

**ANALISIS KOMPENSASI DAYA REAKTIF UNTUK MEMPERBAIKI
PROFIL TEGANGAN DAN PEMASANGAN *SINGLE TUNED FILTER*
UNTUK MEREDUKSI HARMONISA DI RSUD JOMBANG**

SKRIPSI



Disusun oleh :

**SANDYA FEBRIANTO
NIM. 1012004**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2014**

THE NATIONAL BUREAU OF STANDARDS HAS BEEN ADVISED THAT
THE FOLLOWING INFORMATION IS BEING FURNISHED TO YOU
BY THE NATIONAL BUREAU OF STANDARDS:

STANDARD

STANDARD
STANDARD
STANDARD

STANDARD
STANDARD
STANDARD
STANDARD
STANDARD

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISIS KOMPENSASI DAYA REAKTIF UNTUK MEMPERBAIKI PROFIL TEGANGAN DAN PEMASANGAN *SINGLE TUNED FILTER* UNTUK MEREDUKSI HARMONISA DI RSUD JOMBANG

SKRIPSI

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

Disusun oleh :


SANDYA FEBRIANTO
NIM. 1012004

Diperiksa dan Disetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT
NIP. 196105031992021001


Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP. Y. 1038900209

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1


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

MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN MALANG

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2014**

ABSTRAK

ANALISIS KOMPENSASI DAYA REAKTIF UNTUK MEMPERBAIKI PROFIL TEGANGAN DAN PEMASANGAN *SINGLE TUNED FILTER* UNTUK MEREDUKSI HARMONISA DI RSUD JOMBANG

Sandya Febrianto, NIM : 1012004

sandyafebrianto@gmail.com

Dosen Pembimbing : Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT dan
Ir. Teguh Herbasuki, MT

Turunnya profil tegangan dan harmonisa merupakan permasalahan yang sering dihadapi oleh rumah sakit. Gangguan penurunan tegangan dan timbulnya harmonisa yang diakibatkan banyaknya beban serta beban non linier yang cukup banyak, seperti peralatan elektronika medika yang berguna untuk menunjang kinerja rumah sakit.

Skripsi ini akan membahas tentang Optimal Capacitor Placement (OCP) untuk memperbaiki profil tegangan dan pemasangan filter untuk mereduksi harmonisa di RSUD Jombang dengan menggunakan metode Algoritma Genetika yang terdapat pada software ETAP. Dari hasil simulasi Load Flow awal, terdapat beberapa bus yang mengalami undervoltage serta dari hasil simulasi Harmonics Analysis terdapat bus yang mengalami $THD_v > 5\%$ atau melebihi standart dari IEEE.

Dengan menggunakan tool OCP, diperoleh letak penempatan kapasitor yang optimal berada di bus Panel Bagi IBS IRD dan Panel Bagi Poli yang masing-masing kapasitor berukuran 70 kvar dan 20 kvar. Dengan penambahan kapasitor tersebut, tegangan pada setiap bus telah sesuai standart tegangan IEEE yaitu $0,95 pu \leq V \leq 1,05 pu$. Sedangkan untuk distorsi harmonisa terbesar terdapat pada bus IBS IGD Lt.2 sebesar 5,02%. Dengan pemasangan single tuned filter pada bus tersebut, THD_v dapat direduksi sampai 3,32% yang sudah sesuai standart IEEE yaitu $THD_v < 5\%$.

Kata Kunci : Profil Tegangan, Optimal Penempatan Kapasitor, Harmonisa, Single Tuned Filter

KATA PENGANTAR

Puji Syukur Kehadiran Allah SWT atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga kami selaku penyusun dapat menyelesaikan Laporan Skripsi ini yang berjudul **“ANALISIS KOMPENSASI DAYA REAKTIF UNTUK MEMPERBAIKI PROFIL TEGANGAN DAN PEMASANGAN *SINGLE TUNED FILTER* UNTUK MEREDUKSI HARMONISA DI RSUD JOMBANG ”** dapat terselesaikan.

Adapun maksud dan tujuan dari penulisan laporan ini merupakan salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar Sarjana Program Studi Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Energi Listrik ITN Malang.

Sebagai pihak penyusun penulis menyadari tanpa adanya kemauan dan usaha serta bantuan dari berbagai pihak, maka laporan ini tidak dapat diselesaikan dengan baik. Oleh sebab itu, penyusun mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Ir. Soeparno Djiwo, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Ir. H. Anang Subardi, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. M. Ibrahim Ashari, ST, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT selaku Dosen Pembimbing 1.
5. Ir. Teguh Herbasuki, MT selaku Dosen Pembimbing 2.
6. Awan Uji Krismanto, ST, MT selaku Kepala Laboratorium Simulasi Sistem Tenaga Elektrik
7. Sahabat-sahabat dan rekan-rekan yang tidak kami sebutkan satu-persatu, kami ucapkan banyak terima kasih atas bantuannya dalam proses pembuatan Skripsi yang telah saya kerjakan, begitu juga dengan penyelesaian laporan ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyaknya kekurangan yang terdapat pada skripsi ini, oleh karena itu penulis berharap para pembaca dapat memberikan kritik dan saran yang membangun agar skripsi ini menjadi lebih sempurna.

Malang, September 2014

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
ABSTRAK.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GRAFIK.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Prosedur Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pemodelan Sistem	5
2.2 Analisa Aliran Daya.....	6
2.2.1 Klasifikasi Bus	6
2.2.2 Metode Newton Rhapson.....	7
2.3 Bank Kapasitor.....	8
2.3.1 Kapasitor Untuk Regulasi Tegangan	12
2.3.2 Peningkatan Tegangan Dengan Kapasitor	13
2.4 Harmonisa	14
2.4.1 Standart Harmonisa.....	14

2.4.2 Sumber Harmonisa.....	15
2.4.3 Pengaruh Harmonisa Pada Komponen Peralatan Listrik.....	16
2.4.4 Pengaruh Harmonisa Pada Faktor Daya	17
2.4.5 Pengaruh Harmonisa Pada Sistem Tenaga.....	17
2.4.6 Identifikasi Harmonisa.....	18
2.5 Indeks Harmonisa.....	18
2.5.1 Total Harmonic Distortion (THD).....	18
2.6 Filter	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Metode Yang Digunakan	20
3.2 Optimal Capacitor Placement	20
3.2.1 Adaptasi Algoritma Genetika ke Masalah Optimasi Tegangan Dan Losses.....	21
3.2.2 Formulasi Masalah Tegangan Dan Losses.....	23
3.3 Filter Pasif.....	24
3.3.1 <i>Single Tuned Filter</i>	24
3.3.2 Batasan Komponen Filter.....	26
3.4 Software ETAP Power Station.....	27
3.5 Algoritma Simulasi Pada Software ETAP Power Station.....	29
3.6 Flowchart Simulasi Menggunakan Software ETAP Power Station	30
BAB IV HASIL DAN ANALISA HASIL	31
4.1 Data Hasil Pengukuran.....	31
4.1.1 Peralatan Yang Digunakan.....	31
4.1.2 Lokasi Dan Waktu Penelitian	31
4.1.3 Data-Data Yang Dikumpulkan.....	32

4.2 Pemodelan Single Line Diagram Sistem Kelistrikan RSUD Jombang Menggunakan Software ETAP Power Station	36
4.3 Simulasi Load Flow Menggunakan Software ETAP Power Station	37
4.4 Penempatan Kapasitor Optimal Menggunakan Software ETAP	40
4.5 Perbandingan Hasil Sebelum Dengan Sesudah Penempatan Kapasitor Optimal	43
4.6 Simulasi Harmonics Analysis Menggunakan ETAP Power Station	47
4.7 Pemasangan Filter Pasif Menggunakan Software ETAP Power Station	50
4.8 Perbandingan Hasil Sebelum Dengan Sesudah Pemasangan Filter	53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	56
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Kelistrikan RSUD Jombang.....	5
Gambar 2.2 Kapasitor Bank Terhubung Dengan Lilitan Tersier Transformator	9
Gambar 2.3 Kapasitor Bank Terhubung Dengan Bus Tegangan Tinggi	9
Gambar 2.4 Diagram Fasar Arus Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor.....	10
Gambar 2.5 Diagram Fasar Transmisi Daya Sebelum Pemasangan Kapasitor.....	11
Gambar 2.6 Diagram Fasar Transmisi Daya Setelah Pemasangan Kapasitor ..	11
Gambar 2.7 Bentuk Gelombang Resultan dari Frekuensi Dasar dan Harmonisanya	14
Gambar 2.8 Perbandingan Sinyal Listrik Sinusoidal Terhadap Sinyal Listrik Berharmonisa.....	17
Gambar 2.9 Rangkaian Distribusi Sederhana	17
Gambar 3.1 Representasi Kromosom Untuk Optimasi Daya Reaktif	21
Gambar 3.2 (a) Rangkaian Single Tuned Filter	24
Gambar 3.2 (b) Kurva Impedansi Terhadap Frekuensi	24
Gambar 3.3 Tampilan Utama Software ETAP Power Station.....	29
Gambar 3.4 Flowchart Penyelesaian Masalah.....	30
Gambar 4.1 Single Diagram Sistem Kelistrikan RSUD Jombang.....	31
Gambar 4.2 Pemodelan Single Line Diagram Sistem Kelistrikan RSUD Jombang pada Software ETAP Power Station	36
Gambar 4.3 (a) dan (b) Simulasi Load Flow Menggunakan Metode Newton Rhapson Menggunakan Software ETAP	37
Gambar 4.4 Tampilan Software ETAP untuk studi kasus OCP	40
Gambar 4.5 Tampilan Hasil Optimal Capacitor Placement.....	41

Gambar 4.6 (a) dan (b) Tampilan Pemasangan Kapasitor Setelah di Optimasi.....	42
Gambar 4.7 Tampilan Hasil simulasi Load Flow setelah Pemasangan Kapasitor.....	43
Gambar 4.8 Tampilan Hasil simulasi Harmonics Analysis	47
Gambar 4.9 Tampilan Spectrum Harmonisa pada Bus IBS IGD Lt.2.....	48
Gambar 4.10 Tampilan Gelombang Sinusoidal pada Bus IBS IGD Lt.2	48
Gambar 4.11 Tampilan Filter Editor.....	50
Gambar 4.12 Tampilan Filter Editor setelah <i>sizing</i>	51
Gambar 4.13 Tampilan Setelah Pemasangan Filter.....	52
Gambar 4.14 Tampilan Spectrum Harmonisa pada Bus IBS IGD Lt.2 setelah pemasangan filter.....	53
Gambar 4.15 Tampilan Gelombang Sinusoidal pada Bus IBS IGD Lt.2 setelah pemasangan filter.....	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standart Harmonisa Tegangan.....	15
Tabel 2.2 Standart Harmonisa Arus.....	15
Tabel 4.1 Data Beban.....	33
Tabel 4.2 Data Karakteristik Harmonisa	34
Tabel 4.3 Hasil Simulasi Load Flow Menggunakan Software ETAP	38
Tabel 4.4 Hasil Optimal Capacitor Placement pada Sistem Kelistrikan RSUD Jombang.....	41
Tabel 4.5 Ringkasan untuk Total Pembangkitan, Beban dan Kebutuhan Beban Sebelum Pemasangan Kapasitor	45
Tabel 4.6 Ringkasan untuk Total Pembangkitan, Beban dan Kebutuhan Beban Sesudah Pemasangan Kapasitor	46
Tabel 4.7 Hasil Simulasi Harmonics Analysis Menggunakan software ETAP Power Station Sebelum Pemasangan Filter.....	49

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Perbandingan Profil Tegangan Pada Setiap Bus	44
Grafik 4.2 Perbandingan Losses Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor	46
Grafik 4.3 Perbandingan Hasil Simulasi %THD _v Sebelum dengan Sesudah Pemasangan Filter	54

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Meningkatnya aktivitas kehidupan manusia secara langsung mengakibatkan semakin tinggi permintaan akan penggunaan energi listrik. Bangunan Rumah Sakit sebagai salah satu tempat pelayanan masyarakat juga membutuhkan energi listrik yang besar. Beban-beban yang dioperasikan pada Rumah Sakit saat ini biasanya terdiri dari beban linier dan nonlinier (I Nengah Suweden dan I Wayan Rinas, 2009).

Untuk menjaga agar supply energi listrik tidak terputus, rumah sakit tersebut harus pandai-pandai menjaga kualitas daya yang digunakan. Akan tetapi banyaknya penggunaan beban non linier di rumah sakit seperti motor listrik, AC, peralatan elektronika medika dapat menurunkan kualitas daya pada rumah sakit tersebut. Masalah yang akan terjadi misalnya penurunan faktor daya yang diikuti dengan penurunan tegangan terjadi karena adanya motor listrik yang banyak menyerap daya reaktif serta akan timbul harmonisa yang diakibatkan penggunaan beban non linier. Harmonisa sendiri mempunyai efek buruk pada peralatan-peralatan tersebut, misalnya peralatan cepat panas walau belum digunakan sepenuhnya, efisiensi akan turun karena distorsi frekuensi dari harmonisa yang besar (C. Dugan Roger dkk, 2004).

Untuk menjaga agar terhindar dari masalah-masalah tersebut perlu ditambahkan suatu peralatan yang dapat meningkatkan faktor daya agar tegangan dapat kembali naik dan mengurangi efek atau bahkan menghilangkan harmonisa tersebut. Dengan melakukan upaya kompensasi daya reaktif untuk meningkatkan profil tegangan agar dapat kembali normal dengan menambahkan kapasitor bank. Serta pemasangan filter pasif untuk mereduksi harmonisa. Agar kapasitor bank dan filter dapat dipasang secara optimal diperlukan suatu analisa yang akurat. Dengan analisa yang akurat dapat menentukan dimana letak yang tepat dipasangkan kapasitor bank untuk mengkompensasi daya reaktif dan pemasangan filter pasif untuk mereduksi harmonisa (C. Dugan Roger dkk, 2004).

Sekripsi ini akan membahas tentang penempatan optimal kapasitor untuk memperbaiki profil tegangan dan pemasangan *single tuned filter* untuk mereduksi harmonisa di RSUD Jombang.

1.2 Rumusan Masalah

Sesuai dengan latar belakang dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

- Bagaimana cara mengoptimalkan penempatan kapasitor bank guna memperbaiki profil tegangan di RSUD Jombang dengan menggunakan *software ETAP Power Station*.
- Bagaimana cara pemasangan filter pasif untuk mereduksi harmonisa di RSUD Jombang dengan menggunakan *software ETAP Power Station*.

1.3 Tujuan Penelitian.

- Penempatan optimal kapasitor bank untuk memperbaiki profil tegangan di RSUD Jombang dengan menggunakan *software ETAP Power Station*.
- Pemasangan filter pasif untuk mereduksi harmonisa di RSUD Jombang dengan menggunakan *software ETAP Power Station*.

1.4 Batasan Masalah

Agar tidak terjadi penyimpangan maksud dan tujuan dalam penyusunan skripsi ini, maka penulis memberikan batasan sebagai berikut :

1. Skripsi ini membahas tentang optimalisasi penempatan kapasitor dengan menggunakan tool *Optimal Capacitor Placement (OCP)* pada *software ETAP Power Station*.
2. Skripsi ini membahas tentang penempatan filter pasif.
3. Skripsi ini membahas tentang peningkatan atau perbaikan rating tegangan di RSUD Jombang.
4. Skripsi ini membahas tentang harmonisa di RSUD Jombang.
5. Filter pasif yang digunakan yaitu *Single Tuned Filter*.
6. Hanya menggunakan *software ETAP Power Station*.

1.5 Prosedur Penelitian

1. Studi *literature*

Mencari referensi-referensi yang berhubungan dengan studi kasus yang akan dikerjakan.

2. Pengambilan data

Sebelum melakukan simulasi, dilakukan pengambilan data di RSUD Jombang serta penalaran metode yang digunakan. Bentuk data yang digunakan adalah :

- Data Kuantitatif yaitu data yang dapat dihitung atau data yang berbentuk angka-angka yang dapat mendukung simulasi *load flow*.
(*Software ETAP Power Station*)
- Data Kualitatif, yaitu data yang berbentuk diagram. Dalam hal ini single line diagram sistem kelistrikan di RSUD Jombang.

3. Pengolahan data

Pada tahap ini dilakukan pengolahan data yang telah diperoleh apabila data yang diperoleh belum sesuai dengan data yang digunakan untuk simulasi.

4. Simulasi

Melakukan simulasi sesuai dengan metode yang digunakan, dengan menggunakan *software ETAP power Station*.

5. Analisis dan Penarikan kesimpulan

Melakukan analisis dari hasil simulasi dan menarik kesimpulan secara keseluruhan dari apa yang dilakukan.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mendapatkan arah yang tepat mengenai hal-hal yang akan dibahas, maka dalam skripsi ini disusun sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Dalam Bab ini berisikan Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan, Batasan Masalah, Prosedur Penelitian, dan Sistematika Penulisan yang digunakan dalam pembuatan skripsi ini.

BAB II : KAJIAN PUSTAKA

Pada Bab ini dibahas tentang teori-teori yang mendukung dalam simulasi dan analisis skripsi ini.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang analisa sistem kelistrikan di RSUD Jombang hingga optimasi pemasangan kapasitor untuk memperbaiki profil tegangan dan pemasangan filter untuk mereduksi harmonisa.

BAB IV : HASIL DAN ANALISIS HASIL

Dalam bab ini merupakan bab yang akan memaparkan hasil simulasi dan menganalisis hasil simulasi.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

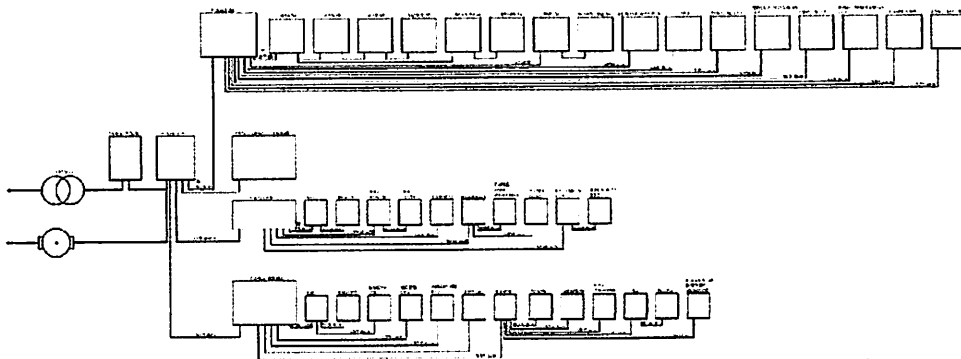
Dalam Bab ini berisi kesimpulan–kesimpulan yang diperoleh dari perencanaan dan pembuatan tugas akhir ini serta saran–saran guna menyempurnakan dan mengembangkan sistem lebih lanjut.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Pemodelan Sistem

Sebelum menjalankan simulasi, diperlukan terlebih dahulu pemodelan sistem kelistrikan di RSUD Jombang dari gambar yang didapat saat survey. Pemodelan *single line* dikerjakan menggunakan *software ETAP Power station*, serta menginputkan semua data yang mendukung simulasi. Berikut adalah gambar sitem kelistrikan RSUD Jombang yang akan dimodelkan pada *software ETAP Power Station*.



Gambar 2.1
Sistem Kelistrikan RSUD Jombang

Gambar 2.1 menunjukkan sistem jaringan listrik di RSUD Jombang yang terdiri dari satu sumber utama yaitu sumber 3 fasa dengan tegang 20 kV yang dihubungkan trafo *step down* dengan perbandingan sisi primer dan sisi sekunder 20kV/0,4kV. Serta satu sumber cadangan yaitu sebuah genset yang akan terhubung ke sistem bila dari sumber utama putus.

2.2 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 (D. William, and Jr. Stevenson 1990).

Tujuan dari analisa daya sebagai berikut :

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

2.2.1 Klasifikasi Bus

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

Dengan melihat parameter diatas, setiap bus dapat diklasifikasikan menjadi 3 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.

3. 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 referensi.

