

**ANALISIS REDUKSI DISTORSI HARMONIK ARUS
DENGAN PERANCANGAN SINGLE TUNED FILTER DENGAN
SOFTWARE ETAP DI RSJ Dr. RADJIMAN WIDIODININGRAT
LAWANG**

SKRIPSI



**Disusun Oleh :
YOSEPH FERDINANDUS KALI
NIM : 10.12.016**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2015

2012

INSTITUT TEKNOLOGI BANGSA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
KONSTRUKSI TEKNIK MESIN FISIK
BANGSA SAMPUNG TEKNIK ELEKTRO 2-1

NO : 1012012

LOKASI KEMAH MUDA KVI 1

DIKEMAH MUDA :

SEKSI

TEKNIK

LOKASI KEMAH MUDA KVI 1 DI BANGSA SAMPUNG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
KONSTRUKSI TEKNIK MESIN FISIK
BANGSA SAMPUNG TEKNIK ELEKTRO 2-1

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISIS REDUKSI DISTORSI HARMONIK ARUS
DENGAN PERANCANGAN SINGLE TUNED FILTER DENGAN
SOFTWARE ETAP DI RSJ Dr. RADJIMAN WIDIODININGRAT LAWANG**

SKRIPSI

*Disusun dan diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan guna mencapai
gelar Sarjana Teknik*

Disusun Oleh :

Nama : Yoseph Ferdinandus Kali

Nim : 10.12.016

Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT

NIP. Y. 1018800189

Ir. Teguh Herbasuki, MT

NIP. Y. 1038900209

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

M. Ibrahim Ashari, ST.MT

NIP. P. 1030100358

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2015

SURAT PERYANTAAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Yoseph Ferdinandus Kali

Nim : 10.12.016

Program studi : Teknik Elektro S-1

Kosentrasi : Teknik Energi Listrik

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang saya buat adalah hasil karya sendiri, tidak merupakan plagiasi dari karya orang lain. Dalam skripsi ini tidak muat karya orang lain, kecuali dicantumkan sumbernya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, dan apabila di kemudian hari ada pelanggaran atas surat pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksinya.

Malang, 7 Desember 2015

Yang membuat pernyataan



Yoseph Ferdinandus Kali

Nim : 10.12.016

**ANALISIS REDUKSI DISTORSI HARMONIK ARUS
DENGAN PERANCANGAN SINGLE TUNED FILTER DENGAN
SOFTWARE ETAP DI RSJ Dr. RADJIMAN WIDIODININGRAT LAWANG**

ABSTRAK

Yoseph Ferdinandus Kali, 10.12.016

*Dosen Pembimbing : Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT, dan
Ir. Teguh Herbasuki, MT*

*Jurusan Teknik Energi Listrik S-1, Konsentrasi Energi Listrik
Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang
Jl. Raya Karanglo Km 2 Malang
E-mail : ferdie.chalie@yahoo.co.id*

Harmonisa adalah gangguan yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik akibat terjadinya distorsi gelombang arus dan tegangan. Distorsi gelombang arus dan tegangan ini disebabkan adanya pembentukan gelombang-gelombang dengan frekuensi kelipatan bulat dari frekuensi fundamentalnya. Gelombang-gelombang ini kemudian menumpang pada gelombang aslinya sehingga terbentuk gelombang cacat yang merupakan jumlah antara gelombang murni sesaat dengan gelombang harmoniknya. Sehingga bentuk gelombang tegangan dan arus tidak sinusoidal murni lagi. Beban-beban non linier adalah sebagai penyumbang harmonisa yang terjadi antara lain: static power converter (rectifiers atau inverters), pengisi baterai (bateray chargers), electronic ballast, variable frequency, electric arc furnace, thyristor ac power controllers, thyristor-controlled reactor (TCR), silicon controlled rectifier (SCR), dan adjustable speed drive (ASD). Akibat dari harmonik yang terjadi adalah komponen-komponen peralatan dalam sistem akan mengalami penurunan kinerja dan bahkan akan mengalami kerusakan. Salah satu dampak yang umum dari gangguan harmonisa adalah panas lebih pada kawat netral, menimbulkan rugi-rugi pada sistem dan transformator serta dapat menghasilkan arus netral yang lebih tinggi dari arus phase. Hasil penelitian menunjukkan bahwa di RSJ Dr. Radjiman Widiodiningrat Lawang terjadi harmonisa arus dan tegangan. Harmonisa arus yang terjadi sebesar 47,9291% dan harmonisa tegangan sebesar 47,6370% masih dibawah standar yang diperbolehkan. Namun setelah pemasangan filter harmonisa maka THDi menurun menjadi 4.1688% dan THDv 4.8472% dengan memenuhi standart IEEE 519-1992 dan PLN. Berdasarkan data-data hasil penelitian, maka dilakukan analisis untuk kemudian dirancang filter yang tepat untuk mereduksi harmonik arus dan tegangan. Selanjutnya, hasil dari perancangan filter disimulasikan pada program ETAP Power Station 12.6.0.

Kata Kunci: *Harmonik, Arus, Tegangan, Filter, Beban RSJ Dr. Radjiman Widiodiningrat Lawang.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan YME atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Laporan Skripsi ini yang berjudul **“PENGURANGAN ANALISIS REDUKSI DISTORSI HARMONIK ARUS DENGAN PERANCANGAN SINGLE TUNED FILTER DENGAN SOFTWARE ETAP DI RSJ Dr. RADJIMAN WIDIODININGRAT LAWANG”** dapat terselesaikan. Adapun maksud dan tujuan dari penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar Sarjana Jurusan Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Energi Listrik ITN Malang. Sebagai pihak penyusun menyadari tanpa adanya kemauan dan usaha serta bantuan dari berbagai pihak, maka laporan ini tidak dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penyusun mengucapkan terimakasih kepada yang terhormat:

1. Dr.Ir. Lalu Mulyadi,MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Ir.Anang Subardi,MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. M.Ibrahim Ashari,ST.MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Ir.Yusuf Ismail Nakhoda ,MT selaku Dosen Pembimbing I
5. Ir.Teguh Herbasuki, MT selaku Dosen Pembimbing II
6. Rekan-rekan Asisten Laboratorium Simulasi Sistem Tenaga Elektrik
7. Sahabat-Sahabat dan orang-orang tercinta yang tidak kami sebutkan satu-persatu, kami mengucapkan banyak terimakasih atas bantuan dalam proses pembuatan skripsi yang telah kami kerjakan ,begitu juga dengan penyelesaian laporan ini.

Usaha ini telah kami lakukan semaksimal mungkin, namun jika ada kekurangan dalam penyusunan, saya harap saran dan kritik yang sifat membangun. Begitu juga sangat saya perlukan untuk menambahkan kesempurnaan laporan ini dan dapat bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Malang, Agustus 2015

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBARAN PERSETUJUAN	i
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GRAFIK	viii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penulisan	3
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Metode Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan	5
BAB II DASAR TEORI	
2.1. Harmonik.....	6
2.2. Orde Harmonik	8
2.3. Spektrum	9
2.3.1. Distorsi Harmonik Individu	9
2.3.2. Distorsi Harmonik Total	10
2.4. Peramaan Fourier	11
2.5. Nilai RMS.....	12
2.6. Komponen Harmonik	13
2.6.1. Daya dan Faktor Daya	13
2.6.2. Urutan Fasa Harmonik	14
2.6.3. Tripen Harmonik	15
2.7. Standar Batasan Harmonik	15
2.8. Penyebab Timbulnya Harmonik.....	16
2.9. Akibat Timbulnya Harmonik	18
2.10. Dasar-dasar Pengontrolan Harmonik	19
2.11. Analisis Aliran Daya	20
2.12. Kualifikasi Bus	21
2.13. Bus Slack	21
2.14. Metode Newton Rhapson.....	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Metode yang digunakan	23
3.2. Filter Pasif	23
3.3. Perancangan Filter Harmonik	24
3.3.1. Kriteria Desain Filter	25

3.3.2. Single Tuned Filter	26
3.4. Rating Komponen Filter	28
3.4.1. Rating Pada Kapasitor	28
3.4.2. Rating Pada Induktor	30
3.5. Software Etap Power Station	30
3.5.1. Algoritma Simulasi pada Software Etap Power Station	32
3.6. Flowchart	33
BAB IV HASIL DAN ANALISIS HASIL	
4.1. Data Hasil Pengukuran	34
4.1.1. Lokasi dan Waktu Penelitian	34
4.2. Data-data yang dikumpulkan	35
4.2.1. Data Penyulang dari PLN	35
4.2.2. Data Transformator dari PLN	35
4.2.3. Data Transformator dari RSJ Dr. Radjiman Widiodiningrat Lawang	36
4.2.4. Data Generator dari RSJ Dr. Radjiman Widiodiningrat Lawang	36
4.2.5. Data Beban Keseluruhan dari RSJ Dr. Radjiman Widiodiningrat Lawang	38
4.3. Hasil Analisa Aliran Daya (<i>Load Flow</i>) menggunakan Program Etap Power Station	41
4.4. Hasil dan Analisa Pemasangan Filter Harmonisa	43
4.4.1. Pemasangan Filter Harmonisa	43
4.4.2. Hasil dan Analisa Sebelum Pemasangan Filter Harmonisa	45
4.4.3. Hasil Analisa Sesudah Pemasangan Filter Harmonisa	48
4.4.4. Hasil Analisa Perbandingan Sebelum dan Sesudah Pemasangan Filter Harmonisa	52
BAB V PENUTUP	
5.1. Kesimpulan	57
5.2. Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Bentuk gelombang sinusoidal murni.....	6
Gambar 2.2. Bentuk gelombang tegangan dasar dan harmonik harmonik ke3.....	7
Gambar 2.3. Bentuk gelombang tegangan yang terdisorsi harmonik	8
Gambar 2.4. Bentuk spektrum harmonik	9
Gambar 2.5. Vektor hubungan komponen daya pada kondisi non sinusoidal	14
Gambar 2.6. Arus netral tinggi akibat tripen harmonik	15
Gambar 2.7. Karakteristik gelombang arus pada beban liner	17
Gambar 2.8. Karakteristik gelombang arus pada beban non liner	17
Gambar 3.1. (a) Rangkaian Single Tuned Filter, (b) Kurva Impedansi terhadap frekuensi	25
Gambar 3.2. Tampilan Utama Software ETAP Power Station	31
Gambar 3.3. <i>Flowchart</i> Penyelesaian Masalah	33
Gambar 4.1. Single Diagram Sistem Kelistrikan RSJ Dr. Radjiman Widiodingrat Lawang	34
Gambar 4.2. Analisa aliran daya sebelum pemasangan filter harmonisa	38
Gambar 4.3. Analisa aliran daya sesudah pemasangan filter harmonisa	39
Gambar 4.4. Single Tuned Filter	44
Gambar 4.5. Analisa harmonisa sebelum pemasangan filter	45
Gambar 4.6. Analisa harmonisa sesudah pemasangan filter	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Batasan-batasan distorsi tegangan harmonik	11
Tabel 2.2. Urutan Orde	14
Tabel 2.3. Standar IEC 61000-3-4	16
Tabel 3.1. Rating pada Kapasitor	30
Tabel 4.1. Data penyulang dari PLN.....	37
Tabel 4.2. Data trafo dari PLN yang ada di RSJ Dr. Radjiman Widiodyningrat Lawang	37
Tabel 4.3. Data transformator dari RSJ Dr. Radjiman Widiodyningrat Lawang.....	38
Tabel 4.4. Data Generator dari RSj Dr. Radjiman Widiodyningrat Lawang	38
Tabel 4.5. Data beban yang diperoleh dari RSJ Dr. Radjiman Widiodyningrat Lawang	39
Tabel 4.6. Analisa aliran daya (<i>Load Flow</i>) tegangan dan faktor daya sebelum dan sesudah pemasangan filter harmonisa <i>Single Tuned</i>	42
Tabel 4.7. Perbandingan THD _v % sebelum dan sesudah pemasangan filter harmonisa	52
Tabel 4.8. Perbandingan THD _i % sebelum dan sesudah pemasangan filter harmonisa.....	54

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1. Perbandingan tegangan Spectrum (%) harmonik orde 3,5, dan 7 pada bus 1 sampai dengan 15 sebelum pemasangan filter harmonisa.....	45
Grafik 4.2. Perbandingan tegangan wavefrom (%) pada bus 1 sampai dengan bus 15 terhadap waktu sebelum pemasangan filter harmonisa	46
Grafik 4.3. Perbandingan tegangan Spectrum (%) harmonik orde 3,5, dan 7 pada bus 16 sampai dengan 30 sebelum pemasangan filter harmonisa.....	46
Grafik4.3. Perbandingan tegangan Spectrum (%) harmonic orde sesudah pemasangan filter harmonisa.....	47
Grafik 4.4. Perbandingan tegangan wavefrom (%) pada bus 16 sampai dengan bus 30 terhadap waktu sebelum pemasangan filter harmonisa	47
Grafik 4.5: Perbandingan tegangan Spectrum (%) harmonik orde 3,5, dan 7 pada bus 31 sampai dengan 44 sebelum pemasangan filter harmonisa.....	48
Grafik 4.6: Perbandingan tegangan wavefrom (%) pada bus 31 sampai dengan bus 44 terhadap waktu sebelum pemasangan filter harmonisa	48
Grafik 4.7. Perbandingan tegangan Spectrum (%) harmonik orde 3,5, dan 7 pada bus 1 sampai dengan 15 sesudah pemasangan filter harmonisa	49
Grafik 4.8. Perbandingan tegangan wavefrom (%) pada bus 1 sampai dengan bus 15 terhadap waktu sesudah pemasangan filter harmonisa	49
Grafik 4.9. Perbandingan tegangan Spectrum (%) harmonik orde 3,5, dan 7 pada bus 16 sampai dengan 30 sesudah pemasangan filter harmonisa	50
Grafik 4.10. Perbandingan tegangan wavefrom (%) pada bus 16 sampai dengan bus 30 terhadap waktu sesudah pemasangan filter harmonisa	50
Grafik 4.11. Perbandingan tegangan Spectrum (%) harmonik orde 3,5, dan 7 pada bus 31 sampai dengan 44 sesudah pemasangan filter harmonisa	51
Grafik 4.12. Perbandingan tegangan wavefrom (%) pada bus 31 sampai dengan bus 44 terhadap waktu sesudah pemasangan filter harmonisa	51
Grafik 4.13. Perbandingan THDv% sebelum dan sesudah pemasangan filter harmonisa	54
Grafik 4.14. Perbandingan THDi% sebelum dan sesudah pemasangan filter harmonisa	56

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi listrik merupakan suatu sumber energi yang menjadi kebutuhan pokok dalam kehidupan manusia di dunia saat ini. Energi listrik dibangkitkan di pusat pembangkit dan disalurkan ke beban melalui saluran transmisi dan distribusi. Penyaluran tenaga listrik dari pusat pembangkit ke beban sering terjadi permasalahan yang akan menurunkan kualitas daya listrik sehingga menyebabkan peningkatan rugi-rugi pada sisi beban dan penurunan kapasitas daya pada sisi pembangkit. Salah satu permasalahan kualitas daya listrik yang jarang diperhatikan yaitu permasalahan harmonik. Distorsi harmonik berasal dari peralatan yang mempunyai karakteristik nonlinier perangkat dan beban pada sistem tenaga listrik (Roger C. Dugan, 1996).

Keberadaan harmonik akan mempengaruhi kinerja komponen pada sistem tenaga listrik bahkan terjadinya kerusakan pada komponen tersebut. Salah satu dampak dari harmonik adalah adanya tambahan rugi-rugi pada penghantar berupa panas yang dapat menimbulkan gagalnya sebuah sistem isolasi pada level tertentu maupun panas berlebih pada kawat netral dan transformator akibat timbulnya harmonik ketiga yang dibangkitkan oleh peralatan listrik satu fasa. Pada keadaan normal, arus beban setiap fasa dari beban linier yang seimbang pada frekuensi dasarnya akan saling mengurangi sehingga arus netralnya menjadi nol. Sistem tenaga listrik yang bersifat dinamis, bila terjadi gangguan harus segera diperbaiki supaya sistem kembali pada kondisi normal. Saat kondisi darurat terjadi seperti tegangan sistem mengalami susut tegangan maka harus segera dikembalikan ke kondisi normal dalam waktu yang singkat dengan resiko pemadaman sesaat di daerah yang mengalami kondisi darurat.

Kondisi darurat merupakan kondisi suatu daerah yang mengalami susut tegangan sekitar 5 % dari tegangan normal suatu sistem. Kondisi darurat perlu dihindari dengan memperkirakan kondisi pengoperasian yaitu dengan cara analisis beban pada sistem tenaga listrik saat kondisi normal. Selanjutnya dilakukan analisis harmonik dengan memberi beban nonlinier sebagai sumber harmonik. Beban listrik pada suatu sistem tenaga listrik dibedakan menjadi dua jenis beban yaitu beban linier dan beban nonlinier. Beban linier merupakan beban listrik yang komponen arusnya proporsional terhadap tegangannya dan memberikan bentuk gelombang keluaran yang linier artinya arus yang mengalir sebanding dengan impedansi dan perubahan tegangan, apabila tegangan sumber bentuk gelombangnya sinusoidal maka arus yang melewati beban juga harus sinusoidal. Beban nonlinier adalah beban listrik yang komponen arusnya tidak proporsional terhadap komponen tegangannya, sehingga bentuk gelombang arusnya tidak sama dengan bentuk gelombang tegangannya atau mengalami distorsi. Beban nonlinier akan menyerap arus nonsinusoidal dan arus harmonik, walaupun disuplai oleh tegangan sinusoidal, apabila tegangan sumber bentuk gelombangnya sinusoidal maka arus lewat beban tidak sinusoidal lagi. Beban nonlinier merupakan peralatan elektronik yang menggunakan bahan semi konduktor seperti *silicon controlled rectifier* (SCR), dioda, transistor, dan peralatan semi konduktor lainnya. Penggunaan bahan semi konduktor ini menyebabkan kecacatan bentuk gelombang *input* pada arus maupun tegangan yang akan menimbulkan harmonik atau terjadinya distorsi arus dan tegangan. Perancangan dan pemasangan filter harmonik diperlukan untuk mengurangi distorsi harmonik dan juga dapat untuk memperbaiki faktor daya. Salah satu jenis filter yang dapat digunakan adalah filter pasif jenis *single tuned filter* yang merupakan metode penyelesaian yang efektif dan ekonomis untuk mengalihkan arus harmonik yang tidak diinginkan dalam sistem kelistrikan RSJ Dr. Radjiman Widiadinigrat Lawang.

1.2.Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari tujuan penulisan di atas, maka rumusan masalah yang akan dikaji adalah :

1. Bagaimanakah pengaruh pembebanan nonlinier terhadap distorsi harmonik pada sistem kelistrikan RSJ Dr. Radjiman Widiodyningrat Lawang.
2. Bagaimana cara merancang *single tuned filter* dengan menggunakan *Software ETAP Power Station* untuk menanggulangi distorsi harmonik pada kelistrikan RSJ Dr. Radjiman Widiodyningrat Lawang.
3. Bagaimana spektrum gelombang harmonik sebelum dan sesudah pemasangan *single tuned filter* pada kelistrikan RSJ Dr. Radjiman Widiodyningrat Lawang.
4. Bagaimana pengaruh pemasangan *single tuned filter* terhadap distorsi harmonik pada sistem kelistrikan RSJ Dr. Radjiman Widiodyningrat Lawang.

1.3.Tujuan Penulisan

Berdasarkan rumusan latar belakang yang dikaji maka penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui pengaruh pembebanan nonlinier terhadap distorsi harmonik pada sistem kelistrikan RSJ Dr. Radjiman Widiodyningrat Lawang Lawang.
2. Mengetahui cara merancang *single tuned filter* dengan menggunakan *Software ETAP Power Station* untuk menanggulangi distorsi harmonik pada sistem RSJ Dr. Radjiman Widiodyningrat Lawang.
3. Mengetahui letak dan ukuran filter pada sistem kelistrikan di RSJ Dr. Radjiman Widiodyningrat Lawang.
4. Mengetahui nilai total distorsi harmonik arus dan tegangan sebelum dan sesudah pemasangan filter harmonik pada sistem kelistrikan RSJ Dr. Radjiman Widiodyningrat Lawang.

