

**ANALISA HARMONISA DAN SIMULASI FILTER AKTIF
SHUNT PADA *BASE TRANSCEIVER STATION* (BTS) DI
GEDUNG PRODI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA (UKI) JAKARTA
MENGUNAKAN MATLAB SIMULINK**

SKRIPSI

Oleh:

DAVID MELANIUS NAI

NIM: 1952050001



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

**ANALISA HARMONISA DAN SIMULASI FILTER AKTIF
SHUNT PADA *BASE TRANSCEIVER STATION* (BTS) DI
GEDUNG PRODI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA (UKI) JAKARTA
MENGUNAKAN MATLAB SIMULINK**

SKRIPSI

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

Oleh:

DAVID MELANIUS NAI

NIM: 1952050001



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



PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : David Melanius Nai
NIM : 1952050001
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis tugas akhir yang berjudul "ANALISA HARMONISA DAN SIMULASI FILTER AKTIF *SHUNT* PADA *BASE TRANSCIVER STATION* (BTS) DI GEDUNG PRODI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA (UKI) JAKARTA MENGGUNAKAN MATLAB SIMULINK" 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



David Melanius Nai



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK

PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR

ANALISA HARMONISA DAN SIMULASI FILTER AKTIF *SHUNT* PADA
BASE TRANSCEIVER STATION (BTS) DI GEDUNG PRODI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA (UKI)
JAKARTA MENGGUNAKAN MATLAB SIMULINK

Oleh :

Nama : David Melanius Nai
NIM : 1952050001
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

Pembimbing II

(Eva Magdalena Silalahi, ST, MT)
NIDN : 0328087408

Ketua Program Studi Teknik
Elektro,

(Dr. Bambang Wulodo, MT)
NIDN : 032612610

Dekan Fakultas Teknik

(Dicky Antonius, ST, M.Sc)
NIDN : 032612610







PERSETUJUAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Pada hari Senin, 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 : David Melanius Nai
NIM : 1952050001
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik

termasuk ujian Tugas Akhir yang berjudul "ANALISA HARMONISA DAN SIMULASI FILTER AKTIF *SHUNT* PADA *BASE TRANSCIEVER STATION* (BTS) DI GEDUNG PRODI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA (UKI) JAKARTA MENGGUNAKAN MATLAB SIMULINK" oleh tim penguji yang terdiri dari:

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

Jakarta, 26 Juni 2023



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK

PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : David Melanius Nai
NIM : 1952050001
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro
Jenis Tugas Akhir: Skripsi
Judul : ANALISA HARMONISA DAN SIMULASI FILTER AKTIF *SHUNT*
PADA *BASE TRANSCEIVER STATION* (BTS) DI GEDUNG PRODI
TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS KRISTEN
INDONESIA (UKI) JAKARTA MENGGUNAKAN MATLAB
SIMULINK

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/kami 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



David Melanius Nai

KATA PENGANTAR

Puji serta syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas seluruh berkat serta rahmat- Nya sehingga penulis dapat menuntaskan Tugas Akhir ini dengan baik. Tugas Akhir ini ialah kurikulum yang wajib dipenuhi untuk memenuhi ketentuan menuntaskan pendidikan sarjana pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik UKI. Judul Tugas Akhir ini yaitu: “Analisa Harmonisa dan Simulasi Filter Aktif *Shunt* Pada *Base Transceiver Station* (BTS) Di Gedung Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia (UKI) Jakarta Menggunakan Matlab Simulink”.

Penulis banyak mendapat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, maka dari itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada beberapa pihak, yaitu:

1. Bapak Ir. Robinson Purba, M.T selaku dosen pembimbing I dan Ibu Eva Magdalena Silalahi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan bantuan dan bimbingan dalam penulisan Tugar Akhir ini.
2. Bapak Step Ewang dan Ibu Mintarsih selaku orangtua yang selalu memberikan dukungan doa, finansial, motivasi, semangat, dan nasehat kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Judo Nempung S.T., M.T. yang telah membantu memahami prinsip kerja filter aktif shunt.
4. Bapak Antonius Prasetyo yang telah membantu memahami *software* matlab simulink.
5. Saudara Jekson Supardi Malau yang telah membantu untuk berdiskusi terkait penulisan Tugas Akhir ini.

