

SKRIPSI

**ANALISA PERBAIKAN KUALITAS TEGANGAN MENGGUNAKAN
UNIFIED POWER QUALITY CONDITIONER DI GI NGORO MOJOKERTO
DENGAN SOFTWARE PSCAD POWER SYSTEM SIMULATION**



Disusun Oleh :

SOELISTYO EKA SAPUTRA

NIM : 05. 12. 010

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

SEPTEMBER 2011

SECRET

EXAMINATIONS CONCERNING THE STATE DEPARTMENT AND THE
GENERAL INVESTIGATIVE DIVISION OF THE FEDERAL BUREAU OF
INVESTIGATION, UNITED STATES DEPARTMENT OF JUSTICE

CONFIDENTIAL
EXCLUDED FROM AUTOMATIC
DOWNGRADING AND
DECLASSIFICATION

EXCLUDED FROM AUTOMATIC
DOWNGRADING AND
DECLASSIFICATION
EXCLUDED FROM AUTOMATIC
DOWNGRADING AND
DECLASSIFICATION

SECRET

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISA PERBAIKAN KUALITAS TEGANGAN
MENGUNAKAN *UNIFIED POWER QUALITY CONDITIONER* DI
GILINGORO MOJOKERTO DENGAN *SOFTWARE PSCAD POWER
SYSTEM SIMULATION***

SKRIPSI

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

**Disusun oleh:
SOELISTYO EKA SAPUTRA
NIM. 05.12.010**

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1



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

Diperiksa dan Disetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Awan Uji Krismanto, ST, MT
NIP. 198003012005011002

Ir. Choirul Saleh, MT
NIP. Y. 1018800190

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2011**

ABSTRAK

ANALISA PERBAIKAN KUALITAS TEGANGAN MENGUNAKAN *UNIFIED POWER QUALITY CONDITIONER* DI GI NGORO MOJOKERTO DENGAN *SOFTWARE PSCAD POWER SYSTEM SIMULATION*

Soelistyo Eka Saputra, NIM 05.12.010

Dosen Pembimbing : Awan Uji Krismanto ST, MT dan Ir. Choirul Saleh, MT

Hampir semua beban pada penyulang KYODO yang didominasi oleh beban-beban induktif seperti motor-motor listrik, inverter, *UPS* dan masih banyak lagi peralatan yang menggunakan komponen-komponen induktif yang berakibat menimbulkan gangguan kestabilan tegangan voltage sag. Pada penyulang KYODO-Mojokerto terdapat penyaluran tegangan yang menyebabkan tegangan sistem diluar batas operasi yakni sebesar 0.39 pu (7.8 kVolt dari tegangan yang tersalurkan 20 kVolt), untuk mengatasi permasalahan ini *UPQC* menawarkan pengendalian yang fleksibel dalam mengatasi permasalahan yang ditimbulkan oleh beban-beban tersebut. *UPQC* merupakan kombinasi dari *D-STATCOM* dengan *DVR*. Prinsip dasar *UPQC* menginjeksikan tegangan kedalam system untuk kompensasi V_{sag} dan mempertahankan nilai tegangan pada batas-batas yang diinginkan. Hal ini mungkin dilakukan dengan adanya perkembangan piranti elektronika daya yang berkembang cukup pesat. Dalam hal ini *UPQC* dilengkapi dengan pengendali PI dan kontrol PWM didukung oleh hasil simulasi *PSCAD/EMTDC power simulation* dalam mengatasi masalah perbaikan kualitas tegangan yang termasuk gangguan *voltage sag*. *UPQC* mampu menjaga besarnya tegangan konstan pada titik dimana beban mengalami gangguan *voltage sag* dikarenakan *UPQC* dapat menghasilkan atau menyerap daya reaktif yang di inginkan. Dari hasil simulasi yang dilakukan pada penyulang Kyodo dengan kompensasi *UPQC*, perbandingan nilai tegangan sebelum dan sesudah kompensasi saat gangguan *voltage sag* adalah dari 0.397427 (pu) atau 7948.54 volt menjadi 0.989252 (pu) atau 19785.04 volt.

Kata Kunci: Kualitas tegangan, *Voltage Sag*, *UPQC*

KATA PENGANTAR

Puji Syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan berkat dan rahmat-Nya sehingga penelitian berjudul Analisa Perbaikan Kualitas Tegangan Menggunakan Unified Power Quality Conditioner di GI Ngoro Mojokerto dengan Software PSCAD Power System Simulation dapat terselesaikan.

Penelitian ini dibuat untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar sarjana teknik. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kami sampaikan pada:

1. Bapak Ir. Soeparno Djiwo, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. Sidik Noertjahjono, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri ITN Malang.
3. Bapak Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1.
4. Bapak Awan Uji Krismanto, ST, MT selaku Dosen Pembimbing I.
5. Bapak Ir. Choirul Saleh, MT selaku Dosen Pembimbing II.
6. Karyawan PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur Area Pelayanan dan Jaringan Mojokerto serta karyawan PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur Unit Pelayanan dan Jaringan Mojosari.
7. Rekan-rekan Asisten Laboratorium Analisis Sistem Tenaga Teknik Elektro ITN Malang.
8. Semua pihak yang telah membantu dalam penulisan dan penyusunan penelitian ini.

Penyusun telah berusaha menampilkan penelitian ini dalam kondisi yang terbaik dan setepat mungkin, namun karena keterbatasan dan kelemahan yang ada, pasti terbuka kemungkinan kesalahan. Untuk itu penyusun mengharap masukan positif dari semua pihak untuk perbaikan penelitian ini.

Malang, Februari 2011

Penulis

DAFTAR ISI

Lembar Persetujuan.....	i
Abstrak.....	ii
Kata Pengantar.....	iii
Daftar Isi.....	iv
Daftar Gambar.....	vii
Daftar Tabel.....	viii
Daftar Grafik.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Pembahasan.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Metodologi Penelitian.....	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK, <i>UPQC</i> DAN <i>VOLTAGE SAG</i>	6
2.1. Sistem Tenaga Listrik.....	6
2.2. Sistem Distribusi Tenaga Listrik.....	6
2.3. Jaringan Pada Sistem Distribusi Primer.....	7
2.3.1. Jaringan Radial.....	7
2.3.2. Jaringan Hantaran penghubung (<i>Tie Line</i>).....	8
2.3.3. Jaringan Lingkar (<i>Loop</i>).....	9
2.3.4. Jaringan Spindel.....	9
2.3.5. Sistem Gugus atau sistem Kluster.....	10
2.4. Sistem Distribusi Sekunder (Jaringan Tegangan Rendah).....	11
2.5. Gangguan Dalam Sistem Tenaga Listrik.....	12
2.6. Kualitas Daya Elektrik.....	14
2.6.1. Klasifikasi Kualitas Daya.....	14
2.6.2. Daya Dalam Sistem Tenaga Listrik.....	15
2.6.2. 1. Daya Nyata (<i>Real Power</i>).....	15
2.6.2. 2. Daya Reaktif (<i>Reactive Power</i>).....	15
2.6.2. 3. Daya Semu (<i>Apparent Power</i>).....	16
2.6.2. 4. Faktor Daya (<i>Power Factor</i>).....	16
2.7. Sistem Per Unit.....	17
2.8. Tegangan Sag (<i>Voltage Sag</i>).....	19
2.8.1. Penyebab <i>Voltage Sag</i>	19
2.8.2. Perhitungan Nilai <i>Voltage Sag</i> Dalam System.....	20
2.9 Prinsip Dasar Operasi <i>UPQC</i>	21
2.10 Peralatan Elektronika Daya.....	22
2.10.1. <i>Transistor Bipolar</i>	22
2.10.2. Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT).....	22
2.11 Sistem Pengendalian PWM.....	22

BAB III PERBAIKAN KUALITAS TEGANGAN DENGAN PENGATURAN SISTEM DAYA MENGGUNAKAN <i>UPQC</i>	24
3.1. <i>Software PSCAD/EMTDC V 4.2 Power Simulation</i>	24
3.1.1 Memulai <i>PSCAD/EMTDC Power Simulation</i>	25
3.2. <i>Unified Power Quality Conditioner (UPQC)</i>	27
3.2.1. Model <i>Unified Power Quality Conditioner (UPQC)</i>	27
3.2.2. Klasifikasi Peralatan <i>Facts Device</i>	27
3.2.2.1. <i>D-STATCOM (Distribution Static Compensator)</i>	28
3.2.2.1.1. Prinsip Dasar Operasi <i>D-STATCOM</i>	28
3.2.2.2. <i>DVR (Dinamic Voltage Restorer)</i>	30
3.2.2.2.1. Prinsip Dasar Operasi <i>DVR</i>	30
3.3. Sistem Pengendali PWM.....	32
3.3.1 PWM Sinusoida Pada <i>Shunt</i> Kompensator (<i>DSTATCOM</i>) dan <i>Series</i> kompensator (<i>DVR</i>).....	32
3.3.2. Aksi Kontrol PWM sinusoida Terhadap <i>Shunt</i> dan <i>Series</i> Kompensator.....	32
3.4. Aksi Kontrol Proporsional Integral (PI).....	33
3.4.1. Pengertian Umum Kontrol PI.....	33
3.4.2. Prinsip-prinsip Pengendalian Proses.....	34
3.4.3. Prinsip Kerja Pengendali.....	35
3.4.4. Pengendali Proporsional (<i>proporsional Controller</i>).....	35
3.4.5. Pengendali Integral (<i>Integrator Controller</i>).....	37
3.4.6. Pengendali Proporsional Integral (<i>PI Controller</i>).....	38
3.5. Kompensasi <i>UPQC</i> Pada Sistem Distribusi 20 kV.....	39
3.5.1. Input Data <i>Pengendali UPQC</i>	40
3.5.1.1. Input Data Pengendali PI dan PWM pada <i>Shunt</i> Kompensator (<i>D-STATCOM</i>).....	40
3.5.1.2. Input Data Pengendali PI dan PWM pada <i>Series</i> Kompensator (<i>DVR</i>).....	41
3.6. <i>Flowchart</i> Hasil simulasi Menggunakan <i>Software PSCAD/EMTDC</i>	42
3.6.1. <i>Flowchart</i> Penyelesaian Masalah.....	42
3.6.2. <i>Flowchart</i> Rangkaian Kontrol PWM.....	43
 BAB IV HASIL DAN ANALISA HASIL.....	 44
4.1. <i>Single Line</i> Sistem Distribusi 20 KV Penyulang Kyodo dalam <i>Software PSCAD Power Simulation</i>	44
4.2. Data Sistem Distribusi Pada PT. PLN(PERSERO) UPJ. MOJOKERTO.....	45
4.3. Solusi Perbaikan Kualitas Tegangan <i>Software PSCAD/EMTDC V.4.2 POWER SIMULATION</i>	45
4.4. Hasil Dan Analisa Hasil Perbaikan Kualitas Tegangan Akibat <i>Voltage Sag</i> Menggunakan <i>UPQC</i>	46
4.4.1. Hasil dan Perhitungan dan Simulasi Sebelum Pemasangan <i>UPQC</i>	46
4.4.2. Grafik Sebelum Pemasangan <i>UPQC</i>	46
4.4.3. Grafik Setelah Pemasangan <i>UPQC</i>	48
4.4.4. Grafik Daya Reaktif.....	49
4.5. Hasil simulasi Dan Aliran Daya.....	51
4.5.1. Sebelum Kompensasi <i>UPQC</i>	51
4.5.2. Setelah Kompensasi <i>UPQC</i>	54

4.6.Perhitungan Optimasi Perbaikan Kualitas Tegangan Saat Sebelum dan Sesudah Kompensasi	57
BAB V PENUTUP	61
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA.....	62
LAMPIRAN.....	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: Skema Penyaluran Sistem Distribusi Tenaga Listrik.....	7
Gambar 2.2: Konfigurasi Jaringan Radial.....	8
Gambar 2.3: Konfigurasi Jaringan Hantaran Penghubung	8
Gambar 2.4: Konfigurasi Jaringan <i>Loop</i>	9
Gambar 2.5: Konfigurasi Jaringan Spindel.....	10
Gambar 2.6: Konfigurasi Jaringan Kluster	11
Gambar 2.7: Hubungan Tegangan Menengah Ke Tegangan Rendah dan Konsumen	11
Gambar 2.8: Gangguan Hubung Singkat 3 fasa.....	13
Gambar 2.9: Gangguan Hubung Singkat Satu fasa ketanah	14
Gambar 2.10: Segitiga Daya	16
Gambar 2.11: Saluran Distribusi Primer.....	17
Gambar 2.12: Ilustrasi <i>Voltage Sag</i> Selama (200-500 ms) dan <i>Voltage Swell</i> Selama (700-1000 ms).....	19
Gambar 2.13: Ilustrasi <i>Voltage Sag</i> Arus Pada Frekuensi Tegangan di Bawah 0.95 pu Untuk Durasi 0.5 Cycle Hingga 1 Menit20	19
Gambar 2.14: Gambaran Terjadinya <i>Voltage Sag</i>	20
Gambar 2.15: Model Pembagi Tegangan Untuk <i>Voltage Sag</i>	20
Gambar 2.16: Konfigurasi Perangkat <i>UPQC</i>	21
Gambar 3.1: Tampilan Utama <i>Software PSCAD/EMTDC Power Simulation</i>	25
Gambar 3.2: Tampilan <i>Master Library</i>	25
Gambar 3.3: Tampilan Modul Utama.....	26
Gambar 3.4: Tampilan <i>Single Line Penyulang Kyodo</i> dalam <i>PSCAD</i>	26
Gambar 3.5: Konfigurasi Perangkat <i>UPQC</i>	27
Gambar 3.6: Skema <i>Unified Power Quality Conditioner</i>	27
Gambar 3.7: Diagram Blok Fungsional <i>D-STATCOM</i>	28
Gambar 3.8: Pembuatan Blok <i>D-STATCOM</i>	29
Gambar 3.9: Model Operasi Dari <i>D-STATCOM</i>	30
Gambar 3.10: Diagram Blok Fungsional Untuk <i>DVR</i>	30
Gambar 3.11: Prinsip <i>DVR</i> Dengan Waktu Respon Kurang dari Satu <i>Milisecond</i>	31
Gambar 3.12: Kontoller dan Diagram Kontaknya	35
Gambar 3.13: Diagram Blok Kontroller Proporsional.....	36
Gambar 3.14: Respon Sebuah Pengendali Proporsional.....	37
Gambar 3.15: Blok Diagram Kontroller Integral.....	38
Gambar 3.16: Diagram Kotak Pengendali <i>PI</i>	38
Gambar 3.17: Hubungan Input-Output Pengendali <i>PI</i> dalam Fungsi Waktu	39
Gambar 3.18:	
a. Rangkaian Pengendali <i>PI</i>	40
b. Rangkaian Sinyal Komparator dan Sinyal Komparator.....	40
Gambar 3.19:	
a. Rangkaian Pengendali <i>PI</i>	41
b. Rangkaian Sinyal Komparator	41
c. Rangkaian Komparator	41
Gambar 3.20: <i>Flowchart</i> Penyelesaian Masalah.....	42
Gambar 3.21: <i>Flowchart</i> desain Kontrol <i>UPQC</i> menggunakan <i>PSCAD/EMTDC</i>	43
Gambar 4.1: <i>Single Line Penyulang Kyodo</i>	44

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1: Data Pembebanan Penyulang Kyodo.....	45
Tabel Sebelum Kompensasi <i>UPQC</i>	
Tabel 4.2: Tabel Hasil Simulasi Saat <i>Voltage Sag</i> Tak Seimbang Pada Fasa C.....	51
Tabel 4.3: Tabel Hasil Simulasi Saat <i>Voltage Sag</i> Tak Seimbang Pada Fasa A dan B.	52
Tabel 4.4: Tabel Hasil Simulasi Saat <i>Voltage Sag</i> Seimbang.....	53
Tabel Setelah kompensasi <i>UPQC</i>	
Tabel 4.5: Tabel Hasil Simulasi Saat <i>Voltage Sag</i> Tak Seimbang Pada Fasa C.....	54
Tabel 4.6: Tabel Hasil Simulasi Saat <i>Voltage Sag</i> Tak Seimbang Pada Fasa A dan B.	55
Tabel 4.7: Tabel Hasil Simulasi Saat <i>Voltage Sag</i> Seimbang.....	56

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1: Bentuk Gelombang Tegangan Normal	46
Grafik 4.2: Bentuk Gelombang Tegangan Rms Ketika terjadi gangguan tegangan tak seimbang Fasa C sebelum Pemasangan <i>UPQC</i>	47
Grafik 4.3: Bentuk Gelombang Tegangan Rms Ketika terjadi Gangguan tegangan tak seimbang Fasa A dan B sebelum pemasangan <i>UPQC</i>	47
Grafik 4.4: Bentuk Gelombang Tegangan Rms Ketika terjadi Gangguan Seimbang Saat Terjadi <i>Voltage Sag</i> sebelum Pemasangan <i>UPQC</i>	48
Grafik 4.5: Bentuk gelombang tegangan ketika terjadi <i>voltage sag</i> tak seimbang pada fasa C setelah di kompensasi dengan <i>UPQC</i>	48
Grafik 4.6: Bentuk Gelombang tegangan ketika terjadi <i>voltage sag</i> tak seimbang pada fasa A dan B setelah di kompensasi dengan <i>UPQC</i>	49
Grafik 4.7 : Bentuk Gelombang tegangan ketika terjadi <i>voltage sag</i> setelah di kompensasi dengan <i>UPQC</i>	49
Grafik 4.8 : Bentuk Grafik Gelombang peyerapan Daya reaktif oleh <i>UPQC</i>	50
Grafik 4.9 : Bentuk Grafik Gelombang peyerapan Daya reaktif oleh <i>UPQC</i>	50

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kualitas daya listrik adalah hal yang sangat penting bagi system ketenagalistrikan. Magnitudo, bentuk gelombang dan frekuensi tegangan adalah faktor utama dari kualitas suplay tegangan listrik. *Voltage sag* akan sangat berpengaruh pada proses operasional industri atau konsumen lainnya. Pihak konsumen terutama industry sering merasa dirugikan akibat kualitas tenaga listrik yang tidak memenuhi persyaratan untuk menjalankan mesin-mesin produksi khususnya mesin-mesin yang menggunakan system kontrol modern yang sangat sensitive terhadap gangguan penurunan tegangan (*voltage sag*). (<http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-6438-2200100074-chapter1.pdf>)

Permasalahan yang muncul pada Penyulang Kyodo GI Ngoro adalah hampir semua beban pada penyulang ini yang didominasi oleh beban-beban induktif seperti motor-motor listrik, inverter, UPS dan masih banyak lagi peralatan yang menggunakan komponen-komponen induktif yang berakibat menimbulkan gangguan kestabilan tegangan. Besarnya tegangan yang di terima oleh konsumen listrik tidaklah sama, hal ini terjadi disebabkan karena adanya impedansi jaringan. Oleh karena itu, gangguan tegangan selalu ada pada setiap bagian dari sistem tenaga, mulai dari sumber sampai ke pelanggan. Oleh karena itu tegangan tersebut perlu di kendalikan. Adapun tujuan dari pengendalian dan perbaikan tegangan pada sistem adalah agar gangguan daya dan tegangan menjadi lebih ekonomis sampai pada suatu batas tertentu karena bisa berdampak terjadi penurunan tegangan pada saluran yang memungkinkan tegangan pada tidak memenuhi standar operasi yang ditetapkan yakni (0.95 pu – 1.05 pu).

Masalah penurunan tegangan, yaitu penurunan tegangan rms sesaat dan durasi yang termasuk dalam kategori *voltage sag* adalah 0.1 sampai 0.9 per unit (pu) dalam waktu 0.5 *cycles* hingga 1 menit, dianggap sebagai masalah kualitas daya yang paling umum dan yang paling serius. *Voltage sag* umumnya disebabkan oleh gangguan dalam system suplay dan starting beban-beban besar .(RC DUGAN 1996).

Di dalam jaringan distribusi tegangan *sag* tidak seimbang lebih sering terjadi daripada tegangan *sag* seimbang. Walaupun tegangan *sag* tiga fasa dianggap sebagai kesalahan terburuk namun pada prakteknya hal itu jarang terjadi. Yang paling sering terjadi adalah gangguan satu fasa ke tanah *Single Line Ground Fault* (SLGF) dan gangguan antar fasa ke tanah *Line line to ground fault* (LLGF). (RC DUGAN 1996).

Lokasi yang digunakan sebagai penelitian pada penelitian ini adalah di penyulang Kyodo, G.I Ngoro, karena pada daerah tersebut terdapat pabrik-pabrik besar yang menggunakan motor-motor listrik berkapasitas besar dimana membutuhkan suplai daya dan tegangan listrik yang sangat besar sehingga berbanding lurus terhadap banyaknya gangguan penurunan tegangan pada lokasi tersebut. Pada Tahun 2010 saja terjadi penurunan tegangan sesaat sebanyak 22 kali. Sumber tegangan pada Penyulang Kyodo adalah 20 KV dihubungkan dengan trafo step-down 100 MVA. Di lokasi ini kapasitas beban yang dibutuhkan mencapai 1450 kVA untuk lima belas trafo penyulang.

Berdasarkan permasalahan yang dikemukakan di atas maka penelitian ini bertujuan untuk mengurangi/mereduksi *voltage sag* seimbang maupun tak seimbang didalam suatu sistem distribusi tenaga listrik menggunakan *UPQC*.

Alternatif yang paling efektif dan sering dipakai untuk memperbaiki kondisi tersebut pada jaringan akibat adanya gangguan kualitas tegangan adalah menyuplai daya dengan penambahan penyulang cadangan atau dengan menginjeksikan daya reaktif tambahan, dengan kata lain memasang kompensator daya tambahan yang dibutuhkan oleh sistem disisi beban. Salah satu kompensator yang telah dibuat dan dipakai untuk menghadapi masalah ini adalah kompensator *UPQC*. Dengan pemasangan salah satu perangkat *FACTS* ini guna menganalisa kualitas tegangan pada sistem di penyulang Kyodo GI Ngoro sehingga diharapkan besarnya tegangan keluaran dari transformator daya dapat dikendalikan dan mampu meningkatkan kualitas tegangan pada tegangan ujung terima dan sisi kirim di gardu induk dengan menggunakan simulasi *software PSCAD power system simulation*.

1.2. Rumusan Masalah

Besarnya kenaikan penggunaan beban-beban elektronik yang canggih dan berkapasitas besar menyebabkan penurunan tegangan sesaat (*Voltage sag*). (RC DUGAN 1996).

Untuk mengatasi *voltage sag* akibat gangguan seimbang dan tidak seimbang perlu dilakukan modifikasi pada trafo injeksi dan rangkaian pengontrol tegangan *UPQC*. *UPQC* harus dapat mendeteksi tegangan *sag* yang mungkin timbul pada tiap fasa dan mengkompensasi tegangan yang hilang di tiap fasa tanpa mengganggu fasa yang tidak mengalami gangguan.

Bagaimana solusi untuk meningkatkan kualitas tegangan pada saat terjadi *voltage sag* seimbang dan tidak seimbang didalam system tersebut, yaitu dengan pemasangan *UPQC* pada sistem kelistrikan di Penyulang Kyodo?

Dari permasalahan di atas maka skripsi ini berjudul :

“ANALISA PERBAIKAN KUALITAS TEGANGAN MENGUNAKAN *UNIFIED POWER QUALITY CONDITIONER* DI GI NGORO MOJOKERTO DENGAN *SOFTWARE PSCAD POWER SYSTEM SIMULATION*”

1.3. Tujuan

Berdasarkan permasalahan yang dikemukakan di atas maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil tegangan setelah pemasangan *UPQC* untuk memperbaiki *voltage sag* pada keadaan seimbang dan *voltage sag* pada keadaan tak seimbang pada Penyulang Kyodo.

1.4. Batasan Masalah

Agar permasalahan yang dibahas tidak terlalu meluas, maka ruang lingkup pembahasan adalah sebagai berikut:

1. Pehitungan dan simulasi dilakukan dengan *software* PSCAD/EMTDC V4.2 Power Simulation.
2. Studi dilakukan pada GI Ngoro *UPQC* Mojokerto penyulang Kyodo
3. Mekanisme kerja dalam mengatasi *voltage sag* seimbang dan tak seimbang guna memperbaiki kualitas tegangan.
4. Tidak membahas prinsip kerja peralatan dan sistem Transmisi di Gardu Induk Ngoro.

1.5. Metodologi Pemecahan Masalah

Metode yang digunakan dalam menyajikan dan menganalisa skripsi ini adalah:

1. Studi literatur berupa pengumpulan dan pembahasan referensi yang berkaitan dengan pokok pembahasan masalah ini, sehingga membantu dalam memahami dasar-dasar dari peralatan yang digunakan dalam sistem dan membantu dalam memahami prinsip dan karakteristik setiap parameter elektronika daya yang digunakan.
2. Pengumpulan data lapangan sebagai objek penelitian.
3. Melakukan analisis berdasarkan hasil simulasi program *PSCAD/EMTDC V4.2 Power Simulation*.
 - a. Analisis aliran daya dan profil tegangan
 - b. Analisis durasi / panjang gangguan *voltage sag* yang terjadi pada sistem
 - c. Analisis sistem pada saat terjadi gangguan *voltage sag* sebelum menggunakan *UPQC* dan sesudah menggunakan *UPQC*
4. Mengambil kesimpulan dari hasil analisa data dan pembahasan

1.6. Sistematika Penulisan

Bab I : Pendahuluan

Berisi penguraian tentang Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Batasan Masalah, Metodologi Penelitian dan Sistematika Penulisan.

Bab II : Sistem Distribusi Tenaga Listrik dan Aplikasi Perbaikan *Voltage Sag* dengan *UPQC (Unified Power Quality Conditioner)*

Membahas sistem distribusi tenaga listrik secara umum dan pengaruh pemasangan alat kompensasi untuk memperbaiki permasalahan gangguan listrik.

Bab III : Permodelan Sistem Perbaikan *Voltage Sag* menggunakan *UPQC* (*Unified Power Quality Conditioner*)

Pada bab ini akan dibahas cara kompensasi *UPQC* (*Unified Power Quality Conditioner*) untuk mengatasi *voltage sag seimbang dan tak seimbang* guna memperbaiki kualitas tegangan.

Bab IV : Hasil dan Analisa Hasil

Menguraikan tentang hasil simulasi dan menganalisa hasil simulasi.

Bab V : Penutup

Berisi kesimpulan dan saran berdasarkan hasil simulasi.

BAB II

SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK, *UPQC* DAN *VOLTAGE SAG*

2.1 Sistem Tenaga Listrik

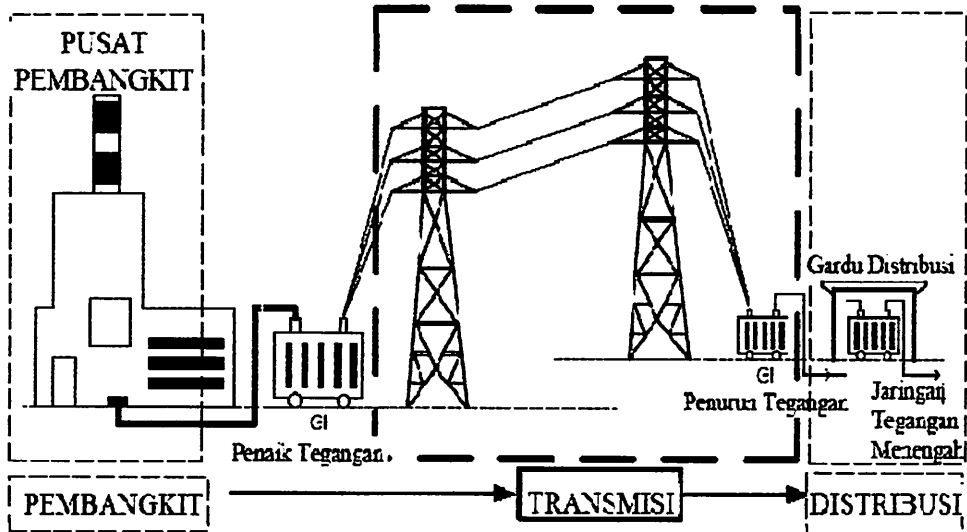
Sistem tenaga listrik merupakan suatu sistem yang terpadu yang terbentuk oleh hubungan-hubungan peralatan dan komponen komponen listrik. Sistem tenaga listrik ini mempunyai peranan utama untuk menyalurkan energi listrik yang dibangkitkan oleh generator ke konsumen yang membutuhkan energi listrik tersebut (Marsudi, 1990).

Secara garis besar suatu sistem tenaga listrik dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian sub sistem yaitu :

1. Sistem pembangkitan : berperan sebagai sumber daya tenaga listrik dan disebut juga sebagai prodaktor energi.
2. Sistem transmisi atau penyalur : berfungsi sebagai penyalur daya listrik dalam skala besar dari pembangkit ke bagian sistem distribusi.
3. Sistem distribusi dan beban : berfungsi sebagai distributor energi ke konsumen yang memerlukan energi tersebut.

2.2 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Jaringan distribusi berada pada akhir dari sistem tenaga listrik, perannya mendistribusikan tenaga listrik dari gardu induk atau pembangkit tenaga ke konsumen melalui gardu distribusi (Basri Hasan, 1997)



Gambar 2.1
Skema Penyaluran Sistem Distribusi Tenaga Listrik

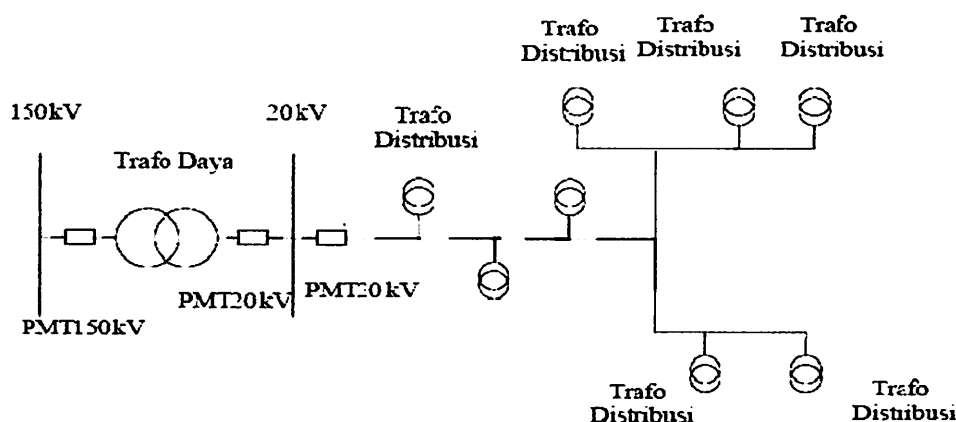
Tegangan sistem distribusi dapat dikelompokkan menjadi 2 bagian besar, yaitu distribusi primer (20KV) dan distribusi sekunder (380/220V). Jaringan distribusi 20KV sering disebut Sistem Distribusi Tegangan Menengah dan jaringan distribusi 380/220V sering disebut jaringan distribusi sekunder atau disebut Jaringan Tegangan Rendah 380/220V .

