	950	0.170	3.9	0.522	0.2
----	-----	-------	-----	-------	-----

➤ **Beban 55 Lampu hemat energi dan 5 lampu pijar 80⁰C**

$$I_{RMS} = 4.648 \text{ A} \quad V_{RMS} = 212,1 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 42,9\% \quad V_{THD} = 1,9 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	4.277	100	211.9	100
3	150	1.422	33.2	1.686	0.7
5	250	0.719	16.8	2.503	1.1
7	350	0.617	14.4	0.855	0.4
9	450	0.333	7.7	1.571	0.7
11	550	0.244	5.7	0.273	0.1
13	650	0.274	6.4	0.728	0.3
15	750	0.189	4.4	0.235	0.1
17	850	0.232	5.4	0.289	0.1
19	950	0.170	3.9	0.522	0.2

➤ **Beban 48 Lampu hemat energi dan 6 lampu pijar 27⁰C**

$$I_{RMS} = 4,667 \text{ A} \quad V_{RMS} = 213,1 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 35,6 \% \quad V_{THD} = 1,9 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	4,402	100	212,9	100
3	150	1,232	28,0	1,457	0,6
5	250	0,631	14,3	2,590	1,2
7	350	0,536	12,1	0,925	0,4
9	450	0,279	6,3	1,312	0,6
11	550	0,201	4,5	0,441	0,2
13	650	0,219	4,9	0,620	0,2
15	750	0,139	3,1	0,626	0,2
17	850	0,164	3,7	0,060	0
19	950	0,124	2,8	0,439	0,2

➤ **Beban 48 Lampu hemat energi dan 6 lampu pijar 40⁰C**

$$I_{RMS} = 4.716 \text{ A} \quad V_{RMS} = 212,1 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 35,8\% \quad V_{THD} = 1,9 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	4.448	100	214.3	100
3	150	1.248	28.0	1.173	0.5
5	250	0.649	14.6	2.759	1.2
7	350	0.542	12.1	0.924	0.4
9	450	0.287	6.4	1.412	0.6
11	550	0.217	4.8	0.330	0.1
13	650	0.227	5.1	0.754	0.3
15	750	0.117	2.6	0.561	0.2
17	850	0.144	3.2	0.273	0.1

19	950	0.097	2.1	0.348	0.1
----	-----	-------	-----	-------	-----

➤ **Beban 48 Lampu hemat energi dan 6 lampu pijar 80°C**

$$I_{RMS} = 4.664 \text{ A} \quad V_{RMS} = 212,1 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 35,9\% \quad V_{THD} = 1,9 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	4.398	100	214.6	100
3	150	1.235	28.0	1.191	0.5
5	250	0.650	14.7	2.659	1.2
7	350	0.539	12.2	0.771	0.3
9	450	0.306	6.9	1.513	0.7
11	550	0.195	4.4	0.449	0.2
13	650	0.224	5.1	0.874	0.4
15	750	0.113	2.5	0.477	0.2
17	850	0.134	3.0	0.177	0.0
19	950	0.083	1.9	0.478	0.2

➤ **Beban 41 Lampu hemat energi dan 7 lampu pijar 27°C**

$$I_{RMS} = 4,747 \text{ A} \quad V_{RMS} = 215,1 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 29,8 \% \quad V_{THD} = 1,6 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	4,543	100	215,1	100
3	150	1,063	23,4	1,151	0,5
5	250	0,562	12,3	2,575	1,1
7	350	0,454	9,9	0,969	0,4
9	450	0,256	5,6	1,343	0,6
11	550	0,180	3,9	0,656	0,3
13	650	0,191	4,2	0,888	0,4
15	750	0,101	2,2	0,518	0,2
17	850	0,111	2,4	0,252	0,1
19	950	0,073	1,6	0,349	0,1

➤ **Beban 41 Lampu hemat energi dan 7 lampu pijar 40°C**

$$I_{RMS} = 4.744 \text{ A} \quad V_{RMS} = 212,1 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 29,9\% \quad V_{THD} = 1,9 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	4.551	100	215.1	100
3	150	1.061	23.2	1.176	0.5
5	250	0.564	12.4	2.662	1.2
7	350	0.456	10.0	0.843	0.3
9	450	0.247	5.4	1.350	0.6
11	550	0.179	3.9	0.392	0.1
13	650	0.202	4.4	0.685	0.3
15	750	0.112	2.4	0.428	0.1
17	850	0.118	2.5	0.199	0.0

19	950	0.072	1.5	0.447	0.2
----	-----	-------	-----	-------	-----

➤ **Beban 41 Lampu hemat energi dan 7 lampu pijar 80⁰C**

$$I_{RMS} = 4.720 \text{ A} \quad V_{RMS} = 212,1 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 30.0\% \quad V_{THD} = 1,9 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	4.533	100	216.1	100
3	150	1.056	23.2	1.233	0.5
5	250	0.556	12.2	2.612	1.2
7	350	0.436	9.6	1.139	0.5
9	450	0.242	5.3	1.470	0.6
11	550	0.155	3.4	0.419	0.1
13	650	0.190	4.1	0.764	0.3
15	750	0.115	2.5	0.548	0.2
17	850	0.114	2.5	0.239	0.1
19	950	0.053	1.1	0.094	0.0

➤ **Beban 34 Lampu hemat energi dan 8 lampu pijar 27⁰C**

$$I_{RMS} = 4,804 \text{ A} \quad V_{RMS} = 216,1 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 23,7 \% \quad V_{THD} = 1,7 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	4,677	100	216,1	100
3	150	0,857	18,3	1,058	0,4
5	250	0,472	10,0	2,902	1,3
7	350	0,366	7,8	0,838	0,3
9	450	0,195	4,1	0,188	0,5
11	550	0,146	3,1	0,442	0,2
13	650	0,158	3,3	0,693	0,3
15	750	0,089	1,9	0,483	0,2
17	850	0,092	1,9	0,204	0
19	950	0,062	1,3	0,272	0,1

➤ **Beban 34 Lampu hemat energi dan 8 lampu pijar 40⁰C**

$$I_{RMS} = 4.794 \text{ A} \quad V_{RMS} = 216,4 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 23.9\% \quad V_{THD} = 1,6 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	4.658	100	216.2	100
3	150	0.853	18.3	0.946	0.4
5	250	0.468	10.0	2.664	1.2
7	350	0.361	7.7	0.789	0.3
9	450	0.197	4.2	1.208	0.5
11	550	0.136	2.9	0.654	0.3
13	650	0.168	3.6	0.633	0.2
15	750	0.093	1.9	0.534	0.2
17	850	0.092	1.9	0.182	0.0

19	950	0.060	1.3	0.537	0.2
----	-----	-------	-----	-------	-----

➤ **Beban 34 Lampu hemat energi dan 8 lampu pijar 80⁰C**

$I_{RMS} = 4.797 \text{ A}$ $V_{RMS} = 212,1 \text{ V}$
 $I_{THD} = 23.5\%$ $V_{THD} = 1,9 \%$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	4.671	100	216.6	100
3	150	0.853	18.2	1.125	0.5
5	250	0.461	9.8	2.888	1.3
7	350	0.362	7.7	0.622	0.2
9	450	0.200	4.3	1.127	0.5
11	550	0.130	2.7	0.249	0.1
13	650	0.158	3.3	0.724	0.3
15	750	0.090	1.9	0.543	0.2
17	850	0.090	1.9	0.218	0.1
19	950	0.060	1.2	0.572	0.2

➤ **8 lampu pijar**

$I_{RMS} = 3,479 \text{ A}$ $V_{RMS} = 218,6 \text{ V}$
 $I_{THD} = 1,6 \%$ $V_{THD} = 1,7 \%$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	3,479	100	218,5	100
3	150	0,018	0,5	0,71	0,3
5	250	0,046	1,3	3,148	1,4
7	350	0,008	0,2	0,293	0,1
9	450	0,013	0,3	1,044	0,4
11	550	0,012	0,3	0,700	0,3
13	650	0,003	0,1	0,810	0,3
15	750	0,009	0,2	0,462	0,2
17	850	0,006	0,1	0,214	0
19	950	0,006	0,1	0,303	0,1

➤ **Harmonik Sisi Primer CT**

➤ **Beban 70% 420 Lampu hemat energi Suhu 27⁰C**

➤ $I_{RMS} = 21,07 \text{ A}$

$V_{RMS} = 209,6 \text{ V}$

➤ $I_{THD} = 75,4 \%$

$V_{THD} = 2,1 \%$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	16,84	100	209,4	100
3	150	10,18	60,4	2,867	1,3
5	250	4,847	28,7	1,692	0,8
7	350	4,471	26,5	1,844	0,8
9	450	2,089	12,4	1,513	0,7
11	550	1,546	9,1	0,156	0
13	650	1,528	9,0	0,235	0,1
15	750	1,076	6,3	0,252	0,1
17	850	1,417	8,4	0,442	0,2
19	950	0,836	4,9	0,559	0,2

➤ **Beban 70% 420 Lampu hemat energi Suhu 40⁰C**

$I_{RMS} = 20,09 \text{ A}$

$V_{RMS} = 208,6 \text{ V}$

$I_{THD} = 76,8\%$

$V_{THD} = 2,0 \%$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	15,76	100	208,6	100
3	150	9,760	61,9	2,710	1,2
5	250	4,883	30,9	1,718	0,8
7	350	4,527	28,7	1,577	0,7
9	450	2,361	14,9	1,590	0,7
11	550	1,285	8,1	0,344	0,1
13	650	1,405	8,9	0,523	0,2
15	750	1,114	7,0	0,450	0,2
17	850	1,519	9,6	0,593	0,2
19	950	0,969	6,1	0,560	0,2

➤ **Beban 70% 420 Lampu hemat energi Suhu 60⁰C**

$I_{RMS} = 20,21 \text{ A}$

$V_{RMS} = 207,1 \text{ V}$

$I_{THD} = 78,3\%$

$V_{THD} = 1,9 \%$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	15,84	100	207,2	100
3	150	9,815	61,7	2,671	1,2
5	250	4,837	30,4	2,198	1,0
7	350	4,508	28,3	1,689	0,8
9	450	2,361	14,8	1,428	0,6
11	550	1,283	8,0	0,428	0,1
13	650	1,359	8,5	0,299	0,1
15	750	1,096	6,8	0,234	0,1

