

**ANALISA HARMONISA DAN SIMULASI FILTER PASIF  
PADA KAWAT NETRAL BTS DI GEDUNG PRODI TEKNIK  
MESIN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS KRISTEN  
INDONESIA JAKARTA**

**SKRIPSI**

Oleh:

**JEKSON SUPARDI MALAU**

**NIM: 1952050006**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA  
JAKARTA**

**2023**

**ANALISA HARMONISA DAN SIMULASI FILTER PASIF  
PADA KAWAT NETRAL BTS DI GEDUNG PRODI TEKNIK  
MESIN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS KRISTEN  
INDONESIA JAKARTA**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan akademik guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.)  
pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia

Oleh:

**JEKSON SUPARDI MALAU**

**NIM: 1952050006**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA  
JAKARTA  
2023**



PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Jekson Supardi Malau

NIM : 1952050006

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis tugas akhir yang berjudul "ANALISA HARMONISA DAN SIMULASI FILTER PASIF PADA KAWAT NETRAL BTS DI GEDUNG PRODI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA JAKARTA" adalah:

1. Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan hasil kuliah, tinjauan lapangan, buku-buku dan jurnal acuan yang tertera di dalam referensi pada karya tugas akhir saya.
2. Bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di universitas lain, kecuali pada bagian-bagian sumber informasi yang dicantumkan dengan cara referensi yang semestinya.
3. Bukan merupakan karya terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera di dalam referensi pada tugas.

Kalau terbukti saya tidak memenuhi apa yang dinyatakan di atas, maka karya tugas akhir ini dianggap batal.

Jakarta, 26 Juni 2023



Jekson Supardi Malau



**UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA  
FAKULTAS TEKNIK**

**PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR**

**ANALISA HARMONISA DAN SIMULASI FILTER PASIF PADA KAWAT  
NETRAL BTS DI GEDUNG PRODI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA JAKARTA**

Nama : Jekson Supardi Malau  
NIM : 1952050006  
Program Studi : Teknik Elektro  
Peminatan : Teknik Energi Listrik

Telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan dan dipertahankan dalam Sidang Tugas Akhir guna mencapai gelar Sarjana Strata Satu pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia.

Jakarta, 26 Juni 2023

Menyetujui,

Pembimbing I

Ir. Robinson Purba, MT  
NIDN: 0307015102

Kaprodi Teknik Elektro



Pembimbing II

Eva Magdalena Silalahi, ST, MT  
NIDN: 0328087408

Dekan Fakultas Teknik



Dicky Antonius, ST, M.Sc.  
NIDN: 0301218801



PERSETUJUAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Pada tanggal 26 Juni 2023 telah diselenggarakan Sidang Tugas Akhir untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik guna memperoleh gelar Sarjana Strata Satu pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia, atas nama:

Nama : Jekson Supardi Malau  
NIM : 1952050006  
Program Studi : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik

termasuk ujian Tugas Akhir yang berjudul “ANALISA HARMONISA DAN SIMULASI FILTER PASIF PADA KAWAT NETRAL BTS DI GEDUNG PRODI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA JAKARTA” oleh tim penguji yang terdiri dari:

Nama Penguji	Jabatan dalam Tim Penguji	Tanda Tangan
1. Ir. Bambang Widodo, MT	sebagai Ketua	(.....)
2. Ir. Robinson Purba, MT	sebagai Anggota	(.....)
3. Eva Magdalena Silalahi, ST, MT	sebagai Anggota	(.....)
4. Susilo, S.Kom, MT	sebagai Anggota	(.....)