2.3. Jaringan Pada Sistem Distribusi Primer

Jaringan Pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah (Primer, 20KV) dapat dikelompokkan menjadi lima model, yaitu Jaringan Radial, Jaringan hantaran penghubung (*Tie Line*), Jaringan Lingkaran (*Loop*), Jaringan Spindel dan Sistem Gugus atau Kluster (Basri Hasan 1997)

2.3.1 Jaringan Radial

Sistem distribusi dengan pola Radial seperti Gambar 2.2 adalah sistem distribusi yang paling sederhana dan ekonomis. Pada sistem ini terdapat beberapa penyulang yang menyuplai beberapa gardu distribusi secara radial (Basri Hasan 1997)



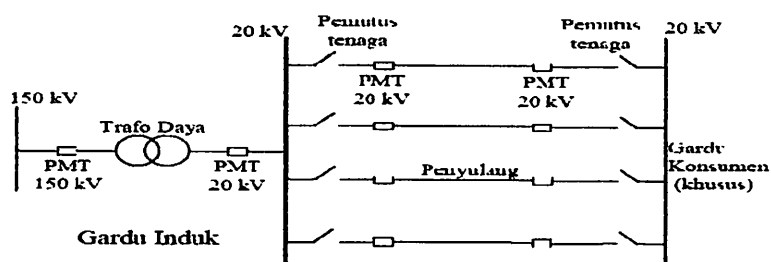
Gambar 2.2
Konfigurasi Jaringan Radial

Dalam penyulang tersebut dipasang gardu-gardu distribusi untuk konsumen. Gardu distribusi adalah tempat dimana trafo untuk konsumen dipasang. Bisa dalam bangunan beton atau diletakan diatas tiang. Keuntungan dari sistem ini adalah sistem ini tidak rumit dan lebih murah dibanding dengan sistem yang lain .

Namun keandalan sistem ini lebih rendah dibanding dengan system lainnya. Kurangnya keandalan disebabkan karena hanya terdapat satu jalur utama yang menyuplai gardu distribusi, sehingga apabila jalur utama tersebut mengalami gangguan, maka seluruh gardu akan ikut padam. Kerugian lain yaitu mutu tegangan pada gardu distribusi yang paling ujung kurang baik, hal ini dikarenakan jatuh tegangan terbesar ada diujung saluran .

2.3.2. Jaringan Hantaran Penghubung (Tie Line)

Sistem distribusi Tie Line seperti Gambar 2.3. digunakan untuk pelanggan penting yang tidak boleh padam (Bandar Udara, Rumah Sakit, dan lain-lain).



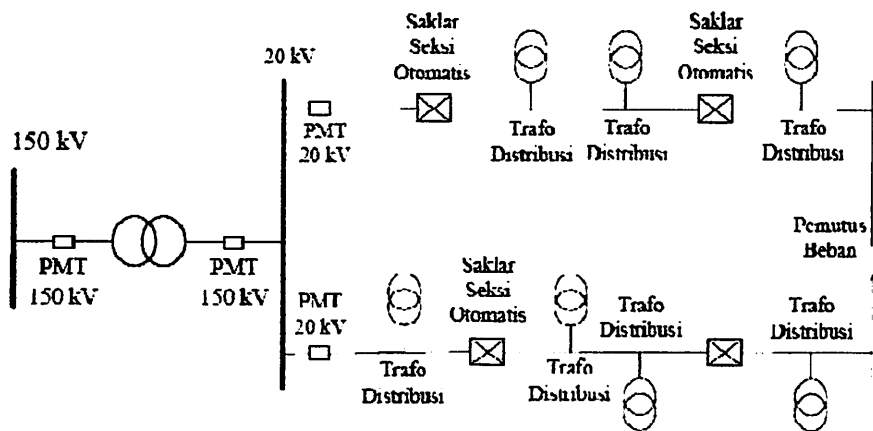
Gambar 2.3
Konfigurasi Jaringan Hantaran Penghubung

Sistem ini memiliki minimal dua penyulang sekaligus dengan tambahan Automatic Change Over Switch / Automatic Transfer Switch, setiap penyulang

terkoneksi ke gardu pelanggan khusus tersebut sehingga bila salah satu penyulang mengalami gangguan maka pasokan listrik akan di pindah ke penyulang lain (Sukmawidjaja, 2008).

2.3.3. Jaringan Lingkar (Loop)

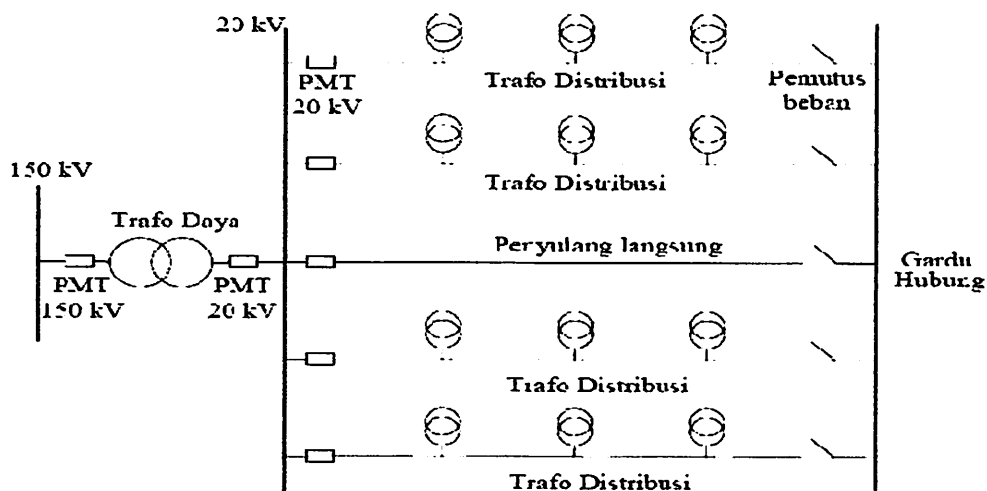
Pada Jaringan Tegangan Menengah Struktur Lingkaran (Loop) seperti Gambar 2.4. dimungkinkan pemasokannya dari beberapa gardu induk, sehingga dengan demikian tingkat keandalannya relatif lebih baik (Sukmawidjaja, 2008).



Gambar 2.4
Konfigurasi Jaringan Loop

2.3.4. Jaringan Spindel

Sistem Spindel seperti pada Gambar 2.5. adalah suatu pola kombinasi jaringan dari pola Radial dan Ring. Spindel terdiri dari beberapa penyulang (feeder) yang tegangannya diberikan dari Gardu Induk dan tegangan tersebut berakhir pada sebuah Gardu Hubung (Sukmawidjaja, 2008).



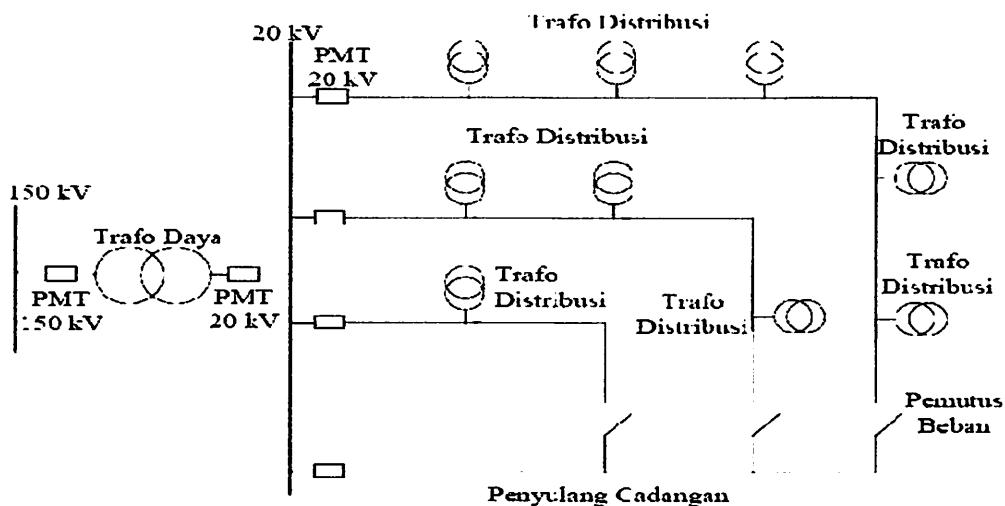
Gambar 2.5
Konfigurasi Jaringan Spindel

Pada sebuah spindel biasanya terdiri dari beberapa penyulang aktif dan sebuah penyulang cadangan (*express*) yang akan dihubungkan melalui gardu hubung. Pola Spindel biasanya digunakan pada jaringan tegangan menengah (JTM) yang menggunakan kabel tanah/saluran kabel tanah tegangan menengah (SKTM).

Namun pada pengoperasiannya, sistem Spindel berfungsi sebagai sistem Radial. Di dalam sebuah penyulang aktif terdiri dari gardu distribusi yang berfungsi untuk mendistribusikan tegangan kepada konsumen baik konsumen tegangan rendah (TR) atau tegangan menengah (TM).

2.3.5. Sistem Gugus atau Sistem Kluster

Konfigurasi Gugus seperti pada Gambar 2.6. banyak digunakan untuk kota besar yang mempunyai kerapatan beban yang tinggi. Dalam sistem ini terdapat Saklar Pemutus Beban, dan penyulang cadangan.

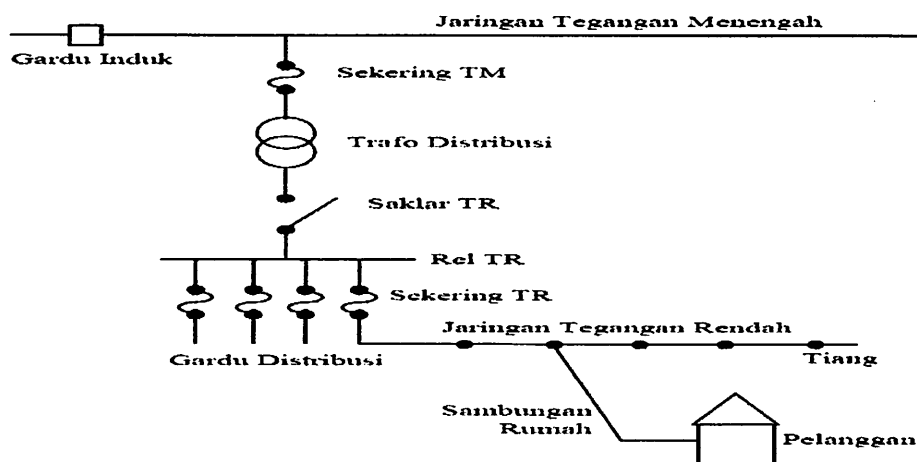


Gambar 2.6
Konfigurasi Jaringan kluster

Dimana penyulang ini berfungsi bila ada gangguan yang terjadi pada salah satu penyulang konsumen maka penyulang cadangan inilah yang menggantikan fungsi suplai kekonsumen (Sukmawidjaja, 2008).

2.4. Sistem Distribusi Sekunder (Jaringan Tegangan Rendah 380/220V)

Sistem distribusi sekunder seperti pada Gambar 2.7. merupakan salah satu bagian dalam sistem distribusi, yaitu mulai dari gardu trafo sampai pada pemakai akhir atau konsumen (Sukmawidjaja, 2008).



Gambar 2.7
Hubungan tegangan menengah ke tegangan rendah dan konsumen

Melihat letaknya, sistem distribusi ini merupakan bagian yang langsung berhubungan dengan konsumen, jadi sistem ini selain berfungsi menerima daya listrik

dari sumber daya (trafo distribusi), juga akan mengirimkan serta mendistribusikan daya tersebut ke konsumen. Mengingat bagian ini berhubungan langsung dengan konsumen, maka kualitas listrik selanjutnya harus sangat diperhatikan.

Jatuh tegangan pada sistem distribusi mencakup jatuh tegangan pada:

1. Penyulang Tegangan Menengah (TM)
2. Transformator Distribusi
3. Penyulang Jaringan Tegangan Rendah
4. Instalasi rumah.

Jatuh tegangan adalah perbedaan tegangan antara tegangan kirim dan tegangan terima karena adanya impedansi pada penghantar. Maka pemilihan penghantar (penampang penghantar) untuk tegangan menengah harus diperhatikan. Jatuh tegangan yang di-ijinkan tidak boleh lebih dari 5% ($\Delta V \geq 5\%$). Secara umum ΔV dibatasi sampai dengan 3,5%.

2.5. Gangguan Dalam Sistem Tenaga Listrik

Pada dasarnya gangguan dalam sistem distribusi tenaga listrik dapat dibedakan menjadi dua bagian, yaitu gangguan yang bersifat sementara dan yang bersifat permanen, gangguan yang bersifat sementara atau *temporary* biasanya hanya terjadi dalam waktu yang sebentar, kemudian normal kembali. Sehingga apabila terjadi gangguan sementara maka diusahakan tidak sampai trip pada sistem secara keseluruhan, karena menyangkut kontinuitas pelayanan ke beban. (Basri Hasan 1997)

Secara umum jenis gangguan yang dapat terjadi dapat digolongkan menjadi tiga macam yaitu:

- a. Gangguan shunt
 1. Gangguan tiga fasa (3ϕ)
 2. Gangguan line to line (L-L)
 3. Gangguan double line to ground (2L-G)
 4. Gangguan single line to ground (SL-G)
- b. Gangguan seri
 1. Gangguan satu saluran terbuka
 2. Gangguan dua saluran terbuka
 3. Impedansi seri tak seimbang
- c. Gangguan simultan, merupakan dua jenis gangguan yang terjadi pada waktu yang bersamaan, berupa:

1. Gangguan shunt dengan gangguan shunt
2. Gangguan shunt dengan gangguan seri
3. Gangguan seri dengan gangguan seri

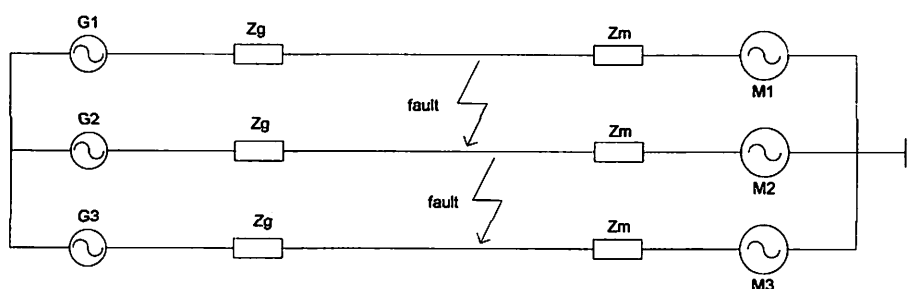
Dari bermacam-macam gangguan di atas tersebut, gangguan dapat dikelompokkan lagi menjadi dua bagian yaitu:

1. Gangguan hubung singkat simetris

Gangguan hubungan singkat tiga fasa merupakan jenis gangguan hubungan singkat simetris, sedangkan gangguan yang lain merupakan gangguan tidak simetris. Gangguan arus hubung singkat ini menyebabkan timbulnya arus yang sangat besar yang melewati kapasitas arus yang diijinkan, adapun akibat-akibat yang ditimbulkan dengan adanya gangguan hubung singkat tersebut:

- Rusaknya peralatan-peralatan listrik yang berada dekat dengan gangguan yang disebabkan arus-arus yang besar, arus tidak seimbang maupun tegangan-tegangan rendah.
- Terhentinya kontinuitas pelayanan listrik kepada konsumen apabila gangguan tersebut sampai mengakibatkan terputusnya *circuit* yang biasa disebut dengan pemadaman listrik.

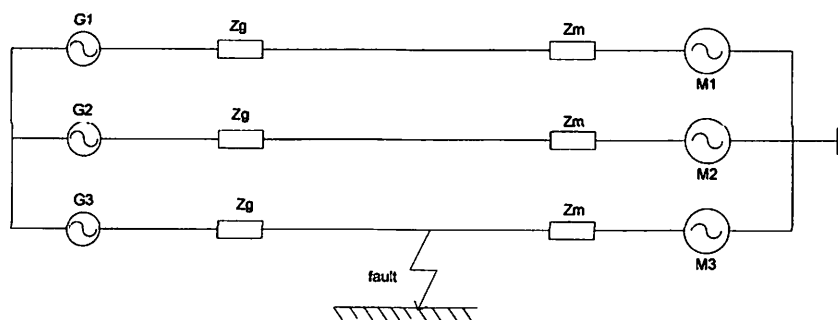
Untuk menganalisa gangguan pada rangkaian tiga fasa seimbang, maka menganalisisnya dapat diselesaikan secara langsung dengan menggunakan rangkaian setara fasa tunggal.



Gambar 2.8
Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa

2. Gangguan hubung singkat tak simetris

Hampir semua gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik adalah merupakan gangguan tidak simetri. Gangguan tidak simetri ini terjadi sebagai akibat dari gangguan satu fasa ke tanah, gangguan antar fasa atau gangguan dua fasa ke tanah (Stevenson 1996).



Gambar 2.9
Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ke-Tanah

2.6. Kualitas Daya Elektrik

2.6.1. Klasifikasi Kualitas Daya

Istilah kualitas daya digunakan secara luas dalam fenomena elektromagnetik pada system daya. Peningkatan penggunaan peralatan elektronika telah memberikan keinginan yang sangat tinggi dalam menganalisis kualitas system dengan pengembangan terminologi khusus untuk menggambarkan fenomena tersebut (Soeprapto, 2004).

Gangguan pada kualitas daya elektrik dapat dikategorikan sebagai berikut:

1. Transien tegangan lebih : Transien tegangan lebih ini berupa transien implus yang disebabkan oleh sambaran petir dan transien osilasi disebabkan oleh energisasi kapasitor bank, energisasi saluran dan Transformator.
2. Gangguan Variasi tegangan : gangguan variasi tegangan ini disebabkan pengasutan motor mengakibatkan terjadinya tegangan seperti *voltage Dip*, *Swell* dan interupsi.
3. Distorsi Harmonisa : Harmonisa ini muncul sebagai akibat dari beroperasinya beban nonlinier satu fasa dan harmonisa ketiga serta beban nonlinier tiga fasa.
4. Fluktuasi Tegangan : Gangguan ini disebabkan oleh adanya fliker dan gangguan tidak seimbang.

Dengan semakin tingginya biaya atau tarif listrik, maka tuntutan keandalan kualitas daya listrik menjadi pertimbangan utama. Kualitas daya listrik sangat dipengaruhi oleh penggunaan jenis-jenis beban tertentu, salah satunya pemakaian beban non linier. Dengan adanya pengoperasian beban seperti ini maka akan menghasilkan kualitas tegangan yang buruk dan dampaknya mempengaruhi kualitas daya, sehingga menimbulkan banyak kerugian-kerugian. Untuk mendapatkan kualitas tenaga listrik yang baik, maka perlu dilakukan langkah-langkah perbaikan kualitas daya, yaitu dengan

cara melakukan audit *power quality* guna menentukan langkah-langkah serta upaya yang tepat untuk mengurangi kualitas tegangan yang buruk, contohnya dengan menggunakan alat kompensasi. Sehingga kerugian dapat diminimalkan agar kualitas tenaga listrik dapat optimal sehingga kontinuitas pelayanan semakin terjaga.

2.6.2. Daya dalam Sistem Tenaga Listrik

2.6.2.1. Daya aktif (*Active Power*)

Secara umum daya aktif dinyatakan oleh persamaan : (Basri Hasan 1997)

$$P = [V][I] \cos \varphi \dots\dots\dots(2-1)$$

dimana :

V = tegangan

I = Arus

P = Daya rata-rata yang disebut juga daya aktif.

2.6.2.2. Daya Reaktif (*Reactive Power*)

Daya reaktif adalah daya yang timbul karena adanya pembentukan medan magnet pada beban-beban induktif (VAR).

Persamaan daya reaktif adalah :

$$Q = [V][I] \sin \varphi \dots\dots\dots(2-2)$$

Dua macam daya reaktif yaitu : daya reaktif induktif dan daya reaktif kapasitif, dimana keduanya memiliki tanda yang berlawanan. Daya reaktif kapasitif adalah daya yang dibutuhkan oleh kapasitor yang tidak menghasilkan kerja, tetapi tersimpan dalam bentuk energi magnetis atau energi kapasitif.

Daya reaktif induktif adalah daya listrik yang dibutuhkan untuk menghasilkan medan magnet yang dibutuhkan oleh alat-alat seperti motor induksi, transformator dan sebagainya.

2.6.2.3. Daya Semu (*Apparent Power*)

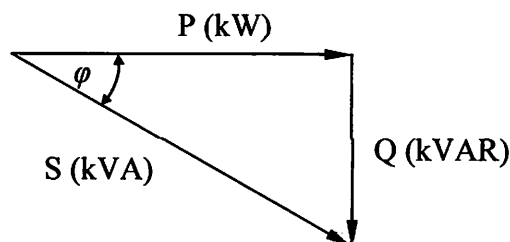
Daya semu merupakan penjumlahan secara vektoris antara daya aktif dan daya reaktif.

2.6.2.4. Power Factor

Faktor daya pada dasarnya didefinisikan sebagai perbandingan antara daya nyata dan daya semu, dinyatakan oleh persamaan:

$$\text{Faktor Daya} = \frac{\text{Daya Nyata}(kW)}{\text{Daya Semu}(kVA)} \dots\dots\dots(2-3)$$

Untuk daya sendiri dibentuk oleh dua komponen, daya nyata (P) dan komponen daya reaktif (Q). Hubungan ini dapat digambarkan dalam diagram vektor berikut:



Gambar 2.10
Segitiga Daya

Dengan Faktor Daya:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{kW}{kVA} \dots\dots\dots(2-4)$$

$$kW = kVA \cos \varphi \dots\dots\dots(2-5)$$

$$kVAR = kVA \sin \varphi = kW \tan \varphi \dots\dots\dots(2-6)$$

$$\tan \varphi = \frac{kVAR}{kW} \dots\dots\dots(2-7)$$

dengan:

$\cos \varphi$ = Faktor Daya

P = Daya Nyata (kW)

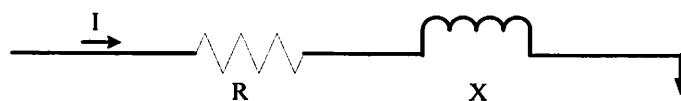
S = Daya Semu (kVA)

Q = Daya Reaktif (kVAR)

Beberapa sebab sistem distribusi mempunyai faktor daya yang rendah, yaitu:

- Banyaknya pemakaian motor asinkron terutama pada industri.
- Makin meningkatnya pemakaian lampu TL untuk penerangan.
- Pemakaian pemanas air.

Menurunnya faktor daya berarti mengecilnya perbandingan antara daya nyata dengan daya semu atau berarti semakin membesarnya kebutuhan beban dan daya aktif.



Gambar 2.11
Saluran Distribusi Primer (Basri Hasan 1997)

Karena pada saluran terdapat resistansi R dan reaktansi X , maka rugi daya (P_L) dirumuskan sebagai berikut:

$$P_L = I^2 R$$

$$= (I \cos \varphi)^2 R + (I \sin \varphi)^2 R \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana :

I adalah arus dengan satuan Ampere (A)

R adalah tahanan dengan satuan Ohm (Ω)

2.7. Sistem Per Unit

Sistem Tenaga Listrik dioperasikan pada tingkat tegangan dimana kilovolt unit yang sangat memudahkan karena untuk menyatakan tegangan. Karena besarnya daya yang harus disalurkan, kilowatt atau megawatt dan kilovolt-ampere atau megavolt-ampere adalah istilah-istilah yang sudah biasa dipakai. Tetapi, kuantitas-kuantitas tersebut diatas bersama-sama dengan ampere dan ohm sering juga dinyatakan sebagai suatu presentase atau per unit dari suatu nilai dasar atau referensi yang ditentukan untuk masing-masing. Definisi nilai per unit untuk suatu kuantitas ialah perbandingan kuantitas tersebut terhadap nilai dasarnya yang dinyatakan dalam desimal. (William D. Stevenson 1990)

Tegangan, arus, kilovoltampere dan impedansi mempunyai hubungan sedemikian rupa sehingga pemilihan nilai dasar untuk dua saja dari kuantitas-kuantitas tersebut sudah dengan sendirinya menentukan nilai dasar untuk kuantitas lainnya. Jika nilai dasar antara arus dan tegangan sudah dipilih, maka nilai dasar dari impedansi dan kilovoltampere dapat ditentukan. Impedansi dasar adalah impedansi yang akan menimbulkan jatuh tegangan (voltage drop) padanya sendiri sesuai tegangan dasar, jika arus yang mengalirnya sama dengan arus dasar. Kilovoltampere dasar pada sistem fasa tunggal adalah hasil perkalian dari tegangan dasar dalam kilovolt dan arus dasar dalam ampere. Biasanya megavoltampere dasar dan tegangan dasar dalam kilovolt adalah kuantitas yang dipilih untuk menentukan dasar atau referensi. Jadi untuk sistem tiga fasa tunggal atau sistem tiga fasa dimana istilah arus berarti arus saluran, istilah tegangan

berarti tegangan ke netral, dan istilah kilovoltampere berarti kilovoltampere per fasa, berlaku rumus-rumus berikut ini untuk hitungan bermacam-macam kuantitas :

$$\text{Arus Dasar} = \frac{\text{Dasar } kVA_{3\phi}}{\text{Tegangan Dasar, } kV_{LN}} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$\text{Impedansi Dasar} = \frac{\text{Tegangan Dasar, } V_{LN}}{\text{Arus Dasar, } A} \dots\dots\dots (2.11)$$

$$\text{Impedansi Dasar} = \frac{(\text{Tegangan Dasar, } V_{LN})^2 \times 1000}{\text{Dasar } kVA_{1\phi}} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$\text{Impedansi Dasar} = \frac{(\text{Tegangan Dasar, } V_{LN})^2}{\text{Dasar } MVA_{1\phi}} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$\text{Daya Dasar, } kW_{1\phi} = \text{dasar } kVA_{1\phi} \dots\dots\dots (2.14)$$

$$\text{Daya Dasar, } MW_{1\phi} = \text{dasar } MVA \dots\dots\dots (2.15)$$

$$\text{Impedansi Per unit Suatu elemen rangkaian} = \frac{\text{Impedansi sebenarnya, } \Omega}{\text{Impedansi Dasar, } \Omega} \dots\dots (2.16)$$

Dalam persamaan diatas subkrip 1Ø dan LN berturut-turut menunjukkan "per fasa" dan "saluran ke netral", untuk persamaan-persamaan yang berlakubagi rangkaian tiga fasa. Jika rangkaian-rangkaian itu digunakan untuk rangkaian berfasa tunggal, kV_{LN} berarti tegangan pada saluran berfasa tunggal atau tegangan saluran ke tanah jika salah satu salurannya di ketanahkan.

Impedansi Dasar dan arus dasar dapat langsung dihitung dari nilai-nilai tiga dasar untuk kilovolt dasar dan kilovoltampere dasar. Jika kita mengartikan kilovoltampere dasar dan tegangan dasar dalam kilovolt berturtu-turut sama dengan kilovoltampere dasar untuk total tiga fasa dan tegangan dasar antar saluran maka kita peroleh :

$$\text{Arus Dasar} = \frac{\text{dasar } kVA_{3\phi}}{\sqrt{3} \times \text{Tegangan Dasar, } kV_{LL}} \dots\dots\dots (2.17)$$

Dan dari persamaan (2,9)

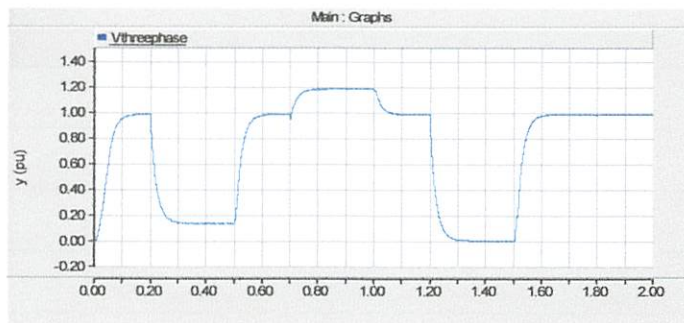
$$\text{Impedansi Dasar} = \frac{(\text{Tegangan Dasar, } kV_{LL}/\sqrt{3})^2 \times 1000}{\text{Dasar } kVA_{3\phi} / 3\text{dasar}} \dots\dots\dots (2.18)$$

$$\text{Impedansi Dasar} = \frac{(\text{Tegangan Dasar, } kV_{LL})^2 \times 1000}{kVA_{3\phi} \text{ Dasar}} \dots\dots\dots (2.19)$$

$$\text{Impedansi Dasar} = \frac{(\text{Tegangan Dasar, kV}_{LL})^2}{\text{Dasar MVA}_{3\phi \text{ dasar}}} \dots\dots\dots (2.20)$$

2.8 Tegangan Sag (Voltage Sag)

Kebutuhan akan energi listrik yang terus berkembang menghendaki suatu kontinuitas pencatutan dan juga memerlukan kualitas dari bentuk tegangannya. Kualitas daya listrik (*power quality*) merupakan syarat yang harus dipenuhi agar peralatan listrik dapat berfungsi dengan benar. Jika kualitas daya tidak terpenuhi maka dapat menyebabkan kerusakan peralatan tersebut misalnya disebabkan karena adanya tegangan *sag*. Tegangan *sag* dapat terjadi pada suatu sistem distribusi tenaga listrik akibat adanya gangguan hubung singkat. (Stevenson, 1990).



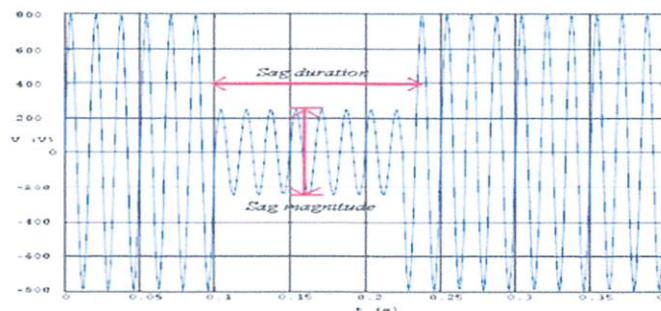
Gambar 2.12

Ilustrasi *Voltage Sag* selama (200-500 ms) dan *Voltage Swell* selama (700-1000 ms)

2.8.1 Penyebab *Voltage Sag*

Voltage Sag atau *Voltage Dip* merupakan penurunan tegangan pada frekuensi daya antara 0.1 dan 0.9 pu selama durasi waktu dari 0.5 *cycles* hingga 1 menit yang disebabkan oleh :

1. Starting beban-beban yang besar seperti motor listrik, dimana hal ini akan menghasilkan perubahan yang cepat dari tegangan (Anaya, 2002).



Gambar 2.13

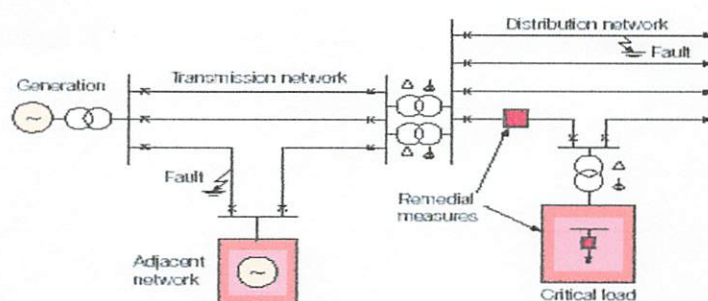
Ilustrasi *Voltage Sag* arus pada frekuensi tegangan di bawah 0.95 pu untuk durasi dari 0.5 *cycle* hingga 1 menit

2. Saat de-energisasi kapasitor
3. Gangguan hubung singkat
4. Pengoperasian pemanas elektrik
5. Umumnya karena adanya kehilangan koneksi

Besaran *voltage sag* tergantung pada

1. Lokasi gangguan.
2. Tipe gangguan: satu-, dua- atau tiga-fasa; ditanahkan atau tidak ditanahkan.
3. Impedansi gangguan / resistansi.