17	850	1.500	9.4	0.451	0.2
19	950	1.026	6.4	0.263	0.1

➤ **Beban 70% 420 Lampu hemat energi Suhu 80°C**

$$I_{RMS} = 20.85 \text{ A}$$

$$V_{RMS} = 217.8 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 79.1\%$$

$$V_{THD} = 1.9\%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	16.76	100	217.7	100
3	150	10.02	61.3	2.102	0.9
5	250	5.034	30.8	2.679	1.2
7	350	4.714	28.8	1.449	0.6
9	450	2.391	14.6	1.869	0.8
11	550	1.509	9.2	0.470	0.2
13	650	1.413	8.6	0.522	0.2
15	750	1.249	7.6	0.607	0.2
17	850	1.903	11.6	0.505	0.2
19	950	1.155	7.0	0.349	0.1

➤ **Harmonik Sisi Sekunder CT**

➤ **Beban 70% 420 Lampu hemat energi Suhu 27°C**

$$I_{RMS} = 2,631 \text{ A}$$

$$V_{RMS} = 209,6 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 90,2\%$$

$$V_{THD} = 2,1\%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	1,894	100	209,4	100
3	150	1,378	72,7	2,867	1,3
5	250	0,670	35,3	1,692	0,8
7	350	0,552	29,1	1,844	0,8
9	450	0,291	15,4	1,513	0,7
11	550	0,141	7,4	0,156	0
13	650	0,202	10,7	0,235	0,1
15	750	0,163	8,6	0,252	0,1
17	850	0,199	10,5	0,442	0,2
19	950	0,144	7,6	0,559	0,2

➤ **Beban 70% 420 Lampu hemat energi Suhu 40°C**

$$I_{RMS} = 2.608 \text{ A}$$

$$V_{RMS} = 216.1 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 81.9\%$$

$$V_{THD} = 1.9\%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2.030	100	216.6	100
3	150	1.333	63.7	1.125	0.5
5	250	0.644	31.7	2.888	1.3
7	350	0.565	27.8	0.622	0.2
9	450	0.256	12.6	1.127	0.5
11	550	0.210	10.3	0.249	0.1
13	650	0.188	9.2	0.724	0.3
15	750	0.186	9.1	0.543	0.2
17	850	0.201	9.9	0.218	0.1

19	950	0.177	5.8	0.572	0.2
----	-----	-------	-----	-------	-----

➤ **Beban 70% 420 Lampu hemat energi Suhu 60°C**

$$I_{RMS} = 2.598 \text{ A} \quad V_{RMS} = 216,1 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 83.7\% \quad V_{THD} = 1.9 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2.000	100	216.6	100
3	150	1.328	66.4	1.125	0.5
5	250	0.645	32.2	2.888	1.3
7	350	0.578	28.9	0.622	0.2
9	450	0.289	14.4	1.127	0.5
11	550	0.182	9.1	0.249	0.1
13	650	0.185	9.2	0.724	0.3
15	750	0.177	8.8	0.543	0.2
17	850	0.226	11.3	0.218	0.1
19	950	0.139	6.9	0.572	0.2

➤ **Beban 70% 420 Lampu hemat energi Suhu 80°C**

$$I_{RMS} = 2.561 \text{ A} \quad V_{RMS} = 216.6 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 88.7\% \quad V_{THD} = 1,9 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	1.937	100	216.6	100
3	150	1.367	70.5	1.125	0.5
5	250	0.684	25.3	2.888	1.3
7	350	0.578	29.8	0.622	0.2
9	450	0.352	18.1	1.127	0.5
11	550	0.125	6.4	0.249	0.1
13	650	0.193	10.0	0.724	0.3
15	750	0.132	6.8	0.543	0.2
17	850	0.170	8.8	0.218	0.1
19	950	0.143	7.3	0.572	0.2

➤ **Harmonik Sisi Primer CT**

➤ **Beban 70% 400 Lampu hemat energi 1 Lampu Pijar Suhu 27°C**

$$I_{RMS} = 20,46 \text{ A} \quad V_{RMS} = 212,4 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 71,9 \% \quad V_{THD} = 1,9 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	17,03	100	212,4	100
3	150	9,57	56,1	2,820	1,3
5	250	4,862	28,5	1,729	0,8
7	350	4,410	28,8	1,449	0,7
9	450	2,303	13,5	1,553	0,7
11	550	1,227	7,2	0,291	0,1
13	650	1,513	8,8	0,271	0,1
15	750	1,086	6,3	0,251	0,1
17	850	1,531	8,9	0,391	0,1
19	950	1,064	6,2	0,485	0,2

➤ **Beban 70% 400 Lampu hemat energi 1 Lampu Pijar Suhu 40°C**

$I_{RMS} = 20.66 \text{ A}$ $V_{RMS} = 213,5 \text{ V}$
 $I_{THD} = 73.3\%$ $V_{THD} = 1,9 \%$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	16.78	100	213.5	100
3	150	9.697	57.7	2.348	1.1
5	250	4.838	28.8	1.979	0.9
7	350	4.371	26.0	1.713	0.8
9	450	2.413	14.4	1.639	0.7
11	550	1.157	6.9	0.305	0.1
13	650	1.425	8.5	0.290	0.1
15	750	1.201	7.2	0.227	0.1
17	850	1.506	9.0	0.497	0.2
19	950	1.000	6.0	0.505	0.2

➤ **Beban 70% 400 Lampu hemat energi 1 Lampu Pijar Suhu 60°C**

$I_{RMS} = 20.82 \text{ A}$ $V_{RMS} = 212,1 \text{ V}$
 $I_{THD} = 73.5\%$ $V_{THD} = 2.0 \%$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	16.67	100	212.5	100
3	150	9.434	57.1	2.636	1.2
5	250	4.813	29.1	2.119	0.9
7	350	4.431	26.8	1.551	0.7
9	450	2.373	14.3	1.561	0.7
11	550	1.116	6.7	0.340	0.1
13	650	1.358	8.2	0.488	0.2
15	750	1.072	6.4	0.186	0.0
17	850	1.490	9.0	0.338	0.1
19	950	0.983	5.9	0.550	0.2

➤ **Beban 70% 400 Lampu hemat energi 1 Lampu Pijar Suhu 80°C**

$I_{RMS} = 20.97 \text{ A}$ $V_{RMS} = 212.6 \text{ V}$
 $I_{THD} = 73.5\%$ $V_{THD} = 1,9 \%$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	16.78	100	212.6	100
3	150	9.697	57.7	2.499	1.1
5	250	4.838	28.8	2.009	0.9
7	350	4.371	26.0	1.339	0.6
9	450	2.435	14.5	1.482	0.6
11	550	1.193	7.1	0.437	0.2
13	650	1.458	8.6	0.360	0.1
15	750	1.090	6.4	0.393	0.1
17	850	1.471	8.7	0.374	0.1
19	950	1.109	6.6	0.385	0.1

➤ **Harmonik Sisi Sekunder CT**

➤ **Beban 70% 400 Lampu hemat energi 1 Lampu Pijar Suhu 27⁰C**

$I_{RMS} = 2.573 \text{ A}$

$V_{RMS} = 212,4 \text{ V}$

$I_{THD} = 23.5\%$

$V_{THD} = 1,9 \%$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	4.671	100	212,4	100
3	150	0.853	18.2	2,820	1,3
5	250	0.461	9.8	1,729	0,8
7	350	0.362	7.7	1,449	0,7
9	450	0.200	4.3	1,553	0,7
11	550	0.130	2.7	0,291	0,1
13	650	0.158	3.3	0,271	0,1
15	750	0.090	1.9	0,251	0,1
17	850	0.090	1.9	0,391	0,1
19	950	0.060	1.2	0,485	0,2

➤ **Beban 70% 400 Lampu hemat energi 1 Lampu Pijar Suhu 40⁰C**

$I_{RMS} = 2.568 \text{ A}$

$V_{RMS} = 213.5 \text{ V}$

$I_{THD} = 23.5\%$

$V_{THD} = 1.9 \%$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2.057	100	213.5	100
3	150	1.293	62.8	2.348	1.1
5	250	0.640	31.1	1.979	0.9
7	350	0.569	27.7	1.713	0.8
9	450	0.337	16.4	1.639	0.7
11	550	0.165	8.0	0.305	0.1
13	650	0.188	9.1	0.290	0.1
15	750	0.152	7.4	0.227	0.1
17	850	0.205	9.9	0.497	0.2
19	950	0.158	7.7	0.505	0.2

➤ **Beban 70% 400 Lampu hemat energi 1 Lampu Pijar Suhu 60⁰C**

$I_{RMS} = 2.642 \text{ A}$

$V_{RMS} = 212.1 \text{ V}$

$I_{THD} = 79.9\%$

$V_{THD} = 2.0 \%$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2.056	100	212.5	100
3	150	1.307	63.6	2.636	1.2
5	250	0.636	30.9	2.119	0.9
7	350	0.540	26.2	1.551	0.7
9	450	0.330	16.0	1.561	0.7
11	550	0.168	8.1	0.340	0.1
13	650	0.209	10.2	0.488	0.2
15	750	0.153	7.4	0.186	0.0

17	850	0.193	9.4	0.338	0.1
19	950	0.159	7.7	0.550	0.2

➤ **Beban 70% 400 Lampu hemat energi 1 Lampu Pijar Suhu 80°C**

$$I_{RMS} = 2.630 \text{ A} \quad V_{RMS} = 212.6 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 80.2\% \quad V_{THD} = 1,9 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2.055	100	212.6	100
3	150	1.300	63.2	2.499	1.1
5	250	0.649	31.5	2.009	0.9
7	350	0.563	27.3	1.339	0.6
9	450	0.345	16.7	1.482	0.6
11	550	0.155	7.5	0.437	0.2
13	650	0.188	9.1	0.360	0.1
15	750	0.148	7.2	0.393	0.1
17	850	0.197	9.6	0.374	0.1
19	950	0.158	7.7	0.385	0.1

➤ **Harmonik Sisi Primer CT**

➤ **Beban 70% 380 Lampu hemat energi 2 Lampu Pijar Suhu 27°C**

$$I_{RMS} = 21,03 \text{ A} \quad V_{RMS} = 214,5 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 65,4 \% \quad V_{THD} = 1,9 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	17,51	100	214,5	100
3	150	9,046	51,6	2,390	1,1
5	250	4,561	26,0	2,241	1,0
7	350	4,214	24,0	1,253	0,5
9	450	2,272	12,9	1,641	0,7
11	550	1,289	7,3	0,506	0,2
13	650	1,427	8,1	0,415	0,1
15	750	1,222	6,9	0,162	0
17	850	1,452	8,2	0,306	0,1
19	950	1,091	6,2	0,876	0,4