Jakarta, 26 Juni 2023

(David Melanius Nai)

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TUGAS AKHIR.....	ii
PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR	iii
PERSETUJUAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR.....	iv
PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR SINGKATAN.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Metode Penelitian.....	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	5
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1. Pendahuluan	7
2.2. Kualitas Daya Listrik	7
2.3. Sumber Harmonisa	11
2.4. Parameter Harmonisa	13
2.5. Daya dan Faktor Daya.....	20
2.6. <i>Base Transceiver Station</i> (BTS).....	23

2.7. Filter Reduksi Harmonik.....	26
2.8. Matlab Simulink.....	32
BAB III METEDOLOGI PENELITIAN.....	34
3.1. Umum.....	34
3.2. Alat Ukur dan Rangkain Pengukuran Pada BTS	37
3.3. Prosedur Pengukuran.....	40
3.4. Mengumpulkan Data Hasil.....	42
3.5. Menganalisa Data Hasil Pengukuran	43
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	44
4.1. Deskripsi Data Secara Umum	44
4.2. Data Hasil Pengukuran.....	44
4.3. Pengolahan Data Hasil Pengukuran	47
4.4. Analisa Pengolahan Data	60
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	70
5.1. Kesimpulan.....	70
5.2. Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN.....	74

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Orde Harmonisa ^[10]	9
Tabel 2.2 Dampak Polaritas Komponen Harmonisa.....	10
Tabel 2.3 Batas Harmonisa Tegangan Distribusi Tegangan Rendah (<i>Low Voltage</i>) Revisi IEEE 519-2014 ^[5] :	19
Tabel 2.4 Batas Distorsi Arus untuk Sistem Distribusi Umum (120V hingga 69.0kV) ^[5]	19
Tabel 2.5 Komponen Matlab Simulink.....	32
Tabel 4.1 Hasil Data Pengukuran Sistem.....	44
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Harmonisa Tegangan.....	45
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Harmonisa Arus.....	46
Tabel 4.4 Nilai Harmonisa Tegangan Orde ke 1-15 dan Standar IEEE 519-2014	54
Tabel 4.5 Nilai Harmonisa Arus Orde ke- 1-15 dan Standar IEEE 519-2014.....	56
Tabel 4.6 Perbandingan Nilai Harmonisa Arus Sebelum dan Sesudah Menggunakan Filter Dalam Persen (%).....	67
Tabel 4.7 Perbandingan Nilai Harmonisa Arus Sebelum dan Sesudah Menggunakan Filter Dalam Ampere (A).....	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Gelombang Sinusoidal Terdistorsi ^[11]	8
Gambar 2. 2 Bentuk Gelombang Sinusoidal(a), Bentuk Gelombang Terdistorsi(b) ^[12]	8
Gambar 2.3 Rangkain beban linier yang terdiri dari kombinasi capasitor dan resistor (a), Bentuk gelombang yang dihasilkan (b)	11
Gambar 2.4 Rangkain beban nonlinier yang terdiri dari dioad(a), Bentuk gelombang tegangan (ungu) dan arus (pink) yang dihasilkan (b) ^[21]	12
Gambar 2.5 Segitiga Daya	21
Gambar 2.6 Hubungan Filter Harmonisa Pasif secara Umum	27
Gambar 2. 7 Karakteristik Filter Aktif <i>Lowpass</i> ^[19]	28
Gambar 2.8 Karakteristik Filter Aktif <i>Highpass</i> ^[19]	29
Gambar 2.9 Karakteristik Filter Aktif <i>Bandpass</i> ^[19]	30
Gambar 2.10 Karakteristik Filter Aktif <i>Bandreject</i> ^[19]	30
Gambar 2.11 Rangkain Filter Aktif <i>Shunt</i> ^[20]	31
Gambar 3.1 Diagram Alir	36
Gambar 3.2 Alat ukur PQA Kyoritsu KEW 6315 yang digunakan serta konsep pemasangan clamp arus, penjepit tegangan dan kabel power ^[23]	37
Gambar 3.3 Rangkaian pengukuran berdasarkan Quick Manual PQA Kyoritsu KEW6315 3P4W (3 phase 4 wire) ^[23]	38
Gambar 3.4 ACPDB Wiring Diagram	38
Gambar 3.5 Rangkaian BTS dan simulasi pengukuran menggunakan alat ukur PQA ^[24]	39
Gambar 3.6 Diagram Prosedur Penggunaan Alat Ukur <i>Power Quality Analyzer</i> (PQA) Kyoritsu 6315 ^[23]	41
Gambar 4.1 Grafik Batang (Bar Graph) Harmonisa Tegangan Fasa R (a) dan dalam persen (%) (b)	48
Gambar 4.2 Grafik Batang (Bar Graph) Harmonisa Arus Fasa R (a) dan dalam persen (%) (b)	49
Gambar 4.3 Grafik Batang (Bar Graph) Harmonisa Tegangan Fasa S (a) dan dalam persen (%) (b)	50
Gambar 4.4 Grafik Batang (Bar Graph) Harmonisa Arus Fasa S (a) dan dalam persen (%) (b)	51
Gambar 4.5 Grafik Batang (Bar Graph) Harmonisa Tegangan Fasa T (a) dan dalam persen (%) (b)	52
Gambar 4.6 Grafik Batang (Bar Graph) Harmonisa Arus Fasa T (a) dan dalam persen (%) (b)	53
Gambar 4.7 Rangkaian Simulasi Tanpa Filter	59
Gambar 4.8 Rangkain Simulasi Menggunakan Filter	60
Gambar 4.9 Tampilan Bentuk Gelombang Arus dan <i>Bar Chart</i> Sebelum Menggunakan Filter Aktif <i>Shunt</i> (a), Sesudah Menggunakan Filter Filter Aktif	