Jakarta, 26 Juni 2023





**PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Jekson Supardi Malau

NIM : 1952050006

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Elektro

Jenis Tugas Akhir : Skripsi

Judul : ANALISA HARMONISA DAN SIMULASI FILTER PASIF  
PADA KAWAT NETRAL BTS DI GEDUNG PRODI  
TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS  
KRISTEN INDONESIA JAKARTA

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir tersebut adalah benar karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar akademik di perguruan tinggi manapun;
2. Tugas akhir tersebut bukan merupakan plagiat dari hasil karya pihak lain, dan apabila saya mengutip dari karya orang lain maka akan dicantumkan sebagai referensi sesuai dengan ketentuan yang berlaku;
3. Saya memberikan Hak Noneksklusif Tanpa Royalti kepada Universitas Kristen Indonesia yang berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilih hak cipta.

Apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran Hak Cipta dan Kekayaan Intelektual atau Peraturan Perundangan-undangan Republik Indonesia lainnya dan integritas akademik dalam karya saya tersebut, maka saya bersedia menanggung secara pribadi segala bentuk tuntutan hukum dan sanksi akademis yang timbul serta membebaskan Universitas Kristen Indonesia dari segala tuntutan hukum yang berlaku.

Dibuat di Jakarta, 26 Juni 2023



Jekson Supardi Malau

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yesus Kristus karena atas berkat dan anugerah-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini dengan baik. Dimana penyusunan tugas akhir ini di susun untuk memenuhi persyaratan guna memperoleh gelar sarjana strata satu (S1) Teknik Elektro (ST) pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia, dengan judul: **Analisa Harmonisa Dan Simulasi Filter Pasif Pada Kawat Netral BTS Di Gedung Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia Jakarta.**

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna, dan penulis juga menyadari bahwa penyusunan tugas akhir ini selesai karena tidak terlepas dari berbagai pihak yang telah memberikan bimbingan, dukungan, semangat, dan doa kepada penulis. Oleh sebab itu, pada kesempatan ini dengan segala kerendahan dan ketulusan hati, penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Robinson Purba, MT selaku dosen pembimbing I dan Ibu Eva Magdalena Silalahi, ST, MT selaku dosen pembimbing II yang selalu memberikan bimbingan kepada penulis dari awal hingga akhir penulisan tugas akhir ini.
2. Bapak Agustinus Malau dan Rentina Pardosi selaku orang tua yang selalu memberikan dukungan doa, finansial, motivasi, semangat, dan nasehat kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Antonius Prasetyo dan David Melanius Nai yang telah membantu memahami *software* matlab/simulink.
4. Sali Afridika yang telah membantu untuk berdiskusi terkait penulisan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih belum sempurna baik dari segi materi maupun dari segi penyajian. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun. Penulis berharap bahwa tugas akhir ini dapat bermanfaat dan memberikan pengetahuan yang baru bagi pembaca. Akhir kata, dengan penuh rasa syukur penulis mengucapkan terima kasih yang setulusnya kepada semua pihak.

Jakarta, 26 Juni 2023

Jekson Supardi Malau





## DAFTAR ISI

<b>PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....</b>	<b>ii</b>
<b>PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR .....</b>	<b>iii</b>
<b>PERSETUJUAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR.....</b>	<b>iv</b>
<b>PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I.....</b>	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Metode Penelitian.....	4
1.7 Sistematika Penulisan.....	5
<b>BAB II .....</b>	<b>6</b>
<b>LANDASAN TEORI.....</b>	<b>6</b>
2.1 Pendahuluan .....	6
2.2 Sistem 3 Fasa 4 Kawat .....	6
2.3 Kualitas Daya .....	9
2.3.1 Pengertian Harmonisa.....	10
2.3.2 Orde Harmonisa.....	11
2.4 Sumber harmonisa.....	13
2.4.1Beban Listrik Linier .....	13
2.4.2Beban listrik non linier .....	14
2.5 Parameter Harmonisa .....	15
2.5.1 <i>Individual Harmonik Distortion (IHD)</i> .....	15
2.5.2 <i>Total Harmonic Distortion (THD)</i> .....	15
2.5.3 <i>Root Means Square (RMS)</i> .....	16