➤ **Beban 70% 380 Lampu hemat energi 2 Lampu Pijar Suhu 40°C**

$$I_{RMS} = 21.07 \text{ A} \quad V_{RMS} = 214.9 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 66.0\% \quad V_{THD} = 1.0 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	17.68	100	214.9	100
3	150	9.139	51.6	2.211	1.0
5	250	4.558	25.7	2.461	1.1
7	350	4.078	23.0	1.142	0.5
9	450	2.069	11.7	1.430	0.6
11	550	1.301	7.3	0.220	0.1
13	650	1.478	8.3	0.531	0.2
15	750	1.131	6.3	0.163	0.0

17	850	1.401	7.9	0.276	0.1
19	950	0.854	4.8	0.473	0.2

➤ **Beban 70% 380 Lampu hemat energi 2 Lampu Pijar Suhu 60°C**

$I_{RMS} = 21.16 \text{ A}$ $V_{RMS} = 214.5 \text{ V}$

$I_{THD} = 66.3\%$ $V_{THD} = 1.9 \%$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	17.61	100	214.5	100
3	150	9.119	31.7	2.390	1.1
5	250	4.613	26.1	2.241	1.0
7	350	4.164	23.6	1.253	0.5
9	450	2.208	12.5	1.641	0.7
11	550	1.266	7.1	0.506	0.2
13	650	1.428	8.1	0.415	0.1
15	750	1.111	6.3	0.162	0.0
17	850	1.422	8.0	0.306	0.1
19	950	0.965	5.4	0.876	0.4

➤ **Beban 70% 380 Lampu hemat energi 2 Lampu Pijar Suhu 80°C**

$I_{RMS} = 21.20 \text{ A}$ $V_{RMS} = 214.4 \text{ V}$

$I_{THD} = 66.4\%$ $V_{THD} = 1,9 \%$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	17.55	100	214.4	100
3	150	9.152	18.2	2.413	1.1
5	250	4.586	9.8	2.156	1.0
7	350	4.160	7.7	1.368	0.6
9	450	2.198	4.3	1.484	0.6
11	550	1.100	2.7	0.285	0.1
13	650	1.370	3.3	0.403	0.1
15	750	1.082	1.9	0.333	0.1
17	850	1.488	1.9	0.561	0.2
19	950	0.943	1.2	0.768	0.3

➤ **Harmonik Sisi Sekunder CT**

➤ **Beban 70% 380 Lampu hemat energi 2 Lampu Pijar Suhu 27°C**

$I_{RMS} = 2,675 \text{ A}$ $V_{RMS} = 214,5 \text{ V}$

$I_{THD} = 73,2 \%$ $V_{THD} = 1,9 \%$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2,155	100	214,5	100
3	150	1,245	57,7	2,390	1,1
5	250	0,615	28,5	2,241	1,0
7	350	0,549	25,4	1,253	0,5
9	450	0,306	14,2	1,641	0,7
11	550	0,148	6,8	0,506	0,2
13	650	0,190	8,8	0,415	0,1

15	750	0,149	6,9	0,162	0
17	850	0,203	9,4	0,306	0,1
19	950	0,149	6,9	0,876	0,4

➤ **Beban 70% 380 Lampu hemat energi 2 Lampu Pijar Suhu 40°C**

$$I_{RMS} = 2.666 \text{ A} \quad V_{RMS} = 214.9 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 71.2\% \quad V_{THD} = 1.0 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2.171	100	214.9	100
3	150	1.242	57.2	2.211	1.0
5	250	0.596	27.4	2.461	1.1
7	350	0.529	24.3	1.142	0.5
9	450	0.274	12.6	1.430	0.6
11	550	0.149	6.8	0.220	0.1
13	650	0.182	8.3	0.531	0.2
15	750	0.155	7.1	0.163	0.0
17	850	0.185	8.5	0.276	0.1
19	950	0.130	5.9	0.473	0.2

➤ **Beban 70% 380 Lampu hemat energi 2 Lampu Pijar Suhu 60°C**

$$I_{RMS} = 2.669 \text{ A} \quad V_{RMS} = 214.5 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 72.5\% \quad V_{THD} = 1.9 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2.160	100	214.5	100
3	150	1.258	58.2	2.390	1.1
5	250	0.604	27.9	2.241	1.0
7	350	0.523	24.2	1.253	0.5
9	450	0.287	13.3	1.641	0.7
11	550	0.163	7.5	0.506	0.2
13	650	0.200	9.2	0.415	0.1
15	750	0.146	6.8	0.162	0.0
17	850	0.174	8.0	0.306	0.1
19	950	0.121	5.6	0.876	0.4

➤ **Beban 70% 380 Lampu hemat energi 2 Lampu Pijar Suhu 80°C**

$$I_{RMS} = 2.666 \text{ A} \quad V_{RMS} = 214.4 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 72.9\% \quad V_{THD} = 1.9 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2.161	100	214.4	100
3	150	1.258	58.2	2.413	1.1
5	250	0.605	28.0	2.156	1.0
7	350	0.535	24.7	1.368	0.6
9	450	0.301	13.9	1.484	0.6
11	550	0.158	7.3	0.285	0.1
13	650	0.197	9.1	0.403	0.1
15	750	0.153	7.1	0.333	0.1
17	850	0.184	8.5	0.561	0.2

19	950	0.133	6.1	0.768	0.3
----	-----	-------	-----	-------	-----

➤ **Harmonik Sisi Primer CT**

➤ **Beban 70% 340 Lampu hemat energi 3 Lampu Pijar Suhu 27⁰C**

$$I_{RMS} = 20,72 \text{ A}$$

$$V_{RMS} = 216,3 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 58,8 \%$$

$$V_{THD} = 1,9 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	18,09	100	216,3	100
3	150	8,447	46,6	2,245	1,0
5	250	4,226	23,3	2,257	1,0
7	350	3,636	20	1,388	0,6
9	450	1,977	10,9	1,306	0,6
11	550	1,242	6,8	0,203	0
13	650	1,361	7,5	0,338	0,1
15	750	0,952	5,0	0,472	0,2
17	850	1,168	6,4	0,516	0,2
19	950	0,809	4,4	0,485	0,2

➤ **Beban 70% 340 Lampu hemat energi 3 Lampu Pijar Suhu 40⁰C**

$$I_{RMS} = 20.73 \text{ A}$$

$$V_{RMS} = 216.8 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 59.6\%$$

$$V_{THD} = 1.9 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	17.70	100	216.8	100
3	150	8.328	47.0	2.332	1.0
5	250	4.190	23.6	2.403	1.1
7	350	3.646	20.5	1.059	0.4
9	450	2.014	11.3	1.426	0.6
11	550	1.136	6.4	0.470	0.2
13	650	1.371	7.7	0.465	0.2
15	750	0.908	5.1	0.461	0.2
17	850	1.183	6.6	0.183	0.0
19	950	0.862	4.8	0.741	0.3

➤ **Beban 70% 340 Lampu hemat energi 3 Lampu Pijar Suhu 60⁰C**

$$I_{RMS} = 20.98 \text{ A}$$

$$V_{RMS} = 214.5 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 60.1\%$$

$$V_{THD} = 1.8 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	17.77	100	217.7	100
3	150	8.418	47.3	1.975	0.9
5	250	4.248	23.8	2.293	1.0
7	350	3.706	20.8	0.956	0.4
9	450	2.078	11.6	1.386	0.6
11	550	1.137	6.3	0.247	0.1
13	650	1.443	8.1	0.578	0.2
15	750	0.972	5.4	0.469	0.2

17	850	1.182	6.6	0.091	0.0
19	950	0.875	4.9	0.327	0.1

➤ **Beban 70% 340 Lampu hemat energi 3 Lampu Pijar Suhu 80°C**

$$I_{RMS} = 21.07 \text{ A} \quad V_{RMS} = 217.6 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 60.1\% \quad V_{THD} = 1.0\%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	17.77	100	217.6	100
3	150	8.414	47.3	2.039	0.9
5	250	4.271	24.0	2.286	1.0
7	350	3.701	20.0	1.298	0.5
9	450	2.125	11.9	1.497	0.6
11	550	1.102	6.2	0.376	0.1
13	650	1.383	7.7	0.298	0.1
15	750	0.946	5.3	0.304	0.1
17	850	1.219	6.8	0.303	0.1
19	950	0.844	4.7	0.591	0.2

➤ **Harmonik Sisi Sekunder CT**

➤ **Beban 70% 340 Lampu hemat energi 3 Lampu Pijar Suhu 27°C**

$$I_{RMS} = 2,704 \text{ A} \quad V_{RMS} = 216,3 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 66,2\% \quad V_{THD} = 1,9\%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2,190	100	216,3	100
3	150	1,162	53,0	2,245	1,0
5	250	0,562	25,6	2,257	1,0
7	350	0,479	21,9	1,388	0,6
9	450	0,275	12,5	1,306	0,6
11	550	0,145	6,6	0,203	0
13	650	0,174	7,9	0,338	0,1
15	750	0,130	5,9	0,472	0,2
17	850	0,170	7,7	0,516	0,2
19	950	0,120	5,4	0,485	0,2

➤ **Beban 70% 340 Lampu hemat energi 3 Lampu Pijar Suhu 40°C**

$$I_{RMS} = 2.692 \text{ A} \quad V_{RMS} = 216.8 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 66.1\% \quad V_{THD} = 1.9\%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2.188	100	216.8	100
3	150	1.158	52.9	2.332	1.0
5	250	0.566	25.8	2.403	1.1
7	350	0.480	21.9	1.059	0.4
9	450	0.276	12.6	1.426	0.6
11	550	0.148	6.7	0.470	0.2

13	650	0.180	8.2	0.465	0.2
15	750	0.125	5.7	0.461	0.2
17	850	0.156	7.1	0.183	0.0
19	950	0.117	5.3	0.741	0.3

➤ **Beban 70% 340 Lampu hemat energi 3 Lampu Pijar Suhu 60⁰C**

$$I_{RMS} = 2.671 \text{ A}$$

$$V_{RMS} = 214.5 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 66.3\%$$

$$V_{THD} = 1.9 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2.188	100	217.7	100
3	150	1.164	53.2	1.975	0.9
5	250	0.562	25.6	2.293	1.0
7	350	0.483	22.1	0.956	0.4
9	450	0.281	12.8	1.386	0.6
11	550	0.148	6.7	0.247	0.1
13	650	0.186	8.5	0.578	0.2
15	750	0.125	5.7	0.469	0.2
17	850	0.149	6.8	0.091	0.0
19	950	0.177	5.3	0.327	0.1

