

TUGAS AKHIR

**MITIGASI DISTORSI HARMONISA PADA
KERETA ARGO DWIPANGGA K1 DI PT INKA
(PERSERO) MADIUN**



Disusun Oleh :

MUHAMMAD MAULANA A.

NBI : 1452000059

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

2024

TUGAS AKHIR

MITIGASI DISTORSI HARMONISA PADA
KERETA ARGO DWIPANGGA K1 DI PT INKA
(PERSERO) MADIUN



Disusun Oleh :

MUHAMMAD MAULANA A.

NBI : 1452000059

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA

2024

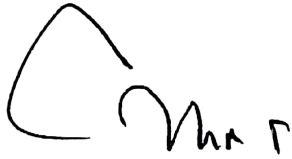
**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nama : Muhammad Maulana Alfiansyah
NBI : 1452000059
Program Studi : Elektro
Fakultas : Teknik
Judul : Mitigasi Distorsi Harmonisa Pada kereta Argo
Dwipangga K1 Di PT INKA (PERSERO)
Madiun

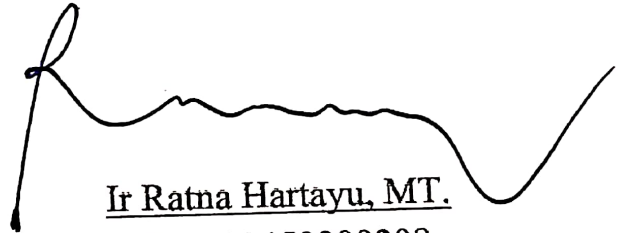
Menyetujui,

Dosen Pembimbing 1



Ir. Gatut Budiono, M.Sc.
NPP. 20450890181

Dosen Pembimbing 2



Ir Ratna Hartayu, MT.
NPP. 20450900208

Mengetahui,



Dr. Ir. Saiyo, ST., M.Kes., IPU., ASEAN Eng
NPP. 20410.90.0197

Ketua
Program Studi Teknik Elektro



Puji Slamet, S.T., M.
NPP. 0702046806

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Maulana Alfiansyah

NBI : 1452000059

Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan bahwa sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir yang berjudul:

**“Mitigasi Distorsi Harmonisa Pada kereta Argo Dwipangga K1 Di PT INKA
(PERSERO) Madiun”**

Adalah benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri. Semua referensi yang dikutip maupun yang dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar Pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 01 Juli 2024
Yang Menyatakan



Muhammad Maulana Alfiansyah
NBI. 1452000059

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN

PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMISI

Sebagai Civitas Akademika Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Maulana Alfiansyah
NBI/NPM : 1452000059
Program Studi : Teknik Elektro
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Nonexclusive Royalty-Free Right*)**, atas karya saya yang berjudul:

“Mitigasi Distorsi Harmonisa Pada kereta Argo Dwipangga K1 Di PT INKA (PERSERO) Madiun”

Dengan **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Nonexclusive Royalty-Free Right*)**, Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya berhak menyimpan, mengalihkan media atau memformatkan, mengolah dalam bentukpangkalan data (*database*), merawat, mempublikasikan karya ilmiah selama tetap tercantum.

Dibuat di : Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Pada tanggal : 01 Juli 2024

Yang Menvatakan,



Muhammad Maulana Alfiansyah
NBI. 1452000059

ABSTRAK

PT INKA (PERSERO) Madiun merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang perkeretaapian. Dalam rangka meningkatkan kualitas produknya, PT INKA terus berinovasi dan meningkatkan aspek peralatan dan kualitas. Hal ini juga meningkatkan kebutuhan sistem kelistrikan pada transportasi kereta api. Menjaga kualitas daya menjadi pertimbangan penting karena kualitas daya yang buruk dapat menyebabkan gangguan operasional, kerusakan peralatan, dan biaya tambahan yang signifikan bagi pengguna listrik. Salah satu masalah kualitas daya yang paling umum adalah distorsi harmonik. Harmonisa adalah fenomena yang disebabkan oleh beban listrik nonlinier yang bertindak sebagai sumber gelombang pada frekuensi tinggi yang merupakan kelipatan dari frekuensi fundamental. Sementara itu, salah satu produk PT INKA pada SDP kereta penumpang tipe eksekutif Argo Dwipangga diketahui memiliki nilai arus THD di atas standar IEEE 519 tahun 2014. Nilai arus pada fasa R, S, dan T masing-masing sebesar 22,19%, 23,16%, dan 21,89%. Oleh karena itu, penulis melakukan penelitian untuk mengembangkan filter yang dapat digunakan untuk mengurangi distorsi harmonisa. Berdasarkan hasil simulasi software ETAP setelah penerapan filter pasif single-tuned orde 5, didapatkan spesifikasi desain filter dengan nilai kapasitor sebesar 286,9 μF , induktor sebesar 0,001414013 H, dan nilai resistor sebesar 0,014 ohm. Besaran nilai total harmonik distorsi arus berkurang sebesar 8,33%, 9,21%, dan 9,15% untuk fasa R, S, dan T.