1.4. Batasan Masalah

Pembatasan masalah dimaksudkan agar dalam penelitian ini lebih terarah dan tidak menyimpang dari pokok permasalahan serta agar tujuan yang dikehendaki dapat tercapai maka perlu diadakan pembatasan terhadap masalah yang akan dibahas yaitu :

1. Penelitian dilakukan pada sistem kelistrikan RSJ Dr. Radjiman Widiodiningrat Lawang.
2. Menganalisis pengaruh pemasangan beban nonlinier pada lokasi pembebanan terhadap distorsi harmonik pada sistem kelistrikan RSJ Dr. Radjiman Widiodiningrat Lawang.
3. Merancang *single tuned filter filter* dengan menggunakan *Software ETAP Power Station* untuk menanggulangi distorsi harmonik pada sistem kelistrikan RSJ Dr. Radjiman Widiodiningrat Lawang.
4. Mensimulasikan pemasangan *single tuned filter* pada lokasi pembebanan (Panel Bagi) menggunakan *software ETAP Power Station 12.6.0*.

1.5. Metode Penelitian

Metode yang diharapkan penulis dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan tambahan pengetahuan pada bidang elektro khususnya konsentrasi sistem tenaga listrik dalam hal analisis harmonik dan cara menanggulangnya.
2. Penelitian ini dapat dijadikan acuan untuk mengetahui cara merancang sebuah *single tuned filter* yang bisa menanggulangi distorsi harmonik.
3. Menambah informasi tentang *Software ETAP Power Station* yang dapat digunakan untuk mensimulasikan sebuah sistem, misalnya untuk melakukan analisa harmonik pada suatu sistem kelistrikan RSJ Dr. Radjiman Widiodiningrat Lawang.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam skripsi ini adalah sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang penelitian dan dasar teori yang berhubungan dengan analisis harmonik dan perancangan *single tuned filter* menggunakan *software ETAP*.

BAB III : METODE PENELITIAN

Bab ini membahas cara melakukan analisis dan perancangan, dimulai dari bahan dan perlengkapan pendukung yang harus disiapkan dan tahap yang harus dilakukan sampai akhir penelitian.

BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil penelitian yang dilakukan dengan menggunakan *software ETAP Power Station 12.6.0*, perancangan *single tuned filter*, dan pembahasan hasil simulasi pada sistem kelistrikan RSJ Dr. Radjiman Widiodyaningrat Lawang serta hasil simulasi yang disertai dengan bentuk *single line*, bentuk spektrum gelombang dan tabel.

BAB V : PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran.

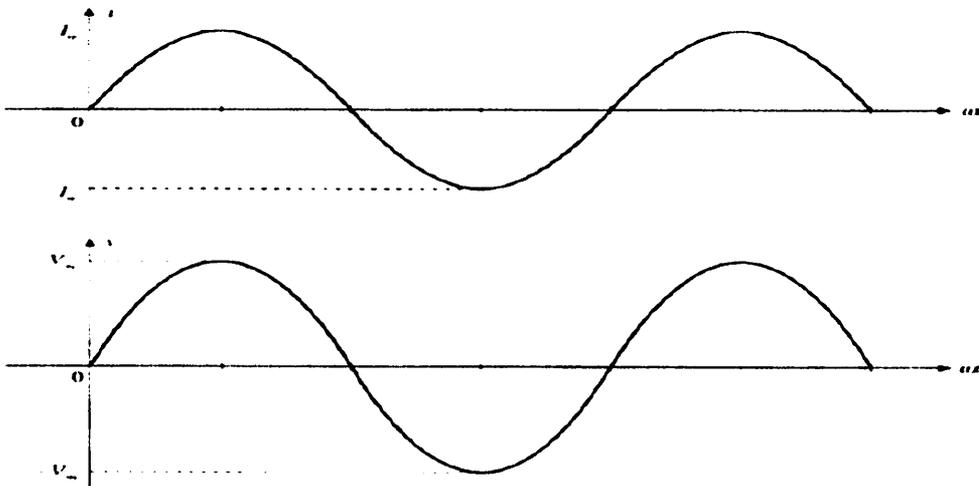
DAFTAR PUSTAKA

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Harmonik

Pada suatu sistem tenaga listrik, idealnya listrik ditransmisikan dan didistribusikan dengan menggunakan tegangan tiga fasa sinusoidal murni (gambar 2.1). namun, seiring bertambahnya pemakaian beban-beban maka bentuk gelombang arus dan tegangan yang sinusoidal murni ini sulit untuk diwujudkan.



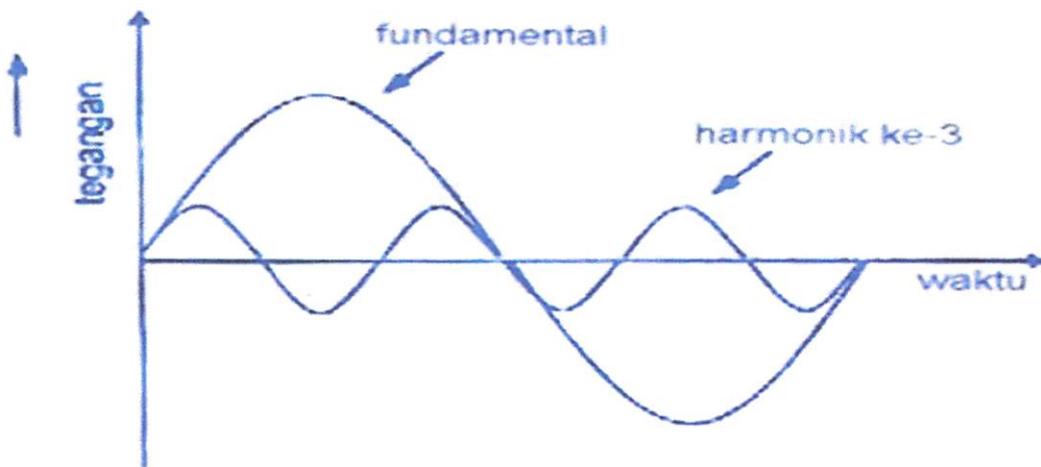
Gambar 2.1 : Bentuk gelombang sinusoidal murni.

Pembangkit tenaga listrik menyalurkan sejumlah gelombang sinus dimana gelombang yang satu dengan yang lainnya mempunyai frekuensi yang berbeda, yang didalamnya termasuk frekuensi dasar. Bila gelombang tersebut terdistorsi, maka akan terjadi suatu fenomena yang disebut gelombang distorsi harmonik, dimana gelombang yang ditransmisikan terdiri atas superposisi gelombang frekuensi dasar dengan gelombang frekuensi harmonik sehingga gelombang tersebut tidak lagi terbentuk sinusoidal.

Harmonik merupakan suatu fenomena yang timbul akibat terdistorsinya gelombang sinusoidal secara periodik, yang disebabkan oleh pengoperasian beban listrik yang bersifat nonlinier.

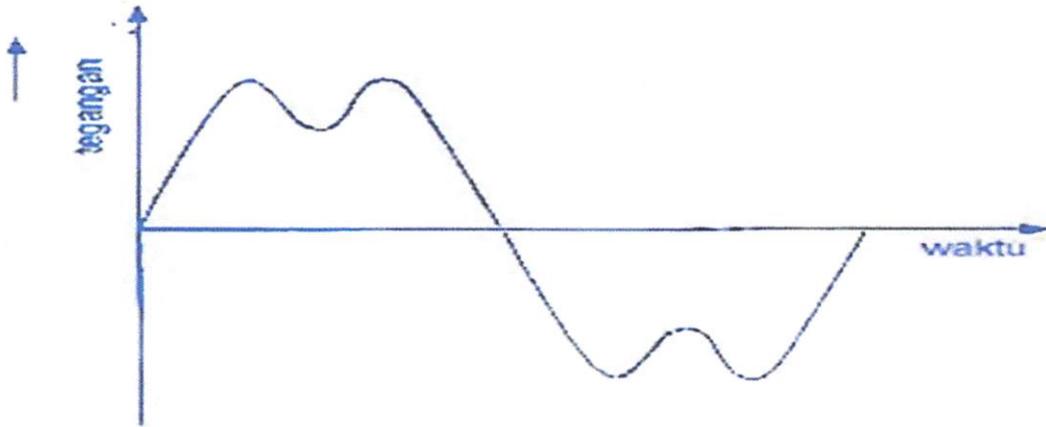
Pada dasarnya gelombang yang mengandung harmonik, dapat dianggap sebagai penjumlahan beberapa gelombang sinusoidal frekuensi-frekuensi yang merupakan kelipatan bilangan bulat dari frekuensi dasarnya. Frekuensi kelipatan dari frekuensi dasar ini disebut dengan frekuensi harmonik. Bilangan bulat pengali frekuensi dasar tersebut disebut dengan angka urutan harmonik.

Sebagai contoh jika frekuensi dasar suatu sistem tenaga adalah 50 Hz, maka urutan harmonik keduanya gelombang dengan frekuensi sebesar 100 Hz (2×50 Hz), harmonik ketiga adalah gelombang dengan frekuensi sebesar 150 Hz (3×50 Hz), dan seterusnya. Gelombang harmonik ini akan bekombinasi dengan gelombang murni atau aslinya, sehingga terbentuk gelombang cacat yang merupakan penjumlahan antara gelombang murni (dasar) dengan gelombang harmoniknya sebagai contoh pada gambar 2.2 adalah gelombang dasar dan gelombang harmonik ke3.



Gambar 2.2. Bentuk gelombang tegangan dasar dan harmonik harmonik ke3.

Bila kedua gelombang tersebut dijumlahkan, maka bentuk gelombang yang dihasilkan adalah seperti gambar 2.3, bentuk distorsi gelombang akan lebih kompleks lagi bila semua gelombang harmonik yang terjadi dijumlahkan dengan gelombang frekuensi dasar. Bentuk amplitudo harmonik biasanya hanya beberapa persen dari amplitudo gelombang dasar.



Gambar 2.3. Bentuk gelombang tegangan yang terdisorsi harmonik.

Sebelum membahas lebih lanjut, maka terlebih dahulu perlu diketahui mengenai beberapa istilah penting dalam harmonik. Berikut ini adalah beberapa istilah dalam persamaan yang terdapat dalam analisa harmonik.

2.2. Orde Harmonik

Orde dari harmonik merupakan perbandingan frekuensi harmonik dengan frekuensi dasar, dimana :

$$n = \frac{f_n}{F} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan :

N = Orde hermonik

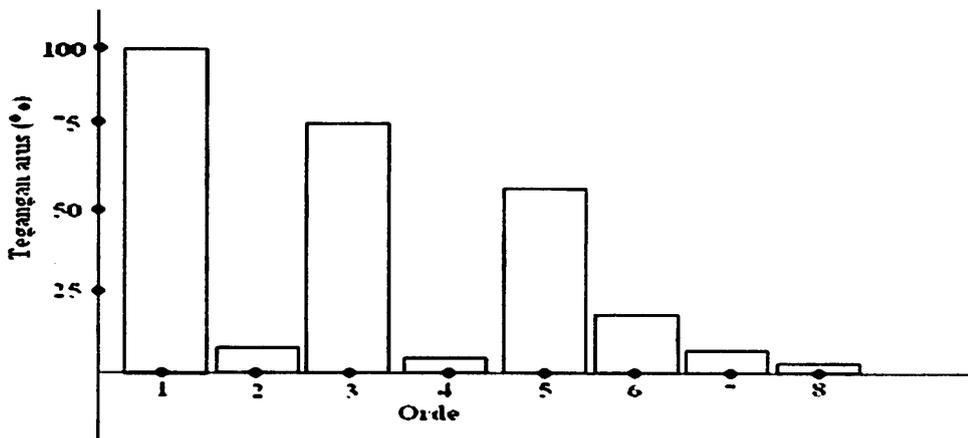
f_n = Frekuensi harmonik ke-n

F = Frekuensi dasar/fundamental

Sesuai dengan definisi diatas maka orde harmonik frekuensi dasar (F) adalah 1. Artinya orde ke-1 bukan merupakan harmonik, sehingga yang dianggap sebagai harmonik dimulai dari orde kedua hingga orde ke-n.

2.3. Spektrum

spektrum merupakan perbandingan arus maupun tegangan antara frekuensi dasar dengan frekuensi harmoniknya. Spektrum biasanya ditampilkan dalam bentuk histogram. Spektrum dapat digunakan sebagai dasar merencanakan filter yang akan digunakan untuk mereduksi harmonik, terutama bila yang akan digunakan filter pasif. Berikut ini merupakan contoh dari spektrum :



Gambar 2.4. Bentuk spektrum harmonik

2.3.1 Distorsi Harmonik Individu (Individual Harmonic Distortion)

Distorsi Harmonik Individu (IHD) merupakan rasio tegangan atau arus antara nilai RMS harmonik dengan nilai RMS dasar (*fundamental*).

$$IHD_h = \sqrt{\frac{M_h^2}{M_1^2}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana : IHD_h = IHD orde harmonik ke-h (h= 2,3,4,5,...)

M_h = Nilai RMS arus atau tegangan harmonik ke-h

M_1 = Nilai RMS dari arus atau tegangan dari frekuensi dasar

2.3.2. Distorsi Harmonik Total (Total Distortion Harmonic)

Total Distorsi Harmonik (THD) merupakan rasio nilai rms dari komponen harmonisa dengan nilai RMS dari komponen dasar yang biasanya dinyatakan dalam %.

Nilai THD dijadikan batasan tegangan atau arus harmonik yang mash dapat ditoleransi dalam suatu sistem tenaga listrik. Dengan parameter ini, dapat diketahui apakah distorsi yang terjadi berada pada tingkat yang dapat diterima atau pada tingkat yang merugikan. Nilai ini dapat dihitung dengan tegangan maupun arus.

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h=\max} M_h^2}}{M_1} \dots\dots\dots(2.3)$$

Atau

$$THD = (IHD_2^2 + IHD_3^2 + IHD_4^2 + \dots)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan :

THD = Total Harmonik Distortion

M_h = Nilai RMS dari ars atau tegangan dari komponen harmonik ke-h

M_h = Nilai RMS dari arus atau tegangan dari frekuensi dasar

Besarnya pengaruh harmonik pada sistem tenaga ditentukan oleh besarnya THD yang dihasilkan. Batasan-batasan THD yang diijinkan untuk beberapa sistem tegangan berdasarkan standar IEEE 519-1992 dan PLN diperlihatkan pada tabel berikut :

Tabel 2.1 Batasan-batasan distorsi tegangan harmonik

Standar IEEE Sistem Tegangan (kV)	Total Harmonik Distortion (%)	Standar PLN Sistem Tenaga (kV)	Total Harmonik Distortion (%)
$V_n < 69$	5	20	5
$69 < V_n < 161$	2,5	>70	3
$V_n > 161$	1,5		

2.4. Persamaan Fourier

Teori yang digunakan untuk memahami gelombang harmonik adalah dari deret fourier. Dalam bentuk fourier series dapat menunjukkan komponen yang genap dan ganjil. Bentuk umum dari persamaan fourier series dapat ditunjukkan dengan persamaan sebagai berikut :

$$f(t) = A_0 + \sum_{i=0}^n (A_n \cos n \omega_0 t + B_n \sin n \omega_0 t) \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

$$A_0 = \frac{1}{T} \int_{T/2}^{T/2} f(t) dt \dots \dots \dots (2.6)$$

$$A_n = \frac{2}{T} \int_{T/2}^{T/2} f(t) \cos n \omega_0 t dt \dots \dots \dots (2.7)$$

= 2x nilai rata-rata $f(t) \cos n$ untuk satu periode gelombang

$$B_n = \frac{2}{T} \int_{T/2}^{T/2} f(t) \sin n \omega_0 t dt \dots \dots \dots (2.8)$$

= 2x nilai rata-rata $f(t) \sin n$ untuk satu periode gelombang.

Ket :

A_0 = Nilai rata-rata dari fungsi $x(t)$

A_0 dan B_n = koefisien deret

n = Orde harmonik

Rumus diatas dipergunakan untuk gelombang yang berperiode kontinu yang mana didalam teori fourier menyatakan hal-hal yang mengacu pada persamaan yaitu A_0, A_n , dan B_n ketiga koefisien tersebut.

Berdasarkan persamaan diatas, secara umum harmonik tegangan dan arus dinyatakan dalam deret fourier.

$$v(t) = \sum_{h=1}^{\infty} A_n \cos(h\omega_0 t + \phi_h) dt \dots\dots\dots (2.9)$$

$$i(t) = \sum_{h=1}^{\infty} B_n \sin(h\omega_0 t + \theta_h) dt \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana : h = Orde harmonik (1,2,3,...)

Persamaan fourier dapat digunakan untuk memecahkan gelombang yang telah terdistorsi menjadi gelombang dasar dan gelombang harmonik. Hal ini menjadi dasar dalam menganalisa harmonik pada sistem tenaga listrik.

2.5. Nilai RMS

Nilai RMS yang dihasilkan oleh gelombang arus atau tegangan yang terdistorsi harmonik dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$rms = \sqrt{\sum_{h=2}^{hmax} M_h^2} = M_1 \sqrt{1 + THD^2} \dots\dots\dots (2.11)$$

dimana : M_h = Nilai RMS dari arus atau tegangan ke-h.

2.6. Komponen Harmonik

Berikut ini merupakan beberapa komponen-komponen yang terdapat dalam harmonik :

2.6.1. Daya dan Faktor Daya

Daya reaktif (Daya Nyata) adalah daya yang diserap oleh beban untuk melakukan kerja yang sesungguhnya. Daya reaktif adalah daya yang tidak terlihat sebagai kerja nyata dan biasanya dipengaruhi oleh komponen reaktif seperti induktor. Berikut adalah persamaan daya aktif (P) dan daya aktif (Q) rata-rata pada pada kondisi non sinusoidal.

$$P = \sum_{h=1}^{\infty} V_h I_h \cos(\phi_h - \theta_h) = \sum_{h=1}^{\infty} P_h \text{ watt} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$Q = \sum_{h=1}^{\infty} V_h I_h \sin(\phi_h - \theta_h) = \sum_{h=1}^{\infty} Q_h \text{ Var} \dots\dots\dots (2.13)$$

Secara umum daya kompleks (S) dapat dinyatakan dengan :

$$S = V \times I \text{ VA} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dalam kondisis non sinusoidal, daya kompleks dapat dinyatakan dengan :

$$S = \sqrt{P_1^2 + Q_1^2 + D^2} \text{ VA} \dots\dots\dots (2.15)$$

Keterangan:

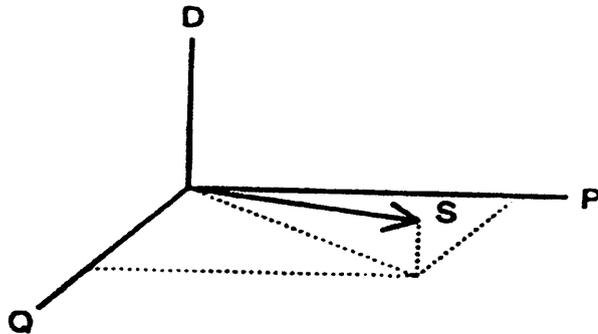
S= Daya kompleks pada kondisi non sinusoidal (VA)

P₁= Daya aktif pada frekuensi dasar (Watt)

Q₁= Daya reaktif pada frekuensi dasar (Var)

D = Distorsi daya akibat harmonik (VA)

Berikut adalah gambar diagram vektor tiga dimensi yang menunjukkan hubungan antara P, Q, dan D.



Gambar 2.5. Vektor hubungan komponen daya pada kondisi non sinusoidal.

2.6.2. Urutan Fasa Harmonik

Analisa harmonik dalam sistem tiga fasa mengidentifikasi bahwa tidak semua komponen harmonik mempunyai urutan fasa seperti fasor sebenarnya. Menurut teori komponen simetris dapat diidentifikasi menjadi tiga buah kelompok, yaitu : urutan positif, urutan negatif, dan urutan nol. Ketiga urutan tersebut dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2. Urutan Orde

Orde harmonik	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...
Urutan fasa harmonik	+	-	0	+	-	0	+	-	0	+	...

