

SKRIPSI

**ANALISIS TINJAUAN DAN TOTAL HARMONIC DISTARTION ARUS
MAUPUN TEGANGAN TERHADAP BEBAN SISI PRIMER DAN SISI
SEKUNDER PADA TRASFORMATOR**



DISUSUN OLEH:

ANDI MOHAMMAD RIDWAN FIKRI
105821108618

MUH. RISWAN. T
105821107318

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
2025

HALAMAN JUDUL

**ANALISIS TINJAUAN DARI TOTAL HARMONIC DISTARTION ARUS
MAUPUN TEGANGAN TERHADAP BEBAN SISI PRIMER
DAN SISI SEKUNDER PADA TRANSFORMATOR**

Skripsi

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat

Untuk Memperoleh Gelar Serjana

Program Studi Teknik Elektro

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknik

Oleh :

ANDI MOHAMMAD RIDWAN

FIKRI

105821111718

MUH. RISWAN. T

105821105618

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2025



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
FAKULTAS TEKNIK



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **ANALISIS TINJAUAN DAN TOTAL HARMONIC DISTORTION ARUS MAUPUN TEGANGAN TERHADAP BEBAN SISI PRIMER DAN SISI SEKUNDER PADA TRANSFORMATOR**

Nama : 1. Andi Mohammad Ridwan Fikri
2. Muh. Riswan. T

Stambuk : 1. 105821111718
2. 105821105618

Makassar, 30 Januari 2025

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Pembimbing II

Rizal A Duyo, S.T., M.T

Dr. Ir. Zahir Zainuddin M.sc.

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Elektro



W. Adhani, S.T., M.T., IPM

NBM : 1044 202





UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
FAKULTAS TEKNIK



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama Andi Mohammad Ridwan Fikri dengan nomor induk Mahasiswa 105821111718 dan Muh. Riswan. T dengan nomor induk Mahasiswa 105821105618, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0001/SK-Y/20201/091004/2025, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari kamis, 30 Januari 2025

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

Makassar,

30 Rajab 1446 H

30 Januari 2025-M

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Dr. Ir. H. Abd. Rakhim Nanda, S.T., M.T., IPU

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., ASEAN, Eng

2. Penguji

a. Ketua : Dr. Ir. Hj. Hafsa Nirwana, M.T

b. Sekretaris : Anugrah, S.T., M.M

3. Anggota

1. Ir. Adriani, S.T., M.T., IPM

2. Dr. Umar Katur, S.T., M.T

3. Dr. Ir. H. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng

Mengetahui :

Pembimbing I

Pembimbing II

Rizal A Duyo, S.T., M.T

Dr. Ir. Zahir Zainuddin M.Sc.

Dekan



Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, S.T., M.T., IPM

NBM: 795 108



KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena Rahmat dan HidayahNyalah sehingga penulis dapat menyusun skripsi ini, dan dapat kami selesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah pensyaratan akademik yang harus ditempuhdalam rangka penyelesaian program studi pada Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir adalah : “Analisis Tinjauan Dari Total Harmonic Distortion Arus Maupun Tegangan Terhadap Beban Sisi Primer Dan Sisi Sekunder Pada Transformator”

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan-kekurangan, hal ini sdisebabkan penulis sebagai manusia biasa tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan baik itu ditinjau dari segi tehnis penulis maupun dari perhitungan-perhitungan. Oleh karena itu penulis menerima dengan ikhlas dan senang hati segala koreksi serta perbaikan guna penyempurnaan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat.

Skripsi ini dapat terwujud berkat adanya bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segalan ketulusan dan kerendahan hati, kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Ibu DR. Ir. Hj. Nurnawaty, S.T,. M.T. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Ibu Adriani, ST, MT., sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Ibu. DR. Ir. Zahir Zainuddin M.Sc, Selaku Pembimbing I dan Bapak Rizal A Duyo, ST, MT, selaku Pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktunya dalam membimbing kami.

4. Bapak dan ibu dosen serta staf pegawai pada fakultas teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
5. Ayahanda dan Ibunda yang tercinta, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang, doa dan pengorbanan terutama dalam bentuk materi dalam menyelesaikan kuliah.
6. Saudara-saudaraku serta rekan-rekan mahasiswa fakultas teknik terkhusus angkatan 2018 yang dengan keakraban dan persaudaraan banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga semua pihak tersebut di atas mendapat pahala yang berlipat ganda di sisi Allah SWT dan skripsi yang sederhana ini dapat bernabfaat bagi penulis, rekan-rekan, masyarakat serta bangsa dan Negara. Amin.

Makassar, 30 Januari 2025

ANALISIS TINJAUAN DARI TOTAL HARMONIC DISTARTION ARUS MAUPUN TEGANGAN TERHADAP BEBAN SISI PRIMER DAN SISI SEKUNDER PADA TRANSFORMATOR

ABSTRAK

Andi Mohammad Ridwan Fikri¹, Muh. Riswan. T², Zahir Zainuddin³, Rizal Aduyo⁴
^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar
e-mail¹ : andiridwanfikri780@gmail.com e-mail² : muhriswan839@gmail.com
e-mail³ : zahir@unhas.ac.id
e-mail⁴ : rizalduyo@gmail.com

Abstrak : Andi Mohammad Ridwan Fikri dan Muh. Riswan. T (2025) Analisis Tinjauan Dari Total Harmonic Distortion Arus Maupun Tegangan Terhadap Beban Sisi Primer Dan Sisi Sekunder Pada Transformator dibimbing oleh DR. Ir Zahir Zainuddin, M.T., Rizal A Duyo, S.T., M.T. Adapun tujuan dari pada penelitian ini adalah Mengetahui perbandingan beban linier dan beban non linier terhadap harmonisa pada transformator satu fasa. Mengetahui rugi daya aktif yang ditimbulkan terhadap transformator satu fasa akibat pengaruh harmonisa. Metode yang dipergunakan pada penelitiann ini adalah mengadakan penelitian dan pengambilan data di di Jl. Sultan Alauddin No.259, Gn. Sari, Kec. Rappocini, Kota Makassar. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini adalah. Dengan daya yang hampir sama, beban linier dan non linier memiliki perbedaan yang cukup signifikan ditinjau dari Total Harmonic Distortion (THD). THD arus maupun tegangan pada beban non linier relatif lebih besar dibandingkan pada beban linier. Pada sisi primer transformator THD_i beban linier sebesar 5,99 % sedangkan beban non linier sebesar 68,25 %, THD_v beban linier sebesar 1,51 %, sedangkan beban non linier sebesar 1,60 %. Pada sisi sekunder transformator THD_i beban linier sebesar 1,18 % sedangkan beban non linier sebesar 72,53 %, THD_v beban linier sebesar 1,81 %, sedangkan beban non linier sebesar 11,27 %. Hal tersebut dikarenakan beban non linier mengandung harmonisa. Rugi daya aktif transformator akibat harmonisa yang dihasilkan oleh beban non linier pada penelitian ini sebesar 0,024 kW melebihi standar yang telah ditetapkan oleh standar IEEE 519 yaitu lebih dari 10 % total rating transformator sebesar 0,022kW. Hal ini dapat menyebabkan transformator mendapatkan panas yang berlebih (overheating). Sedangkan pada beban linier sebesar 0,019 kW, bisa dikatakan aman.

Kata Kunci : Arus, Tegangan Dan Transformator

**ANALISIS TINJAUAN DARI TOTAL HARMONIC DISTARTION ARUS
MAUPUN TEGANGAN TERHADAP BEBAN SISI PRIMER
DAN SISI SEKUNDER PADA TRANSFORMATOR**

ABSTRAK

Andi Mohammad Ridwan Fikri¹, Muh. Riswan. T², Zahir Zainuddin³, Rizal Aduyo⁴
^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar
e-mail¹ : andiridwanfikri780@gmail.com e-mail² : muhriswan839@gmail.com
e-mail³ : zahir@unhas.ac.id
e-mail⁴ : rizalduyo@gmail.com

Abstract: *Andi Mohammad Ridwan Fikri and Muh. Riswan. T (2025) Analysis of Total Harmonic Distortion Current and Voltage Review of Primary and Secondary Side Loads on Transformers supervised by DR. Ir Zahir Zainuddin, M.T., Rizal A Duyo, S.T., M.T. The purpose of this study is to determine the comparison of linear and non-linear loads to harmonics on single-phase transformers. To determine the active power loss caused by single-phase transformers due to the influence of harmonics. The method used in this study is to conduct research and data collection at Jl. Sultan Alauddin No.259, Gn. Sari, Kec. Rappocini, Makassar City. The results obtained in this study are. With almost the same power, linear and non-linear loads have quite significant differences in terms of Total Harmonic Distortion (THD). THD current and voltage on non-linear loads are relatively greater than on linear loads. On the primary side of the THDi transformer, the linear load is 5.99% while the non-linear load is 68.25%, the THDV of the linear load is 1.51%, while the non-linear load is 1.60%. On the secondary side of the THDi transformer, the linear load is 1.18% while the non-linear load is 72.53%, the THDV of the linear load is 1.81%, while the non-linear load is 11.27%. This is because the non-linear load contains harmonics. The active power loss of the transformer due to harmonics generated by the non-linear load in this study was 0.024 kW, exceeding the standard set by the IEEE 519 standard, which is more than 10% of the total transformer rating of 0.022 kW. This can cause the transformer to overheat. While at a linear load of 0.019 kW, it can be said to be safe.*

Abstract: *Current, Voltage and Transformer*

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACK.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan.....	2
D. Manfaat.....	2
E. Batasan Masalah.....	3
F. MetodePenulisan.....	3
G. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Harmonisa.....	5
1. Pengertian Harmonisa.....	5
2. THD (Total Harmonic Distortion).....	8

3. Efek Harmonisa	9
B. Transformator	10
1. Pengertian Transformator	10
2. Keadaan Transformator Tanpa Beban.....	11
3. Arus Penguat	12
4. Keadaan Berbeban.....	14
5. Rangkaian Ekvivalen.....	15
6. Rugi-rugi Transformator.....	18
7. Efisiensi Transformator	19
a. Perubahan efisiensi terhadap beban.....	20
b. Perubahan efisiensi terhadap faktor kerja ($\cos \phi$) beban.....	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
A. Waktu Dan Tempat.....	21
B. Metode Penelitian.....	21
C. Teknik Pengumpulan Data	22
D. Metode Penulisan	23
E. Perancangn Sistem.....	25
F. Peralatan	26
1. Power Harmonic Analyzer 6830 Langlois	26
2. Transformator	27
G. Bahan.....	28
1. Beban linier	28
2. Beban non linier	28

3. Lain-lain.....	28
H. Prosedur Pengukuran.....	29
I. Diagram Blok	33
BAB IV PEMBAHASAN	34
A. Gambar Rangkaian Pengukuran	34
B. Hasil Pengukuran.....	35
C. Hasil Perhitungan	36
1. Perhitungan THD_i	36
2. Perhitungan THD_v	38
3. Perhitungan I_{rms}	40
4. Perhitungan V_{rms}	41
D. Pembahasan	42
1. Analisa Perbandingan Beban Linier dan Non Linier.....	43
2. Analisa Rugi Daya Aktif	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	45
A. Kesimpulan.....	45
B. Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standar harmonisa arus.....	9
Tabel 2.2 Standar harmonisa tegangan.....	9
Tabel 4.1 Pengukuran Daya Listrik pada sisi primer transformator.....	36
Tabel 4.2 Pengukuran Daya Listrik pada sisi sekunder transformator	36
Tabel 4.3 Data Harmonisa Arus pada sisi primer transformator	36
Tabel 4.4 Data Harmonisa Tegangan pada sisi primer transformator	37
Tabel 4.5 Data Harmonisa Arus pada sisi sekunder transformator.....	37
Tabel 4.6 Data Harmonisa Tegangan pada sisi sekunder transformator.....	37



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gelombang sinus arus dan tegangan.....	7
Gambar 2.2 Gelombang fundamental, Gelombang harmonik ketiga, Gelombang hasil penjumlahan dari dua gelombang	8
Gambar 2.3 Transformator tipe cangkang dan tipe inti	12
Gambar 2.4 Keadaan transformator tanpa beban	12
Gambar 2.5 Arus penguat.....	14
Gambar 2.6 Arus pemagnetan TM	15
Gambar 2.7 Transformator keadaan berbeban	15
Gambar 2.8 Rangkaian ekivalen.....	16
Gambar 2.9 Diagram vektor	17
Gambar 2.10 Model rangkaian transformator.....	18
Gambar 2.11 Model rangkaian yang sudah disederhanakan	18
Gambar 2.12 Diagram vektor untuk beban dengan faktor kerja Terbelakang.....	19
Gambar 2.13 Diagram alir transformator	19
Gambar 3.1 Power harmonic analyzer 6830 langlois.....	27
Gambar 3.2 Transformator	29
Gambar 3.3 Rangkaian umum	30
Gambar 3.4 Rangkaian untuk beban linier dengan pengukuran pada sisi primer transformator	31
Gambar 3.5 Rangkaian untuk beban linier dengan pengukuran pada sisi sekunder transformator	31

Gambar 3.6 Rangkaian untuk beban non linier dengan pengukuran pada sisi primer transformator.....	32
Gambar 3.7 Rangkaian untuk beban non linier dengan pengukuran pada sisi sekunder transformator.....	33
Gambar 3.8 Flowchart	34
Gambar 4.1 Rangkaian pengukuran	35
Gambar 4.2 Foto rangkaian pengukuran	36



BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Teknologi berkembang pesat di dunia saat ini, salah satu pendukung teknologi yang berkembang pesat adalah energi listrik. Energi listrik juga merupakan kebutuhan sehari-hari yang sangat mutlak. Hampir semua aktivitas kita menggunakan energi listrik. Dibalik semua itu, berkembang pesatnya teknologi, tentu terdapat dampaknya terhadap energi listrik itu sendiri. Pada saat ini, berkembang pula komponen listrik misalnya pada beban non linier yaitu beban elektronik dan termasuk lampu yaitu lampu hemat energi. Di dalam energi listrik beban non linier sangat berdampak pada kualitas listrik itu sendiri. Dampak yang di timbulkan akibat beban non linier tersebut salah satunya yaitu harmonisa.