Kata kunci: Filter Pasif, Harmonisa, Kualitas Daya

KATA PENGANTAR

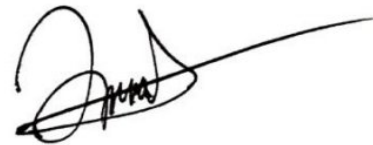
Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul: **“MITIGASI DISTORSI HARMONISA PADA KERETA ARGO DWIPANGGA K1 DI PT INKA (PERSERO) MADIUN”**. Tugas Akhir ini disusun sebagai persyaratan utama dapat mencapai Gelar Sarjana.

Penyusunan tugas akhir ini tidak akan berhasil tanpa adanya bantuan dan kerja sama dari pihak lain. Oleh karena itu, kesempatan kali ini saya ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dan mendorong terwujudnya tugas akhir ini kepada:

1. Allah SWT atas segala limpahan rahmat-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
2. Orang Tua kami tercinta ibu Mulyati yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan semangat serta material.
3. Bapak Dr. Ir. Sajiyo, M.Kes, selaku Dekan Fakultas Teknik Elektro Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
4. Bapak Ir. Gatut Budiono, M.Sc dan Bapak Reza Sarwo Widagdo, S.Tr.T., M.T. selaku dosen yang telah membimbing kami atas segala bimbingannya, arahan serta saran yang diberikan kepada penulis sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
5. Bapak Rizqi Ervani, S.T selaku pembimbing lapangan di PT INKA (PERSERO) Madiun.
6. Teman-teman Inkapride Ade, Ilham, Khaeril, Lala, Amel, Ariana, dan Elin dan Cahyo teman satu bimbingan.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah membantu penulis dalam menyusun tugas akhir.

Dalam penyusunan laporan, penulis menyadari bahwa tugas akhir yang dibuat masih jauh dari sempurna. Penulis berharap agar laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca.

Surabaya, 01 Juli 2024



Muhammad Maulana Alfiansyah

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN	iv
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I.PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Masalah.	2
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II. DASAR TEORI.....	5
2.1 <i>State of The Art</i>	5
2.2 Harmonisa.....	7
2.3 Distorsi Akibat Harmonisa	10
2.4 Indeks Harmonisa	11
2.5 Orde Harmonisa.....	13
2.6 Sumber Harmonisa.....	13
2.7 Pengaruh Harmonisa	15
2.7.1 Pengaruh Harmonisa Pada Sistem Tenaga.....	15
2.7.2 Pengaruh Harmonisa Pada Sistem Tenaga Kereta Api	16
2.7.3 Pengaruh Harmonisa Pada Transformator	17

2.7.4	Pengaruh Harmonisa Pada Penghantar.....	17
2.8	Standarisasi Harmonisa.....	19
2.8.1	Standart IEEE 519 2014.....	19
2.9	Usaha Untuk Mengurangi Harmonisa.....	21
2.10	Filter Pasif.....	21
2.11	Filter Aktif.....	24
2.11.1	Filter Aktif Shunt.....	24
2.11.2	Filter Aktif Series.....	25
BAB III. METODE PENELITIAN.....		27
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	27
3.2	Metode Penelitian.....	27
3.3	Alat dan Bahan Penelitian.....	27
3.4	Diagram Alir Penelitian.....	28
3.4.1	Studi Literatur.....	29
3.4.2	Pengambilan Data.....	30
3.4.3	Pengukuran Harmonisa.....	33
3.4.4	Menganalisa Kandungan Harmonisa.....	35
3.4.5	Solusi dan Rekomendasi Peredaman Harmonisa.....	36
3.4.6	Simulasi Filter Dengan ETAP19.....	37
3.5	Jadwal Pelaksanaan.....	38
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....		39
4.1	Analisis Arus Hubung Singkat pada Kereta Argo Dwipangga.....	39
4.2	Pengukuran Nilai <i>Individual Harmonic Distortion</i> pada SDP.....	39
4.3	Analisis <i>Total Harmonic Distortion (THD)</i> arus pada SDP.....	42
4.4	Permodelan Single Line Dengan Simulasi ETAP.....	50
4.5	Perhitungan Filter.....	51
4.5.1	Perhitungan Kapasitor.....	51
4.5.2	Perhitungan Induktor.....	52
4.5.3	Perhitungan Resistor.....	53

