

**ANALISA KUALITAS TEGANGAN TERHADAP PENGARUH
GANGUANG HUBUNG SINGKAT PADA PENYULANG 20 KV
MENGUNAKAN *INTERLINE UNIFIED POWER QUALITY
CONDITIONER* DI GI KEBONAGUNG DENGAN *SOFTWARE
PSCAD POWER SISTEM SIMULATION***

SKRIPSI



Disusun oleh:

**Joazito Morais
NIM. 0812904**



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



LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISA KUALITAS TEGANGAN TERHADAP PENGARUH GANGGUANG
HUBUNG SINGKAT PADA PENYULANG 20 kV MENGGUNAKAN
INTERLINE UNIFIED POWER QUALITY CONDITIONER DI GI
KEBONAGUNG DENGAN SOFTWARE PSCAD POWER SISTEM
SIMULATION**

SKRIPSI

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

**Disusun Oleh :
Joaozito Morais
NIM . 0812904**



Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

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

Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing I

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

Dosen Pembimbing II

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

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

ABSTRAK

ANALISA KUALITAS TEGANGAN TERHADAP PENGARUH GANGGUANG HUBUNG SINGKAT PADA PENYULANG 20 kV MENGGUNAKAN *INTERLINE UNIFIED POWER QUALITY CONDITIONER* DI GI KEBONAGUNG DENGAN *SOFTWARE PSCAD POWER SYSTEM SIMULATION*

Joaozito Morais, NIM 0812904

Dosen Pembimbing : Ir. Choirul Saleh, MT dan Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT

Dalam permasalahan kualitas daya gangguan hubung singkat merupakan salah satu factor yang diperhitungkan karena dapat menimbulkan *Voltage Sag*. Instalasi *Custom Power Device* adalah salah satu dari solusi penghematan biaya untuk permasalahan kualitas tegangan dan sejenisnya. Sasaran utama dari penelitian ini adalah penerapan *Interline Unified Power Quality Conditioner* untuk peningkatan kualitas tegangan. Dari hasil simulasi pada sisi Penyulang gardu Induk kebonagung dengan kompensasi *IUPQC*, diambil nilai referensi dari saat terjadinya gangguan hubung singkat yang menyebabkan timbulnya *Voltage Sag*.

Perbandingan nilai tegangan sebelum dan setelah kompensasi saat gangguan *voltage sag* adalah sebesar 0.1456 (pu) atau 14.561 % dari 0.8307 (pu) menjadi 0.9664 (pu) pada sisi Outgoing (Bus I 20 kV) Penyulang Sitirejo. Sedangkan untuk Sisi Outgoing (Bus II 20 kV) Penyulang Gadang mengalami perbaikan sebesar 0.1759 (pu) atau 17.589 % dari 0.8089 (pu) menjadi 0.9751 (pu). Untuk Sisi Outgoing (Bus III 20 kV) Penyulang Wagir mengalami perbaikan sebesar 0.176 (pu) atau 17.59 % dari 0.8124 (pu) menjadi 0.98 (pu.)

Kata kunci : Sistem Distribusi, *Voltage Sag*, *VSC*.

PENGANTAR

Puji Syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala limpahan berkat dan rahmat-Nya sehingga penelitian berjudul Analisa Kualitas Tegangan Terhadap Pengaruh Gangguan Hubung Singkat pada Penyulang 20 kV Menggunakan *Interline Unified Power Quality Conditioner* di GI Kebonagung 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 Prof.Dr.Eng.Ir.Abraham Lomi,MSEE selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir.Sidik Nurcahyo,MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri ITN Malang.
3. Bapak Ir.Yusuf Ismail Nakhoda,MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1
4. Bapak Ir.Choirul Saleh,MT selaku Dosen Pembimbing I
5. Bapak Ir.Yusuf Ismail Nakhoda,MT selaku Dosen Pembimbing II.
6. Rekan-rekan Asisten Laboratorium Konversi Daya Elektrik Teknik Elektro ITN Malang.
7. Semua pihak yang telah membantu dalam penulisan dan penyusunan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari sempurna, untuk itu Kritik dan Saran dari pembaca sangat penulis harapkan untuk perbaikan penelitian ini.

Malang, Februari 2011

Penulis

DAFTAR ISI

Lembar Persetujuan.....	..j
Abstrak.....	..ii
Pengantar.....	..iii
Daftar isi.....	..iv
Daftar Gambar.....	..vi
Daftar Tabel.....	..viii
Daftar Grafik.....	..x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	..1
1.2 Rumusan Masalah.....	..2
1.3 Tujuan Pembahasan.....	..2
1.4 Batasan Masalah.....	..2
1.5 Metodologi Penelitian.....	..3
1.6 Sistematika Penulisan.....	..3
1.7 Relevansi.....	..4
BAB II TEORI DASAR	
2.1 Penyaluran.....	..6
2.1.1 Jaringan.....	..6
2.2 Gardu Induk Secara Umum.....	..8
2.2.1 Jenis Gardu Induk.....	..10
2.2.2 Gardu Induk Pembangkit Listrik.....	..10
2.2.3 Gardu Distribusi.....	..11
2.2.4 Komponen dan Fasilitas Gardu Induk.....	..12
2.3 Gangguan Dalam Sistem Tenaga.....	..13
2.3.1 Gangguan Shunt.....	..13
2.3.2 Gangguan Seri.....	..13
2.3.3 Gangguan Simultan.....	..13
2.4 Kualitas Tegangan.....	..14
2.5 Kualitas Daya Elektrik.....	..15
2.5.1 Klasifikasi Kualitas Daya.....	..15
2.5.2 Variasi tegangan.....	..16
2.5.3 Besar jatuh tegangan(<i>drop Voltage</i>).....	..22
2.5.4 <i>Voltage Sag Dan Swell</i>22
2.5.5 Penyebab <i>Voltage Sag</i>23
2.5.6 Perhitungan nilai <i>Voltage Sag dan Voltage Swell</i>24
2.6 <i>Interline Unified Power Quality Conditioner</i>24
2.6.1 <i>Konfigurasi Dasar IUPQC</i>25
2.6.2 Prinsip Operasi dari <i>IUPQC</i>26
2.7 Sistem Pengendali PWM Sinusoidal.....	..27
2.7.1 PWM Sinusoidal.....	..27
2.8 Aksi Kontrol Proporsional <i>Integral (PI)</i>28
2.8.1 Umum.....	..28
2.8.2 Prinsip-prinsip Pengendalian Proses.....	..30
2.8.3 Prinsip kerja Pengendali.....	..30
2.8.4 Pengendali Proporsional (<i>Proporsional Controller</i>).....	..31
2.8.5 Pengendalian Integral(<i>Integrator Controller</i>).....	..32
2.8.6 <i>Pengendalian Proporsional Integral (PI Controller)</i>33

BAB III DATA DAN KUALITAS TEGANGAN AKIBAT PENGARUH GANGUAN HUBUNG SINGKAT	
3.1	Jumlah Penyulang G.I Kebonagung Malang 35
3.2	Data Beban..... 36
3.2.1	Data trafo pada saat beban tertinggi 36
3.2.2	Data Perhitungan Beban harian tiap Penyulang 36
3.3	Gangguan Penyulang G.I Kebonagung 37
3.4	Data Penunjang <i>Voltage Sag</i> 37
3.5	<i>Flowchart</i> 38
3.5.1	<i>Flowcart</i> Simulasi system GI Kebonagung Sebelum <i>IUPQC</i> 38
3.6	<i>PSCAD (Power Sistem Computer Aid design</i> 39
3.6.1	<i>Cirkuit Construction</i> 39
3.6.2	<i>Plots,graph dan Measurment</i> 40
3.6.3	<i>Runtime</i> 40
3.6.4	<i>PSCAD Educational V.4.2.1</i> 41
3.7	Memulai <i>PSCAD/EMTDC Power Simulation</i> 41
3.8	Konfigurasi Sistem GI Kebonagung Sebelum Pemasangan <i>IUPQC</i> 43
3.9	Inputan Data Dalam <i>PSCAD/EMTDC Power Simulation</i> 44
3.9.1	Input Data Transformator 44
3.9.2	Input Data beban..... 45
3.10	Kualitas Tegangan terhadap pengaruh gangguan tak simetris pada Penyulang GI kebonagung 20 kV 45
3.10.1	Jenis Gangguan tak simetris pada sistem GI Kebonagung..... 45
3.10.2	Grafik Profil tegangan gangguan tak simetris terhadap kualitas Tegangan..... 46
3.11	<i>Flowchart</i> simulasi sistem dengan menggunakan <i>IUPQC</i> 47
3.12	<i>Flowchaet Design Rangkaian Control PWM Simussoidal</i> 48
3.13	Bentuk Konfigurasi sistem menggunakan <i>IUPQC</i> 49
3.14	Pemodelan Rangkaian (<i>IUPQC</i>)..... 50
3.14.1	Kontroller PI..... 51
3.14.2	<i>Pulse With Modulation(PWM)</i> 51
3.14.3	<i>Voltage Source Inverter(VSI)</i> 54
3.14.4	Transformator 55
3.14.5	<i>DC-Link Voltage Control</i> 55
3.14.6	Susunan dan Kontrol <i>IUPQC</i> 56
BAB IV ANALISA HASIL	
4.1	Analisa Perbaikan Kualitas Tegangan Memakai <i>IUPQC</i> dengan <i>Software PSCAD/EMTDC V.4.2 Power Simulation</i> 58
4.1.1	Grafik Profil Tegangan Sebelum Pemasangan <i>IUPQC</i> Satuan(<i>pu</i>) 59
4.1.2	Tabel Rekapiltulasi Gangguan Tak simetris sebelum <i>IUPQC</i> 62
4.2	Data Hasil simulasi dan perhitungan <i>Voltage Sag</i> Terhadap Kulaitas tegangan dengan Pemasangan (<i>IUPQC</i>) 63
4.3	Profil Tegangan sebelum dan Scsudah Menggunakan <i>IUPQC</i> 68
4.4	Perbandingn Hasil simulasi Sebelum dan sesudah Kompensasi 72
4.5	Perbaikan Kualitas Tegangan Pada Kondisi Gangguan Tak simetris..... 80
BAB V PENUTUP	
5.1	Kesimpulan 82
5.2	Saran 83
DAFTAR PUSTAKA 84	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1:	Single Line Jaringan Sistem Radial	6
Gambar 2.2:	Single Line jaringan sistem Ring	7
Gambar 2.3:	Single Line Jaringan Sistem Interkoneksi.....	7
Gambar 2.4:	Skema Penyaluran Sistem Distribusi Tenaga Listrik.....	9
Gambar 2.5:	Bagan Sistem Tenaga Listrik Untuk Pelayanan Pelanggan besar.....	11
Gambar 2.6:	Alitan daya melalui saluran pendek	14
Gambar 2.7:	Perubahan Tegangan sebagai fuintungsi Aliran daya reaktif.....	15
Gambar 2.8:	Gambaran terjadinya <i>Voltage Sag</i>	23
Gambar 2.9:	Model Pembagi tegangan untuk <i>voltage Sag dan Voltage swell</i>	24
Gambar 2.10:	<i>Single Line diagram IUPQC</i>	25
Gambar 2.11:	Konfigurasi dasar <i>IUPQC</i>	25
Gambar 2.12:	Prinsip Operasi <i>IUPQC</i> Pada sistem distribusi.....	26
Gambar 2.13:	<i>Single Line VSC-1 dan VSC-2</i>	27
Gambar 2.14:	Kontroller dan diagram kontrolnya.....	30
Gambar 2.15:	Diagram Block Kontroller Proposional	31
Gambar 2.16:	Response sebuah pengendali <i>Proposional</i>	32
Gambar 2.17:	Blok diagram Kontroller <i>Integral</i>	33
Gambar 2.18:	Diaram kotak Pengendali <i>PI</i>	34
Gambar 2.19:	Hubungan Input-Output Pengendali <i>PI</i> dalam Fungsi Waktu	34
Gambar 3.1:	<i>Flowchart</i> Pembuatan single line Diagram Sistem GI Kebonagung Sebelum Kompenstot <i>IUPQC</i>	38
Gambar 3.2:	Metodologi kerja <i>PSCAD</i>	39
Gambar 3.3:	Komponen dalam sistem tenaga	40
Gambar 3.4:	Pengukuran Dan Monitoring Komponen Pada <i>PSCAD</i>	40
Gambar 3.5:	Pengunaan <i>Runtime</i> Pada <i>PSCAD</i>	40
Gambar 3.6:	Tampilan Utama <i>Software PSCAD/EMTDC Power simulation</i>	41
Gambar 3.7 :	Tampilan <i>Master Library</i>	42
Gambar 3.8 ;	Tampilan Modul Utama.....	42
Gambar 3.9 :	Tampilan <i>Single Line</i> GI Kebonagung dalam <i>PSCAD</i>	43
Gambar 3.10:	Tampilan <i>Input</i> data Transformator I.....	44
Gambar 3.11:	Tampilan <i>Input</i> data Transformator II.....	44
Gambar 3.12:	Tampilan <i>Input</i> Dara Beban.....	45
Gambar 3.13:	Grafiik Profil teganagan Pada saat gangguan 1 fasa ke tanah	46
Gambar 3.14:	Grafik Profil Tegangan Pada saat gangguan 2 fasa ke tanah.....	46
Gambar 3.15:	Grafik Profil tegangan Pada saat gangguan 2 fasa(antar fasa).....	46
Gambar 3.16:	<i>Flowchart</i> analisa kualitas tegangan dengan <i>IUPQC</i>	47
Gambar 3.17:	Desain rangkaian <i>control PWM sinusoidal</i>	48
Gambar 3.18:	Konfigurasi sistem kelistrikan GI Kebonagung menggunakan	49
	(<i>IUPQC</i>)(Pada saat terjadi gangguan satu fasa ke tanah dan dua fasa kenah	
Gambar 3.19:	Konfigurai sistem GI kebonagung menggunakan(<i>IUPQC</i>) Pada saat terjadi gangguan antar fasa(<i>Line to Line Fault</i>)	50
Gambar 3.20:	<i>Block diagram</i> controller <i>PI</i> dalam <i>PSCAD</i>	51
Gambar 3.21:	Grafik Sinyal <i>Output Simulasi PSCAD sisi PWM-1</i>	51
Gambar 3.22:	Grafik Sinyal output Simulasi <i>PSCAD Sisi PWM -2</i>	52
Gambar 3.23:	Rngkaiian <i>SPWM</i> tiap Fasa.....	52
Gambar 3.24:	Pemodelan <i>PSCAD</i> Untuk Rangkaian <i>SPWM</i>	53
Gambar 3. 25:	Pemodelan <i>Control Frekuensi switching Inverter</i>	53

Gambar 3.26: (<i>VSI-1</i>) 3 fasa dengan <i>PSCAD</i> simulink	54
Gambar 3.27: (<i>VSI-2</i>) 3 Fasa dengan <i>PSCAD</i> Simulink.....	55
Gambar 3.28: Transformator seri dan parallel terhadap inverter,dengan <i>PSCAD</i> Simulink	55
Gambar 3.29: <i>Block diagram DC-link Voltage control</i>	56
Gambar 3.30: Struktur Lengkap <i>IUPQC</i>	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1:	Keuntungan dan kekurangan jaringan sistem radial,ring,dan interkoneksi ..8
Tabel 2.2:	Standat Kualitas daya(<i>IEEE519 Voltage Limits</i>) 16
Tabel 3.1:	Data beban trafo Pada saat beban puncak bulan januari 2010..... 36
Tabel 3.2:	Data perhitungan Beban Harian penyulang pada GI kebonagung..... 36
Tabel 3.3:	Jumlah Ganguang Penyulang GI Kebonagung Januari 2010 37
Tabel 3.4:	Data gangguanBulan Januari 2010 di GI kebonagung 37
Tabel 4.1:	Rekapitulasi Gangguan tak simetris sebelum Kompensasi <i>IUPQC</i> 62
Tabel 4.2:	Data Hasil simulasi pada sisi Transformator I,II dan perhitungan <i>Voltage Sag</i> dengan (<i>IUPQC</i>) 63
Tabel 4.3:	Data hasil simulasi pada sisi Bus dan Perhitungan <i>Voltage Sag</i> dengan(<i>IUPQC</i>) 64
Tabel 4.4:	Data hasil simulasi pada sisi penyulang Bus I dan Perhitungan <i>Voltage sag</i> dengan <i>IUPQC</i> 65
Tabel 4.5:	Data Hasil Simulasi Pada sisi Penyulang Bus II dan Perhitungan <i>Voltage Sag</i> dengan <i>IUPQC</i> 66
Tabel 4.6:	Data Hasil simulasi Pada Sisi Penyulang Bus III dan perhitungan <i>Volage Sag</i> dengan (<i>IUPQC</i>) 67
Tabel 4.7:	Data(a) (b) Hasil sebelum dan sesudah menggunakan <i>IUPQC</i> pada Trafo I, II 74
Tabel 4.8:	Data (a) dan (b) Hasil sebelum dan sesudah menggunakan Kompensator pada sisi Bus 75
Tabel 4.9:	Data (a) dan (b) Hasil sebelum dan sesudah menggunakan Kompensator pada sisi penyulang Bus I..... 76
Tabel 4.10:	Data(a) dan(b) Hasil sebelum dan sesudah menggunakanKompensator pada sisi Penyulang Bus II..... 77
Tabel 4.11:	Data(a) dan(b) Hasil sebelum dan sesudah menggunakan Kompensator pada sisi Penyulang Bus III..... 78
Rabel 4.12:	Rekapitulasi Perbandingan tegangan sebelum dan sesudah pemsangan <i>IUPQC</i> 81

DAFTAR GRAFIK

Gambar 2.1:	Grafik Profil Tegangan Interupsi sesaat Pada sisi pemakai.....	18
Gambar 2.2:	Grafik Profil Variasi Tegangan RMS terjadi Gangguan fasa ketanah ...	19
Gambar 2.3:	Grafik Profil Tegangan karena Gangguan Fasa ke tanah	20
Gambar 2.4:	Grafik Profil Tegangan (<i>Sag</i>) Karena adanya Gangguan pada tempat yang Jauh.....	20
Gambar 2.5:	Grafik Profil Kenaikan Tegangan Pada dua Fasa Karena Adanya Gangguan satu fasa ke tanah	21
Gambar 2.6:	Grafik <i>Ilustrasi Voltage Sag dan Voltage Swell</i>	22
Gambar 2.7:	Grafik <i>Ilustrasi Voltage Sag</i> Gambar diatas menunjukkan suatu besaran rms <i>voltage Sag</i> untuk suatu peristiwa motor starting	23
Gambar 4.1:	Grafik (a) dan (b) Profil <i>Voltage Sag</i> sbelu kompensasi (<i>IUPQC</i>)	59
Gambar 4.2:	Grafik (a) dan (b) Profil <i>Voltage Sag</i> Sebelum Kompensasi (<i>IUPQC</i>)....	59
Gambar 4.3:	Grafik (a) (b) dan (c) Profil <i>Voltage Sag</i> sebelum kompensasi (<i>IUPQC</i>)	59
Gambar 4.4:	Grafik (a) sampai (k) Profil <i>Voltage Sag</i> penyulang sebelum kompensasi (<i>IUPQC</i>)	61
Gambar 4.5:	Grafik (a,a') dan (b,b') Profil tegangan sebelum dan sesudah kompensasi (<i>IUPQC</i>) pada sisi transformator I dalam satuan (pu)	68
Gambar 4.6:	Grafik (a,a') dan (b,b') profil tegangan sebelum dan sesudah kompensasi (<i>IUPQC</i>) pada sisi Transformator II dalam satuan (pu).....	69
Gambar 4.7:	Grafik (a,a')(b,b') dan (c,c') profil tegangan sebelum dan sesudah kompensasi (<i>IUPQC</i>)	69
Gambar 4.8:	Grafik (a,a') (b,b') dan (c,c') Profil Tegangan Sebelum dan sesudah kompensasi (<i>IUPQC</i>) pada sisi penyulang Bus I dalam satuan (pu)	70
Gambar 4.9:	Grafik (a,a')(b,b') dan (c,c') profil tegangan sebelum dan sesudah kompensasi (<i>IUPQC</i>) pada sisi penyulang Bus II.....	71
Gambar 4.10:	Grafik (a,a') sampai (e,e') profil tegangan sebelum dan sesudah Kompensasi <i>IUPQC</i> pada Sisi Penyulang Bus III	72

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam permasalahan kualitas daya gangguan hubung singkat merupakan salah satu factor yang diperhatikan karena dapat menimbulkan *Voltage Sag*. Dengan demikian diperlukan keandalan system dan kualitas daya terutama saat terjadi gangguan pada suatu system tenaga listrik. Keandalan system selalu dijaga terhadap pengaruh-pengaruh gangguan terutama gangguan hubung singkat yang sering terjadi, terutama gangguan yang terjadi pada penyulang di Gardu induk kebonagung mengakibatkan kualitas daya terutama tegangannya mengalami fluktuatif secara temporer.

Fenomena gangguan tak simetris mempengaruhi kualitas tegangan yakni terjadi penurunan tegangan(*Voltage Sag*). Sehingga perlu diupayakan untuk meminimalkan tegangan *Sag* sesaat sesuai dengan standar PLN yang berlaku yaitu (-10%) dan(+5%).

Alternatif yang paling efektif dan sering dipakai untuk memperbaiki kondisi tersebut pada jaringan akibat adanya gangguan terhadap kualitas tegangan adalah dengan menginjeksikan daya reaktif tambahan atau dengan kata lain memasang kompensator daya tambahan yang dibutuhkan oleh sistem disisi beban. Salah satu kompensator yang telah dibuat dan dipakai untuk mengatasi masalah ini adalah kompensator *Interline Unified Power Quality Conditioner*.

Gangguan tegangan terhadap kualitas tegangan selalu ada pada setiap bagian dari sistem tenaga, mulai dari sumber sampai ke pelanggan. Oleh karena itu tegangan tersebut perlu dikendalikan. Adapun tujuan pengendalian dan perbaikan tegangan system adalah agar penggunaan daya dan tegangan menjadi lebih ekonomis yaitu tegangan yang digunakan sesuai dengan tegangan yang di desain dari peralatan yang dipakai, sampai pada suatu batas tertentu. Skripsi ini menganalisa kualitas tegangan pada system di GI Kebonagung. Sehingga besar tegangan keluaran dari transformator daya dapat dikendalikan dan mampu meningkatkan kualitas tegangan pada tegangan ujung terima dan sisi kirim di gardu induk.

Sehubungan dengan itu perlu adanya analisa yang akurat mengenai pengaruh gangguan pada tegangan tersebut, walaupun nilainya relative kecil dan waktunya temporer namun ini mengganggu kontinuitas dan mempengaruhi kualitas penyaluran daya ke konsumen. Dalam kaitan dengan perkembangan pesat industri elektronika daya, sejumlah besar semikonduktor dengan kapasitas daya yang tinggi tersedia untuk aplikasi sistem tenaga. *FACTS Device* yang menggunakan komponen elektronika daya

terbaru dan metode kendali untuk mengontrol sisi tegangan tinggi pada jaringan sistem tenaga listrik. Maka dari itu perlu adanya pengontrolan dan analisa yang tepat tentang pengaruh gangguan tersebut supaya bisa digunakan sebagai acuan untuk menjaga keandalan penyaluran tenaga listrik di masa mendatang.