Harmonisa pada sistem kelistrikan merupakan salah satu penyebab yang mempengaruhi kualitas daya. Harmonisa adalah cacat gelombang yang disebabkan oleh interaksi antara gelombang sinusoidal sistem dengan komponen gelombang lain yang mempunyai frekuensi kelipatan integer dan komponen fundamentalnya. Pengaruh harmonisa sangat dominan karena bersifat permanen, Pengaruh dari harmonisa ini menyebar ke peralatan-peralatan listrik. Transformator termasuk peralatan listrik dapat bisa terkena dampak dari harmonisa tersebut. Oleh karena itu perlu diketahui dampak atau pengaruh yang timbul akibat harmonisa terhadap transformator. Tugas akhir ini adalah salah satu solusi untuk memecahkan masalah tersebut. Permasalahan ini akan di analisa terhadap transformator khususnya transformator satu fasa.

B. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada tugas akhir ini meliputi sebagai berikut:

1. Mengamati perbandingan beban linier dan non linier terhadap harmonisa pada transformator satu fasa.
2. Mencari rugi daya aktif yang ditimbulkan terhadap transformator satu fasa akibat pengaruh harmonisa.

C. Tujuan

Analisis tinjauan dari total rarmonic distortion arus maupun tegangan terhadap beban sisi primer dan sisi sekunder pada transformator ini bertujuan untuk:

- a. Mengetahui perbandingan beban linier dan beban non linier terhadap harmonisa pada transformator satu fasa.
- b. Mengetahui rugi daya aktif yang ditimbulkan terhadap transformator satu fasa akibat pengaruh harmonisa

D. Manfaat

Manfaat dari rarmonic distortion arus maupun tegangan terhadap beban sisi primer dan sisi sekunder pada transformator ini adalah:

- a. Dapat mengetahui hal-hal yang mengenai harmonisa.
- b. Dapat mengetahui perbandingan beban linier dan non linier terhadap harmonisa pada transformator satu fasa.
- c. Dapat mengetahui rugi daya aktif yang ditimbulkan terhadap transformator satu fasa akibat pengaruh harmonisa.

E. Batasan Masalah

Batasan masalah pada rarmonic distortion arus maupun tegangan terhadap beban sisi primer dan sisi sekunder pada transformator ini, hanya dibatasi pada:

- a. Perbandingan beban linier dan non linier
- b. Adanya rugi daya aktif yang ditimbulkan akibat pengaruh harmonisa pada transformator satu fasa.

F. Metode Penulisan

Untuk menyusun dan menyelesaikan tugas akhir ini, penulis mencari dan mengumpulkan data-data yang diperlukan dengan menggunakan metode sebagai berikut:

1. Metode Literature

Pada metode ini penulis mencari buku-buku referensi, situs internet, dan jurnal-jurnal yang menyangkut masalah yang diangkat dalam penyusunan tugas akhir ini.

2. Metode Pengukuran

Pada metode ini penulis melakukan pengumpulan dan pengukuran data dengan cara melakukan kegiatan secara langsung di Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Makassar..

3. Metode Interview

Pada metode ini penulis melakukan wawancara terhadap pembimbing tugas akhir dan pihak-pihak yang terlibat langsung dengan keadaan objek pembahasan.

G. Sistematika Penulisan

Sistematika tugas akhir ini tersusun atas lima bab dengan rincian sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang, tujuan dan manfaat, rumusan masalah, batasan masalah, metodologi, serta sistematika pada tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan tentang sistem pengukuran, jenis alat ukur listrik, dasar teori yang terkait dengan permasalahan harmonisa dan transformator satu fasa.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan tentang keadaan umum dari harmonisa dan transformator satu fasa, rangkaian pengukuran kandungan harmonisa beban linier dan non linier serta data-data pada alat ukur.

BAB IV PEMBAHASAN

Pada bab ini akan di bahas tentang hasil pengukuran kandungan harmonisa pada beban linier dan non linier, serta pengaruh yang ditimbulkan terhadap transformator satu fasa, kemudian menganalisa.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan dari hasil pembahasan pada tugas akhir dan berisi saran-saran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Harmonisa

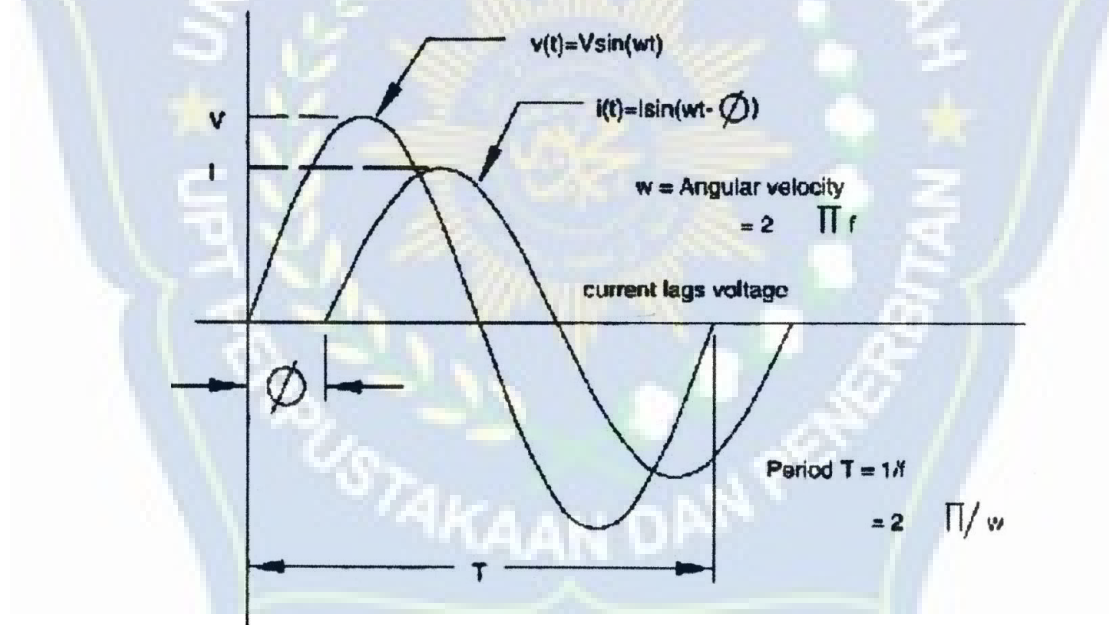
1. Pengertian Harmonisa

Harmonisa adalah cacat gelombang yang disebabkan oleh interaksi antara gelombang sinusoidal sistem dengan komponen gelombang lain yang mempunyai frekuensi kelipatan integer dari komponen fundamentalnya. Pada sistem tenaga listrik AC yang ideal, energi listrik disalurkan dalam frekuensi tunggal yang konstan serta pada level tegangan yang juga konstan. Tetapi dengan perkembangan beban listrik yang semakin maju, terutama penggunaan beban-beban non linier, akan menimbulkan perubahan pada bentuk gelombangnya. Suatu fenomena yang timbul akibat pengoperasian beban listrik non linier sehingga terbentuklah gelombang frekuensi tinggi yang merupakan kelipatan dari frekuensi fundamentalnya. Gelombang-gelombang frekuensi tinggi menumpang pada gelombang aslinya (fundamental wave) sehingga terbentuk gelombang cacat (distorted sine wave) yang merupakan jumlah antara gelombang mulai sesaat dengan gelombang harmoniknya.

Harmonisa adalah gangguan yang terjadi dalam sistem distribusi tenaga listrik yang disebabkan adanya distorsi gelombang arus dan tegangan. Distorsi gelombang arus dan tegangan ini disebabkan adanya pembentukan gelombang-gelombang dengan frekuensi kelipatan bulat dari frekuensi fundamentalnya

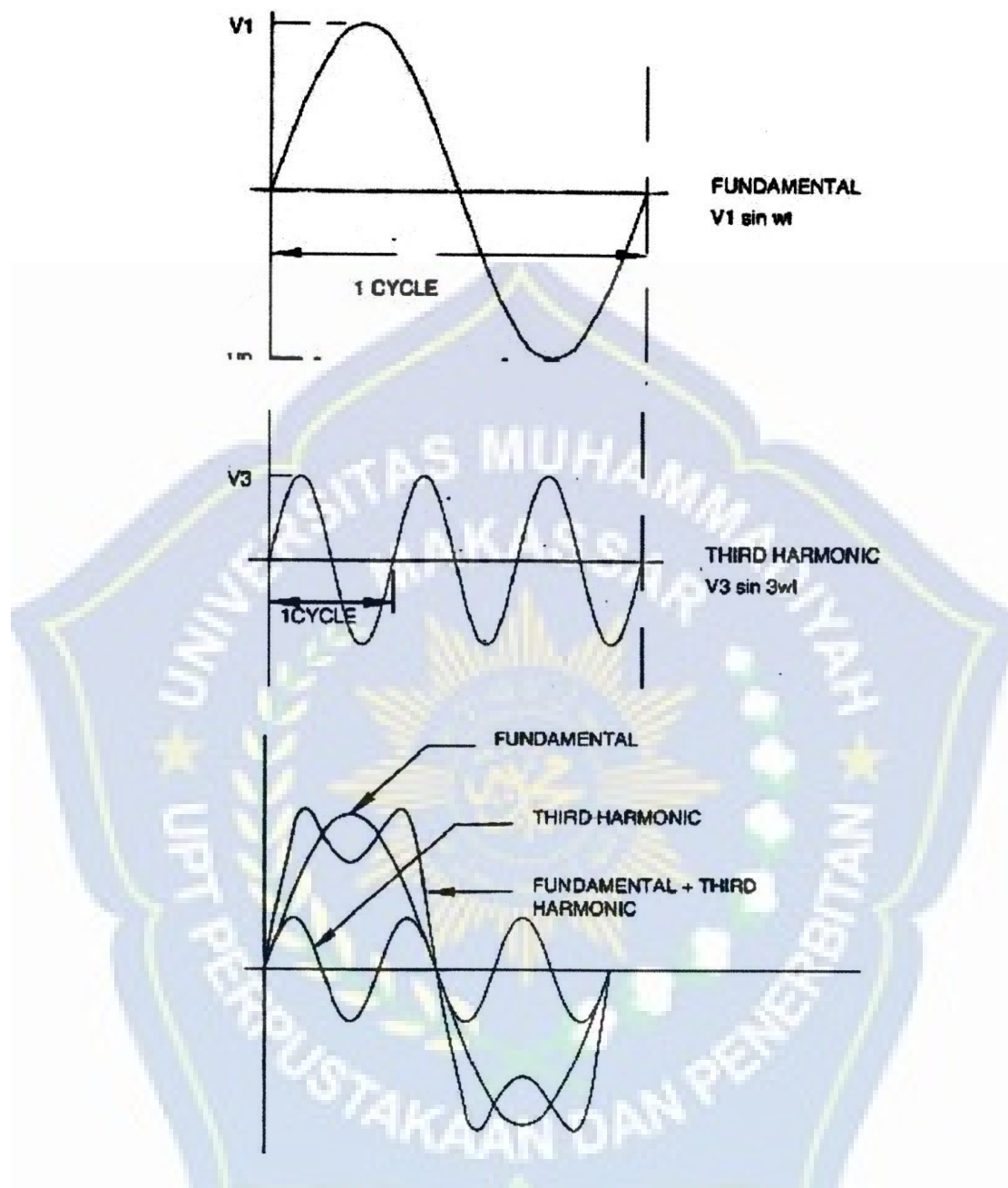
Komponen-komponen sistem kelistrikan yang dapat menimbulkan arus harmonisa hendaknya perlu diperhatikan, agar dapat mengetahui dampak apa yang terjadi akibat dari harmonisa tersebut.

Harmonisa bisa muncul akibat adanya beban - beban non linier yang terhubung ke sistem distribusi. Beban non linier ini umumnya adalah peralatan elektronik yang di dalamnya banyak terdapat komponen semi konduktor, yang dalam proses kerjanya berlaku sebagai saklar yang bekerja pada setiap siklus gelombang dan sumber tegangan. Beberapa contoh beban non liner antara lain : variable speed drive, komputer, printer, lampu fluorescent yang menggunakan elektronik ballast.



Gambar 2.1. Gelombang sinus arus dan tegangan

Gelombang non sinusoidal dapat terbentuk dengan menjumlahkan gelombang - gelombang sinusoidal, seperti terlihat pada gambar 2.



