

LAPORAN TUGAS AKHIR

**ANALISIS PERBANDINGAN PENERAPAN FILTER PASIF DAN
FILTER AKTIF UNTUK MENGURANGI NILAI HARMONISA
ARUS PADA SISI TEGANGAN RENDAH BOILER *PLANT* PT.
MULTIMAS NABATI ASAHAN SERANG**

**Diajukan Guna Melengkapi Sebagian Syarat Dalam Mencapai
Gelar Sarjana Strata Satu (S1)**



Disusun Oleh:

Nama : Julian Christ Excell Rondonuwu
N.I.M. : 41420120094
Pembimbing : Sulistyono, S.T., M.M.

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PERBANDINGAN PENERAPAN FILTER PASIF DAN FILTER AKTIF UNTUK MENGURANGI NILAI HARMONISA ARUS PADA SISI TEGANGAN RENDAH BOILER *PLANT* PT. MULTIMAS NABATI ASAHAN SERANG



Disusun Oleh:

Nama : Julian Christ Excell Rondonuwu
N.I.M. : 41420120094
Program Studi : Teknik Elektro

Mengetahui,

Pembimbing Tugas Akhir

(Sulistyono, S.T., M.M.)

Kaprodi Teknik Elektro

(Dr. Eko Ihsanto, ST., M.Eng)

Koordinator Tugas Akhir

(Muhammad Hafizd Ibnu Hajar, ST., M.Sc)

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Julian Christ Excell Rondonuwu
NIM : 41420120094
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Judul Tugas Akhir : Analisis Perbandingan Penerapan Filter Pasif dan Filter Aktif untuk Mengurangi Nilai Harmonisa Arus pada Sisi Tegangan Rendah Boiler *Plant* PT. Multimas Nabati Asahan Serang

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

Jakarta, 28 Januari 2023



Julian Christ Excell Rondonuwu

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Perbandingan Filter Pasif dan Filter Aktif untuk Mengurangi Nilai Harmonisa Arus pada Sisi Tegangan Rendah Boiler *Plant* PT. Multimas Nabati Asahan Serang” sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana Strata 1 (S1) pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana Jakarta.

Dalam kesempatan ini, penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada Bapak Sulistyono, S.T., M.M. selaku dosen pembimbing. Atas arahan, bantuan, serta bimbingan yang telah diberikan dengan ikhlas, penyusunan Laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

Tugas Akhir ini dapat disusun dan terselesaikan tidak lepas dari segala bantuan, arahan, bimbingan, dan petunjuk dari berbagai pihak yang sangat membantu penulis. Untuk itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Eko Ihsanto, M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana Jakarta;
2. Bapak Muhammad Hafizd Ibnu Hajar, S.T., M.Sc. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana Jakarta;
3. Bapak/Ibu Dosen Pengampu Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana Jakarta;
4. Bapak Ferdinand Rudolph Rondonuwu dan Ibu Indyah Hartami Santi selaku orang tua penulis yang selalu mendukung, mendoakan dan memberikan nasihat serta arahan dalam menyelesaikan pendidikan Sarjana Strata 1 (S1);
5. Manager Engineering PT. Multimas Nabati Asahan Serang yang telah memberikan kesempatan dan izin dalam melakukan penelitian di PT. Multimas Nabati Asahan Serang;

6. *Head of Department Electrical & Instrument* PT. Multimas Nabati Asahan Serang, Bapak Sitanala, yang telah memberikan penulis dukungan serta semangat dalam pengambilan data Tugas Akhir;
7. Tim *Electrical & Instrument* PT. Multimas Nabati Asahan Serang yang selalu memberikan dukungan dan semangat;
8. Teman-teman Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana Jakarta;
9. Saudara, keluarga, kerabat, sahabat, serta pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata, penulis berharap semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan dapat menjadi pedoman bagi pembaca dan penelitian-penelitian selanjutnya. Dengan segala kekurangan dalam laporan Tugas Akhir ini, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun supaya dapat diperbaiki sehingga dapat bermanfaat untuk ke depannya.

Jakarta, Januari 2023



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Metodologi Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.2 Beban-Beban Kelistrikan	13
2.2.1 Beban Linier	13
2.2.2 Beban Non Linier	13
2.3 Kualitas Daya Listrik	14
2.4 Gelombang Harmonisa.....	15
2.5 Sumber-Sumber Harmonisa	18
2.5.1 Konverter	18
2.5.2 Transformator	19
2.5.3 Mesin-Mesin Berputar	19
2.5.4 Tanur Busur Listrik.....	20
2.6 Indeks Harmonisa.....	20
2.6.1 <i>Total Harmonic Distortion (THD)</i>	21

2.6.2	<i>Total Demand Distortion (TDD)</i>	21
2.7	Standard Nilai <i>Total Harmonic Distortion</i>	21
2.7.1	IEEE Std. 519-2014	22
2.7.2	SPLN D5.004-1:2012	23
2.7.3	PERMEN ESDM No. 20 Tahun 2020	24
2.8	<i>Short Circuit Ratio</i>	26
2.9	Filter Harmonisa.....	27
2.9.1	Filter Pasif Hamonisa	28
2.9.2	Filter Aktif Harmonisa.....	32
2.10	Perangkat Lunak <i>Electric Transient and Analysis Program (ETAP)</i> 37	
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		40
3.1	Metode Penelitian.....	40
3.2	Diagram Alir Penelitian	40
3.3	Skema Pengambilan Data.....	42
3.4	Pengukuran dan Perhitungan.....	44
3.5	Penerapan Filter.....	45
3.6	Simulasi dan Pengujian Filter	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		47
4.1	Pengambilan Data Lapangan.....	47
4.2	Hasil Pengukuran THDi.....	48
4.3	Hasil Perhitungan Nilai <i>Short Circuit Ratio</i>	49
4.4	Analisis Aliran Beban	50
4.5	Simulasi Harmonik Sebelum Pemasangan Filter	51
4.6	Penerapan dan Perhitungan Filter Pasif <i>Single Tuned</i>	54
4.6.1	Perhitungan Nilai Kompensator Daya Reaktif (QC).....	55
4.6.2	Perhitungan Nilai <i>Rating</i> Kapasitor (C)	56
4.6.3	Perhitungan Nilai <i>Rating</i> Induktor (L)	56
4.7	Simulasi dan Pengujian Filter Pasif <i>Single Tuned</i>	58
4.8	Penerapan dan Perhitungan Filter Aktif <i>Shunt</i>	61
4.8.1	Perhitungan Tegangan DC Maksimum	61
4.8.2	Perhitungan Kapasitas Kapasitor DC- <i>Link</i>	62

