



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



PROGRAM STUDI MAGISTER TERAPAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
DEPOK
AGUSTUS 2021



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

PERBAIKAN NILAI HARMONISA PADA GARDU TRAKSI
KERETA REL LISTRIK JAKARTAKOTA MENGGUNAKAN
SOFTWARE ETAP 12.6.0

TESIS

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Mencapai Derajat Magister Terapan dalam Bidang Rekayasa Tenaga Listrik

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

ARI WIBOWO
NIM : 1803511007

PROGRAM STUDI MAGISTER TERAPAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

DEPOK

AGUSTUS 2021



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis ini saya susun tanpa tindakan plagiarisme sesuai dengan peraturan yang berlaku di Politeknik Negeri Jakarta.

Jika di kemudian hari ternyata saya melakukan tindakan plagiarisme, saya akan bertanggung jawab sepenuhnya dan menerima sanksi yang diajukan oleh Politeknik Negeri Jakarta kepada saya.

Depok, 12 Agustus 2021

Ari Wibowo

1803511007

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis yang saya susun ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Ari Wibowo

NIM : 1803511007

Tanda Tangan :

Tanggal : 12 Agustus 2021



**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini yang diajukan oleh:

Nama : Ari Wibowo
NIM : 1803511007
Program Studi : Magister Terapan Teknik Elektro
Judul : Perbaikan Nilai Harmonisa Pada Gardu Kereta Rel Listrik (KRL) Jakartakota Menggunakan Software Etap 12.6.0

Telah diuji oleh Tim Penguji dalam Sidang Tesis pada hari Kamis tanggal 12 Agustus tahun 2021 dan dinyatakan LULUS untuk memperoleh Derajat Gelar Magister Terapan pada Program Studi Magister Terapan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta.

Pembimbing I : Dr. Isdawimah ST., MT. (..... ))

Pembimbing II : Drs. Kusnadi, ST, M.Si. (..... ))

Penguji I : Dr. Ir., Pawenary, MPM (..... ))

Penguji II : Ir. Drs. Asrizal Tatang, M.T (..... ))

Penguji III : Fatahula, S.T., M.Kom (..... ))

Depok, 12 Agustus 2021

Disahkan oleh

Kepala Pastasurjana Politeknik Negeri Jakarta




Dr. Drs. Supriatnoko, M. Hum

NIP. 196201291988111001



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan rahmatNya sehingga saya dapat menyelesaikan Tesis ini. Penulisan Tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai derajat Magister Terapan dalam Bidang Rekayasa Tenaga Listrik Pascasarjana Politeknik Negeri Jakarta. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan, bimbingan dan masukan dari banyak pihak sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan Tesis ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Isdawimah ST., MT. selaku Pembimbing I dan Bapak Drs. Kusnadi, ST, M.Si selaku Pembimbing II yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran serta masukan-masukan yang berharga untuk mengarahkan saya dalam penyusunan Tesis ini;
2. Direktorat Prasarana Perkeretaapian Kementerian Perhubungan yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menempuh Pendidikan;
3. PT. KAI (Persero) Daop 1 Jakarta yang telah mendukung penulis dalam pengambilan data;
4. Kedua orangtua serta seluruh keluarga saya yang terus memberikan doa, dukungan dan semangat yang sangat berharga;
5. Rekan-rekan Program Studi Magister Terapan Teknik Elektro Rekayasa Tenaga Listrik angkatan tahun 2018 atas semua dukungannya.

Akhirnya saya berharap semoga Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala budi semua pihak yang telah membantu, dan semoga Tesis ini membawa manfaat bagi pembaca dan pengembangan ilmu.

Depok, 12 Agustus 2021

Penulis



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK

Sebagai civitas akademik Politeknik Negeri Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ari Wibowo
NIM : 1803511007
Program Studi : Magister Terapan Teknik Elektro
Pascasarjana Politeknik Negeri Jakarta
Jenis Karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Negeri Jakarta Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Perbaikan Nilai Harmonisa Pada Gardu Kereta Rel Listrik (KRL) Jakartakota Menggunakan Software Etap 12.6.0

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Politeknik Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan/mengalihformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal: 12 Agustus 2021

Yang menyatakan

Ari Wibowo



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ABSTRAK

Kereta Rel Listrik (KRL) Jabodetabek dalam operasionalnya disuplai tegangan 1500 VDC yang diperoleh dari sistem jala – jala 20 kV PLN yang disearahkan dengan penyearah (*rectifier*) 12 *pulse* pada Gardu Traksi KRL. Penyearah yang prinsip kerjanya *switching* merupakan kategori beban non linear dapat memproduksi harmonisa yang dapat menyebabkan penurunan fungsi (*derating*) peralatan pada Gardu Traksi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini dengan mengambil data profil daya termasuk data harmonisa tegangan dan arus pada peralatan metering 20 kV Gardu Traksi KRL Jakarta kota selama 2 hari. Hasil Pengukuran dengan peralatan *Power Quality Analyzer* Hioqi 3198 pada metering 20 kV menunjukkan THDv maksimum sebesar 1,69 %, THDv, hasil tersebut masih sesuai standar, sedangkan THDi maksimum yang terukur sebesar 60,88 % pada fasa S hari selasa (tidak sesuai standar IEEE 519-2014) sehingga perlu dilakukan mitigasi perbaikan. Hasil simulasi harmonisa berdasarkan data penyumbang orde maksimum harian fasa S hari Selasa diperoleh THDi sebelum pemasangan filter sebesar 41,48%. Setelah dilakukan pemasangan filter pasif *single tuned* pada 3 orde penyumbang maksimum (IHDi) yaitu orde 11,13 dan ordde 23, nilai THD-I dapat diturunkan menjadi 4,53%, sehingga THDi pada fasa S hari selasa Setelah dilakukan pemasangan filter pasif *single tuned* sesuai dengan standar IEEE 519-2014 yaitu maksimum THDi sebesar 5 %.