Gambar 2.2 Gelombang fundamental, Gelombang harmonik ketiga, Gelombang hasil penjumlahan dari dua gelombang

Sumber. Sankaran C. Power Quality 2002

Standar harmonisa berdasarkan standar IEEE 519. Ada dua kriteria yang digunakan untuk mengevaluasi distorsi harmonisa. Yaitu batasan untuk harmonisa arus, dan batasan untuk harmonisa tegangan. Untuk standard harmonisa arus, ditentukan oleh rasio I_{SC}/I_L - I_{SC} adalah arus hubung singkat

yang ada pada PCC (Point of Common Coupling), sedangkan I_L adalah arus beban fundamental nominal. Sedangkan untuk standard harmonisa tegangan ditentukan oleh tegangan sistem yang dipakai

Tabel 2.1 Standar harmonisa arus

Sumber. Standard IEEE 519

I_{SC}/I_{LOAD}	HARMONIC ORDER					Total Harmonic Distortion
	<11	11-16	17-22	23-24	>35	
< 20	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20-50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50-100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100-1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
> 1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

Where I_{SC} = Maximum short circuit current at point of common coupling.
 And I_L = Maximum demand load current (fundamental frequency) at point of common coupling.
 TDD = Total demand distortion (RSS) in % of maximum demand

$$TDD = \sum_{h=2}^H \left(\frac{I_h^2}{I_{L \text{ demand}}^2} \right)^{1/2} \times 100\% = \text{Total harmonic distortion}$$

Tabel 2.2 standar harmonisa tegangan

Sumber. Standard IEEE 519

2. THD (Total Harmonic Distortion)

TD (Total Harmonic Distortion) merupakan perbandingan nilai rms (root mean square) komponen harmonik dari sebuah besaran (arus atau tegangan) terhadap nilai rms besaran (arus atau tegangan) tersebut pada frekuensi dasarnya dan biasanya dihitung dalam persen. THD digunakan untuk mengukur besarnya nilai efektif komponen-komponen harmonik dari gelombang cacat (terdistorsi) yang dirumuskan sebagai berikut ;[3]

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h=\max} M_h^2}}{M_1} \quad (2.1)$$

Dimana

THD = Total Harmonic Distortion

M_h = nilai rms komponen harmonik (arus atau tegangan harmonik) ke-h

M_1 = nilai rms arus atau tegangan pada frekuensi dasar.

Ada dua kriteria yang digunakan untuk mengevaluasi distorsi harmonisa yaitu batas harmonisa untuk arus (THD_i) dan batas harmonisa untuk tegangan (THD_v). Rumus tersebut dapat dilihat sebagai berikut :[4]

$$THD_i = \frac{\sqrt{I_3^2 + I_5^2 + I_7^2 + \dots + I_n^2}}{I_1} \times 100 \dots \dots \dots (2.2)$$

$$THD_v = \frac{\sqrt{V_3^2 + V_5^2 + V_7^2 + \dots + V_n^2}}{V_1} \times 100 \dots \dots \dots (2.3)$$

Dengan I_{rms} dan V_{rms} dapat dinyalakan dengan persamaan sebagai berikut

$$I_{rms} = \sqrt{I_1^2 + I_3^2 + I_5^2 + \dots + I_n^2} \dots \dots \dots (2.4)$$

$$V_{rms} = \sqrt{V_1^2 + V_3^2 + V_5^2 + \dots + V_n^2} \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan :

I_{rms} = Arus Efektif

V_{rms} = Tegangan Efektif

3. Efek Harmonisa

Setiap peralatan yang terhubung dengan sistem tenaga dan mengandung harmonik akan memiliki efek yang berbeda-beda, dimana peralatan-peralatan tersebut dapat mengalami penurunan kinerja atau bahkan dapat mengalami kerusakan yang pada akhirnya dapat berpengaruh terhadap kualitas daya dari sistem tenaga listrik tersebut.

B..Transformator

1. Pengertian Transformator

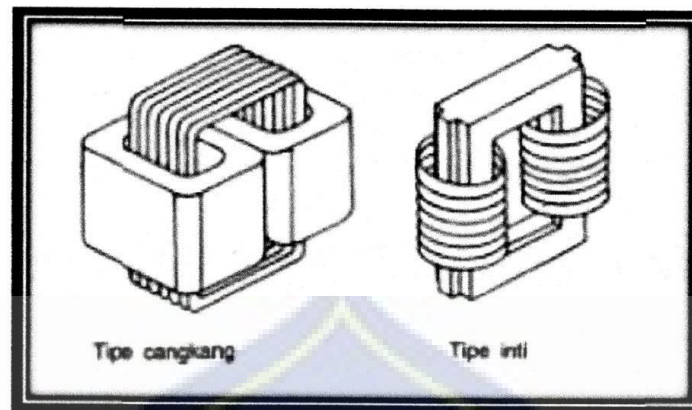
Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain, melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi-elektromagnet. Transformator digunakan secara luas. Baik dalam bidang tenaga listrik maupun elektronika. Penggunaan transformator dalam sistem tenaga memungkinkan terpilihnya tegangan yang sesuai, dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan misalnya kebutuhan akan tegangan tinggi dalam pengiriman daya listrik jarak jauh.

Dalam bidang tenaga listrik pemakaian transformator dikelompokkan menjadi:

- a. transformator daya;
- b. transformator distribusi;
- c. transformator pengukuran: yang terdiri atas transformator arus dan transformator tegangan.

Kerja transformator yang berdasarkan induksi-elektromagnet, menghendaki adanya gandengan magnet antara rangkaian primer dan sekunder. Gandengan magnet ini berupa inti besi tempat melakukan fluks bersama.

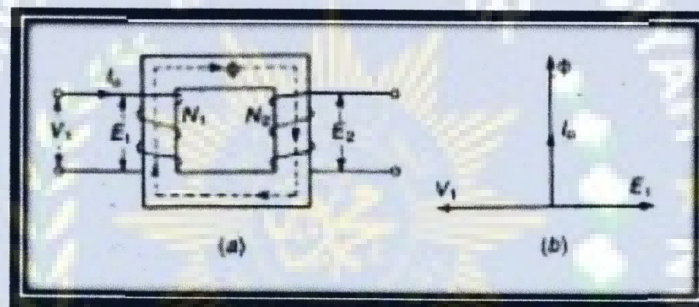
Berdasarkan cara melilitkan kumparan pada inti, dikenal dua macam transformator, yaitu tipe inti dan tipe cangkang



Gambar 2.3 Transformator tipe cangkang dan tipe inti

Sumber. Zuhal; J 995

2. Keadaan Transformator Tanpa Beban



Gambar 2.4 Keadaan transformator tanpa beban

Sumber. Zuhal; 1995

Bila kumparan primer suatu transformator dihubungkan dengan sumber tegangan V_1 yang sinusoid, akan mengalir arus primer I_0 yang juga sinusoid dan dengan menganggap belitan N_1 reaktif murai, I_0 akan tertinggal 90° dari V_1 (Gambar 2.4 b). Arus primer I_0 menimbulkan fluks (ϕ) yang sefasa dan juga berbentuk sinusoid.

$$\phi = \phi_{\text{maks}} \sin \omega t$$

Fluks yang sinusoid ini akan menghasilkan tegangan induksi e_1 (Hukum Faraday).

$$e_1 = -N_1 \frac{d\phi}{dt}$$

$$e_1 = -N_1 \frac{d(\phi_{maks} \sin \omega t)}{dt} = -N_1 \omega \phi_{maks} \cos \omega t$$

tertinggal 90° dari ϕ

Harga efektifnya

$$E_1 = \frac{N_1 2\pi f \phi_{maks}}{\sqrt{2}} = 4,44 N_1 f \phi_{maks}$$

Pada rangkaian sekunder, fluks (ϕ) bersama tadi menimbulkan

$$e_2 = -N_2 \frac{d\phi}{dt}$$

$$e_2 = -N_2 \omega \phi_m \cos \omega t$$

$$e_2 = 4,44 N_2 f \phi_{maks}$$

Sehingga

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

Dengan mengabaikan rugi tahanan dan adanya fluks bocor,

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \alpha \dots\dots\dots (2.6)$$

α = perbandingan transformasi

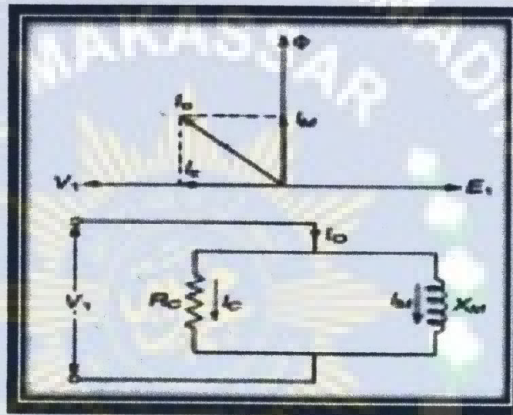
Dalam hal ini tegangan induksi e_i mempunyai kebesaran yang sama tetapi berlawanan arah dengan tegangan sumber V_1 .

3. Arus Penguat

Arus primer I_o , yang mengalir pada saat kumparan sekunder tidak dibebani disebut arus penguat. Dalam kenyataannya arus primer I_o bukanlah

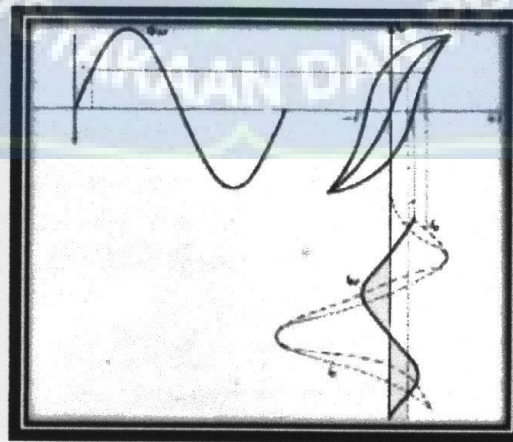
merupakan arus induktif murni, hingga ia terdiri atas dua komponen (Gambar 2.5).

- a. Komponen arus pemagnetan ini, yang menghasilkan fluks (ϕ). Karena sifat besi yang nonlinier (ingat kurva B-H), maka arus pemagnetan ini dan juga fluks (ϕ) dalam kenyataannya tidak berbentuk sinusoid (Gambar 2.6).
- b. Komponen arus rugi tembaga I_c , menyatakan daya yang hilang akibat adanya rugi histeresis dan 'arus eddy'. I_c sefasa dengan V_1 , dengan demikian hasil perkaliannya ($I_c \times V_1$) merupakan daya (watt) yang hilang.



Gambar 2.5 Arus penguat

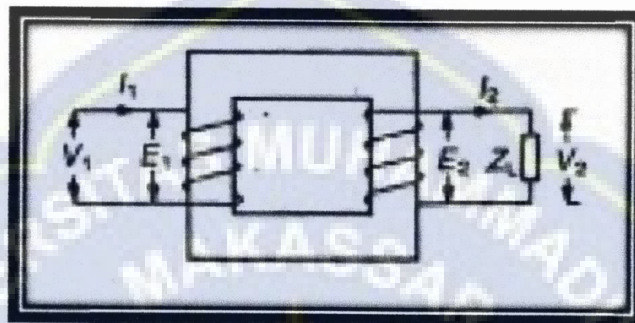
Sumber, Zuhail; 1995



Gambar 2.6 Arus pemagnetan
Sumber. Zuhail; 1995

4. Keadaan Berbeban

Apabila kumparan sekunder dihubungkan dengan beban Z_L , I_2 mengalir pada kumparan sekunder, dimana $I_2 = V_2/Z_L$ dengan θ_2 = faktor kerja beban.



Gambar 2.7 Transformator keadaan berbeban Sumber. Zuhail; 1995

Arus beban I_2 ini akan menimbulkan gaya gerak magnet (ggm) $N_2 I_2$ yang cenderung menentang fluks (ϕ) bersama yang telah ada akibat arus pemagnetan ini. Agar fluks bersama itu tidak berubah nilainya, pada kumparan primer harus mengalir arus I_2 , yang menentang fluks yang dibangkitkan oleh arus beban I_2 , hingga keseluruhan arus yang mengalir pada kumparan primer menjadi :

$$I_1 = I_M + I_2$$

Bila rugi besi diabaikan maka $I_1 = I_M$

$$I_1 = I_M + I_2$$

Untuk menjaga agar fluks tetap tidak berubah sebesar ggm yang dihasilkan oleh arus pemagnetan ini saja, berlaku hubungan :

$$N_1 I_M = N_1 I_1 - N_2 I_2$$

$$N_1 I_M = N_1 (I_M + I'_2) - N_2 I_2$$

Sehingga

$$N_1 I'_2 = N_2 I_2$$

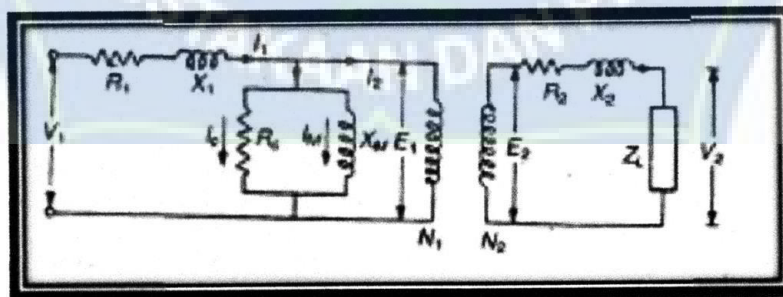
Karena nilai ini dianggap kecil maka $I'_2 =$

Jadi,

$$N_1 I_1 = N_2 I_2 \text{ atau } I_1 / I_2 = N_2$$

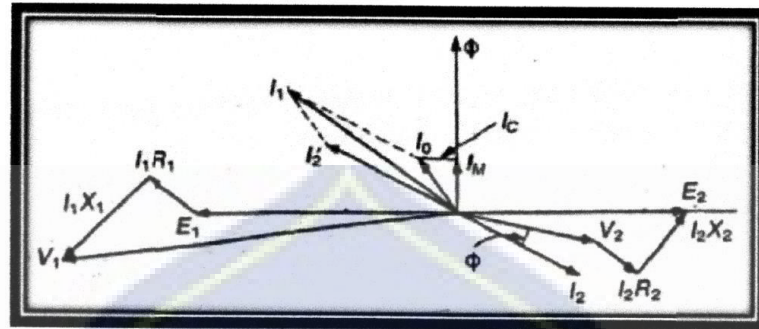
5. Rangkaian Ekuivalen

Dalam pembahasan terdahulu kita mengabaikan adanya tahanan dan fluks bocor. Analisis selanjutnya akan memperhitungkan kedua hal tersebut. Tidak seluruh fluks (Φ) yang dihasilkan oleh arus pemagnetan I_M merupakan fluks bersama (Φ_m). Sebagian darinya hanya mencakup kumparan primer (Φ_1) atau kumparan sekunder saja (Φ_2). Dalam model rangkaian (rangkaian ekuivalen) yang dipakai untuk menganalisis kerja suatu transformator, adanya fluks bocor Φ_1 dan Φ_2 ditunjukkan sebagai reaktansi X_1 dan X_2 . Sedang rugi tahanan ditunjukkan dengan R_1 dan R_2 . Dengan demikian 'model' rangkaian dapat dilihat seperti pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Rangkaian Ekuivalen
Sumber Zuhal : 1995