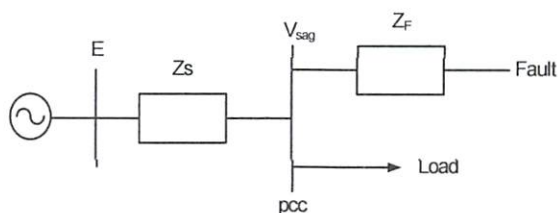
Terjadinya *Voltage Sag* akibat *fault* dapat diilustrasikan pada Gambar 2.14



Gambar. 2.14
Gambaran Terjadinya *Voltage Sag*

2.8.2 Perhitungan Nilai *Voltage Sag* dalam Sistem

Untuk menghitung besaran *voltage sag* pada sistem radial dapat dilihat pada contoh model yang ditunjukkan pada Gambar 2.15



Gambar. 2.15
Model Pembagi Tegangan untuk *Voltage Sag* dan *Voltage Swell*

Dari Gambar 2.15 diatas dilihat adanya 2 impedansi yaitu; Z_s (impedansi sumber pada titik kopling bersama) dan Z_F (impedansi antara titik kopling bersama dan gangguan). Titik kopling bersama (*point of common coupling* atau PCC) adalah titik dimana cabang-cabang arus beban dalam posisi off dari arus gangguan. Jadi besaran kedip tegangan dinyatakan dengan persamaan:

$$V_{sag} = \frac{Z_F}{Z_s + Z_F} * E \dots\dots\dots(2-8)$$

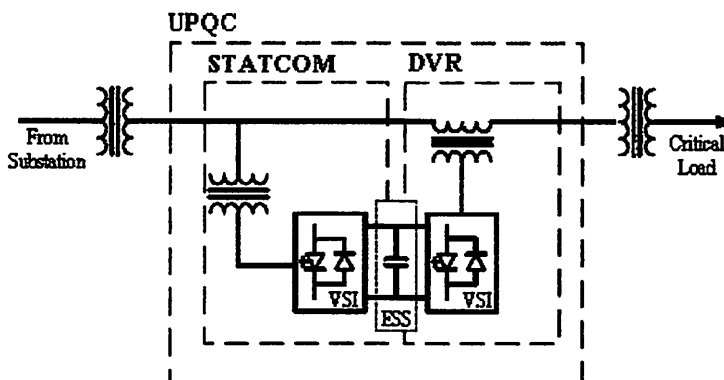
Persamaan 1 dapat digunakan untuk menghitung besaran *voltage sag* sebagai fungsi dari jarak terhadap gangguan. Karenanya dinyatakan $Z_F = Z * L$, dimana Z adalah impedansi dari saluran per unit panjang dan L adalah jarak antara kesalahan dan PCC. Besaran kedip tegangan sebagai fungsi dari jarak terhadap gangguan dinyatakan dengan persamaan:

$$V_{sags} = \frac{zL}{Z_s + zL} * E \dots\dots\dots(2-9)$$

Tegangan sag berbeda dengan tegangan kurang (*under voltage*). Durasi tegangan kurang adalah lebih dari 1 menit dimana dapat dikontrol oleh peralatan regulasi tegangan dan disebabkan oleh sebab lain dari gangguan sistem. Oleh karena itu tegangan kurang dikelompokkan sebagai variasi tegangan durasi panjang.

2.9. Prinsip Dasar Operasi UPQC

UPQC merupakan pengontrol yang biasanya digunakan untuk meminimalisasikan *Voltage Sag*. UPQC ialah kombinasi dari *shunt* kompensator *D-STATCOM* dan *series* kompensator *DVR*. UPQC memungkinkan dapat mengatasi gangguan tegangan dan arus yang disebabkan oleh beban-beban sensitif serta kompensasi daya reaktif pada beban. UPQC dapat mengkompensasi tegangan secara serentak dari gangguan *voltage sag* dan daya reaktif. Struktur dasar dari peralatan ini seperti gambar di bawah ini: (T.Devaraju,Veera Reddy,Vijaya Kumar)



Gambar. 2.16
Konfigurasi perangkat UPQC

2.10. Peralatan Elektronika Daya

2.10.1. *Transistor Bipolar*

Transistor bipolar sangat lebih lambat daripada MOSFET. Secara prinsip, hal ini disebabkan oleh waktu gulir mati (*turn-off*) piranti bipolar yang lebih panjang. Kedua adalah resistansi saat kondisi menyambung (*on-state*) piranti bipolar yang relatif tak bergantung (bersifat invarian) terhadap temperatur, dibandingkan dengan adanya nilai koefisien temperatur yang tinggi pada MOSFET. Informasi koefisien temperatur ini merupakan pertimbangan penting dalam perencanaan batas aman thermal pada sistem-sistem yang berdaya tinggi (Soeprpto, 2004).

2.10.2 *Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT)*

IGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistor*), merupakan piranti atau komponen aktif pokok yang kini banyak digunakan dalam bidang Elektronika Daya, seperti UPS (*Uninterruptible Power Supply*), dan sistem pengendali daya atau motor-motor besar di bidang industri.

Adanya suatu kendala tentang kecepatan respon penyakelar (*Switching Devices*) antara lain sulit untuk dimatikan (*turn-off*) dan lambat. Maka dalam hal ini dipilih IGBT yang memiliki kemampuan lebih baik (Soeprpto, 2004).

2.11. Sistem Pengendalian PWM

Gelombang sinusoidal pada tiga VSC dikendalikan dengan teknik PWM. Rencana kendali berdasarkan PWM untuk UPQC diterangkan pada bab ini. Tujuan rencana kendali adalah untuk memelihara *magnitude* tegangan konstan suatu beban sensitif. Sistem kendali mengukur tegangan *rms* di titik beban, tidak dibutuhkan pengukuran daya reaktif, strategi penyakelaran VSC adalah berdasarkan pada suatu teknik PWM sinusoidal yang sederhana dan memberikan respon yang baik. Metode PWM menawarkan suatu pilihan yang lebih fleksibel. Suatu sinyal error diperoleh dengan membandingkan tegangan acuan dengan tegangan *rms* pengukuran di titik beban. Pengontrol PI memproses sinyal error dan menghasilkan sudut penundaan yang diperlukan (δ) untuk membawa kesalahan itu menjadi nol. Dalam generator PWM, kendali sinyal sinusoidal adalah *phase-modulated* dengan cara sudut (δ). Sinyal yang diatur dibandingkan dengan suatu sinyal bersegi tiga (*carrier*) dengan tujuan menghasilkan sinyal penyakelaran untuk VSC. Parameter utama dalam rencana sinusoidal PWM adalah index sinyal amplitudo modulasi (m_a) pada sinyal $V_{control}$, dan

sinyal segitiga pada index modulasi frekuensi (mf). Index Amplitudo M_a dipertahankan tetap pada 1 (pu), dalam hal memperoleh komponen dasar tegangan tinggi pada pengontrol keluaran. Frekwensi Switching ditetapkan pada 450 Hz, $M_f=9$ dan kasus pengujian dilakukan pada jaringan yang stabil. Sudut modulasi diterapkan pada pembangkit sinyal PWM pada fasa A. Untuk Fasa B dan C dengan pergeseran berturut turut 120° dan 240° . Penerapan pengendalian sangat sederhana dengan menggunakan sinyal tegangan sebagai variabel umpan balik dalam perencanaan pengontrolan. Kecepatan respon dan efektifitas perencanaan pengontrolan ditunjukkan dalam simulasi.

BAB III
PERBAIKAN KUALITAS TEGANGAN DENGAN PENGATURAN SISTEM
DAYA MENGGUNAKAN UPQC

3.1. *Software PSCAD/EMTDC V 4.2 Power Simulation*

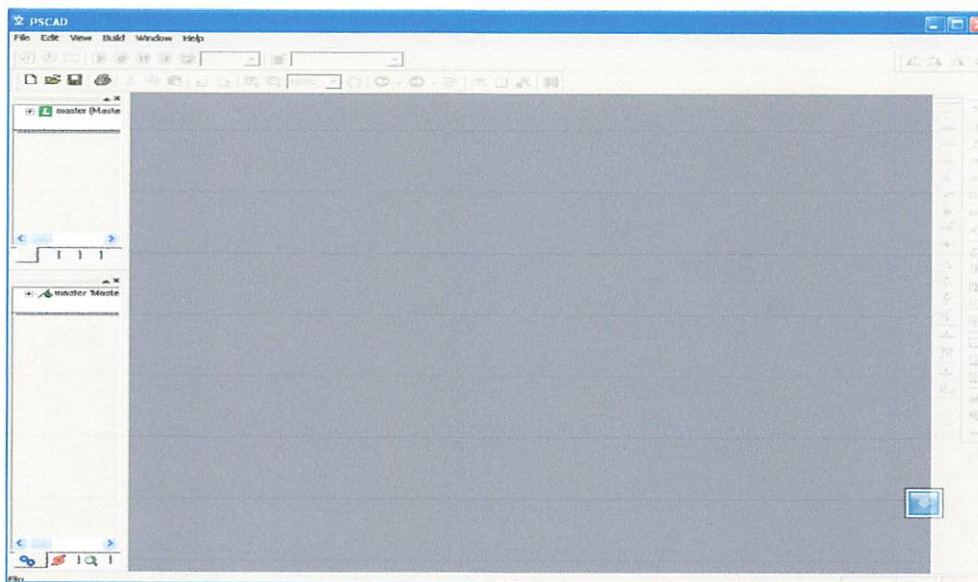
PSCAD (*Power System CAD*) adalah *graphical user interface* yang sangat baik dan fleksibel. PSCAD memungkinkan pengguna menggambar mengkonstruksi sebuah rangkaian, menjalankan sebuah simulasi, analisa hasil dan manajemen data terintegrasi secara lengkap. Penggambaran, pengontrolan dan pengukuran juga tersedia, jadi pengguna dapat mengubah parameter sistem, menjalankan simulasi dan melihat hasil secara langsung.

Dibawah ini adalah model umum yang terdapat di dalam studi sistem menggunakan PSCAD/EMTDC (Anaya, 2002) :

- *Resistors, inductors, capacitors*
- *Mutually coupled windings, such as transformers*
- *Frequency dependent transmission lines and cables (including the most accurate time domain line model in the world)*
- *Current and voltage sources*
- *Switches and breakers*
- *Protection and relaying*
- *Diodes, thyristors, GTOs, IGBTs*
- *Analog and digital control functions*
- *AC and DC machines, exciters, governors, stabilizers and inertial models*
- *Meters and measuring functions*
- *Generic DC and AC controls*
- *HVDC, SVC, and other FACTS controllers*
- *Wind source, turbines and governors*

3.1.1. Memulai *PSCAD/EMTDC Power Simulation*

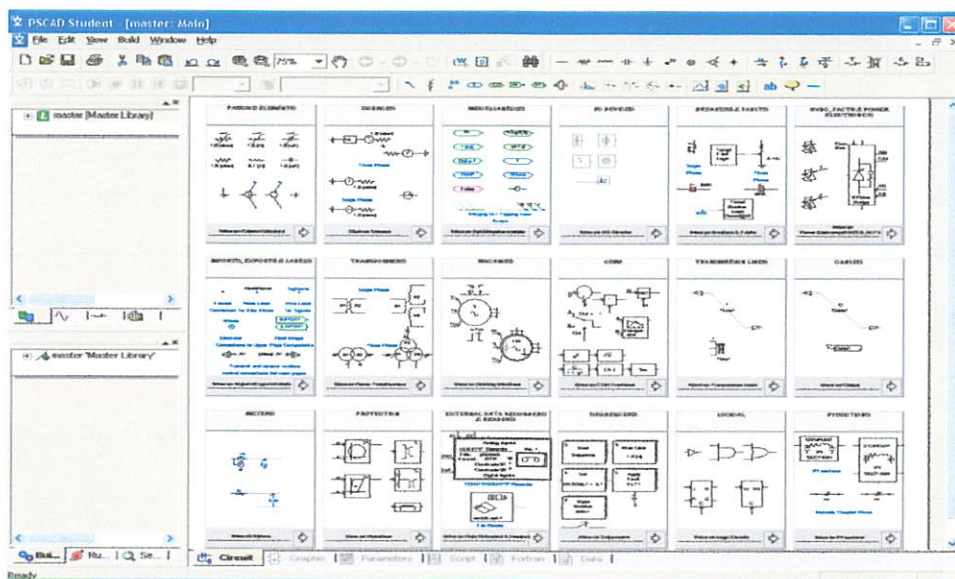
Tampilan Utama *PSCAD Power Simulation* adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1

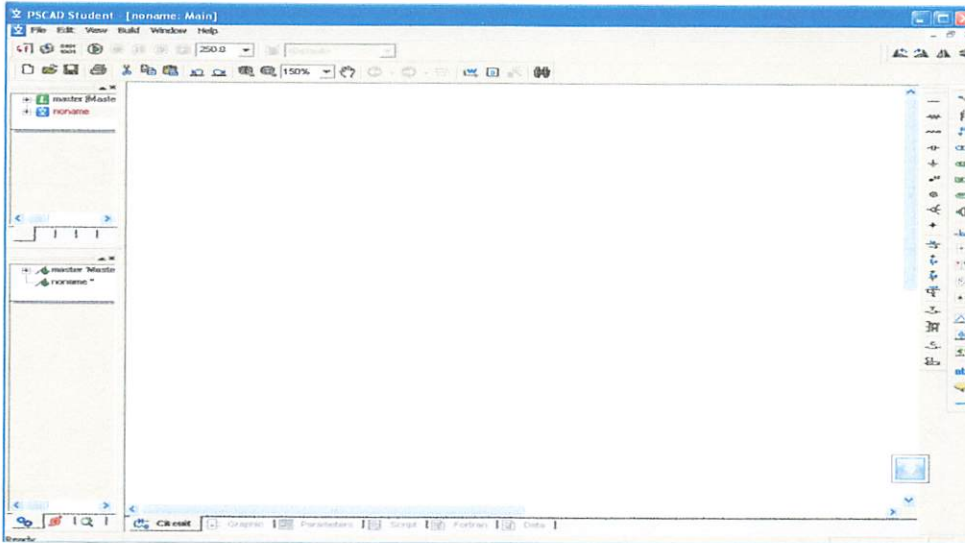
Tampilan utama *Software PSCAD/EMTDC Power Simulation*

- Untuk memulai membuat *single line* baru maka kita klik: File > New > case. Setelah melakukan prosedur di atas secara *default* PSCAD akan memberi nama *file* baru yang kita buat dengan nama "noname". Kemudian kita klik nama *file*-nya maka akan muncul tampilan seperti Gambar 3.2.
- Semua komponen yang akan digunakan dalam menggambar *single line* terdapat di dalam *Master Library* seperti pada tampilan di bawah ini. Untuk menggunakan *right klik on the component* > *copy* dan kemudian *paste* pada modul.



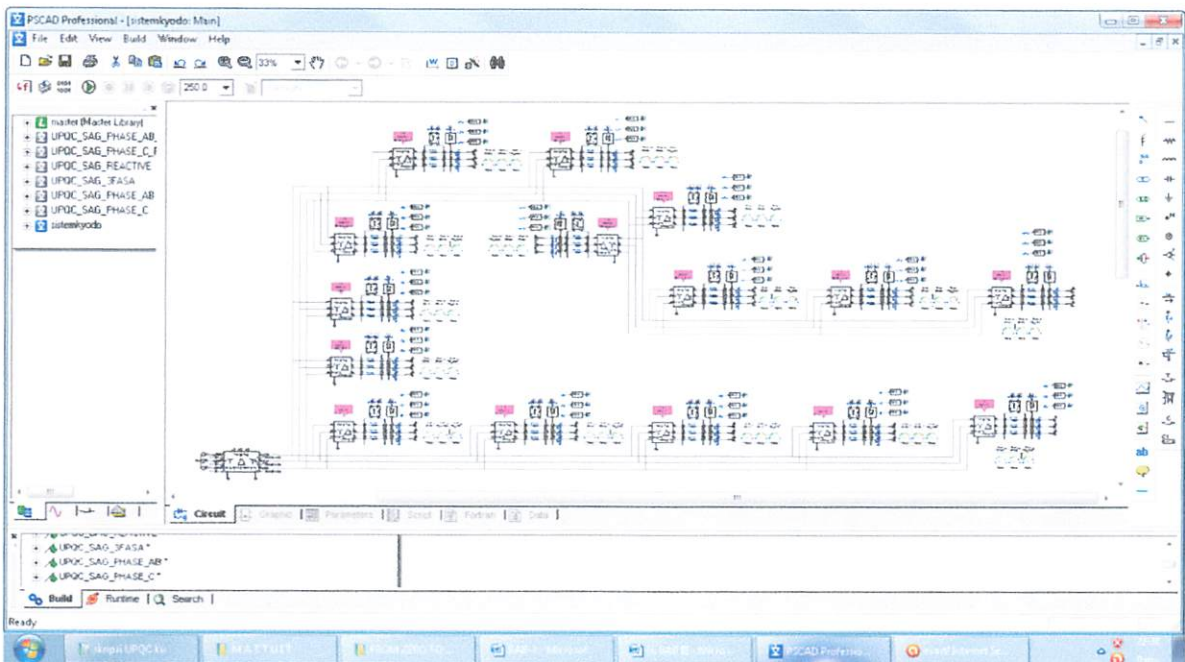
Gambar 3.2.
Tampilan *Master Library*

- *Double klik file* baru yang sudah dibuat, maka akan muncul tampilan seperti di bawah ini, komponen-komponen dirangkai dalam modul ini.



Gambar 3.3
Tampilan Modul Utama

- Setelah mendesain sistem seperti yang dibutuhkan, maka dapat kita lihat tampilan *single line* dalam modul utama sebagai berikut.

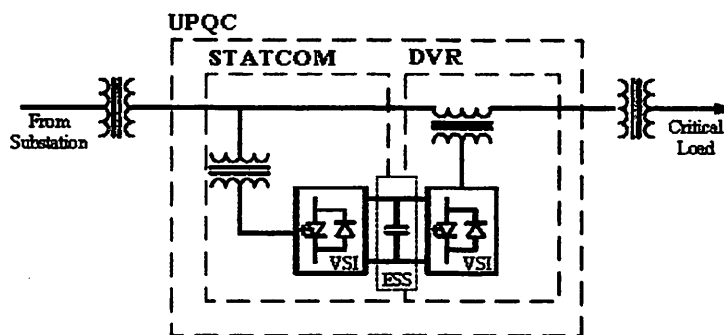


Gambar 3.4
Tampilan *Single Line* Penyulang Kyodo-Mojokerto Dalam *PSCAD*

3.2. Unified Power Quality Conditioner (UPQC)

3.2.1 Model Unified Power Quality Conditioner (UPQC)

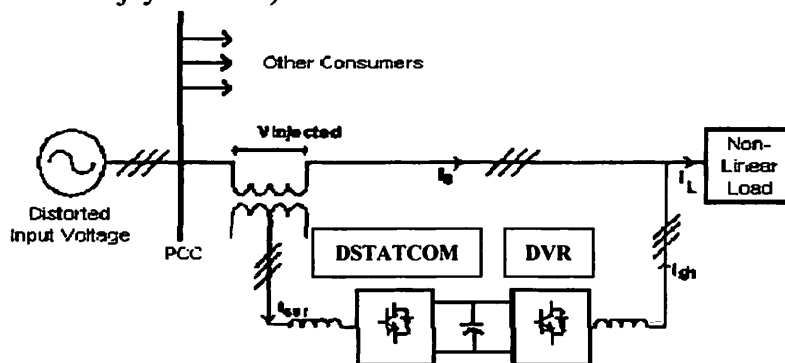
UPQC merupakan pengontrol yang biasanya digunakan untuk meminimalisasikan *Voltage Sag*. UPQC ialah kombinasi dari *shunt* kompensator *D-STATCOM* dan *series* kompensator *DVR*. UPQC memungkinkan dapat mengatasi gangguan tegangan dan arus yang disebabkan oleh beban sensitive serta kompensasi daya reaktif pada beban. UPQC dapat mengkompensasi tegangan secara serentak dari gangguan *voltage sag* dan daya reaktif. Struktur dasar dari peralatan ini seperti gambar di bawah ini:



Gambar. 3.5
Konfigurasi perangkat UPQC

3.2.2 Klasifikasi Peralatan FACTS DEVICE

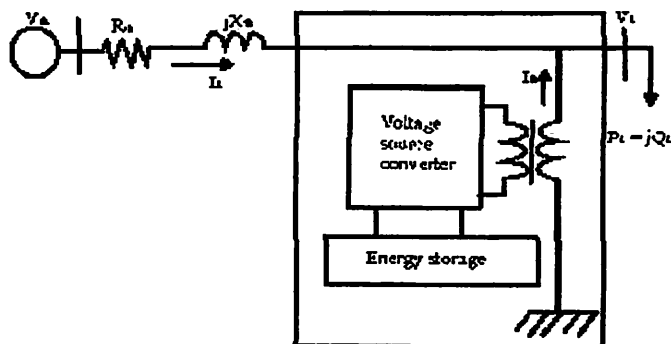
Perangkat kompensasi biasanya digunakan sebagai aktif filter, beban seimbang, koreksi faktor daya dan regulasi tegangan. Alat kompensasi yang biasa di kenal yaitu *DVR* dan *D-STATCOM*. *D-STATCOM* di hubungkan secara *shunt* dengan sistem. *DVR* adalah perangkat kompensasi yang di hubungkan secara seri guna menginjeksikan tegangan dengan cepat untuk mengkompensasi tegangan. struktur UPQC adalah menginjeksi tegangan dan arus *shunt* ke dalam system. (T.Devaraju, Dr. V.C.Veera Reddy, Dr. M. Vijaya Kumar)



Gambar 3.6
Skema Unified Power QualityConditioner

3.2.2.1 D-STATCOM (DISTRIBUTION STATIC COMPENSATOR)

Bentuk umum dari *Distribution Static Compensator* terdiri dari suatu gabungan dua level VSC, suatu sumber DC dan trafo penggabungan yang dihubungkan secara *shunt* dengan sistem arus bolak-balik dan unit kontrol yang terhubung. Bentuknya dapat dirancang lebih canggih menggunakan *multipulse* atau konfigurasi *multilevel*.



Gambar 3.7
Diagram blok fungsional D-STATCOM

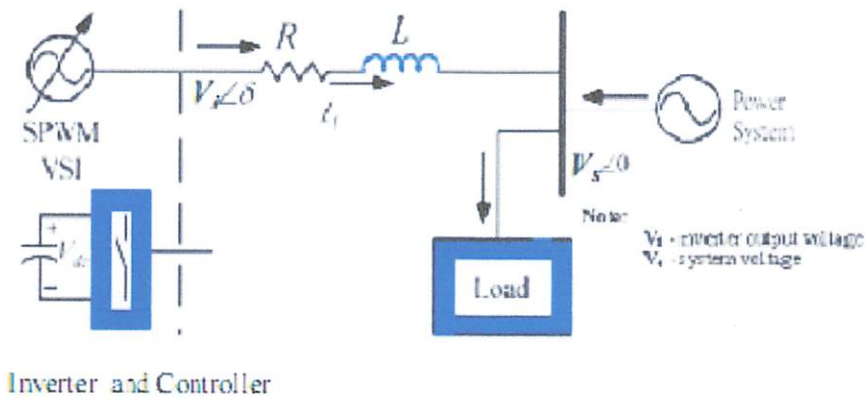
Pada gambar 3.7 menunjukkan diagram blok fungsional D-STATCOM, dimana VSC mengkonversi tegangan DC melewati peralatan sampai ke dalam satu keluaran arus bolak-balik tiga fasa. Tegangan ini digabungkan dengan sistem arus bolak-balik melalui reaktansi trafo penggabung. Penyesuaian terhadap keluaran tegangan D-STATCOM memberikan kontrol yang efektif terhadap daya aktif dan daya reaktif dari D-TATCOM dan sistem arus bolak-balik. VSC yang dihubungkan secara *shunt* dengan sistem arus bolak-balik memberikan kontribusi:

1. Mengkompensasi rugi-rugi dari daya reaktif.
2. Memberikan koreksi terhadap faktor daya.

D-STATCOM di sini digunakan untuk meregulasi tegangan yang ada pada titik penyaluran beban (Binti Saudin, 2007).

3.2.2.1.1. Prinsip Dasar Operasi D-STATCOM

D-STATCOM adalah perangkat tiga fasa yang berbasis elektronika yang di pasang secara paralel yang di hubung kan pada saluran distribusi, komponen utama D-STATCOM ditunjukkan pada Gambar 3.8 di bawah ini (Anaya, 2002).

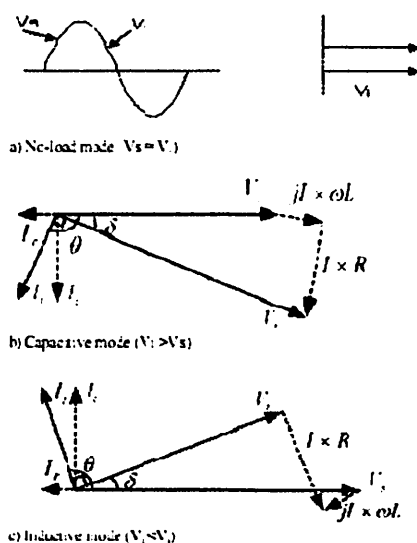


Gambar 3.8
Pembuatan blok DSTATCOM

Terdiri dari kapasitor DC, tiga inverter modul seperti IGBT atau *thyristor*, AC filter, trafo kopling dan pengontrol sistem. Blok elektronik dasar dari D-STATCOM adalah mengkonverter sumber tegangan yang mengubah tegangan input dc menjadi tegangan output tiga fasa dalam bentuk frekuensi.

Mengacu pada Gambar 3.8, controller dari D-STATCOM digunakan untuk mengoperasikan *inverter* sedemikian rupa sehingga sudut fasa antara tegangan *inverter* dan garis tegangan secara dinamis disesuaikan sehingga D-STATCOM menghasilkan atau menyerap VAR yang diinginkan pada titik sambungan. *Out put* tegangan fasa dari *thyristor* berbasis *converter* V_i dikendalikan dalam cara yang sama seperti tegangan sistem distribusi V_s . Gambar 3.9 menunjukkan tiga mode operasi dasar dari keluaran D-STATCOM saat ini yang bervariasi tergantung pada V_i .

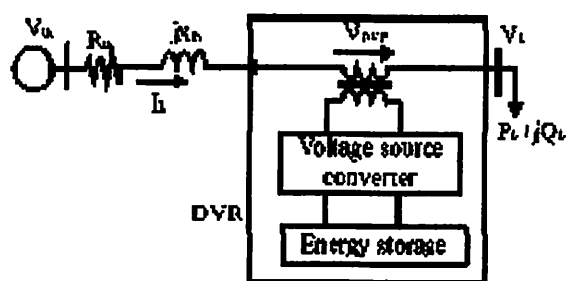
Sebagai contoh, jika V_i sama dengan V_s , daya reaktif adalah nol dan D-STATCOM tidak membuat atau menyerap daya reaktif. Ketika V_i lebih besar dari V_s , D-STATCOM melihat sebuah reaktansi induktif dihubungkan pada terminal. Oleh karena itu, sistem D-STATCOM melihat sebagai reaktansi kapasitif. Arus I mengalir melalui reaktansi trafo dari D-STATCOM ke sistem AC, dan perangkat menghasilkan daya reaktif kapasitif. Selanjutnya, jika V_s lebih besar dari V_i , sistem melihat dan reaktansi induktif dihubungkan pada terminal dan D-STATCOM melihat sistem sebagai reaktansi kapasitif, maka arus mengalir dari sistem AC ke D-STATCOM, mengakibatkan perangkat menyerap daya reaktif induktif.



Gambar 3.9
Model operasi dari D-STATCOM

3.2.2.2 Model *Dynamic Voltage Restorer* (DVR)

Dynamic Voltage Restorer merupakan pengontrol yang biasanya digunakan untuk meminimalisasikan *Voltage Sag*. DVR biasanya bekerja pada bagian yang sama dengan D-STATCOM dimana trafo penghubung dihubungkan secara seri dengan sistem arus bolak-balik seperti yang terlihat pada gambar 3.10.



Gambar 3.10
Diagram blok fungsional untuk DVR

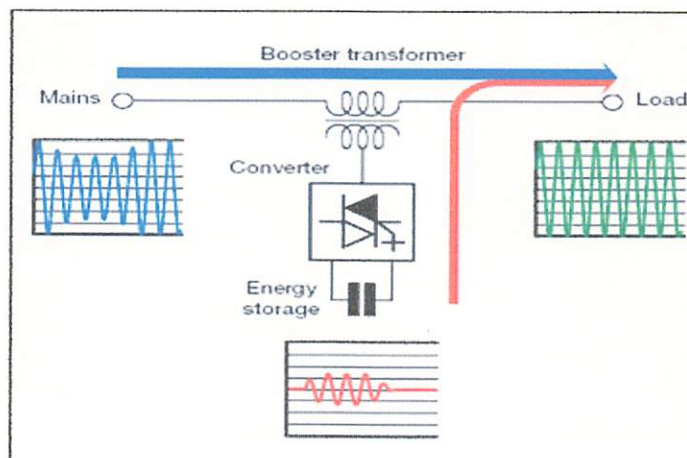
VSC menghasilkan suatu output tegangan arus bolak-balik tiga fasa yang dikontrol pada fasa dan besarnya. Tegangan diberikan ke dalam sistem distribusi arus bolak-balik untuk menjaga tegangan beban sesuai dengan yang diinginkan (Binti Saudin, 2007).

3.2.2.2.1. Prinsip Dasar Operasi DVR

DVR adalah *solid state switching* elektronika daya perangkat yang terdiri baik dari GTO atau IGBT, kapasitor bank sebagai perangkat yang penyimpanan energi dan

injeksi trafo. Hal ini dihubungkan secara seri antara sistem distribusi dan beban yang ditunjukkan pada Gambar 3.11. Prinsip dasar dari DVR ini adalah menyuntikkan tegangan yang di hasilkan dari merubah tenaga yang di ringankan oleh *converter* dalam bentuk seri ke bus tegangan dalam batas kemampuan injeksi trafo. Sebuah kapasitor bank DC yang berfungsi sebagai perangkat penyimpanan energi, menyediakan tegangan DC yang diatur oleh sumber tegangan. Dalam perpindahan dari DC ke AC disini *inverter* mengatur tegangan menghasilkan PWM sinusoida.

Selama kondisi operasi normal, DVR hanya menyuntikkan tegangan kecil untuk mengkompensasi jatuh tegangan saat menginjeksi trafo dan saat mengalami kerusakan perangkat. Namun, ketika *voltage sag* terjadi pada sistem distribusi, sistem kontrol DVR menghitung dan menganalisa tegangan yang diperlukan untuk mempertahankan tegangan output ke beban dengan menyuntikkan tegangan terkontrol dengan *magnitude* tertentu dan sudut fase ke sistem distribusi pada beban kritis (Anaya, 2002).



Gambar 3.11

Prinsip DVR dengan waktu respon kurang dari satu millisecond

Perhatikan bahwa DVR mampu menghasilkan atau menyerap daya reaktif tetapi injeksi daya perangkat aktif harus disediakan oleh sumber energi eksternal atau sistem penyimpanan energi. Waktu respons dari *DVR* yang sangat pendek dan terbatas oleh perangkat elektronika daya dan waktu deteksi *voltage sag*. Respon yang diharapkan waktu sekitar 25 milidetik, dan yang jauh lebih kecil daripada beberapa metode koreksi tegangan seperti tap-perubahan trafo.