Kata Kunci: KRL, Rectifier 12 Pulse, Harmonisa, *Power Quality Analyzer*, Filter Pasif Single Tuned

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ABSTRACT

In operation, the Jabodetabek Electric Rail Train (KRL) is supplied with a voltage of 1500 VDC obtained from the 20 kV PLN grid system which is rectified with a 12 pulse rectifier at the KRL Traction Substation. The rectifier whose working principle is a non-linear load category can produce harmonics that can cause a decrease in the function (decrease) of equipment at the Traction Substation. The method used in this research is to take power profile data including voltage and current harmonic data on 20 kV metering equipment at the Jakartakota KRL Traction Substation for 2 days. Measurement results with Hioqi 3198 Power Quality Analyzer Equipment at 20 kV metering show a maximum THDv of 1.69%, THDv is still in accordance with the standard, while the maximum THDi is 60.88% in the S phase on Tuesday (not appropriate). IEEE 519-2014) so it is necessary to mitigate improvements. The results of the harmonic simulation based on data that contributed to the daily maximum order of the S phase on Tuesday obtained THD-I before the installation of the filter of 41.48%. After installing a *single tuned* passive filter at 3 or de maximum contributor (IHDi) to 11.13 and 23, the THDi value can be reduced to 4.53%, so that THDi is in phase S on Tuesday After installing a single tuned passive filter t according to the IEEE 519-2014 standard, which is a maximum THDi of 5%.

Key Word: Electric Railway, Rectifier 12 Pulse, Harmonic, Power Quality Analyzer, Passive Filter Single Tuned

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| HALAMAN SAMBUL | i |
| HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME | iii |
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS..... | iv |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | v |
| KATA PENGANTAR | v |
| HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI..... | vii |
| TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK..... | vii |
| ABSTRAK | viii |
| ABSTRACT..... | ix |
| DAFTAR ISI..... | x |
| DAFTAR TABEL..... | xii |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| HALAMAN SIMBOL DAN SINGKATAN | xiv |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 2 |
| 1.4 Batasan Penelitian..... | 2 |
| 1.5 Manfaat Penelitian..... | 3 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 3 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 5 |
| 2.1 Tinjauan Literature | 5 |
| 2.2 Pengertian dan Produksi dari Harmonisa | 7 |
| 2.3 Frekuensi Harmonik | 10 |
| 2.4 Beban Non Linear dan Proses <i>Swicthing</i> | 10 |
| 2.5 <i>Total Harmonic Distortion</i> (THD) | 11 |
| 2.5.1 Total Harmonic Distortion – Voltage (THDv) / Total Harmonik Tegangan..... | 12 |
| 2.5.2 <i>Total Harmonic Distortion</i> – Current (THDi) / Total Harmonik Arus..... | 13 |
| 2.6 Efek harmonisa Pada transformator..... | 14 |
| 2.7 Efek harmonisa pada motor induksi | 15 |
| 2.8 Filter Harmonisa | 16 |
| 2.8.1 Filter Pasif..... | 16 |



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

| | |
|---|----|
| 2.8.2 Filter Aktif | 18 |
| 2.9 Sistem Kelistrikan Kereta Rel Listrik..... | 19 |
| 2.10 Sistem Suplai Daya Kereta Rel Listrik..... | 20 |
| 2.11 Software Etap 12.6.0 | 29 |
| BAB III METODE PENELITIAN DAN OBJEK PENELITIAN | 32 |
| 3.1 Ruang Lingkup Penelitian | 32 |
| 3.2 Rancangan Penelitian..... | 32 |
| 3.3 Perancangan Penelitian..... | 33 |
| 3.4 Cara Kerja..... | 34 |
| 3.5 Perancangan spesifikasi filter | 37 |
| 3.6 Simulasi Hasil Penelitian..... | 38 |
| BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN | 40 |
| 4.1 Harmonisa Pada Kubikel 20 kV/1200 | 40 |
| 4.2 Orde Penyumbang harmonica Pada Kubikel 20 kV/1200 V | 43 |
| 4.3 Pemakaian Daya Listrik..... | 46 |
| 4.4 Perhitungan dan Perancangan Filter Pasif | 46 |
| 4.5 Rekayasa Pemodelan <i>Single Line Diagram</i> Gardu Traksi Jakartakota Menggunakan Etap Power Station 12.6..... | 48 |
| 4.6 Pemodelan Harmonic Dengan Software Etap | 50 |
| 4.6.1 Sebelum Pemasangan Filter..... | 50 |
| 4.6.2 Setelah Pemasangan Filter <i>Single Tuned</i> | 52 |
| BAB 5. SIMPULAN DAN SARAN | 56 |
| DAFTAR PUSTAKA | 57 |
| LAMPIRAN..... | 59 |