Dari rangkaian di atas dapat dibuat vektor diagramnya sebagai terlukis pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Diagram vektor
Sumber. Zuhal; 1995

Dari model rangkaian di atas dapat pula diketahui hubungan penjumlahan vektor:

$$V_1 = E_1 + I_1 R_1 + I_1 X_1$$

$$E_2 = V_2 + I_2 R_2 + I_2 X_2$$

$$E_1/E_2 = N_1/N_2 = \alpha \text{ atau } E_1 \text{ atau } E_1 aE_2$$

Hingga

$$E_1 = \alpha (I_2 Z_L + I_2 R_2 + I_2 X_2)$$

Karena

$$I_1/I_2 = N_1/N_2 I/a \text{ atau } I_1 = aI'_2$$

Maka

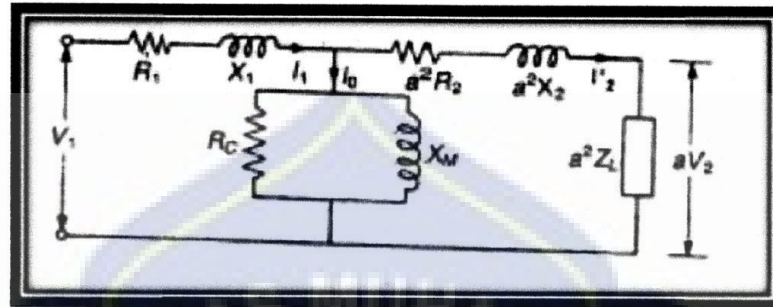
$$E_1 = a^2 I'_2 Z_L + a^2 I'_2 R_2 + a^2 I'_2 X_2$$

Dan

$$V_1 = a^2 I'_2 Z_L + a^2 I'_2 R_2 + a^2 I'_2 X_2 + I_1 R_1 + I_1 X_1 \dots\dots\dots(2.8)$$

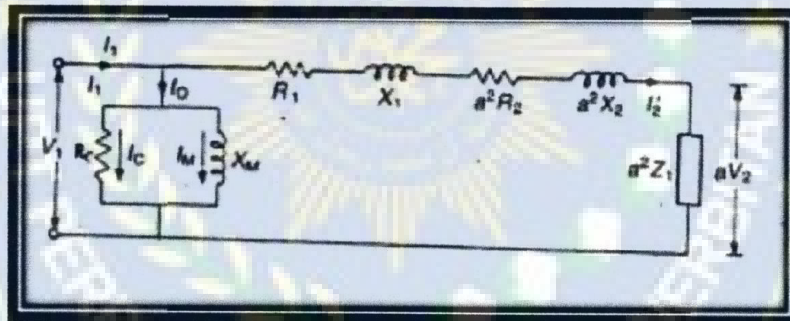
Persamaan terakhir mengandung pengertian bahwa apabila parameter rangkaian sekunder dinyatakan dalam harga rangkaian primer, harganya perlu

dikalikan dengan faktor a^2 . Sekarang model rangkaian menjadi sebagai terlihat pada gambar 2.10.



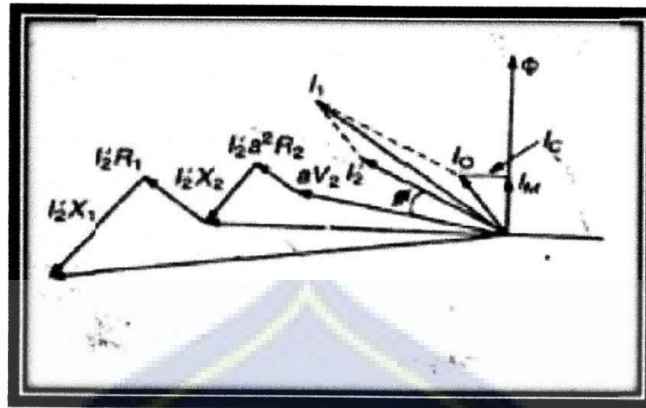
Gambar 2.10 Model rangkaian transformator Sumber. Zuhal; 1995

Untuk memudahkan analisis (perhitungan), model rangkaian tersebut dapat diubah menjadi seperti dapat dilihat pada Gambar 2.11.



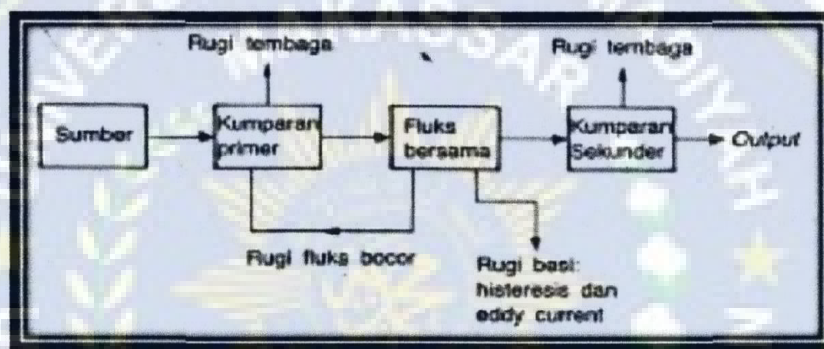
Gambar 2.11 Model rangkaian yang sudah disederhanakan
Sumber. Zuhal; 1995

Vektor diagram rangkaian di atas untuk beban dengan faktor kerja terbelakang dapat dilukiskan pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Diagram vektor untuk beban dengan faktor kerja terbelakang
Sumber. Zuhal; 1995

6. Rugi -rugi Transformator



Gambar 2.13 Diagram alir transformator Zuhal ; 1995

Rugi rugi transformator terdiri dari :

a. Rugi tembaga (Pen)

Rugi yang disebabkan arus beban mengalir pada kawat tembaga dapat ditulis sebagai :

$$P_{cu} = I^2 R \dots \dots \dots (2.9)$$

Karena arus beban berubah-ubah, rugi tembaga juga tidak konstan bergantung pada beban.

b. Rugi besi / rugi inti (Pi), terdiri dari 2 macam yaitu:

- 1) Rugi histeresis, yaitu rugi yang disebabkan fluks bolak-balik pada inti besi, yang dinyatakan sebagai:

$$P_h = K_h f B_{maks}^{1.6} \dots \dots \dots (2.10)$$

Keterangan :

K_h = konstanta

B_{maks} = fluks maksimum (weber).

- 2) Rugi arus pusar (Eddy current) yaitu rugi yang disebabkan arus pusar pada inti besi. Dirumuskan sebagai:

$$P_e = K_e f B_{maks} \dots \dots \dots (2.11)$$

Jadi, rugi besi (rugi inti) adalah

$$P_i = P_h + P_e \dots \dots \dots (2.12)$$

Untuk mencari rugi daya aktif pada transformator dapat dicari dan perbedaan nilai daya aktif masukkan transformator (primer) P_p dan keluaran transformator (sekunder) P_s sebagai berikut :

$$\Delta P = P_p - P_s \dots \dots \dots (2.13)$$

Dimana

ΔP = total rugi daya

P_p = rugi daya primer

P_s = rugi daya sekunder

7. Efisiensi Transformator

Efisiensi dinyatakan sebagai :

$$\eta = \frac{\text{daya keluar}}{\text{daya masuk}} = \frac{\text{daya keluar}}{\text{daya keluar} + \Sigma \text{rugi}} = 1 = \frac{\Sigma \text{rugi}}{\text{daya masuk}}$$

di mana $\Sigma \text{ rugi} = P_{\text{cu}} + P_1$

a. Perubahan efisiensi terhadap beban

Perubahan efisiensi terhadap beban dinyatakan sebagai:

$$\eta = \frac{V_2 \cos \phi}{V_2 \cos \phi + I_2 R_{2ek} + \frac{P_1}{I_2}}$$

Agar η maksimum, maka

$$\frac{d}{dt_2} \left(I_2^2 R_{2ek} + \frac{P_1}{I_2} \right) = 0$$

$$\text{Jadi } R_{2ek} = \frac{P_1}{I_2^2}$$

$$P_1 = I_2^2 R_{2ek} = P_{\text{cu}} \dots \dots \dots (2.14)$$

Artinya : untuk beban tertentu, efisiensi maksimum terjadi ketika rugi tembaga = rugi inti.

b. Perubahan efisiensi terhadap faktor kerja ($\cos \phi$) beban

Perubahan efisiensi terhadap faktor kerja ($\cos \phi$) beban dapat dinyatakan sebagai :

$$\eta = 1 - \frac{\Sigma \text{ rugi}}{V_2 I_2 \cos \phi + \Sigma \text{ rugi}}$$

$$\eta = 1 - \frac{\Sigma \text{ rugi} / V_2 I_2}{\cos \phi + \Sigma \text{ rugi} / V_2 I_2}$$

bila $\Sigma \text{ rugi} / V_2 I_2 = X = \text{konstan}$,

maka

$$\eta = 1 - \frac{X}{\cos \phi + X}$$

$$\eta = 1 - \frac{X / \cos \phi}{1 + X \cos \phi} \dots \dots$$

$$\dots \dots \dots (2.15)$$

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

a. Waktu

Pembuatan aplikasi ini akan dilaksanakan selama 6 bulan, mulai dari bulan Juni 2024 sampai dengan Desember 2024 sesuai dengan perencanaan waktu yang terdapat pada jadwal penelitian.

b. Tempat

Penelitian dilaksanakan di Jl. Sultan Alauddin No.259, Gn. Sari, Kec. Rappocini, Kota Makassar

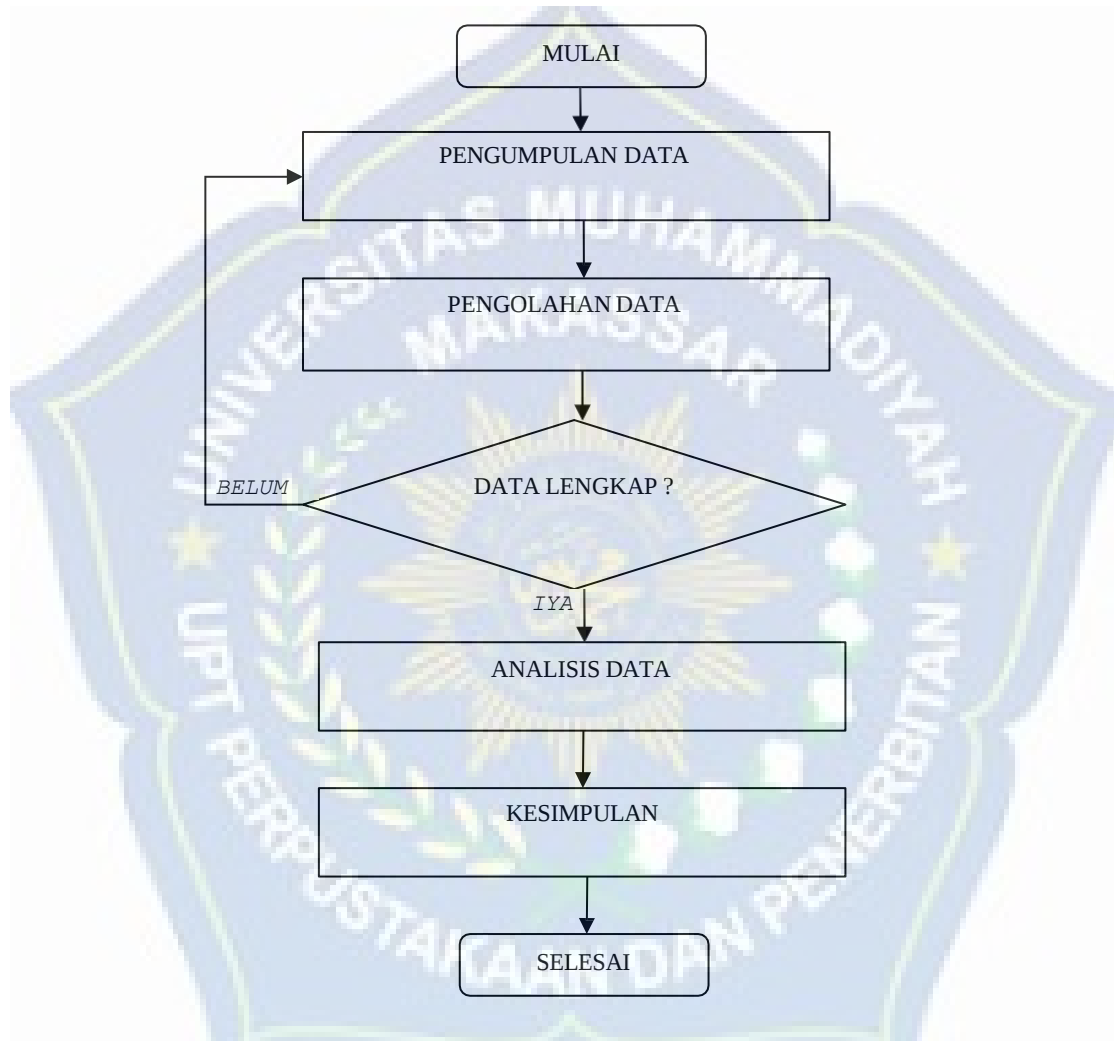
B. Metode Penelitian

Dalam menyelesaikan laporan penelitian tugas akhir ini, tentu harus mengikuti langkah-langkah yang terstruktur dan sistematis agar dalam menganalisis penambahan gardu sisipan pada sistem distribusi dapat di kerjakan dengan baik dan benar, adapun gambar *flow chart* penelitian bisa dilihat pada gambar 3.1 dengan penjelasan sebagai berikut:

1. Penelitian di mulai dengan mengumpulkan data dengan cara melakukan studi literatur, wawancara, observasi dan dokumentasi.
2. Melakukan pengolahan data penelitian yang telah diperoleh dengan mengacu pada tinjauan pustaka.
3. Melakukan analisis terhadap data-data yang telah diolah, salah satunya dengan membandingkan hasil pengolahan data terhadap teori sesuai standar dan

ketentuan yang ada, dan menjadikan rumusan masalah serta tinjauan pustaka sebagai acuan analisa dan pembahasan.