2.6	Standar Harmonisa .....	17
2.7	Arus Netral .....	20
2.8	<i>Base Transceiver Station</i> (BTS).....	21
2.8.1.	Pengertian Menara BTS.....	21
2.8.2.	Macam-Macam Menara BTS.....	22
2.8.3.	Komponen pada menara BTS .....	23
2.9	Filter Harmonisa.....	25
2.10	MATLAB .....	28
2.10.1	Simulink MATLAB .....	30
2.10.2	<i>Fast Fourier Transceiver</i> (FFT) .....	33
<b>BAB III</b>	.....	<b>35</b>
<b>METODE PENELITIAN</b>	.....	<b>35</b>
3.1.	Metode Penelitians .....	35
3.2.	Prosedur pengambilan data pada BTS.....	37
3.3.	Prosedur Pengukuran.....	40
3.4.	Pengumpulan dan Analisa Data .....	41
<b>BAB IV</b>	.....	<b>42</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	.....	<b>42</b>
4.1	Pendahuluan .....	42
4.2	Data Hasil Pengukuran.....	42
4.3	Pengolahan data dan hasil .....	44
4.3.1.	Pengolahan Data Harmonisa Tegangan dalam bentuk Grafik.....	45
4.3.2.	Pengolahan Data Harmonisa Arus dalam bentuk Grafik.....	45
4.3.3.	Penentuan batas THD maksimum.....	46
4.3.4.	Pengolahan Data hasil pengukuran dengan Simulasi MATLAB .....	49
4.3.5.	Bentuk Gelombang dan besar THDi menggunakan FFT analysis pada Simulink MATLAB .....	55
4.3.6.	Perbandingan Tingkat Persentase THDi.....	59
4.4	Analisis Terhadap Hasil Pengolahan Data dan Simulasi FFT Simulink MATLAB .....	60
<b>BAB V</b>	.....	<b>63</b>
<b>KESIMPULAN</b>	.....	<b>63</b>
5.1.	Kesimpulan.....	63
5.2.	Saran.....	63

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>64</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>71</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Polaritas komponen harmonisa .....	12
Tabel 2. 2 Akibat polaritas komponen harmonisa .....	12
Tabel 2. 3 Batasan Harmonisa tegangan untuk distribusi tegangan rendah (low voltage) revisi IEEE-519 2014.....	19
Tabel 4. 1 Hasil pengukuran parameter utama pada BTS.....	42
Tabel 4. 2 Data THDv hasil pengukuran. ....	43
Tabel 4. 3 Data THDi Hasil Pengukuran Arus .....	43
Tabel 4. 4 pengukuran THD tegangan dengan standard IEEE 519-2014.....	46
Tabel 4. 5 pengukuran THD Arus dengan standard IEEE 519-2014.....	48
1 4. 6 Nilai kapasitor dan induktor pada Filter Pasif LC.....	53
Tabel 4. 7 Perbandingan arus harmonisa hasil simulasi dengan filter pasif single tuned LC terhadap arus harmonisa hasil pengukuran .....	59
Tabel 4. 8 Pengukuran hasil simulasi dengan filter pasif single tuned LC sesuai standar IEEE 519-2014 .....	61

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sumber 3 fasa .....	7
Gambar 2. 2 Beban Terhubung Y .....	8
Gambar 2. 3 fasor tegangan dan arus beban terhubung bintang .....	9
Gambar 2. 4 Gelombang sinusoidal murni terdistori .....	10
Gambar 2. 5 Frekuensi Fundamental .....	11
Gambar 2. 6 gelombang arus dan tegangan pada beban linier.....	13
Gambar 2. 7 gelombang arus dan tegangan pada beban non linier .....	14
Gambar 2. 8 Titik PCC setelah sisi sekunder transformator distribusi dimana terdapat beberapa beban yang disuplai .....	17
Gambar 2. 9 Gambar 2. 9 Arus netral yang tinggi pada rangkaian yang melayani beban nonlinier single-phase.....	20
Gambar 2. 10 Komponen BTS dan cara kerja BTS .....	23
Gambar 2. 11 Rangkaian Impedansi Filter Pasif LC .....	26
Gambar 2. 12 Inductor- RLC Branch.....	31
Gambar 2. 13 Capacitor-RLC Branch.....	31
Gambar 2. 14 AC Current Source .....	31
Gambar 2. 15 AC Voltage Source.....	32
Gambar 2. 16 Scope .....	32
Gambar 2. 17 Voltage Measurement .....	33