1.2 Rumusan Masalah

Dari Latar belakang diatas, Maka masalah yang akan dibahas adalah:

1. Bagaimana pengaruh kualitas tegangan di GI Kebonagung pada saat terjadi gangguan hubung singkat yang menyebabkan penurunan tegangan sesaat (*Voltage Sag*) dengan menggunakan *Software PSCAD Power System Simulation*.
2. Bagaimana pengaruh *Interline Unified Power Quality Conditioner* terhadap kualitas tegangan saat terjadi gangguan hubung singkat.

1.3 Tujuan

Menganalisa kualitas tegangan di Gardu induk Kebonagung pada saat terjadi gangguan hubung singkat yang mengakibatkan gangguan *Voltage sag* menggunakan kompensator *Interline Unified Power Quality Conditioner* dengan *Software PSCAD Power System Simulation*.

1.4 Batasan Masalah

Dengan mengacu pada permasalahan yang telah dirumuskan dan untuk menyederhanakan pembahasan agar dapat tercapai tujuan dengan baik, maka penulis perlu membatasi permasalahan yang akan dibahas sehingga pembahasan tidak terlalu luas.

Adapun batasan – batasan masalah sebagai berikut :

1. Membahas kualitas tegangan akibat gangguan hubung singkat di saluran distribusi GI Kebonagung dengan kompensator *Interline Unified Power Quality Conditioner*.
2. Hanya membahas pengaruh gangguan hubung singkat yang terjadi dipenyulang GI Kebonagung yaitu jenis gangguan hubung singkat Tak Simetris. Penyulang yang mengalami gangguan hubung singkat tak simetris, dengan lokasi ganguang pada bulan januari 2010 adalah sebagai berikut:
 - Pada penyulang sitirejo, jenis gangguan tak simetris yakni ganguang satu fasa ke tanah dengan lokasi ganguang di daerah UJ Malang.

- Pada penyulang wagir, jenis gangguan tak simetris yakni gangguan dua fasa ke tanah dengan lokasi gangguan di daerah kepanjen.
- Pada penyulang gadang, jenis gangguan tak simetris yakni gangguan antar fasa dengan lokasi gangguan di daerah UJ Malang.

3. Asumsi pembebanan:

- Dari ke tiga penyulang tersebut diasumsikan sebagai beban sensitif karena penyulang-penyulang tersebut melayani pusat perkotaan yang memerlukan keandalan dan kontinuitas penyaluran daya yang tinggi.
- Berdasarkan data gangguan bulan januari 2011 penyulang-penyulang tersebut memiliki tingkat gangguan lebih besar dibandingkan dengan penyulang lain pada GI Kebonagung.

4. Tidak membahas prinsip kerja peralatan dan sistem Transmisi di Gardu Induk kebonagung.

5. Tidak membahas Sistem proteksi dan Pentanahan peralatan dan Pentanahan sistem 150 kV dan 20 kV di Gardu induk Kebonagung.

1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi yang dipakai penulis dalam menyajikan dan menganalisa Skripsi ini adalah :

1. Study Literatur dengan mempelajari teori – teori yang terkait melalui literature yang ada, yang berhubungan dengan pengaruh gangguan hubung singkat pada Gardu Induk Kebonagung.
2. Pengumpulan Data.
Pengumpulan data lapangan yang di pakai dalam objek penelitian yakni data *single line*, *nameplate*, data peralatan terpasang dan data pembebanan bulan Januari 2010 yang ada di GI Kebonagung Malang.
 - Data *kuantitatif* yaitu data yang dapat dihitung atau data yang berbentuk angka.
 - Data *kualitatif* yaitu data yang berbentuk diagram. Dalam hal ini adalah gambar *single line* GI Kebonagung.
3. Melakukan analisa data dengan menggunakan program simulasi *Software PSCAD Power System Simulation*.
Analisa pengaruh gangguan system dan kualitas tegangan saluran pada saat terjadi gangguan hubung singkat pada penyulang Gardu Induk Kebonagung.

4. Pembahasan Masalah

Analisa kualitas tegangan system akibat gangguan hubung singkat di GI Kebonagung dengan memakai kompensator *Interline Unified Power Quality Conditioner* dengan simulasi *Software PSCAD Power System Simulation*

5. Kesimpulan

Menarik kesimpulan dari hasil analisa data dan pembahasan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika yang digunakan dalam penulisan skripsi ini adalah dari pokok pembahasan yang saling terkait antara satu dengan yang lainnya, yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini meliputi beberapa uraian tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi serta sistematika pembahasan.

BAB II DASAR TEORI

Pada bab ini diuraikan mengenai teori tentang Gardu Induk, jenis jaringan penyaluran dan jenis gangguan hubung singkat dan kompensator *IUPQC (Interline Unified Power Quality Conditioner)*.

BAB III DATA DAN KUALITAS TEGANGAN AKIBAT PENGARUH GANGGUANG HUBUNG SINGKAT

Pada bab ini berisikan data – data tentang GI Kebonagung berupa data transformator, peralatan yang terpasang dan analisa kualitas tegangan akibat pengaruh gangguan hubung singkat di system GI Kebonagung dengan *software PSCAD* yaitu berupa data grafik, table dan gambar rangkaian.

BAB IV ANALISA HASIL

Pada bab ini berisikan tentang hasil analisa simulasi dengan menggunakan kompensator *IUPQC* memakai *software PSCAD* yaitu berupa tampilan data berupa grafik dan table.

BAB V KESIMPULAN

Merupakan bab terakhir yang merupakan intisari dan hasil pembahasan berisikan kesimpulan.

1.7 Relevansi

Interline Unified Power Quality Conditioner, merupakan konsep baru yang dibentuk dari dua fungsi *custom power devices* yaitu *DSTATCOM* dan *DVR* suatu kompensator yang dapat memperbaiki kualitas daya antara dua penyulang dalam system tenaga listrik.

Jika *UPQC* dihubungkan antara dua penyulang/line yang berbeda, maka hubungan dari *UPQC* di namakan *Interline Unified Power Quality Conditioner (IUPQC)*. Kompensator *IUPQC* ini terdiri dari kombinasi dua sumber tegangan converter seri (*VSCs*) dan sebuah converter paralel (*VSCsh*) keduanya dihubungkan bersama melalui sebuah common *DC* bus. Tujuan dari *IUPQC* adalah untuk melindungi beban dari gangguan-gangguan yang terjadi pada system dengan pengaturan tegangan bus. Sehubungan dengan tujuan-tujuan ini, *VSC-1* paralel dioperasikan sebagai pengontrolan tegangan kemudian *VSC-2* seri mengatur tegangan melintasi beban sensitive. Analisis itu didasarkan pada daya aktif dan reaktif yang mengalir bersama melalui ac filter kapasitor (*Cf*) dan (*Ck*) keduanya dihubungkan pada pada tiap phasa, untuk mencegah arus harmonisa yang dibangkitkan karena switching.

IUPQC juga dapat mengkompensasi *voltage sag*. Keandalan dari sistim dapat dianalisa memakai simulasi *software PSCAD power system simulation*. Kelayakan pelaksanaan system ini pada awalnya adalah digunakan yang bersifat percobaan. Namun pada akhirnya kompensator *IUPQC* mempunyai kemampuan untuk perbaikan kualitas daya antar line, hampir pada instalasi di sistem distribusi daya dan sistem daya industry pada umumnya.

BAB II TEORI DASAR

2.1 Penyaluran

Penyaluran adalah proses menyalurkan energi listrik dari pembangkit ke gardu induk melalui saluran transmisi. Tegangan pada generator berkisar antara 13,8 kV dan 24 kV, tegangan ini akan dinaikkan ke tingkat – tingkat yang dipakai untuk transmisi yaitu : 70 kV, 150 kV.

Terdapat beberapa kategori saluran transmisi yang ada, dan dapat dibedakan menurut:

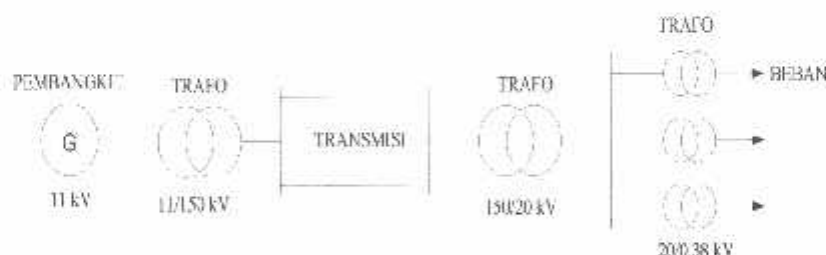
2.1.1 Jaringan

Dilihat dari system jaringan distribusi yang dipakai maka pada jaringan distribusi dapat dibedakan menjadi 3 type , yaitu :

1. Sistem distribusi tipe radial

Jaringan ini dinamakan radial karena saluran ini ditarik secara radial dari satu titik yang merupakan sumber dari jaringan itu dan dicabang-cabangkan ke titik-titik beban yang di layani.

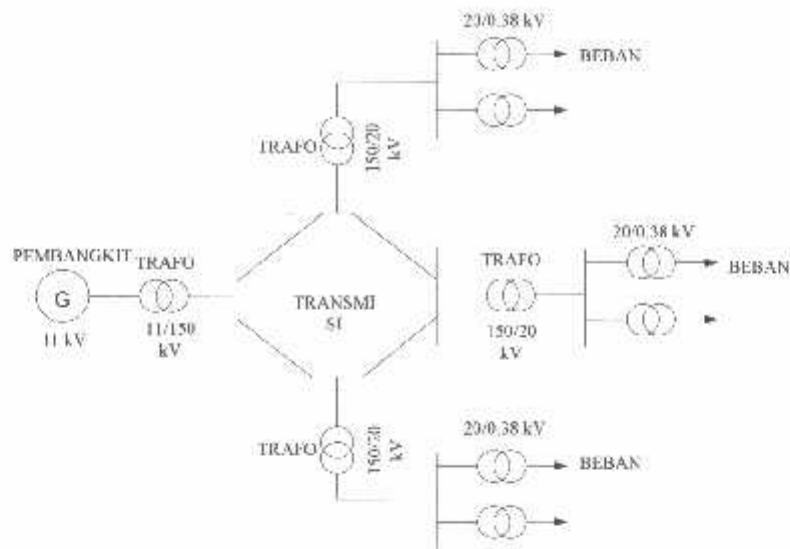
System jaringan radial merupakan system jaringan yang menghubungkan pembangkit tenaga listrik dengan gardu induk kemudian disalurkan ke konsumen melalui jaringan distribusi. Untuk system ini mempunyai hubungan terbuka.



Gambar 2.1
Single Line Jaringan Sistem Radial

2. Ring (tertutup)

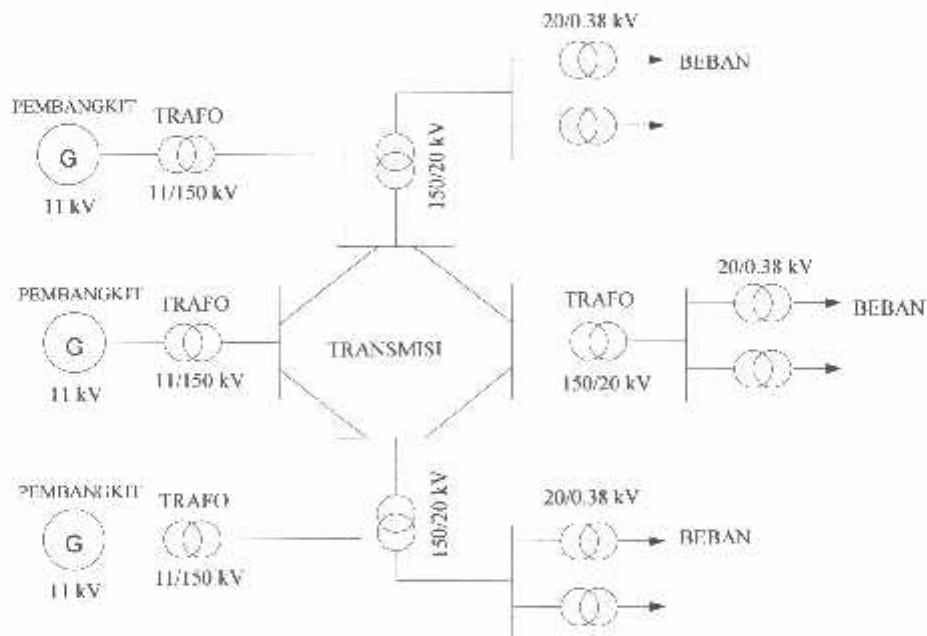
Sistem ring memanfaatkan beberapa gardu induk yang dapat dihubungkan sehingga merupakan rangkaian tertutup dan sumber tenaganya berasal dari satu pusat tenaga listrik.



Gambar 2.2
Single Line Jaringan Sistem Ring

3. Interkoneksi

Sistem interkoneksi merupakan gabungan dari pusat pembangkit tenaga listrik melalui jaringan transmisi.



Gambar 2.3
Single Line Jaringan Sistem Interkoneksi

Tabel 2.1
Keuntungan dan Kekurangan Jaringan Sistem Radial, Ring, dan Interkoneksi

Jaringan	Keuntungan	Kekurangan
Radial	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Konstruksi sederhana ▪ Pembangunannya murah ▪ Mudah dalam mengalirkan energi listrik dari satu tempat ke tempat yang lain 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Keandalan kurang baik ▪ Untuk perluasan kurang baik ▪ Jika terjadi gangguan terjadi pemadaman (membukanya pemutus daya substation) ▪ Tidak memiliki alternative feeder
Ring	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kontinuitas penyaluran baik ▪ Drop tegangan lebih baik ▪ Untuk perluasan cukup baik ▪ Dapat mensupplay beban dengan kerapatan cukup tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Biaya investasinya lebih mahal ▪ Pengaturan sulit dilakukan terutama gardu induk yang letaknya jauh
Interkoneksi	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kontinuitas penyaluran lebih baik ▪ Handal ▪ Pusat pembangkit tidak perlu bekerja secara optimal 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Biaya pembangunannya mahal karena menghubungkan beberapa pusat pembangkit

2.2 Gardu Induk Secara Umum

Gardu induk merupakan salah satu komponen utama dalam suatu proses penyaluran tenaga listrik dari pembangkit ke konsumen. Fungsi dari gardu induk diantaranya adalah^[4] :

1. Mentransformasikan tenaga listrik tegangan tinggi yang satu ketegangan tinggi lainnya (500 KV/150KV, 150 KV/70 KV) atau dari tegangan tinggi ke tegangan menengah (150 KV/20KV, 70 KV/20 KV).
2. Pengukuran, pengawas operasi serta pengaturan pengamanan dari sistem tenaga listrik.
3. Pengaturan pelayanan beban (daya) ke gardu-gardu induk lain melalui tegangan tinggi dan ke gardu-gardu distribusi setelah melalui proses penurunan tegangan melalui penyulang (*feeder*) tegangan menengah

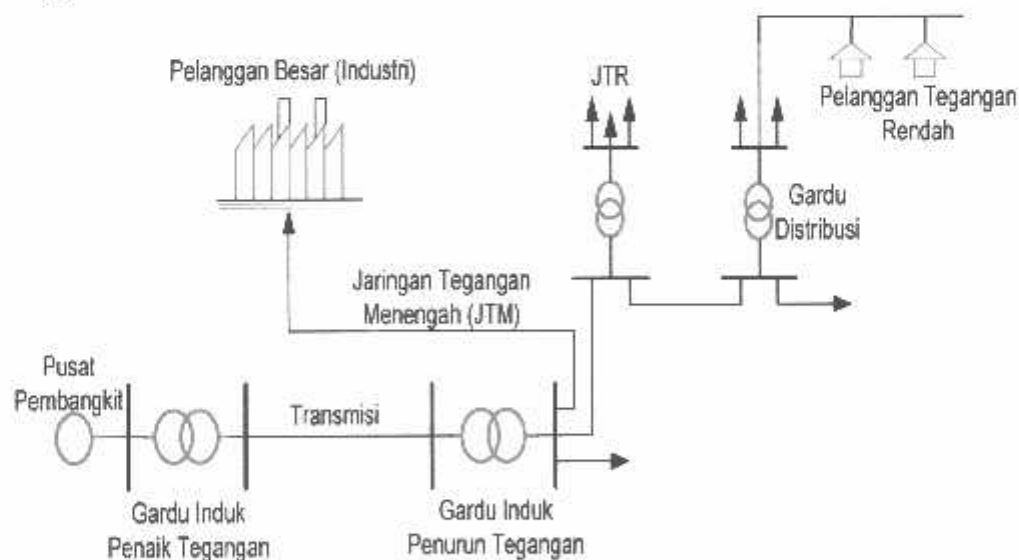
Dari fungsi-fungsi tersebut terlihat bahwa peralatan didalam gardu induk harus memiliki keandalan yang tinggi sehingga kualitas tenaga listrik sampai kekonsumen dapat secara optimal dan konsumen tidak merasa dirugikan.

Kontinuitas pelayanan yang baik dan keandalan yang tinggi dari peralatan ditetapkan dengan memperhatikan segi ekonomis dan standar yang berlaku, sehingga keandalan dari peralatan tersebut dapat secara optimal, sedangkan untuk penempatan peralatan direncanakan sedemikian rupa sehingga dalam pengoperasia dan perawatan dapat dilakukan dengan mudah, aman dan efektif.

Sistem tenaga listrik ini mempunyai peranan utama untuk menyalurkan energy listrik yang dibangkitkan oleh generator ke konsumen yang membutuhkan energi listrik tersebut. 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 kebagian system distribusi.
3. Sistem distribusi dan beban : berfungsi sebagai distributor energi ke konsumen yang memerlukan energi tersebut.

Jaringan distribusi berada pada akhir dari sistem tenaga listrik, perannya mendistribusikan tenaga listrik dari gardu induk atau pembangkit tenaga ke konsumen melalui gardu distribusi.



Gambar 2.4
Skema Penyaluran System Distribusi Tenaga Listrik

2.2.1 Jenis Gardu Induk

Gardu induk (GI) diklasifikasikan menurut jenis pasangan luar, pasangan dalam, pasangan setengah luar, jenis pasangan bawah tanah, jenis mobil, dan sebagainya sesuai dengan konstruksinya.

1. Gardu Induk Jenis Pasangan Luar

Adalah Gardu Induk yang peralatan tegangan tingginya terpasang di luar {transformator utama, peralatan penghubung (switchgear)} dan sebagainya. Sedangkan peralatan kontrolnya berada didalam seperti meja penghubung (switchboard) dan betere. Jenis pasangan luar memerlukan tanah yang luas tetapi biayanya konstruksinya murah dan pendinginnya mudah karena itu gardu induk jenis ini biasa dipakai dipingir kota dimana harga tanah murah.

2. Gardu Induk Jenis Pasangan Dalam

Adalah gardu induk yang peralatan tegangan tinggi dan peralatan kontrolnya berada didalam. Jenis pasangan dalam ini dipakai dipusat kota dimana harga tanah mahal dan dipakai didaerah pantai ada pengaruh kontaminasi garam.

3. Gardu Induk Jenis Pasangan Bawah Tanah

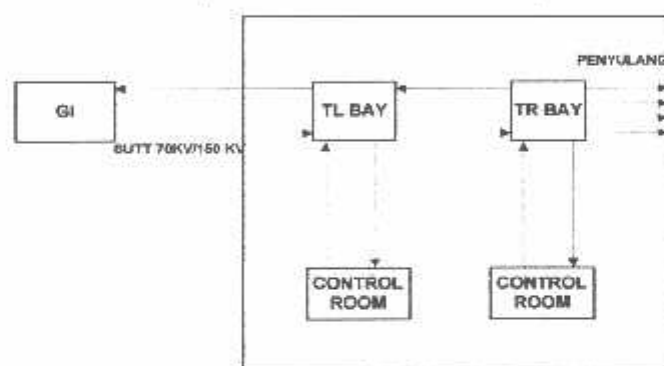
Adalah gardu induk yang semua peralatannya terpasang didalam bangunan bawah tanah. Jenis ini biasanya dipakai dipusat kota dimana tanah sukar didapatkan, misalnya dibagian kota yang sangat ramai, di jalan-jalan pertokoan dan di jalan-jalan dengan gedung yang bertingkat tinggi.

2.2.2 Gardu Induk Pembangkit Listrik

Tegangan yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga listrik besarnya tidak sama dengan tegangan yang disalurkan pada sistem transmisi, akan tetapi tegangannya masih berkisar antara 11 KV sampai dengan 13,8 KV untuk pembangkit tenaga listrik yang menghasilkan daya kurang dari 400 MVA/unit. Sedangkan pembangkit tenaga listrik yang menghasilkan daya di atas 400 MVA/unit, tegangan yang dihasilkan (output voltage) adalah antara 18 KV sampai dengan 24 KV. Tegangan tersebut tidak langsung disalurkan (ditransmisikan) ke pusat-pusat beban, akan tetapi masih dinaikkan terlebih dahulu dengan menggunakan trafo penaik tegangan (step up transformer) menjadi tegangan 150 KV atau 500 KV, tergantung pada transmisi yang akan dimasuki. Dengan demikian di lokasi pembangkit tenaga listrik tersebut harus ada gardu induk. Dari gardu induk inilah, selanjutnya energi listrik tersebut disalurkan ke gardu induk di pusat-pusat beban melalui jaringan transmisi SUTET 500 KV, SUTT 150 KV dan SUTT 70 KV.

Di dalam gardu induk pembangkit listrik ini selain terdapat energi listrik yang ditransmisikan melalui sistem tegangan tinggi, juga terdapat energi listrik tegangan menengah dan rendah untuk pemakaian sendiri, misalnya untuk penerangan pada pembangkit tenaga listrik dan lingkungan sekitarnya, untuk menggerakkan sistem proteksi dan juga untuk kepentingan lainnya untuk menunjang operasional pembangkit listrik tersebut serta gardu induknya.

Gardu induk yang ada di pelanggan pada umumnya terdiri dari dua sisi yang dipisah, yaitu sisi transmision line bay (*TL Bay*) yang biasa disebut gardu induk pelanggan sisi PLN, dan sisi trafo bay (*TR Bay*) yang biasa disebut gardu induk pelanggan sisi pelanggan. Dengan demikian akan terdapat dua ruang control (control room), yaitu control room *TL Bay* dan control room *TR Bay*.



Gambar 2.5

Bagan Sistem Tenaga Listrik untuk Pelayanan Pelanggan Besar

2.2.3 Gardu Distribusi

Gardu distribusi adalah bagian dari system tenaga listrik yang terdiri dari trafo tenaga dengan peralatan penghubung dan pemutus tenaga serta peralatan hubung bagi tegangan rendah yang terletak pada suatu bangunan / konstruksi.