<i>Shunt</i> (b), Chart Perbandingan antara Sebelum dan Sesudah Menggunakan Filter Aktif <i>Shunt</i> (c) pada Fasa R	62
Gambar 4.10 Tampilan Bentuk Gelombang Arus dan Bar Chart Sebelum Menggunakan Filter Aktif <i>Shunt</i> (a), Sesudah Menggunakan Filter Filter Aktif <i>Shunt</i> (b), Chart Perbandingan antara Sebelum dan Sesudah Menggunakan Filter Aktif <i>Shunt</i> (c) pada Fasa S.....	64
Gambar 4.11 Tampilan Bentuk Gelombang Arus dan Bar Chart Sebelum Menggunakan Filter Aktif <i>Shunt</i> (a), Sesudah Menggunakan Filter Filter Aktif <i>Shunt</i> (b), Chart Perbandingan antara Sebelum dan Sesudah Menggunakan Filter Aktif <i>Shunt</i> (c) pada Fasa T	66
Gambar 4.12 Perbandingan Gelombang Sebelum (a), dan Sesudah (b) Menggunakan filter	68



DAFTAR SINGKATAN

BTS	<i>Base Transceiver Station</i>
THD	<i>Total Harmonic Distortion</i>
THD_I	<i>Total Harmonic Distortion Arus</i>
THD_V	<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>
PCC	<i>Point of Common Coupling</i>
V	Tegangan (volt)
I	Arus (ampere)
P	Daya Nyata (watt)
Q	Daya Reaktif (VAR)
S	Daya Semu (VA)
f	Frekuensi (Hertz)
I_{sc}	Arus hubung-singkat pada PCC (Ampere)
I_L	Arus beban pada PCC (Ampere)