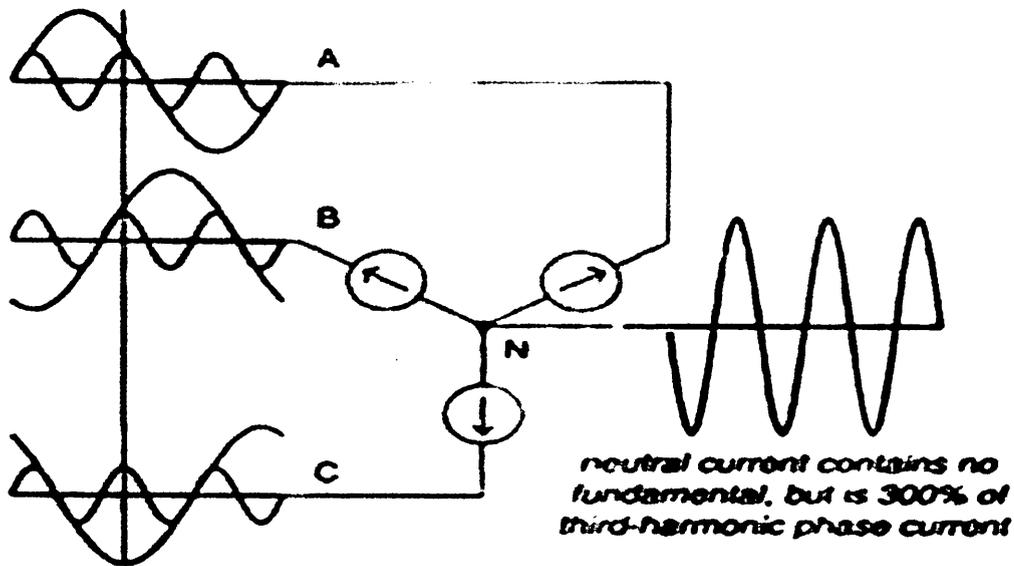
Pola urutan fasa setiap harmonik dapat dinyatakan sebagai berikut :

Urutan fasa positif (positif sequence) = $3h+1$

Urutan fasa nol (zero sequence) = $3h$

2.6.3. Tripen Harmonik

Tripes harmonik merupakan kelipatan ganjil dari harmonik ketiga ($h=3,9,5,21,\dots$). Pada sistem tiga fasa empat kawat seimbang (gambar 2.6), arus urutan nol dan arus tripes harmonik akan tetap ada dan mengalir melalui kawat netral. Hal ini disebabkan tripes harmonik memiliki fasa dan waktu yang sama antara ketiga fasanya sehingga pada kawat netral akan ditemukan arus harmonik urutan nol pada salah satu fasa.



Gambar 2.6. Arus netral tinggi akibat tripes harmonik.

2.7. Standar Batasan Harmonik

Beberapa standar batasan harmonik pada sistem tenaga listrik telah dipublikasikan diantaranya adalah standar IEEE std. 519-1992, IEC 61000-3-4, IEC6000-3-6, dan lain-lain, IEC biasanya digunakan untuk daerah Eropa dan standar ANSI banyak digunakan di Amerika. Berikut adalah standar yang digunakan dalam skripsi ini :

Tabel 2.3. Standar IEC 61000-3-4

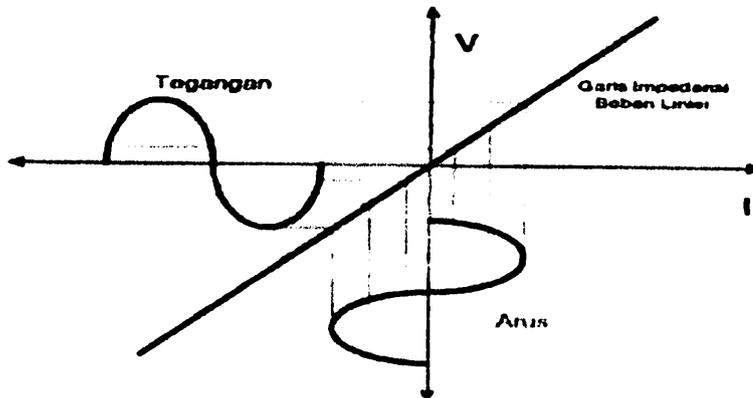
Harmonik Ganjil				Harmonik Genap	
Bukan kelipatan 3		Kelipatan 3			
Orde	Tegangan Harmonik (%)	Orde	Tegangan Harmonik (%)	Orde	Tegangan Harmonik (%)
5	6	3	3	2	2
7	5	9	9	4	1
11	3,5	15	15	6	0,5
13	3	21	21	8	0,5
17	2	>21	1	10	0,5
19	1,5			12	0,2
23	1,5			>12	0,2
25	1,5				
>25	$0,2+1,3 \times 25/h$				

*Batasan untuk THD sebesar 8%

2.8. Penyebab Timbulnya Harmonisa

Dalam sistem tenaga listrik dikenal dua jenis beban yaitu beban linier dan beban non linier. Beban linier adalah beban yang memberikan bentuk gelombang keluaran yang linier artinya arus yang mengalir sebanding dengan impedansi dan perubahan tegangan. Sedangkan beban non linier adalah bentuk gelombang keluarannya tidak sebanding dengan tegangan dalam setiap setengan siklus sehingga bentuk gelombang arus maupun tegangan keluarannya tidak sama dengan gelombang masukannya (mengalami distorsi). Fenomena ini disebut sebagai harmonisa. Timbulnya harmonisa pada sistem tenaga listrik salah satunya disebabkan oleh adanya alat-alat yang mempunyai impedansi tidak linier. Contoh peralatan dengan impedansi tidak linier yang sekarang pemakaiannya sangat berkembang adalah lampu hemat energi. Standar harmonisa diukur berdasarkan

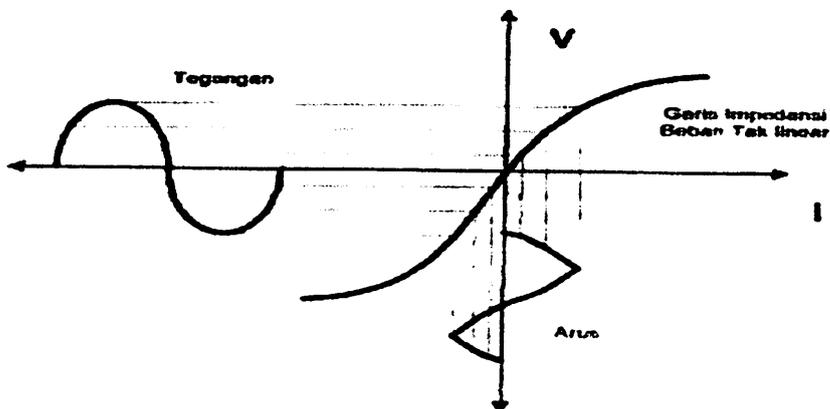
standar IEEE 519. Ada dua kriteria yang digunakan untuk mengevaluasi distorsi harmonisa. Yaitu batasan untuk harmonisa arus, dan batasan untuk harmonisa tegangan. Untuk standard harmonisa arus, ditentukan oleh rasio I_{sc}/I_L . I_{sc} adalah arus hubung singkat yang ada pada PCC (*Point of Common Coupling*), sedangkan I_L adalah arus beban fundamental nominal. Sedangkan untuk standard harmonisa tegangan ditentukan oleh tegangan sistem yang dipakai. [5]



Gambar 2.7. Karakteristik gelombang arus pada beban liner.

Beban non liner umumnya merupakan komponen semikonduktor yang pada proses kerjanya berlaku sebagai saklar yang bekerja pada setiap setengah siklus gelombang atau beban yang membutuhkan arus yang tidak tetap pada setiap periode waktunya.

Proses kerja ini akan menghasilkan gangguan/distorsi gelombang arus yang tidak sinusoidal. Bentuk gelombang ini tidak menentu dan dapat berubah menurut pengaturan pada parameter beban-beban yang terpasang. Perubahan bentuk gelombang ini tidak berkaitan dengan sumber tegangannya.



Gambar 2.8. Karakteristik gelombang arus pada beban non liner.

Beban-beban yang menyebabkan harmonik biasanya terdapat pada peralatan listrik seperti komputer, kulkas, televisi, lampu florescent yang menggunakan elektronik ballast, motor listrik berpengaturan kecepatan, dan peralatan-peralatan elektronika lainnya.

2.9. Akibat Timbulnya Harmonik

Tegangan dan arus harmonik dapat menimbulkan efek pada peralatan listrik yang terhubung dengan jaringan listrik. Efek yang ditimbulkan berbeda-beda tergantung dari karakteristik peralatan listrik tersebut. Secara umum, pengaruh harmonik pada peralatan tenaga listrik ada tiga, yaitu :

- a. Nilai RMS baik tegangan dan arus lebih besar
- b. Nilai puncak (peak value) tegangan dan arus lebih besar
- c. Frekuensi sistem turun.

Secara khusus efek yang ditimbulkan oleh harmonik pada sistem tenaga listrik dapat dibagi menjadi dua yaitu :

1. Efek negatif jangka pendek

Tegangan harmonik dapat mengganggu kontrol yang digunakan pada sistem elektronik. Sebagai contoh, harmonik mengganggu controller yang digunakan pada elektronika daya. Yang terganggu adalah pada saat kondisi putus hubungan dari tiristor.

- a. Harmonik menyebabkan kesalahan pada peralatan pengukuran listrik yang menggunakan prinsip induksi magnetik.
- b. Harmonik juga dapat mengganggu alat-alat pengaman dalam sistem tenaga listrik seperti relay dan fuse.
- c. Pada mesin-mesin berputar seperti generator dan motor, torsi mekanik yang diakibatkan oleh arus harmonik, dapat menyebabkan getaran dan suara pada mesin-mesin tersebut.
- d. Interferensi frekuensi pada sistem telekomunikasi karena biasanya kabel untuk keperluan telekomunikasi ditempatkan berdekatan dengan kawat netral. *Triplen harmonik* pada kawat netral dapat memberikan induksi harmonik yang mengganggu sistem telekomunikasi.

2. Efek yang bersifat kontinu yang dapat mengakibatkan penasan

a. Pemanasan kapasitor

Karena sifat kapasitor yang sensitif terhadap perubahan beban maka ketika terjadi harmonik, akan menyebabkan rugi-rugi meningkat. Karena ketika harmonik terjadi, beban akan semakin reaktif sehingga kapasitor harus mencatu lebih banyak daya reaktif kepada sistem. Dan satu lagi yang harus diperhatikan adalah terjadinya resonansi. Karena bila terjadi resonansi, maka impedansi sistem hanya dilihat resistif oleh arus. Bila hal ini terjadi maka arus akan sangat besar dan dapat mengakibatkan kerusakan.

b. Pemanasan pada mesin-mesin listrik dan transformator

Tegangan non sinusoidal yang diterapkan pada mesin listrik dapat menimbulkan masalah-masalah sebagai berikut :

- a. Meningkatkan rugi inti dan rugi belitan
- b. Pemanasan lebih.

2.10. Dasar-dasar Pengontrolan Harmonik

Pada dasarnya, harmonik dapat menjadi suatu masalah jika :

- a. Sumber dari arus yang mengandung harmonik sangat besar
- b. Jalur yang dilalui arus secara elektrik sangat panjang, sehingga menyebabkan distorsi tegangan yang besar.
- c. Respon dari sistem yang menimbulkan satu atau lebih harmonik.

Saat suatu permasalahan ditimbulkan oleh harmonik, cara dasar untuk mengatasinya adalah sebagai berikut :

- a. Mengurangi arus harmonik yang dihasilkan oleh beban
- b. Menambah filter untuk mengalihkan arus harmonik dari sistem, memblok arus yang memasuki sistem, atau melokalisasi arus harmonik.
- c. Merubah respon frekuensi dengan menggunakan filter, induktor, dan kapasitor.

2.11. Analisis Aliran Daya

Dalam melayani beban yang dibutuhkan oleh konsumen dan pengoperasian tenaga listrik perlu dilakukan penganalisaan aliran daya sehingga sistem yang dioperasikan dapat memenuhi persyaratan teknis yang sudah ditetapkan sebelumnya. Dalam analisa aliran daya dilakukan perhitungan terhadap tegangan, arus, daya aktif, dan daya reaktif, yang terdapat dalam berbagai titik jaringan.

Tujuan dari analisa daya sebagai berikut :

1. Mencari daya reaktif dan sudut fasa δ dari generator
2. Untuk mendapatkan nilai daya aktif dan daya reaktif pada bus
3. Untuk mengetahui apakah semua peralatan pada sistem memenuhi batas-batas yang telah ditetapkan untuk operasi penyaluran daya
4. Untuk mengetahui kondisis awal pada sistem
5. Untuk mengetahui daya yang mengalir disetiap saluran jaringan tenaga listrik
6. Untuk mengetahui nilai profil tegangan pada setiap bus.

2.12. Kualifikasi Bus

Pada setiap bus pada jaringan terdapat parameter-parameter yaitu : daya aktif (P), daya reaktif (Q), rating tegangan $|V|$ dalam satuan PU dan sudut fasa δ .

Dengan melihat parameter diatas, setiap bus dapat diklasifikasikan menjadi tiga bagian :

1. Bus Beban (load Bus) (PQ)

Pada bus ini hanya terdapat kebutuhan daya untuk memenuhi kebutuhan beban dimana P daya aktif dan Q daya reaktif diketahui, sementara $|v|$ dan δ berubah-ubah menurut kebutuhan. Oleh karena itu, $|v|$ dan δ harus ditentukan (dicari).

2. Bus Generator (PV)

Pada bus ini hanya terdapat daya pembangkit dimana $|v|$ diatur menggunakan regulator tegangan dan P diatur dengan governor. Sehingga untuk bus ini P dan $|v|$ diketahui. Sementara Q (daya reaktif) dan δ (sudut fasa) dicari.

2.13. Bus Slack

Pada bus ini $|v|$ dan δ sudah ditentukan besarnya sementara P dan Q dihitung. Biasanya nilai $|v|$ adalah 1 pu, sedangkan sudut fasa tegangan δ berharga nol, karena fasor tegangan dari bus dipakai sebagai frekuensi. Daya total yang mengalir pada setiap bus dituliskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$S_k = P_k + jQ_k = V_k \times I_k \dots\dots\dots(2.16)$$

Atau

$$P_k + jQ_k = \sum_{n=1}^N Y_{kn} V_n \dots\dots\dots(2.17)$$

Dari persamaan $V_k = v_k + j\delta_k$ dan $Y_{k11} = G_{k11} + jB_{k11}$, maka menjadi :

$$P_k - jQ_k - (v_k j\delta_k) = \sum_{n=1}^N (G_{k11} + jB_{k11})(V_n + j\delta_n) \dots\dots\dots(2.18)$$

Bila dituliskan dalam bentuk real dan imajiner maka persamaan diatas menjadi :

$$P_k = \sum_{n=1}^N \{v_k(v_k G_{kn} + \delta_k B_{kn}) + \delta_k(\delta_{kn} G_{kn} - v_k B_{kn})\} \dots\dots\dots(2.19)$$

$$Q_k = \sum_{n=1}^N \{v_k(v_k G_{kn} + \delta_k B_{kn}) + \delta_k(\delta_{kn} G_{kn} - v_k B_{kn})\} \dots\dots\dots(2.20)$$

2.14. Metode Newton Rhapson

Proses yang dilakukan adalah membandingkan antara daya angka ditempatkan berdasarkan data ($P_{k,calc}$ dan $Q_{k,sched}$) dengan daya hasil perhitungan perhitungan ($P_{k,calc}$ dan $Q_{k,calc}$) menggunakan persamaan (2.19) dan (2.20) diatas. Selisi daya yang ditetapkan dan perhitungan (ΔP_k dan ΔQ_k) dihitung dengan persamaan :

$$\Delta P_k = P_{k,sched} - P_{k,calc} \dots\dots\dots(2.21)$$

$$\Delta Q_k = Q_{k,sched} - Q_{k,calc} \dots\dots\dots(2.22)$$

Selisi daya dihitung dengan persamaan (2.21) dan (2.22) digunakan untuk menghitung nilai perubahan parameter tegangan bus, yaitu $\Delta|V_k|$ dan $\Delta|\delta|$, yaitu dengan menggunakan elemen jacobian, sehingga koreksi terhadap nilai parameter tegangan yang telah ditetapkan nilai awal sebelumnya. Elemen jacobian sendiri merupakan turunan persial P dan Q terhadap masing-masing variabel pada persamaan (2.19) dan (2.20), yang dalam bentuk matriks dituliskan sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} \Delta P_1 \\ \dots \\ \Delta P_{n-1} \\ \Delta Q_1 \\ \dots \\ \Delta Q_{n-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_1}{\partial v_1} & \frac{\partial P_1}{\partial v_1} & \frac{\partial P_1}{\partial \delta_1} & \frac{\partial P_1}{\partial \delta_{n-1}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial P_{n-1}}{\partial v_1} & \frac{\partial P_{n-1}}{\partial v_{n-1}} & \frac{\partial P_{n-1}}{\partial \delta_1} & \frac{\partial P_{n-1}}{\partial \delta_{n-1}} \\ \frac{\partial Q_1}{\partial v_1} & \frac{\partial Q_1}{\partial v_{n-1}} & \frac{\partial Q_1}{\partial \delta_1} & \frac{\partial Q_1}{\partial \delta_{n-1}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial v_1} & \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial v_{n-1}} & \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial \delta_1} & \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial \delta_{n-1}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta v_1 \\ \dots \\ \Delta v_{n-1} \\ \Delta \delta_1 \\ \dots \\ \Delta \delta_{n-1} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_1 \\ J_1 & J_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta & \Delta \delta \\ \Delta \delta & \Delta \delta \end{bmatrix} \dots \dots \dots (2.23)$$

Perubahan nilai tegangan bus dijumlahkan dengan nilai tegangan bus sebelumnya, yang kemudian nilai tegangan bus terbaru ini digunakan untuk menghitung kembali daya $P_{k,calc}$ dan $Q_{k,calc}$. Proses ini terus berulang, hal inilah yang disebut iterasi hingga mencapai kondisi dimana nilai perubahan daya ΔP dan ΔQ konvergen mencapai suatu nilai minimum yang telah ditentukan (berkisar 0,001 hingga 0,0001 pu).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode yang digunakan

Dalam analisa perbaikan profil tegangan dan reduksi harmonisa ini menggunakan acuan standar IEEE. Pengujian dan penelitian ini dimulai dengan survey data yang mendukung untuk disimulasikan pada *software ETAP Power Station*. Dengan data tersebut, data yang disimulasikan kedalam *software ETAP Power Station* untuk mengetahui profil tegangan dan distorsi harmonisa ke sistem. Perhitungan dilakukan dengan *Load Flow* pada *software ETAP Power Station* untuk mengetahui profil tegangan, daya aktif, daya reaktif pada sistem. Setelah mengetahui profil tegangan setiap bus pada sistem bilamana terjadi *undervoltage* digunakan harmonisa untuk mengoptimalkan penempatan dan besaran kapasitor untuk memperbaiki profil tegangan tersebut. Sedangkan untuk mensimulasikan distorsi harmonisa pada sistem menggunakan *tool Harmonics Analysis*.

3.2. Filter Pasif

Filter pasif terdiri dari induksi, kapasitansi, dan elemen reaktansi yang diatur untuk mengontrol harmnoik filter pasif sangat umum digunakan dan tidak mahal dibandingkan dengan filter hamonik lainnya. Kekurangannya adalah adanya kemungkinan untuk berinteraksi dengan sistem tenaga listrik yang dapat merugikan dan penting untuk memeriksa kemungkinan semua interaksi pada saat didesain.

3.3. Perancangan Filter Harmonik

Sebelum melakukan suatu perancangan filter perlu dilakukan studi untuk menentukan kompensasi daya reaktif yang diperlukan oleh sistem. Filter harus didesain untuk menyediakan daya reaktif dalam jumlah yang tepat. Jika tidak diperlukan daya reaktif, filter harus didesain minimum, artinya filter harus cukup menekan harmonik pada biaya yang paling rendah dan mensuplai beberapa daya reaktif, tetapi tidak semua yang diperlukan.

Besarnya daya reaktif yang disuplai oleh kapasitor ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_{VAR} = \sqrt{\left[\frac{P_1}{PF_0}\right]^2 - P_1^2} - \sqrt{\left[\frac{P_1}{PF}\right]^2 - P_1^2} \dots\dots\dots (3.1)$$

Dengan : P_1 = Daya aktif sistem (Watt)

PF_0 = Faktor daya sebelum ada kompensasi daya reaktif

PF = Faktor daya setelah kompensasi daya reaktif

Prosedur umum dalam menganalisa harmonik adalah sebagai berikut :

- a. Mengidentifikasi kondisi harmonik
- b. Mendesain skema filter untuk menekan harmonik
- c. Menganalisa unjuk unjuk filter

Ada dua jenis filter, yaitu filter aktif dan filter pasif. Filter pasif banyak digunakan di industri. Namun, filter ini memiliki beberapa kelemahan, terutama filter pasif tergantung pada impedansi sumber sistem tenaga, frekuensi sistem dan toleransi komponen. Lebih jauh, filter ini menarik harmonik dari beban lain dalam sistem.