- Trafo tenaga berfungsi sebagai pembagi daya sekaligus sebagai penurun tegangan atau atep down. Trafo tenaga ini dilindungi oleh pemutus tenaga yang bernama cut out dan saklar pemisah.
- PHB TR adalah perlengkapan gardu distribusi pada sisi tegangan rendah yang berfungsi sebagai panel distribusi unit konsumen tegangan rendah dan unit keperluan penerangan jalan umum.
- Pada trafo distribusi ini ada 3 sistem pentanahan, yaitu :
 - Pentanahan untuk pengaman tegangan lebih karena sambaran petir.
 - Pentanahan netral untuk mengambil system netral dari tanah.
 - Pentanahan sebagai pengamanan terhadap kebocoran arus.

Klasifikasi berdasarkan distribusi pemasangannya :

- Gardu distribusi trafo pada bangunan.

Jenis ini trafo tenaga dan PHB TR nya dipasang pada bangunan beton bertulang. Sistem pendinginnya secara alami melalui lubang angin yang ada dibagian atas atau bawah dari bangunan. Bangunan ini diberi pintu yang selalu terkunci. Peralatan berada didalam bangunan. Jadi termasuk dalam (*indoor*). Ruangan terbagi dua yaitu ruang disisi tegangan tinggi dan ruangan sisitegangan rendah. Pada sisitegangan tinggi terdapat, rel, penghubung pemutus dan trafo tenaga. Pada sisitegangan rendah terdapat PIIB TR dan peralatan lain.

- Gardu trafo distribusi pada bangunan distribusi

Jenis gardu induk ini pemasangannya bersifat sementara, terdiri dari :

1. Penggantian gardu trafo yang sedang mengalami perbaikan / perubahan kapasitas daya.
2. Penambahan diluar gardu trafo yang sudah ada karena adanya beban yang sangat meningkat.

- Gardu trafo tiang Fortial

Gardu jenis ini semua peralatannya terpasang diluar (*out door*), sehingga semua peralatan harus kedap air. Trafo tenaga ditumpu oleh dua tiang yang dipasang kuat. PMB TR terpasang dibagian bawahnya. Instalasi listrik dilindungi dengan baik bila ada kemungkinan kebocoran arus. Selain itu secara mekanik juga terlindungi dengan baik. Jenis gardu ini dibangun didaerah yang sering terkena bencana banjir atau daerah pedesaan, mengingat biaya banguannya relatif murah, kapasitas daya trafo maximal 160 – 20 KV

2.2.4 Komponen dan Fasilitas Gardu Induk

- 1) Rel (bus bar)
- 2) Transformator daya
- 3) Pemisah, PMS (*Disconnecting Switch, DS*)
- 4) Pemutus Tenaga, PMT (*Circuit Breaker, CB*)
- 5) Trafo Arus (*Current Transformer, CT*)
- 6) Trafo Tegangan (*Potensial Transformer, PT*)
- 7) Arester
- 8) Band Trapp (*Wave trapp*)
- 9) *Coupling Capasitor Device, CCD*
- 10) Reaktor

11) Kapasitor Daya

2.3 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 kontonuitas pelayanan ke beban.

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 phasa 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 menganalisanya dapat diselesaikan secara langsung dengan menggunakan rangkaian setara fasa tunggal.

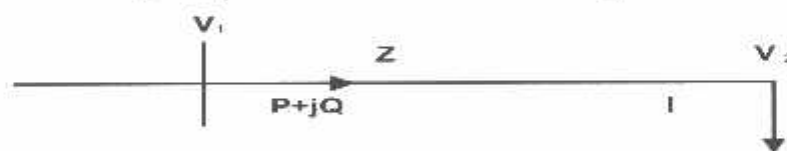
2. Gangguan hubung singkat tak simetris

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

2.4 Kualitas Tegangan

Keseimbangan daya reaktif yang dihasilkan dan digunakan harus dapat dipertahankan agar tidak terjadi perubahan tegangan. Bila besaran tegangan ini mengalami perubahan, maka daya reaktif pada simpul tersebut tidak dapat dipertahankan lagi. Ini perlu aliran daya reaktif pada sistem.

Dari gambar dibawah ini terlihat bahwa pembangkit memberikan daya sebesar $P + jQ$ ke beban. Misalkan R dianggap jauh lebih kecil dari X , maka resistansi saluran dapat diabaikan. Sehingga impedansi saluran dituliskan $Z = jX$.



Gambar 2.6
Aliran Daya Melalui Saluran Pendek

Jatuh tegangan yang terjadi sepanjang saluran disebabkan oleh adanya impedansi sehingga hubungan yang terjadi :

$$V_2 = V_1 - IZ \dots \dots \dots (2-1)$$

Karena daya yang mengalir pada simpul I adalah $P + jQ$, maka :

$$I = \frac{P + jQ}{V_1^*} \dots \dots \dots (2-2)$$

Jika V_1 dipilih sebagai referensi maka dapat dianggap mempunyai sudut nol maka persamaan menjadi :

$$I = \frac{P - jQ}{V_1} \dots\dots\dots(2-3)$$

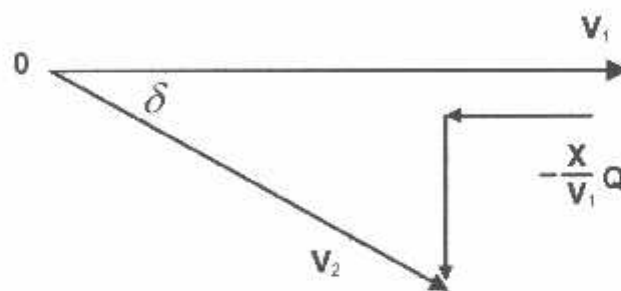
Substitusi persamaan (2.7) ke persamaan (2.5) diperoleh :

$$V_2 = V_1 - \left(\frac{P - jQ}{V_1} \right) \cdot Z \dots\dots\dots(2-4)$$

$$V_2 = V_1 - \left(\frac{jXP}{V_1} + \frac{XQ}{V_1} \right) \dots\dots\dots(2-5)$$

$$V_2 = V_1 - \frac{X}{V_1} Q - j \frac{X}{V_1} P \dots\dots\dots(2-6)$$

Persamaan diatas dapat dilihat dalam bentuk gambar sebagai berikut :



Gambar 2.7
Perubahan Tegangan Sebagai Fungsi Aliran Daya Reaktif

Dari persamaan diatas dapat dijelaskan :

1. Perubahan daya aktif ΔP pada dasarnya hanya mempengaruhi sudut fasa tegangan sedangkan magnitudo tegangan hampir tidak berubah.
2. Perubahan daya reaktif ΔQ pada dasarnya hanya mempengaruhi magnitudo tegangan [V] dan hampir tidak berpengaruh pada sudut fasa tegangan.

2.5 Kualitas Daya Elektrik

2.5.1 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.

Gangguan pada kualitas daya elektrik dapat dikategorikan sebagai berikut:

1. Transien tegangan lebih : Transien tegangan lebih ini berupa transien implus yang disbabkan oleh sambaran petir dan transien osilasi disebabkanoleh energisasi kapasitor bank, energisasi saluran dan Trasformator.

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 flicker 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.

Tabel 2.2
Standart Kualitas Daya (IEE 519 Voltage Limits)

Bus Voltage (PCC Voltage)	Maximum Individual Harmonic Components (%)	Maximum THD (%)
69 kV ke bawah	3	5
115 – 161 kV	1,5	2,5
Diatas 161 kV	1	1,5

2.5.2 Variasi Tegangan

Variasi tegangan dibagi dalam dua kategori yaitu variasi tegangan dalam durasi pendek dan durasi panjang. Gangguan hubung singkat merupakan gangguan yang dominan dari variasi tegangan yang berdurasi pendek. Sedangkan gangguan dalam durasi panjang umumnya sebagai akibat dari perubahan pada konfigurasi sistem daya, seperti penyambungan beban-beban besar atau pengoperasian peralatan regulasi tegangan yang tidak sesuai. Beberapa kejadian seperti pengasutan langsung motor-

motor berbeban besar yang dapat menimbulkan variasi tegangan yang bisa dikategorikan sebagai variasi tegangan durasi pendek atau panjang, sangat tergantung dari waktu yang digunakan untuk mengasut motor hingga mencapai kecepatan normalnya. Motor induksi akan menarik arus sebesar 6 hingga 10 kali arus beban penuhnya selama pengasutan. Jika besaran arus relatif lebih besar dari arus gangguan yang terjadi pada sistem pada titik tertentu, maka akan mengakibatkan tegangan *sag* yang signifikan. Dalam kasus ini tegangan *sag* tiba-tiba menurun hingga 80 % dan kemudian secara perlahan kembali ke besaran normal dalam waktu tiga detik .

Variasi tegangan dan interupsi sulit dicegah pada sistem daya, karena hal ini terjadi selama terjadinya gangguan pada sistem daya. Karena gangguan ini tidak mungkin diselesaikan secara menyeluruh sehingga variasi tegangan akan selalu muncul.

1. Variasi tegangan durasi panjang

Variasi tegangan dalam durasi lama dapat berupa tegangan lebih (*Over Voltage*) atau tegangan rendah (*Under voltage*). Kedua kondisi ini pada umumnya bukan sebagai akibat dari gangguan sistem, akan tetapi disebabkan oleh variasi beban pada sistem dan sistem operasi pensaklaran (*switching*). Variasi tegangan ini dinyatakan dalam besaran tegangan *rms* terhadap waktu.

a. Tegangan lebih (*Over Voltage*)

Tegangan lebih merupakan kenaikan nilai tegangan *rms* yang lebih besar dari pada 110 % dalam durasi yang lebih dari 1 menit. Tegangan lebih pada umumnya sebagai akibat dari *switching* beban (pelepasan beban yang besar atau energisasi kapasitor bank). Tegangan lebih juga terjadi karena sistem tidak mampu (lemah) terhadap regulasi tegangan atau pengaturan tegangan yang tidak sesuai. Penyetingan tap transformator yang tidak sesuai dapat juga menyebabkan terjadinya tegangan lebih pada sistem.

b. Tegangan Rendah (*Under Voltage*)

Tegangan rendah merupakan penurunan nilai tegangan *rms* lebih kecil dari 90 % dalam durasi waktu yang lebih dari 1 menit. Tegangan rendah sebagai akibat adanya pensaklaran masuk beban atau pelepasan kapasitor bank hingga peralatan regulasi tegangan pada sistem mengembalikan tegangan ke batas toleransi yang diperbolehkan. Sirkuit yang terbeban lebih dapat menyebabkan terjadinya tegangan rendah.

c. Interupsi Permanen

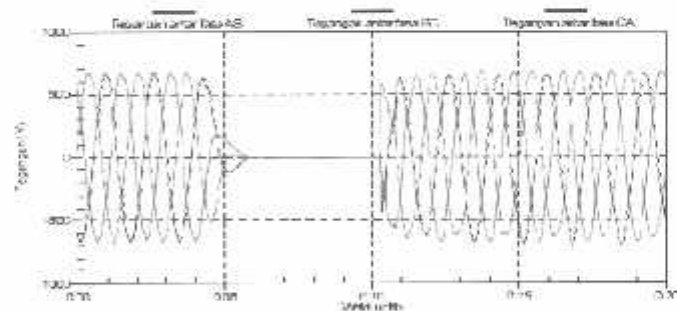
Apabila tegangan suplai mencapai nilai nol dan berlangsung dalam waktu melebihi 1 menit, variasi tegangan dalam durasi panjang dipandang sebagai interupsi bertahan. Interupsi tegangan yang melebihi 1 menit biasanya merupakan gangguan yang permanen dan membutuhkan intervensi manusia dalam pemulihannya.

2. Variasi tegangan Durasi pendek

Variasi tegangan durasi pendek disebabkan oleh kondisi gangguan, energisasi beban besar yang membutuhkan arus awal yang besar, atau terjadinya kehilangan sambungan sementara pada pengawatan sistem. Tergantung dari lokasi gangguan dan kondisi sistem, gangguan ini dapat berupa jatuh tegangan temporer (*sag*) atau kenaikan tegangan (*swell*), atau terjadi kehilangan tegangan sama sekali (interupsi). Lokasi gangguan bisa dekat atau jauh dari titik yang ditinjau. Dalam kasus lain dampak pada tegangan selama terjadinya kondisi gangguan yang sebenarnya adalah variasi dalam durasi yang singkat hingga peralatan proteksi memulihkan gangguan.

A. Interupsi

Suatu interupsi terjadi ketika tegangan suplai atau arus beban mengalami penurunan hingga dibawah 0,1 pu dalam periode waktu yang tidak melebihi satu menit. Interupsi dapat terjadi karena adanya gangguan sistem, kegagalan peralatan dan tidak berfungsinya alat kontrol. Interupsi diukur dengan durasi waktu karena besaran tegangan selalu lebih kecil dari 10% tegangan nominal. Durasi suatu interupsi yang disebabkan gangguan pada sistem utility ditentukan waktu operasi dari peralatan proteksi utility.



Gambar 2.1
Grafik Profil Tegangan Interupsi Sesaat pada Sisi Pemakai

Penutupan sesaat (*instantaneous reclosing*) umumnya akan membatasi interupsi yang disebabkan oleh gangguan tidak permanen lebih kecil dari 30 siklus. Penundaan penutupan dari peralatan proteksi dapat menyebabkan interupsi temporer. Durasi

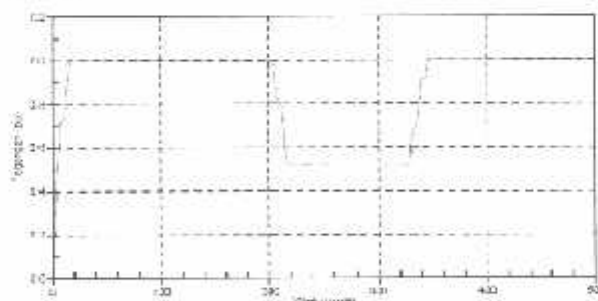
interupsi yang disebabkan oleh gagal berfungsinya peralatan atau kehilangan koneksi bisa tidak tentu.

Beberapa interupsi terjadi setelah terlebih dahulu adanya penurunan tegangan (*sag*) dan interupsi seperti ini terjadi karena adanya gangguan pada sistem sumber. Penurunan tegangan terjadi antara waktu awal gangguan dan waktu beroperasinya peralatan proteksi

B. Penurunan Tegangan (*Sag*)

Penurunan tegangan (*sag*) merupakan penurunan tegangan *rms* sesaat berkisar antara 0.1 pu hingga 0.9 pu pada frekuensi daya dengan durasi antara 0.5 siklus hingga 1 menit. Variasi tegangan seperti penurunan tegangan dan interupsi tegangan temporer merupakan dua masalah kualitas daya yang sangat penting bagi konsumen. Konsumen mengerti bahwa interupsi tidak dapat dicegah secara menyeluruh pada sistem daya, namun konsumen tidak memberikan sedikit toleransi terhadap peristiwa ini bila terjadi kegagalan operasi dari peralatannya dengan adanya gangguan temporer yang sering terjadi hingga terjadi pemadaman.

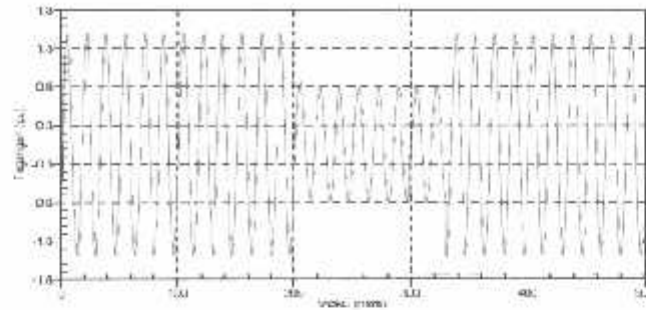
Gangguan tegangan ini dikarakteristikan oleh perubahan besaran tegangan dalam durasi singkat yang dirasakan oleh konsumen. Sebagai efek yang dirasakan oleh konsumen sangat tergantung pada besaran tegangan selama terjadinya gangguan, lama terjadinya gangguan, dan sensitifitas dari peralatan konsumen. Penurunan tegangan biasanya terjadi karena gangguan pada sistem, juga adanya energisasi beban-beban berat atau pengasutan motor induksi yang besar. Gambar 2.2 berikut ini memperlihatkan variasi penurunan tegangan yang disebabkan oleh gangguan fasa ke tanah (SLG) pada feeder lain di *substasi* yang sama.



Gambar 2.2

Grafik Profil Variasi Tegangan RMS Saat Terjadi Gangguan Fasa ke Tanah

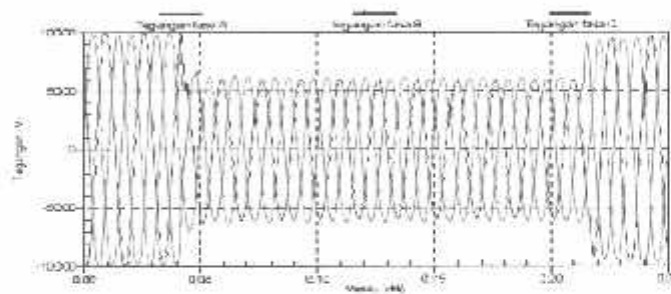
Gambar dibawah memperlihatkan profil penurunan tegangan karena adanya gangguan fasa ke tanah yang berlangsung sekitar 125 mdetik.



Gambar 2.3

Grafik Profil Tegangan karena Gangguan Fasa ke Tanah

Penurunan tegangan juga dibagi dalam tiga kategori, yaitu penurunan tegangan sesaat, penurunan tegangan sementara dan penurunan tegangan temporer. Gambar 2.3. berikut ini memperlihatkan profil penurunan tegangan yang disebabkan oleh gangguan yang terjadi pada lokasi yang jauh.



Gambar 2.4

Grafik Profil Tegangan (*Sag*) karena adanya Gangguan pada Tempat yang Jauh

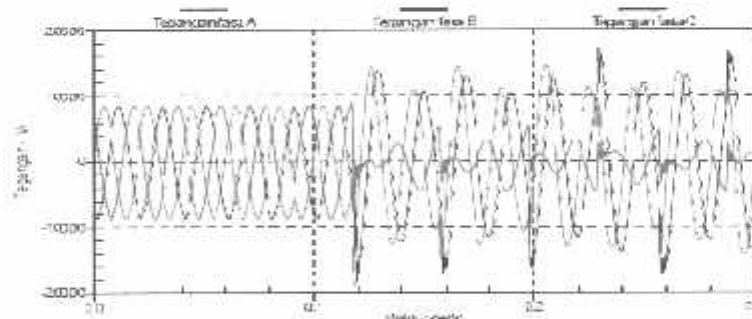
C. Kenaikan Tegangan (*Swell*)

Durasi kenaikan tegangan terbagi dalam tiga kategori yaitu sesaat (*instantaneous*), sementara (*momentary*), dan temporer (*temporary*) yang juga terbagi dalam kategori interupsi (*interruptions*) kenaikan tegangan (*swells*). Kenaikan tegangan (*swell*) didefinisikan sebagai kenaikan tegangan atau arus *rms* antara 1.1 pu hingga 1.8 pu pada frekuensi daya selama durasi waktu 0.5 siklus hingga 1 menit. Seperti halnya penurunan tegangan, kenaikan tegangan biasanya berhubungan dengan kondisi gangguan sistem, tetapi tidak umum seperti kenaikan tegangan. Suatu hal yang bisa dilihat bahwa kenaikan tegangan dapat terjadi karena kenaikan tegangan temporer pada fasa yang tidak mengalami gangguan selama terjadinya gangguan satu fasa ke tanah (*SLG*). Kenaikan tegangan juga dapat terjadi karena adanya pelepasan beban yang besar (*switch off*) atau energisasi suatu kapasitor bank yang besar

Kenaikan tegangan dikarakteristikan oleh besaran nilai *rms* dan durasi waktunya. Karakteristik dari penurunan tegangan selama kondisi gangguan merupakan fungsi dari lokasi gangguan, impedansi sistem, dan pentanahan. Pada sistem yang tidak

ditanahkan, dengan impedansi urutan nol yang tak terbatas, tegangan fasa ke tanah pada fasa yang tidak ditanahkan menjadi 1.73 per-unit selama gangguan satu fasa ke tanah. Kenaikan tegangan sesaat kurang umum dibandingkan penurunan tegangan sesaat dan besarnya tidak terlalu tinggi. Penyebab yang paling umum munculnya kenaikan tegangan karena kondisi gangguan satu fasa ke tanah. Selama gangguan satu fasa ke tanah, tegangan pada fasa yang tidak terganggu akan mengalami kenaikan tegangan sehubungan adanya impedansi urutan nol. Pada sistem yang tidak ditanahkan, tegangan pada fasa yang tidak mengalami gangguan dapat meningkat hingga 173%. Pada hampir sebagian besar sistem, kenaikan tegangan lebih kecil dari 144%. Kenaikan tegangan dapat di kontrol oleh transformator tegangan konstan. Saluran daya aktif dengan elemen seri dapat juga mengontrol kenaikan tegangan.

Pendekatan terhadap gardu induk (*substation*) pada sistem yang ditanahkan, akan ada tegangan kecil atau sama sekali tidak ada tegangan yang muncul pada fasa yang tidak terjadi gangguan karena transformator substation biasanya terkoneksi delta-wye, yang memberikan alur impedansi urutan nol yang rendah untuk arus gangguan. Gangguan pada titik yang berbeda sepanjang 4 kawat, feeder dengan multi pentanahan akan mempunyai variasi derajat kenaikan tegangan pada fasa yang tidak terganggu. Gambar 2.5, berikut ini memperlihatkan profil kenaikan tegangan yang terjadi pada fasa yang tidak terganggu pada gangguan satu fasa ke tanah pada suatu feeder distribusi.



Gambar 2.5
Grafik Profil Kenaikan Tegangan pada Dua Fasa karena Adanya Gangguan Satu Fasa ke Tanah

2.5.3 Besar Jatuh Tegangan (*Drop Voltage*)

Jatuh tegangan yang terjadi pada jaringan distribusi 20 kV diakibatkan oleh nilai resistansi dan reaktansi dari saluran. Jatuh tegangan pada sistem distribusi mencakup jatuh tegangan pada:

- Penyulang utama 7%
- Trafo distribusi 4%

- JTR 5%
 - Sambungan Rumah 2%
- Jumlah 18%

Sesuai dengan definisi, jatuh tegangan adalah:

$$\Delta V = V_k - V_l \dots\dots\dots(2.7)$$

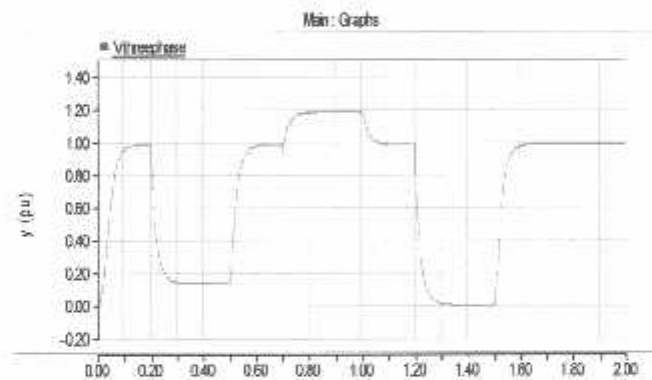
Dengan,

V_k = nilai mutlak tegangan ujung kirim

V_l = nilai mutlak tegangan ujung terima

2.5.4 Voltage Sag dan Voltage Swell

Kebutuhan akan energi listrik yang terus berkembang menghendaki suatu kontinuitas pencatutan dan juga memerlukan kualitas dari bentuk tegangannya. Gangguan terhadap tegangan yang biasa terjadi antara lain, *Voltage Sag*, *Voltage Swell*, fluktuasi tegangan, harmonisa, dan juga ketidakseimbangan tegangan. Gangguan yang sangat berpengaruh pada kualitas tegangan adalah *Voltage Sag* dan *Voltage Swell*.