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2. 1 Standar Harmonik Tegangan..... | 13 |
| Tabel 2. 2 Standar Harmonik Arus..... | 14 |
| Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran THD-v Kubikel 20 kV/1200 V | 40 |
| Tabel 4. 2 Batas Distorsi Harmonisa Tegangan | 41 |
| Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran THD- i Kubikel 20 kV/1200 V | 42 |
| Tabel 4. 4 Hasil Pengukuran THD-v Max Kubikel 20 kV/1200 V Fasa R..... | 43 |
| Tabel 4. 5 Tabel Orde Penyumbang Harmonik Arus Maksimum (IHD-i)..... | 43 |
| Tabel 4. 6 Batas Distorsi Harmonisa Arus ($120 \text{ v} \leq v \leq 69 \text{ kV}$) (IHD-i)..... | 45 |
| Tabel 4. 7 Pemakaian Daya Maksimum..... | 46 |
| Tabel 4. 8 Perhitungan Spesifikasi Rating Komponen Filter..... | 49 |
| Tabel 4. 9 THD-I maksimum perhari sebelum pemasangan filter | 55 |





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--------------|---|
| Gambar 2. 1 | Gelombang beban linier (kiri) dan beban non linier (kanan) |
| Gambar 2. 2 | Representasi Fourier dari Gelombang Terdistorsi..... |
| Gambar 2. 3 | Gelombang arus dan tegangan beban non-linear..... |
| Gambar 2. 4 | Point of Common Coupling..... |
| Gambar 2. 5 | Rangkaian Filter Pasif Dalam Sistem |
| Gambar 2. 6 | Jenis-jenis Filter Pasif..... |
| Gambar 2. 7 | Aplikasi Filter Aktif Dengan beban..... |
| Gambar 2. 8 | Kereta Rel Listrik dengan Motor DC |
| Gambar 2. 9 | Kereta Rel Listrik |
| Gambar 2. 10 | Sistem Elektrifikasi Kereta Rel Listrik Jabodetabek |
| Gambar 2. 11 | Typical Gardu Traksi Kereta Rel Listrik |
| Gambar 2. 12 | Panel 20 kV Gardu Traksi Jakartakota |
| Gambar 2. 13 | Panel 6 kV |
| Gambar 2. 14 | Trafo 20 kV/1200 V |
| Gambar 2. 15 | Trafo 20 kV/380 V dan 6kV/380 V |
| Gambar 2. 16 | Trafo 20 kV/6 kV |
| Gambar 2. 17 | Rectifier 4000 kW |
| Gambar 2. 18 | Panel DC 1500 VDC Switchgear |
| Gambar 2. 19 | Komponen Filter Pasif..... |
| Gambar 2. 20 | Harmonic Library Etap 12.6.0 |
| Gambar 2. 21 | Toolbar Harmonik Analis..... |
| Gambar 3. 1 | Alur Penelitian Harmonisa Pada Gardu Traksi KRL Jakartakota |
| Gambar 3. 2 | Rangkaian Pengukuran Kubikel 20kV/1,2kV |
| Gambar 3. 3 | Terminasi wiring PQA di Panel Metering |
| Gambar 3. 4 | PQA dan Metering 20 kV |
| Gambar 3. 5 | Alat ukur Power Quality Analyzer (PQA) 3198 |
| Gambar 3. 6 | Alat ukur clamp on sensor 9660 |
| Gambar 3. 7 | Alur Perencanaan Spesifikasi Filter Harmonisa |
| Gambar 3. 8 | Alur (Flowchart) Perancangan Filter Peredam Harmonisa |
| Gambar 4. 1 | Spektrum THDv pada Fasa R-S-T hari Rabu tanggal 4/11/2020..... |
| Gambar 4. 2 | Gelombang THDv pada Fasa R-S-T hari Rabu tanggal 4/11/2020..... |
| Gambar 4. 3 | Pemodelan Single line Diagram Gardu KRL Jakartakota |
| Gambar 4. 4 | Simulasi Harmonik THDi Profil Daya Hari Selasa Fasa S |
| Gambar 4. 5 | Profil Harmonic Library Fasa S Hari Selasa |
| Gambar 4. 6 | Gelombang THDi Hari Selasa Fasa S Sebelum Filter..... |
| Gambar 4. 7 | Spektrum THDi Selasa Fasa S Sebelum Pemasangan Filter |
| Gambar 4. 8 | THD-I maksimum perhari sebelum pemasangan filter |
| Gambar 4. 9 | Filter Pasif <i>Single Tuned</i> Etap 12.6.0 |
| Gambar 4. 10 | Harmonik THDi Hari Selasa Fasa S Setelah Pemasangan Filter |
| Gambar 4. 11 | Gelombang THDi Setelah Pemasangan Filter..... |
| Gambar 4. 12 | Spektrum THD-I Setelah Pemasangan Filter |



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN SIMBOL DAN SINGKATAN

| | |
|------|---|
| AC | : Alternating Current |
| DC | : Direct Current |
| KRL | : Kereta Rel Listrik |
| HSCB | : High Speed Circuit Breaker |
| IEEE | : Institute of Electrical and Electronics Engineers |
| IHD | : Individual Harmonic Distortion |
| IL | : I Load |
| Isc | : I Short Circuit |
| THD | : Total Harmonic Distortion |





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan perangkat-perangkat listrik dengan menggunakan arus searah semakin meningkat seiring dengan perkembangan teknologi. Begitu pula dengan kereta rel listrik yang menggunakan arus searah untuk operasionalnya. Kereta rel listrik merupakan salah satu solusi alternatif pengguna transportasi umum dalam menghindari kemacetan transportasi di Wilayah Jakarta Bogor Depok Tangerang dan Bekasi (Jabodetabek)[1].