Pemasangan filter memiliki dua tujuan, yaitu :

- a. Untuk mengurangi tegangan harmonik dan injeksi arus harmonik dalam jaringan AC sampai ke level yang dapat diterima
- b. Untuk menyediakan semua atau sebagian daya reaktif yang dikonsumsi oleh sumber harmonik atau yang dikonsumsi oleh beban-beban lainnya

Ada dua jenis filter pasif, yaitu filter seri dan filter shunt. Filter seri harus didesain untuk arus maksimum dari rangkaian utama. Sedangkan filter *shunt* hanya membawa arus harmonik dan sebagian arus *fundamental* yang jauh lebih kecil dari arus di rangkaian utama. Karena itu, filter *shunt* lebih murah daripada filter seri untuk efektifitas yang sama. Filter *shunt* memiliki keuntungan lain dari pada filter seri, yaitu filter *shunt* dapat mensuplai daya reaktif pada frekuensi dasar. Dalam banyak aplikasi, biasanya dipakai filter *shunt*.

Filter yang paling umumnya digunakan adalah *single tuned filter* dan *damped filter* orde kedua. Kedua jenis filter ini adalah paling sederhana dalam desainnya dan paling murah untuk diimplementasikan.

3.3.1. Kriteria Desain Filter

Ukuran filter didefinisikan sebagai daya reaktif yang disuplai oleh filter pada frekuensi dasar. Pada dasarnya sama dengan daya reaktif pada frekuensi dasar yang disuplai oleh kapasitor. Ukuran total dari semua cabang filter ditentukan oleh daya reaktif yang dibutuhkan oleh sumber harmonik dan oleh berapa banyak kebutuhan ini dapat disuplai dari jaringan AC.

Kriteria desain filter yang ideal adalah dapat mengeliminasi semua pengaruh buruk yang disebabkan oleh distorsi gelombang, termasuk interferensi telepon, yang merupakan efek yang sulit dieliminasi secara lengkap. Namun, kriteria ideal tersebut tidak realistis, baik dari alasan teknis maupun ekonomis. Dari segi teknis, sangat sulit untuk memperkirakan sebelumnya distribusi harmonik melalui jaringan AC. Dari segi ekonomis, pengurangan interferensi telepon secara normal dapat dicapai dengan lebih ekonomis dengan melakukan

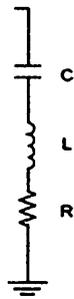
beberapa pengukuran preventif dalam sistem telepon dan pengukuran lainnya dalam sistem tenaga.

Faktor-faktor yang perlu diperhatikan ketika mendesain filter untuk mengatasi masalah-masalah harmonik adalah :

- a. Daya reaktif yang diperlukan untuk perbaikan faktor daya
- b. Puncak resonansi paralel yang dihasilkan dari interaksi antara filter dan impedansi sumber
- c. Rugi-rugi filter.

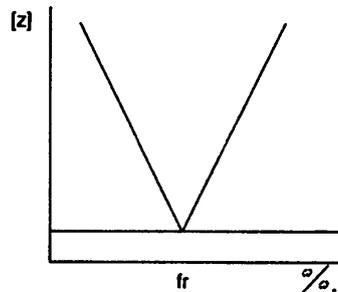
3.3.2. Single Tuned Filter

Rangkaian single tuned filter dan kurva impedansi terhadap frekuensi terlihat pada gambar sebagai berikut :



(a)

Single Tuned Filter



(b)

Kurva Impedansi

Gambar 3.1. (a) Rangkaian Single Tuned Filter. (b) Kurva Impedansi terhadap frekuensi.

Impedansi sigle tuned filter diberikan oleh persamaan :

$$Z_f = R + j \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \dots\dots\dots(3.2)$$

Untuk magnitudo impedansi single tuned filter adalah :

$$|Z_f| = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2} \dots\dots\dots(3.3)$$

Resonansi terjadi pada saat nilai reaktansi sama dengan kapasitansi. Filter diatur pada frekuensi f_r , yang menghasilkan resonansi seri. Berikut adalah persamaannya :

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \dots\dots\dots(3.4)$$

Pada frekuensi f_r , single tuned filter akan memiliki impedansi minimum yang dimana besarnya adalah resistansi R dari induktor. Filter ini akan menyerap semua arus harmonik yang dekat dengan frekuensi F_r yang diinjeksikan.

Prinsip dasarnya, adalah *single tuned filter* dipasang untuk setiap harmonik yang akan dihilangkan. Filter-filter ini dihubungkan pada busbar dimana pengurangan tegangan harmonik yang ditentukan. Bersama-sama, filter-filter ini membentuk filter bank.

Ada dua parameter yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan nilai R,L, dan C yaitu :

- a. Faktor kualitas (*Quality factor-Q*)
- b. Penyimpangan frekuensi relatif (*Relative Frequency Deviation-δ*)

Faktor kualitas dari sebuah filter (Q) adalah ukuran ketajaman penyetelan filter tersebut dalam mengeliminasi harmonik. Filter dengan Q tinggi disetel pada frekuensi rendah (misalnya harmonik kelima), dan nilai biasanya terletak antara 30 dan 60. Dalam *single tuned filter*, faktor kualitas Q tinggi didefinisikan sebagai perbandingan antara induktansi atau kapasitansi pada frekuensi resonansi terhadap resistansi.

$$Q = \frac{X_0}{R} \dots\dots\dots(3.5)$$

$$\text{Dimana } X_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} \dots\dots\dots(3.6)$$

Keterangan : X_0 = impedansi filter

R = tahanan reaktor

Filter yang efektif harus memiliki induktor dengan faktor kualitas yang besar, oleh karena itu $R \ll X_0$ pada frekuensi resonansi. Perkiraan nilai Q untuk reaktor inti udarah (*air core reactors*) adalah 75 dan lebih besar 75 untuk reaktor inti besi (*iron-core reactors*).

Penyimpangan frekuensi relatif (δ), disebut juga faktor *de-tuning*, menyatakan perubahan frekuensi dari frekuensi nominal penyetelannya, yang dinyatakan oleh:

$$\delta = \frac{\omega - \omega_n}{\omega} \dots\dots\dots(3.7)$$

Faktor δ dipengaruhi oleh :

- a. Variasi frekuensi dasar.
- b. Variasi kapasitansi dan induksi dari filter karena pengaruh suhu dan penuaan.
- c. Initial off-tuning yang disebabkan oleh toleransi pabrik dan batasan ukuran langkah penyetelan.

3.4. Rating Komponen Filter

Rating komponen filter merupakan suatu standar batasan dari suatu komponen filter tersebut dapat bekerja. Berikut ini beberapa komponen dan ratingnya :

3.4.1. Rating Pada Kapasitor

Batasan beban lebih yang diperbolehkan berdasarkan standar ANSI/IEEE 18-1980 adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1. Rating pada Kapasitor

	Nilai Rating
Kvar	135 %
Tegangan Efektif	110 %
Jumlah Tegangan Puncak	120 %
Arus Efektif	180 %

Meskipun berdasarkan standar, batas arus yang diperbolehkan adalah 180%, tetapi mungkin lebih rendah karena masing-masing unit kapasitor diproteksi pada 125-165% dari rating arusnya.

Dalam mendesain filter, batas arus dan tegangan efektif dan jumlah tegangan puncak pada kapasitor bank sebaiknya berkisar 100% dari ratingnya pada kondisi normal. Hal ini dilakukan agar kapasitor dapat mengkompensasi tegangan lebih sistem dan kondisi tidak simbang pada kapasitor. Komponen harmonik meningkat secara signifikan untuk kondisi ketidakseimbangan kapasitor bank.

Besarnya kompensasi daya reaktif yang diberikan oleh kapasitor pada frekuensi dasar (QVAR) atau disebut juga ukuran filter (S), dinyatakan oleh persamaan :

$$S = \frac{V_s^2}{X_C - X_L} \dots\dots\dots(3.8)$$

Untuk harmonik ke-n, ukuran filter dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$S = \left(\frac{V_s^2}{X_C}\right) \left[\frac{n^2}{n^2-1}\right] \dots\dots\dots(3.9)$$

3.4.2. Rating Pada Induktor

Induktor yang digunakan untuk aplikasi filter biasanya dari tipe inti udara yang memberikan karakteristik liner berkenaan dengan frekuensi dan arus. Toleransi reaktansi +5 % dapat diterima untuk aplikasi sistem tenaga tenaga diindustri. Parameter-parameter yang dipakai bila menentukan spesifikasi induktor adalah :

- a. Arus pada frekuensi dasar
- b. Spektrum arus harmonik
- c. Arus hubungan singkat
- d. Rasio X/R
- e. Tegangan sistem

3.5. Software ETAP Power Station

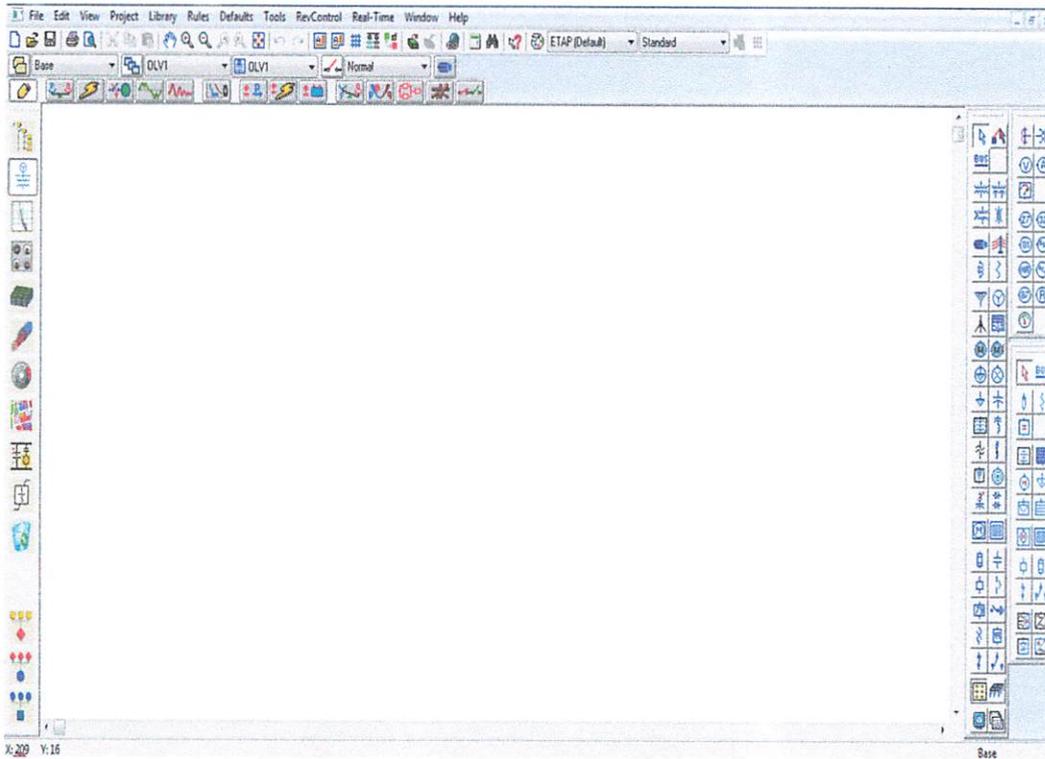
ETAP merupakan softwarefull grafis yang dapat digunakan sebagai alat analisa untuk mendesain dan menguji kondisi sistem tenaga listrik yang ada. *ETAP* dapat digunakan untuk mensimulasikan sistem tenaga listrik secara off line dalam bentuk modul simulasi , monitoring data operasi secara real time, simulasi sistem real time, optimasi, manajemen energi sistem dan simulasi *intelligent load shedding*. *ETAP* didesain untuk dapat menangani berbagai kondisi dan topologi sistem tenaga listrik baik disisi konsumen, industri maupun untuk menganalisis performa sistem disisi utility. *Software* ini dilengkapi dengan fasilitas untuk menunjang simulasi seperti jaringan AC dan DC (*AC and DC network*), desain jaringan kabel (*cable careways*), grid pentanahan (*ground grid*), GIS, desain panel, *arc-flash*, kondisi peralatan proteksi (*protective device coordination/selectivity*), dan AC/DC control sistem diagram.

ETAP Power Station juga menyediakan fasilitas *Library* yang akan mempermudah dengan suatu sistem kelistrikan. *Library* ini dapat diedit atau dapat ditambahkan dengan informasi peralatan. *Software* ini bekerja berdasarkan plant (*project*). Setiap plant harus menyediakan modelling peralatan dan alat-alat

pendukung yang berhubungan dengan analisis yang akan dilaksanakan. Misalnya data generator, data motor, data kabel dll. Sebuah sistem kelitrikan yang membutuhkan sekumpulan komponen elektrik yang akan saling berhubungan. Dalam *Power Station*, setiap plant harus menyediakan data base untuk keperluan itu. *ETAP Power Station* dapat digunakan untuk menggambarkan *single line* diagram secara grafis dan mengadakan beberapa analisa/studi yakni *Load Flow* (aliran daya), *Short Circuit* (hubungan singkat), motor satariting, harmonisa, *transient stability*, *protective device coordination*, dan *cable derating*.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam bekerja dengan *ETAP Power Station* adalah :

1. **One line diagram**, menunjukkan antara hubungan komponen/peralatan listrik sehingga membentuk suatu sistem kelistrikan.
2. **Library**, informasi mengenai semua peralatan yang akan dipakai dalam sistem kelistrikan. Data elektrik maupun mekanis dari peralatan yang detail/lengkap dapat mempermudah dan memperbaiki hasil simulasi/analisa.
3. **Standar yang dipakai**, biasanya mengacu pada standar *IEC* atau *ANSI*, frekuensi sistem dan metode-metode yang dipakai.
4. **Study Case**, berisikan parameter-parameter yang berhubungan dengan metode studi yang akan dilakukan dan format hasil analisa.
5. Kelengkapan data dari setiap elemen/komponen/peralatan listrik pada sistem yang akan dianalisa akan sangat membantu hasil simulasi/analisa dapat mendekati keadaan operasi sebenarnya.



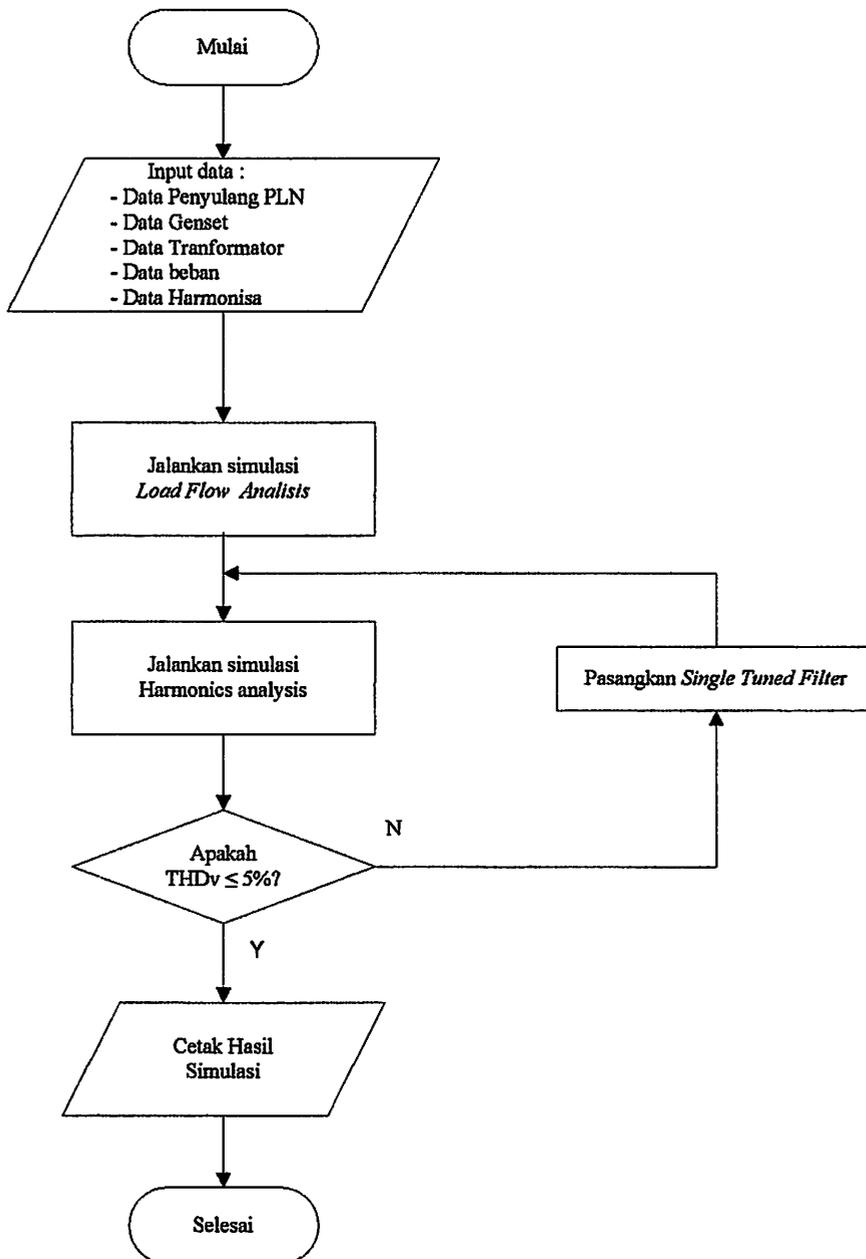
Gambar 3.2. Tampilan Utama Software ETAP Power Station.

3.5.1. Algoritma Simulasi pada *Software ETAP Power Station*

1. Mulai
2. Menggambar single line
3. Input data : data genset, Transformer, Beban
4. Menjalankan simulasi aliran daya (*Load Flow*) dengan menggunakan *Metode New Raphson*
5. Setelah proses simulasi *load Flow* selesai dan tegangan telah pada batasan yang ditentukan, proses selanjutnya adalah simulasi *Harmonic Analysis*
6. Simulasi *Harmonic Analysis* dijalankan untuk menganalisa keadaan distorsi gelombang harmonisa pada sistem
7. Dari hasil simulasi *Harmonic Analys* akan didapat berapa besar distorsi dengan satuan besaran %THD

8. Apakah VTHD < 5% :
 - a. “Ya”: Cek hasil simulasi dan lanjutkan proses selanjutnya
 - b. “Tidak” : Pasang *Single Tuned Filter* untuk mereduksi harmonisa tegangan sehingga dibawah 5%. Setelah filter dipasang jalankan kembali simulasi *Harmonic Analysis* untuk menganalisa harmonisa setelah dipasang filter.
9. Setelah semua proses selesai dan hasilnya sudah baik, simulasi telah selesai kemudian cek hasil simulasi.
10. Selesai.

3.6. Flowchart



Gambar 3.3. *Flowchart* Penyelesaian Masalah

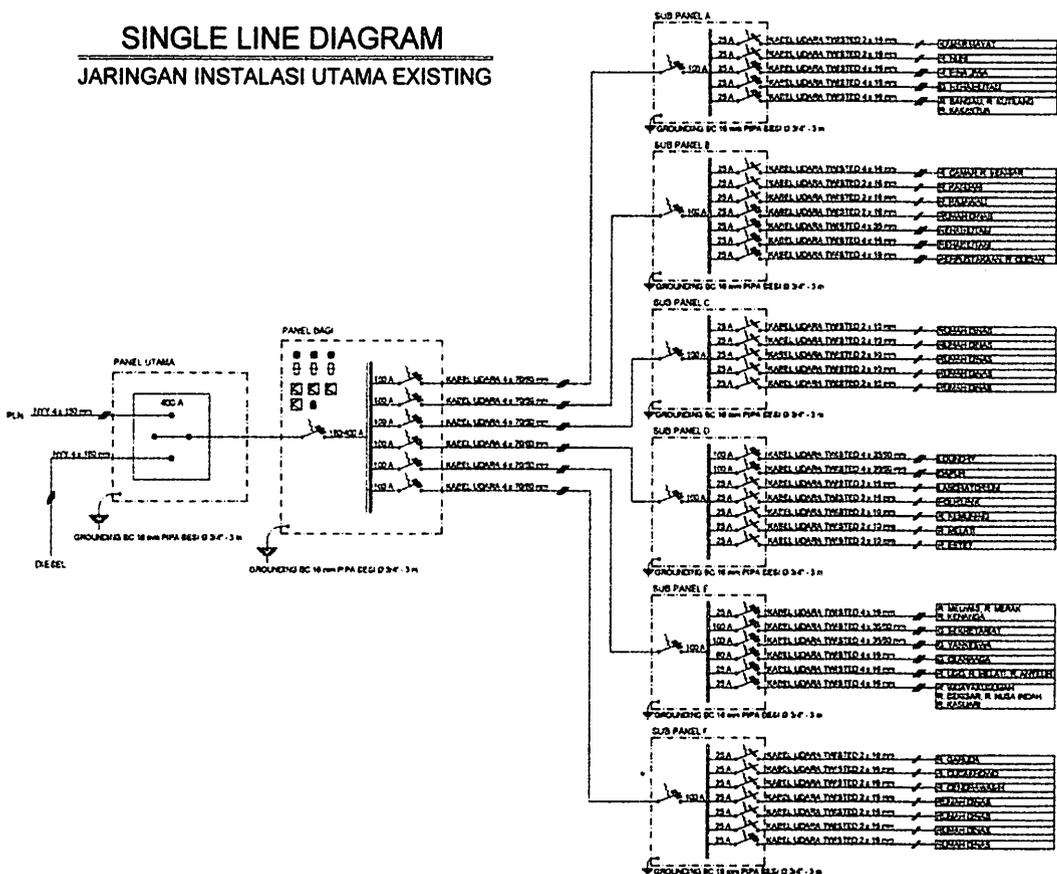
BAB IV

HASIL DAN ANALISIS HASIL

4.1. Data Hasil Pengukuran

4.1.1. Lokasi Dan Waktu Penelitian

Tempat yang dijadikan untuk melakukan penelitian dan pengambilan data dalam skripsi ini adalah di RSJ Dr. Radjiman Widiodyaningrat Lawang, dan waktu pengambilan data dimulai pada hari Kamis 4 Desember 2014 sampai dengan Sabtu 6 Desember 2014. Berikut adalah gambar single line diagram sistem kelistrikan di RSJ Dr. Radjiman Widiodyaningrat Lawang yang akan digunakan *simulasi single tuned filter* dan simulasi *harmonics analysis*.