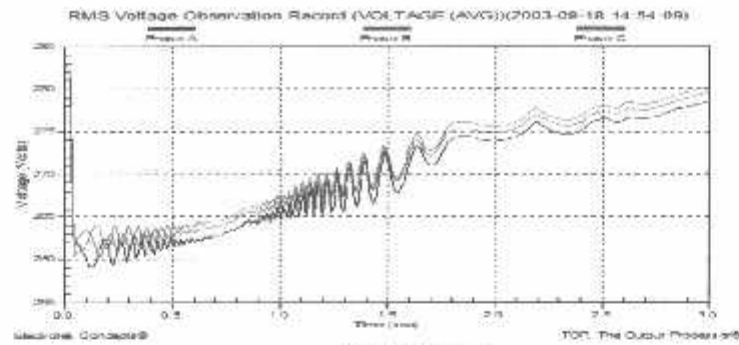


Gambar 2.6
Grafik Ilustrasi *Voltage Sag* dan *Voltage Swell*

2.5.5 Penyebab *Voltage Sag*^[2]

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.



Gambar 2.7

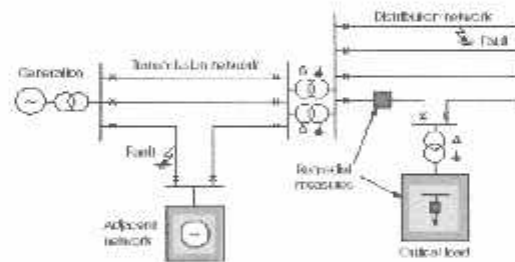
Grafik Ilustrasi *Voltage Sag* Gambar di atas menunjukkan suatu besaran rms *voltage sag* untuk suatu peristiwa *motor starting*. Peristiwa ini direkam dengan *Dranetz-BMI 5530 Data Node*.

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, dan tiga-fasa; ditanahkan atau tidak ditanahkan.
3. Impedansi gangguan / resistansi.

Terjadinya *Voltage Sag* akibat *fault* dapat diilustrasikan pada Gambar 2.16

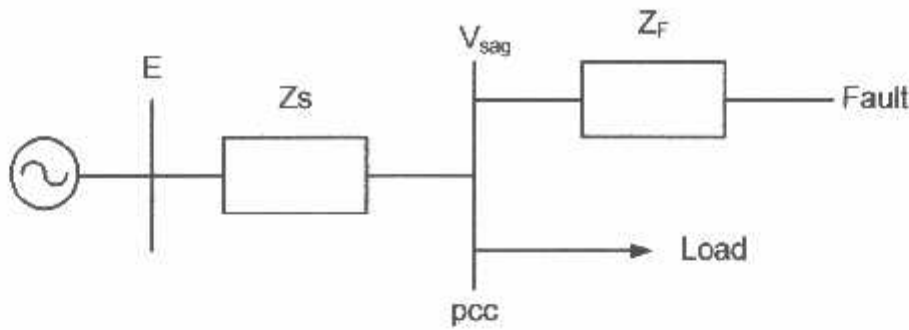


Gambar 2.8

Gambaran Terjadinya *Voltage Sag*

2.5.6 Perhitungan Nilai *Voltage Sag* dan *Voltage Swell* Sistem

Untuk menghitung besaran *voltage sag* dan *voltage swell* pada sistem radial dapat dilihat pada contoh model yang ditunjukkan pada Gambar 2.9



Gambar 2.9

Model Pembagi Tegangan untuk *Voltage Sag* dan *Voltage Swell*

Dari Gambar 2.16 di atas 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:

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

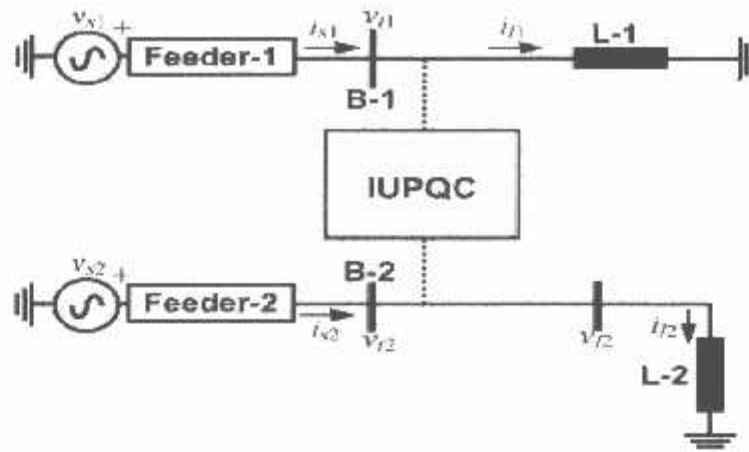
Persamaan 1 dapat digunakan untuk menghitung besaran *voltage sag* sebagai fungsi dari jarak terhadap gangguan. Karenanya dinyatakan $Z_f = Z * L$, dimana Z adalah impedansi dari saluran per unit panjang dan L adalah jarak antara kesalahan dan PCC. Besaran kedip tegangan sebagai fungsi dari jarak terhadap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

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

Perhitungan nilai *voltage sag* di atas juga dapat diterapkan untuk perhitungan *voltage swell*.

2.6 Interline Unified Power Quality Conditioner

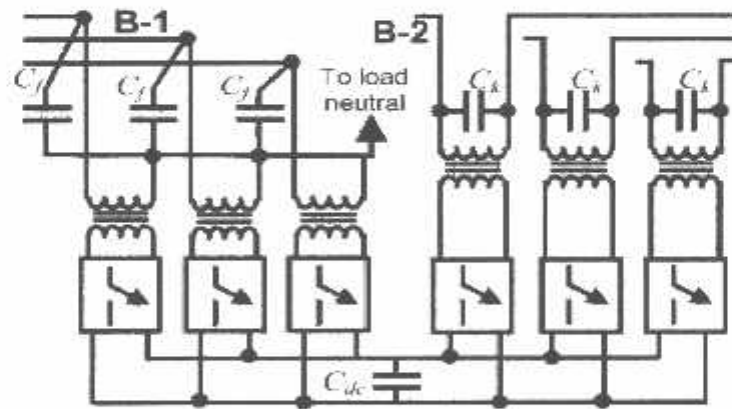
Unified Power Quality Conditioner (UPQC) untuk meningkatkan kualitas daya pada dua feeder dalam system distribusi, *UPQC* terdiri dari dua sumber tegangan converter seri (*VSCs*) dan (*VSCsh*) hubungan parallel keduanya dihubungkan bersama dengan sebuah *common DC bus*. Hal ini menunjukkan bagaimana peralatan ini dihubungkan antara dua penyulang yang terpisah untuk mengatur tegangan *DC bus* dari satu penyulang sementara yang lain mengatur tegangan yang melewati beban *sensitive*. Jika *UPQC* dihubungkan antara dua penyulang/line yang berbeda, maka hubungan dari *UPQC* di namakan *Interline Unified Power Quality Conditioner (IUPQC)*.



Gambar 2.10
Single line Diagram IUPQC

2.6.1 Konfigurasi Dasar IUPQC

Pada dasarnya IUPQC merupakan gabungan dari *DSTATCOM* dan *DVR* berdasarkan sumber tegangan converter dalam peralatan *custom power device* yang terhubung secara seri dan parallel pada jaringan tenaga listrik, mempunyai beberapa komponen penting yang terdiri dari *coupling transformer* dan rangkaian *control*, serta perangkat elektronika daya jenis *IGBT* sebagai *Voltage sourcec converter (VSC)*, *Controller PI, SPWM* dan *DC-link Voltage Control*.

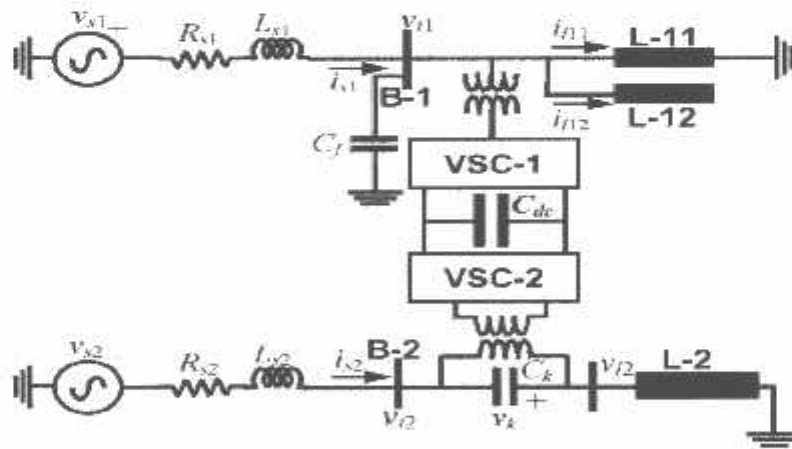


Gambar 2.11
Konfigurasi dasar IUPQC

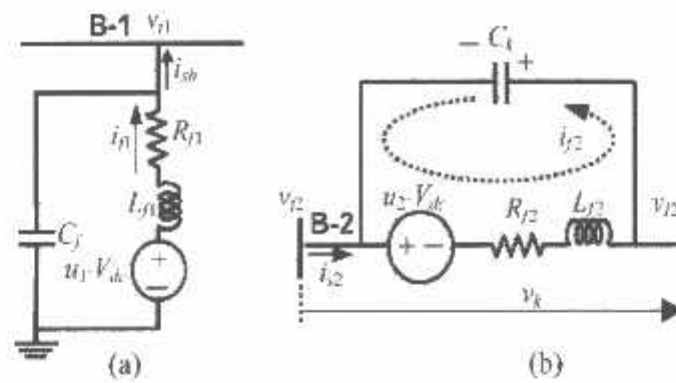
IUPQC mampu meningkatkan keandalan proses penyaluran tenaga listrik dan mengontrol serta memperbaiki performasi sistim distribusi dengan regulasi tegangan yang lebih baik selama terjadi gangguan tak simetris. Regulasi tegangan IUPQC dilakukan dengan cara membangkitkan atau menyrap daya reaktif dari system melalui *Voltage source Converter (VSC)* yang terhubung dengan (*Coupling Transformer*)

2.6.2 Prinsip Operasi dari IUPQC

Prinsip operasi *IUPQC* pada system distribusi dijelaskan dalam gambar 2.19. Dua penyulang yakni penyulang-1 dan penyulang-2, yang dihubungkan ke kedua *substation* yang berbeda, penyalurang beban-beban system *L-1* dan *L-2*. Penyaluran tegangan disalurkan melalui V_{s1} dan V_{s2} dengan asumsi bahwa *IUPQC* di hubungkan ke dua bus *B-1* dan *B-2*, tegangan disalurkan melalui V_{t1} dan V_{t2} , secara berturut-turut. Selain itu dua arus penyulang disalurkan melalui i_{s1} dan i_{s2} dengan arus beban disalurkan melalui i_{l1} dan i_{l2} . Tegangan beban *L-2* disalurkan melalui V_{l2} . Tujuan dari *IUPQC* adalah untuk memperoleh tegangan V_{t1} dan V_{t2} *constant* menghadapi tegangan *Sag* sesaat pada salah satu dari dua penyulang. Ini telah ditunjukkan bahwa *IUPQC* dapat membangkitkan atau menyerap daya dari satu penyulang (katakan penyulang-1) untuk memperoleh V_{t1} *constant* terhadap gangguan *Sag* pada tegangan sumber V_{s1} . Ini dapat dilakukan dengan membuat *VSC-1* membawa tegangan referensi melintasi filter C_f kapasitor dengan penyaluran daya sesaat dari *DC* kapasitor. Dan juga jika untuk mempertahankan tegangan pada (V_{t2}) konstant menghadapi *sag*, maka *VSC-2* membawa tegangan referensi melintasi kapasitor filter C_k dengan penyaluran daya sesaat dari *DC* kapasitor. Dengan demikian pada dasarnya prinsip kerja *IUPQC* berdasarkan pada pertukaran daya reaktif antara sistem *AC* (*VS*) dengan *Voltage Source Converter* (*VSC*). Gambar.2-13. Berikut ini adalah rangkaian *single line* dari *VSC-1* dan *VSC-2*.



Gambar 2.12
Prinsip Operasi *IUPQC* pada system Distribusi



Gambar 2.13

Single line VSC-1 dan VSC-2

Saat *steady-state* tegangan inverter yang dibangkitkan VSC sefase dengan tegangan ke dua sumber $V_{s1,2}$ maka hanya mengalir daya reaktif. Aliran daya reaktif dapat ditentukan melalui *magnitude* dari keluaran tegangan *converter*.

VSC membangkitkan sumber tegangan AC yang di control dibelakang reaktansi bocor transformator ($X_{lr1,2}$). Tegangan ini kemudian dibandingkan dengan tegangan AC pada system. Jika tegangan AC system (V_S) lebih kecil dibandingkan dengan tegangan VSC maka IUPQC bertindak sebagai kapasitor dalam system menginjeksikan daya reaktif ke system. Jika tegangan AC system lebih besar dibandingkan dengan tegangan VSC maka IUPQC bertindak sebagai inductor dalam system. Dan jika terjadi persamaan tegangan antara VSC dengan system AC, maka tidak terjadi pertukaran daya reaktif yang dibangkitkan ataupun discrap sebanding dengan perbedaan kedua tegangan.

Berdasarkan system operasi IUPQC distribusi tersebut maka kompensator ini memiliki keunggulan dari dua kompensator seri dan parallel yang saling mendukung satu dengan yang lainnya dan tidak berdiri sendiri dibandingkan dengan kompensator lain seperti DVR, DSTATCOM yang hanya memiliki satu alternative seri atau parallel pada satu/lebih penyulang dengan system operasi berdiri sendiri dalam system tenaga listrik.

2.7 Sistem Pengendalian PWM Sinusoidal

2.7.1 PWM Sinusoida

Gelombang sinusoidal pada tiga VSC dikendalikan dengan teknik PWM. Rencana Kendali berdasarkan PWM diterangkan pada bagian 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 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 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.

2.8 Aksi Kontrol Proporsional Integral (*PI*)

2.8.1 Umum

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*, *Nyquist*, 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 *Nyquist* 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 *vessel* 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.

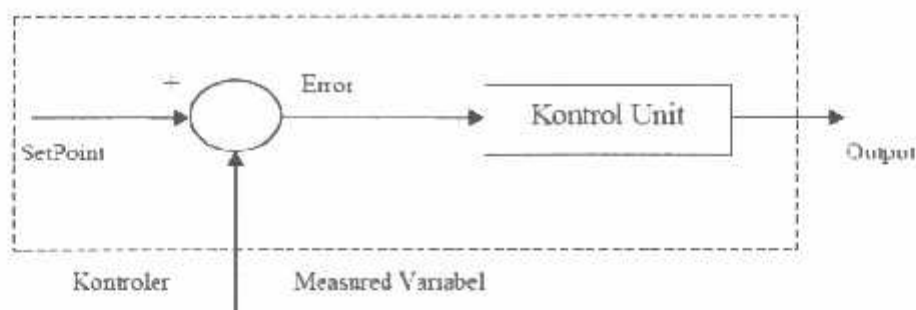
2.8.2 Prinsip-Prinsip Pengendalian Proses

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 (*automatic 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*.

2.8.3 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.

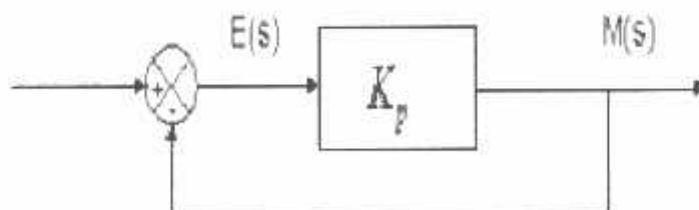


Gambar 2.14
Kontroler dan Diagram Kotaknya

2.8.4 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 2.15 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 2.15
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 :

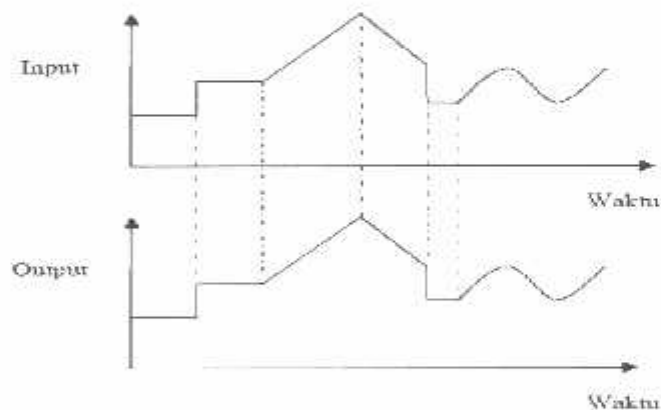
$$PB = \frac{1}{K_p} \times 100\% \dots\dots\dots(2-20)$$

Dimana:

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 2.24 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 2.16
Response Sebuah Pengendali Proporsional

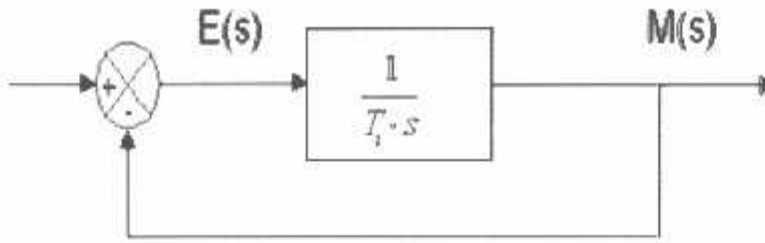
Contoh pengendali integral proporsional yang mudah ditemui dalam kehidupan sehari-hari adalah pengisian tangki penampung air di kloset. Hal yang perlu diperhatikan pada contoh ini adalah bahwa kontrol unit di contoh bekerja secara proporsional. Artinya, koreksi dalam hal ini buka tutupnya *control valve*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

2.8.5 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.

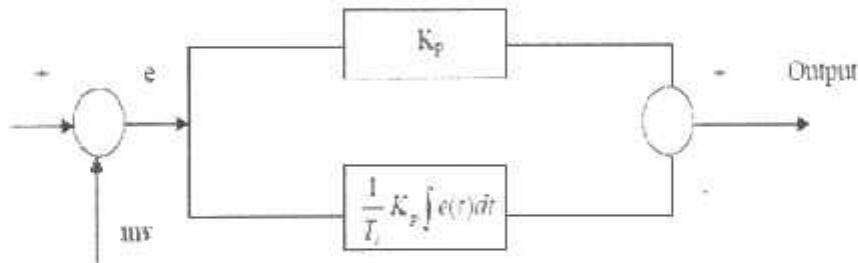
Dengan kontroler integral, respon sistem dapat diperbaiki, yaitu mempunyai kesalahan keadaan mantapnya nol. Kontroler integral memiliki karakteristik seperti halnya sebuah integral. Keluaran kontroler sangat dipengaruhi oleh perubahan yang sebanding dengan nilai sinyal kesalahan. Keluaran kontroler ini merupakan jumlahan yang terus menerus dari perubahan masukannya. Kalau sinyal kesalahan tidak mengalami perubahan, keluaran akan menjaga keadaan seperti sebelum terjadinya perubahan masukan. Gambar 2.16 menunjukkan blok diagram antara kesalahan dengan keluaran suatu *kontroler integral*.



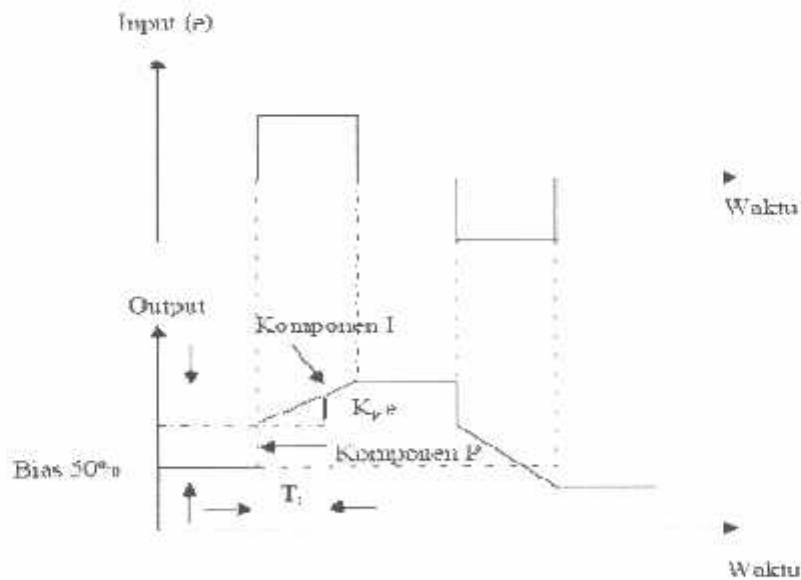
Gambar 2.17
Blok Diagram Kontroler Integral

2.8.6 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 2.18) Gabungan kedua pengendali tersebut lazim disebut dengan pengendali PI atau *PI kontroler*, dan pengendali dikatakan punya dua mode, yaitu P dan I.