➤ **Beban 70% 340 Lampu hemat energi 3 Lampu Pijar Suhu 80⁰C**

$$I_{RMS} = 2.618 \text{ A}$$

$$V_{RMS} = 217.6 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 68.2\%$$

$$V_{THD} = 1.0 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2.160	100	217.6	100
3	150	1.192	55.1	2.039	0.9
5	250	0.565	26.1	2.286	1.0
7	350	0.479	22.1	1.298	0.5
9	450	0.287	13.3	1.497	0.6
11	550	0.147	6.7	0.376	0.1
13	650	0.183	8.4	0.298	0.1
15	750	0.126	5.8	0.304	0.1
17	850	0.146	6.7	0.303	0.1
19	950	0.111	5.1	0.591	0.2

➤ **Harmonik Sisi Primer CT**

➤ **Beban 70% 320 Lampu hemat energi 4 Lampu Pijar Suhu 27⁰C**

$$I_{RMS} = 20.90 \text{ A}$$

$$V_{RMS} = 217,3 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 52,8 \%$$

$$V_{THD} = 1,7 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	18,54	100	217,2	100
3	150	7,709	41,5	1,765	0,8
5	250	3,854	20,7	1,994	0,9
7	350	3,362	18,1	1,292	0,5
9	450	1,896	10,2	1,447	0,6
11	550	1,145	6,6	0,306	0,1
13	650	1,311	7	0,251	0,1
15	750	0,911	4,9	0,683	0,3

17	850	1,226	6,6	0,512	0,2
19	950	0,836	4,5	0,548	0,2

➤ **Beban 70% 320 Lampu hemat energi 4 Lampu Pijar Suhu 40⁰C**

$$I_{RMS} = 20.94 \text{ A} \quad V_{RMS} = 212,1 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 52.8\% \quad V_{THD} = 1.6 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	18.54	100	217.7	100
3	150	7.784	41.5	1.652	0.5
5	250	3.895	21.0	2.114	1.3
7	350	3.354	18.0	1.067	0.2
9	450	1.817	9.7	1.598	0.5
11	550	1.144	6.1	0.308	0.1
13	650	1.357	7.3	0.424	0.3
15	750	0.993	5.3	0.516	0.2
17	850	1.119	6.0	0.376	0.1
19	950	0.819	4.4	0.538	0.2

➤ **Beban 70% 320 Lampu hemat energi 4 Lampu Pijar Suhu 60⁰C**

$$I_{RMS} = 21.00 \text{ A} \quad V_{RMS} = 216,1 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 53.3\% \quad V_{THD} = 1.6 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	18.56	100	216.4	100
3	150	7.826	42.1	1.511	0.6
5	250	3.398	21.2	2.215	1.0
7	350	3.341	17.9	0.946	0.4
9	450	1.764	9.5	1.538	0.7
11	550	1.183	6.3	0.293	0.1
13	650	1.405	7.5	0.505	0.2
15	750	0.975	5.2	0.391	0.1
17	850	1.105	5.9	0.354	0.1
19	950	0.784	4.2	0.470	0.2

➤ **Beban 70% 320 Lampu hemat energi 4 Lampu Pijar Suhu 80⁰C**

$$I_{RMS} = 21.03 \text{ A} \quad V_{RMS} = 216.7 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 53.5\% \quad V_{THD} = 1.6 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	18.41	100	216.6	100
3	150	7.775	42.2	1.620	0.7
5	250	3.922	21.3	2.269	1.0
7	350	3.373	18.3	1.068	0.4
9	450	1.845	10.0	1.476	0.6
11	550	1.139	6.1	0.352	0.1
13	650	1.314	7.1	0.516	0.2
15	750	0.898	4.8	0.329	0.1

17	850	1.059	5.7	0.394	0.1
19	950	0.826	4.4	0.534	0.2

➤ **Harmonik Sisi Sekunder CT**

➤ **Beban 70% 320 Lampu hemat energi 4 Lampu Pijar Suhu 27⁰C**

$$I_{RMS} = 2,738 \text{ A} \quad V_{RMS} = 217,3 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 60,2 \% \quad V_{THD} = 1,7 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2,237	100	217,2	100
3	150	1,079	48,2	1,765	0,8
5	250	0,522	23,3	1,994	0,9
7	350	0,440	19,6	1,292	0,5
9	450	0,246	11,0	1,447	0,6
11	550	0,145	6,4	0,306	0,1
13	650	0,173	7,7	0,251	0,1
15	750	0,127	5,6	0,683	0,3
17	850	0,152	6,8	0,512	0,2
19	950	0,116	5,2	0,548	0,2

➤ **Beban 70% 320 Lampu hemat energi 4 Lampu Pijar Suhu 40⁰C**

$$I_{RMS} = 2.596 \text{ A} \quad V_{RMS} = 212,1 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 52.8\% \quad V_{THD} = 1.6 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2.252	100	217.7	100
3	150	1.066	47.3	1.652	0.5
5	250	0.518	23.0	2.114	1.3
7	350	0.425	18.9	1.067	0.2
9	450	0.247	10.9	1.598	0.5
11	550	0.145	6.4	0.308	0.1
13	650	0.178	7.9	0.424	0.3
15	750	0.122	5.4	0.516	0.2
17	850	0.137	6.0	0.376	0.1
19	950	0.108	4.8	0.538	0.2

➤ **Beban 70% 320 Lampu hemat energi 4 Lampu Pijar Suhu 60⁰C**

$$I_{RMS} = 2.572 \text{ A} \quad V_{RMS} = 216,1 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 60.7\% \quad V_{THD} = 1.6 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2.220	100	216.4	100
3	150	1.089	49.0	1.511	0.6
5	250	0.519	23.3	2.215	1.0
7	350	0.435	19.5	0.946	0.4
9	450	0.237	11.6	1.538	0.7
11	550	0.138	6.2	0.293	0.1
13	650	0.182	8.2	0.505	0.2
15	750	0.118	5.3	0.391	0.1

17	850	1.132	5.9	0.354	0.1
19	950	0.109	4.9	0.470	0.2

➤ **Beban 70% 320 Lampu hemat energi 4 Lampu Pijar Suhu 80°C**

$I_{RMS} = 2.212 \text{ A}$

$V_{RMS} = 216.7 \text{ V}$

$I_{THD} = 53.5\%$

$V_{THD} = 1.6 \%$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2.212	100	216.6	100
3	150	1.080	48.8	1.620	0.7
5	250	0.520	23.5	2.269	1.0
7	350	0.438	19.8	1.068	0.4
9	450	0.253	11.4	1.476	0.6
11	550	0.144	6.5	0.352	0.1
13	650	0.182	8.2	0.516	0.2
15	750	0.124	5.6	0.329	0.1
17	850	0.145	6.5	0.394	0.1
19	950	0.098	4.4	0.534	0.2

➤ **Harmonik Sisi Primer CT**

➤ **Beban 70% 300 Lampu hemat energi 5 Lampu Pijar Suhu 27°C**

$I_{RMS} = 21,08 \text{ A}$

$V_{RMS} = 215,6 \text{ V}$

$I_{THD} = 46,2 \%$

$V_{THD} = 1,8 \%$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	19,13	100	215,6	100
3	150	7,101	37,1	1,484	0,6
5	250	3,532	18,4	2,441	1,1
7	350	2,947	15,4	1,079	0,5
9	450	1,577	8,2	1,588	0,7
11	550	1,137	5,9	0,227	0,1
13	650	1,282	6,6	0,874	0,4
15	750	0,911	4,7	0,303	0,1
17	850	0,931	4,8	0,540	0,2
19	950	0,607	3,1	0,401	0,1

➤ **Beban 70% 300 Lampu hemat energi 5 Lampu Pijar Suhu 40°C**

➤ $I_{RMS} = 21.19 \text{ A}$

$V_{RMS} = 217.2 \text{ V}$

➤ $I_{THD} = 46.6\%$

$V_{THD} = 1.8 \%$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	19.17	100	217.0	100
3	150	7.070	36.8	1.974	0.9
5	250	3.525	18.3	2.533	1.1
7	350	2.877	15.0	0.910	0.4
9	450	1.492	7.7	1.457	0.6
11	550	1.129	5.8	0.377	0.1
13	650	1.274	6.6	0.866	0.3

15	750	0.844	4.4	0.348	0.1
17	850	0.974	5.0	0.360	0.1
19	950	0.649	3.3	0.413	0.1

➤ **Beban 70% 300 Lampu hemat energi 5 Lampu Pijar Suhu 60°C**

➤ $I_{RMS} = 21.12 \text{ A}$ $V_{RMS} = 216.8 \text{ V}$
 ➤ $I_{THD} = 46.8\%$ $V_{THD} = 1.9 \%$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	19.04	100	217.1	100
3	150	7.100	47.0	1.895	0.8
5	250	3.562	23.6	2.275	1.0
7	350	2.958	20.5	0.859	0.3
9	450	1.592	11.3	1.366	0.6
11	550	0.984	6.4	0.532	0.2
13	650	1.216	7.7	0.776	0.3
15	750	0.870	5.1	0.219	0.1
17	850	0.967	6.6	0.588	0.2
19	950	0.679	4.8	0.341	0.1

➤ **Beban 70% 300 Lampu hemat energi 5 Lampu Pijar Suhu 80°C**

$I_{RMS} = 21.1 \text{ A}$ $V_{RMS} = 217.6 \text{ V}$
 $I_{THD} = 47.1\%$ $V_{THD} = 1.7\%$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	19.06	100	217.4	100
3	150	7.142	47.3	1.715	0.7
5	250	3.592	24.0	2.471	1.1
7	350	2.933	20.0	1.000	0.4
9	450	1.564	11.9	1.401	0.6
11	550	1.029	6.2	0.329	0.1
13	650	1.278	7.7	0.751	0.3
15	750	0.815	5.3	0.238	0.1
17	850	0.955	6.8	0.220	0.1
19	950	0.702	4.7	0.513	0.2

➤ **Harmonik Sisi Sekunder CT**

Beban 70% 300 Lampu hemat energi 5 Lampu Pijar Suhu 27°C

$I_{RMS} = 2,776 \text{ A}$ $V_{RMS} = 215,6 \text{ V}$
 $I_{THD} = 52,9 \%$ $V_{THD} = 1,8 \%$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2,307	100	215,6	100
3	150	0,980	42,5	1,484	0,6
5	250	0,473	20,5	2,441	1,1
7	350	0,387	16,7	1,079	0,5
9	450	0,217	9,4	1,588	0,7
11	550	0,141	6,1	0,227	0,1
13	650	0,167	7,2	0,874	0,4