4. Menarik kesimpulan dari hasil analisis yang telah dilakukan sehingga tujuan ataupun rumusan masalah dari obyek penelitian dapat terjawab.



Gambar 3.1 Flow Chart Penelitian

C. Teknik Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data ialah cara yang ditempuh untuk mengambil data dari variabel penelitian tersebut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah

wawancara, observasi secara langsung, pengumpulan data (dokumentasi). Metode di atas akan dijelaskan lebih rinci sebagai berikut:

1. Studi literatur

Studi literatur dilakukan dengan menggunakan berbagai referensi, baik melalui buku, tugas akhir ataupun jurnal penelitian, hingga melalui internet berbentuk dokumen atau *digital library*.

2. Wawancara

Wawancara dilakukan dengan mewawancarai narasumber yang berkompeten dengan bidang yang terkait terhadap topik dari tugas akhir yang diangkat. Teknik wawancara yang penulis lakukan adalah menanyakan segala sesuatu yang tidak diketahui atau tidak jelas.

3. Observasi

Observasi yaitu peneliti melakukan pengamatan secara jelas terhadap penyebab permasalahan dan nyata serta pencatatan secara sistematis terhadap gejala atau fenomena yang diselidiki.

4. Dokumentasi

Dokumentasi adalah metode yang dilakukan untuk mengumpulkan seluruh data yang terkait dengan hal-hal penelitian. Ke semua data tersebut diperoleh dari *softcopy database* di Jl. Sultan Alauddin No.259, Gn. Sari, Kec. Rappocini, Kota Makassar.

D. Metode Penulisan

Dalam penulisan tugas akhir, metode yang digunakan adalah:

1. Penelitian Pustaka (Library Research)

Yaitu penelitian atau pengumpulan data-data dengan jalan membaca dan mempelajari berbagai literatur-literatur, tulisan-tulisan, dan bahan-bahan kuliah yang penulis peroleh selama mengikuti perkuliahan guna memperoleh landasan teori yang berhubungan dengan materi yang menjadi pembahasan dalam penulisan tugas akhir.

2. Penelitian Lapangan (Field Research)

Yaitu penelitian yang dilakukan secara langsung terhadap obyek penelitian, yaitu kajian system kelistrikan

a. Observasi (Pengamatan Langsung)

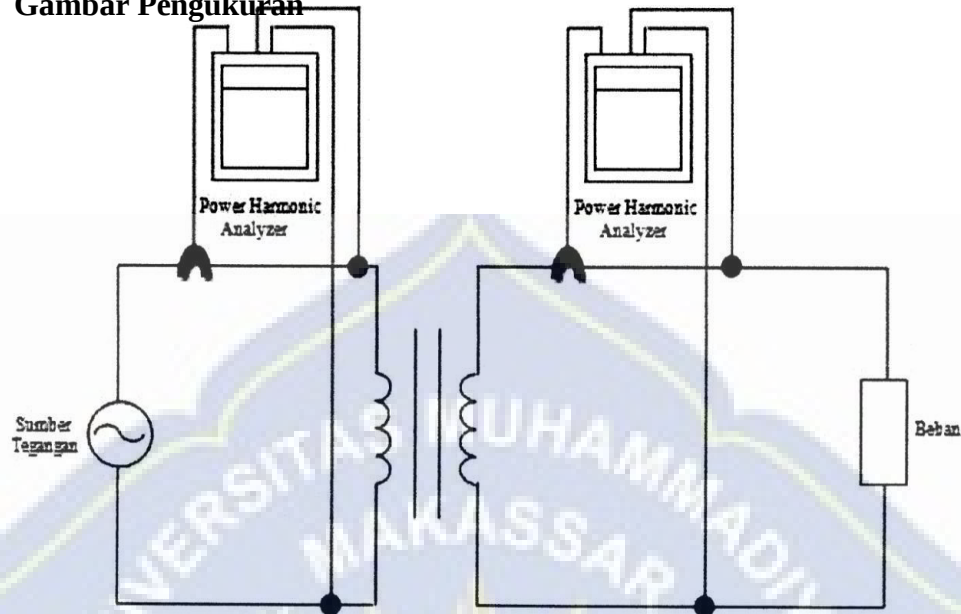
Penulis mengadakan pengamatan langsung terhadap obyek yang diteliti guna mengumpulkan data-data,

b. Interview (Wawancara)

Penulis melakukan tanya jawab secara langsung untuk memperoleh data-data dengan pihak-pihak yang memahami permasalahan ini.

E. Perancangan Sistem

Gambar Pengukuran



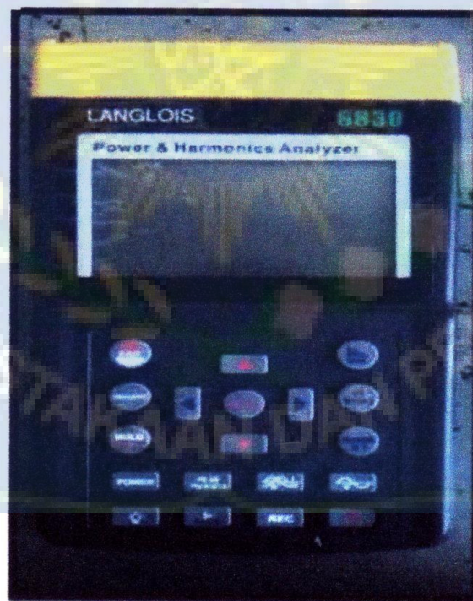
Gambar 3.1 Rangkaian gambar pengukuran

Pada pengukuran Total Distortion Harmonic (THD) dalam tugas akhir ini yaitu menggunakan alat ukur yang bernama Power Harmonic Analyzer 6830 Langlois. Dimana pada bab ini ditentukan alat dan bahan yang digunakan untuk menentukan Total Harmonic Distortion (THD) pada beban linier kemudian linier serta prosedur pengukuran Total Harmonic Distortion (THD). Analisa pengukuran dan pengambilan Total Harmonic Distortion (THD) kemudian menentukan rugi-rugi pada transformator untuk pembuatan laporan akhir ini dilaksanakan di Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Makassar. Kemudian waktu perancangan dan pengukuran yaitu pada tanggal 16 Oktober 2015 - 30 Oktober 2015.

F. Peralatan

1. Power Harmonic Analyzer 6830 Langlois

Power Harmonic Analyzer 6830 Langlois adalah alat ukur yang digunakan untuk mengetahui tingkat gangguan harmonisa pada beban non linier yang terdapat dalam sistem jaringan tenaga listrik dan pada setiap peralatan-peralatan elektronik yang berada didalam instalasi rumah tangga maupun lingkungan perkantoran. Alat ukur Power Harmonic Analyzer 6830 Langlois ini digunakan untuk mengukur Arus (total, phasa dan netral), Tegangan (total, ph-ph dan ph-netral), Frekuensi, Faktor Daya (total dan per phasa), Daya / phasa (aktif, reaktif dan nyata), Total Daya (aktif, reaktif dan nyata), Energi (aktif, reaktif dan nyata), THD (arus dan tegangan) dan lain-lain.



Gambar 3.2 Power harmonic analyzer 6830 langlois

Power Harmonic Analyzer 6830 Langlois dirancang untuk membantu pengguna menganalisa dan mengetahui tentang besar energi yang digunakan,

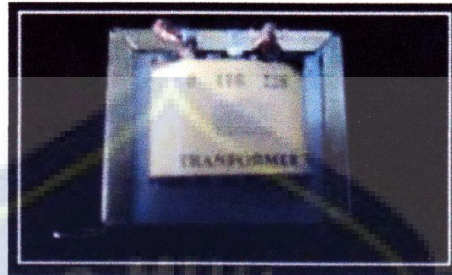
untuk meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik dan mengurangi downtime pada penelitian serta menyelesaikan masalah kemudian mencegah masalah kualitas daya yang disebabkan oleh harmonisa.

Power Harmonic Analyzer 6830 Langlois menggabungkan beberapa pengukuran, daya energi 3 fasa dan pengukuran dengan data, analisa kualitas daya, alarm, dan I/O yang memiliki kelebihan dari alat ukur biasa, seperti pada tampilan dari 35 parameter dalam satu layar (3P 4W), analisis harmonik sampai orde ke 99, tampilan 50 hannonik dalam satu layar dengan gelombang, menampilkan 28 fitur transient (waktu siklus +) dengan Threshold Programmable, diagram fasorgrafis dengan 3 parameter tahap sistem, besar Dot Matrix LCD Display dengan Backlight output gelombang, power parameter $\wedge$ dan harmonisa pada Command Windows, terisolasi optical RS-232C untuk USB Interface.

Power Harmonic Analyzer 6830 Langlois ini juga dilengkapi dengan koraunikasi standar dan pilihan untuk Ethernet (kemampuan web hosting), memungkinkan konektivitas pengukuran untuk digunakan dalam sistem manajemen atau dengan sistem ototimasi, dan alat ukur ini memiliki 512 kb memori penyimpanan, Kemudian tampilan hasil pengukuran dari Power Harmonic Analyzer 6830 Langlois ini dapat berbentuk gelombang, dan spektrum yang terjadi dari tiap-tiap orde harmonisa, serta teks

2. Transformator

Pada penelitian ini, digunakan peralatan sebuah transformator induksi yang mempunyai spesifikasi rating sebesar 1 A. Input 220 Volt kemudian output 220 Volt.



Gambar 3.3 Transformator

G. Bahan

1. Beban tinier

- a. Lampu pijar Philips 100 W (1)*
- b. Lampu pijar Tiger Head 100 W (1)*

2. Beban non linier

- a. Lampu hemat energi
 - Philips 18 W (2)*
 - Philips 20 W (2)*
 - Philips 24 W (2)*
 - Sunsonic 30 W (2)*
- b. Laptop Acer (1)*
- c. TC Fujitec (1)*

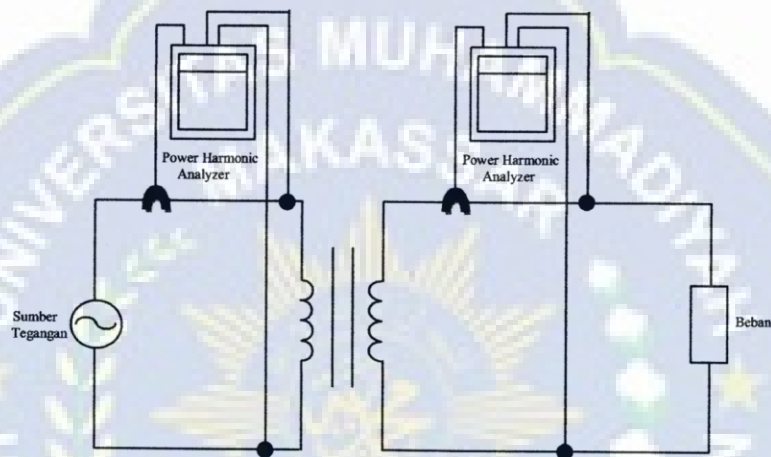
3. Lain-lain

- a. Fitting lampu (secukupnya)*

- b. Papan penghubung (1)*
- c. Stop kontak (secukupnya)*
- d. Steker (secukupnya)*
- e. Kabel (secukupnya)*

Catatan * = jumlah

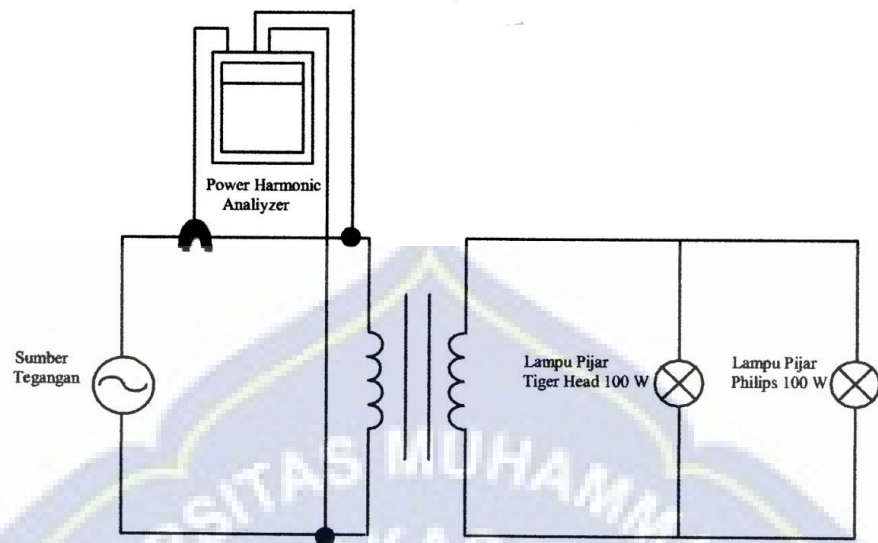
H. Prosedur Pengukuran



Gambar 3.4 Rangkaian umum

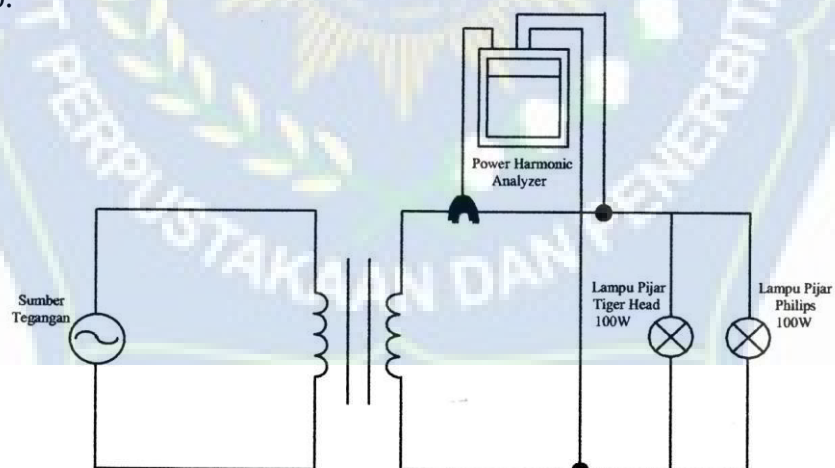
Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pengukuran menggunakan Power Harmonic Analyzer 6830 Langlois adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
2. Merangkai alat dan bahan seperti gambar pengukuran daya listrik 1 fasa untuk pengukuran daya listrik dan harmonisa pada beban linier serta non linier menggunakan alat ukur power harmonic analyzer langlois 6830.
3. Pertama-tama melakukan pengukuran pada beban linier di sisi primer transformator. Kemudian didapatlah hasil pada alat ukur power harmonic analyzer langlois 6830 lalu dicatat.