Kereta Rel Listrik -selanjutnya disingkat KRL- merupakan jenis transportasi massal masyarakat di Wilayah Jabodetabek yang menggunakan energi listrik arus DC (*direct current*) hasil dari proses konversi dari arus AC (*alternating current*) yang berasal dari jala-jala PT. PLN sebagai Sumber Energy Listrik[2].

Efek yang ditimbulkan dari proses konversi tersebut adalah timbulnya fenomena harmonisa (gelombang harmonik) yang berdampak kerugian operasional. Selain itu, distorsi harmonik dalam bentuk arus dan tegangan dapat menyebabkan efek kehilangan energi (*loss energy*), gangguan komunikasi (*communication interference*)[3], dan penurunan kualitas (*derating*) peralatan sistem tenaga listrik seperti pemanasan dan penurunan kapasitas daya semu pada transformator [4]. Apabila besar dari distorsi harmonisa sudah melebihi batas toleransi standar yaitu IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) maka diperlukan suatu langkah mitigasi pemasangan filter harmonisa untuk mereduksi besar harmonisa tersebut[5].

Penulisan ini bertujuan untuk melakukan pengukuran harmonisa menggunakan bantuan alat ukur *power quality analyzer* pada gardu traksi KRL di Gardu Traksi Jakartakota untuk mendapatkan data distorsi harmonisa arus dan tegangan. Data ini dapat dijadikan dasar desain filter untuk masing-masing fasa penyumbang orde harmonisa setiap hari berdasarkan profil daya beban yang terjadi selama pengukuran. Hasil perhitungan spesifikasi filter akan diimplementasikan simulasi dengan *software* ETAP 12.6.0, sehingga dapat diketahui gambaran tingkat keberhasilan penerapan filter pada Gardu Traksi Jakartakota. Hal ini dapat mencegah kesalahan



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

dalam pemilihan spesifikasi dan pengadaan filter dalam pemasangan. Tesis ini diharapkan dapat memberi kontribusi kepada Direktorat Jenderal Perkeretaaian (DJKA) Kementerian Perhubungan selaku pemilik Fasilitas Prasarana Perkeretaaian di Negara Indonesia dan menjadi bahan pertimbangan untuk diterapkan guna meningkatkan efisiensi dan kehandalan sistem kelistrikan Gardu Traksi Jakartakota.

1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian ini akan didefinisikan rumusan masalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana mengevaluasi nilai harmonisa terhadap standar standar IEEE 519-2014?
- b. Bagaimana cara menghitung spesifikasi filter pasif *single tuned* untuk mendapatkan desain filter harmonisa yang optimum pada sebuah Gardu Traksi KRL?
- c. Bagaimana cara mengimplementasikan filter pasif *single tuned* dengan software ETAP 12.6.0?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Untuk mengukur dan mengevaluasi nilai harmonisa agar tidak melebihi batas standar IEEE 519-2014;
- b. Untuk mendapatkan desain filter harmonisa yang optimum pada sebuah Gardu Traksi KRL berdasarkan penghitungan spesifikasi filter pasif *single tuned*;
- c. Untuk dapat mengimplementasikan hasil desain filter pasif *single tuned* dengan software ETAP 12.6.0 sehingga desain tersebut tidak melenceng dari tujuan yaitu meredam harmonisa.

1.4 Batasan Penelitian

Adapun pada penelitian ini dibatasi pada pengukuran profil daya listrik termasuk harmonisa pada Gardu Traksi Jakartakota yang berada di Stasiun Jakartakota. Pengukuran dilakukan selama 2 hari dimulai hari Senin tanggal 2 November 2020 jam 16.36 sampai dengan hari Rabu tanggal 4 November



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2020 jam 17.33 Pengambilan data menggunakan alat ukur Power Quality Analyzer Hioki seri 3198 dan penggunaan software ETAP 12.6 0 untuk simulasi perbaikan harmonisa.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

- a. Menjadi referensi dalam mendesain filter untuk memperbaiki kualitas daya listrik pada gardu traksi KRL;
- b. Mencegah kerusakan-kerusakan peralatan pada gardu traksi KRL.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian dibagi dalam beberapa tahapan yaitu sebagai berikut :

Bab 1 Pendahuluan

Bab ini terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, metode penelitian yang digunakan serta manfaat penelitian dan *outline* tesis.

Bab 2 Tinjauan Pustaka

Dalam bab ini dijelaskan teori-teori terkait dengan topik penelitian dan juga literatur review dari penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya.

Bab 3 Metode Penelitian

Pada bab ini berisi ruang lingkup penelitian, alur penelitian, cara kerja pengujian metode dan penyajian data hasil pengukuran.

Bab 4 Pembahasan Hasil Penelitian

Dalam bab ini akan dipaparkan hasil yang diperoleh dari penelitian dan dilakukan pembahasan dan analisa secara mendalam berdasarkan data yang diperoleh berupa grafik dan tabel.