Daya total yang mengalir pada setiap bus dituliskan sebagai berikut :

$$S_k = P_k + jQ_k = V_k \times I_k \dots\dots\dots(2.1)$$

Atau

$$P_k + jQ_k = \sum_{n=1}^N Y_{kn} V_n \dots\dots\dots(2.2)$$

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

$$P_k - jQ_k - (v_k + j\delta_k) = \sum_{n=1}^N (G_{k11} + jB_{k11})(V_n + j\delta_n) \dots\dots\dots(2.3)$$

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

$$P_k = \sum_{n=1}^N \{v_k(v_k G_{kn} + \delta_k B_{kn}) + \delta_k(\delta_{kn} G_{kn} - v_k B_{kn})\} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$Q_k = \sum_{n=1}^N \{\delta_k(v_k G_{kn} + \delta_k B_{kn}) - v_k(\delta_{kn} G_{kn} - v_k B_{kn})\} \dots\dots\dots(2.5)$$

(Hadi Saadat, 2004)

2.2.2 Metode Newton Rhapson

Proses yang dilakukan adalah membandingkan antara daya yang ditempatkan berdasarkan data ($P_{k,sched}$ dan $Q_{k,sched}$) dengan daya hasil perhitungan ($P_{k,calc}$ dan $Q_{k,calc}$) menggunakan persamaan (2.4) dan (2.5) di atas. Selisih daya yang diterapkan dan perhitungan (ΔP_k dan ΔQ_k) dihitung dengan persamaan :

$$\Delta P_k = P_{k,sched} - P_{k,calc} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\Delta Q_k = Q_{k,sched} - Q_{k,calc} \dots\dots\dots(2.7)$$

Selisih daya dihitung dengan persamaan (2.6) dan persamaan (2.7) 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 (2.4) dan (2.5), yang dalam bentuk matriks dituliskan sebagai berikut :

(Wiley John & Sons, 2004)

$$\begin{bmatrix} \Delta P_1 \\ \dots \\ \Delta P_{n-1} \\ \Delta Q_1 \\ \dots \\ \Delta Q_{n-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_1}{\partial V_1} & \dots & \frac{\partial P_1}{\partial V_{n-1}} & \frac{\partial P_1}{\partial \delta_1} & \dots & \frac{\partial P_1}{\partial \delta_{n-1}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial P_{n-1}}{\partial V_1} & \dots & \frac{\partial P_{n-1}}{\partial V_{n-1}} & \frac{\partial P_{n-1}}{\partial \delta_1} & \dots & \frac{\partial P_{n-1}}{\partial \delta_{n-1}} \\ \frac{\partial Q_1}{\partial V_1} & \dots & \frac{\partial Q_1}{\partial V_{n-1}} & \frac{\partial Q_1}{\partial \delta_1} & \dots & \frac{\partial Q_1}{\partial \delta_{n-1}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial V_1} & \dots & \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial V_{n-1}} & \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial \delta_1} & \dots & \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial \delta_{n-1}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta v_1 \\ \dots \\ \Delta v_{n-1} \\ \Delta \delta_1 \\ \dots \\ \Delta \delta_{n-1} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |v| \end{bmatrix} \dots \dots \dots (2.9)$$

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 (bekisar 0,001 hingga 0,0001 pu). (Hadi Saadat, 2004)

2.3 Bank Kapasitor

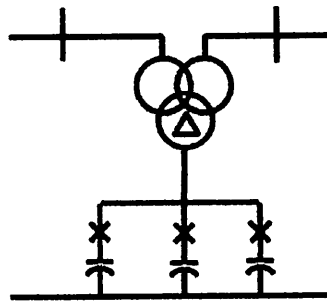
Bank kapasitor digunakan secara luas pada sistem distribusi untuk perbaikan faktor daya dan pengaturan tegangan feeder. Pada saluran transmisi, kapasitor bank berguna untuk mengkompensasi rugi-rugi dan memastikan tegangan terjaga pada levelnya pada saat beban penuh.

Beban yang bersifat induktif akan menyerap daya reaktif, yang kemudian akan dapat menimbulkan jatuh tegangan di sisi penerima. Dengan melakukan pemasangan bank kapasitor, beban akan mendapatkan suplai daya reaktif. Kompensasi yang dilakukan oleh bank kapasitor, akan dapat mengurangi penyerapan daya reaktif sistem oleh beban. Dengan demikian jatuh tegangan yang terjadi dapat dikurangi (Krisida R.U dkk, 2009).

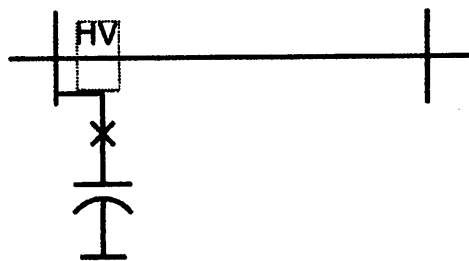
Pengaturan tegangan dengan menggunakan bank kapasitor, selain dapat memperbaiki nilai tegangan juga dapat meningkatkan nilai faktor daya. Sebab dengan memasang bank kapasitor, akan dapat mengurangi penyerapan daya reaktif oleh beban. Dengan berkurangnya nilai daya reaktif yang diserap oleh beban akan dapat meningkatkan nilai faktor daya (Ari Hastaro, 2012).

Kapasitor bank dengan switch mekanik (MCS) dipasang pada gardu induk utama pada area beban. Proses *switching* sering dilakukan secara manual dengan *relay* tegangan untuk melindungi *switch* ketika tegangan melebihi batasnya. Untuk stabilitas tegangan, kapasitor bank berguna untuk mendorong generator terdekat beroperasi dengan faktor daya mendekati satu. Jika dibandingkan dengan SVC, kapasitor bank memiliki keuntungan yaitu biayanya yang murah. Bank kapasitor dengan ukuran yang tepat dapat dihubungkan langsung dengan bus tegangan tinggi atau dengan bagian lilitan tersier transformator.

Gambar berikut adalah pemasangan bank kapasitor pada sistem :



Gambar 2.2
Kapasitor Bank terhubung dengan Lilitan Tersier Transformator



Gambar 2.3
Kapasitor Bank terhubung dengan Bus Tegangan Tinggi

Dengan pemasangan bank kapasitor, nilai arus induktif yang mengalir ke beban akan berkurang. Sebab beban mendapatkan suplai daya reaktif dari komponen bank kapasitor (Nagrath, I.J, and Kothari. D. P, 1980). Berikut adalah persamaan arus sebelum dan sesudah pemasangan bank kapasitor:

Sebelum pemasangan bank kapasitor didapatkan persamaan:

$$S = V_s \times I^* \dots\dots\dots(2.10)$$

$$I^* = \frac{P+jQ}{V_s} \dots\dots\dots(2.11)$$

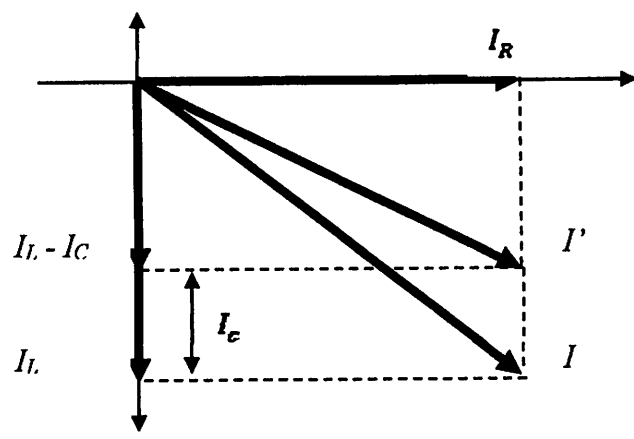
$$I = \frac{P-jQ}{V_s} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$I = \frac{P}{V_s} - \frac{jQ}{V_s} \dots\dots\dots(2.13)$$

Setelah pemasangan bank kapasitor secara parallel, persamaan arusnya adalah:

$$I' = \frac{P}{V_s} - j \frac{(Q-Q_c)}{V_s} \dots\dots\dots(2.14)$$

Berikut ini adalah diagram fasor sebelum dan pemasangan kapasitor:



Gambar 2.4
Diagram Fasor Arus Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor

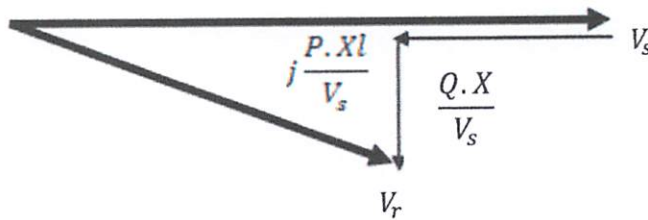
Dari diagram fasor di atas terlihat, dengan memasang bank kapasitor pada beban yang bersifat induktif akan dapat mengurangi besar arus induktif yang mengalir ke beban.

Berikut adalah gambar diagram fasor transmisi daya sebelum dan sesudah pemasangan bank kapasitor.

$$V_r = V_s - I(R + jX) \dots\dots\dots(2.15)$$

$$V_r = V_s - \left(\frac{P}{V_s} - j\frac{Q}{V_s}\right)(R + jX) \rightarrow R \ll X \dots\dots\dots(2.16)$$

$$V_r = V_s - j\frac{P.X}{V_s} - \frac{Q.X}{V_s} \dots\dots\dots(2.17)$$



Gambar 2.5

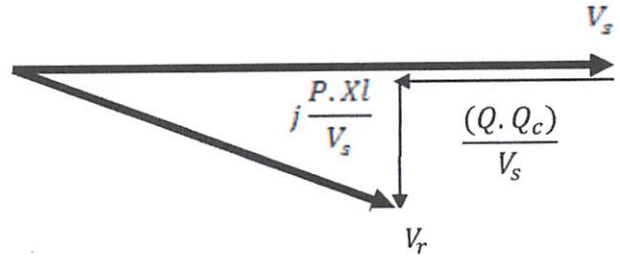
Diagram fasor Transmisi Daya Sebelum Pemasangan Kapasitor Bank

Persamaan tegangan di sisi penerima sebelum diberikan bank kapasitor adalah:

$$V_r = V_s - I(R + jX) \dots\dots\dots(2.18)$$

$$V_r = V_s - \left(\frac{P}{V_s} - j\frac{Q}{V_s}\right)(R + jX) \rightarrow R \ll X \dots\dots\dots(2.19)$$

$$V_r = V_s - j\frac{P.X}{V_s} - \frac{Q.X}{V_s} \dots\dots\dots(2.20)$$



Gambar 2.6

Diagram Fasor Transmisi Daya Setelah Pemasangan Kapasitor Bank

Persamaan tegangan di sisi penerima sebelum diberikan bank kapasitor adalah:

$$V_r' = V_s - I'(R + jX) \dots\dots\dots(2.21)$$

$$V_r' = V_s - \left(\frac{P}{V_s} - j \frac{(Q-Q_c)}{V_s} \right) (R + jX) \rightarrow R \ll X \dots\dots\dots(2.22)$$

$$V_r = V_s - j \frac{P.X}{V_s} - \frac{(Q-Q_c)}{V_s} \dots\dots\dots(2.23)$$

Dari persamaan di atas terlihat dengan menambahkan bank kapasitor kedalam sistem akan dapat mengurangi konsumsi daya reaktif oleh beban, yang pada akhirnya akan dapat memperbaiki nilai tegangan di sisi penerima (Ari Hastanto, 2012).

2.3.1 Kapasitor Untuk Regulasi Tegangan

Kapasitor dapat digunakan untuk pengaturan tegangan baik dari Gardu Induk, saluran transmisi ataupun pada pembangkit. Regulasi tegangan erat kaitannya dengan *voltage drop* atau jatuh tegangan. *Voltage drop* merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Jatuh tegangan pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar.. Untuk sistem satu arah besarnya jatuh tegangan sama dengan arus dikalikan resistansi hantaran tersebut, sedangkan pada saluran bolak balik besarnya susut tegangan merupakan fungsi dari arus beban dan cosinus sudut impedansi dari beban. Berbagai faktor bisa menyebabkan susut tegangan. Efektivitas kerja yang diinginkan dari sebuah saluran adalah jika tersebut mempunyai kontinuitas dalam menyalurkan daya listrik dan punya tingkat keandalan yang tinggi, rugi daya dan jatuh tegangan yang rendah. Untuk memenuhi kriteria tersebut harus diperhatikan beberapa penyebab jatuh tegangan dan rugi daya pada saluran distribusi tersebut antara lain adalah tegangan sistem, frekuensi, faktordaya, keandalan dan faktor beban.

Dalam sistem penyaluran tenaga listrik berbagai upaya dilakukan untuk memperkecil nilai jatuh tegangan dan rugi daya yang terjadi pada saluran transmisi. Hal tersebut mutlak dilakukan karena merugikan perusahaan penyedia tenaga listrik dan pelanggan/konsumen dari listrik itu sendiri. Beberapa langkah untuk mengatasi hal tersebut dengan Memasang *voltage regulator*, kapasitor seri maupun shunt pada

feeder. Memasang voltage regulator, kapasitor seri maupun shunt pada feeder. Akibat dari jatuh tegangan adalah besarnya nilai tegangan suatu titik pada ujung terima akan lebih kecil daripada tegangan ujung kirim. Regulator yang dipasang pada masing-masing feeder incoming ataupun out going akan memperbaiki tegangan ke arah beban.

Peralatan pengatur tegangan dirancang untuk menjaga secara otomatis suatu nilai tegangan tertentu yang akan bervariasi terhadap perubahan beban yang ada. Pada saat beban bertambah peralatan pengatur tegangan akan memperbesar tegangan keluaran pada gardu induk untuk mengkompensasi bertambahnya jatuh tegangan. Pemasangan kapasitor akan membuat sumber daya reaktif yang dapat membangkitkan maupun menyerap daya reaktif diluar batas toleransi.

Daya reaktif adalah daya yang tidak menghasilkan kerja dan selalu tersimpan dalam sistem yaitu dalam bentuk energi magnetis. Memasang kapasitor secara seri juga dapat digunakan untuk memperbaiki tegangan pada jaringan tenaga listrik dengan cara berusaha mengurangi susut tegangan dengan mengkompensasi komponen induktif yang terjadi pada jaringan tersebut. Susut tegangan akibat impedansi jaringan (C. Dugan Roger dkk, 2004).

2.3.2 Peningkatan Tegangan dengan Kapasitor

Peningkatan tegangan dari penempatan kapasitor pada rangkaian induktif adalah sudut pandang dari kualitas daya. jika tegangan rendah , maka kapasitor memberikan peningkatan tegangan untuk membawa tegangan kembali ke batas toleransi sistem tegangan. Namun , jika kapasitor yang kehilangan energi di saat beban dimatikan, tegangan bisa naik terlalu tinggi mengakibatkan *over voltage*. Peningkatan tegangan oleh pengguna dari instalasi kapasitor di asumsikan sebagai berikut :

$$\% \Delta V = \frac{kvar_{cap} \times Z_{tx} (\%)}{kVA_{tx}} \dots\dots\dots (2.24)$$

Dimana

$\% \Delta V$ = Peningkatan persen tegangan

$kvar_{cap}$ = Nilai Kapasitor Bank

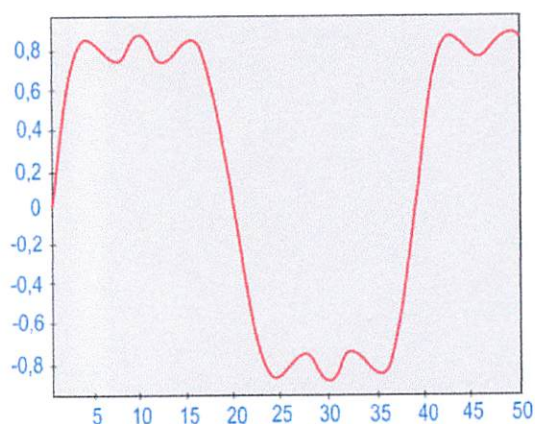
kVA_{tx} = Nilai trafo

Z_{tx} = Impedansi trafo dalam persen

Rumus ini mengasumsikan bahwa trafo adalah sebagian dari total impedansi dari sistem tenaga sampai titik dimana kapasitor diterapkan. Seperti yang disebutkan, salah satu masalah kualitas daya yang muncul adalah bahwa tegangan naik terlalu tinggi ketika kapasitor tetap pada tingkat beban rendah. Salah satu gejala umum dari hal ini adalah beban yang besar dalam *supply transformer* dan, dalam beberapa kasus, trafo terlalu panas disebabkan oleh eksitasi yang berlebih pada inti trafo. Maka rumus ini dapat diterapkan untuk menjaga suatu sistem tegangan agar tetap layak. Jika tidak, beberapa strategi pengendalian harus dirancang untuk mengganti energi kapasitor pada suatu beban (C. Dugan Roger dkk, 2004).

2.4 Harmonisa

Harmonisa adalah gangguan yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik akibat terjadinya distorsi gelombang arus dan tegangan. Pada dasarnya, harmonisa adalah gejala pembentukan gelombang-gelombang dengan frekuensi berbeda yang merupakan perkalian bilangan bulat dengan frekuensi dasarnya.



Gambar 2.7

Bentuk Gelombang Resultan dari Frekuensi Dasar dan Harmonisanya

Sumber : (M.Aredes dkk,2003)

2.4.1 Standar Harmonisa

Standar harmonisa yang digunakan adalah *IEEE 519*. Ada dua kriteria yang digunakan untuk mengevaluasi distorsi harmonisa. Yang pertama adalah batasan

harmonisa arus dan yang kedua adalah batasan harmonisa tegangan. Untuk standar harmonisa arus, ditentukan oleh ISC/IL.

VTHD adalah persentase jumlah total tegangan yang terdistorsi oleh harmonisa terhadap frekuensi fundamentalnya dan ITHD adalah persentase jumlah total arus yang terdistorsi oleh harmonisa terhadap frekuensi fundamentalnya (S.jain ,dkk 2006).

Tabel 2.1 Standar Harmonisa Tegangan

Sistem Voltage	IHD _v (%)	THD _v (%)
$V_{rms} \leq 69 \text{ kV}$	3.0	5.0
$69 \text{ kV} \leq V_{rms} \leq 161 \text{ kV}$	1.5	2.5
$V_{rms} \geq 161 \text{ kV}$	1.0	1.5

Sumber : (S.jain ,dkk 2006)

Tabel 2.2 Standar Harmonisa Arus

Sistem Voltage	I _{sc} / I _{load}	THD _I
$V_{rms} \leq 69 \text{ kV}$	<20	3.0
	20-50	8.0
	50-100	12.0
	100-1000	15.0
	>1000	20.0
$69 \text{ kV} \leq V_{rms} \leq 161 \text{ kV}$	<20	2.5
	20-50	4.0
	50-100	6.0
	100-1000	7.5
	>1000	10.0
$V_{rms} \geq 161 \text{ kV}$	<50	2.5
	≥ 50	4.0

Sumber : (S.jain ,dkk 2006)

2.4.2 Sumber Harmonisa

Beban non linier yang umumnya merupakan peralatan elektronik yang didalamnya banyak terdapat komponen semi konduktor, dalam proses kerjanya berlaku sebagai saklar yang bekerja pada setiap siklus gelombang dan sumber tegangan. Proses kerja ini akan menghasilkan gangguan atau distorsi gelombang arus yang tidak sinusoidal. Bentuk gelombang ini tidak menentu dan dapat berubah menurut pengaturan pada parameter komponen semi konduktor dalam peralatan elektronik. Perubahan bentuk gelombang ini tidak terkait dengan sumber

tegangannya.

Beberapa peralatan yang dapat menyebabkan timbulnya harmonisa antara lain komputer, printer, lampu fluorescent yang menggunakan elektronik ballast, kendali kecepatan motor, motor induksi, batere charger, dll. Peralatan ini dirancang untuk menggunakan arus listrik secara hemat dan efisien karena arus listrik hanya dapat melalui komponen semikonduktornya selama periode pengaturan yang telah di tentukan.

2.4.3 Pengaruh Harmonisa Pada Komponen Peralatan Listrik

Harmonisa yang lebih banyak disebabkan karena adanya beban yang *non linier* misal membuat gangguan yang cukup besar kepada peralatan distribusi listrik. Beberapa komponen yang terpengaruhi oleh harmonisa, antara lain:

- *Konduktor*

Arus harmonisa dapat menyebabkan rugi-rugi pada kawat penghantar bertambah. Hal ini dikarenakan pada konduktor terdapat impedansi hambatan, yang meningkatkan arus harmonisa. Arus harmonisa yang mengalir tersebutlah yang menyebabkan panas. Panas tersebut semakin lama akan mengurangi daya hantamnya. Sehingga pada akhirnya meningkatkan rugi-rugi daya dan menurunkan efisiensi.

- *Transformer*

Pada transformer, yang mengalami kerugian daya adalah pada kumparan primer, kumparan sekundernya dan inti besi (*ferromagnetic losses*). Telah diketahui bahwa arus harmonisa menambah kerugian daya pada penghantar yang berbentuk panas. Pada transformator berlaku sistem penginduksian, dimana bila arus berharmonisa mengalir, maka fluks magnetik pada kumparan transformatornya akan menghasilkan rugi-rugi histerisis dan *Eddy current*. Rugi histerisis besarnya proporsional dengan harga frekuensinya dan rugi *Eddy current*-nya proporsional dengan kuadrat frekuensinya. Gabungan dan rugi-rugi tembaga dan inti besi akan menyebabkan transformer menjadi *overheating*

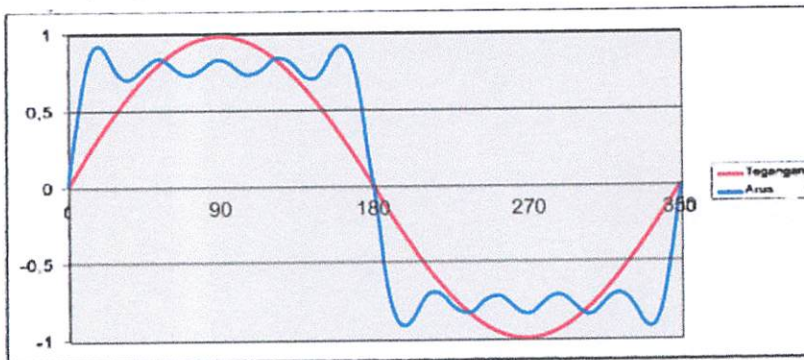
- *Circuit breaker*

Pada *circuit breaker* konvensional menggunakan panas untuk membuat kawat didalam *circuit breaker* tersebut menjadi panas dan pada akhirnya

akan putus. Arus harmonisa yang melewati *circuit breaker* tersebut masih dapat diamankan oleh *circuit breaker* yang konvensional ini. Hal ini dikarenakan panas yang terjadi karena arus harmonisa tersebut sama dengan panas yang timbul pada peralatan yang diproteksi tersebut.