Gambar 2. 18 Current Measurement.....	33
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian peningkatan arus netral BTS. ....	36
Gambar 3. 2 Alat ukur PQA Kyoritsu Kew 6315 yang digunakan.....	37
Gambar 3. 3 Wiring Diagram KWH Meter Pada BTS .....	38
Gambar 3.4 Rangkaian pengukuran berdasarkan Quick Manual PQA Kyoritsu KEW6315 .....	38
Gambar 3. 5 ACPDB Sigle Line Diagram pada BTS .....	39
Gambar 4. 1 Grafik Hasil Pengukuran THDv.....	45
Gambar 4. 2 Grafik Hasil Pengukuran THDi.....	46
Gambar 4. 3 Rangkaian simulasi arus sebagai sumber harmonisa .....	49
Gambar 4. 4 Rangkaian simulasi MATLAB tanpa filter .....	50
Gambar 4. 5 Bentuk gelombang tegangan (atas) dan bentuk gelombang arus (bawah) sebelum pemasangan filter pasif single tuned LC. ....	50
Gambar 4. 6 Rangkaian Filter Pasif single tuned LC pada Simulasi MATLAB ..	51
Gambar 4. 7 Rangkaian simulasi MATLAB dengan filter pasif single tuned LC	54
Gambar 4. 8 Bentuk gelombang tegangan (atas) dan gelombang arus (bawah) setelah pemasangan filter pasif LC .....	54
Gambar 4. 9 Spektrum frekuensi arus harmonisa sebelum menggunakan filter pasif single tuned LC pada FFT analysis dalam bentuk bar. ....	55
Gambar 4. 10 Spektrum frekuensi arus harmonisa setelah menggunakan filter pasif single tuned LC pada FFT analysis dalam bentuk bar .....	56
Gambar 4. 11 Bentuk gelombang dan besar THDi sebelum menggunakan filter pasif single tuned LC pada FFT analysis dalam bentuk list.....	56



Gambar 4. 12 (lanjutan) Bentuk gelombang dan besar THDi sebelum menggunakan filter pasif single tuned LC pada FFT analysis dalam bentuk list.	57
Gambar 4. 13 Bentuk gelombang dan besar THDi setelah menggunakan filter pasif single tuned LC pada FFT analysis dalam bentuk list.....	58
Gambar 4. 14 (lanjutan) Bentuk gelombang dan besar THDi setelah menggunakan filter pasif single tuned LC pada FFT analysis dalam bentuk list.....	58
Gambar 4. 15 Grafik perbandingan THDi sebelum (biru) dan setelah (orange) menggunakan filter pasif single tuned LC .....	60
Gambar 4. 16 Tingkat THDi pada orde ke 3 dan orde ke 9 .....	62



## DAFTAR SINGKATAN

BTS	<i>Base Transceiver Station</i>
THD	<i>Total Harmonic Distortion</i>
THDi	<i>Total Harmonic Distortion Arus</i>
THDV	<i>Total Harmonic Distortion Tegangan</i>
IHD	<i>Individual Harmonic Distortion</i>
RMS	<i>Root Means Square</i>
TPF	<i>True Power Factor</i>
DPF	<i>Distortion Power Factor</i>
PF	<i>Power Factor</i>
PLN	Perusahaan Listrik Negara
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
PQA	<i>Power Quality Analyzer</i>
PCC	<i>Point of Common Coupling</i>
V	Tegangan (Volt)
I	Arus (Ampere)
P	Daya Rata-rata (Watt)
Q	Daya Reaktif (VAR)