Bab 5 Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi hasil dari penelitian berupa kesimpulan dan saran untuk memajukan penelitian ini lebih lanjut.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB 5. SIMPULAN DAN SARAN

Merujuk pada hasil pengukuran dilapangan, perhitungan parameter filter dan analisa setelah simulasi, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Hasil Pengukuran harmonisa pada gardu Traksi Jakartakota selama 2 hari sebagai berikut:
 - a. Total Harmonik Distorsi Tegangan (THDv) maksimum yaitu pada fasa R hari Rabu sebesar 1,69%. THDv tersebut masih memenuhi standar IEEE 519-2014 untuk range tegangan $1kV \leq V \leq 69 kV$ maksimum 5%.
 - b. Total Harmonik Distorsi Arus (THDi) maksimum terjadi pada fasa S hari Selasa sebesar 60,88%. Hasil tersebut melebihi standar IEEE 519-2014 untuk rasio arus *short circuit* (Isc) terhadap arus beban maksimum (IL) 13,3 maksimum standar yang diperbolehkan kurang dari 5%.
2. Hasil perhitungan filter yang paling optimum dari hasil percobaan didapat bahwa percobaan filter pasif *single tuned* yang diterapkan pada fasa R hari Senin mampu meredam harmonisa arus (THDi) dari 32% menjadi sebesar 1,62%
3. Penerapan filter pasif *single tuned* dengan simulasi software Etap 12.6.0 pada pada fasa R hari Senin mampu menurunkan harmonisa arus (THDi) dari 32,00% menjadi 1,62%, fasa S hari Selasa mampu menurunkan harmonisa arus (THDi) dari 41,48% menjadi 4,53% dan fasa T hari Rabu mampu menurunkan harmonisa arus (THDi) dari 34,56% menjadi 2,94%. Total Harmonik Distorsion Arus (THDi) hasil penerapan filter pasif *single tuned* telah sesuai dengan standar IEEE 514 -2019.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. A. Quinta and H. B. S. E. Prakoso, "Kajian Pemanfaatan Moda Transportasi Kereta Rel Listrik (Krl) Commuter Line Dalam Pergerakan Komuter Bekasi-Jakarta," *Univ. Gadjah Mada*, pp. 1–10, 2016.
- [2] U. Y. Prakoso and M. Sadikin, "Sistem Propulsi Pada Kereta Rel Listrik Di Depo Krl Depok," 2013.
- [3] P. Examination and C. Testing, "Harmonic Disturbance Compensating and Monitoring in Electric Traction System," *EWSHM - 7th Eur. Work. Struct. Heal. Monit.*, vol. 2, no. 3, pp. 241–248, 2014.
- [4] IEEE, "IEEE Standard 519-2014," *Ieee*, pp. 1–50, 2014, [Online]. Available: https://www.schneider-electric.com.tw/documents/Event/2016_electrical_engineering_seminar/IEE E_STD_519_1992vs2014.pdf.
- [5] Rido Rahmadani, "Analisis Pemasangan Filter Pasif Untuk Mengurangi Harmonisa Pada Transformator Rectifier Di PT. Indah Kiat Pulp And Paper Perawang," *SainETIn*, vol. 3, no. 2. pp. 59–68, 2020, doi: 10.31849/sainetin.v3i2.3083.
- [6] Y. Djeghader, L. Zellouma, H. Labar, R. Toufouti, and Z. Chelli, "Study and filtering of harmonics in a DC electrified railway system," *Proc. 2015 7th Int. Conf. Model. Identif. Control. ICMIC 2015*, no. Icmic, pp. 3–8, 2016, doi: 10.1109/ICMIC.2015.7409469.
- [7] S. A. Vasanthi V, "Harmonic filter for Electric Traction Syste.pdf." IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies, 2011.
- [8] N. Gunavardhini, "A Study on Harmonics in Indian Railway Traction," *IOSR J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 01–04, 2012, doi: 10.9790/1676-0210104.
- [9] A. Ogunsola, A. Mariscotti, and L. Sandrolini, "Measurement of AC Side Harmonics of a DC Metro Railway," *978-1-4673-1372-8/12/\$31.00 ©2012 IEEE*, pp. 0–4, 2012.
- [10] M. Popescu, A. Bitoleanu, and M. Dobriceanu, "Harmonic current reduction in railway systems," *WSEAS Trans. Syst.*, vol. 7, no. 7, pp. 689–698, 2008.
- [11] V. Dovgun, D. Shandrygin, N. Boyarskaya, and V. Andyuseva, "Passive Filter Design for Power Supply Systems with Traction Loads," *E3S Web Conf.*, vol. 209, 2020, doi: 10.1051/e3sconf/202020907003.
- [12] H. M. Matlab and J. M. T. Haryono, "(3) 21401053043," pp. 24–30.
- [13] "<http://dispa-nyaprad.blogspot.com/2017/05/>."
- [14] I. W. Wahyu, A. Merta, I. G. N. Janardana, I. W. A. Wijaya, A. Pt, and W. Group, "Analisis Pemasangan Filter Pasif untuk Menanggulangi Distorsi Harmonisa Terhadap Beban non Linier di PT . Wisesa Group," vol. 16, no. 02, pp. 88–94, 2017.
- [15] D. Almanda and J. Jakarta, "Studi pengaruh beban harmonik dan peningkatan perawatan pada gedung apartemen serpong greenview banten 1)2)," *êLEKTUM, Vol.11, No.2, Novemb. 2015*, vol. 11, no. 2, pp. 19–26,