Gambar 3.5 Rangkaian untuk beban linier dengan pengukuran pada sisi primer transformator

4. Kedua melakukan pengukuran pada beban linier pada sisi sekunder transformator lalu dicatat hasil pada alat ukur power harmonic analyzer langlois 6830.



Gambar 3.5 Rangkaian untuk beban linier dengan pengukuran pada sisi sekunder transformator

5. Ketiga melakukan pengukuran pada beban non linier di sisi primer transformator. Sehingga didapatkan hasil pada alat ukur power harmonic analyzer langlois 6830 dan kemudian dicatat.



Gambar 3.7 Rangkaian untuk beban non linier dengan pengukuran pada sisi primer transformator

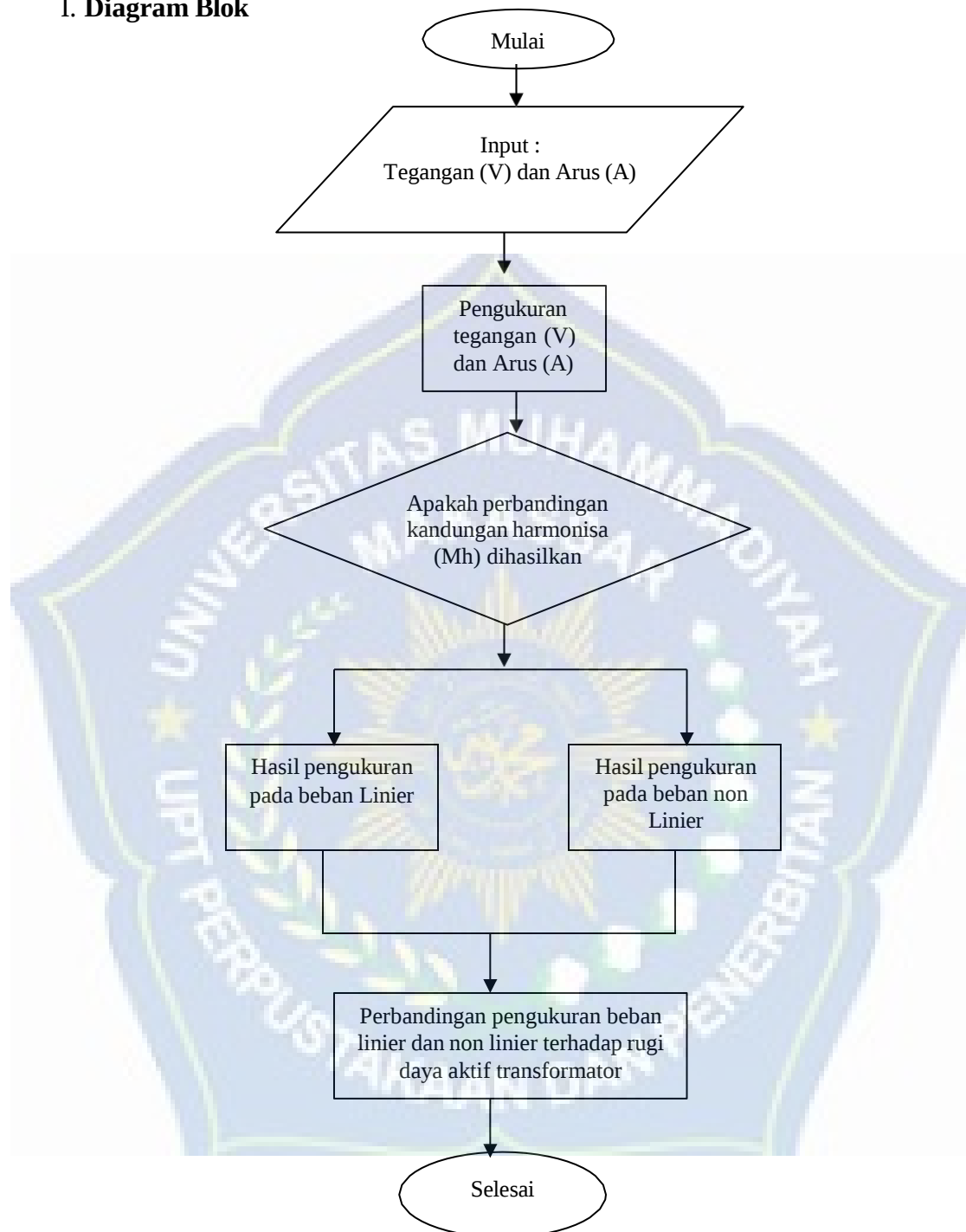
6. Terakhir melakukan pengukuran pada beban non linier di sisi sekunder transformator dan dicatat hasil pada alat ukur power harmonic analyzer langlois 6830.



Gambar 3.8 Rangkaian untuk beban non linier dengan pengukuran pada sisi sekunder transformator

7. Setelah selesai melakukan semua pengukuran tersebut, bandingkan hasil antara beban linier dan beban non linier terhadap rugi daya aktif pada transformator.

I. Diagram Blok

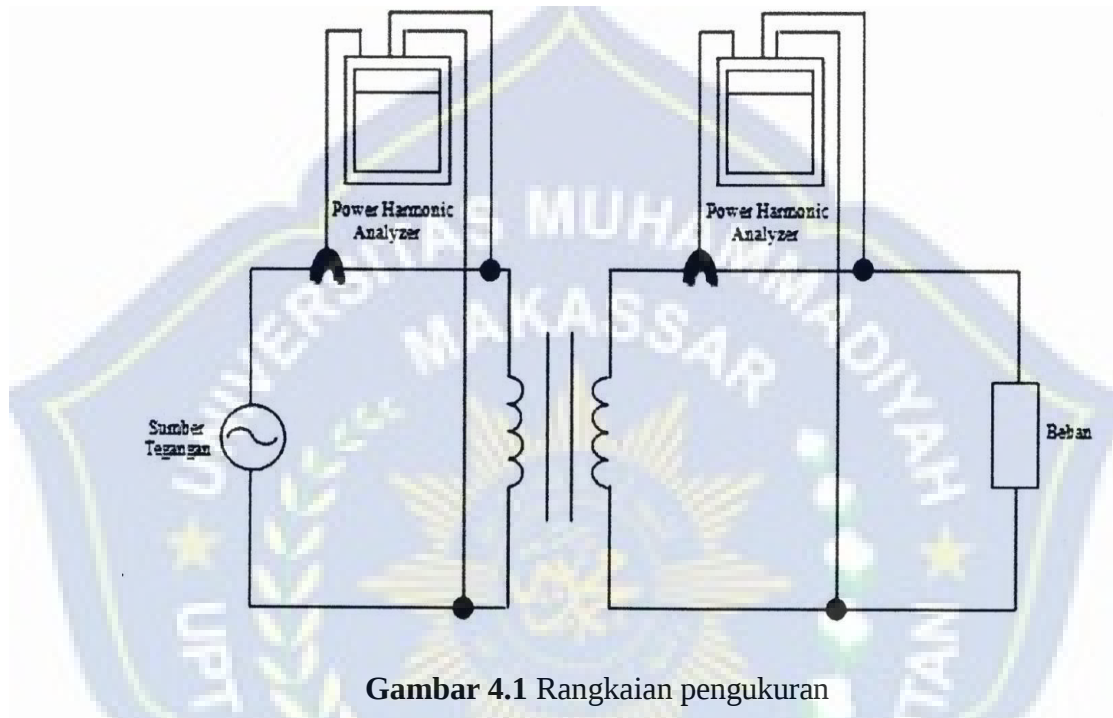


Gambar 3.9 Flowchart

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambar Rangkaian Pengukuran



Gambar 4.1 Rangkaian pengukuran



Gambar 4.2 Foto rangkaian pengukuran

Pada bab ini berisi tentang hasil pengukuran harmonisa pada beban linier dan beban non linier satu fasa dan analisa hasil pengukuran dan perhitungan harmonisa serta perhitungan rugi daya aktif transformator akibat pengaruh harmonisa.

B. Hasil Pengukuran

Tabel 4.1 Pengukuran Daya Listrik pada sisi primer transformator

Beban	Daya	Tegangan (V)	Arus (A)
	P(Kw)	V_{rms}	I_{rms}
Linier	0,213	219,12	0,977
Non linier	0,212	216,72	0,889

Tabel 4.2 Pengukuran Daya Listrik pada sisi sekunder transformator

Beban	Daya	Tegangan (V)	Arus (A)
	P(Kw)	V_{rms}	I_{rms}
Linier	0,194	212,83	0,911
Non linier	0,188	224,11	1,08

Tabel 4.3 Data Harmonisa Arus pada sisi primer transformator

Beban	Pengukuran Harmonisa							
	THD _i (%)	Arus (A)						
		I ₁	I ₃	I ₅	I ₇	I ₉	I ₁₁	I ₁₃
Linier	5,99	0,976	0,056	0,014	0,004	0,008	0,004	0,0
Non linier	68,25	0,735	0,448	0,133	0,081	0,134	0,087	0,034

Tabel 4.4 Data Harmonisa Tegangan pada sisi primer transformator

Beban	Pengukuran Harmonisa							
	THDV	Tegangan (V)						
	(%)	V ₁	V ₃	V ₅	V ₇	V ₉	V ₁₁	V ₁₃
Linier	1,51	219,1	2,4	0,5	1,5	1,4	0,9	0,0
Non linier	1,60	216,7	2,6	0,0	1,2	1,7	0,9	0,4

Tabel 4.5 Data Harmonisa arus pada sisi sekunder transformator

Beban	Pengukuran Harmonisa							
	THDi	Arus (A)						
	(%)	I ₁	I ₃	I ₅	I ₇	I ₉	I ₁₁	I ₁₃
Linier	1,18	0,911	0,004	0,004	0,007	0,006	0,0	0,0
Non linier	72,53	0,875	0,568	0,173	0,126	0,164	0,083	0,024

Tabel 4.6 Data Harmonisa Tegangan pada sisi sekunder transformator

Beban	Pengukuran Harmonisa							
	THD,	Tegangan (V)						
	(%)	V ₁	V ₃	V ₅	V ₇	V ₉	V ₁₁	V ₁₃
Linier	1,81	212,8	3,0	1,6	1,3	1,1	0,7	0,0
Non linier	11,27	222,7	22,5	10,6	0,0	3,1	1,6	0,0

C. Hasil Perhitungan

1. Perhitungan THD₁

Hasil perhitungan Total Harmonic Distortion arus (THDi) menggunakan persamaan (2.2) adalah sebagai berikut:

a. THDi beban linier pada sisi primer transformator

$$\begin{aligned}
 \text{THD}_i &= \frac{\sqrt{I_3^2 + I_5^2 + I_7^2 + I_9^2 + I_{11}^2 + I_{13}^2}}{I_1} \times 100 \\
 &= \frac{\sqrt{0,0056^2 + 0,014^2 + 0,004^2 + 0,003^2 + 0,004^2 + 0^2}}{0,976} \times 100 \\
 &= \frac{\sqrt{0,0031 + 0,002 + 0,000016 + 0,0001 + 0,000016 + 0}}{0,976} \times 100 \\
 &= \frac{\sqrt{0,003432}}{0,976} \times 100 \\
 &= \frac{0,0585}{0,976} \times 100 \\
 &= 5,98\%
 \end{aligned}$$

b. THDi beban non linier pada sisi primer transformator

$$\begin{aligned}
 \text{THD}_i &= \frac{\sqrt{I_3^2 + I_5^2 + I_7^2 + I_9^2 + I_{11}^2 + I_{13}^2}}{I_1} \times 100 \\
 &= \frac{\sqrt{0,448^2 + 0,133^2 + 0,081^2 + 0,134^2 + 0,087^2 + 0,034^2}}{0,735} \times 100 \\
 &= \frac{\sqrt{0,2007 + 0,0177 + 0,0066 + 0,018 + 0,0076 + 0,0012}}{0,735} \times 100 \\
 &= \frac{\sqrt{0,2518}}{0,735} \times 100 \\
 &= \frac{0,5017}{0,735} \times 100 \\
 &= 68,25\%
 \end{aligned}$$

c. THDi beban linier pada sisi sekunder transformator

$$\text{THD}_i = \frac{\sqrt{I_3^2 + I_5^2 + I_7^2 + I_9^2 + I_{11}^2 + I_{13}^2}}{I_1} \times 100$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{\sqrt{0,004^2+0,004^2+0,007^2+0,006^2+0^2+0^2}}{0,911} \times 100 \\
&= \frac{\sqrt{0,000016+0,000016+0,000049+0,000036+0+0}}{0,911} \times 100 \\
&= \frac{\sqrt{0,000117}}{0,911} \times 100 \\
&= \frac{0,0108}{0,911} \times 100 \\
&= 1,18\%
\end{aligned}$$

d. THD_i beban non linier pada sisi sekunder transformator

$$\begin{aligned}
\text{THD}_i &= \frac{\sqrt{I_3^2+I_5^2+I_7^2+I_9^2+I_{11}^2+I_{13}^2}}{I_1} \times 100 \\
&= \frac{\sqrt{0,568^2+0,173^2+0,126^2+0,164^2+0,083^2+0,024^2}}{0,875} \times 100 \\
&= \frac{\sqrt{0,3226+0,0299+0,0159+0,0269+0,0069+0,0006}}{0,875} \times 100 \\
&= \frac{\sqrt{0,4028}}{0,875} \times 100 \\
&= \frac{0,6346}{0,875} \times 100 \\
&= 72,53\%
\end{aligned}$$