2.4.4 Pengaruh Harmonisa Pada Faktor Daya

Arus harmonisa membuat peningkatan total arus rmsnya. Dan karena mempengaruhi harga arus total rmsnya, maka secara otomatis juga akan mempengaruhi faktor dayanya juga. Hal ini dikarenakan daya total dengan daya nyata dan selisih sudut yang dibuat oleh tegangan dan arus. Pada daya total tidak terjadi pergeseran sudut antara tegangan dan arusnya. Tetapi untuk daya nyata, terdapat beda sudut yang dibuat oleh tegangan dan arus.

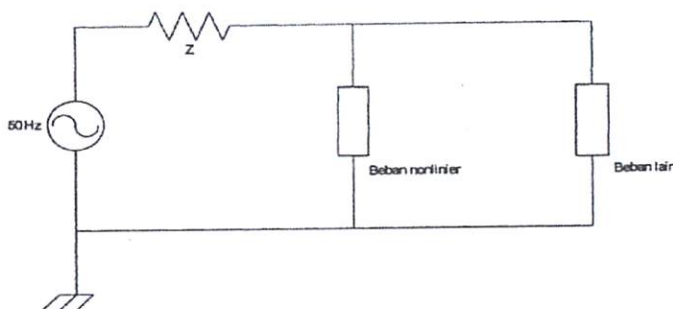


Gambar 2.8

Perbandingan Sinyal Listrik Sinusoidal Terhadap Sinyal Listrik Berharmonisa
Sumber : (M.Aredes dkk,2003)

2.4.5 Pengaruh Harmonisa Pada Sistem Tegangan

Peralatan yang diterapkan pada sistem tenaga listrik, seperti contoh yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.9

Rangkaian Distribusi yang sederhana

Sumber : (M.Aredes dkk,2003)

Sebuah suplai energi listrik yang disalurkan ke beberapa beban yang terhubung paralel melalui kawat penghantar (*Transmission Lines*) yang mengandung impedansi sebesar Z . Apabila ada arus harmonisa yang melalui impedansi Z dan sumber, maka akan menimbulkan tegangan harmonisa yang besar dan amplitudo tegangannya akan semakin meningkat disertai juga dengan peningkatan frekuensinya. Karena terdapat impedansi hambatan saluran, maka terdapat selisih tegangan yang secara signifikan terdistorsi oleh beban non linear. Yang dimana arus akan timbul pada saat tegangan suplai mencapai titik maksimum saja. Hal ini akan menyebabkan turunnya tegangan yang melewati impedansi Z dan akan menjadi lebih besar pula apabila tegangan pada sumber mencapai titik maksimum. Sehingga tegangan yang dikirimkan pada akhirnya akan menjadi turun.

2.4.6 Identifikasi Harmonisa

Untuk mengidentifikasi kehadiran harmonisa pada sistem distribusi, dapat diketahui melalui langkah-langkah sebagai berikut:

1. Identifikasi Jenis Beban yang digunakan.
2. Pemeriksaan Transformator

Apabila arus netralnya lebih besar dari arus fasa nya maka dapat diperkirakan adanya harmonisa dan kemungkinan turunnya kinerja transformator.

3. Pemeriksaan Tegangan Netral Tanah

Apabila tegangan yang terukur lebih besar dari 2 Volt maka terdapat indikasi adanya masalah harmonisa pada beban tersebut.

2.5 Indeks Harmonisa

Dalam analisa harmonisa terdapat beberapa indeks yang penting untuk menggambarkan efek dan harmonisa pada komponen sistem tenaga

2.5.1 Total Harmonic Distortion (THD)

Pendefinisian rasio nilai rms komponen harmonisa ke nilai rms komponen dasar biasanya dinyatakan dalam bentuk persen. Indeks ini digunakan untuk mengukur deviasi bentuk gelombang periodik yang mengandung harmonisa dari gelombang sinus sempurna. Pada saat terjadi gelombang sinus sempurna, nilai THD adalah nol (S.jain ,dkk 2006).

$$\text{THD}_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_h^2}}{V_F} \quad (\text{THD untuk tegangan}) \dots \dots \dots (2.25)$$

$$\text{THD}_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_F} \quad (\text{THD untuk arus}) \dots \dots \dots (2.26)$$

$V_h ; I_h =$ Komponen Harmonisa

$V_f ; I_f =$ Komponen Fundamental

2.6 Filter

Ada dua jenis filter, filter aktif dan filter pasif. Filter pasif banyak digunakan di industri namun memiliki kelemahan, yaitu bergantung pada impedansi, frekuensi sistem, dan toleransi komponen. Pemasangan filter memiliki dua tujuan, yaitu :

1. Untuk mengurangi atau mereduksi tegangan harmonik dan injeksi arus harmonik dalam jaringan AC sampai ke tingkat yang dapat diterima.
2. Untuk menyediakan semua atau sebagian daya reaktif yang dikonsumsi oleh sumber harmonik atau 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 rangkaian utamanya. Karena itu filter *shunt* lebih murah daripada filter seri untuk efektifitas yang sama. Filter *shunt* juga mampu menyuplai daya reaktif pada frekuensi dasar. Dalam banyak aplikasi, biasanya filter *shunt* yang digunakan.

Filter *shunt* yang paling umum digunakan adalah *single tuned filter* dan *damped filter* orde kedua. Kedua jenis filter ini paling sederhana dalam desainnya dan paling murah diimplementasikan (Adrianto, 2008).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode yang digunakan

Dalam analisis perbaikan profil tegangan dan reduksi harmonisa ini menggunakan acuan standart IEEE. Pengujian dan penelitian ini dimulai dengan survey data yang mendukung untuk disimulasikan pada *software ETAP power Station*. Dengan data tersebut dapat disimulasikan ke dalam *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 *tool Opotimal Capacitol Placement* untuk mengoptimalkan penempatan dan besaran kapasitor untuk memperbaiki profil tegangan tersebut .Sedangkan untuk mensimulasikan distorsi harmonisa pada sistem menggunakan *tool Harmonics Analysis*.

3.2 Optimal Capacitor Placement

Proses optimasi daya reaktif dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Masukkan input data pembangkitan { P_{gen} , Q_{gen} , Q_{max} , Q_{min} }, data beban { V_{mag} , sudut fasa tegangan δ , daya aktif (P), daya reaktif (Q) }, jumlah bus (N_{bus}) dan data impedansi saluran ke dalam *software ETAP Power Station*.
2. Melakukan proses load flow dengan metode Newton Rhapson untuk melihat parameter-parameter sistem sebelum dioptimasi penempatan kapasitor.
3. Melakukan optimasi penempatan kapasitor menggunakan *ETAP Power Station*
4. Lihat dimanakah letak kapasitor paling optimal dan ukuran kapasitor hasil optimasi penempatan kapasitor menggunakan *ETAP Power Station*.

5. Pasangkan kapasitor bank sesuai tempat dan ukuran setelah optimasi kemudian jalankan Load Flow kembali.

3.2.1 Adaptasi Algoritma Genetika ke Masalah Optimasi Tegangan dan Losses

Dalam penyelesaian optimasi tegangan dan losses menggunakan GA, variabel kontrol yang mempengaruhi tegangan dan losses pada sistem antara lain, tegangan generator (V_g), kapasitas daya reaktif generator (Q_{gi}), daya reaktif *shunt* kapasitor (Q_{ci}) dan tap trafo (α_i) (Durairaj S. Dkk, 2005). Variabel-variabel ini dipresentasikan dengan gen-gen dalam kromosom yang membentuk sebuah populasi dalam GA. Dalam kasus ini kapasitor yang terdapat pada sistem dilibatkan dalam optimasi. Kapasitor dalam sistem harus dicari dahulu letaknya yang paling optimal pada sistem dengan menggunakan GA (P. Aruna Jeyanthi, 2010)

Pada penelitian ini, optimasi tegangan dan losses pada sistem dengan menggunakan GA bertujuan untuk mempertahankan tegangan bus pada batasbatas yang diijinkan dan meminimalisasi losses pada sistem. Berdasarkan tujuan tersebut, perubahan tegangan pada bus generator (PV_bus) kecuali bus *slack* dan nilai kapasitor bank merupakan variabel kontinyu sehingga tegangan pada PV_bus dan besar nilai kapasitor bank dipresentasikan kedalam gen-gen pada kromosom yang membentuk sebuah individu. Pengkodean gen dari kromosom satu gen mewakili satu variabel yang dipresentasikan dalam bentuk bilangan real (real encoding).

$$V_{(G8)} \quad V_{(G10)} \quad V_{(G11)} \quad V_{(G15)}V_{(G17)} \quad V_{(G22)}V_{(G23)} \quad Q_{C(3)}Q_{C(12)} \quad Q_{C(13)}Q_{C(14)} \quad Q_{C(18)}Q_{C(19)}Q_{C(20)}Q_{C(21)}$$

1,00	0,96	0,97	0,99	1,00	0,98	0,98	440	440	40	30	440	180	340	10
------	------	------	------	------	------	------	-----	-----	----	----	-----	-----	-----	----

Gambar 3.1
Represintasi kromosom untuk optimasi daya reaktif

Populasi yang dibangkitkan berupa matriks X_k Yng bernilai 0 dan 1 berukuran $U_k \text{Pop} \times \text{JumGen}$. Setiap kromosom dalam populasi tersebut dkodekan menjadi nilai tegangan generator sesuai batas nilai minimum dan maksimumnya berdasarkan persamaan berikut ini :

$$V_G = V_{G \min} + (V_{G \max} - V_{G \min}) \text{ kromosom} \dots\dots\dots(3.1)$$

$$Q_c = Q_{c \min} + (Q_{c \max} - Q_{c \min}) \text{ kromosom} \dots\dots\dots(3.2)$$

Proses optimasi daya reaktif menggunakan GA mengikuti prosedur sebagai berikut :

a. Inisialisasi : serangkaian populasi awal diberikan secara acak didalam batasan minimum dan maximum dari variabel kontrol yaitu tegangan dan daya reaktif generator yang dipilih sebagai populasi induk.

b. Evaluasi fungsi : evaluasi fungsi digunakan untuk menentukan *fitness* dari setiap populasi.

c. Seleksi : pada proses seleksi individu yang lebih baik memperoleh kesempatan lebih tinggi dalam generasi berikutnya bergantung pada nilai *fitness*nya. Proses ini diulang sesering mungkin untuk memilih dua individu terbaik secara acak sebagai induk.

d. SBX : operator SBX digunakan untuk menciptakan solusi-solusi anak yang berbeda dan dekat dalam solusi-solusi induk. Prosedur untuk menemukan solusi anak $X_i^{(1,t+1)}$ dan $X_i^{(2,t+1)}$ dari solusi-solusi induk $X_i^{(1,t)}$ dan $X_i^{(2,t)}$ diberikan dibawah ini, faktor penyebab β_i didefinisikan sebagai rasio perbedaan mutlak dalam nilai anak-anak dan induk.

$$\beta_i = \left| \frac{X_i^{(2,t+1)} - X_i^{(1,t+1)}}{X_i^{(2,t)} - X_i^{(1,t)}} \right| \dots\dots\dots(3.3)$$

Pertama diberikan nilai acak u_1 antara 0 dan 1 dari fungsi distribusi probabilitas digunakan untuk menciptakan keturunan yang diberikan dibawah ini.

$$P = (\beta_i) \begin{cases} 0,5(n_c + 1)\beta_i^{n_c} & \text{jika } \beta_i \leq 1 \\ 0,5(n_c + 1)\frac{1}{\beta_i^{n_c}}, & \text{lainnya} \end{cases} \dots\dots\dots(3.4)$$

Dimana n_c adalah bilangan real positif. Menggunakan persamaan diatas untuk menghitung β_{qi} dengan menyamakan area dibawah kurva probabilitas sama dengan u_i yang diberikan berikut :

$$\beta_i = \begin{cases} (2u_i)^{\frac{1}{n_c+1}}, & \text{jika } \beta_i \leq 0,5 \\ \left(\frac{1}{2(1-u)}\right)^{\frac{1}{n_c+1}}, & \text{lainnya} \end{cases} \dots\dots\dots(3.5)$$

Setelah memperoleh nilai β_{qi} solusi anak dihitung sebagai berikut :

$$X_i^{(1,t+1)} = 0,5 \left[(1 + \beta_{qi})X_i^{(1,t)} + (1 - \beta_{qi})X_i^{(2,t)} \right] \dots\dots\dots(3.6)$$

$$X_i^{(2,t+1)} = 0,5 \left[(1 + \beta_{qi}) X_i^{(1,t)} + (1 + \beta_{qi}) X_i^{(2,t)} \right] \dots\dots\dots(3.7)$$

3.2.2 Formulasi Masalah Tegangan dan Losses

Masalah Tegangan dan *Losses* diakibatkan oleh pengiriman daya reaktif yang tidak optimal. Pengiriman daya reaktif ini dilakukan dengan mengatur supply daya reaktif namun tetap pada batas-batas daya reaktif generator dan kapasitor bank menggunakan GA dan tap transformator. Variabel kontinyu tegangan generator), variabel biner (sumber VAR) merupakan variabel yang digunakan dalam formulasi optimisasi pengiriman daya reaktif (P. Aruna Jeyanthi, dkk, 2010).

Masalah optimalisasi daya reaktif bertujuan meminimalkan kerugian daya nyata dalam sistem, yang seama ini merupakan kendala sistem. Tujuan ini dicapai dengan penyesuaian yang tepat, variabel daya reaktif seperti besaran tegangan generator (VGI), kapasitor bank (QCI) dan pengaturan tap transformator (tk).

$$\text{Minimiza } P_{loss} = \sum_{k \in N}^{k \in N} g_k (V_i^2 + V_j^2 - 2V_i V_j \cos \theta_{ij}) \dots\dots\dots(3.8)$$

Keandalan aliran daya :

$$P_i - V_i = \sum_{j=1}^{N_B} V_j (G_{ij} \cos \phi_{ij} + B_{ij} \sin \phi_{ij}) = 0, i = 1, 2 \dots N_B - 1 \dots\dots\dots(3.9)$$

$$Q_i - V_i = \sum_{j=1}^{N_B} V_j (G_{ij} \sin \phi_{ij} + B_{ij} \cos \phi_{ij}) = 0, i = 1, 2 \dots N_{PQ} \dots\dots\dots(3.10)$$

Profil tegangan :

$$V_i^{min} \leq V_i \leq V_i^{max}; i \in N_B \dots\dots\dots(3.11)$$

Batasan daya reaktif :

$$Q_{gi}^{min} \leq Q_{gi} \leq Q_{gi}^{max}; i \in N_g \dots\dots\dots(3.12)$$

Batasan daya reaktif pada kapasitor bank :

$$Q_{ci}^{min} \leq Q_{ci} \leq Q_{ci}^{max}; i \in N_c \dots\dots\dots(3.13)$$

Batasan daya pada saluran :

$$S_l \leq S_l^{max}; l \in N_l \dots\dots\dots(3.14)$$

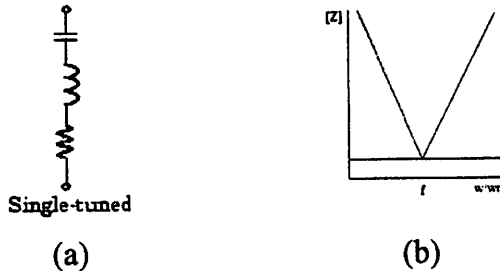
Batasan diatas merupakan batasan kondisi sistem. Tegangan bus generator (V_i), daya reaktif yang dibangkitkan oleh kompensator seperti kapasitor bank (Q_{ci}), setting tap transformator (ai), merupakan variabel kontrol yang sangat dibatasi. Tegangan bus (V_i) dan daya reaktif yang dibangkitkan generator (Q_{gi}) merupakan batasan-batasan yang menentukan nilai fungsi objektif.

3.3 Filter Pasif

Filter pasif terdiri dari induksi, kapasitansi, dan elemen rekatansi yang diatur untuk mengontrol harmonik. Filter pasif sangat umum digunakan dan tidak mahal dibandingkan filter harmonik lainnya. Kekurangannya adalah adanya kemungkinan untuk berinteraksi dengan sistem tenaga listrik yang dapat merugikan dan penting untuk memeriksa kemungkinan semua interaksi pada saat didesain (Adrianto, 2008).

3.3.1 Single Tuned Filter

Rangkaian *single tuned filter* dan kurva impedansi terhadap frekuensi terlihat pada gambar berikut (Rifky Cahyadi, 2003) :



Gambar 3.2

(a) Rangkaian *Single Tuned Filter* (b) Kurva impedansi terhadap frekuensi

Impedansi *single tuned filter* diberikan oleh persamaan:

$$Z_f = R + j \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \dots\dots\dots(3.15)$$

Untuk *magnitude* impedansi *single tuned filter* adalah:

$$|Z_f| = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2} \dots\dots\dots(3.16)$$

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

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \dots\dots\dots(3.17)$$

(Rifky Cahyadi, 2003)

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 ialah *single tuned filter* ini dipasang untuk setiap harmonik yang akan dihilangkan. Filter-filter ini dihubungkan pada busbar dimana pengurangan tegangan harmonik ditentukan dan membentik suatu filter bank.

Dua parameter yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan nilai R, L, dan C adalah :

a. Faktor Kualitas (Q)

Kualitas dari filter menunjukkan ketajaman pengaturan filter dalam mengeliminasi hamonik. Dalam *single tuned filter*, faktor kualitas Q didefinisikan sebagai perbandingan antara induktansi atau kapasitansi pada frekuensi resonansi terhadap resistansi. Persamaannya bisa dinyatakan sebagai berikut (Roger C. Dugan, 2002):

$$Q = \frac{X_o}{R} \dots\dots\dots(3.18)$$

Filter dengan Q tinggi diatur pada frekuensi rendah dan nilainya biasanya berkisar antar 30 dan 60. Filter yang efektif harus memiliki inikator dengan kualitas yang besar, oleh karena itu $R \ll X_o$ pada frekuensi resonansi. Perkiraan nilai Q untuk reaktor inti udara adalah 75 dan untuk reaktor inti besi diatasnya (Roger C. Dugan, 2002).

b. Penyimpangan frekuensi relatif (δ)

Penyimpangan frekuensi relatif menyatakan perubahan frekuensi dari frekuensi nominal pengaturannya, yang dinyatakan oleh (Rifky Cahyadi, 2003) :

$$\delta = \frac{\omega - \omega_n}{\omega} \dots\dots\dots(3.19)$$

Faktor δ dipengaruhi oleh :

1. Variasi frekuensi dasar
2. Variasi kapasitansi dan induksi dari filter karena pengaruh suhu dan penuaan.
3. *Initial off-running* yang disebabkan oleh toleransi pabrik dan batas ukuran langkah pengaturan.

3.3.2 Batasan Komponen Filter

a. Kapasitor

Batas bebab yang diperbolehkan berdasarkan standart ANSI/IEEE 18-1980 adalah sebagai berikut (Rifky Cahyadi, 2003):

kVAR	= 135 5
Tegangan efektif	= 110%
Jumlah tegangan puncak	= 120 %
Arus efektif	= 180%

Walaupun dalam standart bata arus efektif adalah 180% namun aplikasinya 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 rating kondisi normal. Hal ini dilakukan agar kapasitor dapata mengkompensasi tegangan lebih sistem dan kondisi tidak seimbang pada kapaitor. Komponen harmonik meningkat secara signifikan untuk kondisi ketidakseimbangan kapasitor bank.

b. Induktor

Induktor yang digunakan untuk aplikasi filter biasanya dari tipe inti udara yang memberikan karakteristik linear berkenaan dengan frekuensi dan arus. Toleransi reaktansi $\pm 5\%$ dapat diterima untuk aplikasi sistem tenaga di industri. Parameter-parameter yang dipakai untuk menentukan spesifikasi induktor adalah :

1. Arus pada frekuensi dasar
2. Spektrum arus harmonik
3. Arus hubung singkat
4. Rasio X/R
5. Tegangan sistem
6. BIL (*Basic Insulation level*)

3.4 Software ETAP Power Station

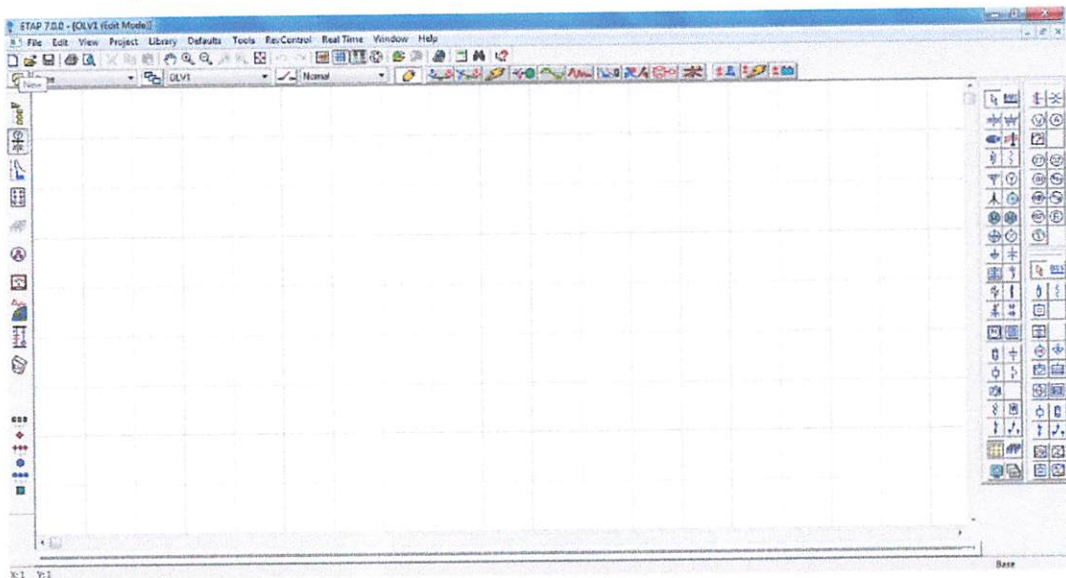
ETAP merupakan *software* full grafis yang dapat digunakan sebagai alat analisa untuk mendesain dan menguji kondisi sistem tenaga listrik yang ada. *ETAP* dapat digunakan untuk mensimulasikan system tenaga listrik secara off line dalam bentuk modul simulasi, monitoring data operasi secara real time,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

ETAP Power Station juga menyediakan fasilitas *Library* yang akan mempermudah desain 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 analisa yang akan dilakukan. Misalnya generator, data motor, data kabel dll. Sebuah plant terdiri dari sub-sistem kelistrikan yang membutuhkan sekumpulan komponen elektris yang khusus dan saling berhubungan. Dalam *PowerStation*, 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* (hubung singkat), motor starting, harmonisa, *transient stability*, *protective device coordination*, dan *cable derating*.