Gambar 2.18
Diagram Kotak Pengendali PI



Gambar 2.19
Hubungan *Input-Output* Pengendali PI dalam Fungsi Waktu

BAB III DATA DAN KUALITAS TEGANGAN AKIBAT PENGARUH GANGUANG HUBUNG SINGKAT

3.1 Jumlah Penyulang G.I Kebonagung Malang

Penyulang merupakan saluran *outgoing* distribusi dari gardu induk. Gardu Induk kebonagung Malang mempunyai 11 penyulang tegangan menengah 20 kV yang menyuplay sebagian konsumen kawasan Kota Malang dan Kabupaten Malang. Unit Distribusi Jawa Timur Area Pelayanan dan Jaringan (APJ) yang fungsinya untuk mendistribusikan tenaga listrik ke seluruh Kota Malang dan Kabupaten Malang, dengan tegangan kerja jaringan tegangan menengah di daerah Malang adalah 20 kV. Sumber daya listrik untuk seluruh Kota Malang dan Kabupaten Malang di pasok dari 11 (sebelas) gardu induk salah satunya adalah Gardu Induk Kebonagung Malang. Penyulang tegangan menengah tersebut disuplay dari dua buah transformator penurun tegangan, yang menurunkan tegangan transmisi dari 150kV menjadi 20kV. Untuk wilayah Kodya Malang dan Kabupaten Malang, sumber daya listriknya dipasok dengan system interkoneksi Jawa-Bali, yaitu dari PLTA Karangates. Dimana salah satunya adalah gardu induk Kebonagung Malang. Transformator V berkapasitas 30MVA yang menyuplay Karan Duren, Sitirejo dan Matos. Transformator IV berkapasitas 60MVA menyuplai penyulang Gadang, Pakisaji, Klayatan, Bumiayu, Wagir, Janti, Kolonel Sugiono dan MOG. Penyulang tegangan menengah 20kV gardu induk Kebonagung Malang menggunakan Konfigurasi system jaringan distribusi radial, dimana konfigurasi jaringan distribusi yang seperti ini mempunyai tingkat kcandalan yang rendah dibandingkan dengan konfigurasi yang lain. Pembahasan selanjutnya tentang proses pengolahan data lapangan sebagai inputan, dimana data tersebut diperoleh dari *survey* pada PT. PLN (*Persero*) Gardu Induk Kebonagung.

Proses pengolahan data lapangan dilakukan agar parameter yang digunakan dalam menganalisis performansi sistem tenaga listrik dapat dilakukan. Data lapangan meliputi data peralatan yang terdapat dalam Gardu Induk Kebonagung, data saluran transmisi, tegangan tiap saluran, data harian dan data saluran ke tiap beban (penyulang). Sedangkan data yang di analisis pada skripsi ini dititik beratkan pada saat terjadi gangguan hubung singkat Tak simetris pada Gardu Induk kebonagung pada bulan Januari 2010 yang mengakibatkan *Voltage Sag*.

3.2 Data Beban

3.2.1 Data Trafo Pada Saat Beban Tertinggi

Table 3.1
Data beban trafo pada saat beban puncak bulan Januari 2010

Jam	Trafo I				Total			
	V (Volt)		I (A)	P (MW)	Q (MVAR)	I (A)	P (MW)	Q (MVAR)
19.00	Pri	Sec	160	5.6	2	670	21.3	7
	140	20						
	Trafo II							
	V (Volt)		I (A)	P (MW)	Q (MVAR)			
	Pri	Sec	510	15.7	4.8			
	147	20						

3.2.2 Data Perhitungan Beban Harian Tiap Penyulang GI Kebonagung

Tabel 3.2
Data Perhitungan beban harian penyulang pada GI Kebonagung

Penyulang	Beban Harian	
	P (MW)	Q (MVAR)
Penyulang Trafo I	5.56	1.9486
Karang Duren	1.6	0.58
Sitirejo	3.589	1.276
Matos	0.261	0.0928
Penyulang Trafo II	17.321	5.1881
Kalayatan	3.7168	1.1135
Gadang	1.925	0.576
Pakisaji	1.5597	0.467
Janti	3.086	0.9246
Kol.Sugiono	4.2145	1.2626
Bumiayu	2.09	0.626
MOG	0.398	0.119
Wagir	0.331	0.0994

3.3 Gangguan Penyulang G.I Kebonagung Malang

Untuk mengetahui tingkat gangguan penyulang pada gardu induk kebonagung Malang, dibutuhkan data gangguan penyulang tegangan menengah 20kV gardu induk Kebonagung Malang. Pengelompokan gangguan tak simetris yang terjadi pada tiap penyulang gardu induk kebonagung Malang setiap hari dalam sebulan yakni data gangguan bulan Januari 2010 penulis peroleh dari PT.PLN(Persero) Distribusi Jatim Area Pelayanan dan Jaringan Malang. Sehingga diperoleh table sebagai berikut:

Tabel 3.3
Jumlah Gangguan Penyulang GI Kebonagung Januari 2010

No	Nama Penyulang	Jumlah Gangguan Penyulang Perbulan
1	P.Klayatan	1
2	P.Gadang	2
3	P.Pakisaji	1
4	P.Wagir	2
5	P.Janti	1
6	P.Bumiayu	1
7	P.Kol.Sugiono	-
8	P.Sitirejo	2
9	P.Karang Duren	-
10	Matos	-
11	MOG	-
Total Gangguan		10

3.4. Data Penunjang Voltage Sag GI Kebonagung

Tabel 3.4
Data Gangguan bulan Januari 2010 di GI Kebonagung

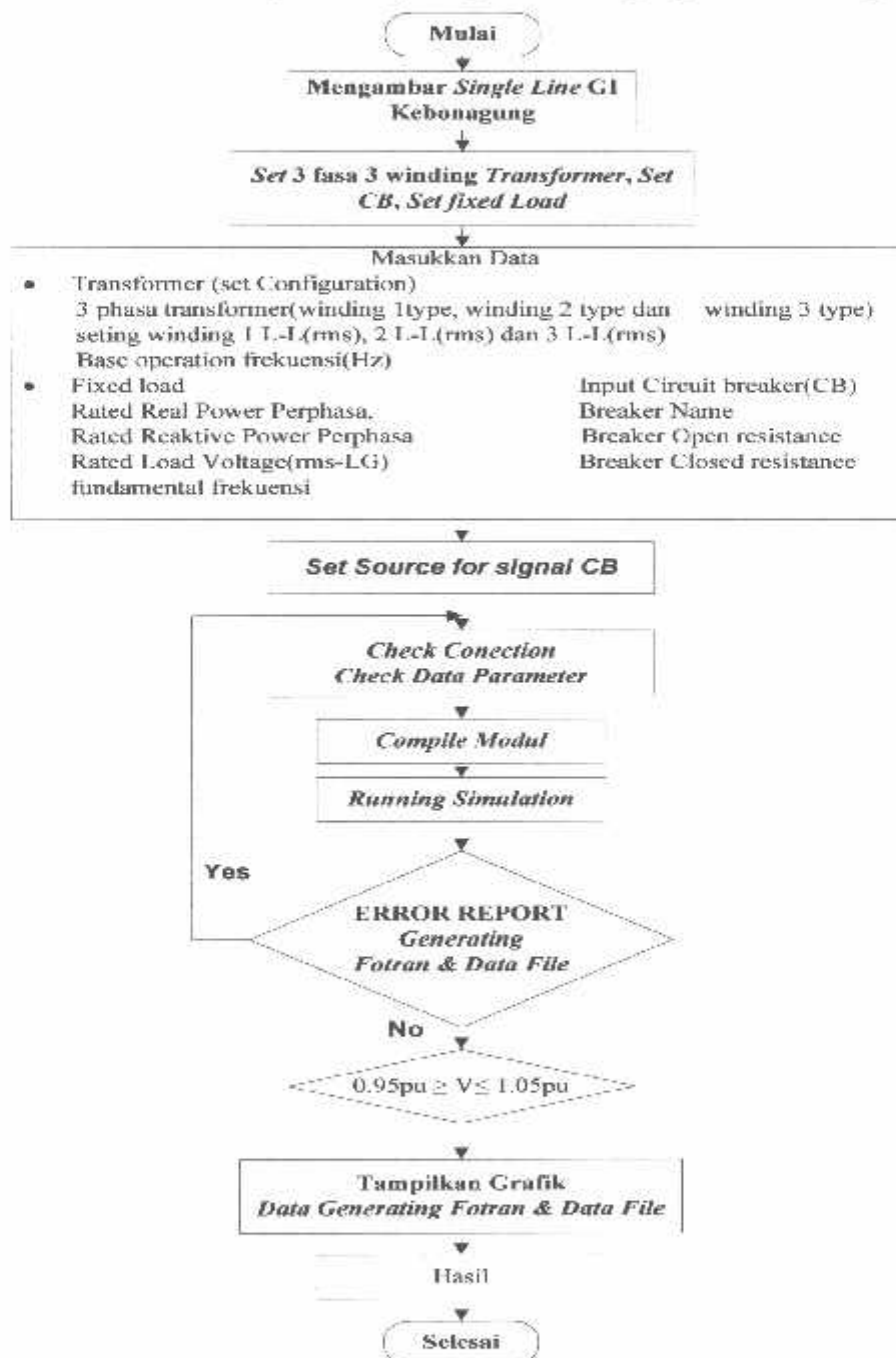
TGI	150 kV		20kV			
	Max	Min	Max		Min	
			Trafo I	Trafo II	Trafo I	Trafo II
24	150	149.694	20	20	19.961	19.966
5	150	149.669	20	20	19.959	19.949
4	150	149.667	20	20	19.957	19.949

Pada data table 3.4 diatas didapatkan pada data lapangan yang diambil di Gardu Induk Kebonagung saat terjadinya gangguan. Penurunan tegangan itu sebabkan oleh

gangguan tak simetris yaitu gangguan 2 Fasa, 1 Fasa ke Tanah dan antar fasa di penyulang 20 kV. Dapat dilihat adanya penurunan pada sisi Incoming maupun di sisi Outgoing yaitu nilai tegangan Bus 150 kV mengalami penurunan 149.667kV dari 150kV sedangkan nilai tegangan pada sisi outgoing 20 kV mengalami penurunan antara 19.949kV dari 20kV. Data tersebut diambil sesuai dengan laporan harian oleh operator di Gardu Induk Kebonagung pada bulan januari 2010.

3.5 Flowchart

3.5.1 Flowchart Simulasi System Penyulang GI Kebonagung Sebelum IUPQC



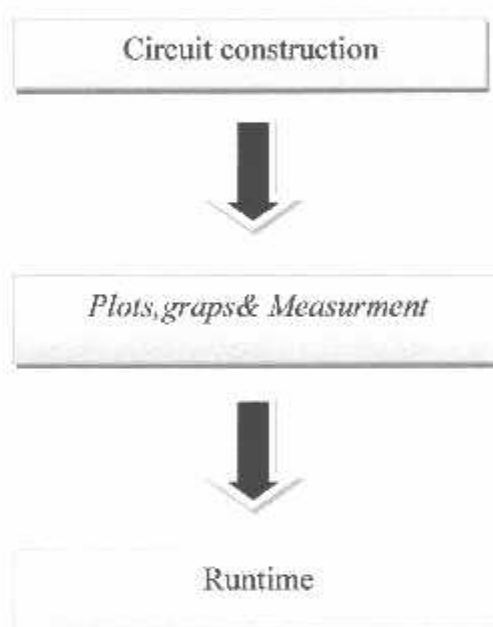
Gambar 3.1

Flowchart Pembuatan Single Line Diagram System GI Kebonagung sebelum kompensator IUPQC

3.6 PSCAD (*Power System Computer Aid Design*)

PSCAD merupakan sarana simulasi yang dikembangkan oleh Manitoba *HVDC Research Center*. *PSCAD* memiliki keandalan pada *graphical user interface (GUI)* yang diintegrasikan dengan *EMTDC*, sebuah program berdasarkan domain waktu untuk simulasi transient dan control. Kombinasi ini menjadikan *PSCAD* lebih cepat, akurat, dan solusi yang *fleksibel* untuk simulasi secara virtual dari peralatan tenaga listrik atau system.

Penggunaan *PSCAD* telah diintegrasikan dengan Windows, hal ini membuat *PSCAD* menjadi pilihan favorit bagi kebanyakan teknisi, peneliti dan akademik. Sehingga studi analisa dan pengembangan kualitas daya listrik, ketidakstabilan peralatan dapat dimodelkan dan dianalisa menggunakan *PSCAD*. Gambar (3-2) mengilustrasikan metodolgi kerja *PSCAD*.

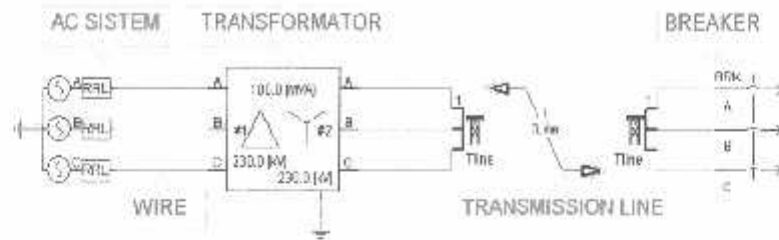


Gambar 3.2
Metodologi Kerja *PSCAD*

3.6.1 Circuit Construction

Proses dari merancang rangkaian hampir sama dengan menggambar dengan menggunakan diagram skematik dari sebuah rangkaian. Pengguna dapat memilih komponen pada *master library* atau dapat juga membuat komponen baru sebagai pilihan. Komponen yang telah dipilih kemudian *di-drag* dan *di-drop* pada *drawing space*. Semua komponen pilihan yang kita butuhkan terdapat pada *master library*. Pengguna dapat mengubah fitur pada setiap komponen untuk mendapatkan

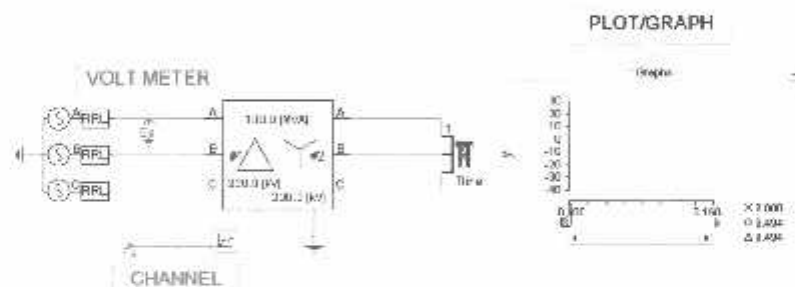
parameter yang sesuai. Gambar 3-3 mengilustrasikan beberapa komponen dasar pada system tenaga.



Gambar 3.3
Komponen Dalam Sistem Tenaga

3.6.2 Plots, Graph Dan Measurment

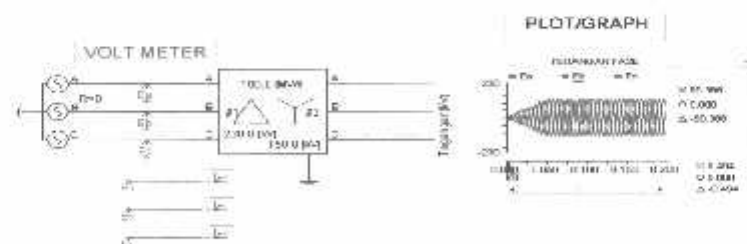
Plot, desain dan pengukuran merupakan langkah kedua dalam mendesain suatu system. Channel dan node harus diletakkan pada titik pengukuran sebelum dilakukan proses plot pada *drawing space*.



Gambar 3.4
Pengukuran Dan Monitoring Komponen Pada PSCAD

3.6.3 Runtime

Setelah mendesain semua komponen dalam suatu system, langkah selanjutnya adalah proses *runtime*, dimana desain yang telah dibuat akan di-*compile* untuk melihat *error* dari desain tersebut. Pengukuran dan proses *plot* akan keluar sebagai *output* apabila system yang dibuat bebas dari *error*. Setelah program berjalan, pengguna dapat memilih mode *pause* untuk memperbesar (*zoom*) grafik yang dihasilkan.



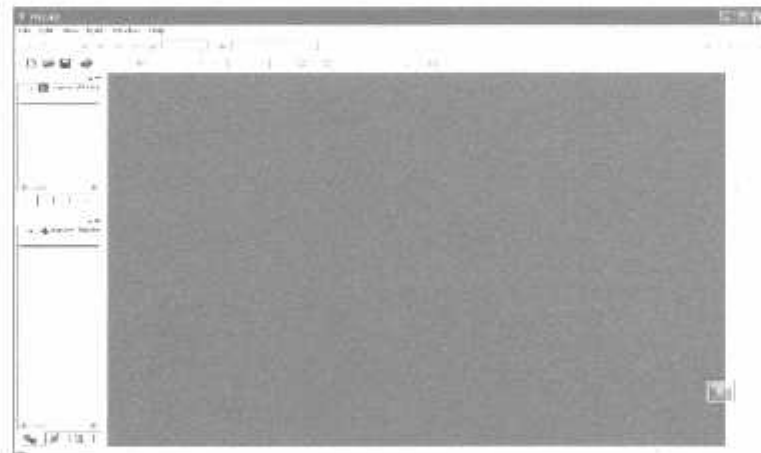
Gambar 3.5
Pengunaan Runtime Pada PSCAD

3.6.4 PSCAD Educational V.4.2.1

Ada tiga macam versi dari PSCAD yang dikembangkan oleh *Manitoba HVDC Center*, yakni versi personal, versi edukasional, dan versi komersial. Dalam tugas akhir ini menggunakan versi educational yang memiliki fitur:

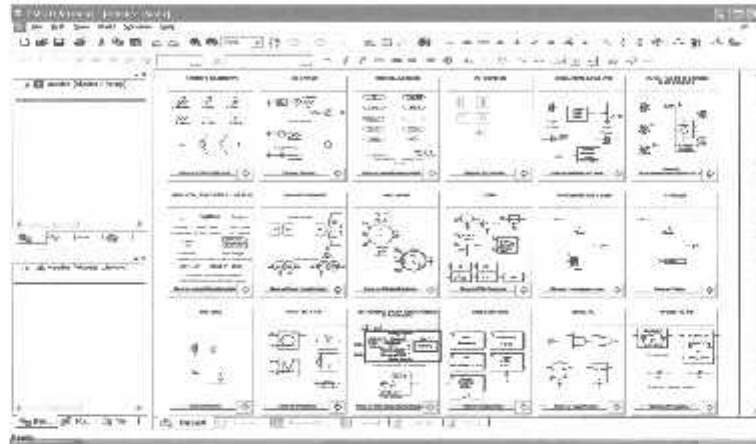
1. Terintegrasi secara total
Proses runtime pada keseluruhan rangkaian atau menyusunnya pada halaman yang terpisah. Rangkaian, plot, dan deskripsi komentar dapat ditampilkan dan dicetak secara bersama-sama.
2. Modular
Sistim kelistrikan dapat dibagi menjadi beberapa bagian dan modul tanpa menggunakan saluran transmisi. System control dapat dimodelkan pada model terpisah.
3. Hirarkis
Pembuatan rangkaian menggunakan building bloks dapat terdiri dari beberapa modul (pada halaman yang sama), dimana cukup ditekan klik dua kali untuk melihat beberapa modul yang ada didalamnya.
4. Contoh
Contoh kasus memudahkan para pengguna untuk mengintegrasikan plot, komponen, dan simulasi.

3.7 Memulai PSCAD/EMTDC Power Simulation



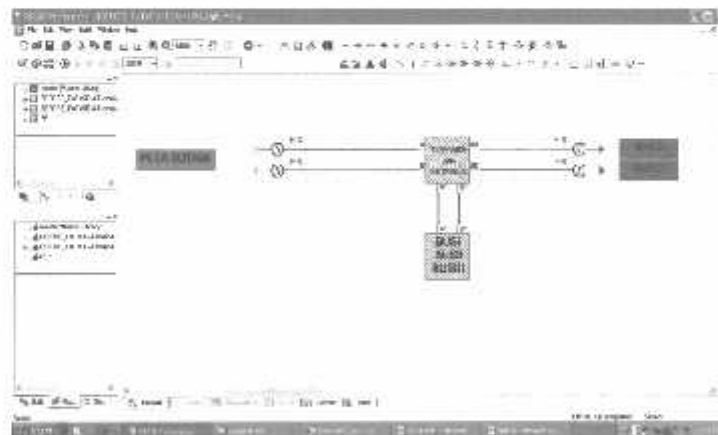
Gambar 3.6
Tampilan utama *Software PSCAD/EMTDC Power Simulation*

- 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 3.7.
- 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 3.7
Tampilan *Master Library*

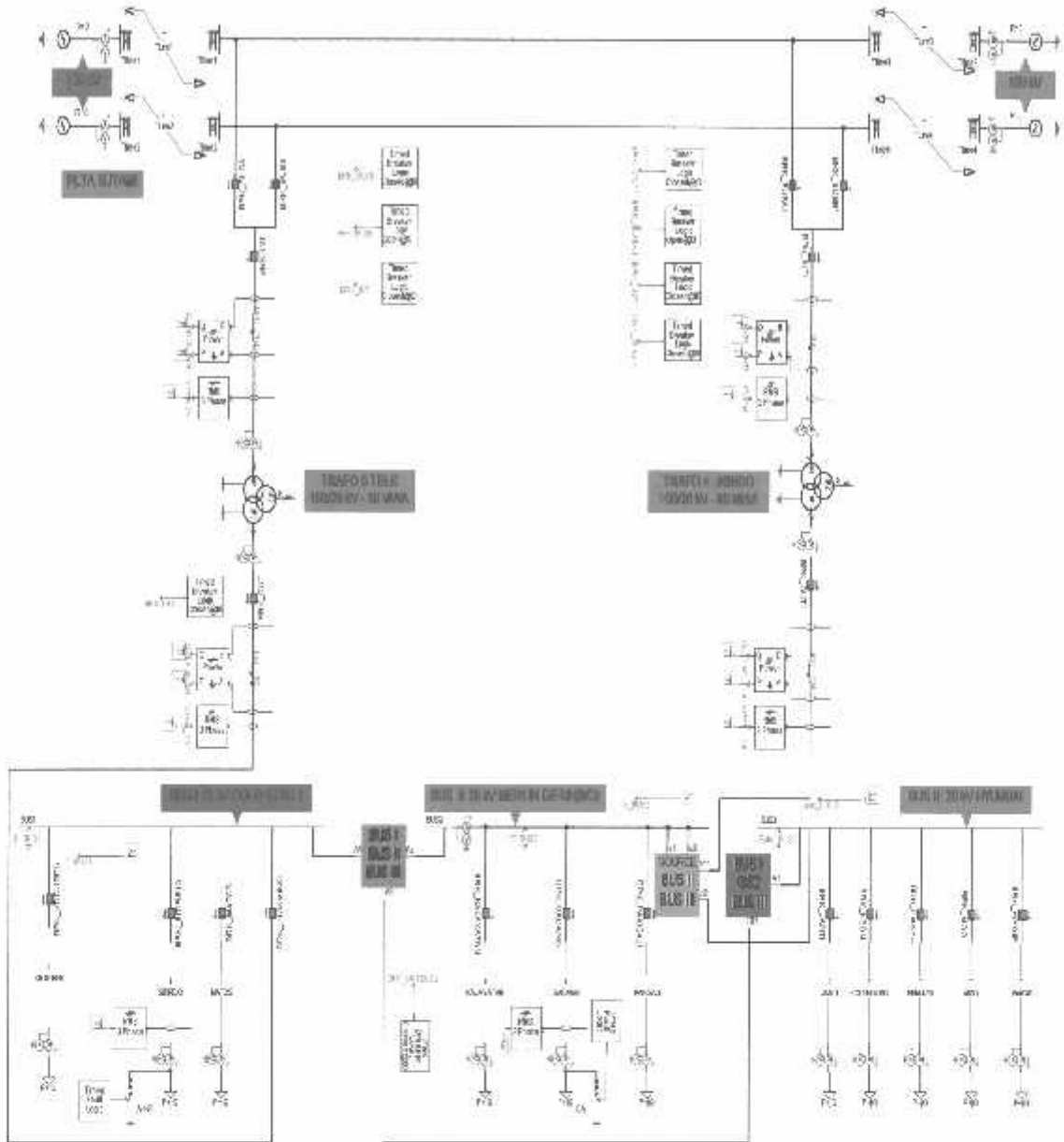
- *Double klik file* baru yang sudah dibuat, maka akan muncul tampilan seperti di bawah ini, komponen-komponen dirangkai dalam modul ini.