2. Perhitungan THD,

Hasil perhitungan Total Harmonic Distortion tegangan (THDV) menggunakan persamaan (2.3) adalah sebagai berikut:

a. THD_v beban linier pada sisi primer transformator

$$\begin{aligned}
\text{THD}_v &= \frac{\sqrt{V_3^2+V_5^2+V_7^2+V_9^2+V_{11}^2+V_{13}^2}}{V_1} \times 100 \\
&= \frac{\sqrt{2,4^2+0,5^2+1,4^2+0,9^2+0,9^2+0^2}}{219,1} \times 100
\end{aligned}$$

$$= \frac{\sqrt{5,76+0,25+2,25+1,96+0,81+0}}{219,1} \times 100$$

$$= \frac{\sqrt{11,03}}{219,1} \times 100$$

$$= \frac{3,3211}{219,1} \times 100$$

$$= 1,51\%$$

b. THD_v beban non linier pada sisi primer transformator

$$\text{THD}_v = \frac{\sqrt{V_3^2 + V_5^2 + V_7^2 + V_9^2 + V_{11}^2 + V_{13}^2}}{V_1} \times 100$$

$$= \frac{\sqrt{2,6^2 + 0^2 + 1,2^2 + 1,7^2 + 0,9^2 + 0,4^2}}{216,7} \times 100$$

$$= \frac{\sqrt{6,76+0+1,44+2,89+0,81+0,16}}{216,7} \times 100$$

$$= \frac{\sqrt{12,06}}{216,7} \times 100$$

$$= \frac{3,472}{216,7} \times 100$$

$$= 1,60\%$$

c. THD_v beban linier pada sisi sekunder transformator

$$\text{THD}_v = \frac{\sqrt{V_3^2 + V_5^2 + V_7^2 + V_9^2 + V_{11}^2 + V_{13}^2}}{V_1} \times 100$$

$$= \frac{\sqrt{3^2 + 1,6^2 + 1,3^2 + 1,1^2 + 0,7^2 + 0^2}}{212,8} \times 100$$

$$= \frac{\sqrt{6,76+0+1,44+2,89+0,81+0,16}}{212,8} \times 100$$

$$= \frac{\sqrt{14,95}}{212,8} \times 100$$

$$= \frac{3,866}{212,8} \times 100$$

$$= 1,81\%$$

d. THD_v beban non linier pada sisi sekunder transformator

$$\text{THD}_v = \frac{\sqrt{V_3^2 + V_5^2 + V_7^2 + V_9^2 + V_{11}^2 + V_{13}^2}}{V_1} \times 100$$

$$= \frac{\sqrt{22,5^2 + 10,6^2 + 0^2 + 3,1^2 + 1,6^2 + 0^2}}{222,7} \times 100$$

$$= \frac{\sqrt{506,25 + 112,36 + 0 + 9,61 + 2,56 + 0}}{222,7} \times 100$$

$$= \frac{\sqrt{630,78}}{222,7} \times 100$$

$$= \frac{25,11}{222,7} \times 100$$

$$= 11,27\%$$

3. Perhitungan I_{rms}

Hasil perhitungan arus efektif (Inns) menggunakan persamaan (2.4) adalah sebagai berikut:

a. I_{rms} beban linier pada sisi primer transformator

$$I_{rms} = \sqrt{I_3^2 + I_5^2 + I_7^2 + I_9^2 + I_{11}^2 + I_{13}^2}$$

$$= \sqrt{0,976^2 + 0,056^2 + 0,014^2 + 0,004^2 + 0,008^2 + 0,004 + 0^2}$$

$$= \sqrt{0,952 + 0,003 + 0,0001 + 0,000016 + 0,000064 + 0,000016 + 0}$$

$$= \sqrt{0,9551}$$

$$= 0,977 \text{ A}$$

b. I_{rms} beban non linier pada sisi primer transformator

$$I_{rms} = \sqrt{I_3^2 + I_5^2 + I_7^2 + I_9^2 + I_{11}^2 + I_{13}^2}$$

$$= \sqrt{0,735^2 + 0,448^2 + 0,133^2 + 0,081^2 + 0,134^2 + 0,087^2 + 0,034^2}$$

$$\begin{aligned}
&= \sqrt{0,54 + 0,20 + 0,017 + 0,0066 + 0,018 + 0,0076 + 0,0012} \\
&= \sqrt{0,792} \\
&= 0,889 \text{ A}
\end{aligned}$$

c. I_{rms} beban linier pada sisi sekunder transformator

$$\begin{aligned}
I_{\text{rms}} &= \sqrt{I_3^2 + I_5^2 + I_7^2 + I_9^2 + I_{11}^2 + I_{13}^2} \\
&= \sqrt{0,911^2 + 0,004^2 + 0,004^2 + 0,007^2 + 0,006^2 + 0^2 + 0^2} \\
&= \sqrt{0,8299 + 0,000016 + 0,000016 + 0,000049 + 0,000036 + 0 + 0} \\
&= \sqrt{0,83} \\
&= 0,911 \text{ A}
\end{aligned}$$

d. I_{rms} beban Non linier pada sisi sekunder transformator

$$\begin{aligned}
I_{\text{rms}} &= \sqrt{I_3^2 + I_5^2 + I_7^2 + I_9^2 + I_{11}^2 + I_{13}^2} \\
&= \sqrt{0,875^2 + 0,568^2 + 0,173^2 + 0,126^2 + 0,164^2 + 0,083^2 + 0,024^2} \\
&= \sqrt{0,76 + 0,32 + 0,0299 + 0,0159 + 0,0269 + 0,0069 + 0,0006} \\
&= \sqrt{1,1684} \\
&= 1,08 \text{ A}
\end{aligned}$$

4. Perhitungan V_{rms}

Hasil perhitungan tegangan efektif (V_{rms}) menggunakan persamaan (2.5) adalah sebagai berikut:

a. V_{rms} beban linier pada sisi primer transformator

$$\begin{aligned}
V_{\text{rms}} &= \sqrt{V_3^2 + V_5^2 + V_7^2 + V_9^2 + V_{11}^2 + V_{13}^2} \\
&= \sqrt{219,1^2 + 2,4^2 + 0,5^2 + 1,5^2 + 1,4^2 + 0,9^2 + 0^2} \\
&= \sqrt{48004,81 + 5,76 + 0,25 + 2,25 + 1,96 + 0,81 + 0}
\end{aligned}$$

$$= \sqrt{4801,84}$$

$$= 219,12 \text{ V}$$

b. V_{rms} beban non linier pada sisi primer transformator

$$V_{\text{rms}} = \sqrt{V_3^2 + V_5^2 + V_7^2 + V_9^2 + V_{11}^2 + V_{13}^2}$$

$$= \sqrt{216,7^2 + 2,6^2 + 0^2 + 1,2^2 + 1,7^2 + 0,9^2 + 0,4^2}$$

$$= \sqrt{46958,89 + 6,76 + 0 + 1,44 + 2,89 + 0,81 + 0,16}$$

$$= \sqrt{46970,95}$$

$$= 216,72 \text{ V}$$

c. V_{rms} beban linier pada sisi sekunder transformator

$$V_{\text{rms}} = \sqrt{V_3^2 + V_5^2 + V_7^2 + V_9^2 + V_{11}^2 + V_{13}^2}$$

$$= \sqrt{212,8^2 + 3,0^2 + 1,6^2 + 1,3^2 + 1,1^2 + 0,7^2 + 0^2}$$

$$= \sqrt{45283,84 + 9 + 2,56 + 1,69 + 1,21 + 0,49 + 0}$$

$$= \sqrt{45298,79}$$

$$= 212,83 \text{ V}$$

d. V_{rms} beban linier pada sisi sekunder transformator

$$V_{\text{rms}} = \sqrt{V_3^2 + V_5^2 + V_7^2 + V_9^2 + V_{11}^2 + V_{13}^2}$$

$$= \sqrt{222,7^2 + 22,5^2 + 10,6^2 + 0^2 + 3,1^2 + 1,6^2 + 0^2}$$

$$= \sqrt{49595,29 + 506,25 + 112,36 + 0 + 9,61 + 2,56 + 0}$$

$$= \sqrt{50226,07}$$

$$= 224,11 \text{ V}$$

D. Pembahasan

1. Analisa Perbandingan Beban Linier dan Non Linier

Dari data-data tabel diatas, secara keseluruhan dapat dikatakan bahwa nilai THD (Total Harmonic Distortion) baik arus maupun tegangan pada beban non linier memang relatif lebih besar dibandingkan pada beban linier, Pada sisi primer transformator THD, beban linier sebesar 5,99 % sedangkan beban non linier sebesar 68,25 %, THDV beban linier sebesar 1,51 %, sedangkan beban non linier sebesar 1,60 %. Pada sisi sekunder transformator THD/ beban linier sebesar 1,18 % sedangkan beban non linier sebesar 72,53 %, THDV beban linier sebesar 1,81 %, sedangkan beban non linier sebesar 11,27 %. Hal ini disebabkan beban non linier mengandung harmonisa. Pada beban linier nilai total harmonisa arus (THD/) di sisi primer atau masukkan transformator lebih besar dibandingkan dengan sisi sekunder atau keluaran transformator, kemudian pada beban non linier terjadi sebaliknya, nilai total harmonisa arus (THD/) di sisi primer atau masukkan transformator lebih kecil dibandingkan dengan sisi sekunder atau keluaran transformator. Tidak sama halnya dengan total harmonisa tegangan (THDV), nilai THDV baik pada beban linier maupun beban non linier di sisi primer atau masukkan transformator sama-sama relatif lebih kecil dibandingkan dengan sisi sekunder atau keluaran transformator.

2. Analisa Rugi Daya Aktif

Untuk mencari rugi daya aktif pada transformator dapat dicari dengan menggunakan persamaan (2.13) yaitu $AP = PP - ps$. Maka didapatkan hasil pengukuran dari tabel 4.1 dan tabel 4.2.

Pada beban linier dengan THD_i 1,18 % dan THDV 1,81 %,

Sehingga,

$$\Delta P = 0,213 \text{ kW} - 0,194 \text{ kW}$$

$$= 0,019 \text{ kW}$$

Pada beban non linier dengan THD_i 72,53 % dan THDV_i 11,27 % maka

$$\Delta P = 0,212 \text{ kW} - 0,188 \text{ kW}$$

$$= 0,024 \text{ kW}$$

Dari hasil perhitungan tersebut diatas dapat dianalisa berdasarkan standar IEEE 519 yang mengatakan bahwa normalnya rugi daya sebuah transformator akibat harmonisa tidak lebih dari 10 % total rating transformator. Jadi dari spesifikasi transformator yang digunakan sebesar 1 A maka nilai maksimum rugi daya transformator adalah sebesar 0,022 kW. Pada beban linier dihasilkan rugi daya aktif sebesar 0,019 kW yang artinya rugi daya aktif tersebut masih dalam tahap wajar karena tidak melebihi rugi daya aktif transformator sebesar 0,022 kW. Kemudian pada beban non linier dihasilkan rugi daya aktif sebesar 0,024 kW yang artinya melebihi batas standar nilai rugi daya transformator. Jadi beban non linier dapat menyebabkan THD meningkat dan dari analisa tersebut rugi daya aktif transformator akibat pengaruh harmonisa pada beban non linier melampaui batas standar yang telah ditentukan yaitu sebesar 10 % dari total rating transformator, itu semua dapat menyebabkan transformator menjadi panas (overheating).

BAB V

PENUTUP

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil pengukuran dan hasil perhitungan yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan daya yang hampir sama, beban linier dan non linier memiliki perbedaan yang cukup signifikan ditinjau dari Total Harmonic Distortion (THD). THD arus maupun tegangan pada beban non linier relatif lebih besar dibandingkan pada beban linier. Pada sisi primer transformator THD_i beban linier sebesar 5,99 % sedangkan beban non linier sebesar 68,25 %, THD_v beban linier sebesar 1,51 %, sedangkan beban non linier sebesar 1,60 %. Pada sisi sekunder transformator THD_i beban linier sebesar 1,18 % sedangkan beban non linier sebesar 72,53 %, THD_v beban linier sebesar 1,81 %, sedangkan beban non linier sebesar 11,27 %. Hal tersebut dikarenakan beban non linier mengandung harmonisa.
2. Rugi daya aktif transformator akibat harmonisa yang dihasilkan oleh beban non linier pada penelitian ini sebesar 0,024 kW melebihi standar yang telah ditetapkan oleh standar IEEE 519 yaitu lebih dari 10 % total rating transformator sebesar 0,022 kW. Hal ini dapat menyebabkan transformator mendapatkan panas yang berlebih (overheating). Sedangkan pada beban linier sebesar 0,019 kW, bisa dikatakan aman.