Gambar 4.1. Single Diagram Sistem Kelistrikan RSJ Dr. Radjiman Widiodyaningrat Lawang.

4.2. Data-Data Yang Dikumpulkan

4.2.1. Data Penyulan Dari PLN

Tabel 4.1. Data penyulang dari PLN

Tegangan	20 kV
Jumlah Fasa	3 Fasa
Frekuensi	50 Hz
Hubungan	Delta (Δ)

4.2.2. Data Traformator Dari PLN

Tabel 4.2. Data trafo dari PLN yang ada di RSJ Dr. Radjiman Widiodyaningrat Lawang.

Merk transformator	UNINDO
Daya	850 kVA
Tegangan Primer/sekunder	20 kV/0.38 kV
Arus primer/sekunder	24.54 A/1291 A
Frekuensi	50 Hz
Hubungan	Δ/Y
Impedansi	6.75 %
Pendinginan	ONAN
Berat total	2100 kg
Berat minyak	550 kg

4.2.3. Data Transformator Dari RSJ Dr. Radjiman Widiodyningrat Lawang

Tabel 4.3. Data transformator dari RSJ Dr. Radjiman Widiodyningrat Lawang.

Merk transformator	UNINDO
Daya	550 kVA
Tegangan Primer/sekunder	0.6 kV/0.38 kV
Arus primer/sekunder	529.2 A/835.6 A
Frekuensi	50 Hz
Hubungan	Δ/Y
Impedansi	4.5 %
Pendinginan	ONAN
Berat total	1700 kg
Berat minyak	350

4.2.4. Data Generator Dari RSJ Dr. Radjiman Widiodyningrat Lawang

Tabel 4.4. Data Generator dari RSj Dr. Radjiman Widiodyningrat Lawang.

Merk generator	PERKINS 2806A-E18TAG2
kVA dasar	813 kVA
kW dasar	650 kW
Power Faktor	0.8
Tegangan	600 Volt
Arus	781.8 A
Jumlah Fasa	3 fasa
Frekuensi	50 Hz
Kelas	H
Putaran	1500 RPM
Kutub	4
Hubungan	Delta (Δ)

4.2.5. Data Beban Keseluruhan RSJ Dr. Radjiman Widiodiningrat Lawang

Tabel 4.5. Data beban yang diperoleh dari RSJ Dr. Radjiman Widiodiningrat Lawang.

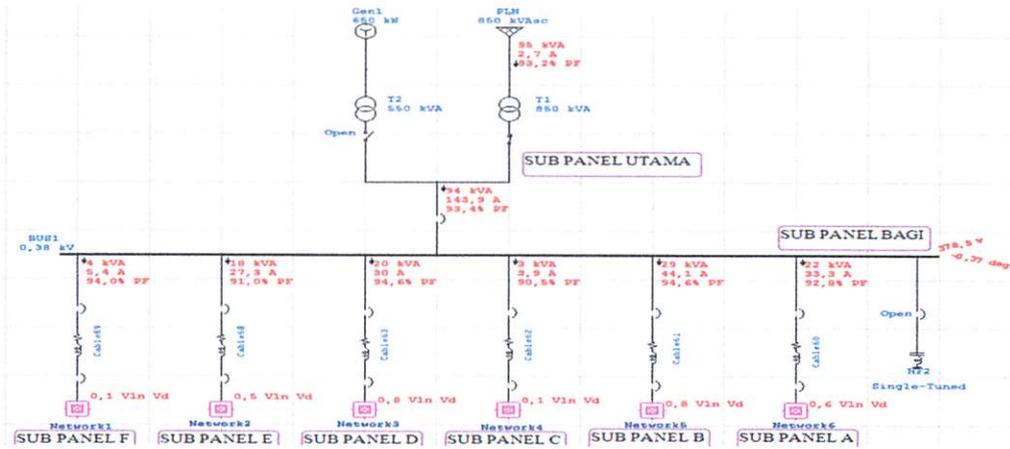
Data beban keseluruhan di RSJ Dr. Radjiman Widiodiningrat Lawan			
No	Beban	kVA	kW
1	Kamar Mayat	0.94	0.818
2	Ruang Nuri	6.3	5.75
3	Ruang Bina Jiwa	0.54	0.426
4	Gedung Rehabilitasi	0.63	0.521
5	R.Bangau, R.Kutilang, R.Kakatua	6.5	5.584
6	R.Camar, R.Bekisar	5.2	4.536
7	R.Kasuari	4.3	3.842
8	R.Rajawali	0.72	0.32
9	Rumah Dinas 01	0.68	0.531
10	Rehabilitas	0.35	0.256
11	Rehabilitas	0.43	0.381
12	Perpustakaan, R.Cucian	9.5	7.755
13	Rumah Dinas 02	0.57	0.462
14	Rumah Dinas 03	0.43	0.322
15	Rumah Dinas 04	0.64	0.572
16	Rumah Dinas 05	0.52	0.456
17	Rumah Dinas 06	0.43	0.324
18	Loundry	9.8	8.232
19	Dapur	3.5	2.631
20	Laboratorium	4.3	3.446
21	Poliklinik	0.55	0.425
22	R.Kemuning	0.63	0.541
23	R.Melati	0.73	0.631

24	R.Betet	0.42	0.351
25	R.Meliwis, R.Merak, R.Kenaga	3.3	2.626
26	G.Sekretariat	0.47	0.352
27	G. Yankeswa	0.42	0.315
28	G.Olahraga	0.39	0.258
29	R.UGD, R.Melati, R.Anyelir	0.69	0.582
30	R.Wijayakusumah	5.4	4.432
31	R.Garuda	0.47	0.365
32	R.Cucakrowo	0.55	0.452
33	R.Cendrawasih	0.41	0.325
34	Rumah Dinas 07	0.51	0.462
35	Rumah Dinas 08	0.54	0.435
36	Rumah Dinas 00	0.53	0.436
37	Rumah Dinas 10	0.57	0.437

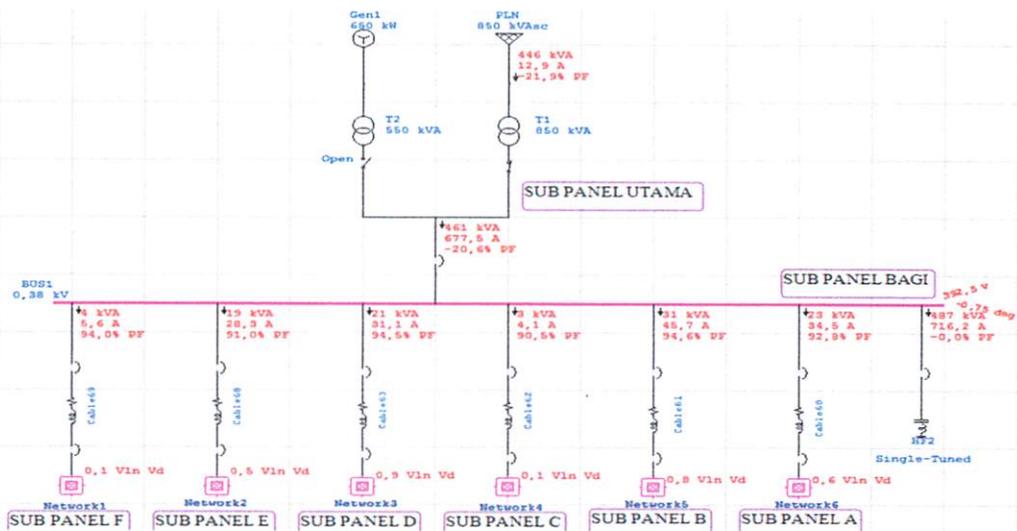
Sumber data dari RSJ Dr. Radjiman Widiodyaningrat Lawang

4.3. Hasil Analisa Aliran Daya (*Load Flow*) Menggunakan Program ETAP Power Station

Untuk menganalisa aliran daya (*Load Flow*) terlebih dahulu ditetapkan *single line diagram* sesuai dengan gambar 4.2 kemudian di analisa dengan menggunakan *Software ETAP Power Station* dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik pada sistem.



Gambar 4.2. Analisa aliran daya sebelum pemasangan filter harmonisa *Single Tuned*.



Gambar 4.3. Analisa aliran daya sesudah pemasangan filter harmonisa *Single Tuned*.

Tabel 4.6. Analisa aliran daya (*Load Flow*) tegangan dan faktor daya sebelum dan sesudah pemasangan filter harmonisa *Single Tuned*.

No	ID		Sebelum		Sesudah	
			Voltage (Volt)	PF (%)	Voltage (Volt)	PF (%)
1	BUS1	Panel Bagi	378.8	92	397.5	92
2	BUS2	SUB Panel F	378.6	94	397.5	94
3	BUS3	SUB Panel E	378.3	91.3	397.2	94.5
4	BUS4	SUB Panel D	377.4	90.5	396.2	90.5
5	BUS5	SUB Panel C	378.7	91.8	397.5	91.8
6	BUS6	SUB Panel B	377.7	88.6	396.9	88.6
7	BUS7	SUB Panel A	378	88.6	396.8	88.6
8	BUS8	Rumah Dinas 09	378.6	95.7	397.4	95.7
9	BUS9	Rumah Dinas10	378.6	93.8	397.4	93.8
10	BUS10	Dapur	377.2	95.7	396	95.7
11	BUS11	Gedung Sekretariat	378.3	89.7	397.1	89.7
12	BUS12	Gedung Yankeswa	378.3	89.6	397.1	89.6
13	BUS13	Kamar Mayat	378	91.4	396.8	91.4
14	BUS14	Laboratorium	377.1	93.6	395.8	91.5
15	BUS15	Loundry	377	95.9	395.7	95.9
16	BUS16	Perpustakaan	377.3	95.3	396.1	95.3
17	BUS17	Poliklinik	377.4	93.8	396.1	93.8
18	BUS18	Ruang Rehabilitasi01	378	96.2	396.8	96.2
19	BUS19	Ruang Bangau	377.6	86.5	396.3	86.5
20	BUS20	Ruang Betet	377.4	93.6	396.1	93.6
21	BUS21	Ruang Bina Jiwa	378	91.2	396.8	91.2
22	BUS22	Ruang Camar	377.3	86.8	396.1	86.8
23	BUS23	Ruang Cendrawasi	378.6	88.7	397.4	88.7
24	BUS24	Ruang Cucakrowo	378.6	93.9	397.4	93.9
25	BUS25	Rumah Dinas01	377.7	88.5	396.4	88.5
26	BUS26	Ruang Garuda	378.6	93.8	397.4	93.8

27	BUS27	Ruang Kasuari	377.4	88.4	396.2	88.4
28	BUS28	Ruang Kemuning	377.3	88.7	396.1	88.7
29	BUS29	Ruang Melati	377.3	86.9	396.1	86.9
30	BUS30	Ruang Meliwis	378	87.6	396.8	87.6
31	BUS31	Ruang Nuri	377.6	89.3	396.4	89.3
32	BUS32	Gedung Olahraga	378.3	88.9	397.1	94.8
33	BUS33	Ruang Rajawali	377.7	96.4	396.5	96.4
34	BUS34	Ruang Rehabilitasi02	377.7	89.5	396.5	89.5
35	BUS35	Ruang Rehabilitasi03	377.7	89.5	396.5	89.5
36	BUS36	Ruang UGD	378.3	88.9	397.1	88.9
37	BUS37	Ruang Wijayakusuma	377.9	93.8	396.7	93.8
38	BUS38	Rumah Dinas02	378.7	87.9	397.5	87.9
39	BUS39	Rumah Dinas 03	378.8	88.9	397.5	88.9
40	BUS40	Rumah Dinas 04	378.7	90.5	397.5	90.5
41	BUS41	Rumah Dinas 05	378.7	89.8	397.5	89.8
42	BUS42	Rumah Dinas 06	378.7	93.9	397.5	93.9
43	BUS43	Rumah Dinas 07	378.6	89.9	397.4	89.9
44	BUS44	Rumah Dinas 08	378.6	98.5	397.4	98.5

4.4. Hasil Analisa Pemasangan Filter Harmonisa

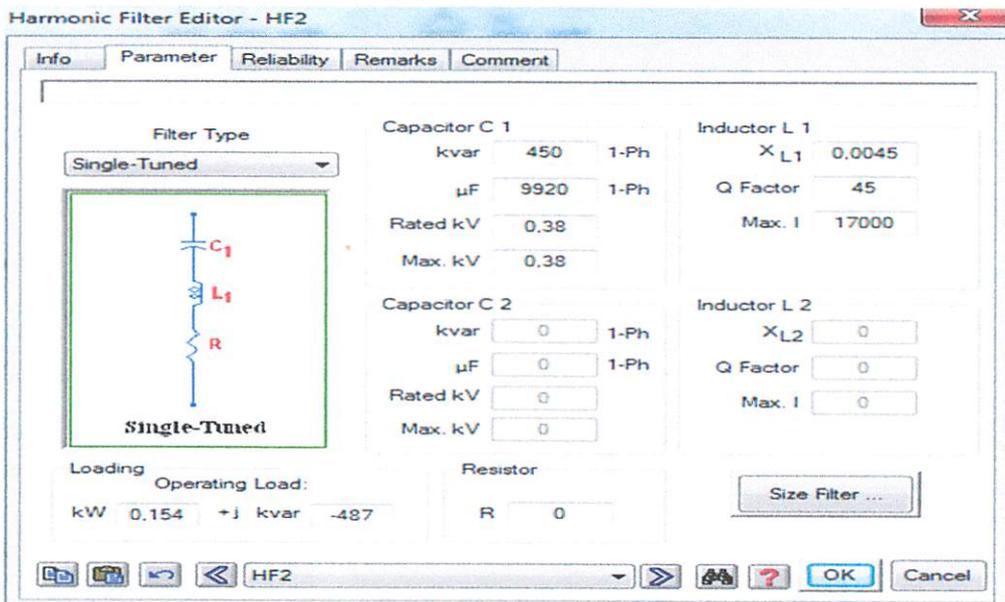
4.4.1. Pemasangan *Filter Single Tuned* pada BUS 1 (Panel Bagi)

Berdasarkan hasil pengukuran di sisi suplai dapat dilihat bahwa beban pada RSJ Dr. Radjiman Widiodiningrat Lawang dalam kondisi tidak seimbang. Hal ini ditandai dengan terjadinya perbedaan nilai arus tiap fasa dan perbedaan nilai daya tiap fasa serta frekuensi yang muncul tidak hanya frekuensi fundamentalnya saja (50 Hz), tetapi muncul juga nilai frekuensi harmonisa ganjil yang terlihat pada spektrum harmonisa arus dengan adanya orde harmonisa kesatu, ketiga, kelima, ketujuh dan seterusnya. Kondisi di atas menunjukkan bahwa sistem listrik RSJ Dr. Radjiman Widiodiningrat Lawang mengalami gangguan harmonisa, yang ditandai dengan bentuk gelombang tegangan yang sinusoidal, sedangkan bentuk gelombang arus tidak sinusoidal (mengandung riak)

dengan distorsi total harmonisa arus (THDi) melebihi batas dengan nilai 47,9291% begitupun juga dengan distorsi total harmonisa tegangan (THDv) melebihi batas dengan nilai 47,6370%

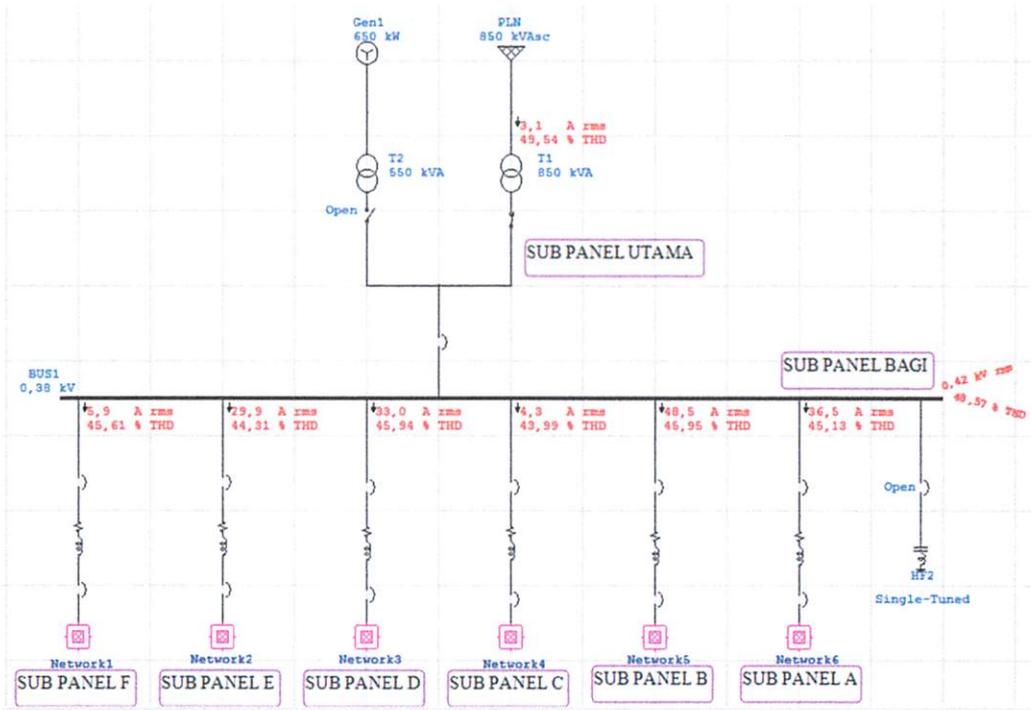
Hasil pengukuran menunjukkan bahwa %THDv dan %THDi di RSJ Dr. Radjiman Widiodiningrat Lawang berada pada nilai THDv 47.6270 dan THDi 47,9291. Bila mengacu kepada (Standar IEEE No. 519-1992). bahwa %THDv dan %THDi paling besar adalah $\leq 5\%$, maka %THDv dan %THDi di RSJ Dr. Radjiman Widiodiningrat Lawang saat ini tidak memenuhi standar yang diijinkan, dengan penyimpangan yang sangat tidak signifikan.