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

- **One Line Diagram**, menunjukkan hubungan antar komponen/peralatan listrik sehingga membentuk suatu sistem kelistrikan.
- **Library**, informasi mengenai semua peralatan yang akan dipakai dalam system kelistrikan. Data elektris maupun mekanis dari peralatan yang detail/lengkap dapat mempermudah dan memperbaiki hasil simulasi/analisa.
- **Standar yang dipakai**, biasanya mengacu pada standar *IEC* atau *ANSI*, frekuensi sistem dan metode – metode yang dipakai.
- **Study Case**, berisikan parameter – parameter yang berhubungan dengan metode studi yang akan dilakukan dan format hasil analisa.
- Kelengkapan data dari setiap elemen/komponen/peralatan listrik pada sistem yang akan dianalisa akan sangat membantu hasil simulasi/analisa dapat mendekati keadaan operasional sebenarnya.

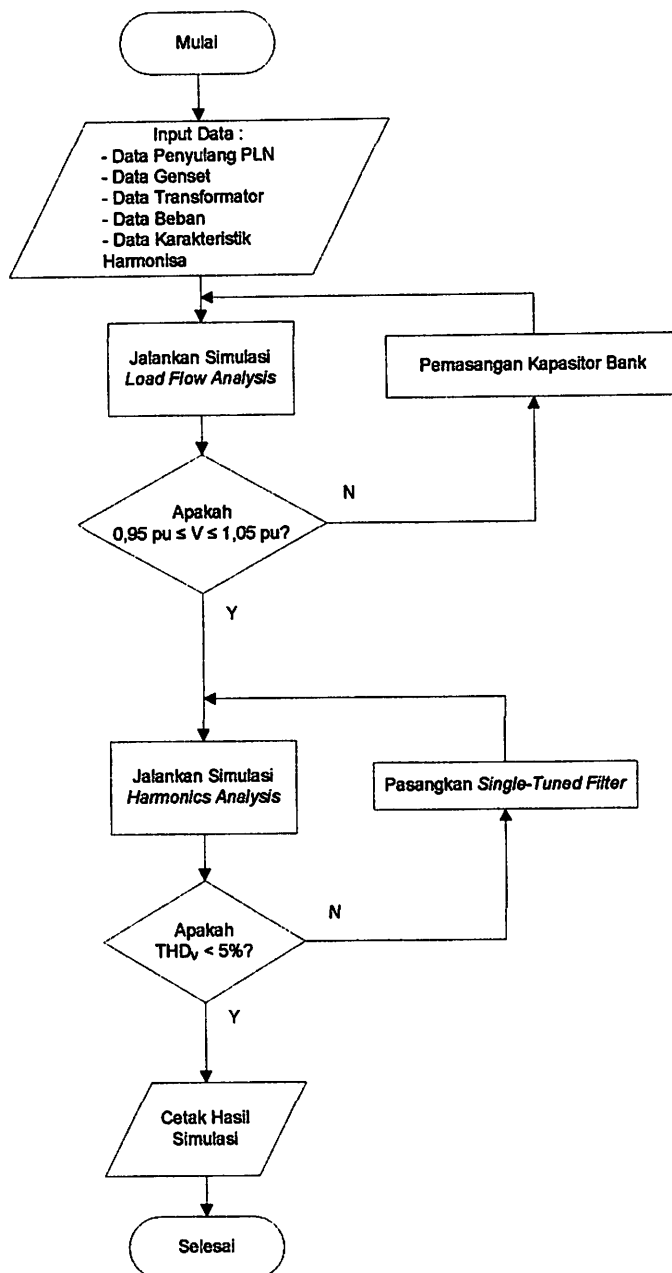


Gambar 3.3
Tampilan Utama *Software ETAP Power Station*

3.5 Algoritma Simulasi pada *Software ETAP Power Station*

1. Mulai
2. Menggambar *single line*
3. Input data : Penyulang dari PLN, *Genset*, Transformator, Beban, Karakteristik Harmonisa
4. Menjalankan simulasi aliran daya (*Load Flow*) dengan menggunakan Metode Newton Raphson
5. Mengecek apakah tegangan pada sistem telah pada batasan yang ditentukan yaitu $0,95 \text{ PU} \leq V \leq 1,05 \text{ PU}$
 - a. “Ya” : Cek hasil simulasi dan lanjutkan proses selanjutnya
 - b. “Tidak” : Lakukan proses simulasi *Optimal Capacitor Placement (OCP)* hingga menemukan bus mana saja yang menjadi letak optimal buat penempatan kapasitor. Setelah proses *OCP* selesai dan telah dipasang kapasitor, kembali ke proses *Load Flow* untuk menganalisa keadaan sistem setelah dipasang *capacitor bank*.
6. Setelah proses simulasi *Load Flow* selesai dan tegangan telah pada batasan yang ditentukan, proses selanjutnya adalah simulasi *Harmonic Analysis*.
7. Simulasi *Harmonic Analysis* dijalankan untuk menganalisa keadaan distorsi gelombang harmonisa pada sistem
8. Dari hasil simulasi *Harmonic Analysis* akan didapat berapa besar distorsi dengan satuan besaran *%THD*
9. Apakah $VTHD < 5\%$:
 - a. “Ya” : Cek hasil simulasi dan lanjutkan proses selanjutnya
 - b. “Tidak” : Pasang *Single Tuned Filter* untuk mereduksi harmonisa tegangan hingga dibawah 5%. Setelah filter dipasang jalankan kembali simulasi *Harmonic Analysis* untuk menganalisa harmonisa setelah dipasang filter.
10. Setelah semua proses selesai dan hasilnya sudah baik, simulasi telah selesai kemudian cetak hasil simulasi.
11. Selesai.

3.6 Flowchart simulasi menggunakan *Software ETAP Power Station*



Gambar 3.4
Flowchart Penyelesaian Masalah



BAB IV

HASIL DAN ANALISIS HASIL

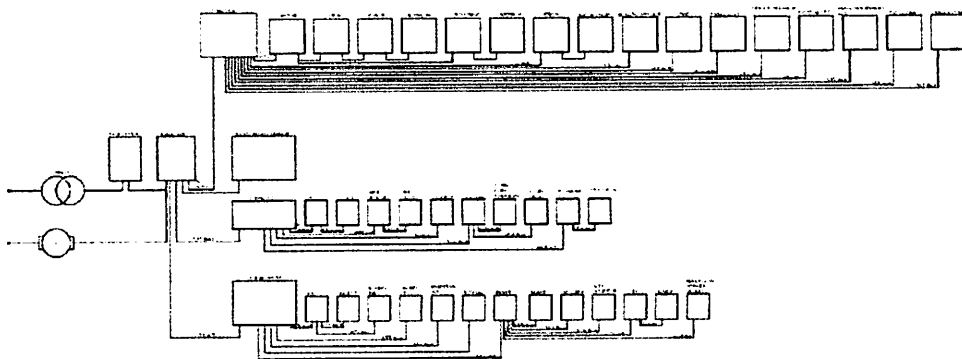
4.1 Data Hasil Pengukuran

4.1.1 Peralatan yang digunakan

- a. Alat Ukur *Hioki Clamp On Power HiTESTER 3286-20*
- b. Software *ETAP Power Station 7.0* untuk simulasi dan analisa data

4.1.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Tempat yang dijadikan untuk melakukan penelitian dan pengambilan data dalam skripsi ini adalah di RSUD Jombang, dan waktu pengambilan data dimulai pada hari Senin 28 April 2014 sampai dengan Rabu 14 Mei 2014. Berikut adalah gambar *single diagram* sistem kelistrikan di RSUD Jombang yang akan digunakan simulasi *Optimal Capacitor Placement* dan simulasi *Harmonics Analysis*.



Gambar 4.1
Single Diagram Sistem Kelistrikan RSUD jombang

4.1.3 Data-data yang dikumpulkan

A. Data Penyulang dari PLN

Tegangan : 20 kV
 Jumlah Fasa : 3
 Frekuensi : 50 Hz
 Hubungan : Y

B. Data Transformator

Merk Transformator : UNINDO
 Daya : 630 kVA
 Tegangan Primer/Sekunder : 20 kV / 0,4 kV
 Arus Primer/Sekunder : 18,2 A / 909,3 A
 Frekuensi : 50 Hz
 Hubungan : Y / Y
 Impedansi : 4 %
 Pendingin : ONAN
 Berat total : 1760 kg
 Berat Minyak : 475 kg

C. Data Genset

Merk Genset : STAMFORD
 kVA dasar : 500 kVA
 kW dasar : 400 kW
 Power Factor : 0,8
 Tegangan : 400 Volt
 Arus : 721,7 A
 Jumlah Fasa : 3
 Frekuensi : 50 Hz
 Kelas Isolasi : Kelas H

D. Data Beban

Tabel 4.1
Data Beban

No.	Beban	Arus (A)	Pf
1.	AC Lt.1	8,82	0,964
2.	AC Lt.2	1,13	0,595
3.	Anggrek	24,95	0,935
4.	Apotek 38	6,88	0,894
5.	CSSD	3,41	0,948
6.	Gdg Apotek 38	3,84	0,778
7.	IBS IGD Lt.2	35,37	0,798
8.	IGD	25,56	0,952
9.	IGD Lt.2	4,84	0,751
10.	IGD Rongen	0,23	0,465
11.	Kemuning	8,4	0,919
12.	Laborat	22,87	0,921
13.	Lift Anggrek	1,88	0,552
14.	Lift IBS	0,51	0,642
15.	Lift IGD	0,31	0,658
16.	Mawar A	9,72	0,916
17.	Mawar B	3,53	0,805
18.	Medical Check Up	16,15	0,954
19.	Observasi IGD	15,78	0,791
20.	Pompa1	4,35	0,706
21.	Pompa2	6,12	0,828
22.	Patologi Anatomi	22,77	0,956
23.	Penerangan Lt.1	3,69	0,614
24.	Penerangan Lt.2	2,04	0,389
25.	Poli Lt.1	35,27	0,936
26.	Poli Lt.2	44,77	0,968
27.	Ponex	13,36	0,865
28.	Radiologi	16,43	0,975
29.	RIBS	13,57	0,835
30.	Seruni	6,8	0,907
31.	Seruni Dalam	2,34	0,937

E. Data Karakteristik Harmonisa

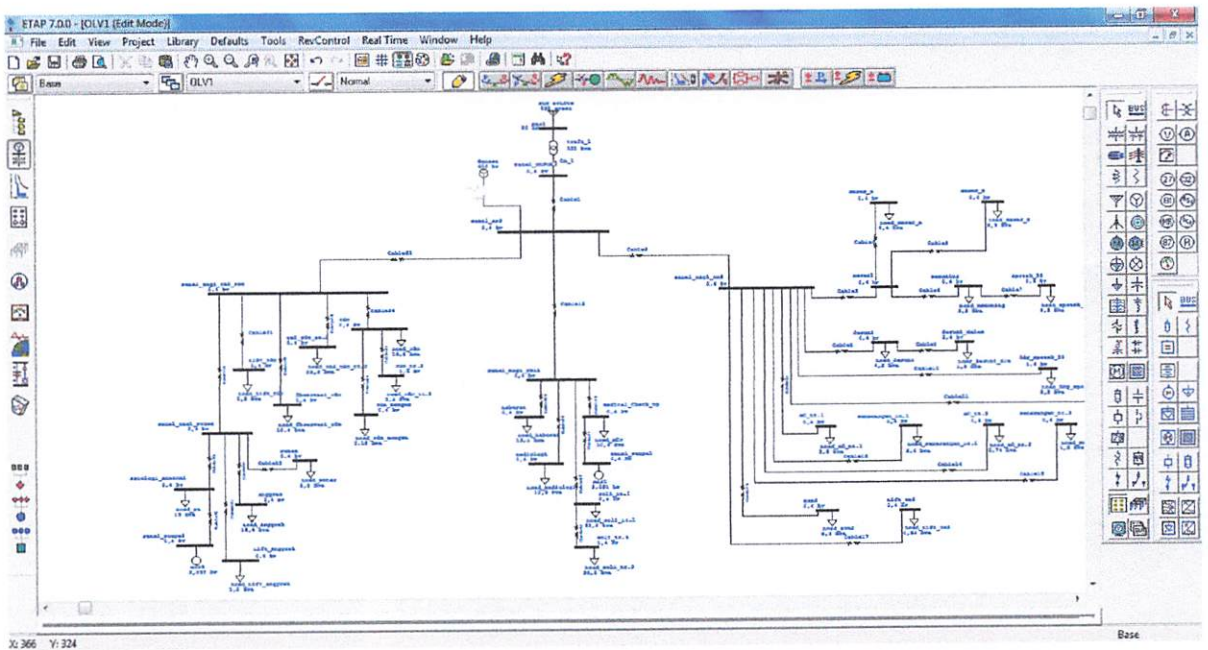
Tabel 4.2
Data Karakteristik Harmonisa

No.	Beban	Magnitude Harmonics Order (%)																%THD
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1.	AC Lt.1	8,4	5,4	1,91	3,72	1,34	2,4	0,45	1,7	0,11	0,34	0,11	0,23	0,11	0,23	0	0,03	40,03
2.	AC Lt.2	0	7,08	0	2,65	0	3,54	0	3,54	0	2,65	0	1,77	0	0,88	0	0,88	27,3
3.	Anggrek	1,32	4,21	1,31	9,08	1,08	4,56	0,08	1,52	0,32	0,2	0,08	0,08	0,04	0,08	0,04	0,12	7,13
4.	Apotek 38	9,88	13,32	1,73	7,09	1,13	3,92	0,87	2,91	0,45	1,31	0,58	0,73	0,45	0,45	0,29	0,45	30,47
5.	CSSD	12,61	10,3	3,76	11,73	2,05	7,04	0,17	6,17	0,3	1,47	0,17	1,47	0,3	0,6	0,09	0,6	19,67
6.	Gdg Apotek 38	8,33	9,38	1,04	7,03	0,26	3,91	0,78	3,13	0,16	2,08	0	1,3	0,08	1,04	0	0,78	3,84
7.	IBS IGD Lt.2	3,74	6,31	3,19	8,83	2,08	4,13	1,01	1,28	0,67	0,28	0	0,19	0	0	0	0	4,87
8.	IGD	5,16	13,5	1,83	11,01	1,27	6,58	0,23	5,74	0,01	2,35	0,01	1,09	0,01	0,19	0	0,19	13,07
9.	IGD Lt.2	5,37	2,59	1,03	4,31	0,41	3,27	0,62	0,41	0,12	0,06	0,12	0,06	0,06	0,06	0	0	9,7
10.	IGD Rongen	0	34,78	0	26,09	0	26,09	0	13,4	0	4,35	0	4,35	0	1,3	0	26,09	50,63
11.	Kemuning	10,12	8,19	3,31	6,52	1,83	3,74	0,59	2,02	0,36	0,83	0,24	0,36	0,12	0,71	0,24	0,48	23,53
12.	Laborat	2,4	6,07	0,83	9,14	0,35	5,56	0,04	5,59	0,04	0,04	0,04	0,35	0,03	0,31	0,03	0,13	12,37
13.	Lift Anggrek	8,51	10,11	2,13	17,55	1,06	7,45	1,06	6,91	0,53	2,67	0,16	3,19	0	1,59	0	1,06	48,43
14.	Lift IBS	0,59	23,53	0,59	17,65	0,59	13,73	0	9,8	0	13,73	0	9,8	0	7,84	0	3,92	48,1
15.	Lift IGD	3,23	25,81	3,23	25,81	3,23	25,81	3,23	19,35	1,94	16,13	1,94	16,13	1,94	9,68	1,94	6,45	63,7
16.	Mawar A	6,99	8,23	1,72	5,42	1,13	2,98	0,62	2,26	0,21	1,13	0,21	0,41	0,21	0,31	0,21	0,31	27,33
17.	Mawar B	9,67	8,38	4,13	6,68	1,57	3,98	0,28	1,42	0,17	1,13	0,08	0,85	0,08	0,28	0,08	0,28	18,1
18.	Medical Check Up	5,26	5,38	1,93	9,96	1,62	4,85	0,25	1,87	0,25	0,37	0,12	0,37	0,04	0,31	0,12	0,43	8,8

19.	Observasi IGD	3,93	3,8	2,01	7,49	1,87	4,14	0,19	1,44	0,06	0,63	0,06	0,32	0,04	0,13	0	0,06	6,47
20.	Patologi Anatomi	9,66	3,65	0,88	8,33	0,13	6,33	0	2,75	0	1,31	0	0	0	0,13	0	0,13	10,63
21.	Penerangan Lt.1	0,54	6,77	0,08	4,33	0,08	2,71	0	2,44	0	1,08	0	0,54	0	0,27	0	0,54	11,83
22.	Penerangan Lt.2	2,45	9,8	1,69	6,47	0,98	3,29	0,23	1,15	0	0,57	0	0	0	0	0	0	21,92
23.	Poli Lt.1	6,89	7,46	1,05	7	0,85	3,77	0,19	1,7	0,48	0,94	0,09	0,48	0	0,77	0	0,85	7,6
24.	Poli Lt.2	3,19	7,61	0,53	6,47	0,46	1,89	0,29	1,21	0,07	1,21	0,23	0,91	0,07	0,75	0,16	0,85	12,57
25.	Ponex	2,84	2,99	0,67	7,95	0,52	5,97	0,37	3,82	0,04	1,59	0,15	0,37	0,07	0,15	0,15	0,22	7,73
26.	Radiologi	9,43	4,38	1,77	11,74	0,61	3,36	0,55	0,55	0,12	0,55	0,12	0,55	0,12	0,3	0,12	0,18	15,23
27.	RIBS	5,82	2,8	0,81	4,73	0,44	3,4	0,52	1,22	0,29	0,15	0,22	0,15	0,07	0,15	0,15	0,15	23,17
28.	Seruni	1,91	11,91	0,29	7,21	0,29	3,68	0,29	3,68	0,44	3,38	0,29	1,62	0,15	0,88	0,15	0,74	35,23
29.	Seruni Dalam	8,97	30,34	1,28	9,4	1,28	5,98	0,43	4,7	0,43	3,42	2,14	2,14	0	1,28	0	0,85	30,73
30.	Source	1,41	2,38	0	1,81	0	1,01	0	0,7	0	0,3	0	0,2	0	0	0	0	3,6

4.2 Pemodelan *Single Line Diagram* Sistem Kelistrikan RSUD Jombang Menggunakan *Software ETAP Power Station*

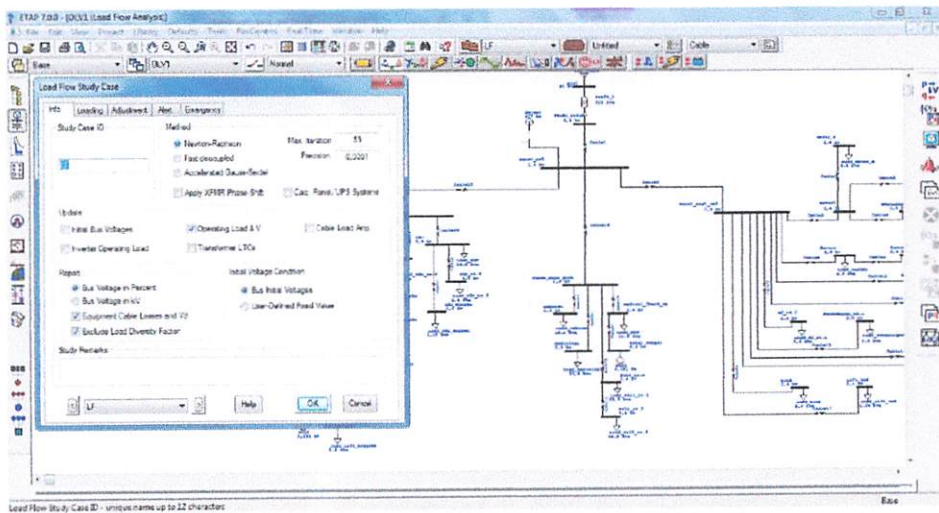
Membuat pemodelan *single line* diagram sistem kelistrikan RSUD Jombang menggunakan *software ETAP Power Station* merupakan langkah awal dalam melakukan analisa. Dimana dalam pemodelan ini akan dimasukkan semua data – data teknis yang meliputi kapasitas trafot, beban pada tiap – tiap panel distribusi, karakteristik harmonisa tiap beban pada panel.