Gambar 3.8
Tampilan Modul Utama

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

3.8 Konfigurasi Sistem GI Kebonagung Sebelum Pemasangan IUPQC



Gambar 3.9
Tampilan *Single Line* GI Kebonagung Dalam PSCAD

3.9 Input Data Dalam PSCAD/EMTDC Power Simulation

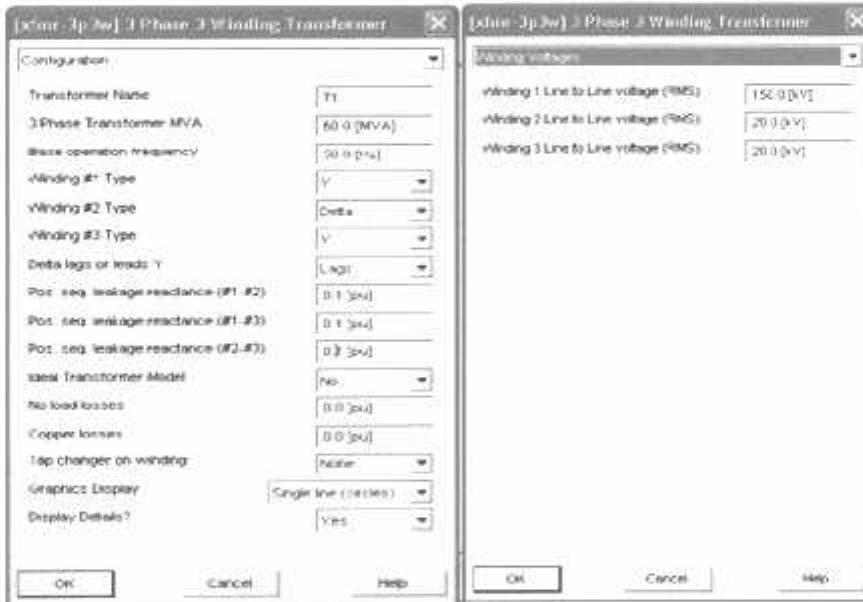
3.9.1 Input Data Transformator

1. Transformator I



Gambar 3.10
Tampilan Input Data Transformator I

2. Transformator II



Gambar 3.11
Tampilan Input Data Transformator II

3.9.2 Inputan Data Beban

Parameter	Value
Rated Real Power per phase	3.589 [MW]
Rated Reactive Power (+inductive) per phase	1.27E [MVAR]
Rated Load Voltage (rms L-G)	20 [kV]
Volt Index for Power (dP/dV)	2
Volt Index for Q (dQ/dV)	2
Freq Index for Power (dP/dF)	0
Freq Index for Q (dQ/dF)	0
Fundamental Frequency	50 [Hz]
Display details?	No

Gambar 3.12
Tampilan Input Data Beban

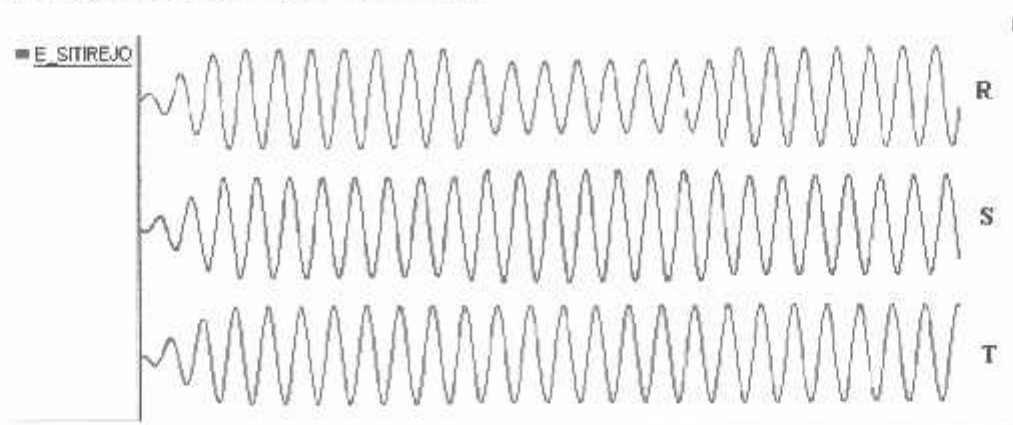
3.10 Kualitas Tegangan Terhadap Pengaruh Gangguan Tak Simetris Pada Penyulang GI Kebonagung 20kV

3.10.1 Jenis Gangguan Tak Simetris pada System GI Kebonagung

Pada saat gangguan hubung singkat yang terjadi melibatkan keseluruhan 3 fasa yang ada pada system, maka dikatakan bahwa gangguan hubung singkat yang terjadi adalah gangguan hubung singkat simetris. Apabila gangguan hubung singkat yang terjadi tidak melibatkan keseluruhan 3 fasa pada suatu system, maka dikatakan bahwa gangguan hubung singkat yang terjadi adalah gangguan hubung singkat tak simetris. Gangguan tak simetris mengakibatkan *Voltage sag* pada sisi penyulang. Berikut gangguan yang terjadi pada system penyulang di GI Kebonagung.

3.10.2 Grafik Profil Tegangan Gangguan tak Simetris Terhadap Kualitas Tegangan

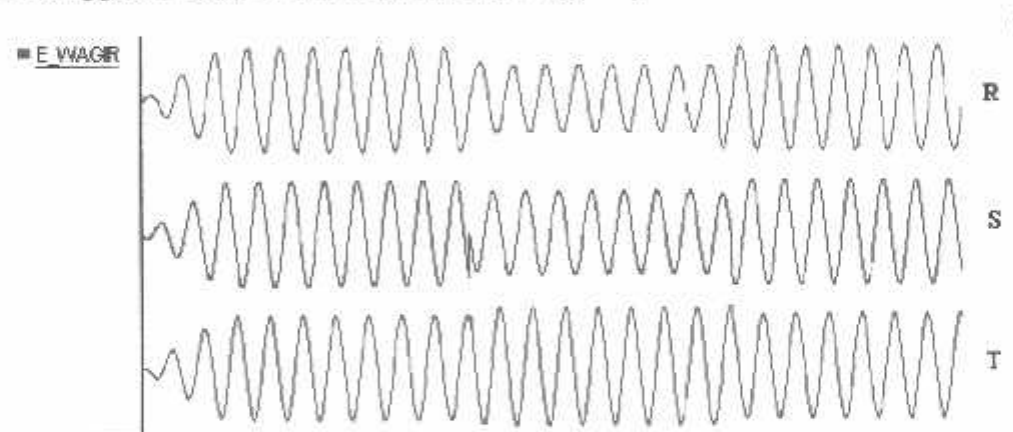
1. Gangguan Pada Penyulang Sitirejo



Gambar 3.13

Grafik Profil Tegangan pada saat Gangguan 1 Fasa ke tanah

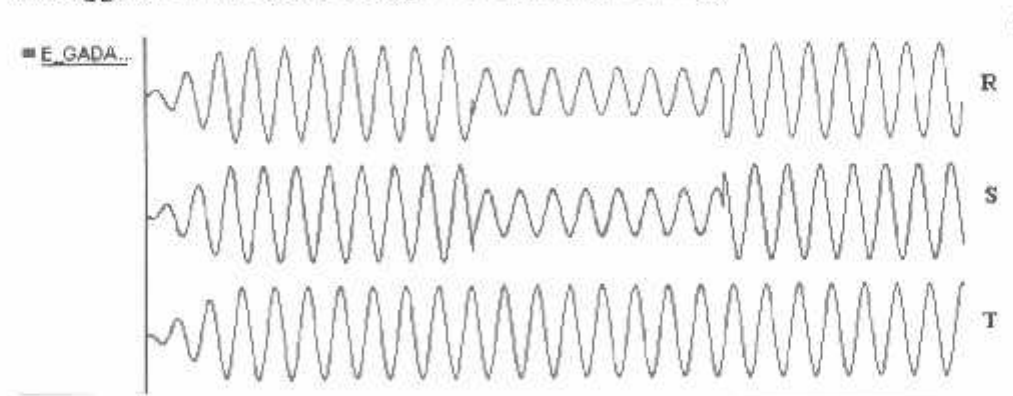
2. Gangguan 2 fasa ke tanah pada Penyulang Wagir



Gambar 3.14

Grafik Profil Tegangan pada saat Gangguan 2 Fasa ke tanah

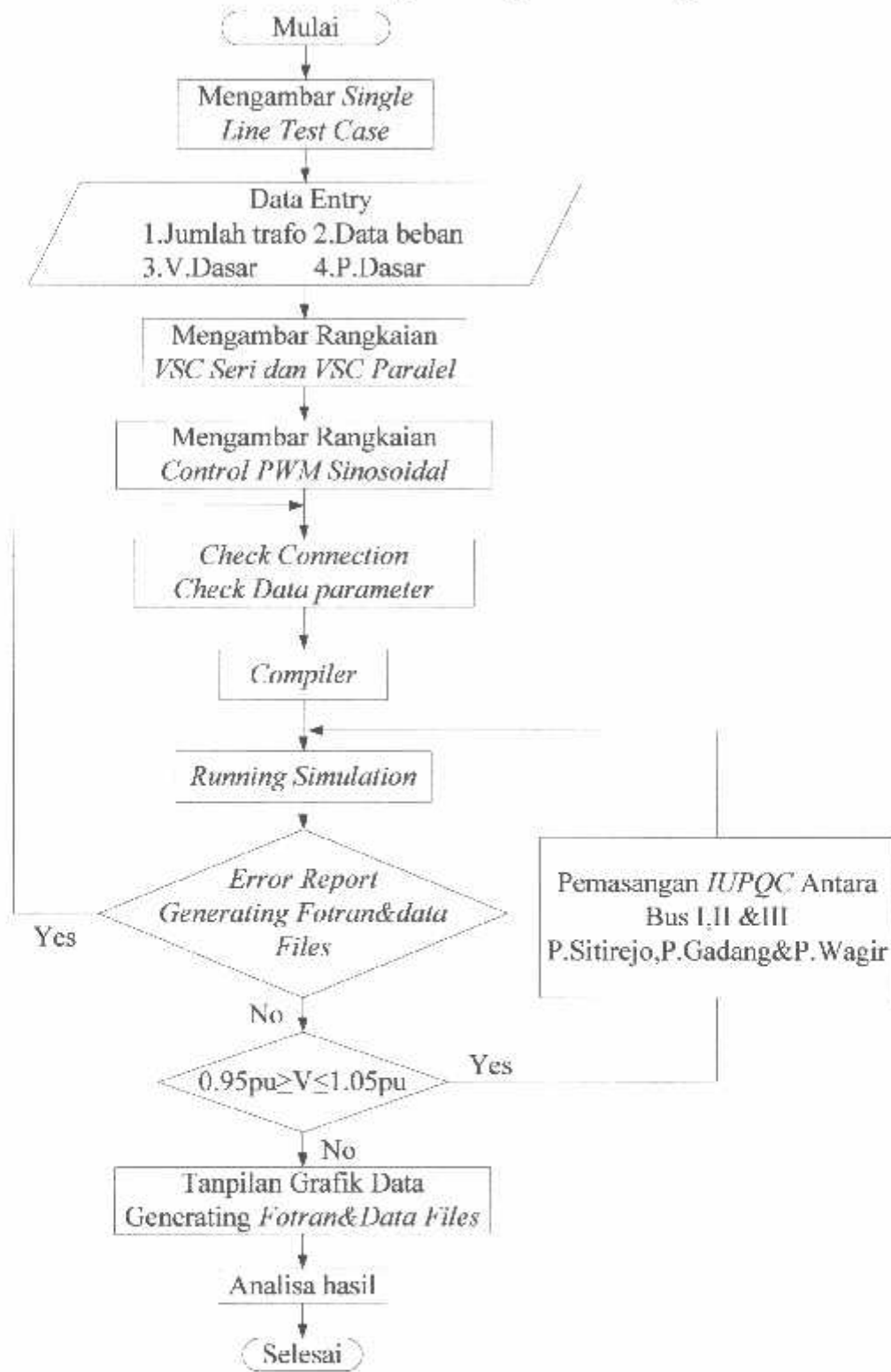
3. Gangguan 2 fasa (antar fasa) pada Penyulang Gadang



Gambar 3.15

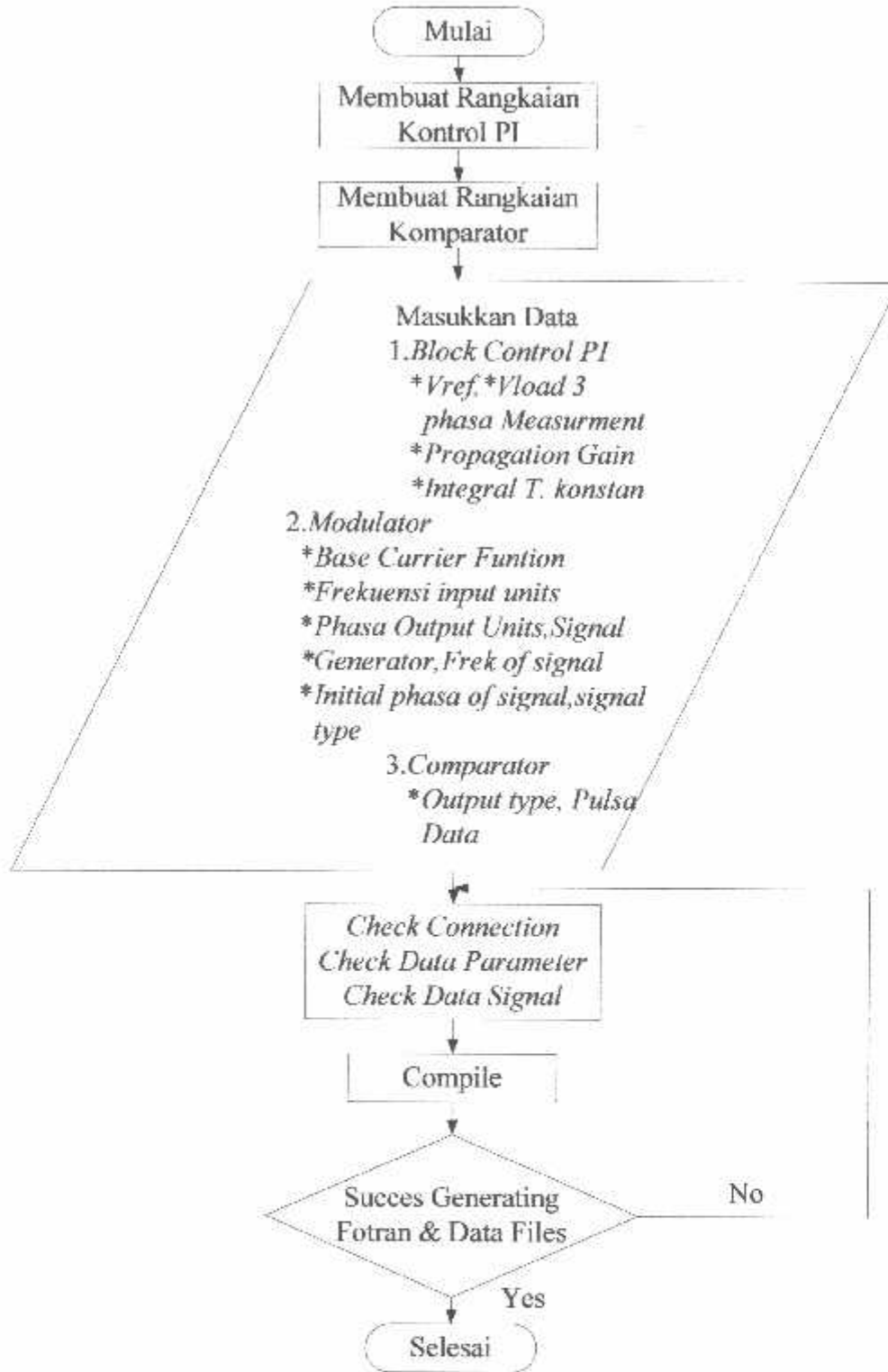
Grafik Profil Tegangan pada saat Gangguan 2 Fasa (antar fasa)

3.11 Flowchart Simulasi Sistem dengan menggunakan IUPQC



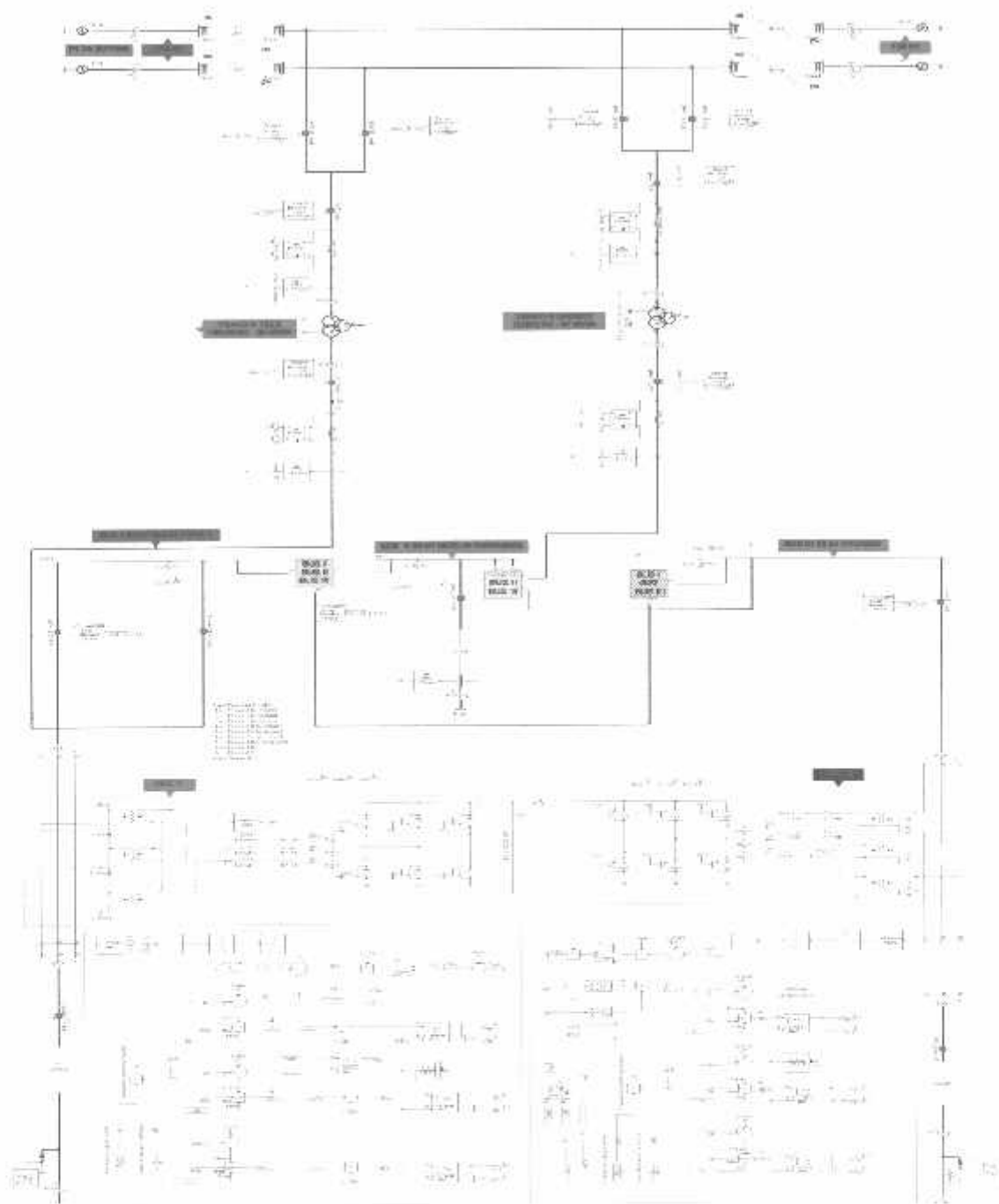
Gambar 3.16
Flowchart Analisa Kualitas Tegangan dengan IUPQC

3.12 Flowchart desain Rangkaian Kontrol PWM Sinosoidal



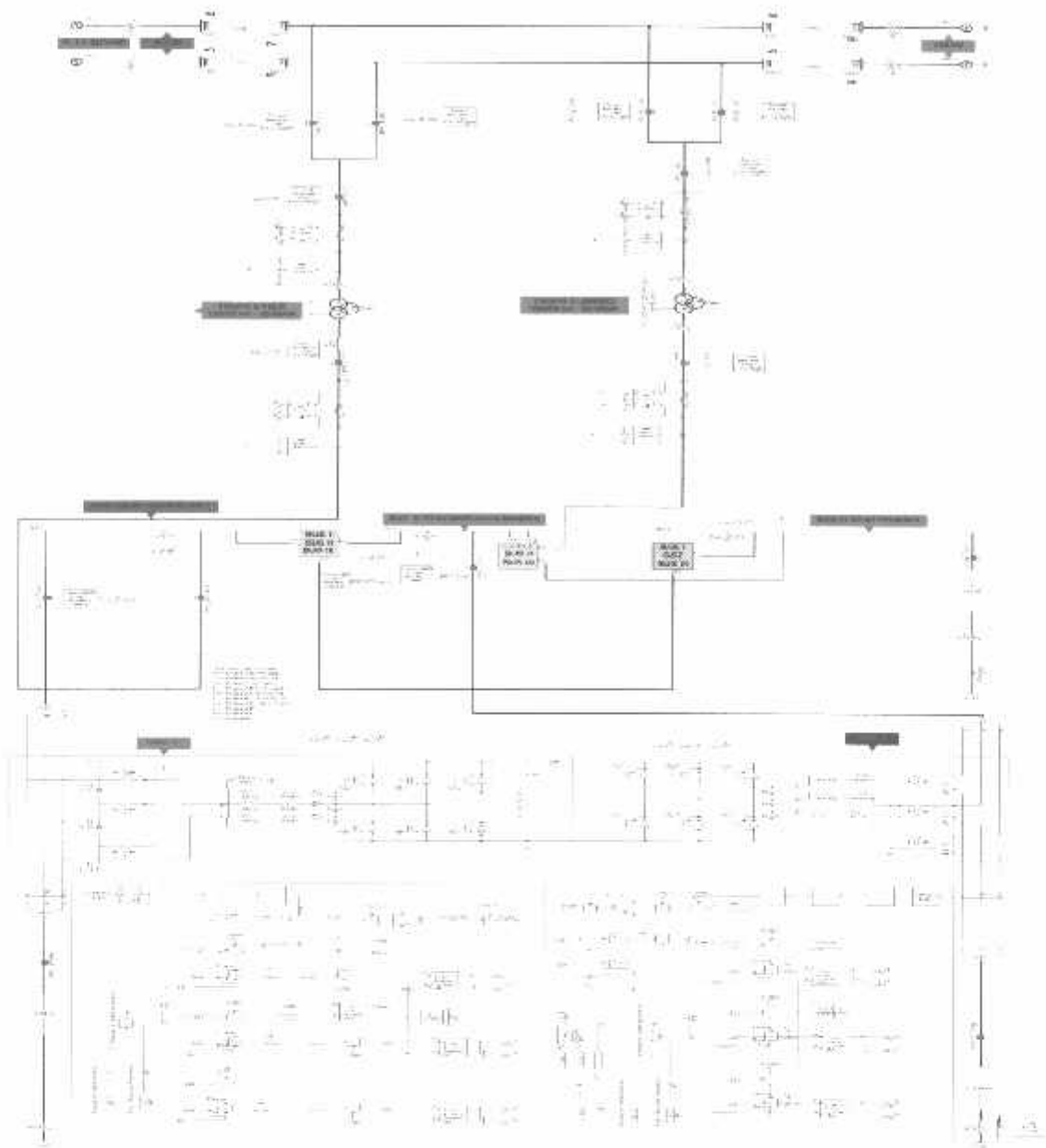
Gambar 3.17
Desain Rangkaian Kontrol PWM Sinosoidal

3.13 Bentuk Konfigurasi Sistem Menggunakan (IUPQC)



Gambar 3.18

Konfigurasi Sistem Kelistrikan GI Kebonagung Menggunakan(IUPQC)
Pada Saat Terjadi Gangguan Satu Fasa Ke Tanah dan dua Fasa Ke Tanah



Gambar 3.19
Konfigurasi Sistem GI Kebonagung menggunakan (*IUPQC*) pada saat terjadi gangguan antar fasa (Line to Line)

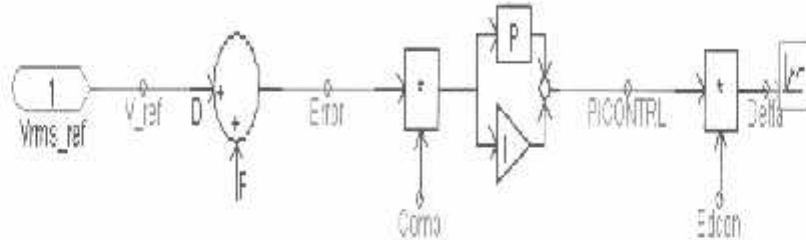
3.14 Pemodelan Rangkaian (*IUPQC*)

Dari gambar (2.19) dapat kita lihat secara umum suatu *IUPQC* terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

1. Kontroler PI
2. Sinusoidal pulse with modulation (*SPWM*).
3. *VSI & IGBT* 3 Fasa.
4. Transformator.
5. DC link voltage control.