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

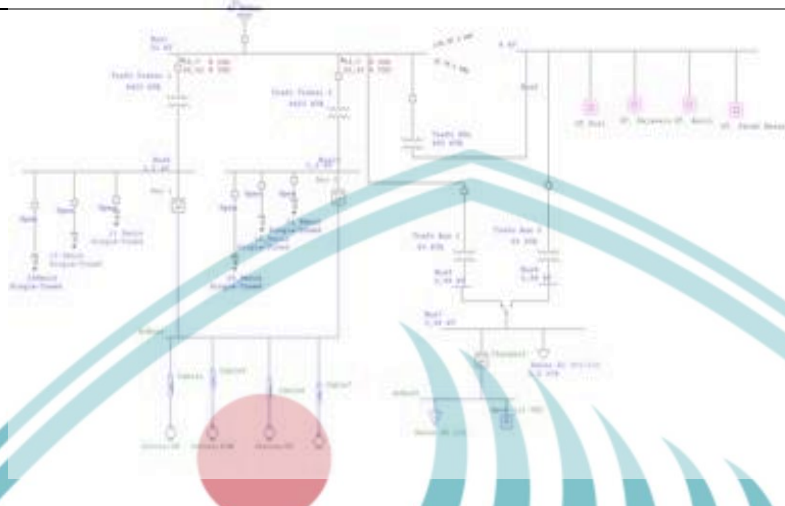
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- 2015.
- [16] L. Di, G. Bptik, U. Dan, and T. Elektro, “Analisis harmonisa arus dan tegangan listrik di gedung bptik unnes dan e11 teknik elektro,” 2019.
 - [17] D. S. Arum, P. Studi, T. Elektro, F. Teknik, and U. M. Surakarta, “Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik,” *PHARMACONJurnal Ilm. Farm.*, vol. 9, no. 1, pp. 258–263, 2018.
 - [18] “ANalisis Simulasi Gelombang Harmonisa Dan Instalasi Filter Menggunakan Etap 12.6 Pada Bus PWI Di Job Pertamina – Petrochina East Java Tuban.”
 - [19] “<https://keretapedia.com/2020/05/05/sekilas-elektifikasi-listrik-aliran-atas-laa-krl-di-jabodetabek/>.”
 - [20] “<https://konversi.wordpress.com/2010/04/23/kereta-rel-listrik/>.”
 - [21] “Harmonic Treatment In Industrial Power System,” no. 084006, 2013.
 - [22] I. Izhhar, “Perancangan Filter Optimum untuk Mengatasi Efek Distorsi Harmonisa pada Gardu Traksi Kereta Rel Listrik (KRL) Stasiun Pasar Minggu,” *Irshadi Ishhhar*, 2014.
 - [23] “https://www.hioki.com/global/products/pqa/power-quality/id_6735.”
 - [24] “<https://hioki.co.id/clamp-on-sensor-9660/>.”

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

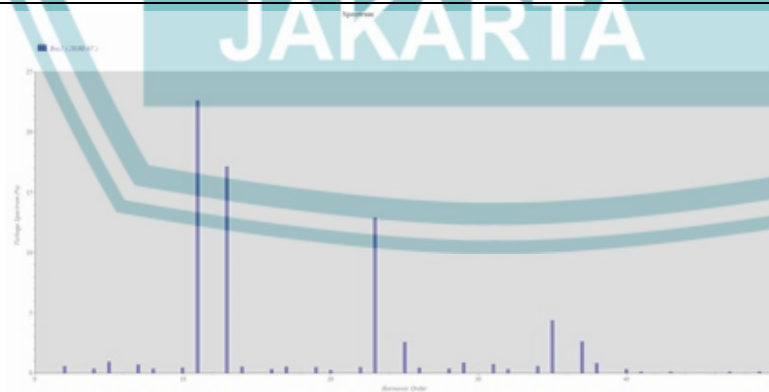
LAMPIRAN



Simulasi THD-i Fasa R Hari Senin Sebelum Pemasangan Filter



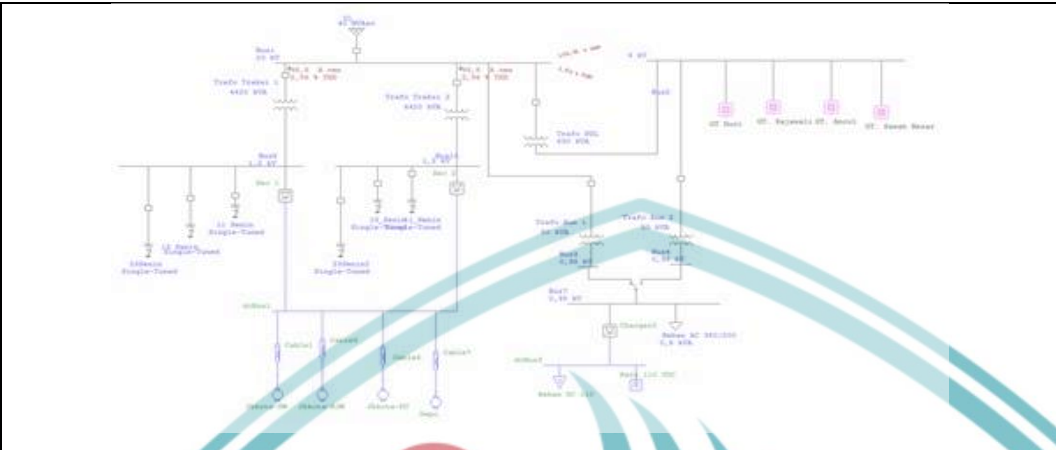
Gelombang THD-i Fasa R Hari Senin Sebelum Pemasangan Filter