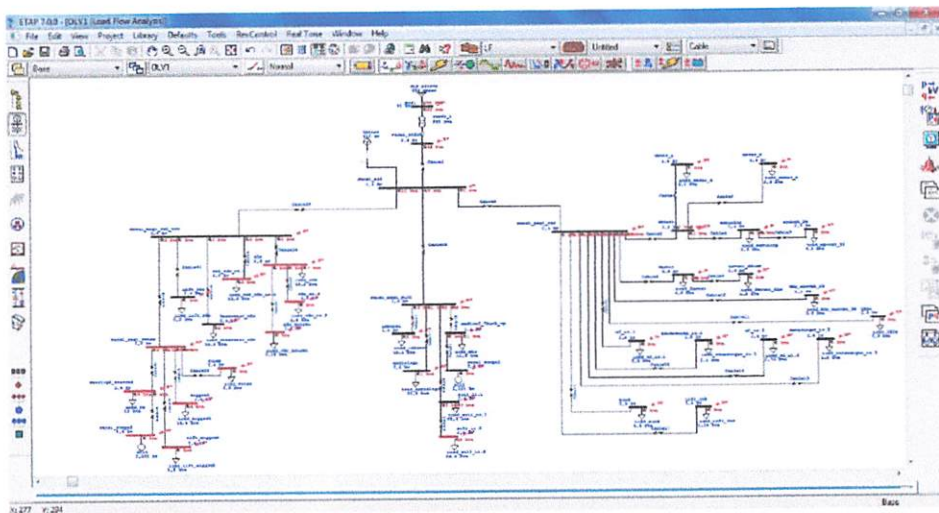
Gambar 4.2
Pemodelan *Single Line Diagram* Sistem Kelistrikan RSUD Jombang pada
Software ETAP Power Station

4.3 Simulasi *Load Flow* Menggunakan *Software ETAP Power Station*

Simulasi *load flow* ini bertujuan untuk mengetahui kondisi awal sistem, mengetahui nilai rating tegangan pada setiap bus, mengetahui daya yang mengalir disetiap saluran dan mendapatkan nilai daya aktif serta daya reaktif pada bus. Pada simulasi *load flow* ini menggunakan metode *Newton Raphson*.



(a)



(b)

Gambar 4.3 (a) dan (b)
Simulasi *Load Flow* Menggunakan Metode *Newton Raphson*
Menggunakan *Software ETAP*

Dilihat dari tampilan *Load Flow* terdapat beberapa bus sistem kelistrikan RSUD Jombang yang mengalami tegangan kritis atau berada diluar standart IEEE (0,95 pu – 1,05 pu) yaitu pada bus Poli Lt.2, IBS IGD Lt.2, IGD, IGD Lt.2, IGD Rongen, Panel Bagi Ponex, Ponex, Patologi Anatomi, Anggrek, Pompa 2, dan Lift Anggrek

Tabel 4.3
Hasil Simulai *Load Flow* Menggunakan *Software ETAP*

No.	Bus	Tegangan (pu)	Status
1	Bus 1	1,000	Normal
2	AC Lt.1	0,965	Normal
3	AC Lt.2	0,966	Normal
4	Anggrek	0,938	<i>Critical</i>
5	Apotek 38	0,962	Normal
6	CSSD	0,965	Normal
7	Gdg Apotek 38	0,964	Normal
8	IBS IGD Lt.2	0,939	<i>Critical</i>
9	IGD	0,941	<i>Critical</i>
10	IGD Lt.2	0,944	<i>Critical</i>
11	IGD Rongen	0,949	<i>Critical</i>
12	Kemuning	0,962	Normal
13	Laborat	0,961	Normal
14	Lift Anggrek	0,943	<i>Critical</i>
15	Lift IBS	0,966	Normal
16	Lift IGD	0,953	Normal
17	Mawar 1	0,964	Normal
18	Mawar A	0,963	Normal
19	Mawar B	0,964	Normal
20	Medical Check Up	0,961	Normal
21	Observasi IGD	0,951	Normal
22	Panel ATS	0,979	Normal
23	Panel Bagi IBS	0,966	Normal
24	Panel Bagi IBS IRD	0,953	Normal

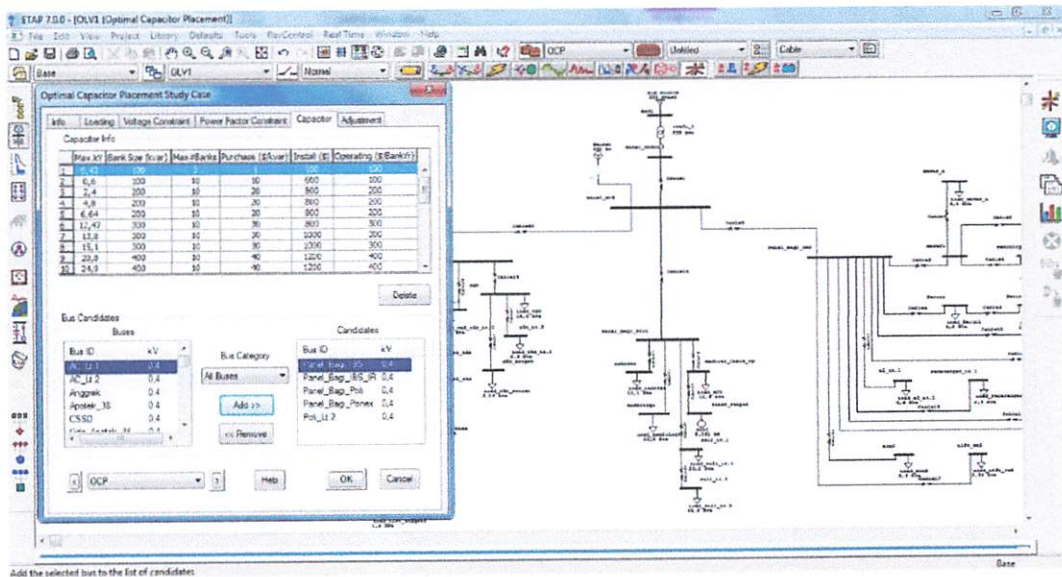
25	Panel Bagi Poli	0,966	Normal
26	Panel Bagi Ponex	0,944	<i>Critical</i>
27	Panel Induk	0,980	Normal
28	Pompa1	0,959	Normal
29	Pompa2	0,930	<i>Critical</i>
30	Patologi Anatomi	0,933	<i>Critical</i>
31	Penerangan Lt.1	0,966	Normal
32	Penerangan Lt.2	0,966	Normal
33	Poli Lt.1	0,963	Normal
34	Poli Lt.2	0,942	<i>Critical</i>
35	Ponex	0,943	<i>Critical</i>
36	Radiologi	0,962	Normal
37	RIBS	0,961	Normal
38	Seruni	0,965	Normal
39	Seruni Dalam	0,964	Normal

Dari hasil simulasi *load flow* terdapat beberapa bus yang nilai rating tegangannya dibawah standart IEEE ($0,95pu \leq V \leq 1,05 pu$) atau bisa disebut *undervoltage* yaitu pada bus Anggrek dengan rating tegangan 0,938 pu, bus IBS IGD Lt.2 dengan rating tegangan 0,939 pu, bus IGD dengan rating tegang 0,941 pu, bus IGD Lt.2 dengan rating tegangan 0,944 pu, bus IGD Rongen dengan rating tegangan 0,949 pu, bus Lift Anggrek dengan rating tegangan 0,943 pu, bus Panel Bagi Ponex dengan rating tegangan 0,944 pu, bus Pompa2 dengan rating tegangan 0,930 pu, bus Patologi Anatomi dengan rating tegangan 0,933 pu, bus Poli Lt.2 dengan rating tegangan 0,942 pu, bus Ponex dengan rating tegangan 0,943 pu.

Adanya beberapa bus yang mengalami *critical undervoltage* tersebut sehingga diperlukan kompensasi daya reaktif yang optimal guna memperbaiki rating tegangan disetiap bus. Dengan menggunakan *tool Optimal Capacitor Placement (OCP)* pada *software ETAP* dapat mengoptimalkan penempatan kapasitor agar tegangan setiap bus memasuki standart IEEE ($0,95 pu \leq V \leq 1,05 pu$).

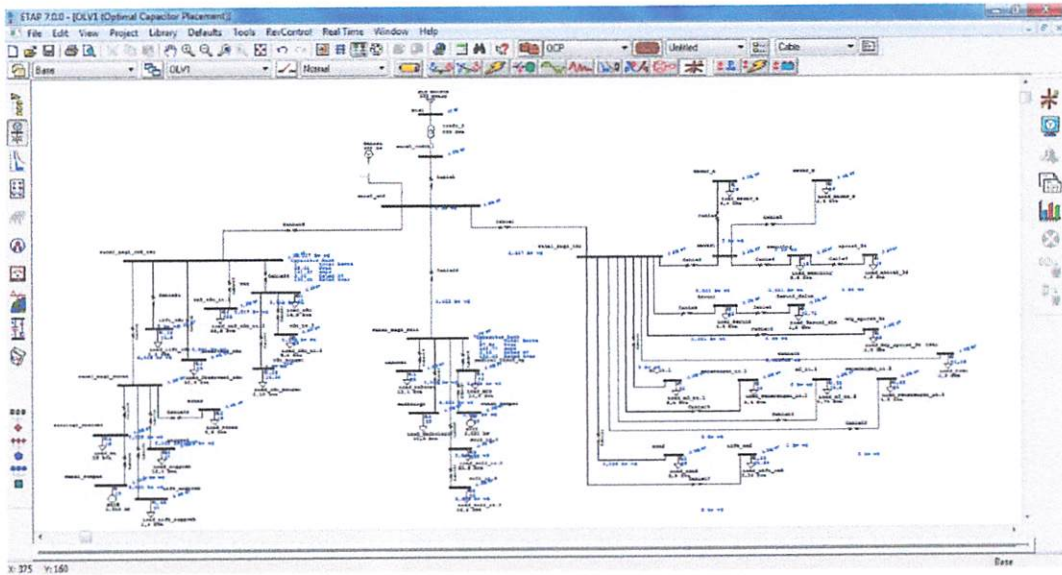
4.4 Penempatan Kapasitor Optimal Menggunakan *software ETAP*

Setelah menjalankan simulasi *Load Flow* akan diketahui bus mana saja yang mengalami *undervoltage*. Untuk itu diperlukan kompensasi daya reaktif untuk memperbaiki profil tegangan yang jatuh tersebut. Dengan menggunakan *tool Optimal Capacitor Placement (OCP)* pada *software ETAP* dapat dioptimalkan penempatan kapasitor dengan tepat untuk memperbaiki rating tegangan tersebut.



Gambar 4.4
Tampilan *software ETAP* untuk studi kasus OCP

Setelah mengetahui bus kandidat mana saja yang akan diperbaiki profil tegangannya, *software ETAP* akan memberi solusi penempatan kapasitor dan menentukan besaran kapasitor.



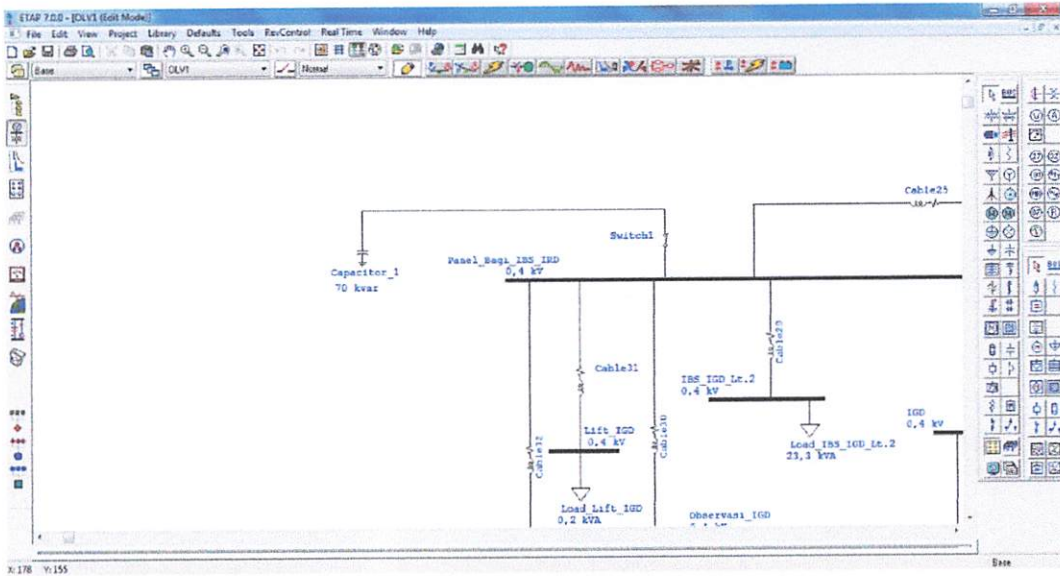
Gambar 4.5
Tampilan Hasil *Optimal Capacitor Placement*

Setelah dilakukan optimasi ditemukan bahwa letak kapasitor berada pada bus Panel Bagi IBS IRD dan pada bus Panel Bagi Poli dengan kapasitas kapasitor berturut-turut adalah 70 kvar dan 20 kvar, dengan masing-masing 1 buah kapasitor pada setiap bus tersebut.

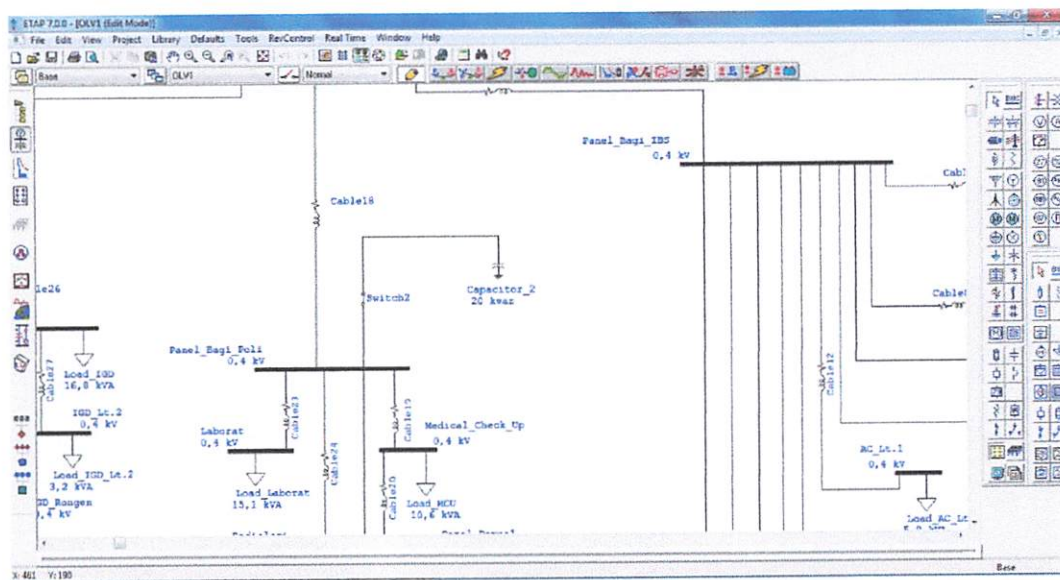
Tabel 4.4
Hasil *Optimal Capacitor Placement* pada Sistem Kelistrikan RSUD Jombang

No.	Lokasi Kapasitor	Jumlah Kapasitor	Nilai Daya Reaktif (kvar)
1.	Bus Panel Bagi IBS IRD	1	70
2.	Bus Panel Bagi Poli	1	20

Setelah diketahui posisi dan ukuran kapasitor yang paling optimal, inputkan kembali posisi dan ukuran kapasitor kedalam *single line* diagram pada *software ETAP*, kemudian jalankan simulasi *Load Flow* lagi untuk mengetahui profil tegangan setelah optimasi pemasangan kapasitor.

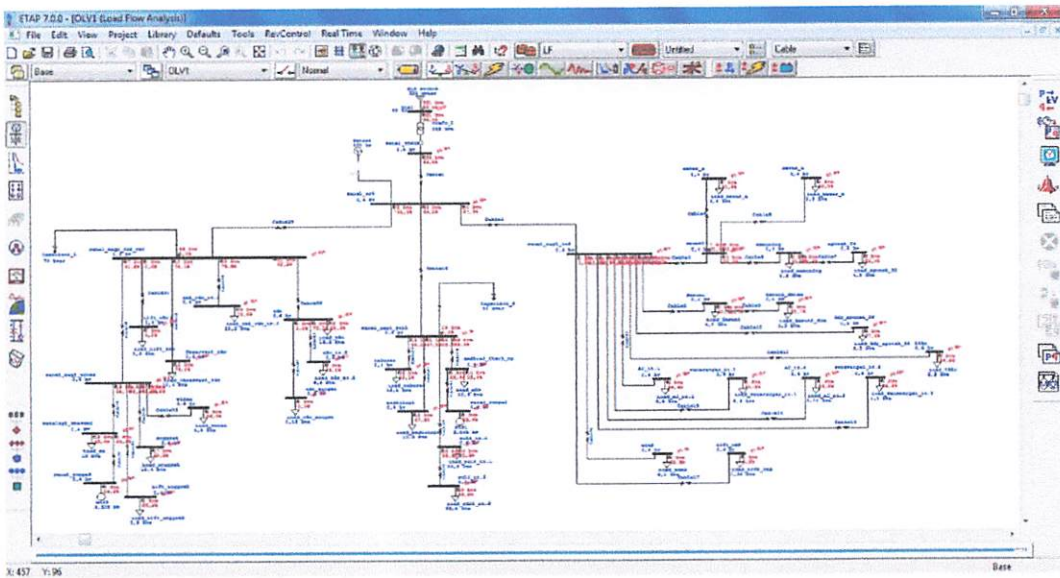


(a)



(b)

Gambar 4.6 (a) dan (b)
Tampilan Pemasangan Kapasitor setelah di Optimasi



Gambar 4.7
Tampilan Hasil simulasi *Load Flow* setelah pemasangan Kapasitor

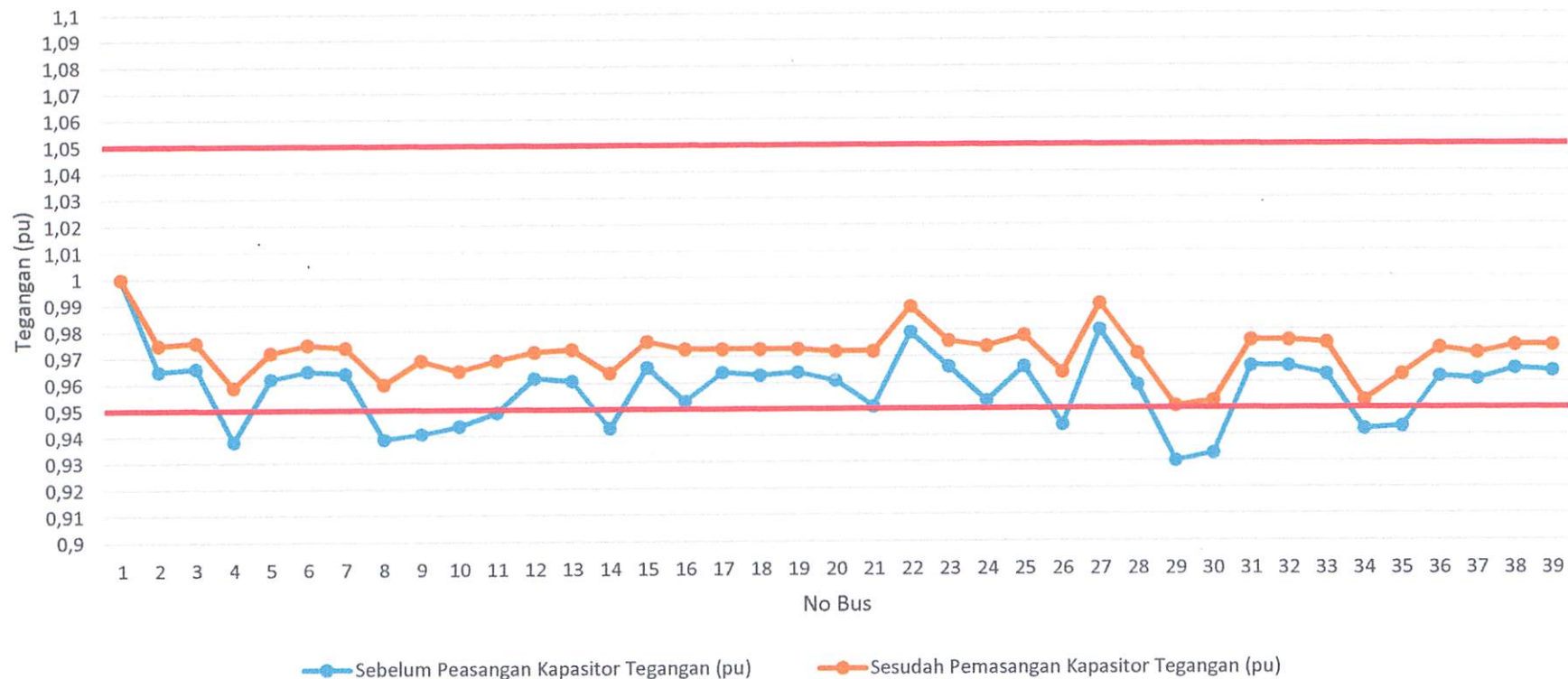
Hasil simulasi *Load Flow* setelah pemasangan kapasitor dapat diketahui bahwa profil tegangan pada bus yang sebelumnya mengalami *undervoltage* dapat kembali normal karena adanya kompensasi daya reaktif dari kapasitor bank.