Dari hasil data pada ETAP didapatkan penentuan letak dan ukuran filter harmonisa pada BUS 1, karena diketahui bahwa semua bus yang terdapat pada sub panel A sampai F mengalami kandungan harmonisa yang tinggi yaitu THDv% sebesar 47,6370% dan THDi% sebesar 47,9291% dengan tegangan sebesar 378.8 – 397,6 V. Harmonisa dominan pada orde 5 mengalami harmonisa sebesar 40.7549% sedangkan orde 7 sebesar 26,7673%, dengan besaran kapasitas filter yang dipasang dilihat pada gambar sebagai berikut :

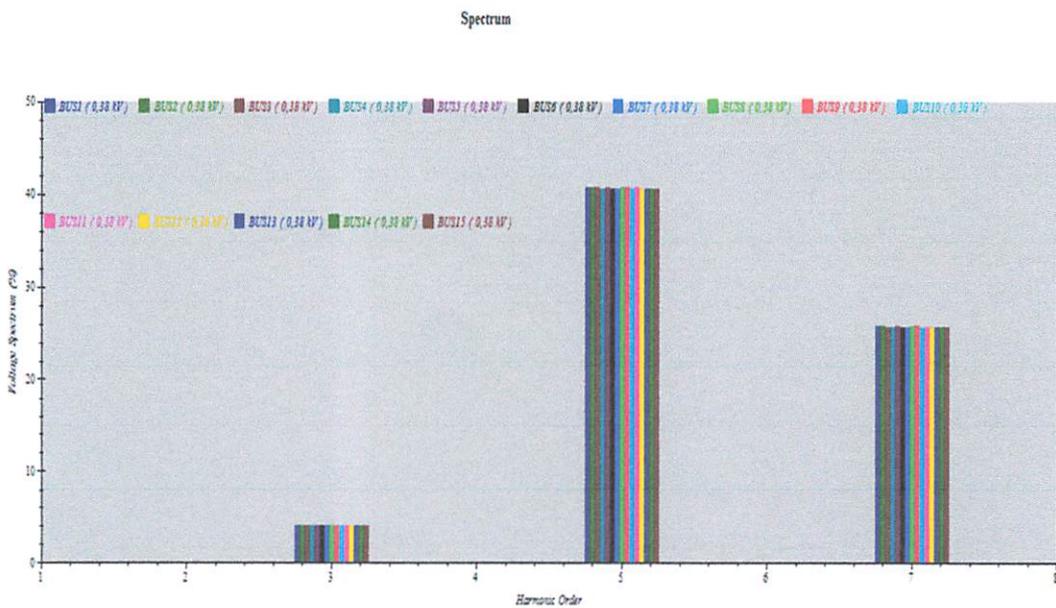


Gambar 4.4. Single Tuned Filter.

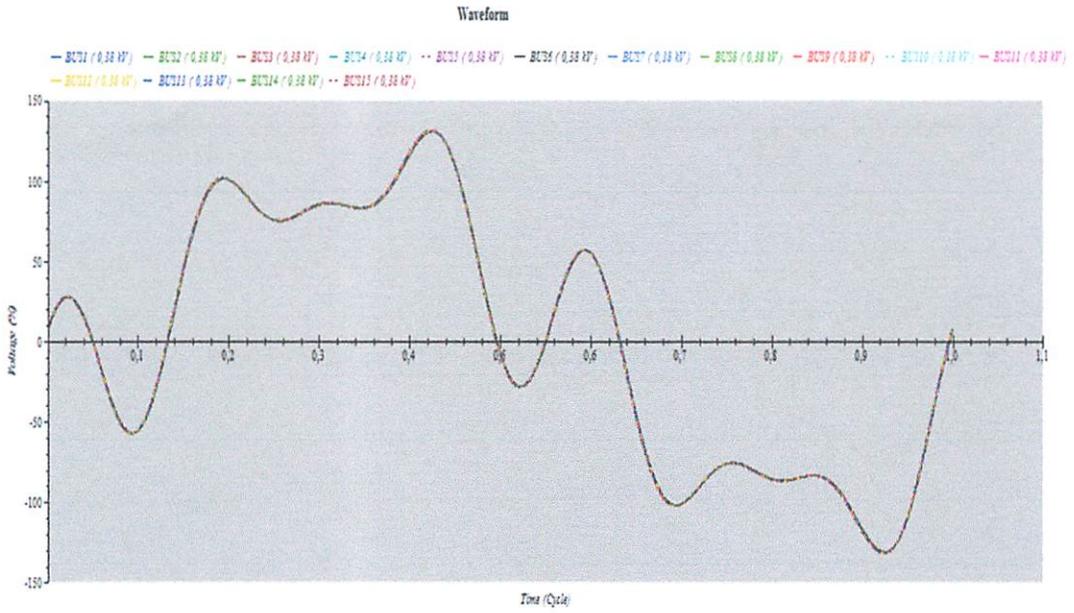
4.4.2. Hasil Analisa Sebelum Pemasangan filter harmonisa *Single Tuned* Filter



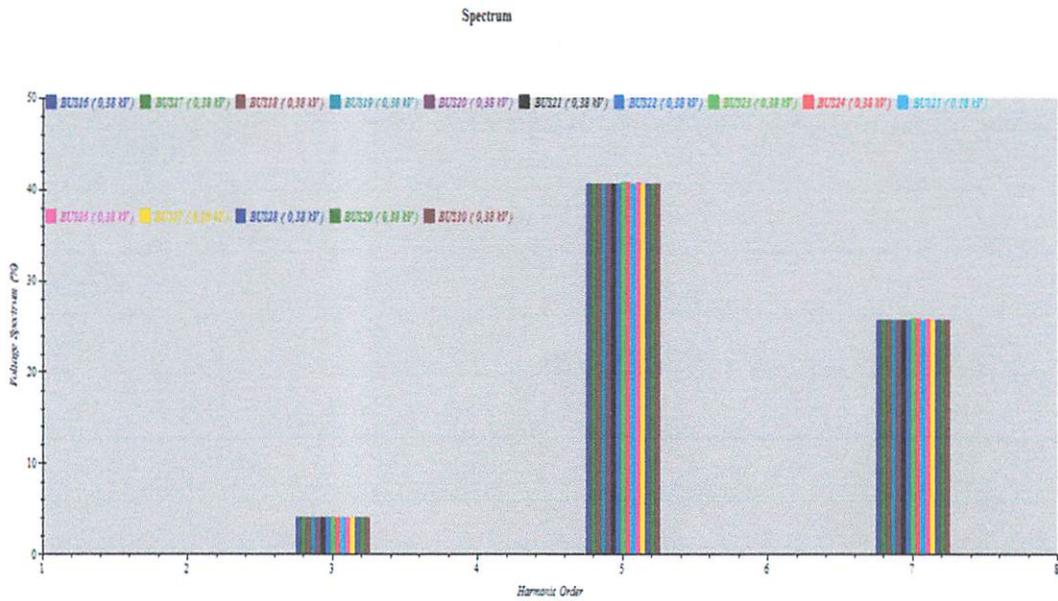
Gambar 4.5. Analisa harmonisa sebelum pemasangan filter.



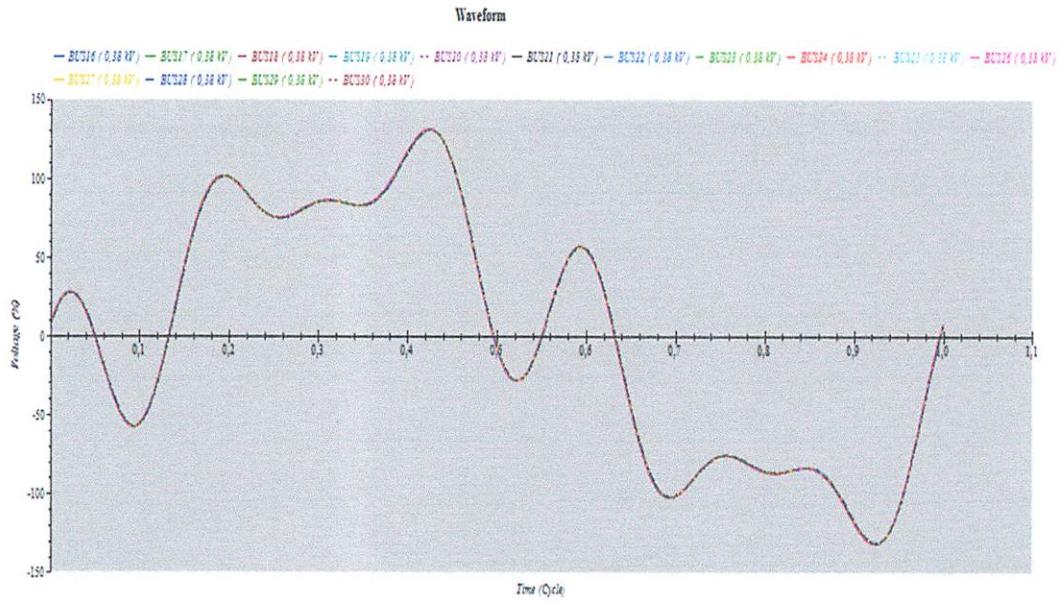
Grafik 4.1. Perbandingan tegangan Spectrum (%) harmonik orde 3, 5, dan 7 pada bus 1 sampai dengan bus 15 sebelum pemasangan filter harmonisa.



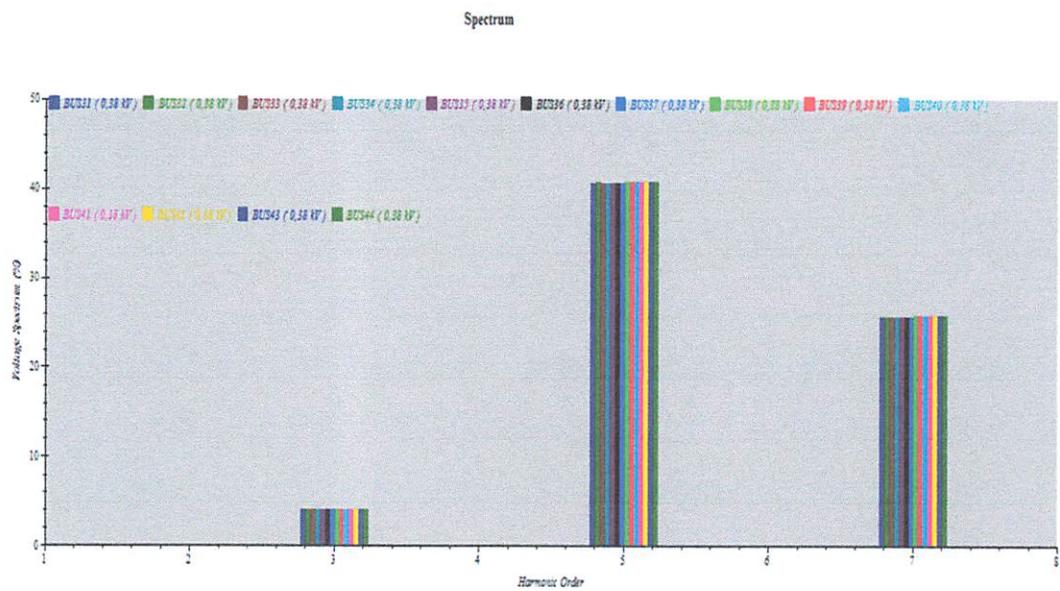
Grafik 4.2. Perbandingan tegangan wavefrom (%) pada bus 1 sampai dengan bus 15 terhadap waktu sebelum pemasangan filter harmonisa.



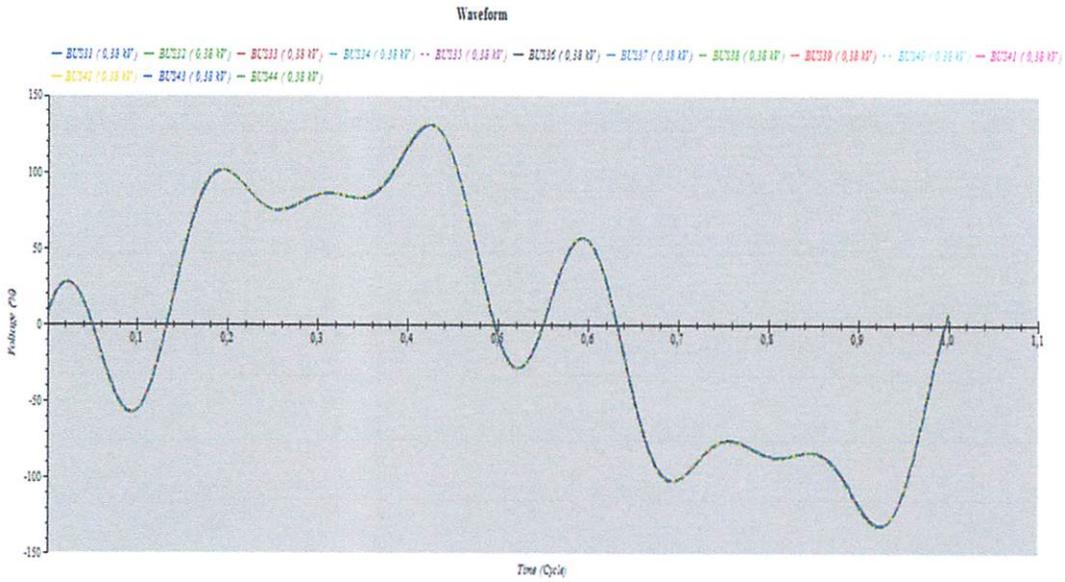
Grafik 4.3. Perbandingan tegangan Spectrum (%) harmonik orde 3, 5, dan 7 pada bus 16 sampai dengan bus 30 sebelum pemasangan filter harmonisa.



Grafik 4.4. Perbandingan tegangan wavefrom (%) pada bus 16 sampai dengan bus 30 terhadap waktu sebelum pemasangan filter harmonisa.

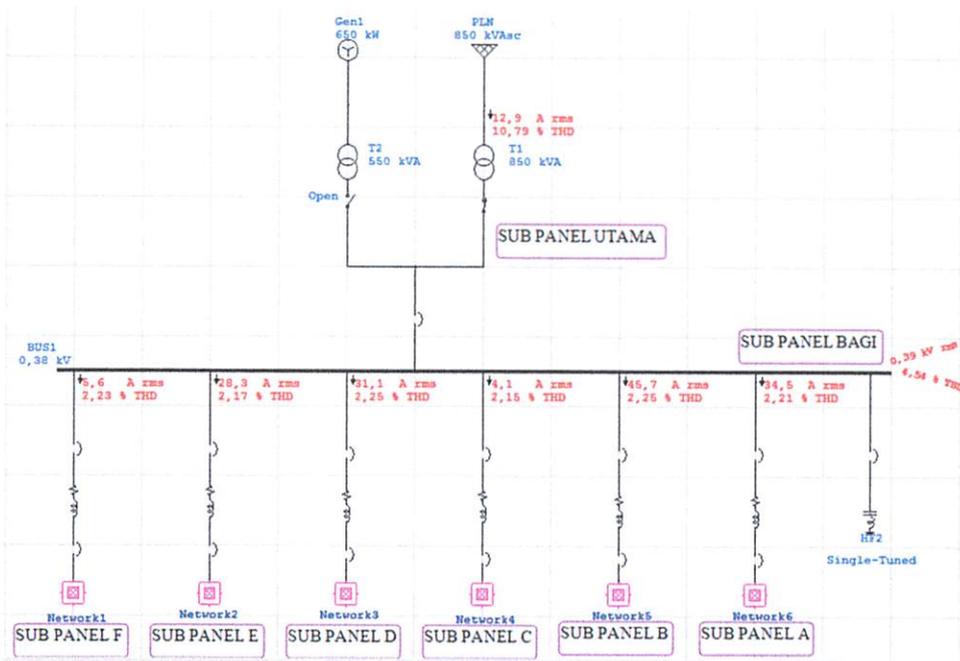


Grafik 4.5. Perbandingan tegangan Spectrum (%) harmonic orde 3, 5, dan 7 pada bus 31 sampai dengan bus 44 sebelum pemasangan filter harmonisa.



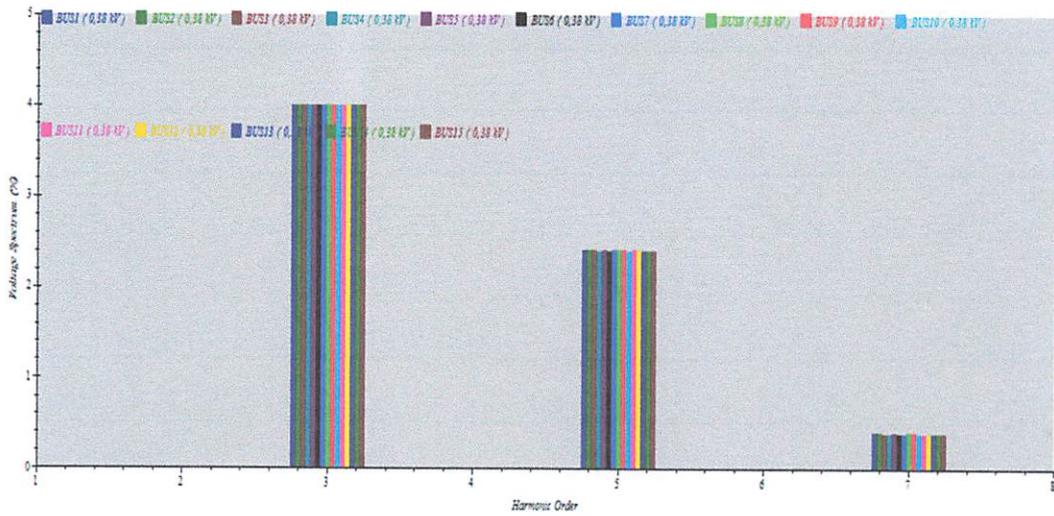
Grafik 4.6. Perbandingan tegangan waveform (%) pada bus 31 sampai dengan bus 44 terhadap waktu sebelum pemasangan filter harmonisa.

4.4.3. Hasil Analisa Sesudah Pemasangan filter harmonisa *Single Tuned*



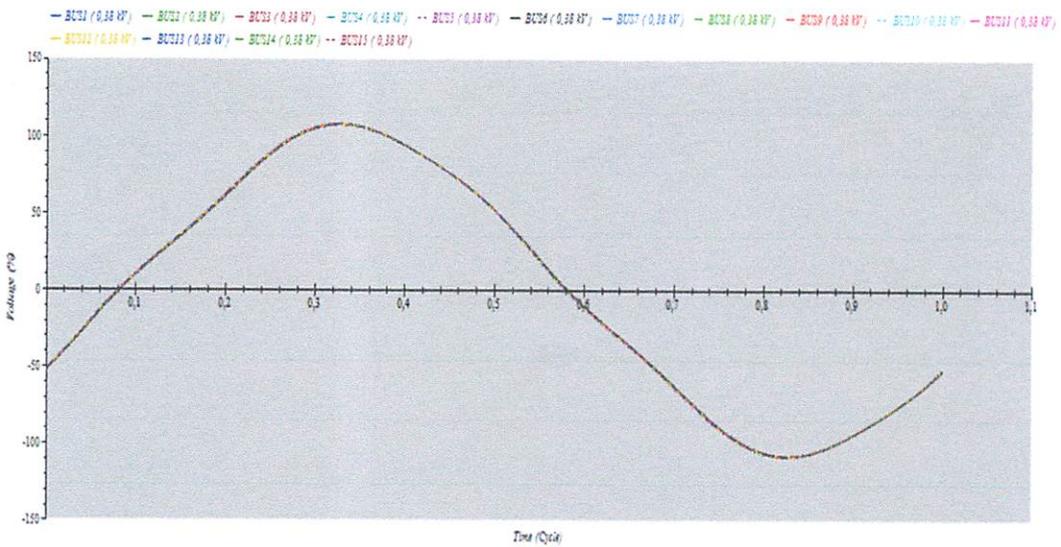
Gambar 4.6. Analisa harmonisa sesudah pemasangan filter.

Spectrum



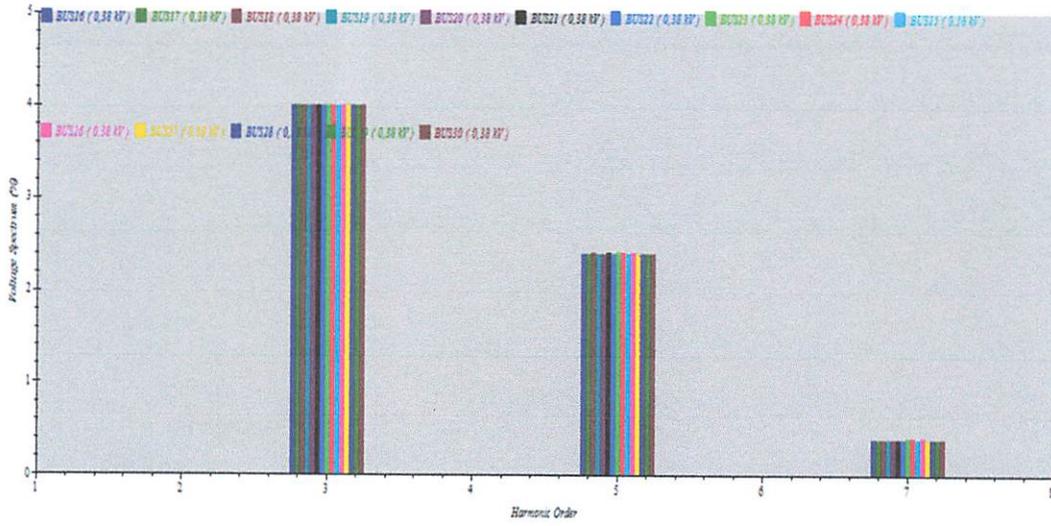
Grafik 4.7. Perbandingan tegangan Spectrum (%) harmonic orde ke 3, 5, dan 7 pada bus 1 sampai dengan bus 15 sesudah pemasangan filter harmonisa.