3.3 Sistem Pengendalian PWM Sinusoida

3.3.1. PWM Sinusoida pada *Shunt* Kompensator (*D-STATCOM*) dan *Series* Kompensator (*DVR*)

Gelombang sinusoidal pada tiga VSC dikendalikan dengan teknik PWM. Rencana Kendali berdasarkan PWM berkenaan dengan D-STATCOM diterangkan pada bagian ini. Rencana Kendali untuk DVR mengikuti prinsip yang sama. Tujuan rencana kendali adalah untuk memelihara *magnitude* tegangan konstan suatu beban sensitif. Sistem kendali mengukur tegangan rms di titik beban. tidak dibutuhkan pengukuran daya reaktif. strategi penyakelaran VSC adalah didasarkan pada suatu teknik PWM sinusoidal, yang sederhana dan memberikan respon yang baik. Metode PWM menawarkan suatu pilihan yang lebih fleksibel. Suatu sinyal error diperoleh dengan membandingkan tegangan acuan dengan tegangan rms pengukuran di titik beban. pengontrol PI memproses sinyal error dan menghasilkan sudut penundaan yang diperlukan (δ) untuk membawa kesalahan itu menjadi nol. Dalam generator PWM, kendali sinyal sinusoidal adalah *phase-modulated* dengan cara sudut δ . Sinyal yang diatur dibandingkan dengan suatu sinyal bersegi tiga (*carrier*) dalam rangka menghasilkan sinyal penyakelaran untuk VSC. parameter utama dalam rencana sinusoidal PWM adalah index sinyal amplitudo modulasi (m_a) pada sinyal V_{control} , dan sinyal segi tiga pada index modulasi frekuensi (m_f). Index Amplitudo M_a dipertahankan tetap pada 1 pu, dalam hal memperoleh komponen dasar tagangan tinggi pada pengontrol keluaran. frekwensi *Switching* ditetapkan pada 450 Hz, $M_f= 9$, dan kasus pengujian dilakukan pada jaringan yang stabil. Sudut modulasi diterapkan pada pembangkit sinyal PWM pada fasa A. untuk fasa B dan C dengan pergeseran berturut-turut 120° dan 240° . Penerapan pengendalian sangat sederhana dengan menggunakan sinyal tegangan sebagai variabel umpan balik dalam perencanaan pengontrolan. Kecepatan respon dan efektifitas perencanaan pengontrolan ditunjukkan dalam hasil simulasi (Soeprapto, 2004).

3.3.2 Aksi Kontrol PWM Sinusoida Terhadap *Shunt* dan *Series* Kompensator

Prinsip dari DVR dan D-STATCOM adalah menerima dan memproses sinyal *error* dari sumber. Hasilnya kemudian dimasukan ke PWM *Voltage Source Converter* tiga fasa pada rangkaian utama. Dari hasil perhitungan arus referensi yang dihasilkan oleh sinyal *error* antara tegangan beban dengan tegangan referensi. Jadi sinyal yang diolah oleh PWM merupakan sinyal referensi yang diperoleh dari hasil perhitungan

tersebut. Sinyal referensi ini kemudian dimodulasikan dengan sinyal *carrier* (*triangular wave*) yang berupa sinyal gigi gergaji (*saw tooth*). Sinyal *error* ini berbentuk sinusoidal yang dimodulasikan dengan sinyal gigi gergaji sebagai sinyal *carrier*. *Output* dari PWM di atas digunakan untuk mentrigger rangkaian *switching* yang terdiri atas 6 IGBT tiap fasa terdiri dari 2 IGBT (Binti Saudin, 2007).

3.4 Aksi Kontrol Proporsional Integral (PI)

3.4.1. Pengertian Umum Kontrol PI

Kontrol otomatis telah memegang peranan yang sangat penting dalam perkembangan ilmu dan teknologi. Disamping banyak diperlukan pada pesawat ruang angkasa, peluru kendali, sistem pengemudi pesawat dan sebagainya. Kontrol otomatis telah menjadi bagian penting dan terpadu dari proses-proses dalam pabrik dan industri modern. Misalnya, kontrol otomatis telah memegang peranan yang sangat penting dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Disamping banyak diperlukan pada pesawat ruang angkasa, peluru kendali, sistem pengemudi pesawat, dan sebagainya. Kontrol otomatis telah menjadi bagian yang sangat penting dan terpadu dari proses – proses dalam pabrik dan industri modern. Misalnya, kontrol otomatis sangat diperlukan di dalam dunia industri seperti pengontrolan tekanan, suhu, kelembaban, viskositas, dan arus dalam industri proses.

Karena kemajuan dalam teori dan praktek kontrol otomatis memberikan kemudahan dalam mendapatkan performansi dari sistem dinamik, mempertinggi kualitas dan menurunkan biaya produksi, mempertinggi laju produksi, meniadakan pekerjaan-pekerjaan rutin dan membosankan yang harus dilakukan oleh manusia, dan sebagainya.

Sejarah perkembangan. Hasil karya pertama yang sangat penting dalam kontrol otomatis adalah governor sentrifugal untuk pengontrolan kecepatan mesin uap yang dibuat oleh *James Watt* pada abad ke delapan belas. Hasil karya lainnya yang penting pada tahap awal perkembangan teori kontrol dibuat oleh *Minorsky*, *Hazen*, *Nyquiste*, dan sebagainya. Pada tahun 1922, *Minorsky* membuat kontroler otomatis untuk mengendalikan pengemudian kapal dan menunjukkan cara menentukan kestabilan dari persamaan differensial yang melukiskan sistem. Pada tahun 1932 *Nyquis* mengembangkan suatu prosedur yang relatif sederhana untuk menentukan kestabilan sistem loop tertutup pada basis sistem loop terbuka terhadap masukan tunak (*steady state*) sinusoida. Pada tahun 1934 *Hazen*, yang memperkenalkan istilah servomekanis

untuk sistem kontrol posisi, membahas desain servomekanis relay yang mampu mengikuti dengan baik masukan yang berubah. Selama dasawarsa 1940-an, metode respon frekuensi memungkinkan para insinyur untuk mendesain sistem kontrol linier berumpan balik yang memenuhi persyaratan kinerja. Metode respon frekuensi dan tempat kedudukan akar, yang merupakan inti teori kontrol fisik, akan membawa sistem yang stabil dan memenuhi seperangkat persyaratan kinerja yang hampir seimbang.

Hampir semua proses dalam industri membutuhkan peralatan – peralatan otomatis untuk mengendalikan parameter – parameter prosesnya. Otomatisasi tidak saja diperlukan demi operasi, keamanan, ekonomi maupun mutu produk, tetapi lebih merupakan kebutuhan pokok. Kelak akan dipelajari alat tidak mungkin menjalankan suatu proses industri tanpa bantuan sistem pengendali. Contohnya adalah pengendalian penggilingan minyak. Proses disuatu penggilingan minyak tidak mungkin dapat dijalankan tanpa bantuan fungsi sistem dari pengendalian.

Ada banyak parameter yang baru dikendalikan di dalam suatu proses. Diantaranya yang paling umum adalah tekanan (*pressure*) didalam sebuah *vassel* atau pipa, aliran (*flow*) didalam pipa, suhu temperatur di unit proses seperti *heat exchanger*, atau permukaan zat cair (*level*) disebuah tangki. Ada beberapa parameter lain diluar keempat parameter diatas yang cukup penting dan perlu dikendalikan karena kebutuhan spesifik proses, diantaranya : PH di industri petrokimia, *water cut (w&w)* diladang minyak mentah, warna produksi suatu fasilitas pencairan gas (NGL) dan sebagainya.

Gabungan serta kerja alat-alat pengendalian otomatis inilah dinamai sistem pengendalian proses (proses contoh sistem). Sedangkan semua peralatan yang menjalankan sistem pengendali disebut instrumentasi pengendalian proses (*Process Control Instrumentation*).

Kedua hal ilmu tersebut berhubungan satu dengan yang lain, dimana keduanya mempunyai hakikat yang berbeda. Pembahasan tentang ilmu proses kontrol sistem lebih dipusatkan pada kerja sistem, sering kali diperlukan penjelasan melalui alat kerja (Soeprapto, 2004).

3.4.2. Prinsip-Prinsip Pengendalian Proses

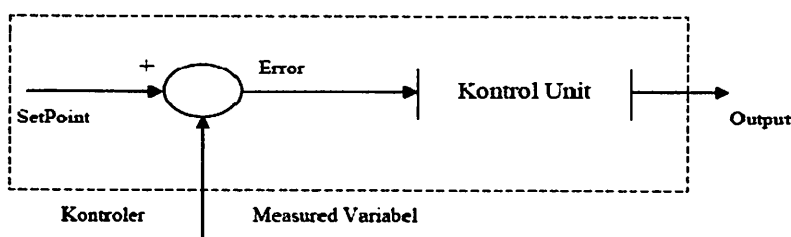
Dalam pengendali proses, operator mengerjakan empat langkah sebagai berikut: *Mengukur, Membandingkan, Menghitung dan Mengoreksi*. Keempat langkah yang dilakukan operator itu, seluruhnya dapat dikerjakan oleh instrumentasi. Manusia kemudian sama sekali tidak menentukan keempat langkah tadi. Operator hanya perlu

menentukan besarnya *set point*, dan semuanya akan dikerjakan secara otomatis oleh instrument. Sistem pengendali semacam inilah yang disebut sistem pengendali otomatis (*automatik control system*). Keempat tahap pengendaliannya, sepenuhnya dilakukan oleh instrumentasi. Mata rantai pengendalinya kemudian disebut mata rantai tertutup, dan sistemnya juga disebut sistem pengendalian tertutup atau *sistem closed loop*.

3.4.3. Prinsip Kerja Pengendali

Ada tiga jenis pengendali kontinyu, yaitu pengendali proposional di singkat P, pengendali integral di singkat I, dan pengendali diferensial di singkat D. Karena kelebihan dan kekurangan ketiga pengendali itu, mereka seringkali dipakai dalam bentuk kombinasi, yaitu P+I disingkat PI, P+D disingkat PD, dan P+I+D disingkat PID. Ketiga jenis pengendali ini memberikan respon yang berbeda-beda. Pada dasarnya, tugas sebuah pengendali kontinyu terbagi dalam dua tahap, yaitu membandingkan dan menghitung.

Pembandingan itu sendiri dilakukan dengan mengurangi besarnya *set point* dengan besaran *measurement variabel*, yang hasilnya adalah besaran yang disebut *error*. Karena *set point* bisa lebih besar atau lebih kecil dari *measurement variable*, nilai *error* bisa positif dan bisa juga negatif. Jadi *error* adalah input unit kontrol dan *manipulated variable* adalah output unit kontrol. Besarnya *manipulated variable* dihitung berdasarkan *error* dan *transfer function* unit kontrol. Bentuk *transfer function* dari unit kontrol terhitung pada “mode” yang ada dikontroler.



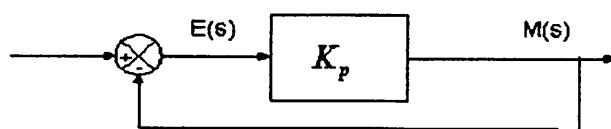
Gambar 3.12
Kontroler Dan Diagram Kotaknya

3.4.4. Pengendali Proporsional (*Proporsional Controller*)

Salah satu dari ketiga unit kontrol yang paling populer dan paling banyak dipakai adalah unit kontrol P, seperti tercermin dari namanya, besar *output* unit kontrol P selalu sebanding dengan besarnya *input*. Bentuk *transfer function* unit kontrol *proporsional* oleh karenanya akan sederhana sekali, sehingga bentuk *transfer function*-nya juga sederhana. Unit kontrol P adalah unit kontrol yang paling banyak dipakai, baik

tersendiri dalam bentuk pengendali *P-only* maupun dalam kombinasi dengan mode integral (I) dan differensial (D).

Kontroler proporsional memiliki keluaran yang sebanding / proporsional dengan besarnya sinyal kesalahan (selisih antara besaran yang diinginkan dengan harga aktualnya). Secara lebih sederhana dapat dikatakan bahwa keluaran kontroler proporsional merupakan perkalian antara konstanta proporsional dengan masukan. Perubahan pada sinyal masukan akan segera menyebabkan sistem secara langsung mengubah keluarannya sebesar konstanta pengalinya. Gambar 3.13 menunjukkan blok diagram yang menggambarkan hubungan antara besaran *setting*, besaran *actual* dengan besaran keluaran kontroler proporsional. Sinyal kesalahan (*error*) merupakan selisih antara besaran *setting* dengan besaran aktualnya. Selisih ini akan mempengaruhi kontroler, untuk mengeluarkan sinyal positif (mempercepat pencapaian harga *setting*) atau negatif (memperlambat tercapainya harga yang diinginkan).



Gambar 3.13
Diagram Blok Kontroler Proporsional

Kontroler proporsional memiliki 2 parameter, yaitu pita proporsional (*proporsional band*) dan konstanta proporsional.

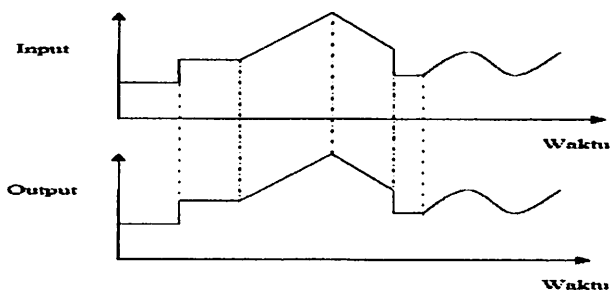
Hubungan antara pita proporsional (*PB*) dengan konstanta proporsional (K_p) ditunjukkan secara prosentase oleh persamaan berikut ini :

$$PB = \frac{1}{K_p} \cdot 100\% \dots\dots\dots(2-1)$$

PB = Proporsional Band

K_p = Konstanta Proporsional

Walaupun hubungan input-output unit kontrol proporsional bukan merupakan fungsi waktu, untuk bahan perbandingan dengan unit kontrol lain, ada baiknya kalau hubungan itu dinyatakan dalam bentuk kurva fungsi waktu. Dari gambar 3.14 jelas terlihat bahwa output selalu mengikuti input secara proporsional. Naik turunnya input diikuti secara langsung oleh output, dan besarnya selalu sama dengan input kali gain. Karena unit kontrol proporsional ini bukan fungsi waktu, dinamik gain pengendali ini sama dengan *steady state* gainnya. Dengan kata lain, besarnya gain tidak tergantung pada besarnya frekuensi loop.



Gambar 3.14
Response Sebuah Pengendali Proporsional

Contoh pengendali integral proporsional yang mudah ditemui dalam kehidupan sehari-hari adalah pengisian tangki penampung air di kloset. Hal yang perlu diperhatikan pada contoh ini adalah bahwa kontrol unit di contoh bekerja secara proporsional. Artinya, koreksi dalam hal ini buka tutupnya *control valve* akan selalu sebanding dengan ketinggian level. *Set point* dalam hal ini adalah sama dengan ketinggian level maksimum (Soeprapto, 2004).

3.4.5. Pengendali Integral (*Integrator Controller*)

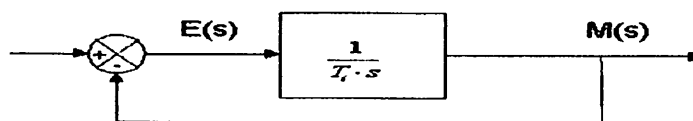
Setelah pengendali proporsional diketahui “gagal” mengendalikan sistem secara sempurna dalam arti masih adanya *offset*. Dikarenakan sifat dasar pengendali proporsional yang masih memerlukan *error* untuk menghasilkan *output*. Oleh karena itu, untuk menghilangkan *offset*, diperlukan pengendali lain yang dapat menghasilkan *output* walaupun sudah tidak ada *input* lagi. Sifat unit inilah yang dimiliki oleh pengendali integral. Sayangnya, kemampuan pengendali integral menghilangkan *offset* tidak disertai kemampuan bereaksi secara cepat. Karena lambatnya reaksi tersebut maka pengendali integral biasanya dipakai dalam kombinasi dengan pengendali proporsional. Kedua pengendali tersebut dipasang secara paralel sehingga kelebihan kedua pengendali dapat dimanfaatkan secara serempak. Kalau diteliti dengan seksama, *offset* dapat terjadi di sistem pengendali proporsional, karena pengendali proporsional selalu membutuhkan *error* (dalam hal ini *input* ke *unit control*) untuk menghasilkan suatu *output*. Kalau tidak ada *error*, *output* yang keluar dari pengendali proporsional hanyalah bias yang biasanya disetel 50%.

Jadi untuk menghasilkan *offset* dibutuhkan sebuah pengendali lain, yang dapat menghasilkan *output* walaupun padanya tidak diberikan *input*. Dengan kata lain, diperlukan pengendali yang dapat menghasilkan *output* lebih besar atau lebih kecil dari

bias pada saat *input (error)* sama dengan nol. Pengendali yang memenuhi kriteria ini adalah pengendali integral, disingkat I .

Kontroler integral berfungsi menghasilkan respon sistem yang memiliki kesalahan keadaan mantap nol. Kalau sebuah plant tidak memiliki unsur *integrator* ($1/s$), kontroler proporsional tidak akan mampu menjamin keluaran sistem dengan kesalahan keadaan mantapnya nol. Dengan kontroler integral, respon sistem dapat diperbaiki, yaitu mempunyai kesalahan keadaan mantapnya nol. Kontroler integral memiliki karakteristik seperti halnya sebuah integral. Keluaran kontroler sangat dipengaruhi oleh perubahan yang sebanding dengan nilai sinyal kesalahan. Keluaran kontroler ini merupakan jumlahan yang terus menerus dari perubahan masukannya. Kalau sinyal kesalahan tidak mengalami perubahan, keluaran akan menjaga keadaan seperti sebelum terjadinya perubahan masukan (Soeprapto, 2004).

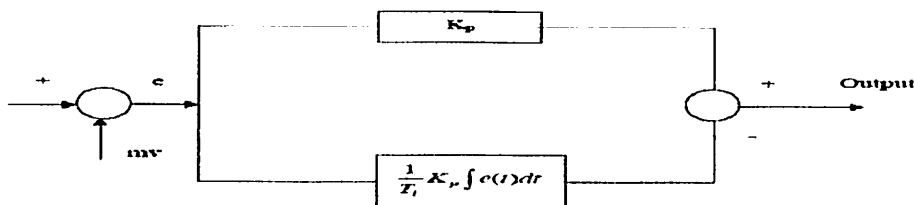
Gambar 3.15 menunjukkan blok diagram antara kesalahan dengan keluaran suatu kontroler integral.



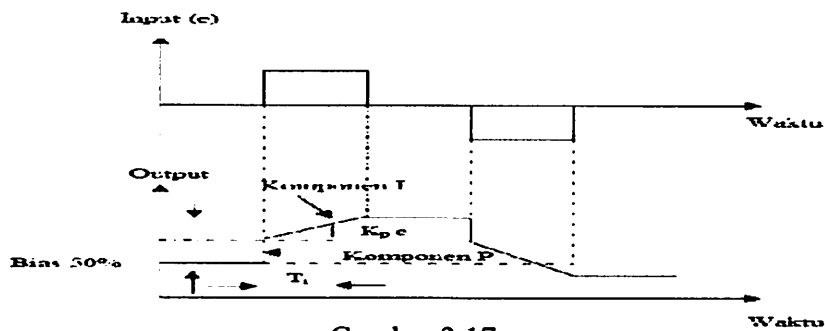
Gambar 3.15
Blok Diagram Kontroler Integral

3.4.6. Pengendali Proporsional Integral (*PI Controller*)

Karena sifatnya yang tidak mengeluarkan *output* sebelum selang waktu tertentu, pengendali integral jadi memperlambat respon, walaupun *offset* hilang oleh karenanya. Untuk memperbaiki lambatnya respon, umumnya pengendali integral dipasang paralel dengan pengendali proporsional seperti gambar 3.16. Gabungan kedua pengendali tersebut lazim disebut dengan pengendali PI atau PI kontroler, dan pengendali dikatakan punya dua mode, yaitu P dan I (Soeprapto, 2004).



Gambar 3.16
Diagram Kotak Pengendali PI



Gambar 3.17
Hubungan Input-Output Pengendali PI dalam Fungsi Waktu

3.5 Kompensasi UPQC Pada Sistem Distribusi 20 kV

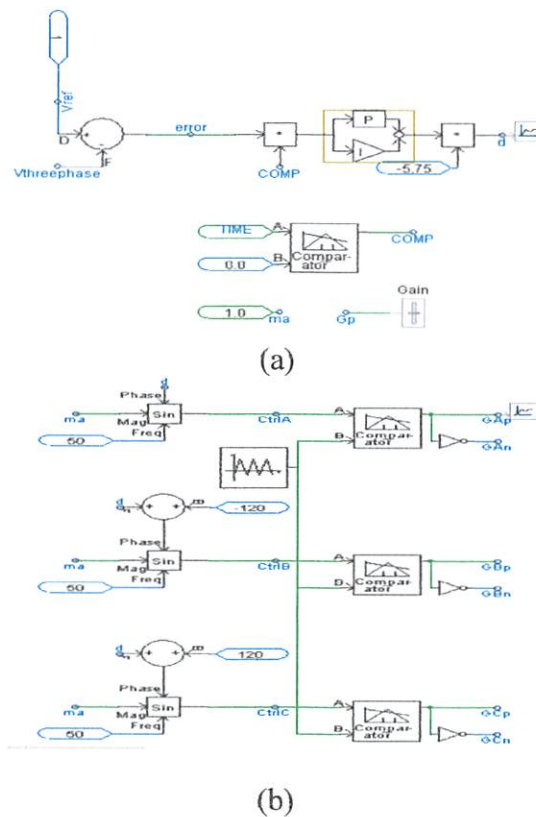
Ketidastabilan tegangan dalam sistem distribusi bisa menyebabkan terjadinya pemborosan energi listrik. Ketidastabilan itu dapat diartikan tegangan pada suatu fase lebih besar, lebih kecil atau berfluktuasi terhadap tegangan standar. Sedangkan akibat pemborosan energi listrik itu maka timbul panas sehingga bisa menyebabkan pertama kerusakan isolator peralatan yang dipakai. Kedua memperpendek daya isolasi pada lilitan. Sementara itu dengan ketidakseimbangan sebesar 3% saja dapat memperbesar suhu motor yang sedang beroperasi sebesar 18% dari keadaan semula. Hal ini tentunya akan menimbulkan suara bising pada motor dengan kecepatan tinggi.

Untuk mengoptimalkan pemakaian energi listrik bisa digunakan beban-beban tiruan berupa LC yang dilengkapi dengan teknologi pengendalian. Sehingga ketepatan dan keandalan dalam mendeteksi kualitas daya listrik bisa diperoleh. Pengendali itu berfungsi untuk mengolah komponen-komponen yang menentukan kualitas tenaga listrik. Seperti keseimbangan beban antar fasa dan harmonik. Apabila terdapat ketidakseimbangan antara fasa satu dengan fasa yang lainnya, maka pengendali akan memerintahkan beban-beban LC untuk membuka atau menutup agar arus disuplai ke fasa satu sehingga selisih arus antara fasa satu dengan fasa yang lainnya tidak ada. Banyaknya L atau C yang dibuka atau ditutup tergantung dari kondisi ketidakseimbangan beban yang terdeteksi oleh pengontrol. Komponen LC yang dimaksudkan diatas sudah terintegrasi dalam peralatan UPQC. Hampir semua beban dalam sistem tenaga listrik didominasi oleh beban-beban induktif seperti motor-motor listrik, inverter, UPS dan masih banyak lagi peralatan yang menggunakan komponen-komponen induktif yang berakibat menimbulkan gangguan *voltage sag* seimbang maupun *voltage sag* tak seimbang. Untuk mengatasi permasalahan ini UPQC menawarkan pengendalian yang fleksibel dalam mengatasi permasalahan yang ditimbulkan oleh beban-beban tersebut. Ini mungkin dilakukan dengan adanya

perkembangan piranti elektronika daya yang berkembang cukup pesat, *full controlable* dan penggunaannya dapat dipadukan ke dalam sistem tenaga listrik baik sisi tegangan tinggi maupun tegangan rendah. Dalam hal ini *UPQC* dilengkapi dengan pengendali PI dan kontrol SPWM. (Anaya, 2002).

3.5.1 Input Data Pengendali *UPQC*

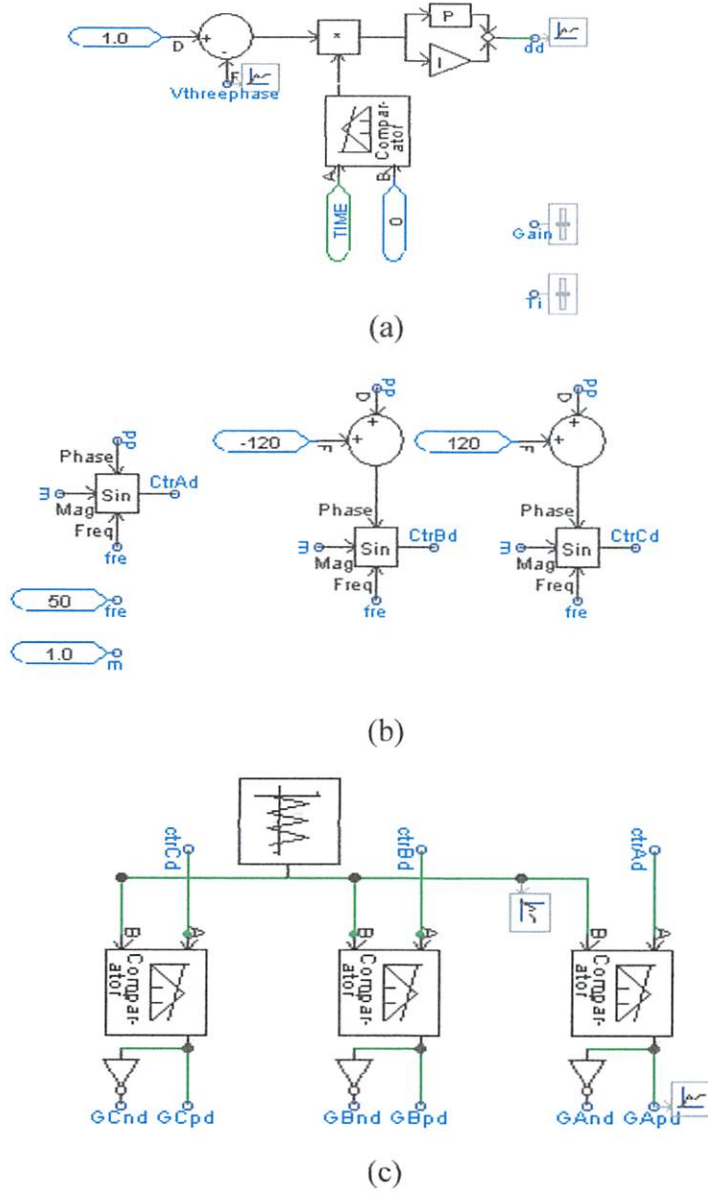
3.5.1.1 Input Data Pengendali PI dan SPWM pada *Shunt* Kompensator (*D-STATCOM*)



Gambar 3.18

- Rangkaian Pengendali PI
- Rangkaian Komparator dan Sinyal Komparator

3.5.1.2 Input Data Pengendali PI dan SPWM Pada *Series* Kompensator (*DVR*)

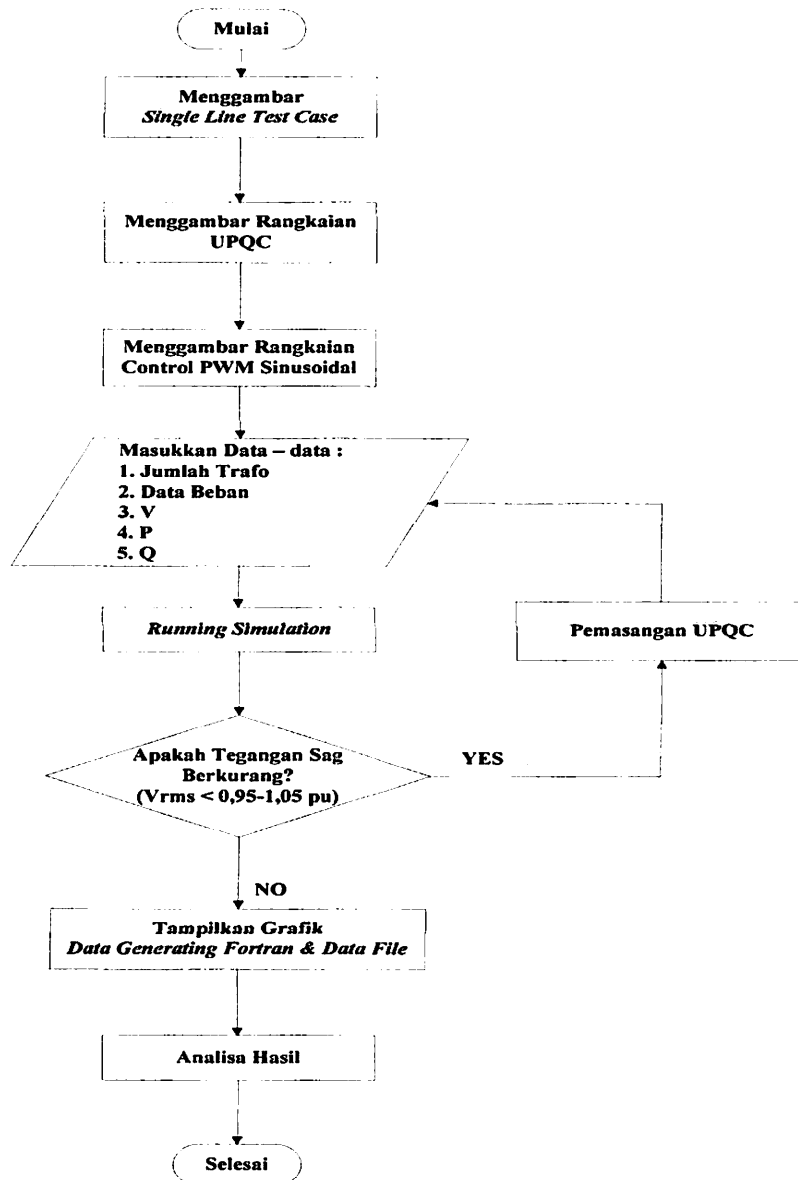


Gambar 3.19

- Rangkaian Pengendali PI
- Rangkaian Sinyal Komparator
- Rangkaian Komparator

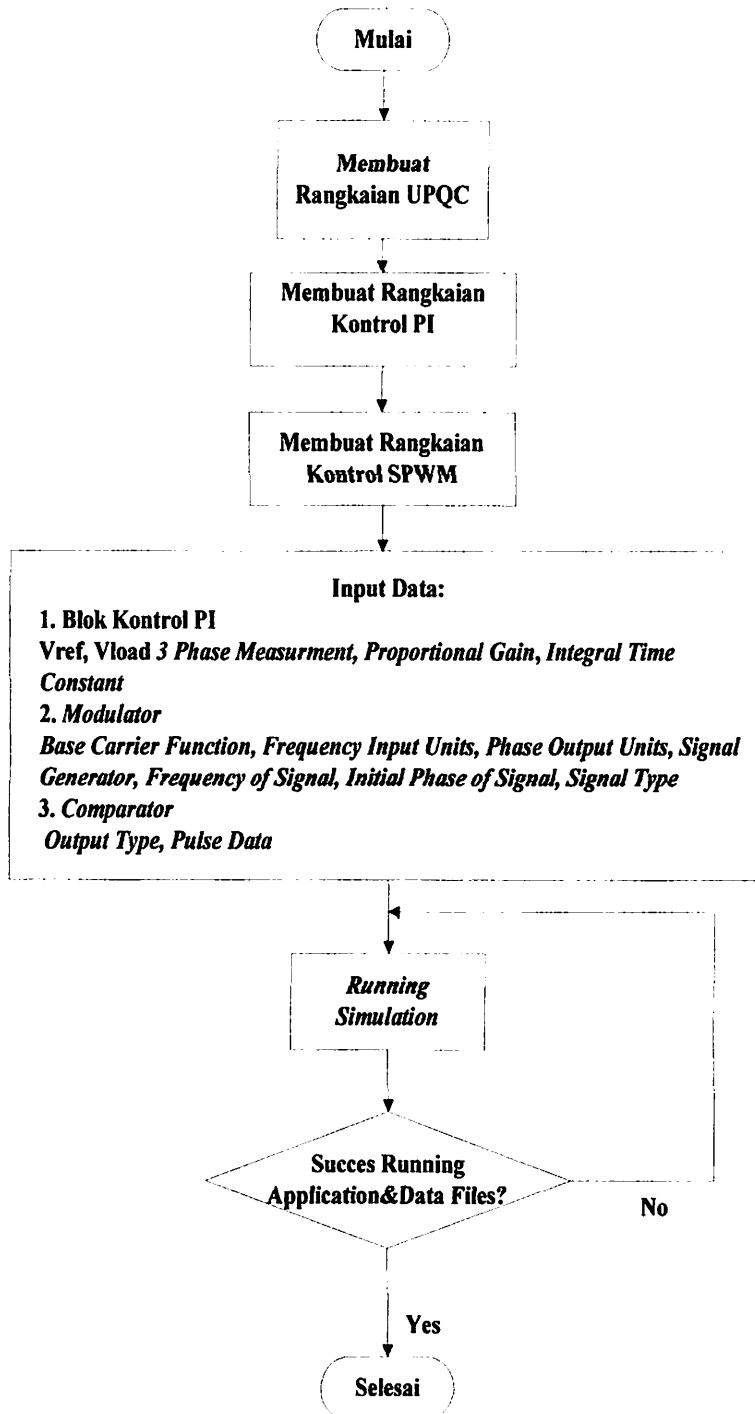
3.6 Flowchart Hasil Simulasi Menggunakan Software PSCAD/EMTDC