4.5 Perbandingan Hasil Sebelum dengan Sesudah Penempatan Kapasitor Optimal

Dari semua hasil perhitungan diatas maka bisa dibuat grafik perbandingan yang sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Berikut ini adalah grafik perbandingan profil tegangan :

Grafik 4.1
Perbandingan Profil Tegangan Pada Setiap Bus

Perbandingan Profil Tegangan Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor



Pada grafik 4.1 dapat diketahui setelah dilakukan simulasi *Optimal Capacitor Placement* dapat dilihat profil tegangan pada setiap bus mengalami peningkatan, dan bus yang sebelumnya *critical* mengalami peningkatan profil tegangan sesuai dengan nilai standart IEEE ($0,95 \text{ pu} \leq V \leq 1,05 \text{ pu}$). Adapun peningkatan profil tegangannya yang sebelumnya *critical* menjadi normal adalah pada bus Anggrek dari 0,938 pu menjadi 0,959 pu, bus IBS IDG Lt.2 dari 0,939 pu menjadi 0,96 pu, bus IGD dari 0,941 pu menjadi 0,969 pu, bus IGD Lt.2 dari 0,944 pu menjadi 0,965 pu, bus IGD Rongen dari 0,949 pu menjadi 0,969 pu, bus Lift Anggrek dari 0,943 pu menjadi 0,964 pu, bus Panel Bagi Ponex dari 0,944 pu menjadi 0,964 pu, bus Pompa2 dari 0,930 pu menjadi 0,951 pu, bus Patologi Anatomi dari 0,933 pu menjadi 0,953 pu, bus Poli Lt.2 dari 0,942 pu menjadi 0,953 pu, bus Ponex dari 0,943 pu menjadi 0,963 pu.

Tabel 4.5

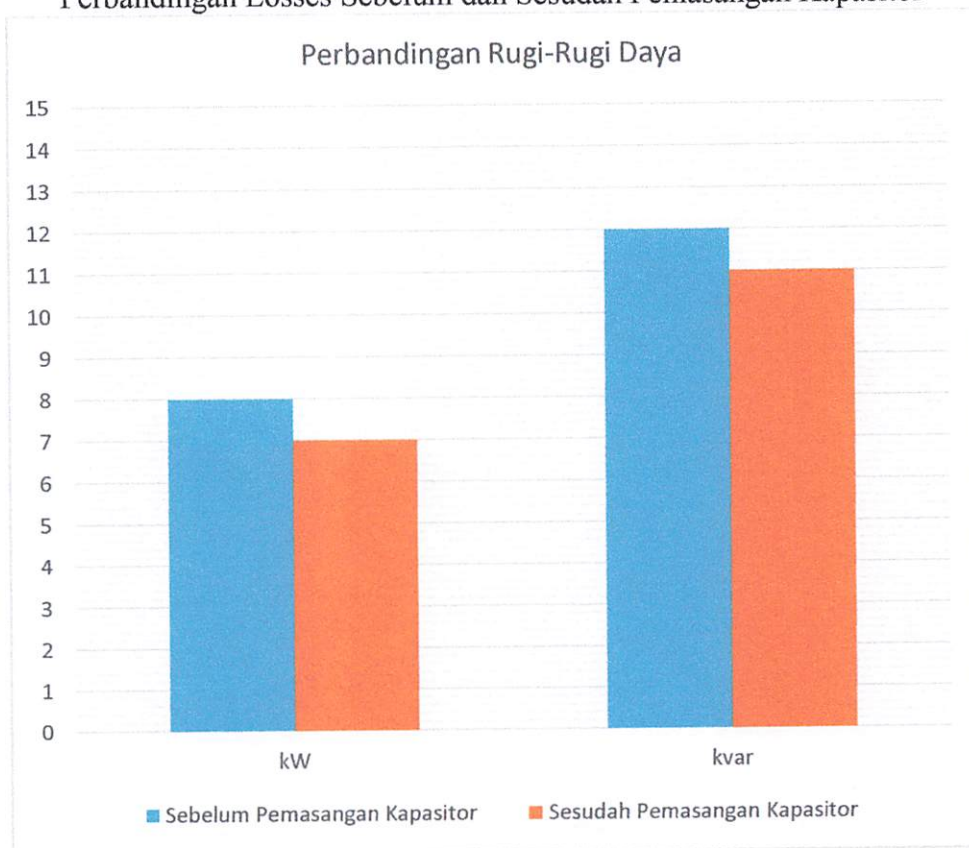
Ringkasan untuk Total Pembangkitan, Beban dan Kebutuhan Beban Sebelum Pemasangan Kapasitor

	MW	Mvar	MVA	% PF
Source (Swing Busses)	0,224	0,110	0,250	89,76 Lagging
Source (Non-Swing Busses)	0	0	0	
Total Demand	0,224	0,110	0,250	89,76 Lagging
Total Motor Load	0,006	0,004	0,007	84,14 Lagging
Total Static Load	0,211	0,094	0,231	91,28 Lagging
Total Constant I Load	0	0	0	
Total Generic Load	0	0	0	
Apparent Losses	0,008	0,012		

Tabel 4.6
Ringkasan untuk Total Pembangkitan, Beban dan Kebutuhan Beban Sesudah
Pemasangan Kapasitor

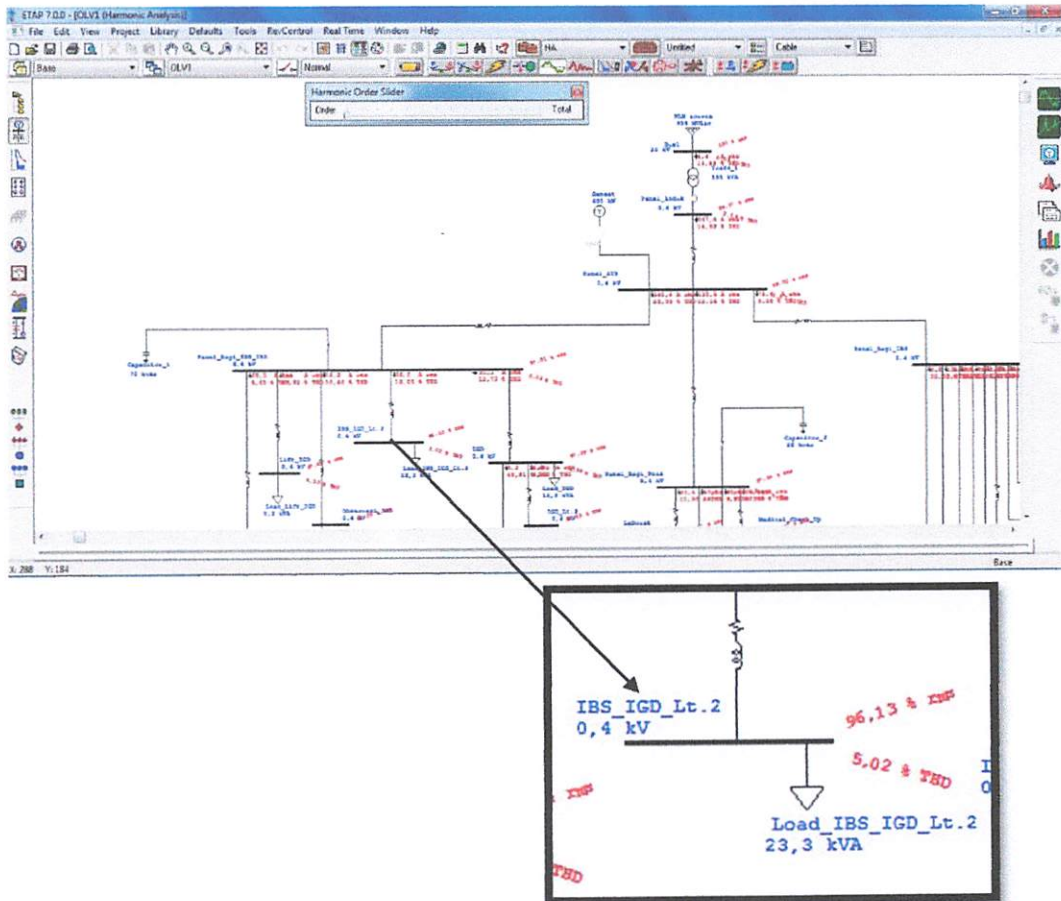
	MW	Mvar	MVA	% PF
Source (Swing Busses)	0,230	0,026	0,231	99,36 Lagging
Source (Non-Swing Busses)	0	0	0	
Total Demand	0,230	0,026	0,231	99,36 Lagging
Total Motor Load	0,006	0,004	0,007	84,13 Lagging
Total Static Load	0,217	0,012	0,217	99,86 Lagging
Total Constant I Load	0	0	0	
Total Generic Load	0	0	0	
Apparent Losses	0,007	0,011		

Grafik 4.2
Perbandingan Losses Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor



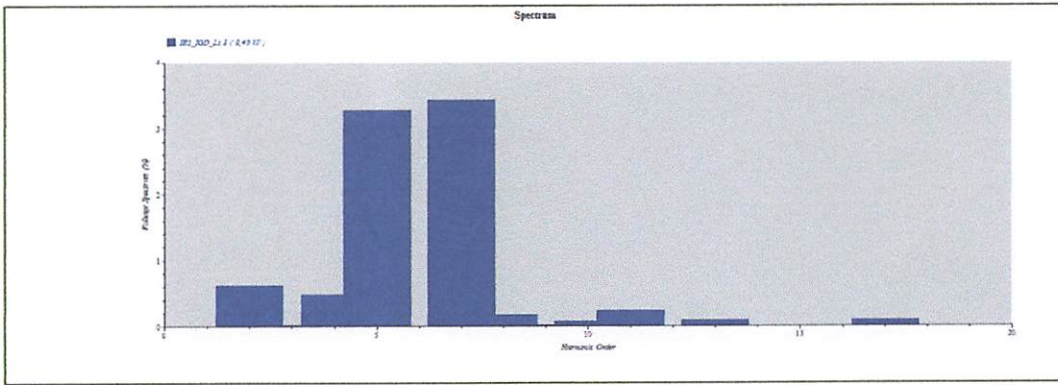
4.6 Simulasi *Harmonics Analysis* Menggunakan *ETAP Power Station*

Pada simulasi *Harmonics Analysis* ini bertujuan untuk mengetahui distorsi harmonisa pada sistem, mengetahui di bus mana yang mengalami THD_v tertinggi.

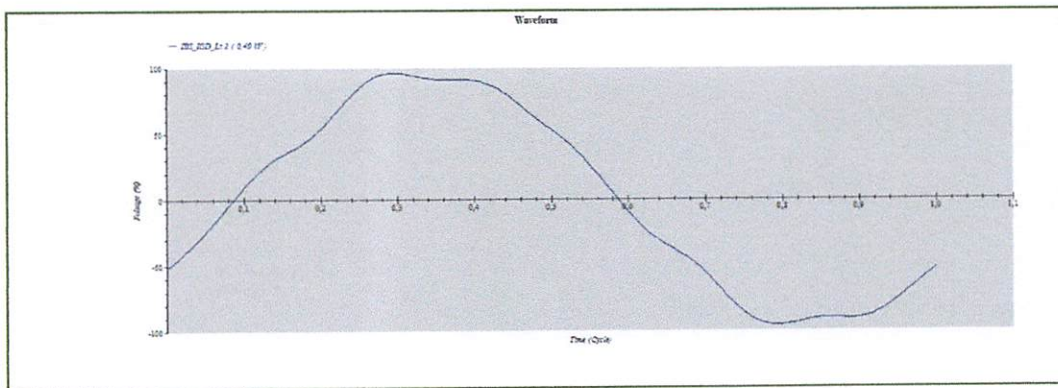


Gambar 4.8
Tampilan Hasil Simulasi *Harmonics Analysis*

Dari hasil simulasi pada Gambar 4.8 dapat diketahui bahwa pada bus IBS IGD Lt.2 mengalami distorsi harmonisa tegangan sebesar 5,02% THD. Nilai THD tersebut diluar dari standart IEEE yaitu untuk THD_v maksimal hanya sebesar 5%. Oleh karena itu diperlukan pemasangan filter agar dapat mereduksi harmonisa pada bus tersebut.



Gambar 4.9
Tampilan *Spectrum* Harmonisa pada Bu IBS IGD Lt.2



Gambar 4.10
Tampilan Gelombang *Sinusoidal* pada Bus IBS IGD Lt.2

Dari Gambar 4.10 dapat dilihat bahwa bahwa orde harmonisa yang ke-5 lah yang paling dominan. Oleh sebab itu akan dipasangkan filter pasif untuk mereduksi orde harmonisa yang paling dominan tersebut.

Tabel 4.7
 Hasil simulasi *Harmonics Analysis* Menggunakan *software ETAP power Station*
 Sebelum pemasangan Filter

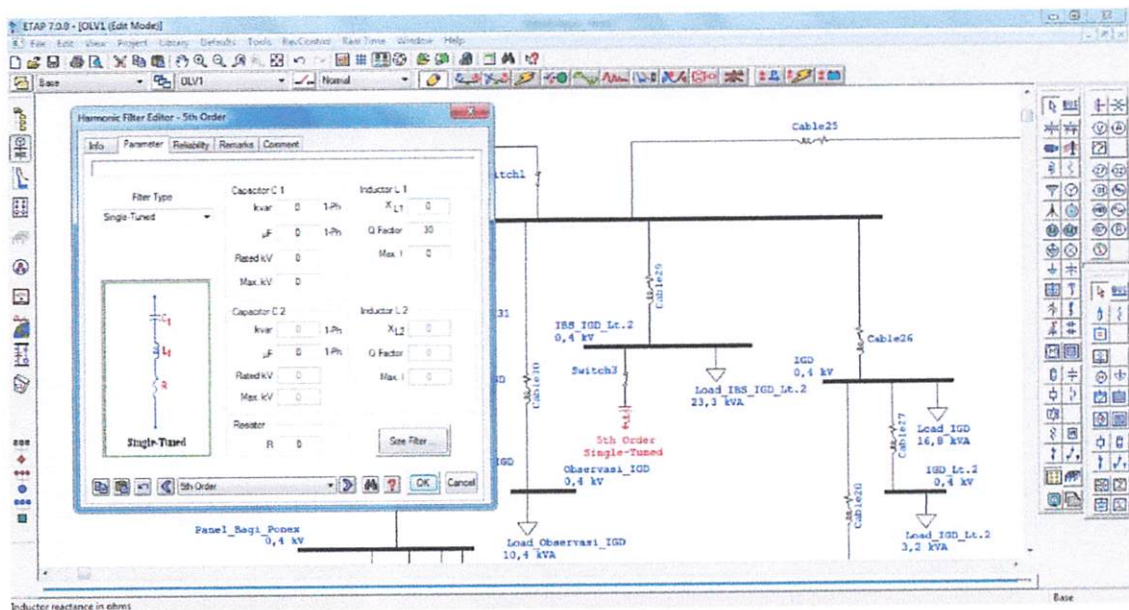
No.	BUS	THD _v	Status
1	AC Lt.1	2,52	Normal
2	AC Lt.2	2,52	Normal
3	Anggrek	4,83	Normal
4	Apotek 38	2,63	Normal
5	CSSD	2,54	Normal
6	Gdg Apotek 38	2,56	Normal
7	IBS IGD Lt.2	5,02	<i>Critical</i>
8	IGD	4,58	Normal
9	IGD Lt.2	4,66	Normal
10	IGD Rongen	4,58	Normal
11	Kemuning	2,61	Normal
12	Laborat	2,83	Normal
13	Lift Anggrek	4,67	Normal
14	Lift IBS	2,51	Normal
15	Lift IGD	4,53	Normal
16	Mawar 1	2,58	Normal
17	Mawar A	2,59	Normal
18	Mawar B	2,58	Normal
19	Medical Check Up	2,76	Normal
20	Observasi IGD	4,6	Normal
21	Panel ATS	2,27	Normal
22	Panel Bagi IBS	2,52	Normal
23	Panel Bagi IBS IRD	4,53	Normal
24	Panel Bagi Poli	2,67	Normal
25	Panel Bagi Ponex	4,69	Normal
26	Panel Induk	2,24	Normal
27	Pompa1	2,76	Normal
28	Pompa2	4,76	Normal
28	Patologi Anatomi	4,77	Normal
30	Penerangan Lt.1	2,51	Normal
31	Penerangan Lt.2	2,51	Normal
32	Poli Lt.1	2,72	Normal
33	Poli Lt.2	3,1	Normal
34	Ponex	4,73	Normal

35	Radiologi	2,75	Normal
36	RIBS	2,65	Normal
37	Seruni	2,56	Normal
38	Seruni Dalam	2,56	Normal

Dari hasil simulasi *Harmonics Analysis* diatas dapat diketahui ada salah satu bus mempunya nilai THD_v sebesar 5,02%, yaitu nilai yang melebihi batas maksimum dari standart IEEE yang sebesar 5%. Dari simulasi tersebut juga dapat diketahui orde harmonisa yang paling dominan, sehingga dapat langsung dipasang filter untuk mereduksi nilai THD_v pada bus 7 yaitu bus IBS IGD Lt.2 agar kembali berada dibawah standart IEEE yaitu nilai THD_v sebesar 5%.

4.7 Pemasangan Filter Pasif Menggunakan software ETAP Power Station

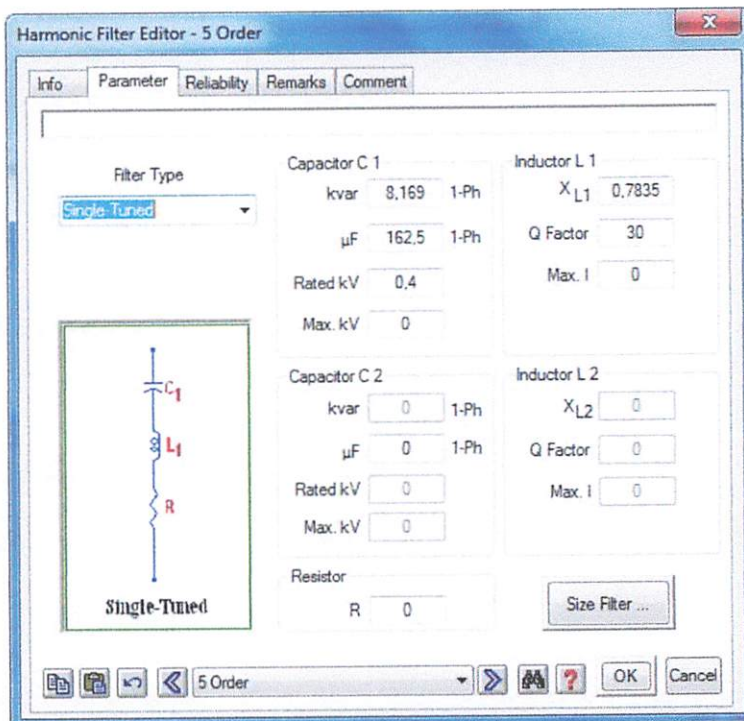
Dari hasil simulasi *harmonics analysis* dapat ditentukan penempatan filter berada pada bus IBS IDG Lt.2. Filter pasif yang akan digunakan adalah *single tuned filter* yang akan difokuskan untuk mereduksi orde harmonisa yang paling dominan, yaitu pada orde harmonisa ke-5.



Gambar 4.11
Tampilan Filter Editor

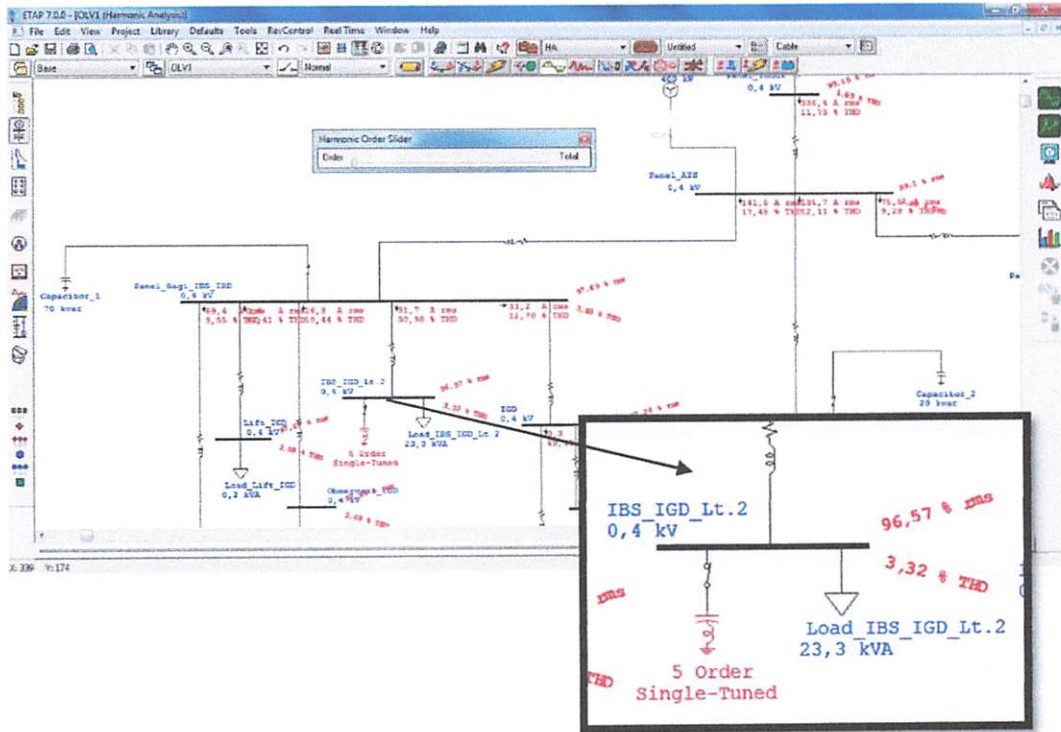
Pada Gambar 4.11 dapat dilihat bahwa filter yang digunakan adalah *single tuned filter*. Seperti yang dijelaskan pada bab 3, karakteristik penyetelan filter digambarkan oleh faktor kualitas (Q). Kualitas dari sebuah filter adalah ukuran ketajaman penyetelan filter dalam mereduksi harmonisa. Hasil pengukuran dan simulasi rata-rata memperlihatkan harmonik yang besar terjadi pada frekuensi rendah, yaitu harmonik ke-5 dan ke-7. Sehingga diharapkan nilai Q setinggi mungkin. Nilai Q yang tinggi didapatkan dengan memberikan nilai R yang kecil. Pada desain filter yang dilakukan, nilai R hanya merupakan nilai resistansi dari reaktor sehingga dalam perancangannya tidak perlu menambahkan resistor pada filter. Dalam desain yang telah dilakukan, nilai Q yang digunakan adalah 30.