3.14.1 Kontroller PI

Kontroler ini mempunyai dua konstanta, yaitu K_P (konstantan proposional) dan K_I (konstanta integral). *Kid an Kp detuning* sampai mencapai respon yang sesuai. Dalam penentuan besarnya nilai K_p dan K_i digunakan metode trial and error, untuk mencapai nilai yang diinginkan.



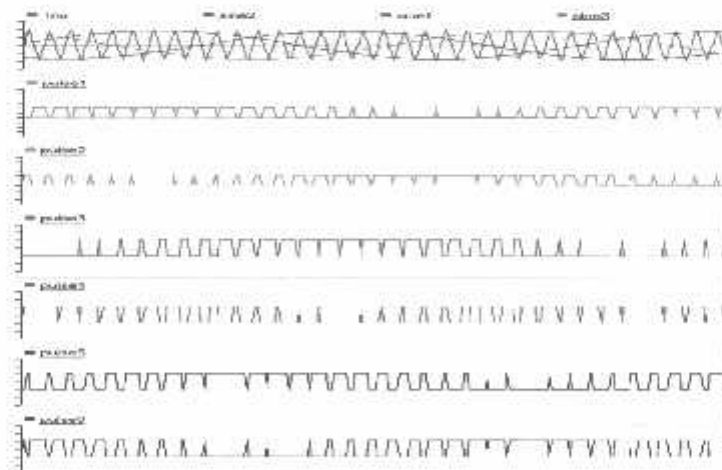
Gambar 3.20

Block Diagram Kontroller PI dalam PSCAD

Untuk mendapatkan respon injeksi yang tepat dan cepat diperlukan *error kompensator*, didalam masalah ini output feedback controller diterapkan. *Propositional Integral(PI)* dipilih sebagai error kompensator. Error dihasilkan dengan membandingkan tegangan referensi (V_{ref}) yang disetting dengan nilai I_{pu} dengan tegangan pengukuran (*actual*). *Controller* akan mengolah selisih perbedaan tegangan menjadi besaran yang digunakan untuk kompensasi agar tegangan menjadi normal.

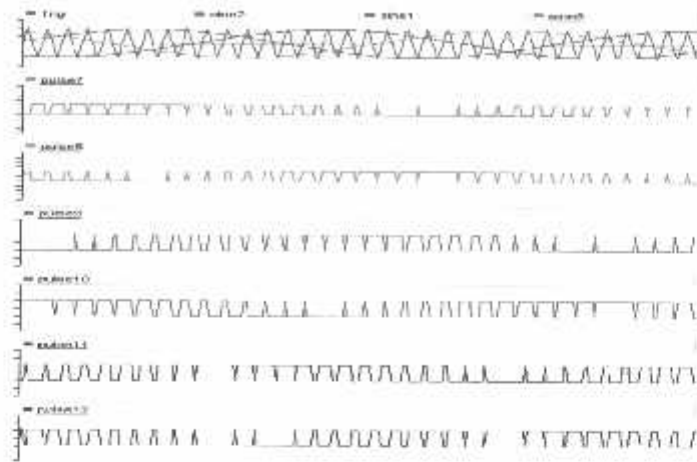
3.14.2 Pulse Width Modulation(PWM)

Metode sinusoidal PWM terlihat seperti pada gambar 3.21 dan 3.22 terdapat tiga sinyal referensi sinusoidal (V_{ra}, V_{rb}, V_{rc}) dan setiap sinyal bergeser sebesar 120° . Dengan membandingkan antara sinyal referensi tiap fasa V_{ra}, V_{rb}, V_{rc} dengan sinyal *carrier* V_{rc} maka akan terbentuk sinyal gate G_{ap}, G_{bp}, G_{cp} dan Gate G_{an}, G_{bn}, G_{cn} .



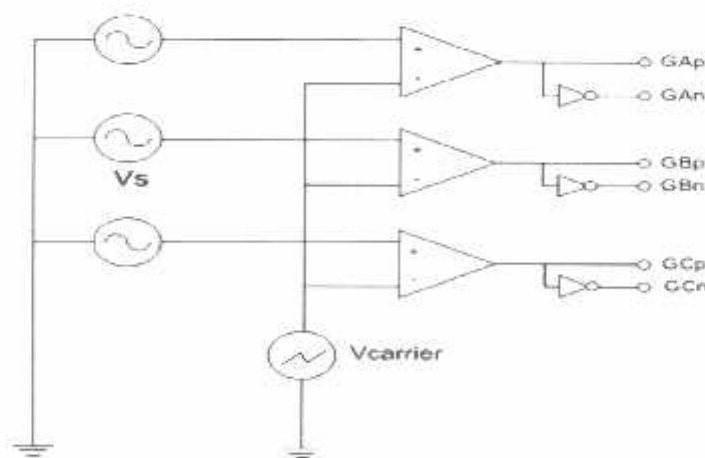
Gambar 3.21

Grafik Sinyal Output Simulasi PSCAD Sisi PWM-I



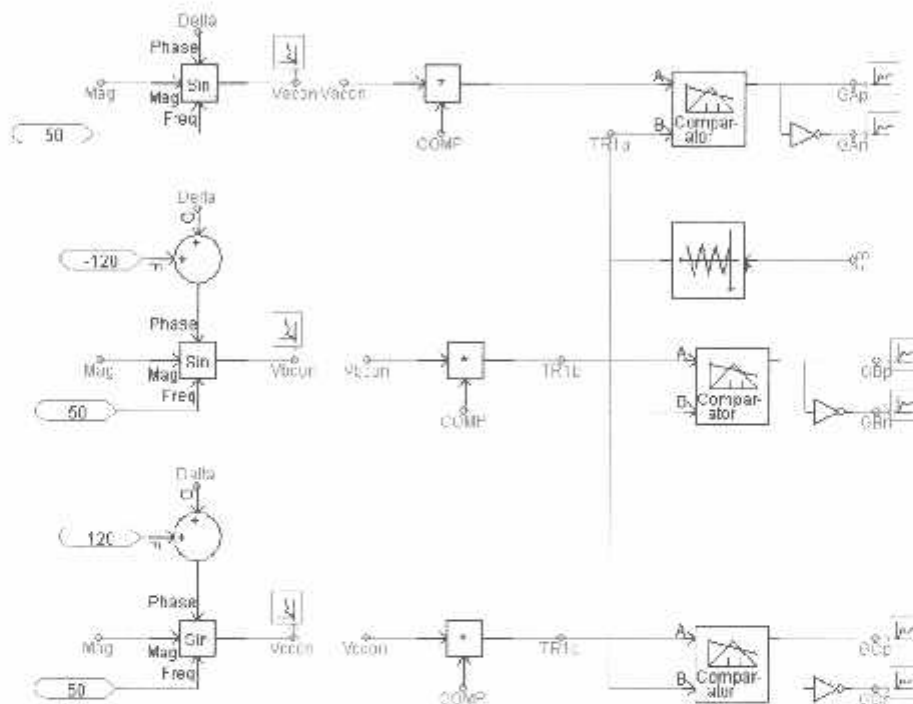
Gambar 3.22
Grafik Sinyal Output Simulasi PSCAD Sisi PWM-2

Proses modulasi ini dikerjakan oleh komparator. Inputan dari komparator terdiri atas dua input yang dilambangkan dengan kutub positif dan kutub negative. Sinyal yang akan dimodulasi dimasukkan ke inputan *positif* dan sinyal *carrier* ke kutub *negative*. Yang mana output dari komparator yaitu pulsa output akan On jika sinyal yang dimodulasikan lebih lebar (lebih Positif) jika dibandingkan dengan dengan sinyal *carrier*, dan begitu sebaliknya. Dalam pemodelan IUPQC ini digunakan 6 buah PWM (perfase 1 PWM) yang masing-masing *diswitch* secara terpisah untuk menghasilkan sinyal *pulse* untuk mengtriger tiap-tiap fasa. Masing-masing SPWM terdiri dari dua buah komparator yang mana dari dua buah komparator tersebut akan dihasilkan 6 buah (tiap output komparator menghasilkan dua pulsa yang saling berbalikan dengan cara memberi rangkaian inverting). Antara sinyal yang di modulasikan komparator 1 dan komparator dua berbeda fase 120 derajat. Rangkaian SPWM perfase sebagai berikut:

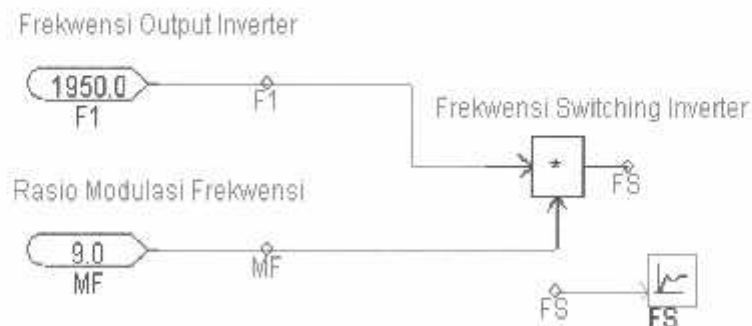


Gambar 3.23
Rangkaian SPWM Tiap Fasa

Untuk mengaktifkan komponen *IGBT* dirancang suatu rangkaian control dengan sinyal pembangkit gelombang segitiga yang dikomparasi dengan sinyal gelombang sinusoidal dengan pergeseran fasa sebesar 120 derajat listrik melalui komparator dengan rasio amplitude modulasi sebesar (*MA*) sama dengan 0.9 dan rasio modulasi frekuensi (*MF*) dengan nilai 9. Pemilihan rasio modulasi frekuensi tersebut dengan maksud agar gelombang arus yang keluar dari inverter berbentuk sinusoida yang bebas harmonisa dengan frekuensi pensaklaran 1950Hz. Rangkaian Kontrol pembangkit sinyal untuk memicu komponen *IGBT* pada inverter diperlihatkan pada gambar 3.24. Pada gambar 3.26 pemodelan control frekuensi *switching* pada inverter. Dalam simulasi *PSCAD PWM* dimodelkan sebagai berikut:



Gambar 3.24
Pemodelan *PSCAD* Untuk Rangkaian *SPWM*

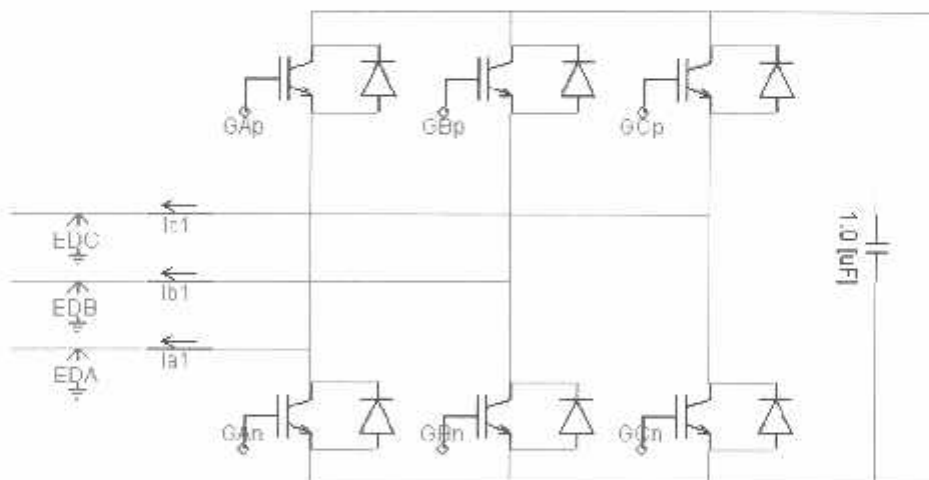


Gambar 3.25
Pemodelan *Control Frekuensi Switching Inverter*

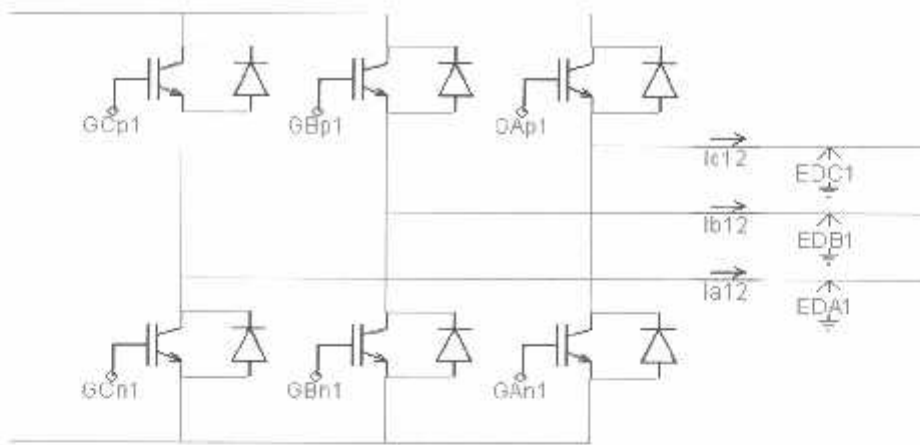
3.14.3 Voltage Source Inverter(VSI)

VSI adalah membangkitkan tegangan AC dari sebuah tegangan dc.sehingga sering juga disebut DC-AC converter atau inverter.VSI harus mampu membangkitkan tegangan AC yang simetris dengan magnitudo dan frekuensi yang diinginkan. Frekuensi dan magnitudo yang dihasilkan dapat berharga tetap atau bervariasi sesuai dengan aplikasinya. Konfigurasi dasar dari VSI tiga fasa adalah inverter enam pulsa terdiri dari 6 switch.

Hal ini bisa diperoleh dengan pengaturan switching pada rangkaian switch. Tegangan output bisa dibuat tetap atau variable pada frekuensi tetap atau frekuensi yang bisa diubah. Inveter biasanya memakai sinyal control *SPWM* untuk menghasilkan tegangan output AC. Inverter dikatakan *voltage source inverter (VSI)* jika tegangan inputnya dibuat konstan. Dikatakan *current source inverter (CSI)* jika arus inputnya dijaga konstan. Jika tegangan inputnya merupakan tegangan terkendali, jika tegangan inputnya merupakan tegangan yang bisa diatur, maka inverter ini bisa disebut dengan *Variable dc Link Inverter*. Dari berbagai jenis inverter diatas yang digunakan *IUPQC* adalah jenis inverter *SPWM* dengan alasan inverter *SPWM* memiliki output arus sinusoidal, selain itu untuk mengontrol inverter cukup mengatur frekuensi dan magnitudonya saja, dengan tegangan sumber yang konstan.



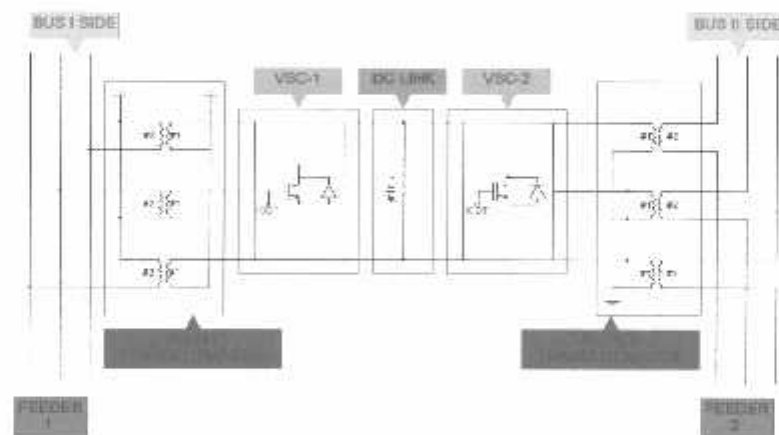
Gambar 3.26
(VSI-1) 3 fasa dengan PSCAD Simulink



Gambar 3.27
(VSI-2) 3 phase dengan PSCAD Simulink

3.14.4 Transformator

Pada pengoperasian *IUPQC* ada dua buah transformator. Transformator pertama(1) dihubung parallel terhadap sumber dan beban dan transformator dua (2) di hubung seri terhadap sumber dan beban. Kemudian untuk masing-masing inverter transformator parallel dihubungkan *wye-wye*, sedangkan inverter yang kedua dihubungkan *delta-wye* dengan transformator seri. Tujuan dari pemasangan transformator ini adalah agar tegangan injeksi kapasitor *dc* yang dibangkitkan oleh inverter dapat disalurkan melalui masing-masing transformator ke system.

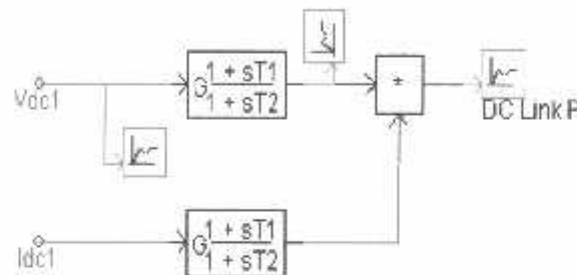


Gambar 3.28
Transformator Seri dan Paralel terhadap Inverter, dengan PSCAD Simulink

3.14.5 DC Link Voltage Control

Suatu pengontrol *PI* digunakan untuk mencari nilai kesalahan diantara nilai-nilai yang diinginkan dan nilai terukur oleh *capacitor voltage* yang mengontrol *DC link voltage*^[1].Signal ini berlaku bagi system kendali sumber tegangan *converter* dengan cara tegangan *DC* kapasitor distabilkan dengan menerima daya aktif yang diperlukan

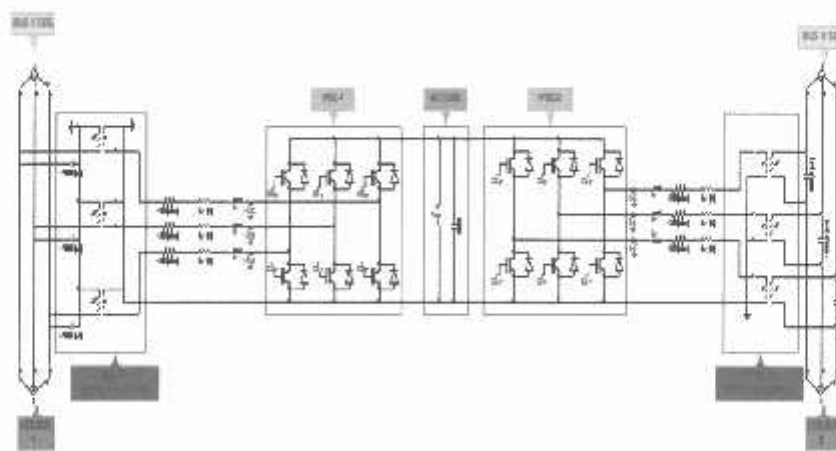
dari saluran. Regulasi yang tepat didalam parameter pengontrolan yang proposional sangat berperan penting untuk kontrol tegangan *DC* yang diterima. Pada gambar berikut ini adalah *block control DC-link* memiliki dua inputan berupa tegangan, arus dan sebagai keluannya daya nyata. fungsi dari *block control DC-link* adalah sebagai *filter* untuk mengurangi ripple sehingga sinyal yang masuk inverter terbentuk mendekati sinyal *DC*.



Gambar 3.29
Blok Diagram DC Link Voltage Control

3.14.6 Susunan dan Control IUPQC

IUPQC ditunjukkan dalam gambar 3-28. Terdiri dari dua *VSC* (*VSC-1* dan *VSC-2*) yang dihubungkan saling membelakangi melalui sebuah *common* penyimpang daya *dc capacitor Cdc*. Dengan asumsi bahwa *VSC-1* dihubungkan parallel ke penyulang-1 sementara *VSC-2* dihubungkan seri dengan penyulang-2. Masing-masing dari dua *VSCs* dihasilkan dengan *three H-bridge Inverter*. Skema struktur dari sebuah *VSC* lihat pada gambar.3-30. Dalam struktur, tiap-tiap saklar mewakili satu *power semikonduktor device* (yaitu *IGBT*) dan *diode* anti parallel. Semua inverter disuplai dari sebuah *common single De capacitor (Cde)* dan tiap-tiap inverter mempunyai sebuah transformer dihubungkan pada keluaranya.