3.6.1 Flowchart Penyelesaian Masalah



Gambar. 3.20.
Flowchart penyelesaian masalah

3.6.2. Flowchart desain rangkaian kontrol PWM



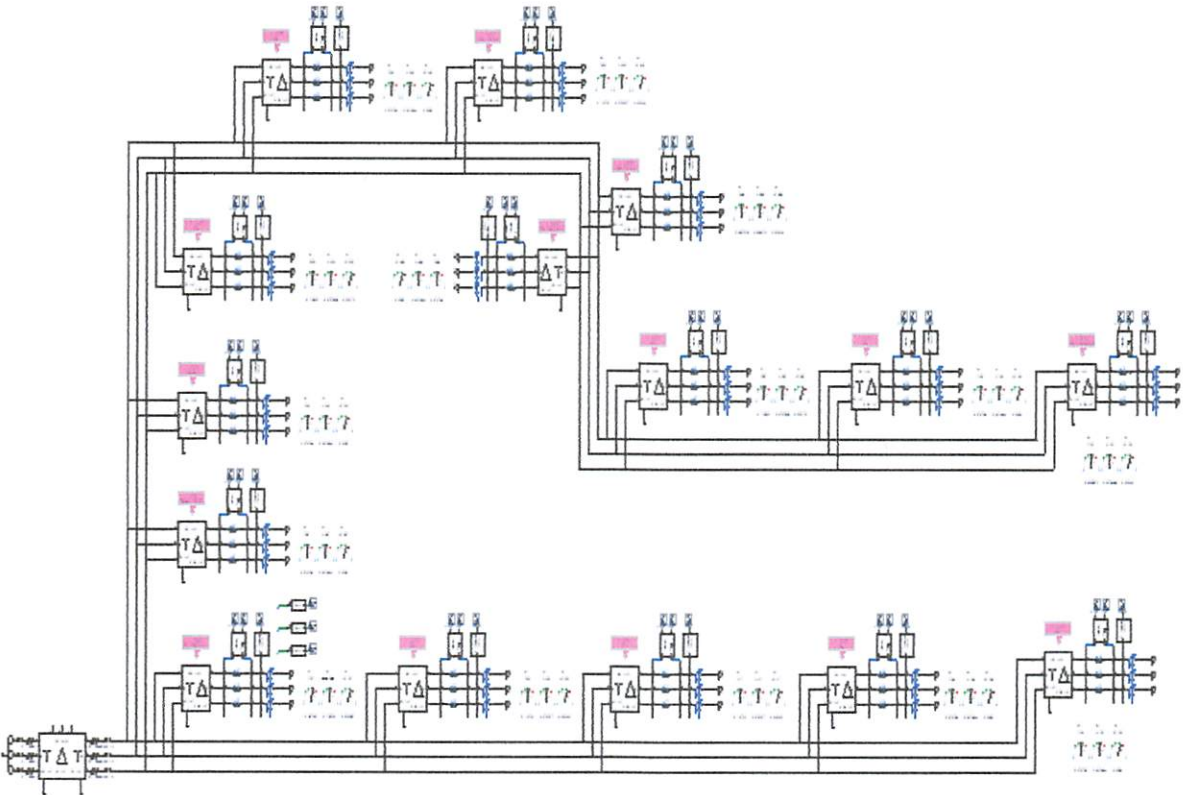
Gambar 3.21
Flowchart desain control UPQC menggunakan PSCAD/EMTDC

BAB IV

HASIL DAN ANALISA HASIL

4.1. Single Line Sistem Distribusi Penyulang Kyodo Dalam Software PSCAD Power Simulation

Untuk mensimulasi sistem Penyulang KYODO dalam *software PSCAD Power Simulation* maka terlebih dahulu digambarkan rangkaian penyulang tersebut ke dalam lembar kerja pada *software* kemudian disimulasi sesuai dengan urutan langkah kerja dan menganalisa hasilnya. Berikut adalah gambar *single line* Penyulang Kyodo yang digambarkan menggunakan *software PSCAD/EMTDC SIMULATION*



4.2. Data Sistem Distribusi pada PT. PLN (PERSERO) UPJ. MOJOKERTO

Sebelum pengisian data dalam program *PSCAD Power Simulation* maka di perlukan data-data hasil penelitian dilapangan, data tersebut meliputi data beban pada penyulang sebagai berikut:

Tabel 4.1.
Data Pembebanan Penyulang Kyodo

No	No Gardu	Lokasi	Daya (KVA)	Beban Puncak	%
1	HG. 197	Perhutani Ngoro	250	209	83.6
2	HG. 217	PT. Telkom Ngoro	160	133.17	83.23
3	HG. 196	Dn. Capangan Ngoro	100	73.29	73.29
4	HG. 129	Ds. Wonosari	100	98.74	98.74
5	HG. 287	Ds. Ngetrep	80	54.05	67.57
6	HG. 343	Jln. Pandega	100	83.16	83.16
7	HG. 025	Ds. Kembang Sri	30X50	93.51	62.34
8	HG. 305	Ds Kembang Sri Ngoro	100	93.63	93.63
9	HG. 088	Ds. Se bani	100	86.24	86.24
10	HG. 087	Ds. TanjungRono	3X50	140.94	93.93
11	HG. 203	Ds. Capangan	160	154.07	96.29
12	HG. 030	Ds. Jajar	160	147.28	92.05
13	HG. 086	Ds. SukoAnyar	3X50	88.73	73.94
14	HG.100	Ds. Bandara Sri	100	92.51	92.51
15	HG. 122	Ds. Tawang Sari	2X50	66.825	83.53

Data PT.PLN (Persero) Mojokerto 2010

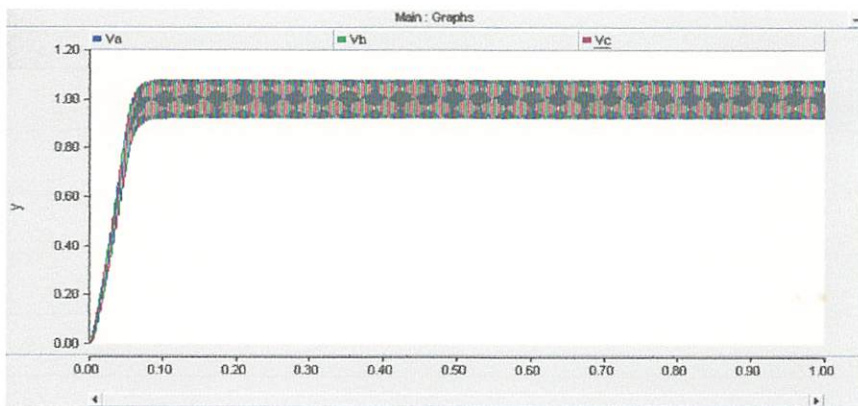
4.3 Solusi Perbaikan Kualitas Tegangan *Software PSCAD/EMTDC V.4.2 Power Simulation*.

Software PSCAD/EMTDC V.4.2 Power Simulation merupakan *graphical user interface* yang fleksibel dan *powerful*. Dengan *software* ini secara skematik kita dapat mengkonstruksi rangkaian, menjalankan simulasi, menganalisa hasil dan manajemen data dalam sebuah integrasi yang lengkap dalam hal grafis, termasuk kontrol dan alat-alat ukur. Dengan demikian permasalahan yang ada pada Penyulang Kyodo dan solusi yang ingin diberikan dapat dilakukan menggunakan *software PSCAD*.

4.4. Hasil dan Analisa Hasil Perbaikan Kualitas Tegangan Akibat *Voltage Sag* Menggunakan *UPQC*

4.4.1 Hasil Perhitungan dan Simulasi Sebelum pemasangan *UPQC*

Pada simulasi ini, komponen *UPQC* tidak melakukan kompensasi sama sekali baik dalam gangguan seimbang maupun tak seimbang. *UPQC* belum bekerja dan tidak memberikan tegangan injeksi ke beban yang mengalami gangguan. maka dengan ini akan dapat diketahui perbedaan kondisi sistem sebelum dan sesudah menggunakan peralatan *UPQC* dalam hal mereduksi tegangan sag seimbang maupun sag tak seimbang.



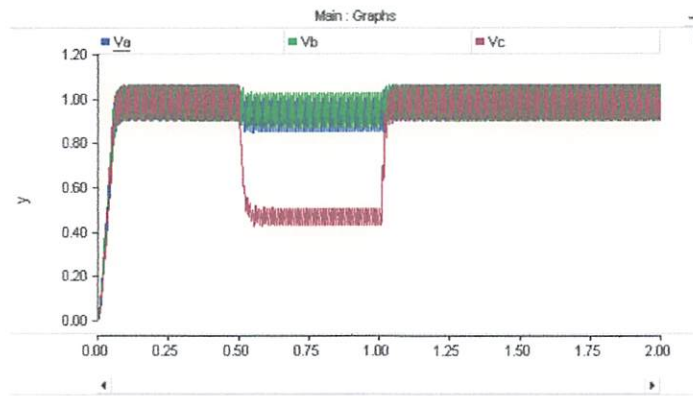
Grafik 4.1
Bentuk Gelombang Tegangan Normal

Dari gambar gelombang diatas tampak sistem beroperasi normal. Tegangan berada pada kisaran 1.00 pu.

4.4.2 Grafik Sebelum Pemasangan *UPQC*

Berikut ini adalah gambaran grafik dari simulasi yang menampilkan bentuk gelombang tegangan rms dalam satuan (pu) pada saat terjadi *voltage sag* seimbang maupun tak seimbang tanpa dilakukan kompensasi *UPQC*. *Voltage sag* seimbang maupun tidak seimbang diinjeksikan menggunakan beban sebesar 0.05 Ohm dan 0.0059 H. Pada grafik ini dapat dilihat besar penurunannya pada saat terjadi gangguan *sag* seimbang maupun tak seimbang pada system. Grafik diambil dari system 20 kV.

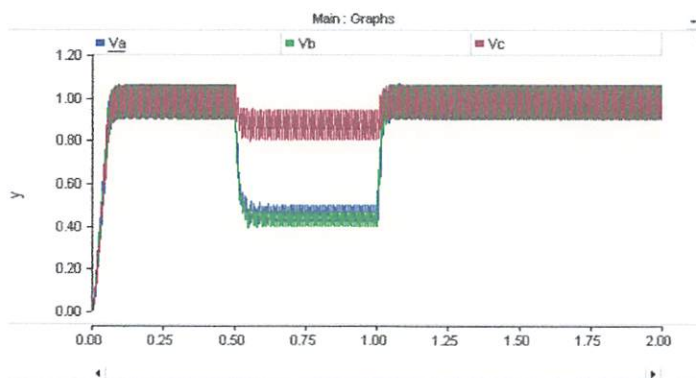
A. Grafik dibawah ini menunjukkan hasil simulasi tanpa kompensasi *UPQC* dimana terjadi gangguan tegangan tak seimbang pada fasa C. Dapat dilihat bahwa pada fasa C mengalami penurunan tegangan pada second ke 0.5 sampai 1 second sebesar 0.502229 pu dibandingkan dengan fasa A dan fasa B yang hanya mengalami penurunan sebesar 0.892637 pu.



Grafik4.2

Bentuk Gelombang Tegangan rms ketika terjadi tegangan tak seimbang pada fasa C Sebelum Pemasangan *UPQC*

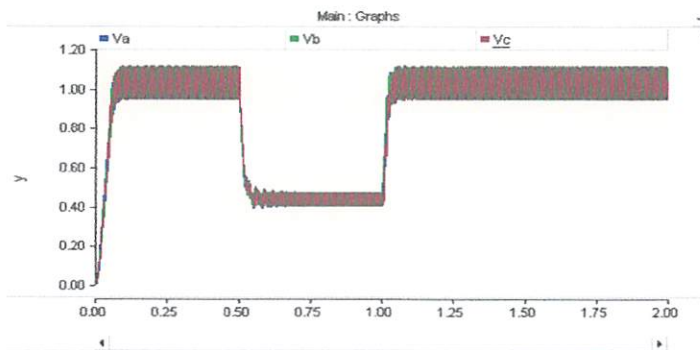
- B. Grafik berikut ini menunjukkan hasil simulasi tanpa kompensasi *UPQC* dimana terjadi gangguan tegangan tak seimbang pada 2 fasa yaitu fasa A dan fasa B. Dapat dilihat bahwa pada fasa A mengalami penurunan tegangan sebesar 0.451388 pu dan fasa B mengalami penurunan tegangan sebesar 0.421331 pu ini terjadi pada second ke 0.5 sampai 1 second dibandingkan dengan fasa C hanya mengalami penurunan sebesar 0.940049 pu.



Grafik 4.3

Bentuk Gelombang Tegangan rms ketika terjadi tegangan tak seimbang pada Fasa A dan B Sebelum Pemasangan *UPQC*

- C. Grafik dibawah ini menunjukkan hasil simulasi tanpa kompensasi *UPQC* dimana terjadi gangguan tegangan seimbang pada ketiga fasa yaitu fasa A, B dan C. Dapat dilihat bahwa pada second ke 0.5 sampai 1 second fasa A terjadi penurunan tegangan sebesar 0.428412 pu, fasa B sebesar 0.416488 pu, fasa C sebesar 0.472421 pu.



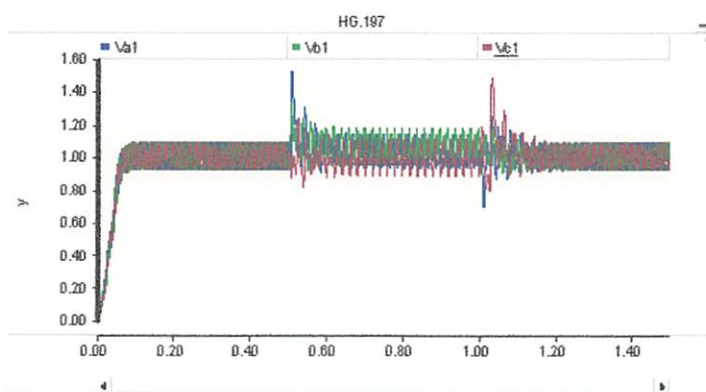
Grafik 4.4

Bentuk Gelombang Tegangan rms ketika terjadi penurunan tegangan yang seimbang Sebelum Pemasangan *UPQC*

4.4.3 Grafik Setelah Pemasangan *UPQC*

Pada grafik dibawah ini dapat dilihat besar kenaikan tegangan setelah pemasangan *UPQC* pada saat terjadi gangguan *sag* seimbang maupun tak seimbang pada system. Grafik diambil dari system 20 kV.

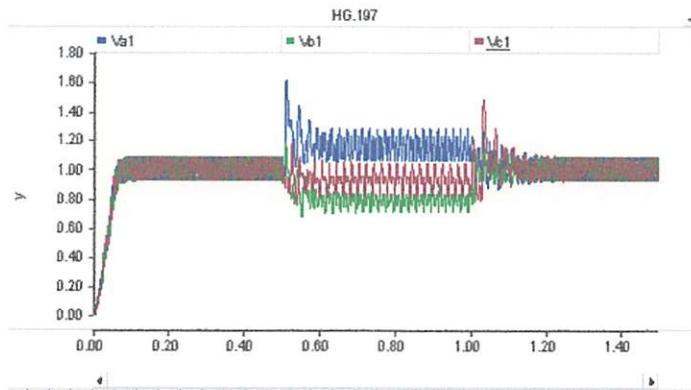
- A. Grafik dibawah ini menunjukkan hasil simulasi setelah dilakukan kompensasi *UPQC* saat *voltage sag* tak seimbang pada fasa C. Dapat dilihat bahwa pada fasa C mengalami kenaikan yang signifikan hingga 0.960791 pu, pada sekon ke 0.5 sampai 1 sekon dibanding sebelum kompensasi saat di injeksi dengan beban.



Grafik 4.5

Bentuk Gelombang Tegangan ketika terjadi *Voltage sag* Tak seimbang pada fasa C setelah di kompensasi dengan *UPQC*

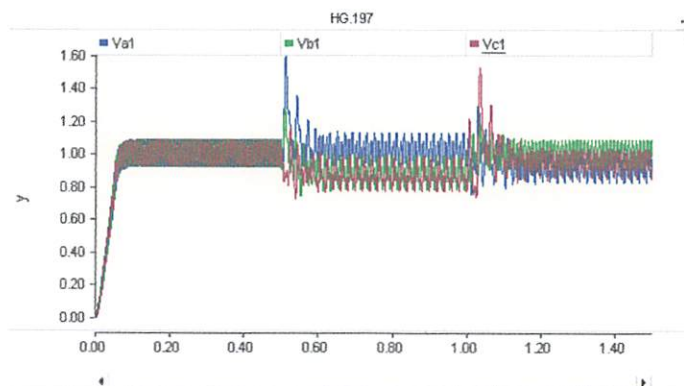
- B. Grafik dibawah ini menunjukkan hasil simulasi setelah dilakukan kompensasi *UPQC* saat *voltage sag* tak seimbang pada fasa A dan B. Dapat dilihat bahwa pada fasa A mengalami kenaikan sebesar 1.048896 pu dan fasa B mengalami kenaikan sebesar hingga 1.012402 pu pada sekon ke 0.5 sampai 1 sekon dibanding sebelum kompensasi saat di injeksi dengan beban.



Grafik 4.6

Bentuk Gelombang Tegangan ketika terjadi *Voltage sag* Tak seimbang pada fasa A dan B setelah di kompensasi dengan *UPQC*

- C. Grafik dibawah ini menunjukkan hasil simulasi setelah dilakukan kompensasi *UPQC* saat *voltage sag* seimbang. Dapat dilihat bahwa pada sekon ke 0.5 sampai 1 sekon, fasa A mengalami kenaikan sebesar 1.030376 pu, fasa B sebesar 0.989600 pu, dan fasa C sebesar 0.984061 pu dibanding sebelum kompensasi saat di injeksi dengan beban.

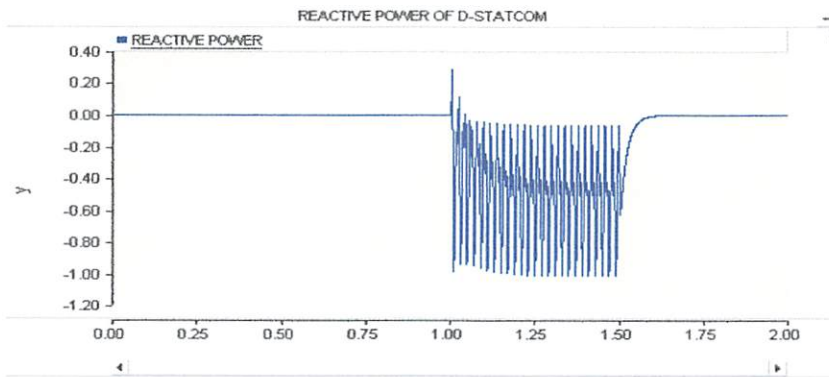


Grafik 4.7

Bentuk Gelombang Tegangan ketika terjadi *Voltage sag* setelah di kompensasi dengan *UPQC*

4.4.4 Grafik Daya Reaktif

Grafik berikut ini ditampilkan grafik daya reaktif dari gangguan tidak seimbang serta yang seimbang. Dari grafik terlihat terdapat penyerapan daya reaktif yang dilakukan oleh shunt kompensator (*D-STATCOM*) di mulai pada second ke 1 sampai second 1,5 sekon, dimana dalam jarak interval tersebut *UPQC* bekerja untuk mengkompensasi *voltage sag*. Dimana terjadi penyerapan hingga -0.972684 pu

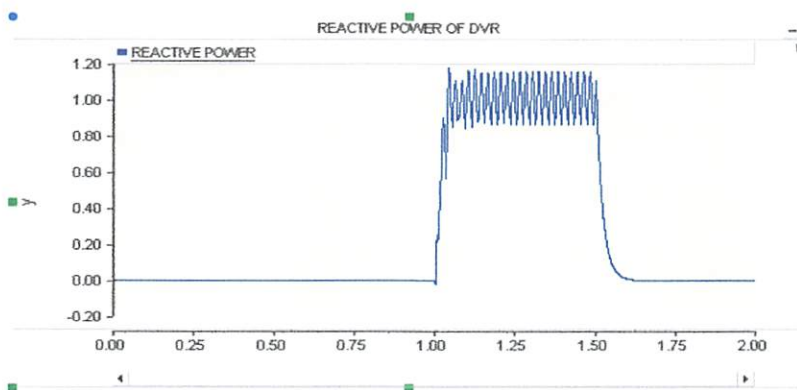


Grafik 4.8

Bentuk grafik gelombang penyerapan daya reaktif oleh *UPQC*.

Kompensasi Penyerapan Daya Reaktif dimaksudkan untuk menyerap atau mengambil daya reaktif dari sistem. Sistem yang bersifat kapasitif akan mengeluarkan daya reaktif sedangkan system yang bersifat induktif akan menyerap daya reaktif. (<http://www.scribd.com/doc/46096526/Perbaikan-Faktor-Daya-Pada-Beban-Nonlinier>)

Dari grafik di bawah ini terlihat bagaimana terjadi penginjeksian oleh *UPQC* dari second 1 sampai 1.5 second, dimana pada interval jarak tersebut terdapat *UPQC* sedang bekerja untuk mengkompensasi tegangan yang di sebabkan oleh voltage sag. Dimana terjadi penginjeksian sebesar 0.967406 pu.



Grafik 4.9

Bentuk grafik gelombang penginjeksian daya reaktif oleh *UPQC*

Kompensasi produksi daya reaktif dimaksudkan untuk menghasilkan atau menyuplai daya reaktif yang dibutuhkan oleh sistem ataupun beban. Bebannya bersifat induktif akan mengambil daya reaktif sedangkan penghasil daya reaktifnya bersifat kapasitif akan menyuplai daya reaktif.

(<http://www.scribd.com/doc/46096526/Perbaikan-Faktor-Daya-Pada-Beban-Nonlinier>)

4.5 Hasil Simulasi Dan Aliran Daya

4.5.1 Sebelum Kompensasi UPQC

Data tabel di bawah ini menunjukkan nilai hasil simulasi sebelum kompensasi UPQC akibat penurunan akibat *voltage sag* seimbang maupun tak seimbang.

- a. **Tabel Hasil Simulasi saat *Voltage Sag* tidak seimbang pada saat diinjeksi beban pada fasa C sebesar 0.05 ohm dan 0.0059 H**

Tabel 4.2
Tabel Hasil Simulasi saat *Voltage Sag* Tak seimbang Pada Fasa C

Nama Trafo	Sebelum Kompensasi UPQC		
	Va rms (pu)	Vb rms (pu)	Vc rms (pu)
HG. 197	0.729747	0.928046	0.701635
HG. 217	0.730687	0.928300	0.702027
HG. 196	0.730329	0.927860	0.701701
HG.129	0.728993	0.927886	0.701708
HG. 287	0.721148	0.925215	0.710337
HG. 343	0.694674	0.929802	0.736169
HG. 025	0.722125	0.925409	0.710718
HG. 305	0.738294	0.932540	0.693121
HG. 088	0.701701	0.927860	0.730329
HG. 087	0.729845	0.928160	0.701701
HG. 203	0.729947	0.928315	0.701863
HG. 030	0.702027	0.928300	0.730678
HG. 086	0.7222246	0.925632	0.710882
HG.100	0.721879	0.925195	0.710552
HG. 122	0.713479	0.925064	0.719789

Pada tabel hasil simulasi diatas terlihat bahwa pada trafo fasa A ikut mengalami penurunan saat diinjeksi beban pada fasa C. Sedangkan fasa B walaupun nilai tegangannya semua tidak diatas 0.95 pu namun kualitas tegangan masih cukup bagus.

- b. Tabel Hasil Simulasi *Voltage Sag* tidak seimbang pada saat diinjeksi beban pada fasa A dan fasa B sebesar 0.05 ohm dan 0.0059 H.

Tabel 4.3
Tabel Hasil Simulasi *Voltage Sag* Tidak Seimbang Pada Fasa A dan B

Nama Trafo	Sebelum Kompensasi UPQC		
	Va rms (pu)	Vb rms (pu)	Vc rms (pu)
HG. 197	0.759177	0.395862	0.737454
HG. 217	0.737688	0.395976	0.737688
HG. 196	0.759038	0.395788	0.737343
HG.129	0.755813	0.394439	0.743358
HG. 287	0.757343	0.395788	0.759038
HG. 343	0.751433	0.393971	0.748385
HG. 025	0.759269	0.395911	0.737528
HG. 305	0.745986	0.394379	0.752321
HG. 088	0.761042	0.397978	0.730465
HG. 087	0.761268	0.398105	0.730645
HG. 203	0.759398	0.395971	0.737688
HG. 030	0.739937	0.395888	0.755443
HG. 086	0.756172	0.394626	0.743706
HG.100	0.739585	0.395701	0.755088
HG. 122	0.761402	0.398168	0.730807

Pada tabel hasil simulasi diatas terlihat bahwa pada trafo fasa B terlihat jelas mengalami penurunan yang signifikan saat diinjeksi beban pada fasa A dan B,di situ kita lihat fasa C juga mengalami penurunan kualitas tegangan.

- c. **Tabel Hasil Simulasi *Voltage Sag* seimbang pada saat diinjeksi beban pada fasa A, fasa B dan fasa C sebesar 0.05 ohm dan 0.0059 H**

Tabel 4.4
Tabel Hasil simulasi *Voltage Sag* Seimbang

Nama Trafo	Sebelum Kompensasi UPQC		
	Va rms (pu)	Vb rms (pu)	Vc rms (pu)
HG. 197	0.455741	0.397377	0.434480
HG. 217	0.455870	0.397491	0.434620
HG. 196	0.455654	0.397302	0.434418
HG.129	0.448193	0.394841	0.442204
HG. 287	0.458470	0.399791	0.429165
HG. 343	0.460595	0.403028	0.423838
HG. 025	0.455799	0.434521	0.397427
HG. 305	0.461985	0.406918	0.418568
HG. 088	0.452204	0.395635	0.439475
HG. 087	0.397427	0.455799	0.434521
HG. 203	0.434620	0.397491	0.455870
HG. 030	0.452415	0.395823	0.439679
HG. 086	0.448406	0.395028	0.444427
HG.100	0.438839	0.395932	0.452370
HG. 122	0.439049	0.396119	0.452582

Pada tabel hasil simulasi diatas terlihat bahwa kesemua trafo baik di fasa A, B dan C mengalami penurunan rata-rata terendah saat diinjeksi beban pada ke tiga fasa tersebut.

4.5.2 Setelah Kompensasi UPQC

Data tabel di bawah ini menunjukkan nilai hasil simulasi setelah kompensasi *UPQC* akibat penurunan akibat *voltage sag* seimbang maupun tak seimbang.

- a. **Tabel Hasil Simulasi *Voltage Sag* tidak seimbang saat diinjeksi beban pada fasa C sebesar 0.05 ohm dan 0.0059 H.**

Tabel 4.5
Tabel Hasil Simulasi Setelah Kompensasi Pada Fasa C

Nama Trafo	Setelah Kompensasi UPQC		
	Va rms (pu)	Vb rms (pu)	Vc rms (pu)
HG. 197	0.983474	0.969467	0.971165
HG. 217	0.985294	0.983398	0.961231
HG. 196	0.984119	0.954340	0.981801
HG.129	1.030219	0.995641	0.956014
HG. 287	0.972203	0.983941	1.009569
HG. 343	0.983529	0.954836	0.980477
HG. 025	1.013080	1.014501	0.966284
HG. 305	0.964557	0.962553	1.045377
HG. 088	1.008647	0.984508	0.971415
HG. 087	0.964396	0.970659	1.033834
HG. 203	0.965021	0.963004	1.045876
HG. 030	0.961231	0.983398	0.985294
HG. 086	0.965012	0.963004	1.045876
HG.100	0.972714	0.983986	1.008338
HG. 122	0.991344	0.993282	0.984567

Pada tabel hasil simulasi diatas terlihat bahwa untuk tegangan rms pada fasa C mengalami kenaikan yang cukup signifikan dibanding kondisi tanpa kompensasi *UPQC*.

b. Tabel Hasil Simulasi *Voltage Sag* tidak seimbang pada saat diinjeksi beban pada fasa A dan fasa B sebesar 0.005 ohm dan 0.0059 H.