Setelah mengisi Q faktor, selanjutnya masuk ke menu *size filter*. Disana kita akan memasukkan mula-mula dari Orde ke berapa yang mau kita reduksi harmonisnya, kemudian berapa besar arus pada orde tersebut. Selanjutnya masukkan power fator beban yang tersambung pada bus IBS IGD Lt.2, setelah itu tekan size dan substitute ETAP akan menghitungnya secara otomatis.



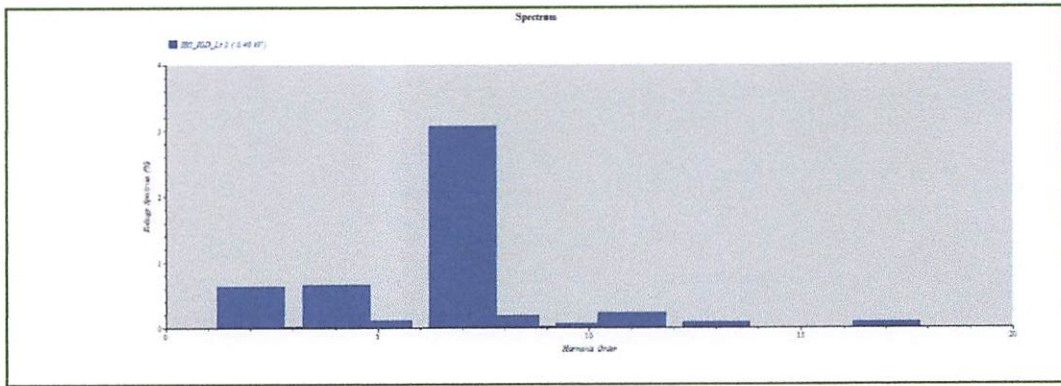
Gambar 4.12
Tampilan Filter Editor setelah *sizing*

Kemudian jalankan lagi simulasi *harmonics analysis* untuk mengetahui kinerja filter untuk mereduksi harmonisa yang untuk kali ini dikhususkan untuk mereduksi harmonisa pada orde ke-5



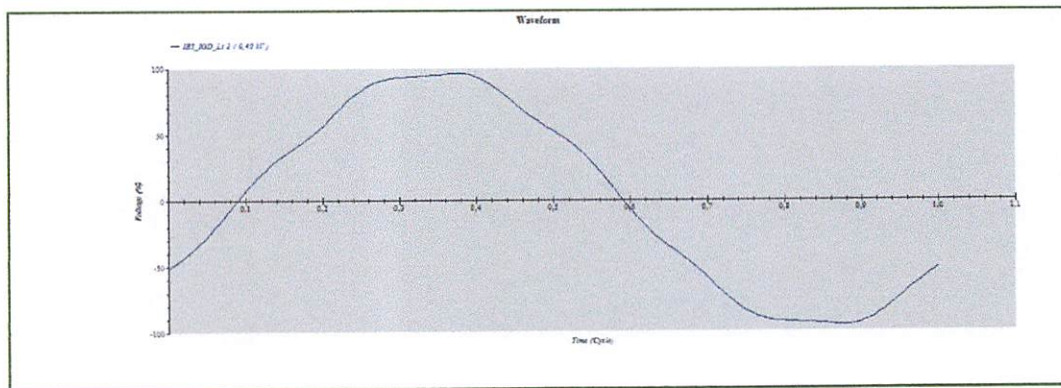
Gambar 4.13
Tampilan Setelah Pemasangan Filter

Dari hasil simulasi pada Gambar 4.13 terlihat bahwa THD_V pada bus IBS IGD Lt.2 mengalami penurunan walaupun tidak sampai 0. Yang sebelum pemasangan filter nilai THD_V pada bus IBS IGD Lt.2 sebesar 5,02% sekarang turun menjadi 3,32%. Setelah di amati secara keseluruhan, hampir pada setiap bus THD_V mengalami penurunan walaupun hanya dipasang satu filter saja.



Gambar 4.14

Tampilan *Spectrum* Harmonisa pada Bus IBS IGD Lt.2 setelah pemasangan Filter



Gambar 4.15

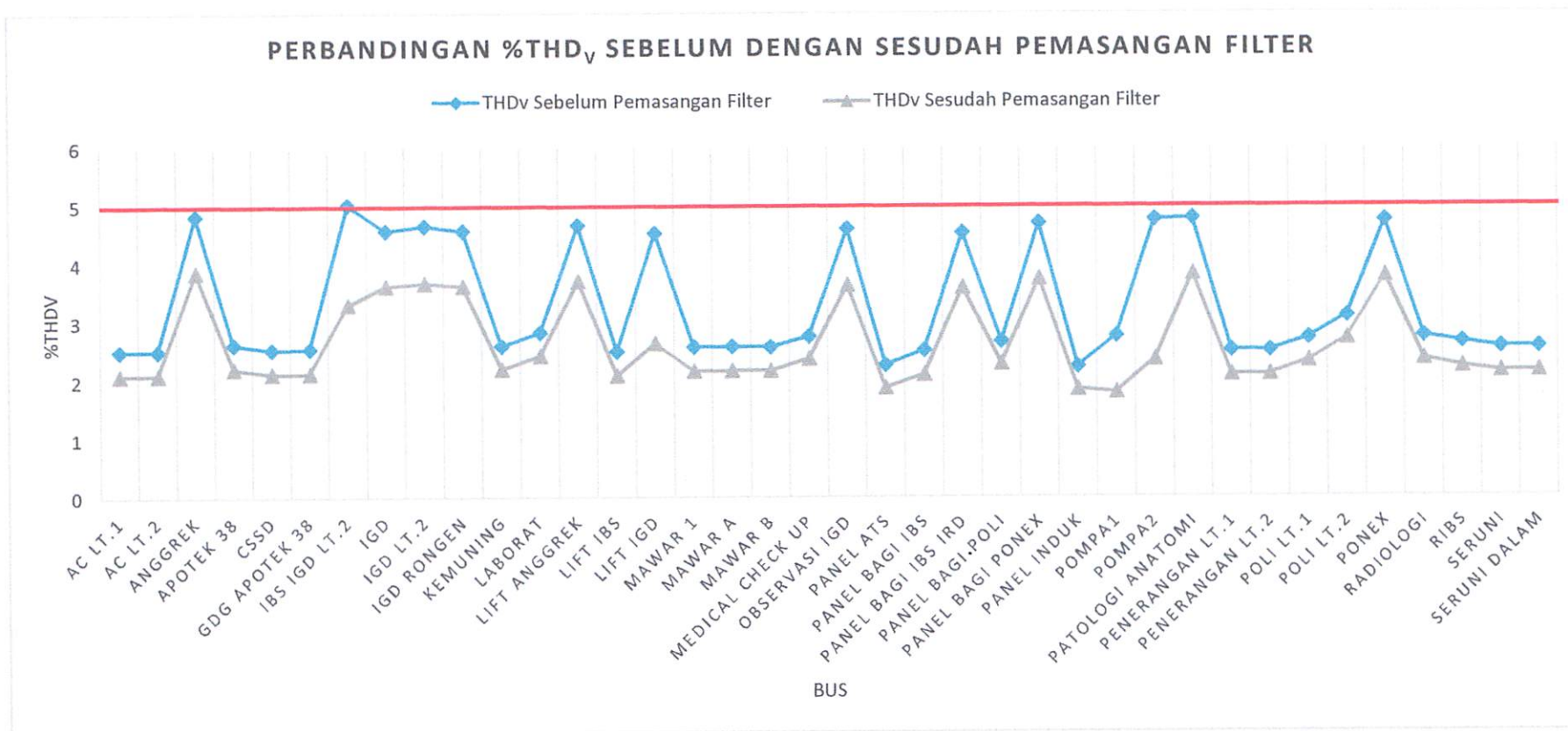
Tampilan Gelombang *sinusoidal* pada Bus IBS IGD Lt.2 setelah pemasangan Filter

Dapat dilihat dari Gambar 4.15 Gelombang sinusoidalnya lebih halus setelah pemangan filter dibandingkan dengan sebelum pemasangan filter.

4.8 Perbandingan Hasil Sebelum dengan Sesudah pemasangan Filter

Dari semua hasil perhitungan diatas maka bisa dibuat grafik perbandingan yang sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Berikut ini adalah grafik perbandingan THD_v :

Grafik 4.3
Perbandingan Hasil Simulasi %THD_v Sebelum dengan Sesudah Pemasangan Filter



Pada grafik 4.3 menunjukkan bahwa nilai %THD_v khususnya pada bus-bus yang mengalami *critical* menjadi normal yaitu dalam standart IEEE (%THD_v < 5%). Penurunan distorsi harmonisa tegangan terjadi pula pada beberapa bus atau bahkan hampir semuan bus yang tidak mengalami *critical* walaupun penurunannya tidak sampai 0%.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Setelah dilakukan optimasi penempatan kapasitor diketahui letak kapasitor berada pada bus Panel Bagi IBS IRD dan Panel Bagi Poli dengan ukuran kapasitor berturut-turut sebagai berikut 70 kvar dan 20 kvar dengan total 90 kvar.
2. Dengan mengoptimalkan letak dan ukuran kapasitor pada sistem kelistrikan RSUD Jombang, maka beberapa bus yang kritis dapat diperbaiki profil tegangannya yaitu pada Bus (Anggrek) naik 2,24%, Bus 8 (IBS IGD Lt.2) naik 2,24%, Bus 9 (IGD) naik 2,98%, Bus 10 (IGD Lt.2) naik 2,22%, Bus 11 (IGD Rongen) naik 2,11%, Bus 14 (Lift Anggrek) naik 2,23%, Bus 26 (Panel Bagi Ponex) naik 2,12%, Bus 29 (Pompa 2) naik 2,26%, Bus 30 (Patologi Anatomi) naik 2,14%, Bus 34 (Poli Lt.2) naik 1,17%, dan Bus 35 (Ponex) naik 2,12% dari nilai profil tegangan sebelum terpasang kapasitor bank.
3. Dengan menjalankan simulasi *Harmonics Analysis* dapat diketahui pada Bus IBS IGD Lt.2 bahwa nilai %THD_v sebesar 5,02%. Dan setelah pemasangan filter pasif yaitu *single tuned filter*, %THD_v pada bus tersebut dapat tereduksi sampai 3,32% yang sudah berada dibawah standart IEEE yaitu %THD_v < 5%.

5.2 Saran

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

1. Dalam simulasi optimal penempatan kapasitor dapat ditambahkan fungsi biaya agar bisa melihat nilai yang optimal dan ekonomis.
2. Untuk pengembangan selanjutnya dapat digunakan filter aktif agar semua orde harmonisa pada sistem bisa dapat tereduksi secara sempurna.

3. Untuk proses simulasi dapat digunakan aplikasi power system lain yang mendukung agar bisa membandingkan hasil simulasi pada skripsi ini yang menggunakan *software ETAP Power Station* dengan aplikasi power system yang lainnya

DAFTAR PUSTAKA

- Adrianto, 2008, "*Optimalisasi Penempatan Filter Pasif Untuk Mereduksi Rugi-Rugi Daya Akibat Arus Harmonik Pada Industri Baja*". Depok : Univeristas Indonesia
- C. Dugan Roger, F. McGranaghan, Santoso Surya. Beaty H. Wayne, "*Electrical Power System Quality Second Edition*", McGraw-Hill Companies, 2004.
- D. William, and Jr. Stevenson, 1990, "*Analisa Sistem Tenaga Listrik*" Jakarta, Erlangga.
- Hadi Saadat, 2004, "*Power System Analysis*", Singapore, Mc.Graw Hill.
- Hastanto, Ari. 2012, "*Optimasi Penempatan SVC Untuk Memperbaiki Profil Tegangan Pada Sistem 500 kV JAMALI Menggunakan Metode Particle Swam Optimization (PSO)*". Semarang : Universitas Diponegoro.
- Krisida R.U, Suprijanto Adi, and Suryoatmojo Heri, 2009, "*optimisasi pengaturan daya reaktif dan tegangan pada sistem interkoneksi jawa-bali500 kv menggunakan quantum behaved particle swarm optimization*"Surabaya, ITS Press.
- M. Aredes, L.F.C. Monteiro, and J.M. Miguel, "*Control Strategies for Series and Shunt Active Filters*", IEEE Bologna Power Tech Conference, 23-26 Juni 2003, Bologna-Italy.
- Nagrath. I.J, and Kothari. D.P, 1980, "*Modern Power System Analysis* ", New Delhi, tata Mcgraw-Hill Publishing company limited.
- P. Aruna Jeyanthi, D. Devaraj, "*Multi Objective Genetic Algorithm For Reactive Power Optimization Including Voltage Stability*", *International Journal of Engineering Science and Technology Vol. 2 (7)*, 2010, 27152729
- Rifky Cahyadi, "*Upaya Penghematan Energi Listrik Dengan Cara Mereduksi Distorsi Harmonik Menggunakan Single Tuned Notch Filter*". Skripsi, Program Sarjana Fakultas Teknik UI, Depok 2003, hal. 28-36
- S. jain, S.S. Thakur and S.P. Phulambrikar, "*Improve Power Quality and Reduce The Harmonics Distorsion of Sensitive Load*", *International Journal Of Engineering Research and Application (IJEKA)*, Vol.2, Issue.6, November-Desember 2012, pp. 806-815, ISSN : 2248-9622
- Suweden, I Nengah dan Rinas, I Wayan, 2009, "*ANALISA PENANGGULANGAN THD DENGAN FILTER PASIF PADA SISTEM KELISTRIKAN DI RSUP SANGLAH*". Bali : Universitas Udayana
- Wiley John & Sons, LTD, 2004, "*Modelling and Simulation in Power Networks*", Chichester, Brithish Library Cataloguing in Publication Data.



LAMPIRAN

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Sandya Febrianto
NIM : 1012004
Program Studi : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : 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 memuat 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, Agustus 2014

Yang membuat Pernyataan,



Sandya Febrianto
NIM. 1012004



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

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

ERSERO) MALANG
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

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

1. Nama : SANDYA FEBRIANTO
2. NIM : 1012004
3. Program Studi : TEKNIK ELEKTRO S-1
4. Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK
5. Judul : **ANALISIS KOMPENSASI DAYA REAKTIF UNTUK
MEMPERBAIKI PROFIL TEGANGAN DAN
PEMASANGAN SINGLE TUNED FILTER UNTUK
MEREDUKSI HARMONISA DI RSUD JOMBANG**

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :
Hari : Selasa
Tanggal : 12 Agustus 2014
Dengan Nilai : 82 (A)

Panitia Ujian Skripsi

Ketua Majelis Penguji

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

Sekretaris Majelis Penguji

Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST, MT
NIP. Y. 1030800417

Anggota Penguji

Penguji I

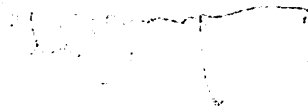
Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE
NIP. Y. 1018500108

Penguji II

Ir. M. Abdul Hamid, MT
NIP. Y. 1018800188

№ 17. 1018200108
ՀԱՅԿԱՍՏԱՆԻ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ԻՆՋԻՆԵՐԻՆԳԵՐԻ ԳՐԱԴԱՐԱՆ

№ 17. 1018200108
ՀԱՅԿԱՍՏԱՆԻ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ԻՆՋԻՆԵՐԻՆԳԵՐԻ ԳՐԱԴԱՐԱՆ



Քարտի 1



Քարտի 2

Չափերի քարտ

№ 17. 1020100228
ՀԱՅԿԱՍՏԱՆԻ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ԻՆՋԻՆԵՐԻՆԳԵՐԻ ԳՐԱԴԱՐԱՆ

№ 17. 1020200212
ՀԱՅԿԱՍՏԱՆԻ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ԻՆՋԻՆԵՐԻՆԳԵՐԻ ԳՐԱԴԱՐԱՆ

Քարտի 3

Քարտի 4

Չափերի քարտ

Քարտի թիվ : 83 (V)

Քարտի : 13 հունիս 2014

Դրո : Չերա

Ընթացող գործընթացի միջոցով չափերի քարտը չափանք չունի (2-1) կարգ :

ՄԵԵԲԵՐԱԿՑԻ ԻՆՋԵՆԵՐԻՆԳԻ ԴԻ ԲՆՏՈՒ ԿՕՄԻՏԵ
ԲԵՆԱՏՅԱԿՄԱՆ ՏԻՋՈՒԷ ԼՈՒՆԵՆ ԲԱՆԿԻ ԸՆԴՈՒՄ
ՄԵՄԲԵՐԱԿՑԻ ԲՐՈՒՄ ԼԵՏՅԱԿՄԱ ԴԱՆ

- 2. Կարգ : ԿԱՄԻՏԵ ԿՕՄԻՏԵՆ ԴԻ ԴՆԱՆ ԿԵՆՏՐԵ ԸՆԴՈՒՄ
- 1. Կարգ : ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ԻՆՋԻՆԵՐԻՆԳԵՐԻ ԳՐԱԴԱՐԱՆ
- 2. Բրոնի թիվ : ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ԻՆՋԻՆԵՐԻՆԳԵՐԻ ԳՐԱԴԱՐԱՆ
- 3. ՊՈՒՄ : 1013004
- 1. Կարգ : ԿԱՄԻՏԵ ԿՕՄԻՏԵՆ ԴԻ ԴՆԱՆ ԿԵՆՏՐԵ ԸՆԴՈՒՄ

ԲԱՆԿԻ ԸՆԴՈՒՄ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ԻՆՋԻՆԵՐԻՆԳԵՐԻ ԳՐԱԴԱՐԱՆ
ԲԵՐԵՆԱՅՈՒՄԱՆ ԸՆԴՈՒՄ ԿԱՐԳԻ



PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian skripsi Program studi Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1) yang diselenggarakan pada :

Hari : Selasa
Tanggal : 12 Agustus 2014

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

Nama : Sandya Febrianto
NIM : 1012004
Perogram Studi : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Skripsi : **Analisis Kompensasi Daya Reaktif Untuk Memperbaiki Profil Tegangan dan Pemasangan *Single Tuned Filter* Untuk Mereduksi Harmonisa di RSUD Jombang**

No	Materi Perbaikan	Keterangan
1.	Buat Tabel <i>Summary</i> Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor	

Dosen Penguji I

Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE
NIP.Y.1018500108

Dosen Pembimbing I

Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT
NIP. 196105031992021001

Dosen Pembimbing II

Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP. Y. 1038900209



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Janjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika / T. Infokom, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

NAMA :
NIM :
Perbaikan meliputi :

Sandy Febrento

*And Tabel Summary
sebelum dan setelah penulisan
kapan*

Malang,

(_____)

MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI

SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2013-2014

Nama Mahasiswa
M
Nama Pembimbing
tul Skripsi

: SANDYA FEBRIANTO
: 1012004
: Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT
: ANALISIS KOMPENSASI DAYA REAKTIF UNTUK
MEMPERBAIKI PROFIL TEGANGAN DAN
PEMASANGAN FILTER AKTIF UNTUK
MEREDUKSI HARMONISA DI RSUD JOMBANG

minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
1	Senin, 8 April 2014		Penelitian awal, lokasi dan tujuan skripsi	
2	Jumat, 25 April 2014	10.00-12.00	Kejurusan, rumusan masalah tujuan skripsi	df/
3	28 April - 12 Mei 2014		Survei lokasi di RSUD JOMBANG	
4	3 Juli 2014		- Bab. II Survei lapangan - Bab. III metode uji, flow chart - Bab. IV hasil & Analisis hasil, dan	df/
5	14 Juli 2014		- Over tahanan hls - Bab. IV. hasil & target hls - Bab. V. hasil daya & hls	df/
6	Rabu, 16 Juli 2014		Validasi rumus di lapangan Ace Summary	df/
7	Jumat, 18 Juli 2014		Revisi instalasi & wiring	df/

2/24/14

2/28/14

2/26/14

2/19/14

MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2013-2014

Nama Mahasiswa : SANDYA FEBRIANTO
NIM : 1012004
Nama Pembimbing : Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT
Judul Skripsi : ANALISIS KOMPENSASI DAYA REAKTIF UNTUK
MEMPERBAIKI PROFIL TEGANGAN DAN
PEMASANGAN FILTER AKTIF UNTUK
MEREDUKSI HARMONISA DI RSUD JOMBANG