15	750	0,110	4,8	0,303	0,1
17	850	0,131	5,7	0,540	0,2
19	950	0,095	4,1	0,401	0,1

➤ **Beban 70% 300 Lampu hemat energi 5 Lampu Pijar Suhu 40⁰C**

$$I_{RMS} = 2.627 \text{ A} \quad V_{RMS} = 217.0 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 52.4\% \quad V_{THD} = 1.8 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2.307	100	217.0	100
3	150	0.974	42.2	1.974	0.9
5	250	0.475	20.6	2.533	1.1
7	350	0.380	16.4	0.910	0.4
9	450	0.209	9.0	1.457	0.6
11	550	0.139	6.0	0.377	0.1
13	650	0.167	7.2	0.866	0.3
15	750	0.114	4.9	0.348	0.1
17	850	0.130	5.6	0.360	0.1
19	950	0.087	3.7	0.413	0.1

➤ **Beban 70% 300 Lampu hemat energi 5 Lampu Pijar Suhu 60⁰C**

$$I_{RMS} = 2.600 \text{ A} \quad V_{RMS} = 216.1 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 53.1\% \quad V_{THD} = 1.9 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2.318	100	217.1	100
3	150	0.999	43.0	1.895	0.8
5	250	0.485	20.9	2.275	1.0
7	350	0.388	16.7	0.859	0.3
9	450	0.218	9.4	1.366	0.6
11	550	0.123	5.3	0.532	0.2
13	650	0.153	6.6	0.776	0.3
15	750	0.098	4.2	0.219	0.1
17	850	0.124	5.3	0.588	0.2
19	950	0.089	3.8	0.341	0.1

➤ **Beban 70% 300 Lampu hemat energi 5 Lampu Pijar Suhu 80⁰C**

$$I_{RMS} = 2.598 \text{ A} \quad V_{RMS} = 217.6 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 53.6\% \quad V_{THD} = 1.7 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2.290	100	217.4	100
3	150	0.991	43.3	1.715	0.7
5	250	0.477	20.8	2.471	1.1
7	350	0.393	17.1	1.000	0.4
9	450	0.228	9.9	1.401	0.6
11	550	0.132	5.7	0.329	0.1
13	650	0.160	7.0	0.751	0.3
15	750	0.099	4.3	0.238	0.1
17	850	0.120	5.2	0.220	0.1

19	950	0.092	4.0	0.513	0.2
----	-----	-------	-----	-------	-----

➤ **Harmonik Sisi Primer CT**

➤ **Beban 70% 280 Lampu hemat energi 6 Lampu Pijar Suhu 27⁰C**

$$I_{RMS} = 20,62 \text{ A}$$

$$V_{RMS} = 218,9 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 40,4 \%$$

$$V_{THD} = 1,7 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	19,49	100	218,9	100
3	150	6,240	32,0	1,391	0,6
5	250	3,217	16,5	2,570	1,1
7	350	2,596	13,3	1,000	0,4
9	450	1,327	6,8	1,487	0,6
11	550	0,988	5,0	0,573	0,2
13	650	1,027	5,2	0,721	0,3
15	750	0,652	3,3	0,353	0,1
17	850	0,800	4,1	0,071	0
19	950	0,554	2,8	0,207	0

➤ **Beban 70% 280 Lampu hemat energi 6 Lampu Pijar Suhu 40⁰C**

$$I_{RMS} = 20.76 \text{ A}$$

$$V_{RMS} = 215.8 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 40.6\%$$

$$V_{THD} = 1.5 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	19.20	100	215.8	100
3	150	6.281	32.7	1.434	0.6
5	250	3.105	16.1	2.238	1.0
7	350	2.402	12.5	1.181	0.5
9	450	1.330	6.9	1.256	0.5
11	550	0.943	4.9	0.545	0.2
13	650	1.185	6.1	0.647	0.2
15	750	0.655	3.4	0.341	0.1
17	850	0.752	3.9	0.162	0.0
19	950	0.600	3.1	0.414	0.1

➤ **Beban 70% 280 Lampu hemat energi 6 Lampu Pijar Suhu 60⁰C**

$$I_{RMS} = 20.80 \text{ A}$$

$$V_{RMS} = 216.1 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 40.7\%$$

$$V_{THD} = 1.6 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	19.10	100	216.1	100
3	150	6.245	32.6	1.613	0.7
5	250	3.141	16.4	2.138	0.9
7	350	2.471	12.9	1.198	0.5
9	450	1.384	7.2	1.161	0.5
11	550	0.945	4.9	0.370	0.1
13	650	1.108	5.8	0.831	0.3

15	750	0.562	2.9	0.424	0.1
17	850	0.693	3.6	0.309	0.1
19	950	0.545	2.8	0.121	0.0

➤ **Beban 70% 280 Lampu hemat energi 6 Lampu Pijar Suhu 80°C**

$$I_{RMS} = 21.04A$$

$$V_{RMS} = 219.0 V$$

$$I_{THD} = 40.9\%$$

$$V_{THD} = 1.6\%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	19.29	100	219.0	100
3	150	6.297	32.6	1.558	0.7
5	250	3.178	16.4	2.469	1.1
7	350	2.497	12.9	0.974	0.4
9	450	1.401	7.2	1.500	0.6
11	550	0.918	4.7	0.481	0.2
13	650	1.222	6.3	0.669	0.3
15	750	0.658	3.4	0.409	0.1
17	850	0.718	3.7	0.107	0.0
19	950	0.612	3.1	0.303	0.1

➤ **Harmonik Sisi Sekunder CT**

Beban 70% 280 Lampu hemat energi 6 Lampu Pijar Suhu 27°C

$$I_{RMS} = 2,814 A$$

$$V_{RMS} = 218,9 V$$

$$I_{THD} = 46,5 \%$$

$$V_{THD} = 1,7 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2,298	100	218,9	100
3	150	0,869	37,8	1,391	0,6
5	250	0,413	17,9	2,570	1,1
7	350	0,336	14,6	1,000	0,4
9	450	0,183	7,9	1,487	0,6
11	550	0,115	5,0	0,573	0,2
13	650	0,137	5,9	0,721	0,3
15	750	0,085	3,7	0,353	0,1
17	850	0,113	4,9	0,071	0
19	950	0,069	3,0	0,207	0

➤ **Beban 70% 280 Lampu hemat energi 6 Lampu Pijar Suhu 40°C**

$$I_{RMS} = 2.565A$$

$$V_{RMS} = 215.8 V$$

$$I_{THD} = 45.8\%$$

$$V_{THD} = 1.5 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2.279	100	215.8	100
3	150	0.844	37.0	1.434	0.6
5	250	0.418	18.3	2.238	1.0
7	350	0.315	13.8	1.181	0.5
9	450	0.177	7.7	1.256	0.5
11	550	0.124	5.4	0.545	0.2
13	650	0.151	6.6	0.647	0.2

15	750	0.087	3.8	0.341	0.1
17	850	0.090	3.9	0.162	0.0
19	950	0.068	3.0	0.414	0.1

➤ **Beban 70% 280 Lampu hemat energi 6 Lampu Pijar Suhu 60⁰C**

$I_{RMS} = 2.506 \text{ A}$ $V_{RMS} = 216.1 \text{ V}$

$I_{THD} = 46.1\%$ $V_{THD} = 1.6\%$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2.327	100	216.1	100
3	150	0.862	37.0	1.613	0.7
5	250	0.434	18.6	2.138	0.9
7	350	0.333	14.3	1.198	0.5
9	450	0.184	7.9	1.161	0.5
11	550	0.118	5.0	0.370	0.1
13	650	0.146	6.2	0.831	0.3
15	750	0.080	3.4	0.424	0.1
17	850	0.098	4.2	0.309	0.1
19	950	0.079	3.0	0.121	0.0

➤ **Beban 70% 280 Lampu hemat energi 6 Lampu Pijar Suhu 80⁰C**

$I_{RMS} = 2.496 \text{ A}$ $V_{RMS} = 219.0 \text{ V}$

$I_{THD} = 46.4\%$ $V_{THD} = 1.6\%$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2.261	100	219.0	100
3	150	0.857	37.9	1.558	0.7
5	250	0.414	18.3	2.469	1.1
7	350	0.310	13.7	0.974	0.4
9	450	0.184	8.1	1.500	0.6
11	550	0.112	4.9	0.481	0.2
13	650	0.151	6.7	0.669	0.3
15	750	0.082	3.6	0.409	0.1
17	850	0.085	3.7	0.107	0.0
19	950	0.074	3.2	0.303	0.1

➤ **Harmonik Sisi Primer CT**

➤ **Beban 70% 244 Lampu hemat energi 7 Lampu Pijar Suhu 27⁰C**

$I_{RMS} = 20,94 \text{ A}$ $V_{RMS} = 209,7 \text{ V}$

$I_{THD} = 34,4\%$ $V_{THD} = 1,6\%$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	19,88	100	209,7	100
3	150	5,179	26,0	2,657	1,2
5	250	2,823	14,1	2,637	1,2
7	350	2,519	12,6	1,295	0,6
9	450	1,059	5,3	1,509	0,7
11	550	0,784	3,9	0,164	0,6
13	650	0,740	3,7	0,221	0,1
15	750	0,963	4,8	0,186	0

17	850	1,058	5,3	0,520	0,2
19	950	0,748	3,7	0,270	0,1

➤ **Beban 70% 244 Lampu hemat energi 7 Lampu Pijar Suhu 40⁰C**

$$I_{RMS} = 20.95 \text{ A} \quad V_{RMS} = 207.8 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 34.9\% \quad V_{THD} = 2.1 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	19.82	100	207.7	100
3	150	5.219	26.3	2.851	1.2
5	250	2.825	14.2	2.520	1.2
7	350	2.572	12.9	1.411	0.6
9	450	1.228	6.1	1.393	0.6
11	550	0.721	3.6	0.128	0.0
13	650	0.783	3.9	0.323	0.1
15	750	0.798	4.0	0.556	0.2
17	850	1.012	5.1	0.503	0.2
19	950	0.751	3.7	0.229	0.1