Tabel 4.6
Tabel Hasil Simulasi Setelah Kompensasi Pada Fasa A dan B

Nama Trafo	Setelah Kompensasi UPQC		
	Va rms (pu)	Vb rms (pu)	Vc rms (pu)
HG. 197	0.972860	0.983982	1.008496
HG. 217	1.008772	0.984288	1.008772
HG. 196	0.972709	0.983826	1.008291
HG.129	0.980757	0.988906	0.995889
HG. 287	1.008291	0.983826	0.972709
HG. 343	0.990882	0.992660	0.984054
HG. 025	0.981001	0.989172	0.996225
HG. 305	1.016241	0.995949	0.963308
HG. 088	0.967033	0.977537	1.020931
HG. 087	0.964390	0.970494	1.033786
HG. 203	0.981214	0.989371	0.996364
HG. 030	1.016714	0.996420	0.963767
HG. 086	1.003271	0.995488	0.973560
HG.100	1.002805	0.995018	0.970965
HG. 122	0.967486	0.977996	1.021418

Pada tabel hasil simulasi diatas terlihat bahwa untuk tegangan rms pada fasa A dan fasa B serta fasa C juga ikut mengalami kenaikan yang cukup signifikan dibanding kondisi tanpa kompensasi *UPQC*.

- c. **Tabel Hasil Simulasi *Voltage Sag* yang seimbang pada saat diinjeksi beban pada fasa A, fasa B dan fasa C sebesar 0.05 ohm dan 0.0059 H.**

Tabel 4.7
Tabel Hasil Simulasi *Voltage Sag* seimbang Setelah Kompensasi

Nama Trafo	Setelah Kompensasi UPQC		
	Va rms (pu)	Vb rms (pu)	Vc rms (pu)
HG. 197	0.972901	0.984064	1.008491
HG. 217	0.973205	0.984710	1.008768
HG. 196	0.980798	0.988986	0.995884
HG.129	0.990921	0.991736	0.984049
HG. 287	0.97275	0.98908	1.008286
HG. 343	0.967074	0.977621	1.020926
HG. 025	0.973001	1.008628	0.984168
HG. 305	1.002840	0.995091	0.973092
HG. 088	1.016274	0.996019	0.963304
HG. 087	0.989252	0.981040	0.996221
HG. 203	1.008678	0.984371	0.973205
HG. 030	0.991382	0.993203	0.984519
HG. 086	0.981255	0.989451	0.996360
HG.100	0.964097	0.970335	1.033435
HG. 122	1.003307	0.995560	0.973556

Pada tabel hasil simulasi diatas terlihat bahwa untuk tegangan rms pada ke tiga fasa mengalami kenaikan yang sangat signifikan dibanding kondisi tanpa kompensasi UPQC. Dan nilai tegangan rms berada diatas rata-rata yaitu >0.95 pu.

4.6 Perhitungan Optimasi Perbaikan Kualitas Tegangan Saat Sebelum dan Sesudah kompensasi

Berikut adalah perhitungan optimasi perbaikan nilai tegangan saat sebelum dan sesudah kompensasi untuk setiap gangguan. Nilai referensi diambil contoh pada trafo HG. 087 pada saat voltage sag balance maupun unbalance saat diinjeksi beban 0.05 ohm dan 0.0059 H.

- A. V optimasi pada *sag* tidak seimbang saat diinjeksi beban sebesar 0.05 ohm dan 0.0059 H pada fasa C.

$$V_{\text{optimasi}} = V_{\text{with UPQC}} - V_{\text{without UPQC}}$$

$$= 1.003834 - 0.701701$$

$$= 0.302133 \text{ (pu) atau}$$

$$6042.66 \text{ Volt}$$

V_{ref} 20 kV, maka

$$V_{\text{optimasi}} = 1.003834 \times 20 = 20.076 \text{ kv}$$

Prosentase Besar V_{optimasi} yang di peroleh adalah

$$\%V_{\text{optimasi}} = \left| \frac{V_{\text{withUPQC}} - V_{\text{withoutUPQC}}}{V_{\text{withUPQC}}} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{1.003834 - 0.701701}{1.003834} \right| \times 100\%$$

$$= 30.21\%$$

- B. V optimasi pada *sag* tidak seimbang saat diinjeksi beban sebesar 0.05 ohm dan 0.0059 H pada fasa A dan fasa B.

Fasa A :

$$V_{\text{optimasi}} = V_{\text{with UPQC}} - V_{\text{without UPQC}}$$

$$= 0.964390 - 0.761268$$

$$= 0.203122 \text{ (pu) atau}$$

$$4062.44 \text{ Volt}$$

Vref 20 kV, maka

$$V_{\text{optimasi}} = 0.964390 \times 20 = 19.28 \text{ kV}$$

Prosentase Besar V_{optimasi} yang di peroleh adalah

$$\begin{aligned} \%V_{\text{optimasi}} &= \left| \frac{V_{\text{withUPQC}} - V_{\text{withoutUPQC}}}{V_{\text{withUPQC}}} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{0.964390 - 0.761268}{0.964390} \right| \times 100\% \\ &= 21.06\% \end{aligned}$$

Fasa B :

$$V_{\text{optimasi}} = V_{\text{with UPQC}} - V_{\text{without UPQC}}$$

$$= 0.970494 - 0.398105$$

$$= 0.572389 \text{ (pu) atau}$$

$$11447.78 \text{ Volt}$$

Vref 20 kV, maka

$$V_{\text{optimasi}} = 0.970494 \times 20 = 19.40 \text{ kv}$$

Prosentase Besar V_{optimasi} yang di peroleh adalah

$$\begin{aligned} \%V_{\text{optimasi}} &= \left| \frac{V_{\text{withUPQC}} - V_{\text{withoutUPQC}}}{V_{\text{withUPQC}}} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{0.970494 - 0.398105}{0.970494} \right| \times 100\% \\ &= 58.97\% \end{aligned}$$

C. V_{optimasi} pada *sag* seimbang saat diinjeksi beban sebesar 0.05 ohm dan 0.0059

H pada fasa A, fasa B dan fasa C.

Fasa A :

$$V_{\text{optimasi}} = V_{\text{with UPQC}} - V_{\text{without UPQC}}$$

$$= 0.989252 - 0.397427$$

$$= 0.591825 \text{ (pu) atau}$$

$$1183.65 \text{ Volt}$$

Vref 20 kV, maka

$$V_{\text{optimasi}} = 0.989252 \times 20 = 19.78 \text{ kv}$$

Prosentase Besar V_{optimasi} yang di peroleh adalah

$$\begin{aligned} \%V_{\text{optimasi}} &= \left| \frac{V_{\text{withUPQC}} - V_{\text{withoutUPQC}}}{V_{\text{withUPQC}}} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{0.989252 - 0.397427}{0.989252} \right| \times 100\% \\ &= 59.82\% \end{aligned}$$

Fasa B :

$$V_{\text{optimasi}} = V_{\text{with UPQC}} - V_{\text{without UPQC}}$$

$$= 0.981040 - 0.455799$$

$$= 0.525241 \text{ (pu) atau}$$

$$10504.82 \text{ Volt}$$

V_{ref} 20 kV, maka

$$V_{\text{optimasi}} = 0.981040 \times 20 = 19.62 \text{ kv}$$

Prosentase Besar V_{optimasi} yang di peroleh adalah

$$\begin{aligned} \%V_{\text{optimasi}} &= \left| \frac{V_{\text{withUPQC}} - V_{\text{withoutUPQC}}}{V_{\text{withUPQC}}} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{0.981040 - 0.455799}{0.981040} \right| \times 100\% \\ &= 53.53\% \end{aligned}$$

Fasa C :

$$V_{\text{optimasi}} = V_{\text{with UPQC}} - V_{\text{without UPQC}}$$

$$= 0.996221 - 0.434521$$

$$= 0.5617 \text{ (pu) atau } 11234 \text{ Volt}$$

V_{ref} 20 kV, maka

$$V_{\text{optimasi}} = 0.996221 \times 20 = 19.92 \text{ kv}$$

Prosentase Besar V_{optimasi} yang di peroleh adalah

$$\%V_{\text{optimasi}} = \left| \frac{V_{\text{withUPQC}} - V_{\text{withoutUPQC}}}{V_{\text{withUPQC}}} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{0.996221 - 0.434521}{0.996221} \right| \times 100\%$$

$$= 56.38\%$$

BAB V

P E N U T U P

5.1 Kesimpulan

Pengaruh pemasangan *UPQC* (*Unified Power Quality Conditioner*) pada sistem jaringan distribusi 20 kV penyulang Kyodo G.I Ngoro pada saat terjadi penurunan tegangan akibat *voltage sag* yang seimbang dan tidak seimbang dengan menginjeksikan beban 0.05 ohm dan 0.0059 H dengan menggunakan bantuan *software PSCAD /EMTDC V4.2 Power System Simulation*, maka dapat diambil kesimpulan:

- 1) *UPQC* mampu menjaga besarnya tegangan konstan pada titik dimana beban mengalami gangguan *voltage sag* dikarenakan *UPQC* dapat menghasilkan atau menyerap daya reaktif yang diinginkan.
- 2) *UPQC* (*Unified Power Quality Conditioner*) dapat memperbaiki profile tegangan dari 0.96 pu hingga 1.03 pu.
- 3) Besar nilai kapasitas perbaikan dalam tegangan rms setelah kompensasi tergantung pada nilai sumber tegangan *UPQC*.
- 4) Tegangan mengalami perbaikan diambil referensi pada *sag* yang seimbang fasa A saat diinjeksi beban 0.05 ohm dan 0.0059 H dengan kompensasi *UPQC* pada fasa A dari 0.397427 (pu) atau 7948.54 volt menjadi 0.989252 (pu) atau 19785.04 volt pada trafo HG. 087.
- 5) Semua fasa dapat terkompensasi dengan nilai > 0.95 pu pada semua jenis gangguan, artinya *UPQC* ideal di pasang pada sistem distribusi penyulang Kyodo untuk mengatasi *voltage sag*.

5.2. Saran

Untuk menganalisis *Voltage Sag*, jika memungkinkan sebaiknya dapat diperoleh data lapangan yang mencatat waktu terjadinya *Voltage Sag* agar dapat diketahui karakteristik beban yang dipakai konsumen dengan melihat jatuh tegangan yang tercatat.

DAFTAR PUSTAKA

- Anaya Lara, Olimpo,. and Acha,. E.2002. *Modeling and Analysis of Custom Power Systems*. by PSCAD/EMTDC, IEEE. *Trans. on Power Delivery*.17 (1): 265-272.
- Basri, Hasan,. 1997. *Sistem Distribusi Daya Listrik*. Jakarta : ISTN.
- Binti Saudin, Norshafinash,. 2007. “*Voltage Sags Mitigation Techniques Analysis*” Universitas Teknologi Malaysia.
- Cabang Mojosari, PT. PLN (PERSERO) “ Data Unit Pelayanan Jaringan Distribusi Mojosari, 2010.
- Marsudi,Djiteng,. 1990. *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Balai Penerbit Dan Humas ISTN.
- Soeprapto,. 2004. *Diktat Kuliah Elektronika Daya*. Universitas Brawijaya.
- Stevenson, William D, Jr,. 1996. *Analisis Sistem Tenaga Elektrik*. Penerbit Erlangga edisi keempat, Jakarta.
- Sukmawidjaja, Maula,. Februari 2008. “*Perhitungan Profil Tegangan Pada Sistem Distribusi Menggunakan Matrix admitansi dan matrix Impedansi bus*”. Universitas Trisakti Vol 7 No. 2.
- RC. Dugan, “*Electrical Power System Quality*”, McGraw-Hill, New York, 1996.
- I.J. Nagrath, D.P Kothari, “*Modern PowerSystem Analysis*, NEW DELHI, 1980
- T.Devaraju, Dr. V.C.Veera Reddy, Dr. M. Vijaya Kumar,*Role of Custom Power Devices in Power Quality Enhancement: A Review*.
- Wiley Interscience, A John Wiley, IEEE PRESS, “*Instantaneous Power Theory And Application*,2007
- Narain G. Hingorani, Laszlo Gyugyi, IEEE PRESS *Understanding FACTS*, 1999
- <http://www.scribd.com/doc/46096526/Perbaikan-Faktor-Daya-Pada-Beban-Nonlinier>
- <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-6438-2200100074-chapter1.pdf>

LAMPIRAN I

- Jurnal
- Single Line Diagram Penyulang Kyodo
- Data Pengukuran Beban Penyulang Kyodo

Role of custom power devices in Power Quality Enhancement: A Review

T.Devaraju

Research Scholar, Department of EEE,
JNTU College of Engineering, Anantapur

Dr. V.C.Veera Reddy

Professor, Department of EEE,
SV University College of Engineering, Tirupati

Dr. M. Vijaya Kumar,

Registrar,
Jawaharlal Nehru Technological University, Anantapur

Abstract:

Electrical Power quality is the degree of any deviation from the nominal values of the voltage magnitude and frequency. From the customer perspective, a power quality problem is defined as any power problem manifested in voltage, current, or frequency deviations that result in power failure or disoperation of customer of equipment. This paper presents the configurations, working and significant functions of each custom power device are discussed. The present researchers are concentrating on the new technologies utilizing power electronics based concepts because these devices are capable of mitigating several power quality problems. The application of power electronics to power distribution system for the benefit of a customer or group of customers is called custom power. The custom power devices like Distribution Static compensator (DSTATCOM), the Dynamic voltage restorer (DVR) and Unified power quality conditioner (UPQC) are discussed. Comprehensive results are presented to asses the working of each device as a potential custom power solution.

Index Terms– Power quality, custom power devices, Voltage sag, Swell, DVR, DSTATCOM

I. Introduction

One of the most common power quality problems is Voltage sag.. A voltage sag is a reduction in the RMS voltage in the range of 0.1 to 0.9 p.u. (retained) for duration greater than half a mains cycle and less than 1 minute and a voltage swell is an increase in the RMS voltage in the range of 1.1 to 1.8 p.u. for a duration greater than half a main cycle and less than 1 minute [1]. Voltage sags caused by faults, increased load demand and transitional events such as large motor starting. And voltage swell is caused by system faults, load switching and capacitor switching. A voltage interruption is the complete loss of electric voltage. Interruptions can be short duration (lasting less than 2 minutes) or long duration. There are different ways to mitigate voltage dips, swell and interruptions in distribution systems. A custom power specification may include provision for (i) no power interruption (ii) Tight Voltage regulation including short duration sags or swells (iii) Low harmonic Voltages and (iv) Acceptance of fluctuating and non linear loads without effect on terminal voltage[2][4]. These devices are connected either in shunt or in series or in combination of both series and shunt. The series-connected device is dynamic voltage restorer (DVR) that is to inject a voltage of desired amplitude, frequency and phase between the PCC and the load in series with the grid voltage. The shunt-connected device is distribution static compensator (DSTATCOM) which is to dynamically inject a current of desired amplitude, frequency and phase into the grid. Unified power quality conditioner (UPQC) configuration consists of both series and shunt converters connected to the same DC link, which shunt converter and one side of the series transformer are connected to the same node[6][7]To achieve these objectives of the custom power devices simulated sample wave forms are analyzed for better understanding.

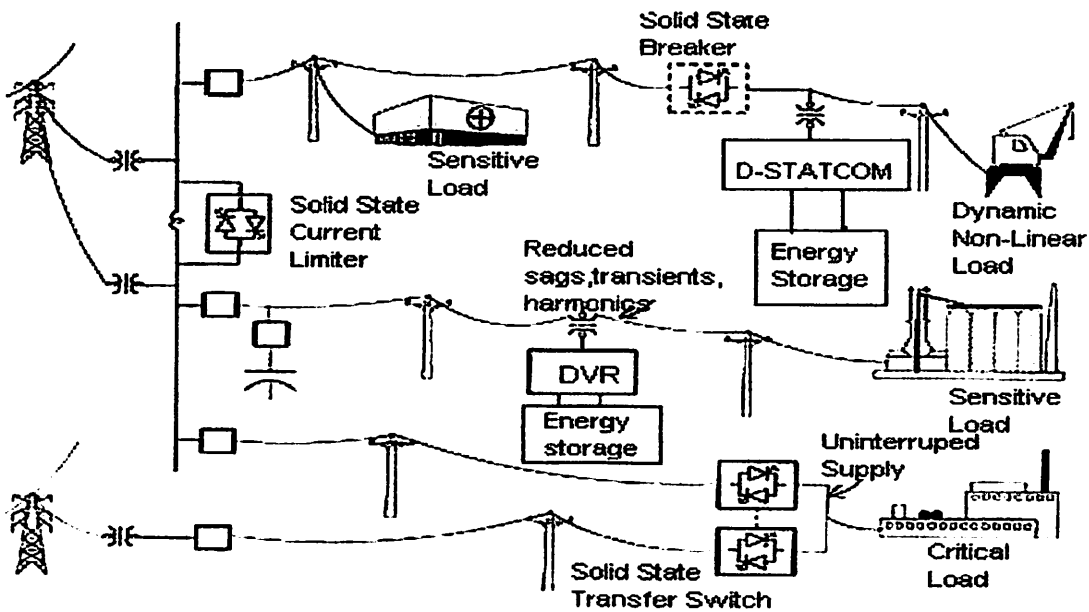


Fig.1: Custom power Distribution System

II. Classification of Custom power Devices

Custom power devices can be classified into two major categories [1], one is network configuring type and the other is compensating type. The former changes the configuration of the power system network for power quality enhancement. SSCL (Solid State Current Limiter), SSCB (Solid State Circuit Breaker) and SSTS (Solid State Transfer Switch) are the most representative in this category. SSCL is a GTO based device that inserts an inductor in series with a power system and limits the fault current and the inductor is removed from the circuit once the fault is cleared. SSCB acts as a protection device. It isolates the faulted circuit from the system. SSTS performs rapid transfer of the load from a faulted line to an alternative line to protect a sensitive load. All of these devices use GTO or thyristor. Therefore these devices are called "solid state" devices. [4][6][8]

The compensating type devices are used for active filtering, load balancing, power factor correction and voltage regulation. The family of compensating devices include DSTATCOM (Distribution Static compensator), DVR (Dynamic voltage restorer) and Unified power quality conditioner (UPQC). DSTATCOM has a similar structure and function to STATCOM in the transmission system. DSTATCOM is connected in shunt with the power system. DVR is a series connected device that injects a rapid series voltage to compensate the supply voltage. UPQC is a similar structure to that of UPFC. It injects series voltage and shunt currents to the system. [4]

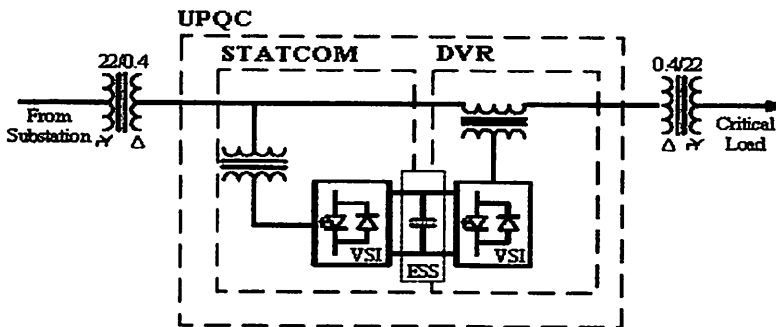


Fig.2: Configuration of Custom Power devices

A. Distribution Static Compensator

The D-STATCOM configuration consists of a two-level VSC, a dc energy storage device, a coupling transformer connected in shunt with the ac system. Fig. 3 shows the schematic representation of the D-STATCOM [4]. The VSC converts the dc voltage across the storage device into a set of three-phase ac output voltages. These voltages are in phase and coupled with the ac system through the reactance of the coupling transformer. Suitable adjustment of the phase and magnitude of the D-STATCOM output voltages allows effective control of active and reactive power exchanges between the D-STATCOM and the ac system.[9][10].

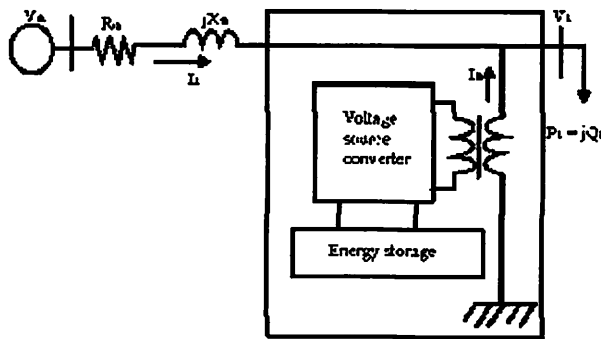


Fig.3: Schematic diagram of D-STATCOM

The VSC connected in shunt with the ac system provides a multifunctional topology which can be used for up to three quite distinct purposes[10] [14].

- 1) Voltage regulation and compensation of reactive power;
- 2) Correction of power factor;
- 3) Elimination of current harmonics.

Figure 3 show the shunt injected current I_{sh} . Corrects the voltage sag by adjusting the voltage drop across the system impedance Z_{th} . The value of I_{sh} can be controlled by adjusting the output voltage of the converter. The shunt injected current I_{sh} can be written as shown in equation(1).

$$I_{sh} = I_L - I_s = I_L - \frac{V_{Th} - V_L}{Z_{Th}} \quad \text{---(1)}$$

B. Dynamic Voltage Restorer

The DVR is a powerful controller that is commonly used for voltage sags mitigation at the point of connection. The DVR employs the same blocks as the D-STATCOM, but in this application the coupling transformer is connected in series with the ac system, as illustrated in Fig. 4. The main functions of DVR are [6][9][10] :

- (i)Reactive Power Compensation
- (ii)Voltage Regulation
- (iii)Compensation for Voltage sags and Swells
- (iv)Unbalance Voltage Compensation (for 3-phase systems)

The VSC generates a three phase ac output voltage which is controllable in phase and magnitude.[16]. These voltages are injected into the ac distribution system in order to maintain the load voltage at the desired voltage reference. The series injected voltage of the DVR can be written as shown in equation (2).

$$V_{DVR} = V_L + Z_{Th} I_L - V_{Th} \quad \text{--- (2)}$$

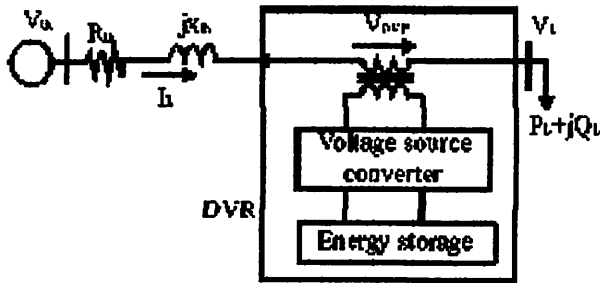


Fig.4: Schematic diagram of DVR

C. Unified Power Quality Conditioners

Unified power quality conditioners (UPQC) allow the mitigation of voltage and current disturbances that could affect sensitive electrical loads while compensating the load reactive power. Unified power quality conditioners UPQC[4][13], consist of combined series and shunt active power filters for simultaneous compensation of voltage and current disturbances and reactive power. The basic structure of this equipment is shown in fig 5.

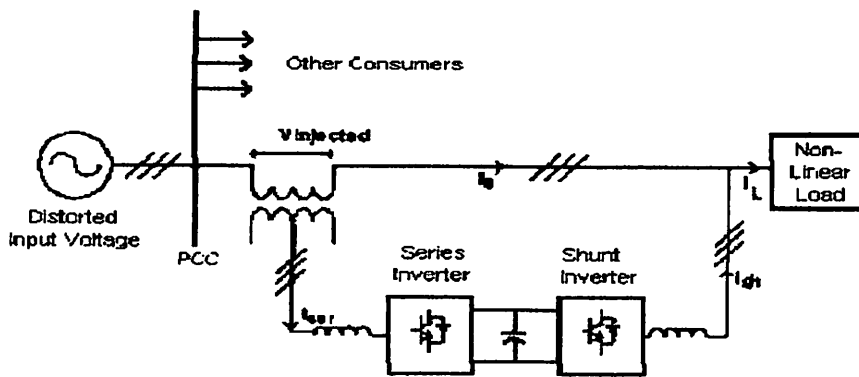


Fig.5: Schematic diagram of UPQC

The function of UPQC includes

- (i) Reactive Power Compensation
- (ii) Voltage Regulation
- (iii) Compensation for Voltage sag and swell
- (iv) Unbalance Compensation for current and voltage (for 3-phase systems)
- (v) Neutral Current Compensation (for 3-phase 4-wire systems)

III. SIMULATION RESULTS

Sample simulation results for voltage sag and swell using D-STATCOM with SIMULINK

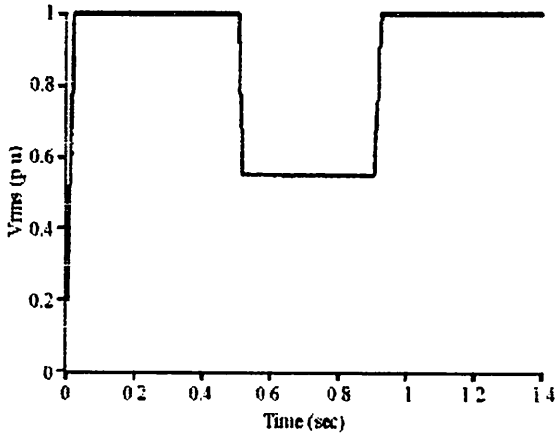


Fig.6: Vrms at load without D-STATCOM(sag)

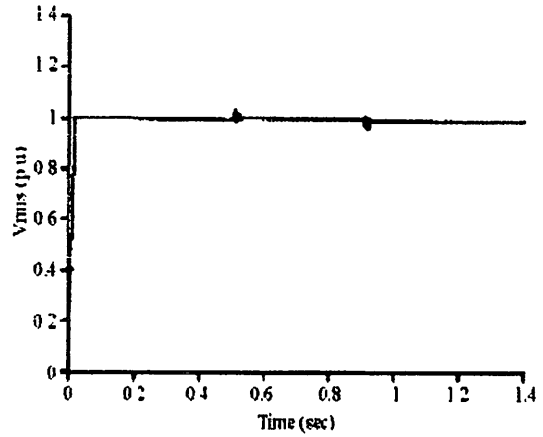


Fig.7: Compensated voltage at load with D-STATCOM

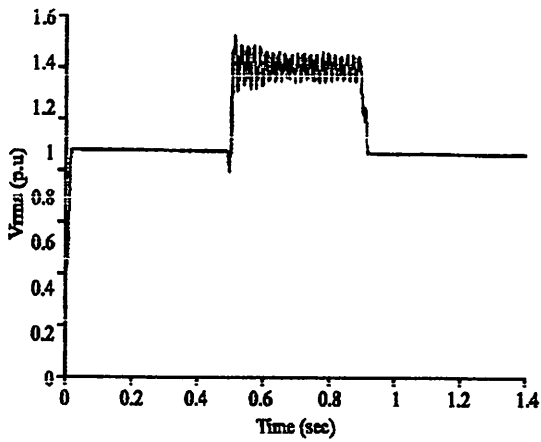


Fig.8: Voltage Vrms at load point without D-STATCOM(swell)

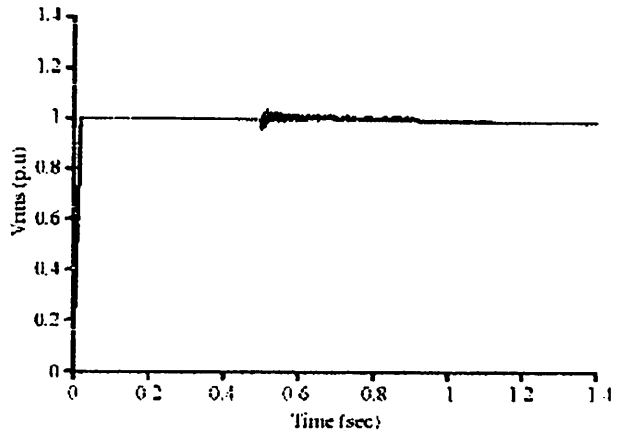


Fig.9: Mitigated voltage Vrms at load point with D-STATCOM

Sample simulation results for volstge sag and swell using DVR with SIMULINK

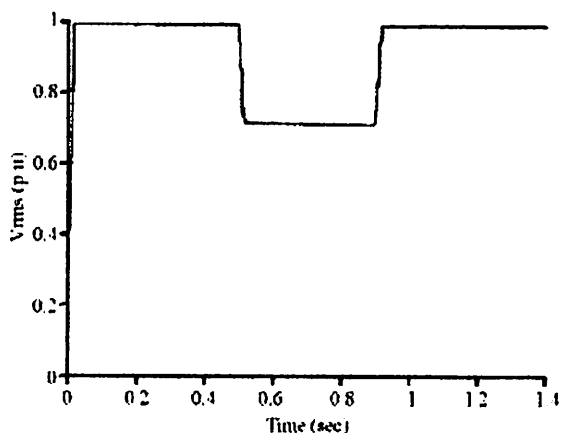


Fig.10: Voltage Vrms at load point without DVR(sag)

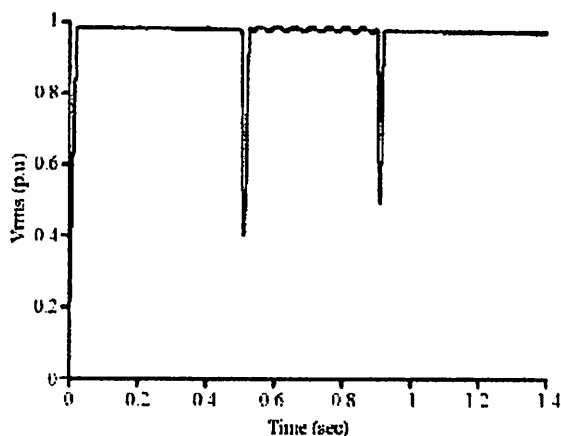


Fig.11: Mitigated voltage Vrms at load point with DVR

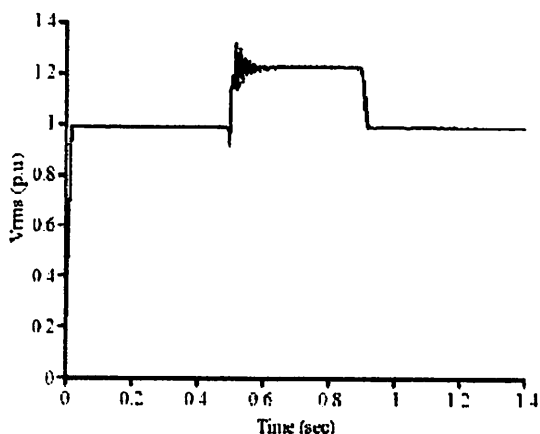


Fig.12: Voltage Vrms at load point without DVR(swell)