Waveform



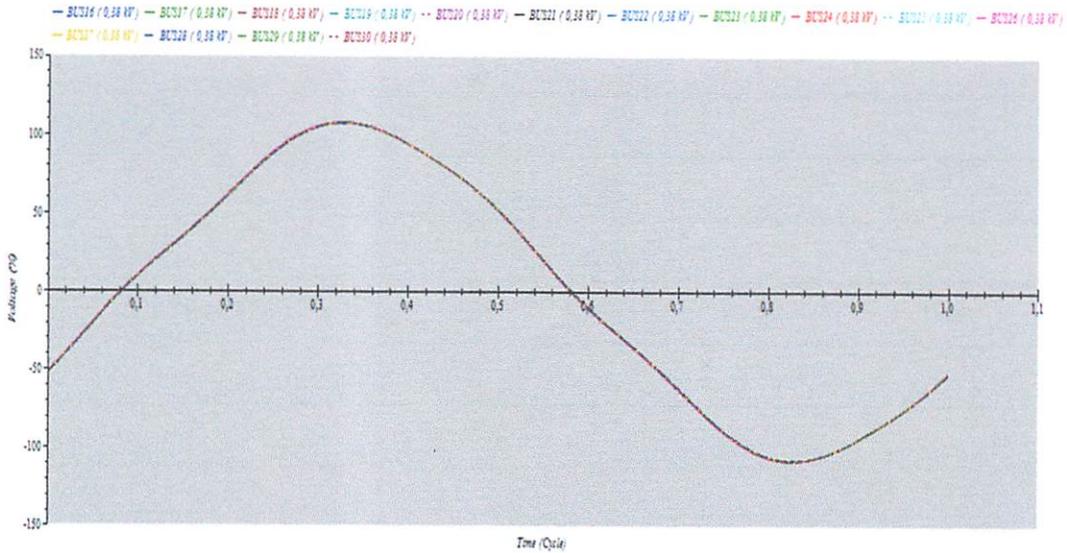
Grafik 4.8. Perbandingan tegangan waveform (%) pada bus 1 sampai dengan bus 15 terhadap waktu sesudah pemasangan filter harmonisa.

Spectrum

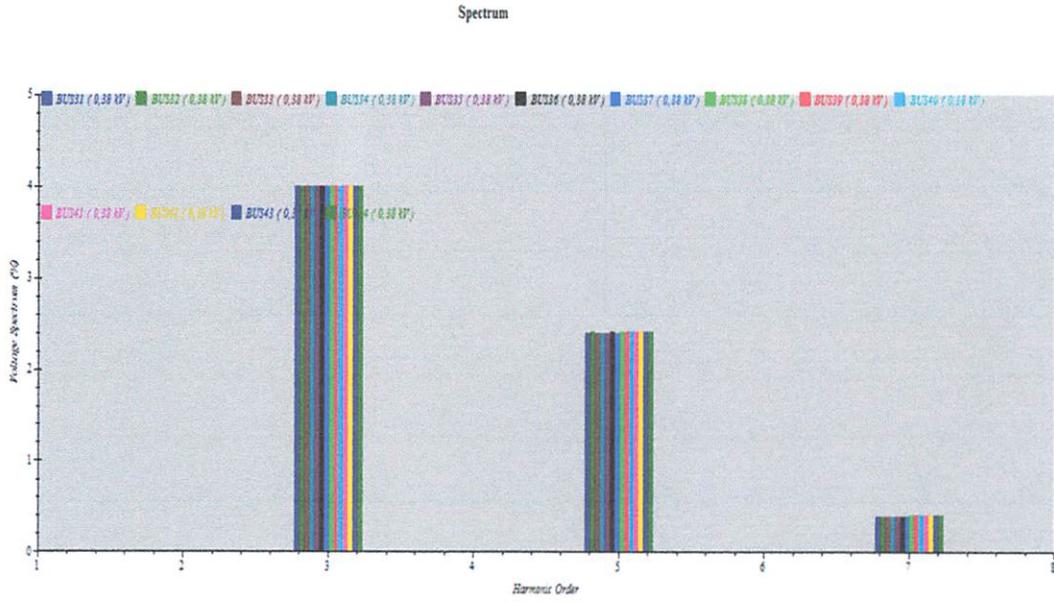


Grafik 4.9. Perbandingan tegangan Spectrum (%) harmonic orde ke 3, 5, dan 7 pada bus 16 sampai dengan bus 30 sesudah pemasangan filter harmonisa.

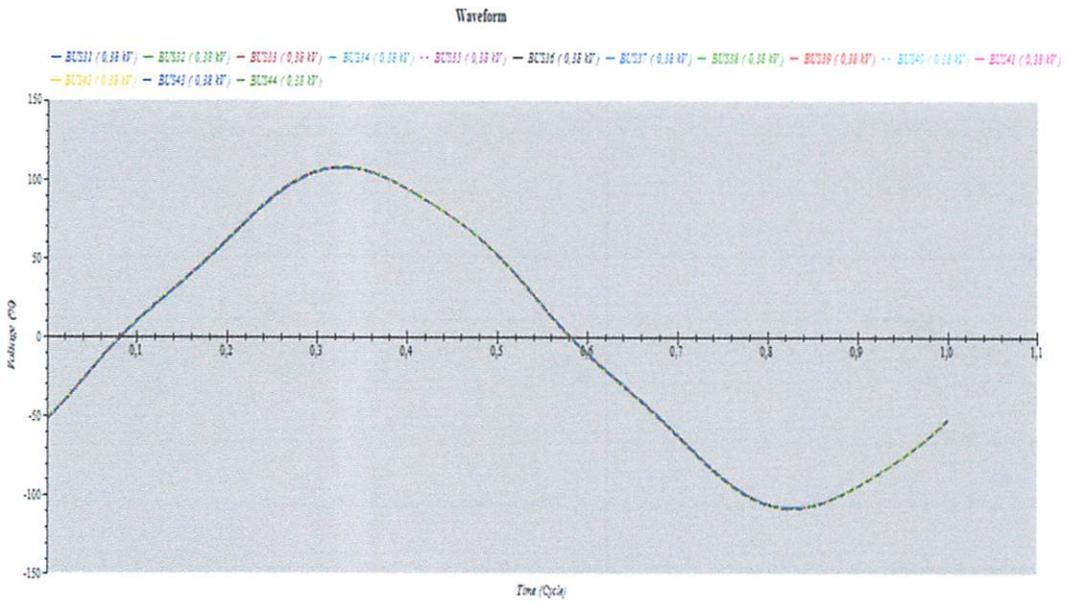
Waveform



Grafik 4.10. Perbandingan tegangan wavefrom (%) pada bus 16 sampai dengan bus 30 terhadap waktu sebelum pemasangan filter harmonisa.



Grafik 4.11. Perbandingan tegangan Spectrum (%) harmonic orde ke 3, 5, dan 7 pada bus 31 sampai dengan bus 44 sesudah pemasangan filter harmonisa.



Grafik 4.12. Perbandingan tegangan wavefrom (%) pada bus 16 sampai dengan bus 30 terhadap waktu sebelum pemasangan filter harmonisa.

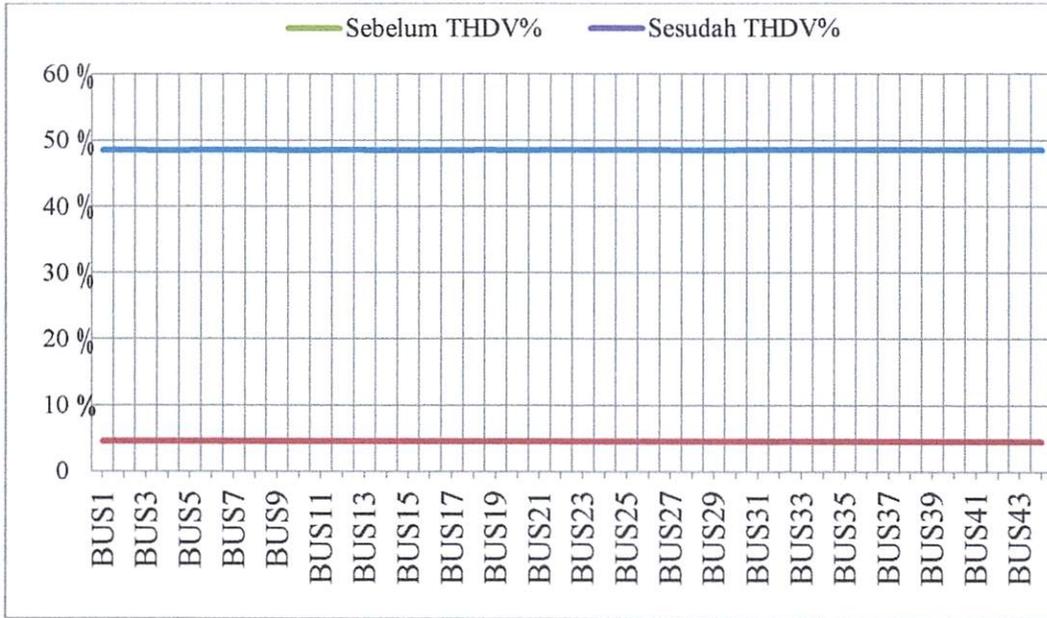
4.4.4. Hasil Analisa Perbandingan Sebelum Dan Sesudah Pemasangan Filter Harmonisa

Dengan data yang sama dan pemasangan filter harmonisa pada BUS 1 (Panel Bagi) maka didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.7. Perbandingan THDv % sebelum dan sesudah pemasangan filter harmonisa.

ID			Sesudah THDv%
BUS1	Panel Bagi	48.57	4.54
BUS2	SUB Panel F	48.57	4.54
BUS3	SUB Panel E	48.54	4.54
BUS4	SUB Panel D	48.51	4.55
BUS5	SUB Panel C	48.57	4.54
BUS6	SUB Panel B	48.52	4.55
BUS7	SUB Panel A	48.54	4.54
BUS8	Rumah Dinas 09	48.57	4.54
BUS9	Rumah Dinas10	48.57	4.54
BUS10	Dapur	48.51	4.55
BUS11	Gedung Sekretariat	48.54	4.54
BUS12	Gedung Yankeswa	48.54	4.54
BUS13	Kamar Mayat	48.54	4.54
BUS14	Laboratorium	48.51	4.55
BUS15	Loundry	48.51	4.55
BUS16	Perpustakaan	48.51	4.55
BUS17	Poliklinik	48.51	4.55
BUS18	Ruang Rehabilitasi01	48.54	4.54
BUS19	Ruang Bangau	48.53	4.55
BUS20	Ruang Betet	48.51	4.55
BUS21	Ruang Bina Jiwa	48.54	4.54
BUS22	Ruang Camar	48.52	4.55
BUS23	Ruang Cendrawasi	48.57	4.54

BUS24	Ruang Cucakrowo	48.57	4.54
BUS25	Ruamah Dinas01	48.52	4.55
BUS26	Ruang Garuda	48.57	4.54
BUS27	Ruang Kasuari	48.52	4.55
BUS28	Ruang Kemuning	48.51	4.55
BUS29	Ruang Melati	48.51	4.55
BUS30	Ruang Meliwis	48.54	4.55
BUS31	Ruang Nuri	48.54	4.55
BUS32	Gedung Olahraga	48.54	4.54
BUS33	Ruang Rajawali	48.52	4.55
BUS34	Ruang Rehabilitasi02	48.52	4.55
BUS35	Ruang Rehabilitasi03	48.52	4.55
BUS36	Ruang UGD	48.54	4.54
BUS37	Ruang Wijayakusuma	48.52	4.55
BUS38	Rumah Dinas02	48.57	4.54
BUS39	Rumah Dinas 03	48.57	4.54
BUS40	Rumah Dinas 04	48.57	4.54
BUS41	Rumah Dinas 05	48.57	4.54
BUS42	Rumah Dinas 06	48.57	4.54
BUS43	Rumah Dinas 07	48.57	4.54
BUS44	Rumah Dinas 08	48.57	4.54



Grafik 4.13. Perbandingan THDv% sebelum dan sesudah pemasangan filter harmonisa.

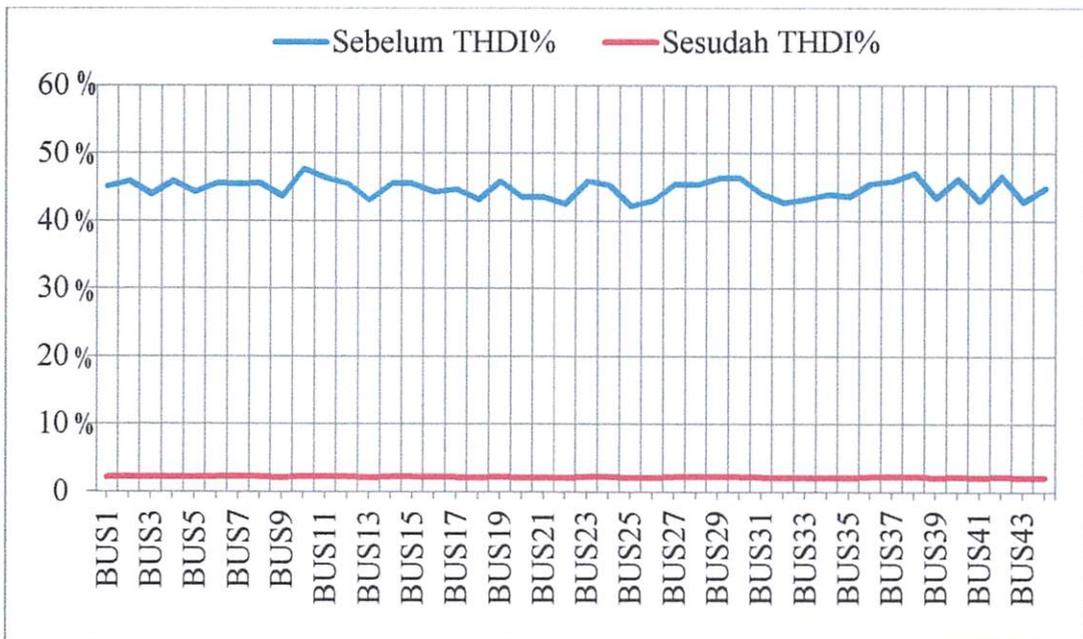
Dari hasil pengukuran bahwa tegangan yang mengalir sangat besar dengan menunjukkan grafik perbandingan THDv% sebelum dan sesudah pemasangan filter harmonisa yang ditempatkan pada BUS 1 (Panel Bagi) THDv% sebelum pemasangan filter harmonisa nilai THDv sebesar 47,6370% sedangkan sesudah pemasangan filter harmonisa tegangan menurun mendekati standar IEEE dengan nilai sebesar 4,8472%.

Tabel 4.8. Perbandingan THDi % sebelum dan sesudah pemasangan filter harmonisa.

ID	Sebelum THDi%	Sesudah THDi%
BUS1 Panel Bagi	45.13	2.21
BUS2 SUB Panel F	45.95	2.25
BUS3 SUB Panel E	43.99	2.15
BUS4 SUB Panel D	45.94	2.25
BUS5 SUB Panel C	44.31	2.17
BUS6 SUB Panel B	45.61	2.23
BUS7 SUB Panel A	45.42	2.34

BUS8	Rumah Dinas 09	45.61	2.23
BUS9	Rumah Dinas10	43.67	2.13
BUS10	Dapur	47.71	2.33
BUS11	Gedung Sekretariat	46.41	2.27
BUS12	Gedung Yankeswa	45.51	2.22
BUS13	Kamar Mayat	43.13	2.11
BUS14	Laboratorium	45.53	2.23
BUS15	Loundry	45.51	2.22
BUS16	Perpustakaan	44.31	2.17
BUS17	Poliklinik	44.76	2.19
BUS18	Ruang Rehabilitasi01	43.22	2.11
BUS19	Ruang Bangau	45.93	2.24
BUS20	Ruang Betet	43.54	2.13
BUS21	Ruang Bina Jiwa	43.58	2.13
BUS22	Ruang Camar	42.58	2.08
BUS23	Ruang Cendrawasi	45.94	2.25
BUS24	Ruang Cucakrowo	45.35	2.22
BUS25	Ruamah Dinas01	42.26	2.07
BUS26	Ruang Garuda	43.08	2.11
BUS27	Ruang Kasuari	45.44	2.22
BUS28	Ruang Kemuning	45.36	2.22
BUS29	Ruang Melati	46.35	2.27
BUS30	Ruang Meliwis	46.41	2.27
BUS31	Ruang Nuri	43.99	2.15
BUS32	Gedung Olahraga	42.77	2.09
BUS33	Ruang Rajawali	43.23	2.11
BUS34	Ruang Rehabilitasi02	43.97	2.15
BUS35	Ruang Rehabilitasi03	43.64	2.13
BUS36	Ruang UGD	45.55	2.23
BUS37	Ruang Wijayakusuma	45.95	2.25

BUS38	Rumah Dinas02	47.07	2.3
BUS39	Rumah Dinas 03	43.46	2.13
BUS40	Rumah Dinas 04	46.2	2.26
BUS41	Rumah Dinas 05	43	2.1
BUS42	Rumah Dinas 06	46.67	2.28
BUS43	Rumah Dinas 07	42.93	2.1
BUS44	Rumah Dinas 08	44.91	2.2



Grafik 4.14. Perbandingan THDi% sebelum dan sesudah pemasangan filter harmonisa.

Dari hasil pengukuran diatas menunjukkan bahwa THDi% di RSJ Dr. Radjiman Widiodiningrat Lawang. Dengan grafik diatas menunjukkan hasil perbandingan THDi% sebelum dan sesudah pemasangan filter harmonisa yang ditempatkan pada BUS 1 (Panel Bagi) THDi% sebelum pemasangan filter harmonisa sebesar 47,9291% dan sesudah pemasangan filter harmonisa nilai arus sebesar 4,1688%.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil simulasi (*Load Flow*), diketahui bahwa beban listrik di RSJ Dr. Radjiman Widiodiningrat Lawang berada pada kondisi tidak seimbang. Hal ini terlihat dari berbedanya nilai arus yang mengalir pada masing - masing fasa.
2. Setelah dilakukan optimasi penempatan filter diketahui letak filter berada pada bus panel bagi dengan ukuran filter sebagai berikut 450 kVAR
3. Dengan mengoptimalkan letak dan ukuran filter pada sistem kelistrikan RSJ Dr. Radjiman Widiodiningrat Lawang, maka seluruh bus diperbaiki profil tegangannya sebesar menjadi 396,5 Volt.
4. Dengan menjalankan simulasi *Harmonic Analysis* dapat diketahui pada BUS 1 (Panel Bagi) bahwa nilai THDV% sebelum pemasangan filter harmonisa sebesar 47,6370% dan sesudah pemasangan filter sebesar 4,8472%. Sedangkan nilai THDI% sebelum pemasangan filter harmonisa sebesar 47,9291% dan sesudah pemasangan sebesar 4,1688%.

5.2. Saran

Adapun saran yang dapat dikemukakan agar aplikasi ini bisa berfungsi lebih maksimal adalah :

1. Dalam simulasi optimal penempatan filter dapat ditambahkan fungsi biaya agar bisa melihat nilai yang optimal dan ekonomis.
2. Untuk pengembangan selanjutnya dapat digunakan filter pasive dengan model *Single Tuned Filter* untuk mereduksi harmonisa tegangan dan arus.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Dugan, Roger.C and McGranagham, Mark F. *Electrical Power systems Quality*. New York : McGraw-Hill. 2003.
- [2]. Weddy, B.M., Corry, B.J., *Electrical Power System* (London : John Wiley & Sons ltd, 2001).
- [3]. Kun-Ping Lin, Ming Hoon Lin, Tung Pong Lin,. “An Advanced Code for Single Tuned Harmonic Design”, *IEEE Transactions on Power Electronics*, Agustus 1998.
- [4]. Nunez-Noriega, Carlos V., Karady, George G., Oct, 1999, *Five Step- Low Frequency Active Power Filter for Network Harmonic Compensation in Substation*, *IEEE Transaction on Power Delivery* 14,4:1298-1303.
- [5].IEEE, 1992, *IEEE Recommended Practices and Requirements Harmonik Control in Electric Power System* (IEEE Std 519-1992), IEEE Inc, New York, NY 10017-2393, USA
- [6].Gonzalez, D.A., McCall, J.C 1987,“*Design of Filter to Reduce Harmonik Distortion industrial Power System*”, *IEEE Trans. on Industry Applications*, Vol IA-23 N0.23,pp: 504-511.
- [7].“Analisis Penanggulangan THD dengan filter pasif pada sistem kelistrikan di RSUP Sanglah” Staff Pengajar Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Udayana.