➤ **Beban 70% 244 Lampu hemat energi 7 Lampu Pijar Suhu 60⁰C**

$$I_{RMS} = 20.97 \text{ A} \quad V_{RMS} = 208.7 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 35.0\% \quad V_{THD} = 2.2 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	19.78	100	208.5	100
3	150	5.200	26.2	2.682	1.2
5	250	2.843	14.3	2.713	1.3
7	350	2.560	12.9	1.153	0.5
9	450	1.250	6.3	1.475	0.7
11	550	0.701	3.5	0.291	0.1
13	650	0.815	4.1	0.367	0.1
15	750	0.829	4.1	0.663	0.3
17	850	1.056	5.3	0.551	0.2
19	950	0.764	3.8	0.344	0.1

➤ **Beban 70% 244 Lampu hemat energi 7 Lampu Pijar Suhu 80⁰C**

$$I_{RMS} = 21.00 \text{ A} \quad V_{RMS} = 208.7 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 35.0\% \quad V_{THD} = 2.2\%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	19.78	100	209.4	100
3	150	5.214	26.3	2.538	1.2
5	250	2.770	14.0	2.843	1.3
7	350	2.541	12.8	0.782	0.3
9	450	1.231	6.2	1.634	0.7
11	550	0.785	3.9	0.354	0.1
13	650	0.806	4.0	0.438	0.2
15	750	0.865	4.3	0.421	0.2

17	850	1.079	5.4	0.275	0.1
19	950	0.829	4.1	0.569	0.2

➤ **Harmonik Sisi Sekunder CT**

Beban 70% 244 Lampu hemat energi 7 Lampu Pijar Suhu 27⁰C

$$I_{RMS} = 2,853 \text{ A}$$

$$V_{RMS} = 209,7 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 35,6 \%$$

$$V_{THD} = 1,6 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2,674	100	209,7	100
3	150	0,707	26,4	2,657	1,2
5	250	0,392	14,6	2,637	1,2
7	350	0,361	13,5	1,295	0,6
9	450	0,165	6,1	1,509	0,7
11	550	0,100	3,7	0,164	0,6
13	650	0,100	3,7	0,221	0,1
15	750	0,113	4,2	0,186	0
17	850	0,152	5,6	0,520	0,2
19	950	0,105	3,9	0,270	0,1

➤ **Beban 70% 244 Lampu hemat energi 7 Lampu Pijar Suhu 40⁰C**

$$I_{RMS} = 2.835 \text{ A}$$

$$V_{RMS} = 207.7 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 34.9\%$$

$$V_{THD} = 2.1 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2.674	100	207.7	100
3	150	0.695	26.0	2.851	1.2
5	250	0.385	14.4	2.520	1.2
7	350	0.352	13.1	1.411	0.6
9	450	0.167	6.2	1.393	0.6
11	550	0.109	4.0	0.128	0.0
13	650	0.101	3.7	0.323	0.1
15	750	0.107	4.0	0.556	0.2
17	850	0.134	5.0	0.503	0.2
19	950	0.102	3.8	0.229	0.1

➤ **Beban 70% 244 Lampu hemat energi 7 Lampu Pijar Suhu 60⁰C**

$$I_{RMS} = 2.833 \text{ A}$$

$$V_{RMS} = 208.7 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 35.5\%$$

$$V_{THD} = 2.2 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2.664	100	208.5	100
3	150	0.702	26.3	2.682	1.2
5	250	0.392	14.7	2.713	1.3
7	350	0.352	13.2	1.153	0.5
9	450	0.175	6.5	1.475	0.7
11	550	0.104	3.9	0.291	0.1
13	650	0.105	3.9	0.367	0.1

15	750	0.106	3.9	0.663	0.3
17	850	0.136	5.1	0.551	0.2
19	950	0.103	3.8	0.344	0.1

➤ **Beban 70% 244 Lampu hemat energi 7 Lampu Pijar Suhu 80⁰C**

$$I_{RMS} = 2.826A \quad V_{RMS} = 208.7 V$$

$$I_{THD} = 20.95\% \quad V_{THD} = 2.2 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2.681	100	209.4	100
3	150	0.719	26.8	2.538	1.2
5	250	0.393	14.6	2.843	1.3
7	350	0.363	13.5	0.782	0.3
9	450	0.169	6.3	1.634	0.7
11	550	0.114	4.2	0.354	0.1
13	650	0.110	4.1	0.438	0.2
15	750	0.113	4.2	0.421	0.2
17	850	0.135	5.0	0.275	0.1
19	950	0.110	4.1	0.569	0.2

➤ **Harmonik Sisi Primer CT**

➤ **Beban 70% 206 Lampu hemat energi 8 Lampu Pijar Suhu 27⁰C**

$$I_{RMS} = 21,04 A \quad V_{RMS} = 208,6 V$$

$$I_{THD} = 28,7 \% \quad V_{THD} = 1,7 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	20,24	100	208,5	100
3	150	4,369	21,5	2,359	1,1
5	250	2,449	12,1	2,894	1,3
7	350	2,191	10,8	1,380	0,6
9	450	0,970	4,7	1,572	0,7
11	550	0,714	3,5	0,268	0,1
13	650	0,651	3,2	0,478	0,2
15	750	0,676	3,3	0,493	0,2
17	850	0,787	3,8	0,626	0,3
19	950	0,588	2,9	0,045	0

➤ **Beban 70% 206 Lampu hemat energi 8 Lampu Pijar Suhu 40⁰C**

$$I_{RMS} = 21.02 A \quad V_{RMS} = 208.1V$$

$$I_{THD} = 29.1\% \quad V_{THD} = 2.2 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	20.22	100	208.1	100
3	150	4.335	21.4	2.401	1.1
5	250	2.504	12.3	2.961	1.4
7	350	2.228	11.0	1.468	0.7
9	450	1.020	5.0	1.128	0.5
11	550	0.738	3.6	0.127	0.0

13	650	0.671	3.3	0.263	0.1
15	750	0.713	3.5	0.460	0.2
17	850	0.883	4.3	0.655	0.3
19	950	0.631	3.1	0.300	0.1

➤ **Beban 70% 206 Lampu hemat energi 8 Lampu Pijar Suhu 60°C**

$$I_{RMS} = 20.99 \text{ A}$$

$$V_{RMS} = 208.4 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 29.1\%$$

$$V_{THD} = 2.1\%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	20.19	100	208.3	100
3	150	4.349	21.5	2.649	1.2
5	250	2.479	12.2	2.694	1.2
7	350	2.208	10.9	1.422	0.6
9	450	1.016	5.0	1.440	0.6
11	550	0.690	3.4	0.276	0.1
13	650	0.603	2.9	0.190	0.0
15	750	0.706	3.4	0.492	0.2
17	850	0.886	4.3	0.353	0.1
19	950	0.656	3.2	0.121	0.0

➤ **Beban 70% 206 Lampu hemat energi 8 Lampu Pijar Suhu 80°C**

$$I_{RMS} = 20.97 \text{ A}$$

$$V_{RMS} = 208.7 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 29.3\%$$

$$V_{THD} = 2.2\%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	20.16	100	208.5	100
3	150	4.355	21.5	2.570	1.2
5	250	2.490	12.3	2.882	1.3
7	350	2.247	11.1	1.411	0.6
9	450	1.048	5.2	1.672	0.8
11	550	0.626	3.1	0.182	0.0
13	650	0.587	2.9	0.435	0.2
15	750	0.707	3.5	0.647	0.3
17	850	0.961	4.7	0.528	0.2
19	950	0.724	3.5	0.125	0.0

➤ **Harmonik Sisi Sekunder CT**

Beban 70% 206 Lampu hemat energi 8 Lampu Pijar Suhu 27°C

$$I_{RMS} = 2,840 \text{ A}$$

$$V_{RMS} = 208,6 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 29,4\%$$

$$V_{THD} = 1,7\%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2,725	100	208,5	100
3	150	0,588	21,5	2,359	1,1
5	250	0,339	12,4	2,894	1,3
7	350	0,302	11,0	1,380	0,6
9	450	0,134	4,9	1,572	0,7

11	550	0,092	3,3	0,268	0,1
13	650	0,088	3,2	0,478	0,2
15	750	0,103	3,8	0,493	0,2
17	850	0,117	4,3	0,626	0,3
19	950	0,089	3,2	0,045	0

➤ **Beban 70% 206 Lampu hemat energi 8 Lampu Pijar Suhu 40°C**

$$I_{RMS} = 2.826 \text{ A} \quad V_{RMS} = 208.1 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 28.8\% \quad V_{THD} = 2.2 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2.705	100	208.1	100
3	150	0.581	26.0	2.401	1.1
5	250	0.327	14.4	2.961	1.4
7	350	0.299	13.1	1.468	0.7
9	450	0.134	6.2	1.128	0.5
11	550	0.095	4.0	0.127	0.0
13	650	0.075	3.7	0.263	0.1
15	750	0.091	4.0	0.460	0.2
17	850	0.105	5.0	0.655	0.3
19	950	0.081	3.8	0.300	0.1

➤ **Beban 70% 206 Lampu hemat energi 8 Lampu Pijar Suhu 60°C**

$$I_{RMS} = 2.821 \text{ A} \quad V_{RMS} = 208.4 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 29.4\% \quad V_{THD} = 2.1 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2.705	100	208.3	100
3	150	0.584	21.6	2.649	1.2
5	250	0.334	12.3	2.694	1.2
7	350	0.302	11.1	1.422	0.6
9	450	0.141	5.2	1.440	0.6
11	550	0.086	3.2	0.276	0.1
13	650	0.089	3.3	0.190	0.0
15	750	0.098	3.6	0.492	0.2
17	850	0.120	4.4	0.353	0.1
19	950	0.083	3.0	0.121	0.0

➤ **Beban 70% 206 Lampu hemat energi 8 Lampu Pijar Suhu 80°C**

$$I_{RMS} = 2.214 \text{ A} \quad V_{RMS} = 208.7 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 29.8\% \quad V_{THD} = 2.2 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2.136	100	208.5	100
3	150	0.468	21.9	2.570	1.2
5	250	0.266	12.4	2.882	1.3
7	350	0.246	11.5	1.411	0.6
9	450	0.109	5.1	1.672	0.8
11	550	0.073	3.4	0.182	0.0
13	650	0.068	3.2	0.435	0.2
15	750	0.077	3.6	0.647	0.3