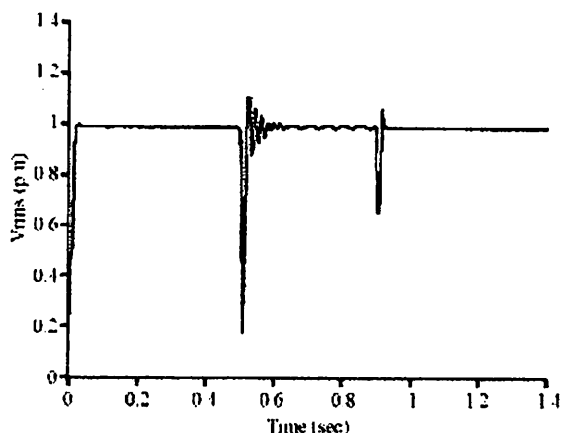


Fig.13: Mitigated voltage Vrms at load point with DVR

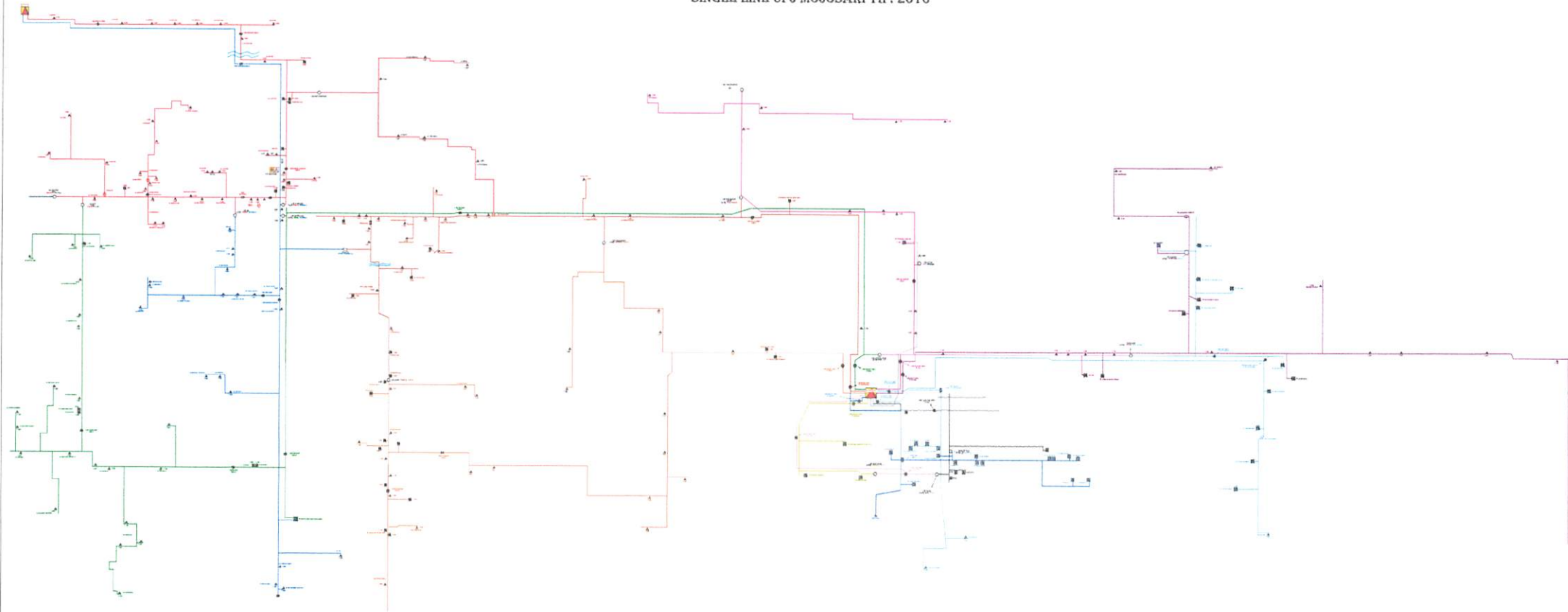
IV. Conclusions

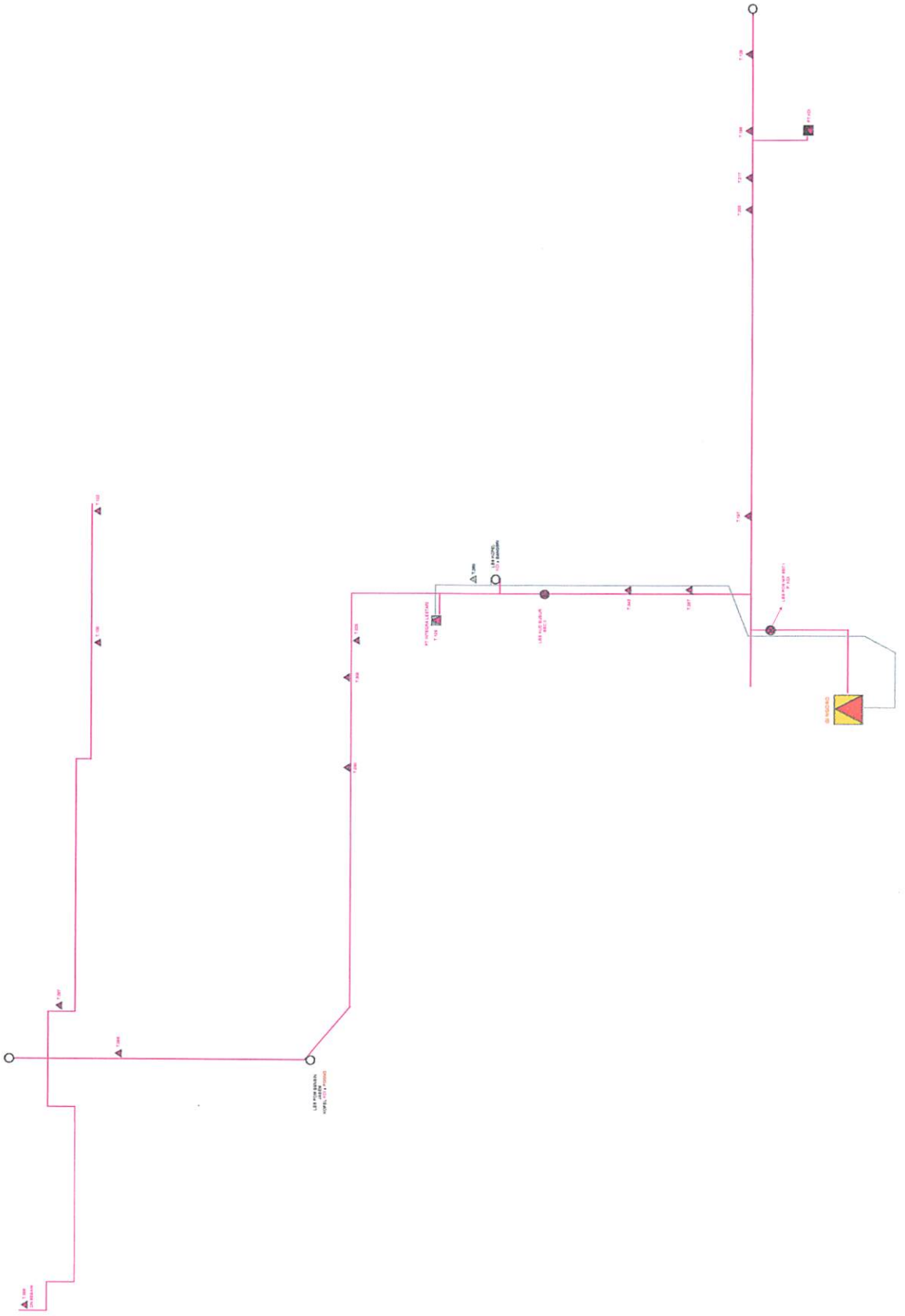
This study has presented the power quality problems such as voltage sags, swells and interruptions. Consequences and mitigation using custom power devices DSTATCOM, DVR, UPQC and SSTS.. The functions of each device is clearly mentioned Simulation of DSTATCOM ,DVR and UPQC was carried out by MATLAB/SIMULINK.A new PWM-based control scheme has been implemented to control the electronic valves in the two-level VSC used in the D-STATCOM and DVR. The simulations carried out showed that the DVR provides excellent voltage regulation capabilities. It was observed that its capacity for power compensation and voltage regulation depends mainly on two factors: the rating of the dc storage device and the characteristics of the coupling transformer. These two factors determine the maximum value of sag mitigation that the DVR can provide. The SSTS proved to be a suitable device for screening selected load points against faulted conditions, but it does require an alternative feeder being available. The transfer of load from a faulted feeder to a healthy one can be achieved in a short period of time.

V. References

- [1] IEEE Standard 519-1992 (1993). IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems. IEEE, New York, NY.
- [2] Hingorani "Introducing Custom Power" IEEE Spectrum, vol.32 no.6 June 1995 p 41-48.
- [3] N.G. Hingorani and L. Gyugyi, "Understanding FACTS: Concepts and Technology of Flexible AC Transmission Systems"
- [4] Anaya-Lara, O., E. Acha, 2002. Modeling and analysis of custom power systems by PSCAD/EMTDC. IEEE Trans..Power Delivery, Issue, 17; 266-272.
- [5] Bollen, M.H.J., 2001. Voltage sags in three-phase systems Power Engineering Review, IEEE., 21; 8-11, 15
- [6] A. Ghosh and G. Ledwich. 2002. Power Quality Enhancement Using Custom Power Devices. Kluwer Academic Publishers.
- [7] P. Boonchiam and N. Mithulananthan. 2006. Understanding of Dynamic Voltage Restorers through MATLAB Simulation. Thammasat Int. J. Sc. Tech., 11(3), July-Sept.
- [8] Bollen, M.H.J., 2000. Understanding Power Quality Problems, Voltage Sags and Interruptions. New York: IEEE Press.
- [9] S. V. Ravikumar, and S. Sivanagaraju., 2008. Power quality Improvement Using DStatcom and DVR. Int. J. Elec. Power Eng., 1(3): pg 368-376.
- [10] M.H. Haque "Compensation of Distribution System Voltage Sag by DVR and DSTATCOM" Power Tech Proceedings, 2001 IEEE Porto, Volume: 1, 10-13 Sept. 2001 Pages: 5 pp. vol. 1
- [11] TEQSIM International Inc., "Power System Blockset User's Guide", 2001. M. H. J. Bollen, "Understanding Power Quality Problems—Voltage Sags and interruptions.
- [12] K. Chan, 1998. Technical and performance aspects of a dynamic voltage restorer. Dynamic voltage—Replacing Those Missing Cycles IEE Half Day Colloquium. Feb. 11, 1998 pp. 5/1-5/25, Digest no. 1998/189.
- [13] A. Ghosh and G. Ledwich, "A unified power quality conditioner (UPQC) for simultaneous voltage and current compensation," Journal of Electric Power Systems Research, Vol. 59, pp. 55-63, Aug. 2001.
- [14] B. Singh, A. Adya, J. Gupta, "Power Quality Enhancement with DSTATCOM for small Isolated Alternator feeding Distribution System" Power Electronics, And Drive System 2005, (PEDS 2005), Vol. 1., 16-18 Jan Pages: 274-279.
- [15] Modrigal, M. and E. cha., 200. Modeling and Custom power equipment Using Harmonic Domain Techniques, IEEE., pp. 264-270.
- [16] Mienski, R., R. Pawelek and I. Wasiak., 2004. Shunt Compensation for power quality Improvement Using a STATCOM controller: Modeling and simulation, IEEE., Proc. Gener. Trans. Disri., 151: 2.
- [17] A. A. El Mofty, K. Youssef, "Industrial power quality problems" Alexandria Electricity Company, Alexandria, Egypt, June 2007, pg. 18-21
- [18] P. T. Nguyen, Tapan K. Saha, "Dynamic voltage restorer against balanced and unbalanced voltage sags: Modelling and simulation", IEEE transactions on Power Delivery, 2004, pg. 1-6.
- [19] J. G. Nielsen, M. Newman, H. Nielsen and F. Blaabjerg. 2004. Control and testing of a dynamic voltage restorer (DVR) at medium voltage level. IEEE Trans. Power Electron. 19(3): 806 May.
- [20] Don O. Koval, Jerry Leonard, Z. John Licsko, "Power quality of small rural industries" IEEE Transactions on Industry applications, Vol. 29, No. 4, July, 1993, pg 696-699.
- [21] Ding Hongfa, Ga Jun Xian Hong, "New concepts of Dynamic voltage restoration for three phase distribution systems", IEEE 2000, pg. 1427-1432.
- [22] Woodley, N.H., and Sezi, T., 2000. Voltage sags and swell mitigation using a static series compensation device. In Proc. 6th European Power Quality Conference, 6-8 June 2000, Germany.
- [23] V. Barrera Nunez, J. Melendez Frigola, and S. Herraiz Jaramillo 2008. International conference on Renewable Energy and Power Quality-ICREPO'08, March 12-14, Santander.
- [24] H. Awad, J. Svensson, M. Bollen, "Mitigation of Unbalanced Voltage Dips Using Static Series Compensator", IEEE Trans. On Power Elec., Vol. 19, No. 13, May 2004
- [25] John Stones and Alan Collinson "Introduction to Power Quality, Power Engineering Journal

SINGLE LINE UPJ MOJOSARI TH : 2010





MONITORING BEBAN GARDU DISTRIBUSI UPJ MOJOSARI

UNIT : PLN MOJOSARI

NBLIHAT TANGGAL PENGUKURAN,SETELAH GRASS ditandai warna MERAH

NO	LOKASI DAN NO. GARDU	GARDU INDIUK PENYULANG	DAYA TRAFIK KVA			TANGGAL	PH	LINE JURUSAN				TEGANGAN				KVA	%									
			LABEL	KOND	KAP			A	B	C	D	TTL	Ph - N V	R - S V	Ph - Ph V											
																		R	S	T	R	S	T	R	S	T
																		R	S	T	R	S	T	R	S	T
1	JL. RAYA PACET	TARIK	60	150	28-Okt-10	R	135	90	214	R - 0 = 220	R - S = 370															
		KWBAR	50			S	146	99	243	S - 0 = 218	R - T = 360															
			50			T	133	112	235	T - 0 = 218	S - T = 369				152,24	101,4933333										
2	JL HAYAM WURUK MOJOSARI	NGORO	60	150	28-Okt-10	R	29	221	21	240	R - 0 = 220	R - S = 379														
		SLMAN	50			S	253	47	282	S - 0 = 234	R - T = 378															
			50			T	195	2	376	T - 0 = 229	S - T = 382					149,4										
						R	48	60	114	234		1139		210,6												
3	ASRAMA LINUD 503	TARIK	250	250	13-Agust-08	R	189		189	R - 0 = 216	R - S = 377															
		KWBAR	1			S	202		202	S - 0 = 216	R - T = 36															
						T	204		204	T - 0 = 216	S - T = 380															
						R	0	72	72		793		126,676	50,6304												
4	DS KEBONDALEM	TARIK	160	160	04-Nop-10	R	83	51	174	R - 0 = 214	R - S = 385															
		MSARI	1			S	97	80	185	S - 0 = 218	R - T = 384															
						T	165	117	222	T - 0 = 214	S - T = 382															
						R	0	56	25	210		1151		126,668	79,16125											
6	RR RI DS. NGRANGGON (KH)	TARIK	400	400		R			0	R - 0 = 219	R - S = 385															
		MSARI	1			S			0	S - 0 = 219	R - T = 382															
						T			0	T - 0 = 219	S - T = 0		0	0		0										
						R			0		219															
6	DS NGRANGGON	TARIK	100	REK	24-Nop-10	R	79	36	168	R - 0 = 213	R - S = 364															
		MSARI	1			S	136	2	132	S - 0 = 220	R - T = 375															
						T	34	14	50	T - 0 = 217	S - T = 372															
						R	0	92	30	122		1111		63,36		63,36										
7	JL. AIRLANGGA	TARIK	250	250	30-Okt-10	R	117	77	160	364	R - 0 = 230	R - S = 399														
		KWBAR	1			S	119	82	137	339	S - 0 = 232	R - T = 403														
						T	96	100	159	355	T - 0 = 233	S - T = 405														
						R	0	36	69	233		1207		246,514		98,6086										
8	DS MODOPURO	TARIK	160	160	27-Sep-10	R	205		108	320	R - 0 = 219	R - S = 381														
		MSARI	1			S	151	87	247	S - 0 = 218	R - T = 380															
						T	165	129	281	T - 0 = 216	S - T = 387															
						R	0	10	33	43	219		1149		187,902	117,43876										
9	HG009 BANGSRI,MODOPURO	TARIK	50	100	14-Jun-10	R	19	84	103	R - 0 = 221	R - S = 385															
		MSARI	1			S	34	105	143	S - 0 = 224	R - T = 389															
						T	19	48	67	T - 0 = 221	S - T = 382															
						R	0	122	23	145		1156		70,112		70,112										
10	HG010 PABRIK ROTI RAMAYANA	TARIK	250	250	05-Agust-09	R	250		260	R - 0 = 221	R - S = 383															
		MSARI	1			S	239		239	S - 0 = 219	R - T = 382															
						T	226		226	T - 0 = 220	S - T = 392															
						R	0	221	0	221		1147		171,054		69,4216										
11	DS MENANGGAL	TARIK	200	200	04-Nop-10	R	172	90	263	R - 0 = 227	R - S = 396															
		MSARI	1			S	156	118	273	S - 0 = 227	R - T = 384															
						T	164	90	247	T - 0 = 227	S - T = 392															
						R	0	62	32	94	227		1182		177,741	88,8705										
12	DS SEDURI	TARIK	200	200	14-Nop-10	R	84	76	214	R - 0 = 229	R - S = 384															
		MSARI	1			S	135	75	257	S - 0 = 226	R - T = 399															
						T	119	83	290	T - 0 = 231	S - T = 396															
						R	0	78	40	36	231		1188		155,001	77,5005										
13	DS RANDUBANGO	TARIK	160	160	24-Nop-10	R			156	R - 0 = 219	R - S = 378															
		MSARI	1			S			189	S - 0 = 213	R - T = 376															
						T			154	T - 0 = 210	S - T = 377															
						R			81	81	213		114,807		71,54376											
14	DS JOTANGAN	TARIK	200	200	22-Nop-10	R	98	144	242	R - 0 = 231	R - S = 400															
		MSARI	1			S	97	117	214	S - 0 = 229	R - T = 397															
						T	120	156	276	T - 0 = 228	S - T = 395															
						R	0	56	21	77	231		1192		165,092	84,546										
15	DS LONTAR KEBONDALEM	TARIK	200	200	09-Nop-10	R	18	198	381	R - 0 = 230	R - S = 383															
		MSARI	1			S	14	219	312	S - 0 = 220	R - T = 388															
						T	36	111	232	T - 0 = 223	S - T = 389															
						R	0	24	74	98	223		1160		182,435	94,2175										
16	DS MEJOYO	TARIK	160	160	24-Nop-10	R	179	29,3	297	R - 0 = 218	R - S = 379															
		MSARI	1			S	122,5	15,7	140	S - 0 = 221	R - T = 386															
						T	163	32,7	168	T - 0 = 224	S - T = 395															
						R	0	80	49,3	127,9	224		1160		119,84	74,9										
17	PT HUME SAKTI INDONESIA	TARIK	1600	1600		R			0	R - 0 = 219	R - S = 385															
		MSARI	1			S			0	S - 0 = 219	R - T = 385															
						T			0	T - 0 = 219	S - T = 0		0	0		0										
						R			0		219															
18	JL HAYAM WURUK	NGORO	50	150	29-Okt-10	R	67	239	367	R - 0 = 221	R - S = 384															
		SLMAN	2	50		S	37	184	219	S - 0 = 225	R - T = 385															
			50			T	17	220	241	T - 0 = 226	S - T = 389															
						R	0	14	26	40	226		1158		173,342	115,5813333										
19	POH BENSIN JATILANGKUNG	TARIK	160	160	26-Jul-10	R	24	144	168	R - 0 = 223	R - S = 386															
		KWBAR	1			S	15	107	122	S - 0 = 229	R - T = 395															
						T	11	163	198	T - 0 = 223	S - T = 386															
						R	0	23	35	58	228		1167		111,492	69,8225										
20	HG020 DS KUTOREJO	NGORO	160	125	18-Mei-10	R	88	93	163	R - 0 = 232	R - S = 403															
		MUBIN	2			S	52	96	187	S - 0 = 231	R - T = 402															
						T	43	79	130	T - 0 = 230	S - T = 400															
						R	0	36	17	45	232		1205		111,36	89,088										
21	DS NEMBEH	NGORO	200	200	04-Nop-10	R	172	138	310	R - 0 = 230	R - S = 398															
		MUBIN	2			S	138	75	213	S - 0 = 230	R - T = 398															
						T	147	114	261	T - 0 = 231	S - T = 400															
						R	0	50	43	93	231		1197		181,104	90,552										
22	DS PUNGGING	NGORO	50	150	12-Okt-10	R	145	56	290	R - 0 = 210	R - S = 364															
		SLMAN	2			S	101	88	192	S - 0 = 215	R - T = 372															
						T	165	101	266	T - 0 = 219	S - T = 379															
						R	0	16	32	219	1116		144,102		96,068											
23	DS KEMBANGRINGGIT	NGORO	60	150	27-Nop-10	R	217	34	218	R - 0 = 234	R - S = 405															
		SLMAN	2	50		S	212	9	219	S - 0 = 234	R - T = 406															
						T	227	4	224	T - 0 = 235	S - T = 407															
						R	0	54	24	42	235		1218	</												

		MSARI	25				T	113	78	213	T=0	223	S=T			
39	HG039 PT SARASWATI ANUGRAH	NGORO	2	630	630		R				0	231	0	136,983	136,983	
		SLMAN					S				0	217	R=5			
							T				0	226	R=5			
							0				0	225	S=5	0	0	0
40	DS MOJOSULUR	TARIK	1	250	REK	200	23-Nov-10	R	48	152	201	R=0	230	R=5		
		KWBAR					S	56	174	232	S=0	224	R=T			
							T	50	171	215	T=0	232	S=T			
							0	48	18	66		234		0	151,832	75,816
41	DS RELAHANTENGAH	TARIK	1	180		180	30-Nov-10	R	162	3	160	R=0	235	R=5	422	
		KWBAR					S	176	1	181	S=0	227	R=T	385		
							T	160	12	188	T=0	232	S=T	398		
							0	24	31	65		237		1195	126,795	73,246876
42	DS LEBAKSONO	NGORO	2	200		200	13-Nov-10	R	26	213	232	R=0	236	R=5	409	
		SLMAN					S	24	263	287	S=0	229	R=T	387		
							T	63	263	309	T=0	230	S=T	388		
							0	29	62	91		226		1204	195,408	97,704
43	DS SEKARGADING	NGORO	2	200	REK	160	13-Nov-10	R	78	146	221	R=0	227	R=5	398	
		SLMAN					S	83	79	180	S=0	231	R=T	398		
							T	81	113	192	T=0	226	S=T	392		
							0	29	34	68		231		1188	132,363	82,726875
44	DS SUMBERPANDAN	NGORO	2	290	rek	160	09-Nov-10	R	76	101	177	R=0	227	R=5	400	
		MUBIN					S	151	113	265	S=0	227	R=T	398		
							T	117	184	238	T=0	230	S=T	396		
							0	68	31	89		230		1194	143,58	89,8875
45	HG045 PT PRABU MANUNGAL	NGORO	2	0		0		R			0	R=0	219	R=5		
		SLMAN					S				0	S=0	219	R=T		
							T				0	T=0	219	S=T		
							0				0	219		0	0	0
46	DS SELOLIMAN	NGORO	2	160		160	01-Nov-10	R	89	113	202	R=0	218	R=5		#DIV/0!
		SLMAN					S	91	97	183	S=0	221	R=T			
							T	95	107	202	T=0	218	S=T			
							0	25	22	57		221		0	129,727	81,679375
47	DS BRENET	NGORO	2	160		160	01-Nov-10	R	81	101	178	R=0	232	R=5	410	
		SLMAN					S	84	96	184	S=0	227	R=T	407		
							T	126	130	258	T=0	227	S=T	400		
							0	34	14	50		232		1217	145	80,825
48	DS AWANG-AWANG	TARIK	1	160		160	01-Oct-10	R	179	34	210	R=0	238	R=5		
		KWBAR					S	168	7	169	S=0	233	R=T			
							T	206	13	214	T=0	236	S=T			
							0	64	8	68		235		0	141,134	88,20875
49	HG049 DS JATILANGKUNG	NGORO	1	60		150	26-Mei-10	R	54	128	182	R=0	226	R=5	387	
		KWBAR					S	70	133	203	S=0	227	R=T	393		
							T	58	125	183	T=0	218	S=T	389		
							0	14	35	49		227		1169	128,936	85,95733333
50	HG050 DS SANGGRAHAN	TARIK	1	60		150	21-Agust-10	R	67	54	116	R=0	213	R=5	383	
		KWBAR					S	76	78	184	S=0	226	R=T	389		
							T	25	92	119	T=0	226	S=T	389		
							0	7	31	38		226		1180	76,614	61,076
51	DS JATISARI	TARIK	1	200		200	30-Oct-10	R	180	113	293	R=0	213	R=5	372	
		KWBAR					S	165	85	250	S=0	216	R=T	369		
							T	144	94	229	T=0	213	S=T	371		
							0	66	215	132		216		1111	168,536	83,268
52	DS TURJ	TARIK	1	200	REK	180	28-Nov-10	R	217	25	256	R=0	216	R=5	381	
		KWBAR					S	172	23	196	S=0	221	R=T	374		
							T	190	26	193	T=0	216	S=T	380		
							0	88	19	77		221		1136	142,324	89,9525
53	DS SAMPANGGUNG	TARIK	1	200	REK	160	29-Nov-10	R	111	73	184	R=0	217	R=5	366	
		KWBAR					S	126	58	184	S=0	216	R=T	365		
							T	122	78	200	T=0	214	S=T	370		
							0	37	85	122		217		1104	123,266	77,035
54	HG054 DK KAMOTANKULON	NGORO	2	100	REK	80	19-Agust-10	R	40	53	94	R=0	227	R=5		
		SLMAN					S	44	30	79	S=0	228	R=T			
							T	69	43	81	T=0	224	S=T			
							0	56	37	93		228		0	58,28	74,1
55	DS RANDUHARJO	NGORO	2	200		200	01-Oct-10	R	1223	96	218	R=0	233	R=5	403	
		SLMAN					S	124	133	269	S=0	233	R=T	404		
							T	153	113	265	T=0	234	S=T	406		
							0	26	35	70		224		1213	173,629	86,814
56	DS BALONGMASIN	NGORO	2	160	REK	128	15-Nov-10	R	78	97	177	R=0	219	R=5	383	
		SLMAN					S	59	102	162	S=0	222	R=T	375		
							T	89	92	185	T=0	217	S=T	382		
							0	20	22	42		222		1140	116,329	80,82125
57	POM BENSIN MOJOSARI	TARIK	1	160		160	30-Oct-10	R	207	207	207	R=0	232	R=5	392	
		MSARI					S	225	225	225	S=0	231	R=T	396		
							T	181	181	218	T=0	233	S=T	393		
							0	66	66	66		233		1181	151,45	94,65625
58	PDAM AWANG-AWANG (RHS)	TARIK	1	60		60	30-Oct-10	R	57	25	81	R=0	213	R=5	364	
		KWBAR					S	40	37	78	S=0	216	R=T	365		
							T	31	25	67	T=0	213	S=T	364		
							0	28	12	31		216		0	49,16	98,32
59	HG069 PT KURNIA ANGGUN	TARIK	1	630		630		R			0	R=0	219	R=5		
		MSARI					S				0	S=0	219	R=T		
							T				0	T=0	219	S=T		
							0				0	219		0	0	0
60	SUMBER WARU	NGORO	2	160		160	06-Oct-10	R	89	54	134	R=0	233	R=5	391	
		BGSR					S	51	36	89	S=0	235	R=T	385		
							T	61	68	129	T=0	233	S=T	390		
							0	25	32	57		236		1165	83,972	83,972
61	DS PURWOJATI	NGORO	2	60		180	24-Nov-10	R	168	84	262	R=0	231	R=5	397	
		SLMAN					S	155	57	271	S=0	229	R=T	395		
							T	134	64	255	T=0	233	S=T	393		
							0	45	68	23		231		1188	175,088	116,732
62	DS SEKARGADING	NGORO	2	60		150	12-Oct-10	R	36	108	152	R=0	225	R=5	386	
		SLMAN					S	53	83	140	S=0	228	R=T			
							T	64	111	173	T=0	226	S=T			
							0			0		228		0	106,02	70,68
63	DS KALJGORO	NGORO	2	200	REK	160	19-Nov-10	R	71	148	212	R=0	221	R=5		
		MUB														