## DAFTAR LAMPIRAN

Gambar A 1 Gelombang Tegangan dan arus hasil pengukuran.....	65
Gambar A 2 Grafik spektrum THD <sub>v</sub> .....	65
Gambar A 3 Grafik spektrum THD <sub>i</sub> .....	66
Gambar A 4 Parameter pengukuran PQA.....	66
Gambar A 5 Diagram fasor tegangan dan arus hasil pengukuran PQA.....	72
Gambar B 1 Tampilan BTS yang menjadi objek penelitian .....	67
Gambar B 2 Wiring Diagram Kwh meter BTS.....	67
Gambar B 3 Kotak Panel hubung listrik pada BTS .....	68
Gambar B 4 . Proses pengambilan data .....	68

## ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan terhadap BTS di Gedung Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik UKI, Jakarta dengan tujuan untuk mengetahui harmonisa pada kawat netral BTS yang mencakup tingkat distorsi tegangan dan arus akibat pemakaian komponen listrik yang bersifat nonlinier pada BTS. Dalam penelitian ini, standar yang digunakan sebagai acuan, adalah standar IEEE 519-2014. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, ditemukan bahwa Total Harmonic Distortion Current (THDi) pada BTS sebesar 224,72% dan tidak memenuhi standar. Arus harmonisa dominan yaitu orde ke-3 dengan THDi 219,02% dan orde ke-9 dengan THDi 47,56% yang melebihi batas standar IEEE 519-2014. Dan Total Harmonic Distortion Voltage (THDv) 1,59% dan memenuhi standar. Hasil simulasi filter pasif single tuned LC mampu mereduksi tingkat THDi arus yang mengalir pada BTS sebesar 217,66% dengan menggunakan software Matlab/Simulink. Arus yang mengalir pada kawat netral berdasarkan pengukuran sebesar 1,1 ampere dengan nilai THDi 224,72%, dan setelah difilter, THDi turun menjadi 7,06%, namun masih belum memenuhi standar. Arus harmonisa dominan yang mengalir pada kawat netral adalah orde ke-3 dengan THDi 219,02% dan orde ke-9 dengan THDi 47,56%, yang melebihi batas standar dan THDv keseluruhan sebesar 1,59%.

**Kata Kunci:** Arus Netral, *Base Transceiver Station*, Filter, Harmonisa, Matlab

## **ABSTRACT**

*This research was conducted on BTS in the Mechanical Engineering Study Program Building, Faculty of Engineering, UKI, Jakarta with the aim of knowing the harmonics on the neutral wire of BTS which includes the level of voltage and current distortion due to the use of non-linear electrical components in BTS. In this study, the standard used as a reference is the IEEE 519-2014 standard. Based on the results of the research conducted, it was found that the Total Harmonic Distortion Current (THDi) at BTS was 224.72% and did not meet the standards. The dominant harmonic currents are 3rd order with 219.02% THDi and 9th order with 47.56% THDi which exceed the IEEE 519-2014 standard limits. And Total Harmonic Distortion Voltage (THDv) is 1.59% and meets the standard. The simulation results of a single tuned LC passive filter can reduce the THDi level of the current flowing in the BTS by 217.66% using Matlab/Simulink software. The current flowing in the neutral wire is based on a measurement of 1.1 amperes with a THDi value of 224.72%, and after being filtered, the THDi drops to 7.06%, but still does not meet the standard. The dominant harmonic currents flowing in the neutral wire are 3rd order with 219.02% THDi and 9th order with 47.56% THDi, which exceed the standard limit and 1.59% overall THDv.*

**Keywords:** *Neutral Current, Base Transceiver Station, Filter, Harmonics, Matlab*