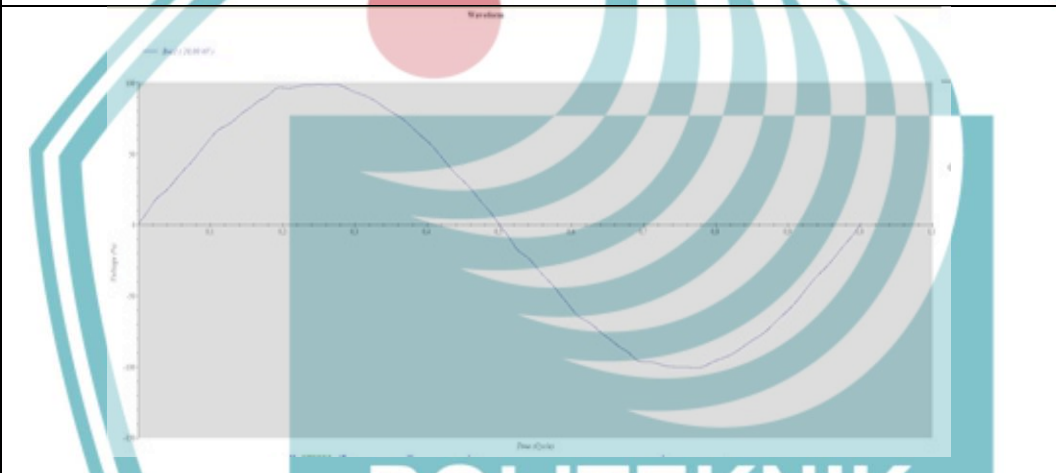
Spektrum THD-i Fasa R Hari Senin Sebelum Pemasangan Filter

Hak Cipta :

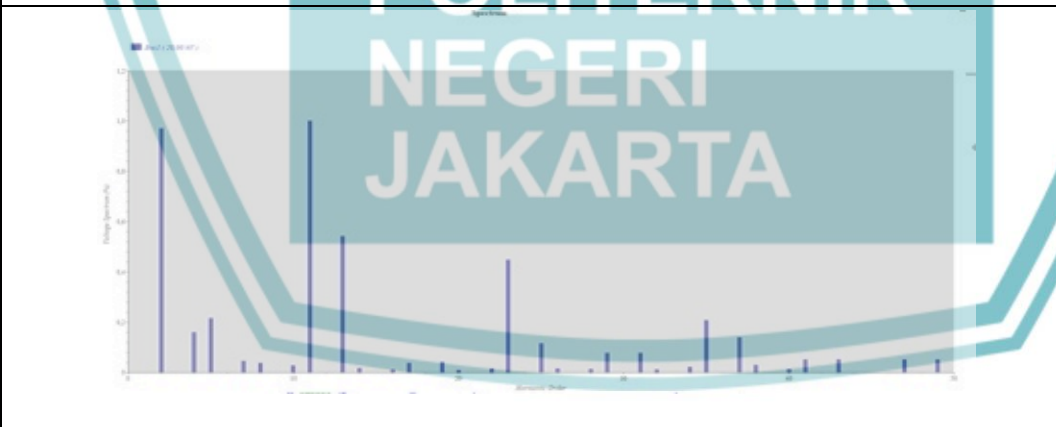
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Simulasi THD-i Fasa R Hari Senin Setelah Pemasangan Filter



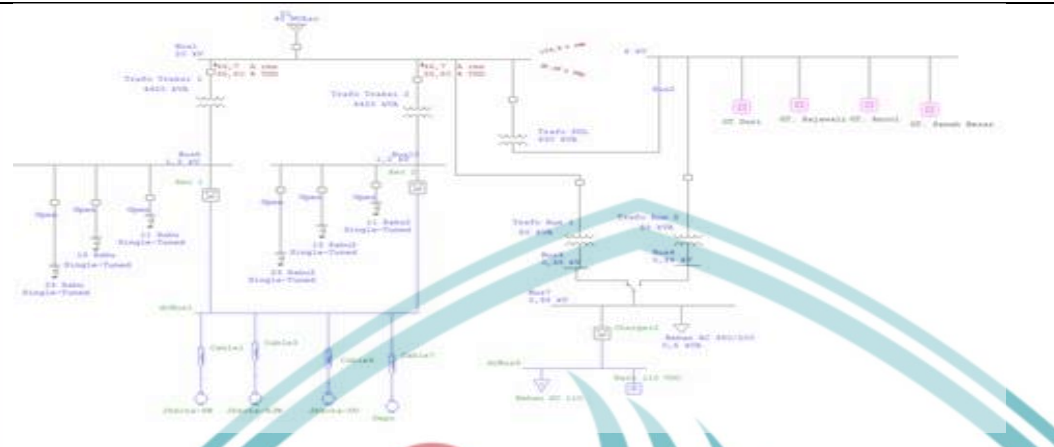
Gelombang THD-i Fasa R Hari Senin Setelah Pemasangan Filter