117	HG117 NIP	NGORO	1	200	REK	160					0	59	78	64	228	1137	124,032	77,52
											R	15	29	44	R-0 = 234	R-S = 408		
											S	17	14	31	S-0 = 236	R-T = 403		
											T	24	28	52	T-0 = 232	S-T = 406		
											0	12	13	26	0	219	1217	29,972
118	HG118 PT KINGSON METAL (KHS)	NGORO	1			0					R			0	R-0 = 219	R-S = 0		18,7326
											S			0	S-0 = 219	R-T = 0		
											T			0	T-0 = 219	S-T = 0		
											0			0	0	219	0	#DIV/0!
119	HG119 DS BOCOK	TARIK	1	25		25	06-Jun-07				R			14	R-0 = 219	R-S = 0		
											S			0	S-0 = 219	R-T = 0		
											T			0	T-0 = 219	S-T = 0		
											0			0	0	219	0	3,086
120	DS JASEM	NGORO	2	180		180	30-Oct-10				R	53	82	144	R-0 = 229	R-S = 388		12,264
											S	49	116	165	S-0 = 229	R-T = 387		
											T	41	82	154	T-0 = 226	S-T = 399		
											0	17	24	41	0	219	1164	101,447
121	DS BELAHANTENGAH	TARIK	1	160		160	30-Nov-10				R	43	196	242	R-0 = 226	R-S = 391		101,447
											S	27	168	186	S-0 = 228	R-T = 390		
											T	37	154	190	T-0 = 231	S-T = 402		
											0	36	31	61	0	219	1192	142,758
122	DS TAWANGSARI	NGORO	2	50	REK	80	28-Sep-10				R	100		190	R-0 = 225	R-S = 396		85,22376
											S	96		96	S-0 = 220	R-T = 381		
											T	101		101	T-0 = 222	S-T = 385		
											0	69		69	0	225	1185	66,825
123	HG123 PT STAR PAPER SUPPLY	NGORO	2			0					R			0	R-0 = 219	R-S = 0		
											S			0	S-0 = 219	R-T = 0		
											T			0	T-0 = 219	S-T = 0		
											0			0	0	219	0	#DIV/0!
124	DS DADAPAN	TARIK	1	100	rek	80	24-Nov-10				R	72	60	132	R-0 = 231	R-S = 379		
											S	33	37	78	S-0 = 227	R-T = 384		
											T	52	39	91	T-0 = 225	S-T = 338		
											0	24	25	48	0	231	1101	67,683
125	JL KARTINI	TARIK	1	200	rek	160	28-Oct-10				R	180	114	288	R-0 = 227	R-S = 391		84,60376
											S	204	49	248	S-0 = 228	R-T = 394		
											T	197	61	256	T-0 = 236	S-T = 397		
											0	60	44	104	0	230	1182	184,40
126	DS LEBAKSONO	NGORO	2	150		150	13-Nov-10				R	45	84	129	R-0 = 231	R-S = 402		115,2876
											S	80	106	144	S-0 = 231	R-T = 402		
											T	64	85	149	T-0 = 231	S-T = 403		
											0	32	24	56	0	231	1207	97,482
127	HG127 DS GEDANGAN KUTOREJO	NGORO	2	160	REK	128	23-Agust-10				R	172	43	221	R-0 = 221	R-S = 0		60,92625
											S	118	26	145	S-0 = 223	R-T = 0		
											T	105	72	173	T-0 = 222	S-T = 0		
											0	68	10	68	0	223	0	120,197
128	DS MOJOSULUR	TARIK	1	160	REK	128	25-Dec-10				R	47	110	157	R-0 = 224	R-S = 388		93,9038625
											S	46	132	176	S-0 = 226	R-T = 379		
											T	72	109	180	T-0 = 223	S-T = 382		
											0	36	38	65	0	226	1147	115,938
129	DS WONOSARI(SSP196)	NGORO	2	100		100	11-Nov-10				R	171		171	R-0 = 219	R-S = 379		90,5765625
											S	157		167	S-0 = 224	R-T = 379		
											T	162		163	T-0 = 219	S-T = 380		
											0	74		74	0	224	1138	107,744
130	PT PRAKARSA	NGORO	2	250		250	06-Agust-09				R	251		251	R-0 = 224	R-S = 378		107,744
											S	225		225	S-0 = 224	R-T = 386		
											T	220		220	T-0 = 224	S-T = 386		
											0	16		16	0	224	1150	165,904
131	PT DHARMALA - RSEA	NGORO	1	160		160	10-Agust-09				R	14		14	R-0 = 227	R-S = 402		62,3616
											S	3		3	S-0 = 227	R-T = 402		
											T	14		14	T-0 = 227	S-T = 402		
											0	23		23	0	227	1206	7,347
132	BONGKAR	#REF!				0					R			0	R-0 = 219	R-S = 0		4,591875
		#REF!									S			0	S-0 = 219	R-T = 0		
		#REF!									T			0	T-0 = 219	S-T = 0		
											0			0	0	219	0	#DIV/0!
133	PT INTER TAWAN IND.	NGORO	1			0					R			0	R-0 = 219	R-S = 0		
											S			0	S-0 = 219	R-T = 0		
											T			0	T-0 = 219	S-T = 0		
											0			0	0	219	0	#DIV/0!
134	PT HP METAL	NGORO	1			0					R			0	R-0 = 219	R-S = 0		
											S			0	S-0 = 219	R-T = 0		
											T			0	T-0 = 219	S-T = 0		
											0			0	0	219	0	#DIV/0!
135	DS GEDON	NGORO	2	50		50	11-Nov-10				R	27	10	35	R-0 = 229	R-S = 402		
											S	2	4	4	S-0 = 231	R-T = 383		
											T	37	2	40	T-0 = 225	S-T = 395		
											0			21	0	231	1191	18,240
136	DN JURONO DS NGEMBEH	NGORO	2	100		100	04-Nov-10				R	47	104	162	R-0 = 231	R-S = 408		36,498
											S	88	45	105	S-0 = 233	R-T = 401		
											T	75	63	128	T-0 = 235	S-T = 405		
											0	25	52	67	0	235	1214	92,825
137	POS SATPAM NIP	NGORO	2	50	rek	40	12-Mei-10				R	6,63		8,63	R-0 = 233,4	R-S = 392		92,825
											S	25,8		25,8	S-0 = 232,9	R-T = 393		
											T	6,63		6,63	T-0 = 231,7	S-T = 396		
											0	17,39		17,39	0	233,4	1181	9,560064
138	PT GIODONG IND. (KHS)	NGORO	1			0					R			0	R-0 = 219	R-S = 0		23,90016
											S			0	S-0 = 219	R-T = 0		
											T			0	T-0 = 219	S-T = 0		
											0			0	0	219	0	#DIV/0!
139	DS MOJOREJO	NGORO	2	160	REK	128	12-Nov-10				R	106	29	135	R-0 = 239	R-S = 0		
											S	121	25	149	S-0 = 240	R-T = 0		
											T	129	37	169	T-0 = 238	S-T = 0		
											0	20	17	28	0	240	0	108,72
140	BONGKAR	#REF!				0					R			0	R-0 = 219	R-S = 0		84,9376
		#REF!									S			0	S-0 = 219	R-T = 0		
		#REF!									T			0	T-0 = 219	S-T = 0		
											0			0	0	219	0	#DIV/0!
141	PT GIONG DONG (KHS)	NGORO	1			0					R			0	R-0 = 219	R-S = 0		
											S			0	S-0 = 219	R-T = 0		
											T			0	T-0 = 219	S-T = 0		
											0			0	0	219	0	#DIV/0!
142	PT KING MODERN METAL	NGORO	1	1000		1000					R			0	R-0 = 219	R-S = 0		
											S			0	S-0 = 219	R-T = 0		
											T			0	T-0 = 219	S-T = 0		
											0			0	0	219	0	0
143	PT DHARMALA BLOK J-3	NGORO	1			0					R			0	R-0 = 219	R-S = 0		
											S			0	S-0 = 219	R-T = 0		
											T			0	T-0 = 219	S-T = 0		
											0			0	0	219	0	#DIV/0!
144	DS PAYUNGREJO	NGORO	2	100		100	14-Nov-08				R	28	37	65	R-0 = 225	R-S = 0		
											S	31	34	65	S-0 = 226			

NO	LOKASI DAN NO. GARDU	GARDU INDUK ENYULAN	DAYA TRAFO KVA			PENGUKURAN BEBAN PUNCAK										KVA	%	
						TANGGAL	PH	LINE				TEGANGAN						
								JURUSAN				TTL	Ph - N V		Ph - Ph V			
								A	B	C	D		R - 0 =	S - 0 =	R - S =			T - 0 =
LABEL	KOND	KAP																
197	PERHUTANI NGORO	NGORO	250	250	10-Nop-10	R	218				43	284	R - 0 =	219	R - S =	383		
		2				S	213				112	324	S - 0 =	220	R - T =	376		
		KYODO				T	210				126	342	T - 0 =	218	S - T =	381		
						0	71				62	133					209	83,6
203	DN CAPANGAN NGORO	NGORO	160	160	11-Nop-10	R	104				130	234	R - 0 =	229	R - S =			
		2				S	76				110	186	S - 0 =	231	R - T =			
		KYODO				T	97				150	247	T - 0 =	230	S - T =			
						0	40				47	87					0	154,077
217	PT TELKOM NGORO	NGORO	160	160	10-Nop-10	R					217	R - 0 =	229	R - S =	399			
		2				S					176	S - 0 =	230	R - T =	398			
		KYODO				T					186	T - 0 =	230	S - T =	400			
						0					66	230					1197	133,17
196	DN CAPANGAN NGORO	NGORO	100	100	29-Agust-10	R	43				23	79	R - 0 =	232	R - S =			
		2				S	76				16	93	S - 0 =	236	R - T =			
		KYODO				T	117				28	143	T - 0 =	230	S - T =			
						0	54				2	57					0	73,29
129	DS WONOSARI(SSP196)	NGORO	100	100	11-Nop-10	R	171				181	R - 0 =	210	R - S =	379			
		2				S	157				147	S - 0 =	224	R - T =	379			
		KYODO				T	153				133	T - 0 =	216	S - T =	380			
						0	74				74	224					1138	98,784
287	NGETREP	NGORO	100	80	07-Jun-10	R	43				40	83	R - 0 =	230	R - S =	400		
		2				S	10				38	48	S - 0 =	233	R - T =	401		
		KYODO				T	35				66	101	T - 0 =	233	S - T =	406		
						0	20				19	39					1207	54,056
343	JL. PANDEGA	NGORO	100	100	01-Okt-10	R	110				15	126	R - 0 =	217	R - S =	387		
		2				S	88				18	107	S - 0 =	219	R - T =	389		
		KDI				T	138				13	145	T - 0 =	220	S - T =	394		
						0	30				38	68					1170	83,16
25	DS KEMBANGSRI	NGORO	50	150	01-Okt-10	R	39				108	149	R - 0 =	213	R - S =	391		
		2	50			S	46				107	155	S - 0 =	214	R - T =	394		
		KYODO	50			T	25				90	133	T - 0 =	213	S - T =	392		
						0	14				57	71					1177	93,518
305	DS KEMBANGSRI NGORO	NGORO	100	100	06-Okt-10	R	114				114	R - 0 =	222	R - S =	392			
		2				S	124				124	S - 0 =	224	R - T =	383			
		KYODO				T	180				180	T - 0 =	220	S - T =	389			
						0	78				78	224					1164	93,632
30	DS JAJAR	NGORO	200	REK	160	27-Nop-10	R	24			191	202	R - 0 =	216	R - S =	390		
		2				S	22				220	206	S - 0 =	217	R - T =	390		
		KYODO				T	0				198	238	T - 0 =	217	S - T =	390		
						0					47	47					1170	147,28
86	DS SUKOANYAR	NGORO	50	REK	120	28-Sep-10	R	22			84	106	R - 0 =	236	R - S =	400		
		2	50			S	14				100	114	S - 0 =	234	R - T =	392		
		KYODO	50			T	13				142	156	T - 0 =	222	S - T =	396		
						0	28				29	55					1190	88,738
87	DS TANJANGRONO	NGORO	50	150	28-Sep-10	R	99				109	208	R - 0 =	228	R - S =			
		2	50			S	103				118	221	S - 0 =	228	R - T =			
		KYODO	50			T	103				86	189	T - 0 =	228	S - T =			
						0	22				23	32					0	140,904
88	DS SEBANI	NGORO	100	100	14-Mei-09	R	69				29	98	R - 0 =	235	R - S =			
		2				S	73				50	123	S - 0 =	235	R - T =			
		KYODO				T	103				43	146	T - 0 =	235	S - T =			
						0	21				17	38					0	86,245
100	DS BANDARASRI	NGORO	100	100	28-Sep-10	R					48	96	R - 0 =	229	R - S =	384		
		2				S					50	103	S - 0 =	223	R - T =	378		
		KYODO				T					27	81	T - 0 =	220	S - T =	385		
						0					17	20					1147	92,516
122	DS TAWANGSARI	NGORO	50	REK	80	28-Sep-10	R	100				100	R - 0 =	225	R - S =	390		
		2	50			S	96				96	96	S - 0 =	220	R - T =	381		
		KYODO				T	101				101	101	T - 0 =	222	S - T =	385		
						0	69				69	69					1155	66,825

LAMPIRAN II

- Berita Acara Ujian Skripsi
- Form dan Surat-Surat



BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

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

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

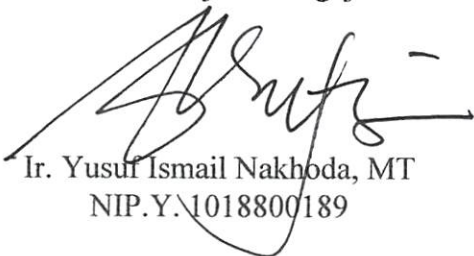
Nama : Soelistyo Eka Saputra
Nim : 05.12.010
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Skripsi : **ANALISA PERBAIKAN KUALITAS TEGANGAN MENGGUNAKAN UNIFIED POWER QUALITY CONDITIONER DI GI NGORO MOJOKERTO DENGAN SOFTWARE PSCAD POWER SYSTEM SIMULATION**

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

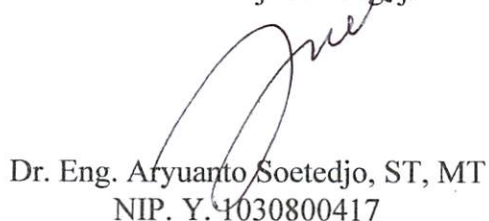
Hari : Sabtu
Tanggal : 20 Agustus 2011
Dengan nilai : 82,75 (A) *g*

Panitia Ujian Skripsi :

Ketua Majelis Penguji

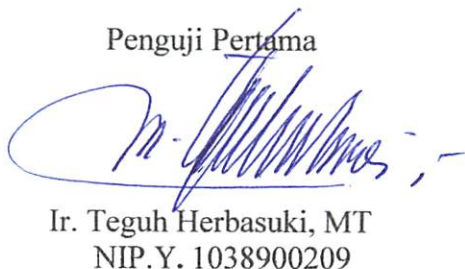

Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
NIP.Y. 1018800189

Sekretaris Majelis Penguji

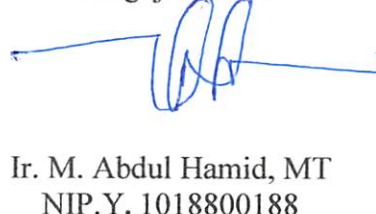

Dr. Eng. Aryanto Soetedjo, ST, MT
NIP. Y. 1030800417

Anggota Penguji :

Penguji Pertama


Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP.Y. 1038900209

Penguji Kedua


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



PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

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

Hari : Sabtu
Tanggal : 20 Agustus 2011

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

1. Nama : Soelistyo Eka Saputra
2. NIM : 05.12.010
3. Jurusan : Teknik Elektro
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : **ANALISA PERBAIKAN KUALITAS TEGANGAN MENGGUNAKAN UNIFIED POWER QUALITY CONDITIONER DI GI NGORO MOJOKERTO DENGAN SOFTWARE PSCAD POWER SYSTEM SIMULATION**

No	Materi Perbaikan	Ket
1	Abstrak (Baris Terakhir)	ok
2	Keterangan Gambar, Grafik dan Tabel	ok
3	Tujuan Pembahasan	ok.

Dosen Penguji I

Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP. Y. 1038900209

Dosen Pembimbing I

Awan Uji Krismanto, ST. MT
NIP.198003012005011002

Dosen Pembimbing II

Ir. Choirul Saleh, MT
NIP. Y. 1018800190




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 : Soelistyo Eka S
NIM : 512010
Perbaikan meliputi :

- Abstrak → baris terakhir
- Keterangan gambar, grafik & Tabel harap dicak, ditulis diatas atau dibawahi !
- Harap ditambah huruf pembatas :

Malang,

()



PERMOHONAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Yang betanda tangan dibawah ini :

Nama : Soelistyo Eka Saputra
 NIM : 0512010
 Semester :
 Fakultas : Teknologi Industri
 Jurusan : Teknik Elektro S-1
 Konsentrasi : ~~TEKNIK ELEKTRONIKA~~
 TEKNIK ENERGI LISTRIK
 TEKNIK KOMPUTER DAN INFORMATIKA
 TEKNIK KOMPUTER
 TEKNIK TELEKOMUNIKASI

Alamat :

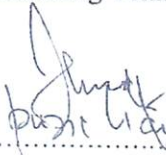
Dengan ini kami mengajukan permohonan untuk mendapatkan persetujuan untuk membuat **SKRIPSI Tingkat Sarjana**. Untuk melengkapi permohonan tersebut, bersama kami lampirkan persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi.

Adapun persyaratan-persyaratan pengambilan **SKRIPSI** adalah sebagai berikut :

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

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

Telah diteliti kebenaran data tersebut diatas
 Recording Teknik Elektro

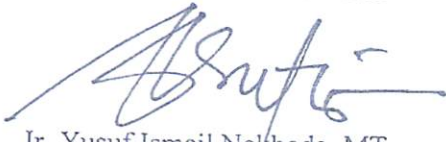

 (..... Puji Hidayati) (.....)

Malang,201

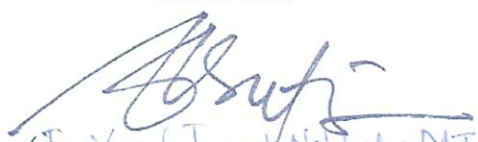
Pemohon


 (..... SOELISTYO EKA S.) (.....)

Disetujui
 Ketua Jurusan Teknik Elektro


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

Mengetahui
 Dosen Wali


 (..... Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT) (.....)

Catatan :

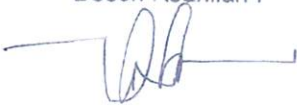





Bagi mahasiswa yang telah memenuhi persyaratan mengambil SKRIPSI agar membuat proposal dan mendapat persetujuan dari Ketua Jurusan/Sekretaris Jurusan T. Elektro S-1

1. PE 441.5 / 3.20
2. 138
3. 21 praktikum



BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik/Teknik Elektronika/ Teknik Komputer & Informatika*)

1.	Nama Mahasiswa: <u>Goel-istyo Eka Saputra</u>	Nim: <u>09.12.010</u>	
2.	Keterangan	Tanggal	Waktu
	Pelaksanaan	<u>02-07-2011</u>	<u>09.00 WIB</u>
Tempat Ruang:			
Spesifikasi Judul (berilah tanda silang)**)			
3.	<input checked="" type="checkbox"/> a. Sistem Tenaga Elektrik	e. Elektronika & Komponen	
	b. Energi & Konversi Energi	f. Elektronika Digital & Komputer	
	c. Tegangan Tinggi & Pengukuran	g. Elektronika Komunikasi	
	d. Sistem Kendali Industri	h. lainnya	
4.	Judul Proposal yang diseminarkan Mahasiswa	<u>Analisa Perbaikan Kualitas Tegangan Menggunakan UNIFIED POWER QUALITY CONDITIONER (UPQC) di GI Ngoro Mojokerto dengan Software PSCAD POWER SIMULATION</u>	
5.	Perubahan Judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian		
6.	Catatan:		
		
7.	Catatan:		
		
	Persetujuan Judul Skripsi		
	Disetujui, Dosen Keahlian I	Disetujui, Dosen Keahlian II	Disetujui, Dosen Keahlian III
			
Mengetahui, Ketua Jurusan.	Disetujui, Calon Dosen Pembimbing ybs		
 <u>Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT</u> NIP. Y. 1018800189	Pembimbing I	Pembimbing II	
	 <u>AWAN VA K. STMT</u>		

Perhatian:

1. Keterangan: *) Coret yang tidak perlu

**) dilingkari a, b, c, atau g sesuai bidang keahlian



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

BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

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

Malang, 20 Juli 2011

Nomor : ITN-394/I.TA/2/11
Lampiran : -
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth. Sdr./i. **AWAN UJI KRISMANTO, ST, MT**
Dosen Institut Teknologi Nasional Malang

Dosen Pembimbing
Jurusan Teknik Elektro S-1
di
Malang

Dengan hormat
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi
Untuk Mahasiswa :

Nama : SOELISTYO EKA. S
Nim : 0512010
Fakultas : Teknologi Industri
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik **ENERGI LISTRIK**

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya
kepada Saudara/i selama masa waktu (enam) 6 bulan, terhitung mulai
tanggal :

09 Juli 2011 s/d 09 Januari 2012

Sebagai satu syarat untuk menempuh ujian Sarjana Teknik,
Jurusan Teknik Elektro S-1

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



Ketua Jurusan
Teknik Elektro S-1

Ir. Yusef Ismail Nakhoda, MT
Nip. 9.1018800189

Tembusan Kepada Yth :

1. Mahasiswa Yang Bersangkutan
2. Arsip
3. Coret yang tidak perlu

Form. S 4a



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

BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

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

Malang, 20 Juli 2011

Nomor : ITN-393/I.TA/2/11
Lampiran : -
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI
Kepada : Yth. Sdr./i . **IR. H. CHOIRUL SALEH, MT**
Dosen Institut Teknologi Nasional Malang

Dosen Pembimbing
Jurusan Teknik Elektro S-1
di
Malang

Dengan hormat
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi
Untuk Mahasiswa :

Nama : SOELISTYO EKA. S
Nim : 0512010
Fakultas : Teknologi Industri
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik **ENERGI LISTRIK**

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya
kepada Saudara/i selama masa waktu (enam) 6 bulan, terhitung mulai
tanggal :

09 Juli 2011 s/d 09 Januari 2012

Sebagai satu syarat untuk menempuh ujian Sarjana Teknik,
Jurusan Teknik Elektro S-1
Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima
kasih



Ketua Jurusan
Teknik Elektro S-1


Ir. Yuguf Ismail Nakhoda, MT
Nip. Y.1018800189

Tembusan Kepada Yth :

1. Mahasiswa Yang bersangkutan
2. Arsip
3. Coret yang tidak perlu

Form. S 4a



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : SOELISTYO EKA SAPUTRA
Nim : 05.12.010
Masa Bimbingan : 2 JULI 2011 s/d 2 JANUARI 2012 *Sal*
Judul Skripsi : ANALISA PERBAIKAN KUALITAS TEGANGAN MENGGUNAKAN
UNIFIED POWER QUALITY CONDITIONER DI GI NGORO
MOJOKERTO DENGAN *SOFTWARE PSCAD POWER SYSTEM
SIMULATION*

NO	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	4/7-2011	Abstrak	<i>A</i>
2	13/7-2011	Bab. I	<i>A</i>
3	28/7-2011	Bab. II	<i>A</i>
4	7/8-2011	Bab III	<i>A</i>
5	4/8-2011	Bab IV	<i>A</i>
6	11/8-2011	kesimpulan & Saran	<i>A</i>
7	4/8-2011	Daftar Pustaka	<i>A</i>
8			
9			
10			

Malang,
Dosen Pembimbing I

Sal
Awan Uji Krismanto, ST, MT
NIP. 198003012005011002



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : SOELISTYO EKA SAPUTRA
Nim : 05.12.010
Masa Bimbingan : 2 JULI 2011 s/d 2 JANUARI 2012 *2012*
Judul Skripsi : ANALISA PERBAIKAN KUALITAS TEGANGAN MENGGUNAKAN
UNIFIED POWER QUALITY CONDITIONER DI GI NGORO
MOJOKERTO DENGAN SOFTWARE PSCAD POWER SYSTEM
SIMULATION

NO	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	5/7 - 2011	Abstrak	<i>CS</i>
2	13/7 - 2011	Bab I	<i>CS</i>
3	28/7 2011	Bab II	<i>CS</i>
4	4/8 - 2011	Bab III	<i>CS</i>
5	11/8 - 2011	Bab IV	<i>CS</i>
6	11/8 - 2011	Kesimpulan & Saran	<i>CS</i>
7	11/8 - 2011	Daftar Pustaka	<i>CS</i>
8			
9			
10			

Malang,
Dosen Pembimbing II

CS
Ir. Choirul Saleh, MT
NIP. Y. 1018800190



FORMULIR PENDAFTARAN UJIAN SKRIPSI

Nama	:	Soelistyo Eka Saputra
N I M	:	05.12.010
Fakultas	:	Teknologi Industri
Jurusan/Konsentrasi	:	T. Elektro S1/T. Elektronika , T. Komputer& Informatika
Alamat di Malang	:	Jln. Jogo utomo 99-4 Rt.2 Rw.4 no46 merjosari
Masa Penulisan Skripsi	:	2 Juli 2011 - 2 Januari 2012 / 1 bulan
Dosen Pembimbing	:	Awan Uti Krismantha, ST, MT dan Ir. Choirul Saleh, MT
Judul Skripsi	:	Analisa Perbaikan Kualitas Tegangan menggunakan Unified Power Quality Conditioner di GI NGORO Mojokerto dengan software PSCAD power System Simulasi

Persyaratan yang harus dipenuhi:

No	Persyaratan	Paraf*)
1	Telah mengumpulkan 140 Sks dengan IPK ° 2	
2	Tidak ada nilai E	
3	Telah menyelesaikan/mengumpulkan Laporan Praktek Kerja	
4	Telah menempuh semua praktikum yang di syaratkan Jurusan -1	
5	Menyerahkan Kartu seminar	
6	Mengumpulkan foto copy buku Skripsi siap jilid yang telah ditandatangani Dosen pembimbing rangkap 3 (Tiga) Eksemplar	
7	Telah melunasi persyaratan administrasi Rp. 150.000,-	

Mengetahui,
Sekretaris Jurusan
T. Elektro S1

(Dr. Eng. Ariyanto Soetedjo, ST, MT)
NIP. Y. D30800417

Malang 18 Agustus 2011

Mahasiswa ybs

Soelistyo Eka Saputra

Catatan:

*)diparaf Sekretaris Jurusan



Perihal : Permohonan

Kepada : Yth. Ka.Biro Adm. Akademik & Keimahasiswaan
 Institut Teknologi Nasional Malang
 Di. - **MALANG**

Dengan hormat,

Yang bertanda tangan di **bawah ini** menerangkan bahwa :

Nama : SOELISTYO EKA SAPUTRA
 Tempat / Tanggal Lahir : TARAKAN 8 NOVEMBER 1987
 NIM / NIRM Kopertis : 05.12.010
 Jurusan : T. ENERGI LISTRIK S-1
 Fakultas : FTI
 Alamat : Jln Soyo Uto No 3/4 Rt. 2 Ruk. 4 no 4b

Telah memenuhi semua persyaratan yang ditetapkan Institut Teknologi Nasional Malang untuk mendapatkan, mengambil **SURAT TANDA LULUS/ IJAZAH & TRANSKRIP.** *)

Demikian surat permohonan ini dibuat dengan sebenarnya dan atas kerja sama yang baik kami ucapkan terima kasih.

Mengetahui :

Recording Jur. Teknik

Handayani

Malang, 13 SEPTEMBER 2011
 Pemohon

SOELISTYO EKA SAPUTRA

Mengetahui :

Ketua./Sek. Jurusan

Ka.Bag. Perpustakaan

Ka.Biro Adm. Keuangan

[Signature]
 L. S. Sukarjo, MM
 (NIM. 052200118)
 Lunas spp. DPP, Wisuda

Catatan :

- Wisuda Periode : _____ Tahun 2011
- *) Coret yang tidak perlu

HP 13/9



PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

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

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

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- 212 /III.TA-2/2/11
Lampiran : -
Perihal : Survey

Malang, 7 Pebruari 2011

Kepada : Yth. Pimpinan
PT. PLN (Persero) UPJ Mojosari
Jl. Pemuda No. 78
Di – Mojosari

Bersama ini dengan hormat kami mohon kebijaksanaan Bapak/Ibu agar Mahasiswa kami dari Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Elektro S-1 Konsentrasi Teknik Energi Listrik dapat diijinkan untuk melaksanakan survey pada PT. PLN (Persero) UPJ Mojosari yang Bapak/Ibu pimpin untuk mendapatkan data – data guna penyusunan Skripsi.

Mahasiswa tersebut Adalah :

Marzuki Nim. 05.12.005
Soelistyo Eka S Nim. 05.12.010

Adapun lamanya Survey adalah : 7 Hari

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



Ir. H. Sidik Noertjahjono, MT.
Nip. Y.1028700163



**PT PLN (PERSER)
DISTRIBUSI JAWA TIMUR
APJ MOJOKERTO**

Jalan R.A. Basuni No. 67, Sooko, Mojokerto - 61361

Telepon : 0321-322705 (Hunting), Facsimile : 0321-322704, Kotak Pos :

Nomor : 0278/041/APJ-MJK/2011
Surat Sdr. : No.ITN-212/III.TA-2/2/11
Sifat :
Lampiran : 1 (satu) lembar.
Perihal : Ijin Penelitian/Survey

25 Pebruari 2011

Kepada Yth :

Dekan Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
Jl. Bendungan Sigura-gura No.2
DI
MALANG - 65145

Dengan Hormat,

Memperhatikan surat Saudara No.ITN-212/III.TA-2/2/11 tanggal 7 Pebruari 2011, dengan ini kami beritahukan bahwa pada prinsipnya kami tidak keberatan memberikan ijin kepada Mahasiswa Saudara tersebut di bawah ini :

1. MARZUKI NIM. : 05.12.005
2. SOELISTYO EKA. S NIM. : 05.12.010

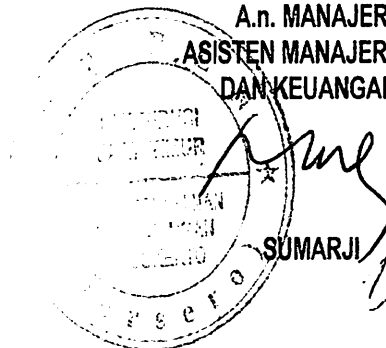
melakukan Penelitian/Survey di wilayah kerja PT PLN (Persero) Area Pelayanan dan Jaringan Mojokerto, dengan ketentuan :

1. Data yang diperlukan tidak menyangkut hal-hal yang bersifat rahasia Perusahaan dan data yang diperoleh tidak dipergunakan untuk hal-hal di luar kepentingan akademik.
2. Yang bersangkutan sanggup mematuhi ketentuan-ketentuan sebagaimana tercantum dalam Surat Pernyataan terlampir dan melengkapi pas foto ukuran 3 x 4 sebanyak 1 (satu) lembar.

Pelaksanaannya dapat dilakukan mulai tanggal 1 Maret 2011 s.d. 10 Maret 2011 di Unit Pelayanan dan Jaringan Mojokerto PT PLN (Persero) Area Pelayanan dan Jaringan Mojokerto dengan alamat di Pemuda No.78 Mojokerto.

Demikian pemberitahuan kami, untuk disampaikan kepada yang bersangkutan.

A.n. MANAJER
ASISTEN MANAJER SDM
DAN KEUANGAN,



LEMBAR PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk kedoea orang toea saya jang tercinta, Ayahanda Muhammad Sariyo dan Iboenda Warisah jang telah memberikan do'a dan keridloannya dalam menoeentoet ilmoe,anakmu iki berjanji akan berusaha membuat kalian bangga selalu serta sodara-sodara saya ada ade Merkha Sulistyaning Sari, ade Nining Catur Wulan Dari, ade Shinta Lia Tri Kismanti, ade Ratih juga girlfriendku Musdalifah.,ME jang tlah memberikan motivasi dan didikannya yang tanpa batas oleh waktoe kepada penoeelis sehingga mampoe menyelesaikan karya ini dengan baik, boeat bangsa dan negara Indonesia terutama kepada Allah SWT yang telah memberikan ridho-Nya kepada penulis. sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini. Kuasamu Tak henti-hentinya memberikan anugrah yang seringkali tak kusadari, maaf jika hambamu seringkali merasa kurang mensyukuri rahmat-Mu, namun segala pujian dan senandung keagungan takkan pernah lupa kulantunkan untuk-Mu...

Bapak. **Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT** selaku Dosen Wali, Bapak **Awan Uji Krismanto ST, MT** selaku dosen pembimbing I, kepada Bapak **Ir. Choirul Saleh, MT** selaku pembimbing II terima kasih selalu memberikan waktunya berkonsultasi untuk saya, terima kasih banyak.

Orang-orang terdekat penulis :

- Teman2 angkatan gak teu yang banyak membantu ai pada saat susah waktu ngerjain skripsi Rahim anak KT, Heri Mak Emblitar, Frans nak Medan,
- friend like a brother Anak2 kusan yang tinggal satu atap sejak awal kuliah 2005 ampe aku lulus dan menjadi Sarjana hahahaha..... marzocchi baae (jeki) pejuang dri bengkulu, Aif Moxer, (semangat pertahankan kota malang) WISH U ALL THE BEST, Agosto Tri H (utto'), Setly, Imam, Bayu, Singgih eukkkkkkk (walaupun kalian udah lulus duluan akhirnya ak menyusul juga), anak2 kusan jalan perusahaan gang 3 Ija, Roni bali, Olsa terima kasih banyak atas dukungan kalian, tanpa dukungan kalian mungkin Skripsi ini bisa tertunda.
- Teman-teman seperjuangan penulis Aap (kipli), johanes, chandra, yang kebanyakan bercandanya dari pada seriusnya!!
- Teman2 sekampung Bugis Gang timor Jln Matahari Semuanya yang selalu mendukung selama Pengerjaan Tugas Akhir ini yang selalu memberikan motivasi dan semangat selama pengerjaan Skripsi ini.
- Temen-temen SMA, temen SMP dan temen SD. Teman di luar lingkungan akademis yang ku lupa namanya!tpi klo ktemu wajah pasti ingaaatttt. Yang selalu menanyakan kapan LULUS? Akhirnya aku LULUS juga.
- Danni buat teman2 semua yang belum aku sebutin satu2 diatas salam senggol aja ya ,,,

Walaupun nanti Jarak memisahkan kita dan waktu yang tak berpihak pada kita, namun semuanya itu bukan menjadi halangan kita untuk tetap menjalin persaudaraan karena setiap hal menjadi berarti dalam setiap perjumpaan kita, thanks all...

Dan yang tidak terlewatkan juga, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang penulis tidak dapat disebutkan satu persatu dan membantu penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini. Terutama untuk seluruh Dosen dan Staf karyawan Institut Teknologi Nasional Malang.

Semoga segala dukungan, doa dan kebahagiaan yang telah diberikan kepada penulis selama ini dicatat dan dibalas oleh-Nya Amiiiiiiiiiiiiin.....!!