17	850	0.100	4.6	0.528	0.2
19	950	0.071	3.3	0.125	0.0

➤ **Harmonik Sisi Primer CT**

➤ **Beban 70% 160 Lampu hemat energi 9 Lampu Pijar Suhu 27⁰C**

$$I_{RMS} = 21,06 \text{ A}$$

$$V_{RMS} = 207,7 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 23,2 \%$$

$$V_{THD} = 1,7 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	20,53	100	207,6	100
3	150	3,518	17,1	2,546	1,2
5	250	2,081	10,1	2,686	1,2
7	350	1,817	8,8	1,368	0,6
9	450	0,775	3,7	1,562	0,7
11	550	0,579	2,8	0,028	0
13	650	0,466	2,2	0,230	0,1
15	750	0,541	2,6	0,571	0,2
17	850	0,576	2,8	0,667	0,3
19	950	0,438	2,1	0,260	0,1

➤ **Beban 70% 160 Lampu hemat energi 9 Lampu Pijar Suhu 40⁰C**

$$I_{RMS} = 21.02 \text{ A}$$

$$V_{RMS} = 207.6 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 23.3\%$$

$$V_{THD} = 2.2 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	20.22	100	207.6	100
3	150	4.335	21.4	2.546	1.2
5	250	2.504	12.3	2.686	1.2
7	350	2.228	11.0	1.368	0.6
9	450	1.020	5.0	1.562	0.7
11	550	0.738	3.6	0.028	0.0
13	650	0.671	3.3	0.230	0.1
15	750	0.713	3.5	0.571	0.2
17	850	0.883	4.3	0.667	0.3
19	950	0.631	3.1	0.260	0.1

➤ **Beban 70% 160 Lampu hemat energi 9 Lampu Pijar Suhu 60⁰C**

$$I_{RMS} = 20.99 \text{ A}$$

$$V_{RMS} = 207.8 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 23.8\%$$

$$V_{THD} = 2.2 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	20.56	100	207.8	100
3	150	3.538	17.2	2.615	1.2
5	250	2.159	10.4	2.797	1.3
7	350	1.875	9.1	1.568	0.7
9	450	0.886	4.3	1.406	0.6
11	550	0.546	2.6	0.103	0.0

13	650	0.386	1.8	0.341	0.1
15	750	0.482	2.3	0.514	0.2
17	850	0.584	2.8	0.541	0.2
19	950	0.414	2.0	0.154	0.0

➤ **Beban 70% 160 Lampu hemat energi 9 Lampu Pijar Suhu 80°C**

$I_{RMS} = 21.06 \text{ A}$ $V_{RMS} = 207.5 \text{ V}$
 $I_{THD} = 29.1\%$ $V_{THD} = 2.2\%$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	20.58	100	207.5	100
3	150	3.578	17.3	2.579	1.2
5	250	2.145	10.4	2.656	1.2
7	350	1.887	9.1	1.577	0.7
9	450	0.884	4.2	1.342	0.6
11	550	0.558	3.1	0.013	0.0
13	650	0.498	2.7	0.163	0.0
15	750	0.476	2.3	0.554	0.2
17	850	0.601	2.9	0.447	0.2
19	950	0.445	2.1	0.087	0.0

➤ **Harmonik Sisi Sekunder CT**

Beban 70% 160 Lampu hemat energi 9 Lampu Pijar Suhu 27°C

$I_{RMS} = 2,845 \text{ A}$ $V_{RMS} = 207,7 \text{ V}$
 $I_{THD} = 23,3 \%$ $V_{THD} = 1,7 \%$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2,756	100	207,6	100
3	150	0,461	16,7	2,546	1,2
5	250	0,267	9,7	2,686	1,2
7	350	0,232	8,4	1,368	0,6
9	450	0,094	3,4	1,562	0,7
11	550	0,079	2,8	0,028	0
13	650	0,080	2,9	0,230	0,1
15	750	0,100	3,6	0,571	0,2
17	850	0,117	4,2	0,667	0,3
19	950	0,090	3,2	0,260	0,1

➤ **Beban 70% 160 Lampu hemat energi 9 Lampu Pijar Suhu 40°C**

$I_{RMS} = 2.826 \text{ A}$ $V_{RMS} = 207.6 \text{ V}$
 $I_{THD} = 23.1\%$ $V_{THD} = 2.2 \%$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2.720	100	207.6	100
3	150	0.459	16.8	2.546	1.2
5	250	0.267	9.8	2.686	1.2
7	350	0.222	8.1	1.368	0.6
9	450	0.099	3.6	1.562	0.7
11	550	0.065	2.4	0.028	0.0

13	650	0.054	2.0	0.230	0.1
15	750	0.075	2.7	0.571	0.2
17	850	0.091	3.3	0.667	0.3
19	950	0.088	3.2	0.260	0.1

➤ **Beban 70% 160 Lampu hemat energi 9 Lampu Pijar Suhu 60°C**

$$I_{RMS} = 2.821 \text{ A} \quad V_{RMS} = 207.8 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 29.4\% \quad V_{THD} = 2.2\%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2.745	100	207.8	100
3	150	0.464	16.9	2.615	1.2
5	250	0.278	10.1	2.797	1.3
7	350	0.239	8.7	1.568	0.7
9	450	0.099	3.6	1.406	0.6
11	550	0.060	2.2	0.103	0.0
13	650	0.055	2.0	0.341	0.1
15	750	0.072	2.6	0.514	0.2
17	850	0.088	3.2	0.541	0.2
19	950	0.078	2.8	0.154	0.0

➤ **Beban 70% 160 Lampu hemat energi 9 Lampu Pijar Suhu 80°C**

$$I_{RMS} = 2.792 \text{ A} \quad V_{RMS} = 207.5 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 23.5\% \quad V_{THD} = 2.2\%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2.746	100	207.5	100
3	150	0.470	17.1	2.579	1.2
5	250	0.286	10.4	2.656	1.2
7	350	0.244	8.8	1.577	0.7
9	450	0.104	3.8	1.342	0.6
11	550	0.080	2.9	0.013	0.0
13	650	0.062	2.2	0.163	0.0
15	750	0.072	2.6	0.554	0.2
17	850	0.088	3.2	0.447	0.2
19	950	0.069	2.8	0.087	0.0

➤ **Harmonik Sisi Primer CT**

➤ **Beban 70% 120 Lampu hemat energi 10 Lampu Pijar Suhu 27°C**

$$I_{RMS} = 21,02 \text{ A} \quad V_{RMS} = 208,3 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 16,8\% \quad V_{THD} = 1,7\%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	20,74	100	208,2	100
3	150	2,641	12,7	2,615	1,2
5	250	1,643	7,9	0,795	1,3
7	350	1,348	6,5	1,546	0,7
9	450	0,577	2,7	1,254	0,6

11	550	0,434	2,0	0,188	0
13	650	0,306	1,4	0,169	0
15	750	0,312	1,5	0,546	0,2
17	850	0,389	1,8	0,896	0,4
19	950	0,391	1,8	0,248	0,1

➤ **Beban 70% 120 Lampu hemat energi 10 Lampu Pijar Suhu 40⁰C**

$$I_{RMS} = 16.05 \text{ A} \quad V_{RMS} = 209.6 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 17.1 \% \quad V_{THD} = 2.2 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	15.83	100	209.5	100
3	150	1.956	12.3	2.328	1.1
5	250	1.214	7.6	2.893	1.3
7	350	0.985	6.2	1.595	0.7
9	450	0.339	2.1	1.201	0.5
11	550	0.393	2.4	0.340	0.1
13	650	0.282	1.7	0.324	0.1
15	750	0.315	1.9	0.555	0.2
17	850	0.308	1.9	0.421	0.2
19	950	0.272	1.7	0.249	0.1

➤ **Beban 70% 120 Lampu hemat energi 10 Lampu Pijar Suhu 60⁰C**

$$I_{RMS} = 21.04 \text{ A} \quad V_{RMS} = 209.4 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 17.1 \% \quad V_{THD} = 2.2 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	20.70	100	209.4	100
3	150	2.533	12.3	2.337	1.1
5	250	1.627	7.8	2.931	1.3
7	350	1.336	6.4	1.431	0.6
9	450	0.525	2.5	1.449	0.6
11	550	0.450	2.1	0.283	0.1
13	650	0.395	1.9	0.280	0.1
15	750	0.459	2.2	0.497	0.2
17	850	0.523	2.5	0.548	0.2
19	950	0.398	1.9	0.181	0.0

➤ **Beban 70% 120 Lampu hemat energi 10 Lampu Pijar Suhu 80⁰C**

$$I_{RMS} = 21.1 \text{ A} \quad V_{RMS} = 210.0 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 17.4 \% \quad V_{THD} = 2.2 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	20.80	100	209.9	100
3	150	2.580	12.4	2.026	0.9
5	250	1.631	7.8	3.306	1.5
7	350	1.338	6.4	1.427	0.6
9	450	0.581	2.7	1.379	0.6
11	550	0.453	2.1	0.187	0.0
13	650	0.385	1.8	0.179	0.0
15	750	0.424	2.0	0.341	0.1

17	850	0.463	2.2	0.402	0.1
19	950	0.373	1.7	0.051	0.0

➤ **Harmonik Sisi Sekunder CT**

Beban 70% 120 Lampu hemat energi 10 Lampu Pijar Suhu 27⁰C

$$I_{RMS} = 2,855 \text{ A}$$

$$V_{RMS} = 208,3 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 17,7 \%$$

$$V_{THD} = 1,7 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2,797	100	208,2	100
3	150	0,356	12,7	2,615	1,2
5	250	0,228	8,1	0,795	1,3
7	350	0,188	6,7	1,546	0,7
9	450	0,090	3,2	1,254	0,6
11	550	0,062	2,2	0,188	0
13	650	0,049	1,7	0,169	0
15	750	0,047	1,6	0,546	0,2
17	850	0,054	1,9	0,896	0,4
19	950	0,040	1,4	0,248	0,1

➤ **Beban 70% 120 Lampu hemat energi 10 Lampu Pijar Suhu 40⁰C**

$$I_{RMS} = 2.855 \text{ A}$$

$$V_{RMS} = 209.6 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 17.0\%$$

$$V_{THD} = 2.2 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2.808	100	209.5	100
3	150	0.345	12.3	2.328	1.1
5	250	0.219	7.8	2.893	1.3
7	350	0.182	6.5	1.595	0.7
9	450	0.066	2.3	1.201	0.5
11	550	0.063	2.2	0.340	0.1
13	650	0.049	1.7	0.324	0.1
15	750	0.054	1.9	0.555	0.2
17	850	0.062	2.2	0.421	0.2
19	950	0.045	1.6	0.249	0.1