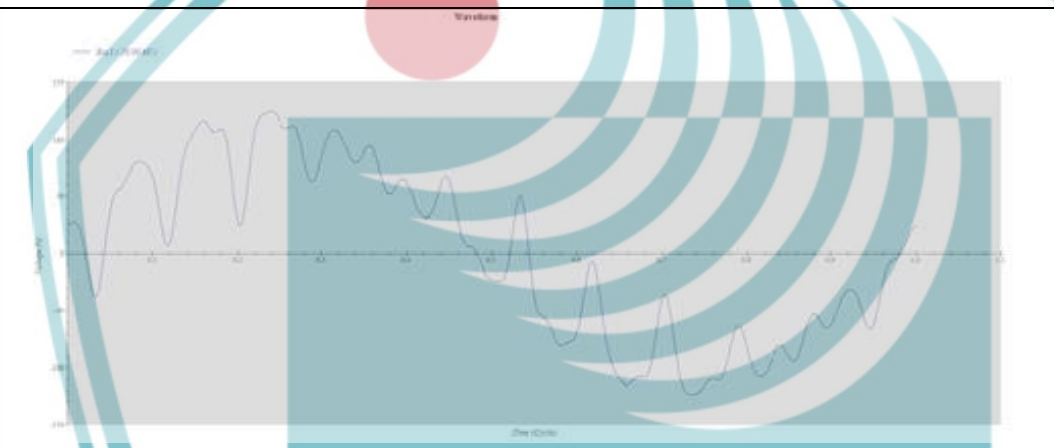
Spektrum THD-i Fasa R Hari Senin Setelah Pemasangan Filter

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Simulasi THD-i Fasa T Hari Rabu Sebelum Pemasangan Filter



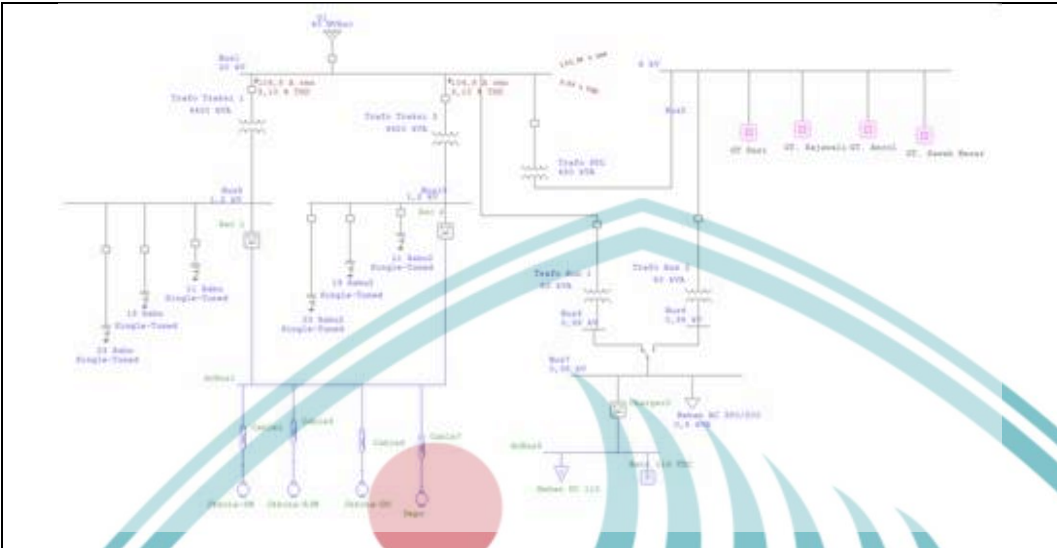
Gelombang THD-i Fasa T Hari Rabu Sebelum Pemasangan Filter



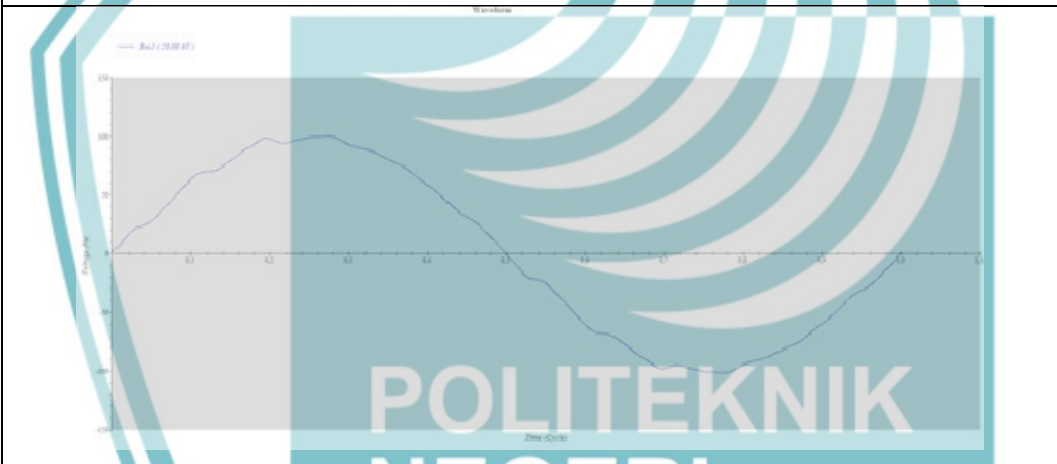
Spektrum THD-i Fasa T Hari Rabu Sebelum Pemasangan Filter

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Simulasi THD-i Fasa T Hari Rabu Setelah Pemasangan Filter



Gelombang THD-i Fasa T Hari Rabu Setelah Pemasangan Filter



Spektrum THD-i Fasa T Hari Rabu Setelah Pemasangan Filter

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DOKUMENTASI PENGAMBILAN DATA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar (c)



Gambar (d)

Gambar (c) dan (d). Tampak Instalasi Alat *Power Quality Analyzer* (PQA) Pada Panel Metering