**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : **YOSEPH FERDINANDUS KALI**
Nim : **10.12.016**
Jurusan : **Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi : **Teknik Energi Listrik**
Masa Bimbingan : **Semester Genap 2014 – 2015**
Judul : **ANALISIS REDUKSI DISTORSI HARMONIK ARUS
DENGAN PERANCANGAN SINGLE TUNED FILTER
DENGAN SOFTWARE ETAP DI RSJ Dr. RADJIMAN
WIDIODININGRAT LAWANG**

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S – 1) pada :

Hari : Selasa
Tanggal : 27 Agustus 2015
Dengan Nilai : 78,4 (B+)

Panitia Ujian Skripsi

Ketua Majelis Penguji

M. Ibrahim Ashari, ST, MT
NIP. P.1030100358

Sekretaris Majelis Penguji

Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST, MT
NIP. P.1030100361

Anggota Penguji

Dosen Penguji I

Bambang Prio Hartono, ST, MT
NIP. Y. 1028400082

Dosen Penguji II

Ir. Ni Putu Agustini, MT
NIP. P. 1030100371



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Yoseph Ferdinandus Kali
NIM : 10.12.016
Nama Pembimbing : Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
Judul Skripsi : Analisis Reduksi Distorsi Harmonik Arus Dengan Perancangan *Single Tuned Filter* dengan *Software* ETAP Di RSJ Dr. Radjiman Widiodiningrat Lawang

No	Tanggal	Uraian	Paraf Bimbingan
1	25/05/14	Memperbaiki Flowchart	
2	16/06/15	Memperbaiki Tulisan Gambar, Grafik dan Tabel	
3	06/07/15	Konsultasi Bab III dan IV	
4	15/07/15	Perbaiki Grafik dan Gambar	
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Malang,
Pembimbing I

Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
NIP. Y. 1018800189



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
 BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
 Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Yoseph Ferdinandus Kali
 NIM : 10.12.016
 Nama Pembimbing : Ir. Teguh Herbasuki, MT
 Judul Skripsi : Analisis Reduksi Distorsi Harmonik Arus Dengan Perancangan *Single Tuned Filter* dengan *Software* ETAP Di RSJ Dr. Radjiman Widiodiningrat Lawang

No	Tanggal	Uraian	Paraf Bimbingan
1	06/07/15	Perbaiki grafik, tabel dan tulisan	
2	06/08/15	Perbaiki grafik, tabel, gambar dan tulisan	
3	08/08/15	Perbaiki grafik, tabel, gambar dan tulisan	
4	10/08/15	Perbaiki grafi, tabel, gambar dan tulisan	
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Malang,

Pembimbing II

Ir. Teguh Herbasuki, MT

NIP. Y. 1038900209



FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian skripsi Jurusan Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1) jurusan T. Elektro Konsentrasi Energi Listrik, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

Nama : Yoseph Ferdinandus Kali
NIM : 10.12.016
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Skripsi : **ANALISIS REDUKSI DISTORSI HARMONIK ARUS DENGAN PERANCANGAN *SINGLE TUNED FILTER* DENGAN *SIFWARE* ETAP DI RSJ Dr. RADJIMAN WIDIODININGRAT LAWANG**

No	Penguji	Tanggal	Uraian	Paraf
1	Penguji I	27/08/2015	1. Abstrak tidak Italic	
2	Penguji II	27/08/2015	1. Lembar persetujuan 2. Kata pengantar pilih salah satu 3. Tujuan penulisan 4. Rumusan masalah	

Disetujui :

Dosen Penguji I

Bambang Prio Hartono, ST, MT
NIP. Y. 1028400082

Dosen Penguji II

Ir. Ni Putu Agustini, MT
NIP. P. 1030100371

Mengetahui :

Dosen Pembimbing I

Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
NIP. P. 1018800189

Dosen Pembimbing II

Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP. Y. 1038900209

**BERITA ACARA RAPAT PERSETUJUAN JUDUL/PROPOSAL SKRIPSI
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1**

Konsentrasi :

Tanggal :

1.	NIM	10.12.016
2.	Nama	JOSEPH FERDINANDUS KALI
3.	Judul yang diajukan	ANALISIS REDUKSI DISTORSI HARMONIK ARUS DENGAN PERANCANGAN SINGLE TUNED FILTER DENGAN SOFTWARE ETAP DI BRR. LAVALATTE MALANG
4.	Disetujui/Ditolak	
5.	Catatan:	
6.	Pembimbing yang diusulkan:	<ol style="list-style-type: none"> ir yusuf ismail nagodan, MT ir teguh herbastuti, MT
<p>Menyetujui</p> <p>1. Koordinator Dosen Kelompok Keahlian</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">  <div style="text-align: right;"> <p>15 / 10 2014</p> </div> </div> <p>Dosen Kelompok Keahlian (Terlampir)</p>		

* : Coret yang tidak perlu



PERMOHONAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Yang Bertanda Tangan Dibawah Ini:

Nama : JOSEPH FERDINANDUS KALI
 NIM : 10.12.015
 Semester : IX (sembilan)
 Fakultas : Teknologi Industri
 Jurusan : Teknik Elektro S-I
 Konsentrasi : **TEKNIK ENERGI LISTRIK**
TEKNIK ELEKTRONIKA
TEKNIK KOMPUTER DAN INFORMATIKA
TEKNIK KOMPUTER
TEKNIK TELEKOMUNIKASI
 Alamat : KARANGLO / TASIK MALANG

Dengan ini kami mengajukan permohonan untuk mendapatkan persetujuan untuk membuat SKRIPSI Tingkat Sarjana. Untuk melengkapi permohonan tersenut, bersama ini kami lampirkan persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi.

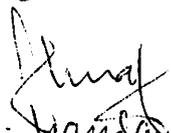
Adapun persyaratan- persyaratan pengambilan SKRIPSI adalah sebagai berikut:

1. Telah melaksanakan semua praktikum sesuai dengan konsentrasinya (.....)
2. Telah lulus dan menyerahkan laporan Praktek Kerja (.....)
3. Telah lulus seluruh mata kuliah keahlian (MKB) sesuai konsentrasinya (.....)
4. Telah menempuh matakuliah > 134 sks dengan IPK > 2 dan tidak ada nilai E (.....)
5. Telah mengikuti secara aktif kegiatan seminar Skripsi yang diadakan Jurusan (.....)
6. Memenuhi persyaratan administrasi (.....)

Demikian permohonan ini untuk mendapatkan penyelesaian lebih lanjut dan atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Telah diteliti kebenarannya data tersebut diatas
 Recording Teknik Elektro S-I

Malang, 22 September 2014
 Pemohon

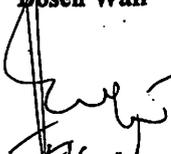

 (bus. Hantayari)


 (Joseph Ferdinandus Kali)

Disetujui
 Ketua Prodi Teknik Elektro S-I

Mengetahui
 Dosen Wali


M. Ibrahim Ashari, ST, MT
 NIP. P. 1030100358


 (.....)

Catatan:

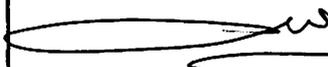
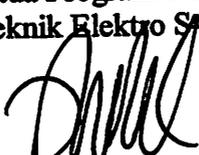
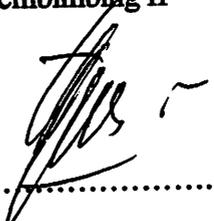
Bagi mahasiswa yang telah memenuhi persyaratan mengambil SKRIPSI agar membuat proposal dan mendapat persetujuan dari Ketua Prodi T. elektro S-I

- 1 392 / 138 = 2.84
- 2
- 3

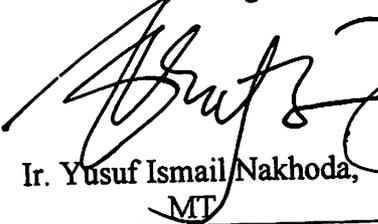
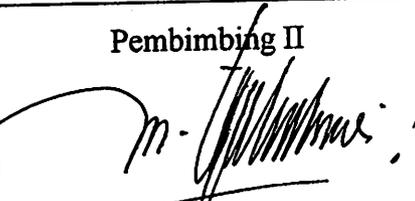


PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Kampus II : Jl. Raya Karanglo Km. 2 Telp. (0341) 417636 Malang

BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

1.	Nim	: 1012016		
2.	Nama	: YOSEPH FERDINANDUS KALI		
3.	Konsentrasi Jurusan	: Teknik Energi Listrik		
4.	Jadwal Pelaksanaan:	Waktu	Tempat	
	21 Oktober 2014	09:00	III.1.1	
5.	Judul proposal yang diseminarkan Mahasiswa	ANALISIS REDUKSI DISTORSI HARMONIK ARUS DENGAN PERANCANGAN SINGLE TUNED FILTER DENGAN SOFTWARE ETAP DI RS.LAVALATTE		
6.	Perubahan judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian			
7.	Catatan :			
8.	Catatan :			
	Persetujuan judul Skripsi			
	Disetujui, Dosen Keahlian I	Disetujui, Dosen Keahlian II	Disetujui, Dosen Keahlian III	
	 (.....)	(.....)	(.....)	
	Mengetahui, Ketua Program Studi Teknik Elektro S1	Disetujui, Calon Dosen Pembimbing ybs		
 M. Ibrahim Ashari, ST, MT NIP. P 1030100358	Pembimbing I	Pembimbing II		
	 (.....)	 (.....)		

**BERITA ACARA SEMINAR PROGRESS SKRIPSI
 PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1**

KONSENTRASI		T. ENERGI LISTRIK		
1.	Nama Mahasiswa	YOSEPH FERDINANDUS KALI	NIM	1012016
2.	Keterangan	Tanggal	Waktu	Tempat / Ruang
	Pelaksanaan	08 Desember 2014		
3.	Judul Skripsi	ANALISIS REDUKSI DISTORSI HARMONIK ARUS DENGAN PERANCANGAN SINGLE TUNED FILTER DENGAN SOFTWARE ETAP DI RS.LAVALATTE		
4.	Perubahan Judul	DI R.S.J DR. WIDIODININGRAT LAWANG		
5.	Catatan :	<p>~ Perhatikan flow chart untk metode penyelesaian</p> <p>~ Chek masalah yg terjadi di R.S.J DR. widio-diningrat Lawang.</p> <p>~ Perhatikan pengolahan data /</p> <p>~ Dicoba untk dilanjutkan</p>		
6.	Mengetahui, Ketua Jurusan	Disetujui, Dosen Pembimbing		
		Pembimbing I	Pembimbing II	
	 M. Ibrahim Ashari, ST, MT	 Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT	 Ir. Teguh Herbasuki, MT	



KEMENTERIAN KESEHATAN
DIREKTORAT JENDERAL BINA UPAYA KESEHATAN
RS JIWA Dr.RADJIMAN WEDIODININGRAT LAWANG

Jalan A.Yani Lawang - 65208, Telp. (0341) 426015, 429067, Fax. (0341) 423785
website : www.rsjlawang.com , email : rsjlawangmalang@yahoo.co.id



Nomor : DM.02.05/III.2.2/ 3991 /2014
Hal : Survey Pengambilan Data Skripsi

04 Desember 2014

Yang terhormat
Ketua Prodi Teknik Elektro S-I
ITN. Malang
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2
MALANG

Sehubungan dengan surat Saudara tertanggal 28 Nopember 2014 Nomor: ITN-287/EL-FTI/2014 perihal sebagai yang dimaksud pada pokok surat, dengan ini disampaikan bahwa pada prinsipnya kami tidak keberatan dan dapat memfasilitasi kegiatan Mahasiswa tersebut:

Nama : Yoseph Ferdinandus Kali
NIM : 1012016
Prodi : Teknik Elektro S-I

Adapun biaya untuk Penelitian setingkat S1 sebesar Rp. 130.000,-/Orang
(Penelitian maksimal 2 hari).

Untuk hal lain yang berkaitan dengan administrasi dapat berhubungan langsung dengan Ka Sub Bag Diklit Tenaga Keperawatan Dan Non Medis **RIBUT SUPRIYATIN, SST di No. 081937790885** dan Bagian Diklit RSJ Dr. Radjiman W. Lawang di nomor Telp/Fax **(0341) 429067 Ext. 1161-1162**.

Demikian atas perhatian dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.

a.n. Direktur SDM dan Pendidikan
Ka Bag. Pendidikan dan Penelitian



Mashud, SE

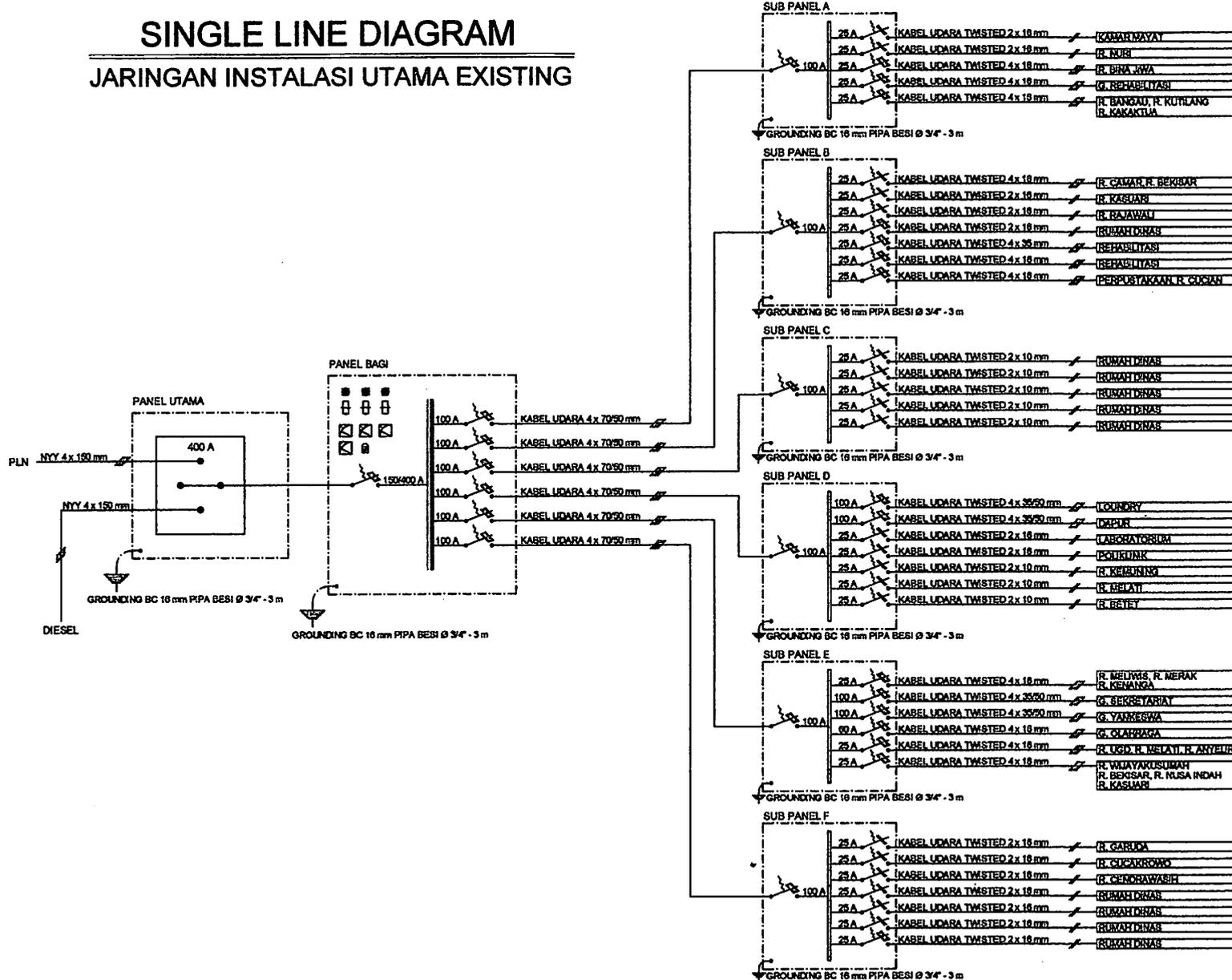
NIP. 19610629 198303 1 005

Tembusan :

1. Direktur Utama RSJ. RW (sebagai laporan)
2. Direktur Keuangan dan Administrasi Umum
3. Instalasi Diklit

SINGLE LINE DIAGRAM

JARINGAN INSTALASI UTAMA EXISTING



PEKERJAAN	
PENAMBAHAN JARINGAN LISTRIK	
LOKASI	
RSJ Dr. RAJAHAN WEDODINGRAT JL. JEND. AHMAD YANI LAWANG	
MENGETAHUI	
DIREKTUR UTAMA RSJ Dr. RAJAHAN WEDODINGRAT LAWANG	
Dr. RAMSANG SISU SUHARTANTO, Sp.KA NIP. 19620303 198711 1 001	
MENYETUJUI	
PELAKSANA PEMBUAT KOMITMEN RSJ Dr. RAJAHAN WEDODINGRAT LAWANG	
Dr. G. U. H. A. W. A. H. NIP. 19730303 200501 1 002	
DIPERIKSA	
KEPALA IPERS RSJ Dr. RAJAHAN WEDODINGRAT LAWANG	
DVI CAHYONO, ST. NIP. 19600302 198303 1 004	
KONSULTAN PERENCANA CV. ERA GUNA KARYA Consulting Engineering	
DVI SURYO BAPUTRO, ST. Direktur	
JUDUL GAMBAR	SKALA
Single line diagram lana / existing	
KODE GAMBAR	NO. GAMBAR
ME	02

LEMBARAN PERSEMBAHAN

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa. Kalimat inilah yang senantiasa Saya ucapkan setiap hendak melakukan pekerjaan, namun saya sebagai manusia biasa yang tidak luput dari khilaf maupun dosa sering melupakan kebesaran-Mu. Meskipun demikian Engkau tidak ada henti-hentinya melimpahkan curahan Anugrah-Mu yang begitu besar kepada hamba-Mu termaksu saya yang lemah ini.

Ya Tuhan berikanlah terus hikma-Mu dan bimbinglah saya untuk menuju jalan yang lurus yaitu, jalan yang Engkau berkahi bukan jalan yang sesat. Berikan berkah atas ilmu yang saya peroleh selama ini di tempat perkuliahan untuk dijadikan bekal bagi masa depan nanti.

Semua yang saya miliki adalah semata-mata dari-Mu Ya Tuhan sebagiannya melalui perantaraan orang-orang yang ada di sekitar saya, sehingga “ Tulisan” ini saya persembahkan kepada Bapak Simon Mau dan Ibu Agatha Buik Mau beserta kaka Maria Bui yang selalu mendampingi saya yang senantiasa mendoakan dan memotivasi dalam pendidikan Saya, juga bagi para Dosen dan teman-teman saya yang selama perkuliahan ini memberikan dukungan serta menemani saya baik dalam suka maupun duka.

BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Kabupaten Belu, Kecamatan Tasifeto Timur (Wedomu) pada tanggal 30 November 1990 dari ayah Simon Mau dan ibu Agatha Buik Mau. Penulis merupakan putra ketujuh dari tujuh bersaudara. Penulis memulai pendidikan pada tahun 1998 di SDK Hanowai dan lulus tahun 2004. Pertengahan tahun 2004 penulis menempuh pendidikan di SMP Negeri 1 Lamaknen sampai tahun 2007. Kemudian pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di SMK Katolik St. Yosef Nenuk bidang studi Teknik Mekanik Otomotif lulus tahun 2010 dan pada tahun yang sama penulis melanjutkan studi di perguruan tinggi Institut Teknologi Nasional Malang. Penulis memilih Program Studi Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Energi Listrik, Fakultas Teknologi Industri dan diwisuda pada tanggal 26 September 2015, dengan judul skripsi “ ANALISIS REDUKSI DISTORSI HARMONIK ARUS DENGAN PERANCANGAN SINGLE TUNED FILTER DENGAN SOFTWARE ETAP DI RSJ Dr. RADJIMAN WIDIODININGRAT LAWANG “.