DAFTAR LAMPIRAN

Gambar A.1 Gelombang Tegangan Hasil Pengukuran PQA	74
Gambar A.2 Gelombang Arus Hasil Pengukuran PQA	74
Gambar B.1 Tampilan BTS yang menjadi objek penelitian	75
Gambar B.2 Wiring Diagram Kwh Meter BTS	75
Gambar B.3 Kotak Panel Hubung Listrik Pada BTS	76
Gambar B.4 Proses Pengambilan Data	76
Gambar C.1 Gelombang Arus Hasil Simulasi Matlab Sebelum Menggunakan Filter Pada Fasa R, S, dan T	77
Gambar C.2 Gelombang Arus Hasil Simulasi Matlab Sesudah Menggunakan Filter Pada Fasa R, S, dan T	77



ABSTRAK

Di era modern ini elektronika daya banyak digunakan dalam peralatan listrik yang cenderung bersifat tidak linear, mengakibatkan gelombang arus tidak sama dengan gelombang tegangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui harmonisa yang ditimbulkan oleh BTS yang mencakup tingkat distorsi harmonisa tegangan dan arus akibat pemakaian energi listrik pada BTS. Penelitian dilakukan terhadap BTS di Gedung Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik UKI, Jakarta. Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada BTS di temukan bahwa THD_V untuk fasa R, S dan T sebesar 1,62%, 1,39% dan 1,34% yang masih memenuhi standar IEEE 519-2014, sedangkan nilai THD_I untuk fasa R, S dan T sebesar 6,20%, 5,93% dan 5,57% yang tidak memenuhi standar IEEE 519-2014, dengan harmonisa dominan terjadi pada orde ke-3 sebesar 4,76%, 4,61% dan 4,65% untuk fasa R, S dan T. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai TPF untuk fasa R, S dan T sebesar 0,93, 0,75 dan 0,96, untuk fasa R dan T memenuhi standar faktor daya PLN, sedangkan fasa S tidak memenuhi. Berdasarkan hasil simulasi rancang filter aktif *shunt* menggunakan matlab, diperoleh nilai THD_I sesudah menggunakan filter aktif *shunt* untuk fasa R, S dan T bernilai 0,15%, 0,68% dan 0,59% yang telah memenuhi standar IEEE 519-2014, serta nilai harmonisa arus dominan menunjukkan bahwa orde ke-3 juga memenuhi standar IEEE 519-2014 dengan tingkat harmonisa sebesar 0,01%, 0% dan 0,01% untuk fasa R, S dan T.

Kata kunci: Harmonisa, THD_I , THD_V , Beban nonlinier, Filter Aktif *shunt*.

ABSTRACT

In the modern era, power electronics are widely used in electrical equipment that tends to be nonlinear, resulting in current waves that are not the same as voltage waves. This research aims to determine the harmonics generated by BTS, including the level of harmonic distortion of voltage and current due to the usage of electrical energy at the BTS. The research was conducted on the BTS in the Mechanical Engineering Program Building, Faculty of Engineering UKI, Jakarta. Based on research conducted on BTS, it was found that the THD_V for phases R, S and T are 1,62%, 1,39% and 1,34%, which still complies with the IEEE 519-2014 standard. However, the THD_I values for phases R, S and T are 6,20%, 5,93% and 5,57%, which do not meet the IEEE 519-2014 standard, with the dominant harmonics occurring at the 3rd order are 4,76%, 4,61% and 4,65% for phase R, S and T. Based on the calculation results, the TPF values for phases R, S and T are 0,94, 0,75 and 0,96, respectively phases R and T comply with the PLN power factor standard, while phase S does not comply. Based on the simulation results of the designed active shunt filter using MATLAB, the THD_I values after using the active shunt filter for phases R, S and T are 0,15%, 0,68% and 0,59%, which meet the IEEE 519-2014 standard. The dominant current harmonics also meet the IEEE 519-2014 standard, with harmonic levels of 0,01%, 0% and 0,01% for phases R, S and T.

Keywords: *Harmonics, THD_I , THD_V , Non-linear load, Shunt Active Power Filter*