4.6	Perbandingan Nilai THD Berdasarkan Simulasi.....	55
4.7	Perbandingan Bentuk Waveform dan Spectrum	57
BAB V. KESIMPULAN.....		61
5.1	Kesimpulan	61
5.2	Saran	61
Daftar Pustaka.....		63
Lampiran.....		65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bentuk Gelombang Tegangan dan Arus Murni.....	8
Gambar 2.2 Bentuk Gelombang Fundamental dan Gelombang Harmonisa.	8
Gambar 2.3 Gelombang Fundamental Tegangan yang Terdistorsi oleh Harmonisa...9	
Gambar 2.4 Gelombang Fundamental Arus yang Terdistorsi oleh Harmonisa.....	9
Gambar 2.5 Distorsi Arus Akibat Beban Nonlinier	10
Gambar 2.6 Gelombang Distorsi Penjumlahan Komponen Harmonisa.....	14
Gambar 2.7 Power Faktor dengan THD.....	16
Gambar 2.8 Jenis Filter Harmonic	22
Gambar 2.9 Rangkaian Pasif filter	22
Gambar 2.10 Topologi Shunt Active Filter.....	24
Gambar 2.11 Topologi Series Active Filter	25
Gambar 3.1 Clam Power Meter Hioki3286.....	28
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian.....	29
Gambar 3.3 Gerbong Kereta Argo Dwipangga K1	30
Gambar 3.4 Single Line Diagram SDP Argo Dwipangga K1	31
Gambar 3.5 Design Generator Diesel.....	31
Gambar 4.1 Pengukuran pada phasa R-S	45
Gambar 4.2 Grafik Analisa THD Arus	49
Gambar 4.3 Grafik Analisa THD Tegangan	49
Gambar 4.4 Permodelan Single Line pada SDP Argo Dwipangga	50
Gambar 4.5 Spesifikasi Filter Pasif Single Tuned Berdasarkan ETAP19.....	54
Gambar 4.6 Load Flow total harmonik Setelah Dipasang Filter	56
Gambar 4.7 Load Flow analisis sebelum diimplementasikannya filter.....	56
Gambar 4.8 Load Flow analisis setelah diimplementasikannya filter	57
Gambar 4.9 Bentuk gelombang arus sebelum pemasangan filter	57
Gambar 4.10 Bentuk gelombang arus sesudah pemasangan filter	58
Gambar 4.11 Spectrum IHD arus pada orde ke-5 (250Hz) sebelum dipasang filter.....	58
Gambar 4.12 Spectrum IHD arus pada orde ke-5 (250Hz) setelah dipasang filter	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Polaritas Orde Harmonisa	13
Tabel 2.2 Standart Harmonisa Arus dengan nilai 120v-69Kv.	19
Tabel 2.3 Standart Harmonisa Arus dengan nilai 69Kv-161Kv.....	19
Tabel 2.4 Standart Harmonisa Arus dengan nilai > 161Kv.....	19
Tabel 2.5 Standart Harmonisa Tegangan.	20
Tabel 3.1 Spesifikasi beban pada kereta Argo Dwipangga.....	32
Tabel 3.2 Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	38
Tabel 4.1 Pengukuran IHD Arus pada SDP.....	39
Tabel 4.2 Pengukuran IHD Tegangan pada SDP.....	41
Tabel 4.3 Data Hasil Pengukuran Phasa – Phasa pada SDP.....	44
Tabel 4.4 Data Hasil Pengukuran Phasa – Netral pada SDP.....	45
Tabel 4.5 Pembebanan pada panel SDP.....	46
Tabel 4.6 Analisa THD Arus pada SDP.....	47
Tabel 4.7 Analisa THD Tegangan pada SDP.....	48
Tabel 4.8 Spesifikasi Filter Pasif Berdasarkan Perhitungan.	54
Tabel 4.9 Perbandingan Nilai Total Harmonik Distorsi.....	55

Halaman ini sengaja dikosongakan