➤ **Beban 70% 120 Lampu hemat energi 10 Lampu Pijar Suhu 60⁰C**

$$I_{RMS} = 2.852 \text{ A}$$

$$V_{RMS} = 209.4 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 17.0\%$$

$$V_{THD} = 2.2 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2.806	100	209.4	100
3	150	0.344	12.2	2.337	1.1
5	250	0.222	7.9	2.931	1.3
7	350	0.180	6.4	1.431	0.6
9	450	0.075	2.6	1.449	0.6
11	550	0.071	2.5	0.283	0.1

13	650	0.052	1.8	0.280	0.1
15	750	0.062	2.2	0.497	0.2
17	850	0.065	2.3	0.548	0.2
19	950	0.062	2.2	0.181	0.0

➤ **Beban 70% 120 Lampu hemat energi 10 Lampu Pijar Suhu 80°C**

$$I_{RMS} = 2.846 \text{ A} \quad V_{RMS} = 210.0 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 17.4\% \quad V_{THD} = 2.2\%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2.805	100	209.9	100
3	150	0.353	12.5	2.026	0.9
5	250	0.225	8.0	3.306	1.5
7	350	0.181	6.4	1.427	0.6
9	450	0.080	2.8	1.379	0.6
11	550	0.066	2.3	0.187	0.0
13	650	0.051	1.8	0.179	0.0
15	750	0.061	2.1	0.341	0.1
17	850	0.067	2.3	0.402	0.1
19	950	0.056	2.0	0.051	0.0

➤ **Harmonik Sisi Primer CT**

➤ **Beban 70% 76 Lampu hemat energi 11 Lampu Pijar Suhu 27°C**

$$I_{RMS} = 21,09 \text{ A} \quad V_{RMS} = 210,1 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 10,7\% \quad V_{THD} = 1,7\%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	20,97	100	210,0	100
3	150	1,616	7,7	1,906	0,9
5	250	1,106	5,2	3,222	1,5
7	350	0,800	3,8	1,150	0,5
9	450	0,303	1,4	1,330	0,6
11	550	0,351	1,6	0,082	0
13	650	0,268	1,2	0,137	0
15	750	0,274	1,3	0,708	0,3
17	850	0,281	1,3	0,237	0,1
19	950	0,188	0,8	0,221	0,1

➤ **Beban 70% 76 Lampu hemat energi 11 Lampu Pijar Suhu 40°C**

$$I_{RMS} = 21.12 \text{ A} \quad V_{RMS} = 210.6 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 10.75\% \quad V_{THD} = 2.0\%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	20.98	100	210.5	100
3	150	1.613	7.6	1.780	0.8
5	250	1.072	5.1	2.972	1.4
7	350	0.778	3.7	1.268	0.6
9	450	0.313	1.4	1.213	0.5
11	550	0.375	1.7	0.275	0.1

13	650	0.314	1.4	0.308	0.1
15	750	0.278	1.3	0.484	0.2
17	850	0.259	1.2	0.374	0.1
19	950	0.245	1.1	0.113	0.0

➤ **Beban 70% 76 Lampu hemat energi 11 Lampu Pijar Suhu 60°C**

$$I_{RMS} = 21.07 \text{ A} \quad V_{RMS} = 209.4 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 10.8\% \quad V_{THD} = 2.2\%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	20.94	100	210.0	100
3	150	1.630	7.7	1.671	0.7
5	250	1.112	5.3	3.059	1.4
7	350	0.809	3.8	1.340	0.6
9	450	0.279	1.3	1.233	0.5
11	550	0.292	1.3	0.303	0.1
13	650	0.238	1.1	0.234	0.1
15	750	0.292	1.3	0.354	0.1
17	850	0.290	1.3	0.420	0.2
19	950	0.248	1.1	0.265	0.1

➤ **Beban 70% 76 Lampu hemat energi 11 Lampu Pijar Suhu 80°C**

$$I_{RMS} = 21.01 \text{ A} \quad V_{RMS} = 210.0 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 10.9\% \quad V_{THD} = 2.0\%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	20.90	100	209.9	100
3	150	1.640	7.8	1.782	0.8
5	250	1.110	5.3	2.998	1.4
7	350	0.815	3.9	1.146	0.5
9	450	0.335	1.6	1.205	0.5
11	550	0.275	1.3	0.391	0.1
13	650	0.213	1.0	0.395	0.1
15	750	0.237	1.1	0.335	0.1
17	850	0.281	1.3	0.462	0.2
19	950	0.249	1.1	0.271	0.1

➤ **Harmonik Sisi Sekunder CT**

Beban 70% 76 Lampu hemat energi 11 Lampu Pijar Suhu 27°C

$$I_{RMS} = 2,857 \text{ A} \quad V_{RMS} = 210,1 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 10,8\% \quad V_{THD} = 1,7\%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2,828	100	210,0	100
3	150	0,214	7,5	1,906	0,9
5	250	0,155	5,5	3,222	1,5
7	350	0,114	4,0	1,150	0,5
9	450	0,043	1,5	1,330	0,6

11	550	0,038	1,3	0,082	0
13	650	0,032	1,1	0,137	0
15	750	0,037	1,3	0,708	0,3
17	850	0,039	1,3	0,237	0,1
19	950	0,025	0,9	0,221	0,1

➤ **Beban 70% 76 Lampu hemat energi 11 Lampu Pijar Suhu 40°C**

$$I_{RMS} = 2.853 \text{ A}$$

$$V_{RMS} = 210.6 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 10.9\%$$

$$V_{THD} = 2.0 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2.826	100	210.5	100
3	150	0.222	7.8	1.780	0.8
5	250	0.156	5.5	2.972	1.4
7	350	0.110	3.8	1.268	0.6
9	450	0.043	1.5	1.213	0.5
11	550	0.036	1.2	0.275	0.1
13	650	0.032	1.1	0.308	0.1
15	750	0.028	1.0	0.484	0.2
17	850	0.042	1.5	0.374	0.1
19	950	0.015	0.6	0.113	0.0

➤ **Beban 70% 76 Lampu hemat energi 11 Lampu Pijar Suhu 60°C**

$$I_{RMS} = 2.844 \text{ A}$$

$$V_{RMS} = 209.4 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 11.0\%$$

$$V_{THD} = 2.2 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2.841	100	210.0	100
3	150	0.225	7.9	1.671	0.7
5	250	0.158	5.5	3.059	1.4
7	350	0.113	3.9	1.340	0.6
9	450	0.036	1.2	1.233	0.5
11	550	0.035	1.2	0.303	0.1
13	650	0.033	1.1	0.234	0.1
15	750	0.030	1.0	0.354	0.1
17	850	0.033	1.1	0.420	0.2
19	950	0.023	0.8	0.265	0.1

➤ **Beban 70% 76 Lampu hemat energi 11 Lampu Pijar Suhu 80°C**

$$I_{RMS} = 2.846 \text{ A}$$

$$V_{RMS} = 210.0 \text{ V}$$

$$I_{THD} = 17.4\%$$

$$V_{THD} = 2.2 \%$$

H	F (Hz)	I (A)	IHD _I (%)	V (V)	IHD _V (%)
1	50	2.821	100	209.9	100
3	150	0.223	7.9	1.782	0.8
5	250	0.153	5.4	2.998	1.4
7	350	0.108	3.8	1.146	0.5
9	450	0.039	1.4	1.205	0.5
11	550	0.041	1.4	0.391	0.1

13	650	0.034	1.2	0.395	0.1
15	750	0.036	1.3	0.335	0.1
17	850	0.040	1.4	0.462	0.2
19	950	0.029	2.0	0.271	0.1

Tabel Error suhu 27⁰ C

Beban		IP (A)	IS (A) Perhitungan	IS (A)	Error (%)
LHE	LP				
420	0	20.08	3.346	2.631	21.136
400	1	20.46	3.410	2.573	24.545
380	2	21.03	3.505	2.675	23.680
340	3	20.72	3.453	2.704	21.691
320	4	20.90	3.483	2.738	21.389
300	5	21.08	3.513	2.776	20.979
280	6	20.62	3.436	2.814	18.102
244	7	20.94	3.490	2.853	18.252
206	8	20.97	3.495	2.840	18.741
160	9	21.06	3.510	2.845	18.945
120	10	21.02	3.503	2.855	18.498
76	11	21.09	3.515	2.857	18.719

Suhu 40⁰C

Beban		IP (A)	IS (A) Perhitungan	IS (A)	Error (%)
LHE	LP				
420	0	20.21	3.336	2.608	21.822
400	1	20.66	3.443	2.568	25.423
380	2	21.07	3.511	2.672	23.896
340	3	20.73	3.455	2.692	22.083
320	4	20.94	3.490	2.596	25.616
300	5	21.10	3.516	2.627	25.303
280	6	20.76	3.460	2.565	25.867

244	7	20.95	3.491	2.835	18.810
206	8	20.99	3.498	2.826	19.220
160	9	21.02	3.503	2.826	19.335
120	10	21.05	3.508	2.855	18.624
76	11	21.12	3.520	2.857	18.835

Suhu 60°C

Beban		IP (A)	IS (A) Perhitungan	IS (A)	Error (%)
LHE	LP				
420	0	20.25	3.375	2.598	23.022
400	1	20.82	3.470	2.642	23.861
380	2	21.16	3.526	2.669	24.324
340	3	20.98	3.496	2.671	23.617
320	4	21.00	3.500	2.572	26.514
300	5	21.12	3.520	2.496	29.909
280	6	20.80	3.466	2.506	27.716
244	7	20.97	3.495	2.833	18.941
206	8	21.02	3.503	2.821	19.478
160	9	20.99	3.498	2.821	19.363
120	10	21.04	3.506	2.852	18.672
76	11	21.07	3.511	2.844	19.016

Suhu 80°C

Beban		IP (A)	IS (A) Perhitungan	IS (A)	Error (%)
LHE	LP				
420	0	21.07	3.511	2.561	27.076
400	1	20.97	3.495	2.630	24.749
380	2	21.20	3.533	2.666	24.549
340	3	21.07	3.511	2.618	25.453
320	4	21.03	3.505	2.212	36.890
300	5	21.19	3.531	2.475	29.925
280	6	21.04	3.506	2.496	28.826

244	7	21.00	3.500	2.826	19.257
206	8	21.04	3.506	2.214	36.870
160	9	21.06	3.510	2.792	20.455
120	10	21.10	3.516	2.846	19.074
76	11	21.07	3.511	2.846	18.959