B. Saran

Dari hasil tersebut, penulis memberikan saran sebagai berikut:

1. Akibat beban-beban non linier harmonisa ditimbulkan, oleh karena itu penulis menyarankan untuk mengurangi kandungan harmonisa agar pengaruh yang disebabkan oleh harmonisa dapat diatasi.
2. Mensosialisasikan kepada masyarakat pengaruh harmonisa akibat dari beban-beban non linier.
3. Untuk pengembangan selanjutnya, ada baiknya dilakukan pada transformator dengan rating yang lebih besar.

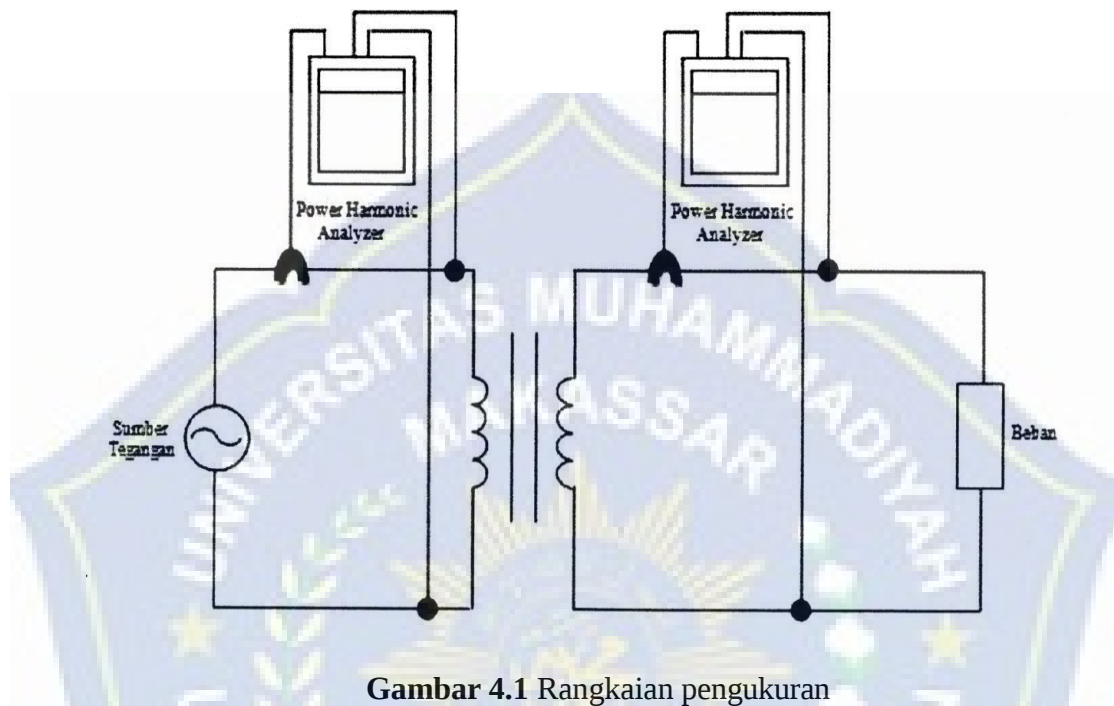


DAFTAR PUSTAKA

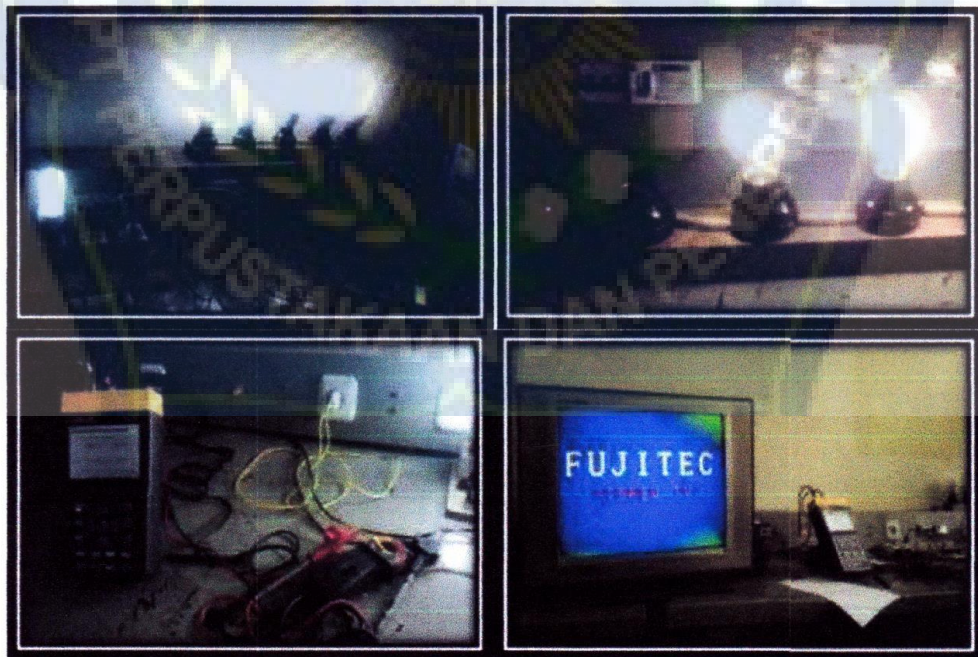
- F. Suryatmo, 2023, Teknik Listrik Instalasi Penerangan Jakarta, Renika Cipta.
- Hamzah Berahim, Ir. *Pengantar Teknik Tenaga Listrik*. Andi Offset Yogyakarta, 2023.
- Iskandar, ST. *Sistem Pembangkit pada Sarana Bantu Navigasi Pelayaran*, 2022.
- Instalasi Listrik Arus Kuat n*, Bina Cipta Bandung, 2022
- Moh. Taib Sutan Sa'ti. Fisika. CV. Mandar Maju. *Peraturan Umum Instalasi Listrik, LIPI, Jakarta* 2022.
- M. G - Say., 2022., *Electrical Engineering Reference Handbook*, 13 Thed, London, Butterworth.
- Marjunikadang, Jon. 2022. *Studi efek harmonisa akibat penggunaan lampu hemat energi (LHE) di rumah tinggal atau rumah toko (ruko)*. Other thesis, Petra Christian University.
- Peraturan Umum Instalasi Listrik Indonesia 2020 (PUID), Panitia Revisi PUIL Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta.
- Philips, 2022., *Compact Lighting Catalogue*, Jakarta.
- P. Van Harten & E. Setiawan Ir, 2022., *Instalasi Listrik Arus Kuat I*, Bandung, Bina Cipta.
- Roger C. Dugan. Mark F. McGranaghan, Surya Santoso, H. Wayne Beaty. 2022. *Electrical Power System Quality*, Second Edition. New York : McGraw-Hill.
- Terrell Croft; Clifford C. Corr; John Watt, 2021, *American Electricians Hand Book*,
- Terrell Croft; Clifford C. Corr; John Watt, 2021, *American Electricians Hand Book*,
- Zuhal, 1995. *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama
- Syafrudin, Dahaman. 2021. *Effect of harmonic current componen to active power losses on power transformer*. Proceeding 10th International Conference on Quality in Research (QIR). Depok : Engineering Center University of Indonesia

LAMPIRAN

➤ Gambar Rangkaian Pengukuran



Gambar 4.1 Rangkaian pengukuran



Gambar 4.2 Foto rangkaian pengukuran

Pada bab ini berisi tentang hasil pengukuran harmonisa pada beban linier dan beban non linier satu fasa dan analisa hasil pengukuran dan perhitungan harmonisa serta perhitungan rugi daya aktif transformator akibat pengaruh harmonisa.

➤ Hasil Pengukuran

Tabel 4.1 Pengukuran Daya Listrik pada sisi primer transformator

Beban	Daya	Tegangan (V)	Arus (A)
	P(Kw)	V_{rms}	I_{rms}
Linier	0,213	219,12	0,977
Non linier	0,212	216,72	0,889

Tabel 4.2 Pengukuran Daya Listrik pada sisi sekunder transformator

Beban	Daya	Tegangan (V)	Arus (A)
	P(Kw)	V_{rms}	I_{rms}
Linier	0,194	212,83	0,911
Non linier	0,188	224,11	1,08

Tabel 4.3 Data Harmonisa Arus pada sisi primer transformator

Beban	Pengukuran Harmonisa							
	THD _i	Arus (A)						
	(%)	I_1	I_3	I_5	I_7	I_9	I_{11}	I_{13}
Linier	5,99	0,976	0,056	0,014	0,004	0,008	0,004	0,0
Non linier	68,25	0,735	0,448	0,133	0,081	0,134	0,087	0,034

Tabel 4.4 Data Harmonisa Tegangan pada sisi primer transformator

Beban	Pengukuran Harmonisa							
	THDV	Tegangan (V)						
	(%)	V ₁	V ₃	V ₅	V ₇	V ₉	V ₁₁	V ₁₃
Linier	1,51	219,1	2,4	0,5	1,5	1,4	0,9	0,0
Non linier	1,60	216,7	2,6	0,0	1,2	1,7	0,9	0,4

Tabel 4.5 Data Harmonisa arus pada sisi sekunder transformator

Beban	Pengukuran Harmonisa							
	THDi	Arus (A)						
	(%)	I ₁	I ₃	I ₅	I ₇	I ₉	I ₁₁	I ₁₃
Linier	1,18	0,911	0,004	0,004	0,007	0,006	0,0	0,0
Non linier	72,53	0,875	0,568	0,173	0,126	0,164	0,083	0,024

Tabel 4.6 Data Harmonisa Tegangan pada sisi sekunder transformator

Beban	Pengukuran Harmonisa							
	THD,	Tegangan (V)						
	(%)	V ₁	V ₃	V ₅	V ₇	V ₉	V ₁₁	V ₁₃
Linier	1,81	212,8	3,0	1,6	1,3	1,1	0,7	0,0
Non linier	11,27	222,7	22,5	10,6	0,0	3,1	1,6	0,0



**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
UPT PERPUSTAKAAN DAN PENERBITAN**

Alamat kantor: Jl.Sultan Alauddin NO 259 Makassar 90221 Tlp (0411) 866972,881593, Fax.(0411) 865588

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIAT

UPT Perpustakaan dan Penerbitan Universitas Muhammadiyah Makassar,
Menerangkan bahwa mahasiswa yang tersebut namanya di bawah ini:

Nama : Andi Mohammad Ridwan Fikri / Muh Riswan.T

Nim : 105821111718 / 105821105618

Program Studi : Teknik Sipil Pengairan

Dengan nilai:

No	Bab	Nilai	Ambang Batas
1	Bab 1	9 %	10 %
2	Bab 2	14 %	25 %
3	Bab 3	10 %	10 %
4	Bab 4	1 %	10 %
5	Bab 5	5 %	5 %

Dinyatakan telah lulus cek plagiat yang diadakan oleh UPT- Perpustakaan dan Penerbitan
Universitas Muhammadiyah Makassar Menggunakan Aplikasi Turnitin.

Demikian surat keterangan ini diberikan kepada yang bersangkutan untuk dipergunakan
seperlunya.

Makassar, 03 Januari 2025

Mengetahui,

Kepala UPT- Perpustakaan dan Penerbitan,



Bab I Andi Mohammad Ridwan Fikri / Muh Riswan.T
105821111718 / 105821105618

ORIGINALITY REPORT



SIMILARITY INDEX

9%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS



1

eprints.polsri.ac.id
Internet Source

3%

2

jurnal.unissula.ac.id
Internet Source

3%

3

core.ac.uk
Internet Source

2%

Exclude quotes

Exclude matches

Exclude bibliographies

sub

, Bab II Andi Mohammad Ridwan Fikri / Muh Riswan.T
105821111718 / 105821105618

ORIGINALITY REPORT

14% LULUS

SIMILARITY INDEX

14%

INTERNET SOURCES

2%

PUBLICATIONS

4%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

zhagitoloh.blogspot.com
Internet Source

6%

2

www.abihamid.com
Internet Source

3%

3

globalenergizer.wordpress.com
Internet Source

3%

4

123dok.com
Internet Source

2%

5

jurnal.untad.ac.id
Internet Source

2%

Exclude quotes

Exclude bibliography

Exclude matches

Exclude bibliography

Bab III Andi Mohammad Ridwan Fikri / Muh Riswan.T
105821111718 / 105821105618

ORIGINALITY REPORT

100% LULUS

SIMILARITY INDEX INTERNET SOURCES

9%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

journal.unismuh.ac.id
Internet Source

10%

Exclude quotes

Off

Exclude bibliography

Off

Exclude matches

< 2%



Bab IV Andi Mohammad Ridwan Fikri / Muh Riswan.T
105821111718 / 105821105618



1 %

SIMILARITY INDEX

1 %

INTERNET SOURCES

0 %

PUBLICATIONS

0 %

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

core.ac.uk
Internet Source

1 %

2

revolution.allbest.ru
Internet Source

<1 %

Exclude quotes

Off

Exclude matches

Off

Exclude bibliography

Off



Bab V Andi Mohammad Ridwan Fikri / Muh Riswan.T
105821111718 / 105821105618

ORIGINALITY REPORT

5%

SIMILARITY INDEX

5%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

sukudayakagabag.blogspot.com
Internet Source

5%

Exclude quotes

Off

Exclude bibliography

Off

Exclude matches

< 2%