4.8.3 Pembuatan Skema Transformasi <i>Clarke</i>	62
4.8.4 Pembuatan Skema P-Q	63
4.8.5 Pembuatan Skema Referensi Arus Harmonik.	63
4.9 Simulasi dan Pengujian Filter Aktif <i>Shunt</i>	64
4.10 Perbandingan Nilai Harmonisa Arus Setelah Penerapan Filter	67
BAB V PENUTUP	70
5.1 Kesimpulan.....	70
5.2 Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA	xiv
LAMPIRAN	xvii



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Karakteristik Gelombang Beban Linier	13
Gambar 2.2 Hubungan Gelombang Tegangan dan Arus Beban Non Linier	14
Gambar 2.3 Gelombang Sinusoidal yang Terdistorsi	16
Gambar 2.4 Titik Penempatan Filter Harmonisa	27
Gambar 2.5 Penempatan Filter Pasif Secara Paralel	29
Gambar 2.6 Konfigurasi Filter Pasif	29
Gambar 2.7 Konfigurasi Filter Aktif Harmonisa; (a) <i>Shunt</i> , (b) Seri	32
Gambar 2.8 Konfigurasi Filter Aktif Shunt Tiga <i>Phase</i>	33
Gambar 2.9 Tampilan Halaman Awal ETAP 12.6	38
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	41
Gambar 3.2 Fluke 1734 <i>Energy Logger</i>	44
Gambar 3.3 <i>Single Line Diagram</i> Boiler Plant	46
Gambar 4.1 Pengukuran Nilai THDi LVD Boiler Plant 1	48
Gambar 4.2 Simulasi <i>Load Flow</i> LVD Boiler Plant 1 dengan ETAP 12.6	51
Gambar 4.3 Penambahan <i>Harmonic Library</i> pada ETAP 12.6	52
Gambar 4.4 Simulasi <i>Harmonic Analysis</i> Sebelum Penerapan Filter	53
Gambar 4.5 Gelombang Arus Sebelum Penerapan Filter	53
Gambar 4.6 Bentuk Spektrum Harmonisa Arus Sebelum Penerapan Filter	54
Gambar 4.7 Penyesuaian Spesifikasi Filter Pasif pada ETAP 12.6	58
Gambar 4.8 <i>Harmonic Analysis</i> Setelah Penerapan Filter Pasif Desain ke-3	59
Gambar 4.9 Gelombang Arus Setelah Penerapan Filter Pasif	60
Gambar 4.10 Bentuk Spektrum Harmonisa Arus Setelah Penerapan Filter Pasif	60
Gambar 4.11 Blok Diagram Transformasi <i>Clarke</i> ; (a) Tegangan, (b) Arus	62
Gambar 4.12 Blok Diagram Perhitungan P-Q	63
Gambar 4.13 Blok Diagram Arus Referensi Koordinat α - β	64
Gambar 4.14 Blok Diagram Arus Referensi Koordinat a-b-c	64

Gambar 4.15 Model Rangkaian Filter Aktif Shunt.....	65
Gambar 4.16 Gelombang Arus Sumber Sebelum Penerapan Filter Aktif.....	66
Gambar 4.17 FFT <i>Analysis</i> Gelombang Arus Setelah Penerapan Filter Aktif	67



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Jurnal Penelitian Terkait	10
Tabel 2.2 Standard Distorsi Tegangan IEEE Std 519-2014.....	22
Tabel 2.3 Standard Distorsi Arus IEEE Std 519-2014.....	22
Tabel 2.4 Batasan Distorsi Harmonisa Tegangan SPLN D5.004-1:2012.....	23
Tabel 2.5 Batasan Distorsi Harmonisa Arus SPLN D5.004-1:2012.....	24
Tabel 2.6 Batas Distorsi Harmonik Tegangan Permen ESDM No. 20.....	25
Tabel 2.7 Batas Distorsi Harmonik Arus Permen ESDM No. 20.....	25
Tabel 4.1 Profil Daya Panel LVD Boiler <i>Plant 1</i>	48
Tabel 4.2 Nilai Pengukuran THDi Panel LVD Boiler <i>Plant 1</i>	49
Tabel 4.3 Perbandingan THDi Hasil Pengukuran dengan Simulasi ETAP 12.6 ..	54
Tabel 4.4 Desain Filter Pasif <i>Single Tuned</i>	57
Tabel 4.5 Hasil Simulasi Setelah Terpasang Filter Pasif <i>Single Tuned</i>	59
Tabel 4.6 Parameter Sistem Filter Aktif <i>Shunt</i>	65
Tabel 4.7 Perbandingan Nilai Total Harmonic Distortion Arus	68
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Nilai Persentase Penurunan.....	69

UNIVERSITAS
MERCU BUANA