Waktu Bimbingan	Hari, Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf
	05-08-2014	Revisi bab tulis dan skripsi see di ujikan	<i>[Signature]</i>

Malang, Agustus 2014
Dosen Pembimbing I,

Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT
NIP. 196105031992021001

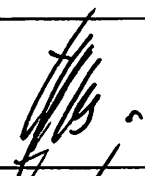
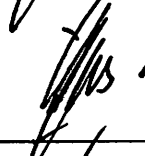
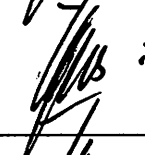
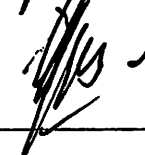
MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2013-2014

Nama Mahasiswa M Nama Pembimbing Judul Skripsi	: SANDYA FEBRIANTO : 1012004 : Ir. Teguh Herbasuki, MT : ANALISIS KOMPENSASI DAYA REAKTIF UNTUK MEMPERBAIKI PROFIL TEGANGAN DAN PEMASANGAN FILTER AKTIF UNTUK MEREDUKSI HARMONISA DI RSUD JOMBANG
---	---

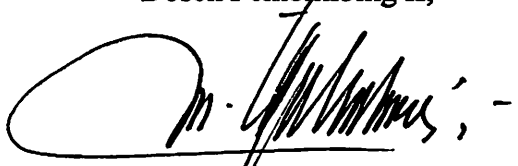
Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
1	Sabtu 20 April 2014			2/12/14
2	Kamis, 24 April 2014		Survey Data	2/21/14
3	Kamis, 24 April 2014		Survey Data	2/26/14
4	28 April - 14 Mei 2014		Survey Data Materi dari RSUD JOMBANG	2/17
5	Kamis, 26 Juli 2014		Penyebab timbul dari Unbalanced Voltage Balanced	2/14/14
6	Senin, 14 Juli 2014		Bimbingan Bab 1,2,3,4	
7	Rabu 16 Juli 2014		Bimbingan Makalah Seminar Hasil	

**MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2013-2014**

Nama Mahasiswa : SANDYA FEBRIANTO
 NIM : 1012004
 Nama Pembimbing : Ir. Teguh Herbasuki, MT
 Judul Skripsi : ANALISIS KOMPENSASI DAYA REAKTIF UNTUK
 MEMPERBAIKI PROFIL TEGANGAN DAN
 PEMASANGAN FILTER AKTIF UNTUK
 MEREDUKSI HARMONISA DI RSUD JOMBANG

minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
8	Selasa, 5-8-2014		Revisi Laporan	
9	Jumat, 8-8-2014		Acc Laporan	
10	Sabtu, 9-8-2014		Acc Ujian Kompre	
11				
12				
13				
14				

Malang, Agustus 2014
Dosen Pembimbing II,



Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP. Y. 1038900209

MONITORING KEHADIRAN SKRIPSI SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2013-2014

nama Mahasiswa
 M
 Dosen Pembimbing I
 Dosen Pembimbing II
 Tempat Skripsi
 Judul Skripsi

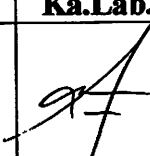
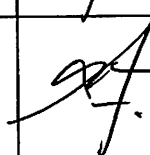
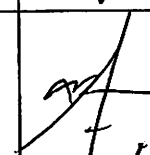
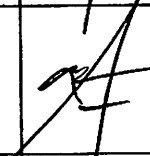
: SANDYA FEBRIANTO
 : 1012004
 : Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT
 : Ir. Teguh Herbasuki, MT
 : Laboratorium Simulasi Sistem Tenaga Elektrik
 : ANALISIS KOMPENSASI DAYA REAKTIF UNTUK
 MEMPERBAIKI PROFIL TEGANGAN DAN
 PEMASANGAN FILTER AKTIF UNTUK
 MEREDUKSI HARMONISA DI RSUD JOMBANG

minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Kehadiran	Kegiatan/Aktivitas	Paraf Ka.Lab.
1	Rabu, 2 April 2014		Memperbaiki revisi	
2	Selasa, 8 April 2014		Mengerjakan Bab I Belajar simulasi ETAP	21/4
3	Kamis, 17 April 2014		Survey Data	
4	Kamis, 24 April 2014		Survey Data Menggambar single line	22/4
5	Senin, 28 April 2014		Survey Data (Mengukur data di RSUD Jombang)	
6	28 April - 17 Mei 2014		Survey Data (Mengukur data di RSUD Jombang)	
7	19 Mei - 23 Mei 2014		Menggambar single line di ETAP Runding Simulasi Load Flow	26/4

MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI

SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2013-2014

nama Mahasiswa : SANDYA FEBRIANTO
 NIM : 1012004
 Dosen Pembimbing I : Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT
 Dosen Pembimbing II : Ir. Teguh Herbasuki, MT
 Tempat Skripsi : Laboratorium Simulasi Sistem Tenaga Elektrik
 Judul Skripsi : ANALISIS KOMPENSASI DAYA REAKTIF UNTUK
 MEMPERBAIKI PROFIL TEGANGAN DAN
 PEMASANGAN FILTER AKTIF UNTUK
 MEREDUKSI HARMONISA DI RSUD JOMBANG

minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Kehadiran	Kegiatan/Aktivitas	Paraf Ka.Lab.
8	Selasa, 3 Juni 2014		Running Simulasi Optimal Capacitor Placement	
9	Kamis. 12 Juni 2014		Running Simulasi Harmonics Analysis	 21/6
10	Sabtu, 21 Juni 2014		Menentukan besaran dan letak filter harmonisa	
11	Selasa, 26 Juni 2014		Penyelesaian laporan	 21/7
12				
13				
14				

Malang, Agustus 2014

Kepala Laboratorium
Simulasi Sistem Tenaga Elektrik



Awan Uji Krismanto, ST, MT

1980030120050110002

PERMOHONAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Bertanda Tangan Dibawah Ini:

Nama : SANDYA FEBRIANTO
 NIM : 1012004
 No. Absen : 8

Program Studi : Teknologi Industri
 Jurusan : Teknik Elektro S-I
 Konsentrasi : ~~TEKNIK ENERGI LISTRIK~~
~~TEKNIK ELEKTRONIKA~~
~~TEKNIK KOMPUTER DAN INFORMATIKA~~
~~TEKNIK KOMPUTER~~
~~TEKNIK TELEKOMUNIKASI~~

Alamat : Jln. RAYA JOMBANG, KEDIRI..... Gg. MASTID..... RT. 2/RW. 1 JOMBOK NGORO JOMBANG

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.

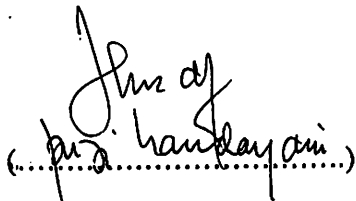
Semua persyaratan- persyaratan pengambilan SKRIPSI adalah sebagai berikut:

- | | |
|--|---------|
| 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 | (.....) |

Untuk mendapatkan penyelesaian lebih lanjut dan atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Yang diteliti kebenarannya data tersebut diatas

Recording Teknik Elektro S-I

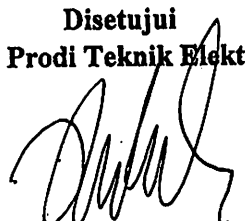

 (.....)

Malang, 4 MARET 2014

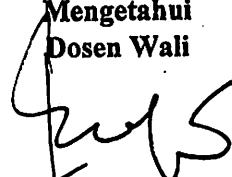
Pemohon


 (..... SANDYA F.)

Disetujui
 Ketua Prodi Teknik Elektro S-I


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

Mengetahui
 Dosen Wali

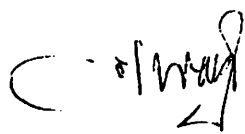

 (..... Ir. Eko Nurcahyo, MT)

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

1. IPK 4.80 / 5.00
 2. 138 / 138

BERITA ACARA RAPAT PERSETUJUAN JUDUL/PROPOSAL SKRIPSI
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

tanggal :

1.	NIM	1012004
2.	Nama	SANDYA FEBRIANTO
3.	Judul yang diajukan	ANALISA KOMPENSASI DAYA REAKTIF UNTUK MEMPERBAIKI RATING TEGANGAN DAN PEMASANGAN FILTER AKTIF UNTUK MEREDUKSI HARMONISA DI RSUD JOMBANG
4.	Disetujui/Ditolak	
5.	Catatan:	- Kompensasi daya reaktif menggunakan apa? hrs. gelas
6.	Pembimbing yang diusulkan:	1. ir made wartana, mi 2. ir kusti berbarani, ms
Menyetujui		
1. Koordinator Dosen Kelompok Keahlian		
 27 1019 03		
Dosen Kelompok Keahlian (Terlampir)		

* : Coret yang tidak perlu

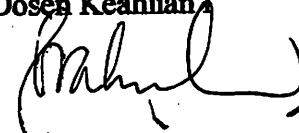
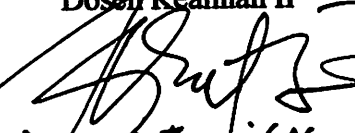
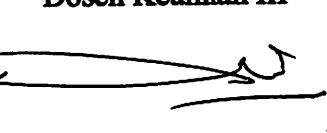

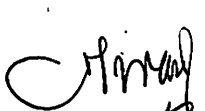
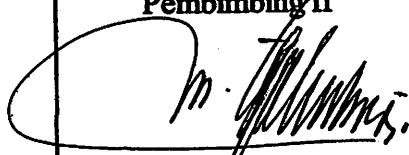


PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1

**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	: 1012004	
2.	Nama	: SANDYA FEBRIANTO	
3.	Konsentrasi Jurusan	: Teknik Energi Listrik	
4.	Jadwal Pelaksanaan:	Waktu	Tempat
	02 April 2014	09:00	III.1.4
5.	Judul proposal yang diseminarkan Mahasiswa	ANALISA KOMPENSASI DAYA REAKTIF UNTUK MEMPERBAIKI RATING TEGANGAN DAN PEMASANGAN FILTER AKTIF UNTUK MEREDUKSI HARMONISA DI RSUD JOMBANG	
6.	Perubahan judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian	Analisis Kompensasi Daya Reaktif utk. Memper baiki profile tegangan dan pemasangan filter aktif utk. more busbar Harmonisasi RSUD. Jombang.	
7.	Catatan :		
8.	Catatan :		
	Persetujuan judul Skripsi		
	Disetujui, Dosen Keahlian I	Disetujui, Dosen Keahlian II	Disetujui, Dosen Keahlian III
	 (.....)	 (Yusuf. Ismail. N...)	 (.....)
Mengetahui, Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1	Disetujui, Caton Dosen Pembimbing ybs		
 M. Ibrahim Ashari, ST, MT NIP. P 1030100358	Pembimbing I	Pembimbing II	
	 (.....)	 (.....)	



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

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

SI (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

or Surat : ITN-070/EL-FTI/2014

iran : -

al : BIMBINGAN SKRIPSI

da : Yth. Bapak/Ibu **Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT**

Dosen Teknik Elektro S-1

ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa

Nama : **SANDYA FEBRIANTO**
Nim : **1012004**
Fakultas : **Teknologi Industri**
Program Studi : **Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi : **Teknik Energi Listrik**

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/i selama masa waktu :

" Semester Genap Tahun Akademik 2013-2014 "

Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.



Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

M. Ibrahim Ashari, ST, MT

NIP. P 1030100358



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Kampus II : Jl. Raya Karanglo Km. 2 Telp. (0341) 417636 Malang

iran : 1 (satu) berkas
Pembimbing Skripsi

la : Yth. Bapak/Ibu **Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT**
Dosen Teknik Elektro S-1
ITN Malang

Yang bertanda tangan dibawah

Nama : **SANDYA FEBRIANTO**
Nim : **1012004**
Jurusan : **Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi : **Teknik Energi Listrik**

Dengan ini mengajukan permohonan, kiranya Bapak/Ibu bersedia menjadi Dosen Pembimbing untuk penyusunan Skripsi dengan judul :

**ANALISIS
"ANALISA KOMPENSASI DAYA REAKTIF UNTUK MEMPERBAIKI RATING PROFIL
TEGANGAN DAN PEMASANGAN FILTER AKTIF UNTUK MEREDUKSI
HARMONISA DI RSUD JOMBANG"**

Demikian permohonan kami buat dan atas kesediaan Bapak kami ucapkan terima kasih.

Mengetahui

a Program Studi Teknik Elektro S-1

M. Ibrahim Ashari, ST, MT

NIP.P. 1030.100358

Hormat Kami

SANDYA FEBRIANTO

NIM. 1012004

PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI

sesuai permohonan dari mahasiswa/i :

Nama : **SANDYA FEBRIANTO**
NIM : **1012004**
Semester : **VIII (Delapan)**
Jurusan : **Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi : **Teknik Energi Listrik**

Dengan ini menyatakan bersedia/~~tidak bersedia~~*) Membimbing skripsi dari mahasiswa tersebut, dengan judul :

~~ANALISIS~~
ANALISA KOMPENSASI DAYA REAKTIF UNTUK MEMPERBAIKI RATING PROFIL TEGANGAN DAN PEMASANGAN FILTER AKTIF UNTUK MEREDUKSI HARMONISASI DI RSUD JOMBANG"

Demikian surat pernyataan ini kami buat agar dapat dipergunakan seperlunya.

Hormat Kami



Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT
196105031992021001

*) Coret yang tidak perlu



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

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

(PESERU) MALANG
KAMPUS 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

Surat : ITN-070/EL-FTI/2014

Isi : -

Judul : BIMBINGAN SKRIPSI

Untuk : Yth. Bapak/Ibu **Ir. Teguh Herbasuki, MT**

Dosen Teknik Elektro S-1

ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa

Nama : **SANDYA FEBRIANTO**
Nim : **1012004**
Fakultas : **Teknologi Industri**
Program Studi : **Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi : **Teknik Energi Listrik**

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/i selama masa waktu :

" Semester Genap Tahun Akademik 2013-2014 "

Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.



Mengetahui

Kepada Program Studi Teknik Elektro S-1

M. Ibrahim Ashari, ST, MT

NIP. P 1030100358



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Kampus II : Jl. Raya Karanglo Km. 2 Telp. (0341) 417636 Malang

jumlah : 1 (satu) berkas
Pembimbing Skripsi

dan : Yth. Bapak/Ibu Ir. Teguh Herbasuki, MT
Dosen Teknik Elektro S-1
ITN Malang

Yang bertanda tangan dibawah

Nama : **SANDYA FEBRIANTO**
Nim : **1012004**
Jurusan : **Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi : **Teknik Energi Listrik**

Dengan ini mengajukan permohonan, kiranya Bapak/Ibu bersedia menjadi Dosen Pembimbing untuk penyusunan Skripsi dengan judul :

ANALISIS
"ANALISA KOMPENSASI DAYA REAKTIF UNTUK MEMPERBAIKI RATING PROFIL TEGANGAN DAN PEMASANGAN FILTER AKTIF UNTUK MEREDUKSI HARMONISA DI RSUD JOMBANG"

Demikian permohonan kami buat dan atas kesediaan Bapak kami ucapkan terima kasih.

Mengetahui

Program Studi Teknik Elektro S-1


M. Ibrahim Ashari, ST, MT

NIP.P. 1030100358

Hormat Kami

SANDYA FEBRIANTO

NIM. 1012004



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Kampus II : Jl. Raya Karanglo Km. 2 Telp. (0341) 417636 Malang

PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Sesuai permohonan dari mahasiswa/i :

Nama : **SANDYA FEBRIANTO**
Nim : **1012004**
Semester : **VIII (Delapan)**
Jurusan : **Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi : **Teknik Energi Listrik**

Dengan ini menyatakan bersedia/~~tidak bersedia~~*) Membimbing skripsi dari mahasiswa tersebut, dengan judul :

~~ANALISIS~~
" ~~ANALISA~~ **KOMPENSASI DAYA REAKTIF UNTUK MEMPERBAIKI RATING PROFIL TEGANGAN DAN PEMASANGAN FILTER AKTIF UNTUK MEREDUKSI HARMONISA DI RSUD JOMBANG**"

Demikian surat pernyataan ini kami buat agar dapat dipergunakan seperlunya.

Hormat Kami

Ir. Teguh Herbasuki, MT

NIP.Y. 1038900209

Catatan :

Setelah disetujui agar formulir ini Diserahkan mahasiswa/i yang bersangkutan kepada jurusan untuk diproses lebih lanjut

*) Coret yang tidak perlu



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PERSEKUTUAN MALANG
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

Nomor : ITN-103/EL-FTI/2014 14 April 2014
Lampiran : -
Perihal : **Survey Pengambilan Data Skripsi**
Kepada : Yth. **Direktur Rumah Sakit Umum Daerah Tingkat II Jombang**
di – **Jombang**

Dengan hormat,

Bersama ini kami mohon kebijaksanaan Bapak/Ibu agar mahasiswa kami dari Program Studi Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Energi Listrik, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang dapat diijinkan untuk melakukan survey dalam rangka pengambilan data skripsi, pada tanggal 17 April s/d 3 Mei 2014.

Mahasiswa tersebut adalah:

No	Nama	NIM
1.	Sandya Febrianto	1012004

Demikian atas perhatian dan kebijaksanaannya kami ucapkan terima kasih.

Ketua
Program Studi Teknik Elektro S-1

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

PEMERINTAH KABUPATEN JOMBANG
RUMAH SAKIT UMUM DAERAH

Jl. KH.Wahid Hasyim No. 52 Jombang TELP. (0321) 865716 – 863502 FAX. (0321) 879316
Website : www.rsudjombang.com; E-mail: rsudjombang@yahoo.co.id Kode Pos : 61411

SURAT KETERANGAN

Nomor : 423.4/2439/1415.44/2014

Yang bertanda tangan di bawah ini Direktur Rumah Sakit Umum Daerah Kabupaten Jombang, menerangkan bahwa :

Nama : SANDYA FEBRIANTO
NIM : 1012004
Program Studi : S1 Teknik Elektro konsentrasi Teknik Energi Listrik
Institusi : Institut Teknologi Nasional Malang

Untuk melaksanakan Survey Pengambilan Data Skripsi di Rumah Sakit Umum Daerah Kabupaten Jombang mulai tanggal 28 April - 14 Mei 2014.

Demikian surat keterangan ini agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Jombang, 14 Mei 2014

DIREKTUR RUMAH SAKIT UMUM DAERAH
KABUPATEN JOMBANG



dr. PUJUHUMBARAN, MKP

NIP. 19680410 200212 1 006

Form Pemantauan Seminar Progress Skripsi
Semester Genap 2013/2014
Program Studi Teknik Elektro S-1

Nama Mahasiswa : SANDYA FEBRIANTO

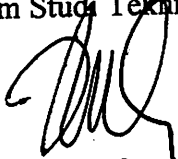
NIM : 1012004

Rekomendasi/Catatan:

revisi. nilai progres
nilai LF di gradasi app sudah .
+30% progres .

Catatan : Validasi ke tabel LF di program
ata proses lainnya .

Ketua
Program Studi Teknik Elektro S-1



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

Pembimbing-1



(

)

Pembimbing-2



(

)

LEMBAR PERSEMBAHAN

SKRIPSHIIIIIIIT.... ALHAMDULILLAH AKHIRNYA TELAH TERLEWATI. 6 BULAN KAU MEMBUATKU MENGETI RASANYA STRES 😊.

PUJI SYUKUR SAYA UCAPKAN KEPADA ALLAH SWT YANG TELAH MEMBERIKAN KELANCARAN DAN MEMBERI BANYAK TEMAN YANG BERASAL DARI BERBAGAI DAERAH DI INDONESIA.

TRIMA KASIH KEPADA KEDUA ORANG TUA YANG SENAN TIASA MENDOAKAN UNTUK KELANCARAN KULIAHKU SELAMA 4 TAHUN INI.

DAN JUGA SAYA UCAPKAN BANYAK TERIMA KASIH KEPADA SELURUH TEMAN-TEMAN YANG MEMBANTU DAN MENYEMANGATI DALAM MENGERJAKAN SKRIPSI INI. KHUSUSNYA UNTUK TEMAN-TEMAN PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1 ANGKATAN 2010.

SEKALI LAGI TERIMA KASIH UNTUK SEMUANYA :')



BIOGRAFI PENULIS



Penulis lahir di Jombang pada tanggal 27 Januari 1992 dari ayah Muhammad Hafi dan ibu Suni'ah. Penulis Merupakan putra kedua dari dua bersaudara. Penulis memulai Pendidikan pada tahun 1998 di SDN Jombok II Kecamatan Ngoro Kabupaten Jombang. Pertengahan tahun 2004 penulis menempuh pendidikan di SMP Negeri 2 Ngoro Jombang sampai tahun 2007. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMK PGRI 2 Jombang jurusan Pemanfaatan Energi Listrik (PFL) mulai tahun 2007 dan lulus tahun 2010, kemudian pada tahun yang sama penulis melanjutkan studi di perguruan tinggi Institut Teknologi Nasional (ITN) Malang. Penulis memilih Program Studi Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Energi

Listrik, Fakultas Teknologi Industri dan diwisuda tanggal 27 September 2014, dengan judul Skripsi “ Analisis Kompensasi Daya Reaktif Untuk Memperbaiki Profil Tegangan dan Pemasangan Single Tuned Filter Untuk Mereduksi Harmonisa di RSUD Jombang”. Selama menjadi mahasiswa, Penulis menjadi asisten Laboratorium Simulasi Sistem Tenaga Elektrik pada tahun 2012 sampai 2014.