Gambar 3.30
Struktur Lengkap IUPQC

Struktur lengkap dari tiga fasa *IUPQC* dengan dua *VSCs* lihat pada gambar.3.30. Sisi sekunder distribusi dari hubungan parallel transformator (*VSC-1*) dihubungkan wye-wye dengan titik netral dihubungkan ke titik netral beban. Kumparan sekunder dari transformator hubungan seri (*VSC-2*)dihubungkan langsung seri *delta-wye* dengan bus dan beban. Filter kapasitor *Cf* dan *Ck* juga dihubungkan pada tiap fasa untuk mencegah arus harmonisa yang dibangkitkan karena pengsaklaran.12 pulsa inverter pada *IUPQC* dicontrol secara terpisah dengan output feedback control.

BAB IV ANALISA HASIL

Pada bab IV ini akan dilakukan beberapa simulasi yang selanjutnya akan dianalisa, antara lain :

- * Analisa gangguan tak simetris sebelum dan setelah pemasangan (*IUPQC*)
- * Analisa perbandingan gangguan tak simetris pada sistem, sebelum dan sesudah pemasangan (*IUPQC*).

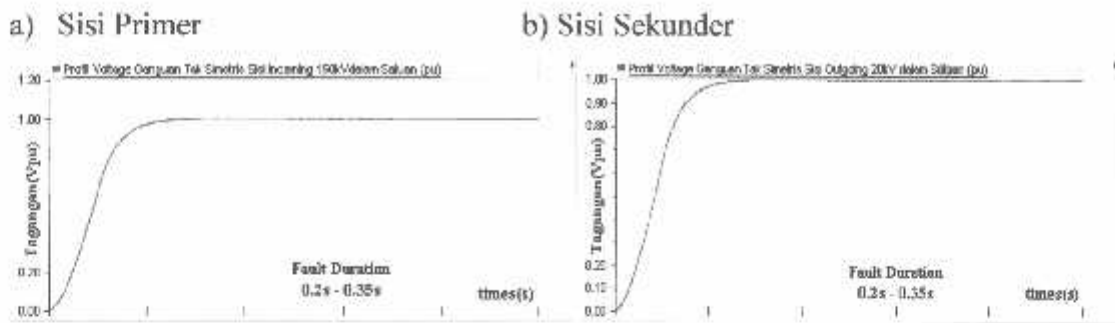
Hal-hal yang akan dibahas dalam simulasi ini adalah bentuk tegangan, besarnya *Voltage sag* yang terjadi, pengaruh kompensasi *IUPQC* terhadap sistem dan nilai tegangan yang diinjeksikan ke sistem. Simulasi ini dibuat dengan menggunakan Software PSCAD/EMTDC Simulink *Versi 4.2*.

4.1 Analisa Perbaikan Kualitas Tegangan Memakai *IUPQC* dengan 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 control dan alat-alat ukur. Dengan demikian permasalahan yang ada pada sistem penyaluran gardu induk Kebonagung terhadap pengaruh gangguan hubung singkat yang diakibatkan dan solusi yang ingin diberikan dapat dilakukan dengan *software PSCAD*. Adapun pengaruh gangguan yang terjadi dapat disimulasikan dan dianalisa serta pemecahan solusinya. Dalam hal ini pengaruh gangguan *Voltage Sag* yang diakibatkan karena gangguan hubung singkat tak simetris yang terjadi pada saluran sistem penyulang 20 kV di Gardu Induk Kebonagung. Sehingga kontinuitas penyaluran dapat terpenuhi, melalui analisa simulasi ini dapat diukur dan didapat nilai secara grafis sehingga penganalisaan sistem dapat dikontrol. Adapun solusinya adalah penggunaan suatu kompensator yaitu *IUPQC* yang digunakan sebagai suatu pengembangan dari elektronika daya yang digunakan dalam sistem tenaga. Melalui *software PSCAD* dapat diketahui hasil penggunaan kompensator sebagai penstabil suatu sistem yang mengalami gangguan dalam hal ini pengaruh gangguan kualitas tegangan yaitu *Voltage Sag* yang diakibatkan adanya gangguan hubung singkat Tak Simetris pada sistem di Gardu Induk Keboangung.

4.1.1 Grafik Profil Tegangan Sebelum Pemansangan IUPQC dalam Satuan(pu)

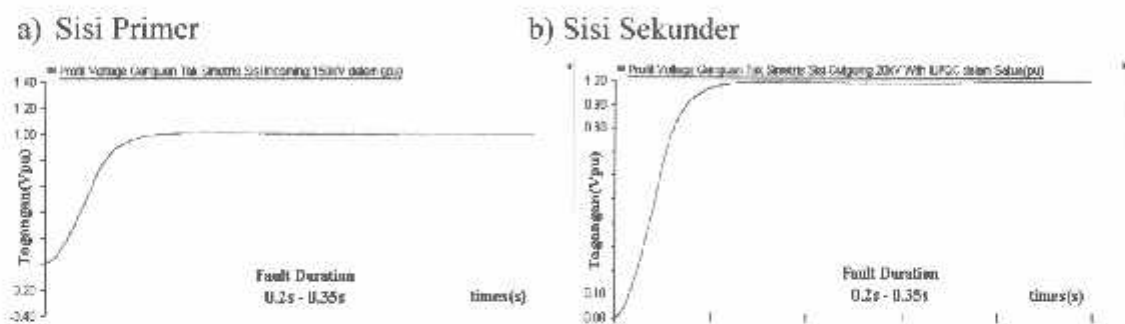
A. Pada Sisi Transformator I



Gambar 4.1

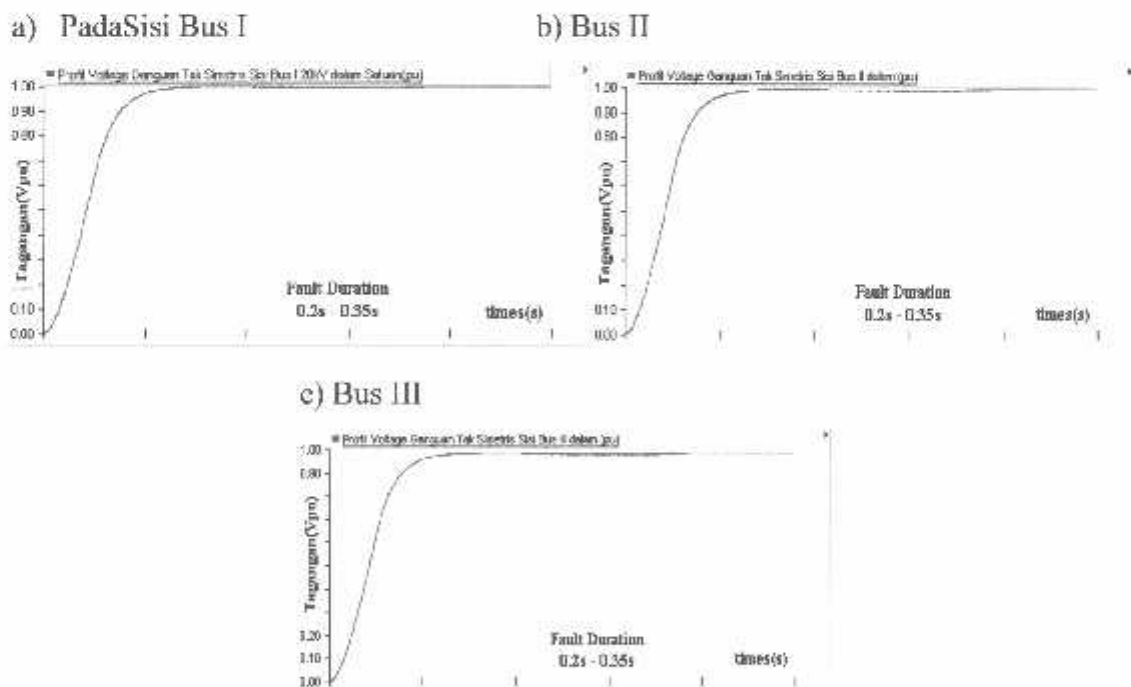
Grafik (a) dan (b) Profil *Voltage sag* Sebelum Kompensasi (IUPQC)

B. Pada sisi Transformator II



Gambar 4.2

Grafik (a) dan (b) Profil *Voltage Sag* Sebelum Kompensasi (IUPQC)

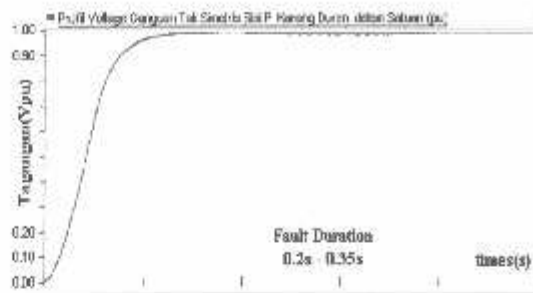


Gambar 4.3

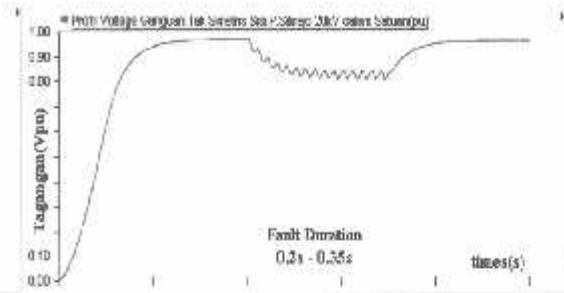
Grafik (a)(b) dan (c) Profil *Voltage Sag* Sebelum Kompensasi (IUPQC)

C. SisiPenyulang

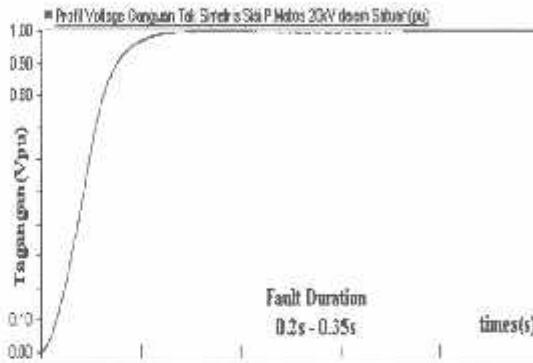
a) Penyulang Karang Duren



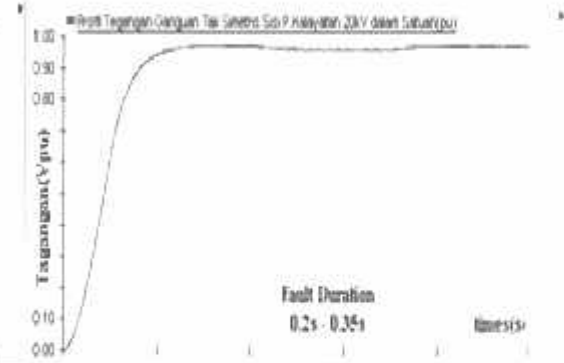
b) Penyulang Sitirejo



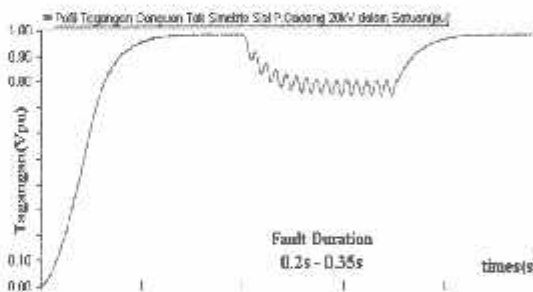
c) Penyulang Matos



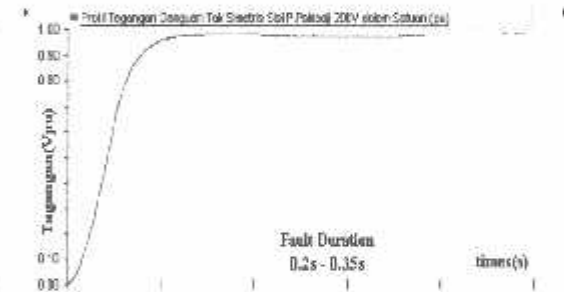
d) Penyulang Kalayatan



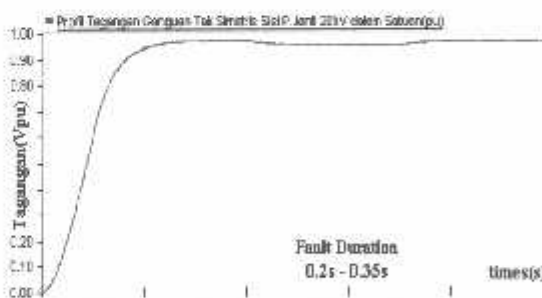
e) Penyulang Gadang



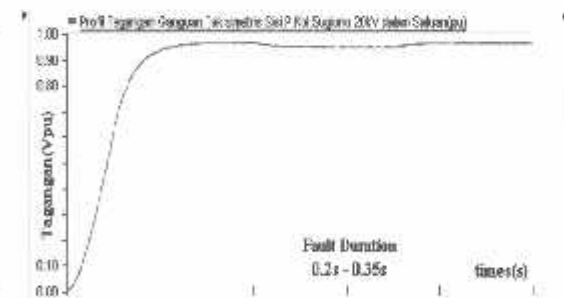
f) Penyulang Pakisaji



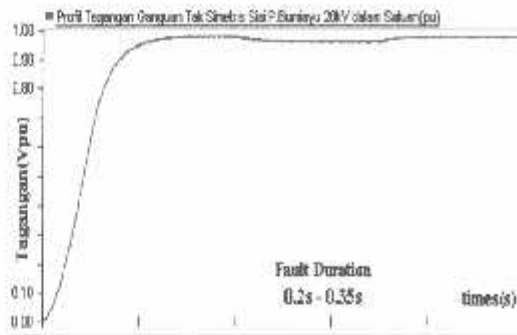
g) Penyulang Janti



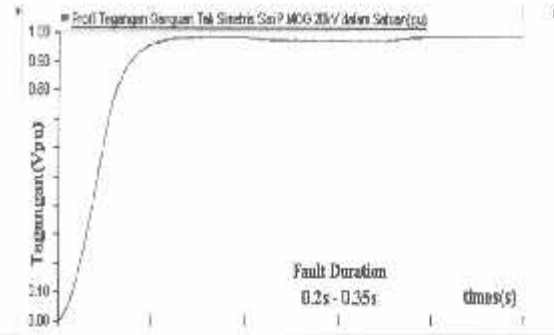
h) Penyulang Kol. Sugiono



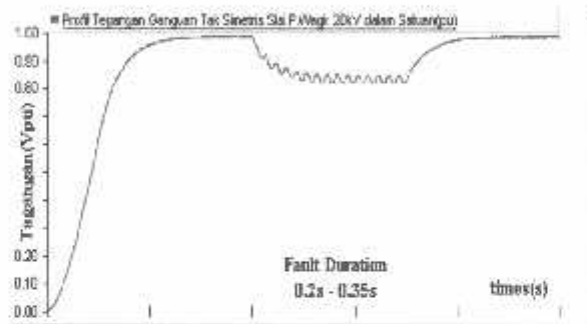
i) Penyulang Bumiayu



j) Penyulang MOG



k) Penyulang Wagir



Gambar 4. 4

Grafik (a) sampai (k) Profil *Voltage Sag* Penyulang Sebelum Kompensasi (*IUPQC*)

4.1.2 Tabel Rekapitulasi Gangguan tak Simetris Sebelum Kompensasi *IUPQC*

Tabel 4.1
Rekapitulasi Gangguan tak Simetris Sebelum Kompensasi *IUPQC*

Gangguan tak Simetris sebelum pemansangan <i>IUPQC</i>					
Sisi Trafo I	Vpre-sag (pu)	Vsag (pu)	Sag (%)	Vsag (kV)	Pre-Sag (kV)
Sisi Pri 150kV	0.9995784	0.9965839	0.29957	149.694283	149.9367621
Sisi Sek 20kV	0.9982001	0.9949915	0.321439	19.9576386	19.98997216
Sisi Trafo II	Vpre-sag (pu)	Vsag (pu)	Sag (%)	Vsag (kV)	Pre-Sag (kV)
Sisi Pri 150kV	0.9995026	0.9977816	0.17209	149.667252	149.9254007
Sisi Sek 20kV	0.9959585	0.9902554	0.572624	19.94937	19.98814981
Sisi Bus	Vpre-sag (pu)	Vsag (pu)	Sag (%)	Vsag (kV)	Pre-Sag (kV)
Bus I	0.9969016	0.9919261	0.499093	19.8385237	19.93803304
Bus II	0.9918203	0.9815761	1.032869	19.6315227	19.83640683
Bus III	0.987007	0.9677493	1.951118	19.3549871	19.7401407
Sisi Penylg	Vpre-sag (pu)	Vsag (pu)	Sag (%)	Vsag (kV)	Pre-Sag (kV)
P. K.Duren	0.9851641	0.9802355	0.500278	19.6047114	19.70328266
P. Sitireji	0.9678991	0.8307332	14.1715	16.6146652	19.35798372
P. Matos	0.995241	0.9902876	0.497709	19.8057533	19.9048214
P. Kalayatan	0.9679832	0.9579782	1.033585	19.1595654	19.35966407
P. Gadang	0.980122	0.8089031	17.46921	16.1780626	19.60245919
P. Pakisaji	0.9826881	0.9725447	1.032206	19.4508949	19.65376227
P. Janti	0.9694418	0.9505027	1.95361	19.0100546	19.38883701
P. Sugiono	0.9626477	0.9438347	1.954299	18.8766941	19.25295453
P. Bumiayu	0.9753054	0.9562604	1.952719	19.1252088	19.50610849
P. MoG	0.9826	0.9634178	1.952187	19.2683572	19.652001

4.2 Data hasil Simulasi dan Perhitungan *Voltage Sag* Terhadap Kualitas Tegangan dengan Pemasangan (*IUPQC*)

A. Pada sisi Tranformator

Tabel 4.2

Data hasil Simulasi pada sisi Transformator I,II dan Perhitungan *Voltage sag* dengan (*IUPQC*)

Time	Pada sisi <i>Incaming</i> dan <i>Outgoing</i> Transformator				Sag(%) With <i>IUPQC</i>
	Sisi <i>Incaming</i> 150kV		Sisi <i>Outgoing</i> 20kV		
	Trafo I	Trafo II	Trafo I	Trafo II	
0.2	1.001098	1.0004844	0.998983	0.99637986	$\text{Sag}(\%) = \frac{V_{\text{pre-sag}} - V_{\text{sag Min with IUPQC}}}{V_{\text{pre-sag}}} * 100\%$
0.21	1.000909	1.00118673	0.998526	0.996080507	
0.22	0.999558	1.00178885	0.998832	0.996506156	
0.23	0.999576	0.99959528	0.99853	0.996253984	
0.24	0.999576	1.00214845	0.998244	0.996000085	
0.25	0.999576	1.00164426	0.998684	0.996459519	
0.26	0.999576	1.00054507	0.998417	0.99621555	
0.27	0.999596	0.99954725	0.998173	0.995984012	
0.28	0.999541	0.99948941	0.998636	0.996450399	
0.29	0.999559	0.99955721	0.998398	0.996214583	
0.3	0.999842	0.99969049	0.998167	0.995982004	
0.31	0.999908	1.00032171	0.998618	0.996446895	
0.32	0.999947	1.00100525	0.998393	0.996216845	
0.33	1.000981	1.00160319	0.998166	0.995939682	
0.34	1.001446	1.00198052	0.998619	0.996445415	
0.35	1.001217	1.00200376	0.998386	0.996208609	
0.36	1.000982	1.00155124	0.998468	0.996135938	
0.37	1.001446	1.00050048	0.999131	0.996676396	
0.38	1.001217	0.99952586	0.998839	0.996494549	
0.39	1.001003	0.99952586	0.998839	0.996295119	
0.4	1.001258	1.00215364	0.999347	0.996676396	
15s	1.001446	1.00215364	0.999347	0.996781839	<i>V</i> Max with <i>IUPQC</i>
	0.999541	0.99948941	0.998166	0.995939682	<i>V</i> Min With <i>IUPQC</i>
	0.999578	0.99950267	0.9982	0.995958532	<i>V</i> Pre-Sag(pu)
	3.79E-05	1.33E-05	3.38E-05	1.89E-05	<i>V</i> (pu)
	0.00379	0.00132643	0.003377	0.001892639	Sag(%)

B. Pada Sisi Bus

Tabel 4.3

Data hasil Simulasi pada sisi Bus dan Perhitungan *Voltage sag* dengan (IUPQC)

Time	Pada Sisi Bus 20kV			Perhitungan <i>Sag(%)With IUPQC</i>
	Bus I	Bus II	Bus III	
0.2	0.996912	0.991509	0.986863	$\text{Sag}(\%) = \frac{V_{\text{pre-sag}} - V_{\text{sag Min with IUPQC}}}{V_{\text{pre-sag}}} * 100\%$
0.21	0.996506	0.991127	0.986477	
0.22	0.997	0.991573	0.986927	
0.23	0.996735	0.991313	0.986661	
0.24	0.996536	0.991061	0.986416	
0.25	0.996979	0.991519	0.986865	
0.26	0.996751	0.991294	0.986648	
0.27	0.996496	0.991047	0.986397	
0.28	0.996989	0.991519	0.986872	
0.29	0.996746	0.991261	0.98661	
0.3	0.996517	0.991033	0.986387	
0.31	0.996951	0.9915	0.986847	
0.32	0.996772	0.991277	0.986631	
0.33	0.996518	0.991038	0.986389	
0.34	0.997004	0.991522	0.986875	
0.35	0.996738	0.99127	0.986619	
0.36	0.996709	0.991226	0.986578	
0.37	0.997241	0.991784	0.987129	
0.38	0.997082	0.991612	0.986962	
0.39	0.996864	0.99141	0.986757	
0.4	0.997371	0.991902	0.987251	
	0.997371	0.991902	0.987251	<i>VMax With IUPQC(pu)</i>
	0.996496	0.991033	0.986387	<i>VMin with IUPQC(pu)</i>
	0.9967	0.991621	0.986809	<i>VPre-Sag(pu)</i>
	0.000204	0.000593	0.000427	<i>V(pu)</i>
	0.020438	0.059287	0.042744	<i>Sag(%)</i>

C. Pada Sisi Penyulang Bus I

Tabel 4.4
Data hasil Simulasi pada sisi Penyulang bus I dan Perhitungan *Voltage sag* dengan (*IUPQC*)

Time	Pada Sisi Penyulang Bus I			Perhitungan Sag(%)With <i>IUPQC</i>
	P.Karang Duren	P.Sitirejo	P.Matos	
0.2	0.984608022	0.97230771	0.994901	$\text{Sag}(\%) = \frac{V_{\text{pre-sag}} - V_{\text{sag Min with IUPQC}}}{V_{\text{pre-sag}}} * 100\%$
0.21	0.98426401	0.97001554	0.99439	
0.22	0.984642481	0.96892057	0.994739	
0.23	0.984418205	0.96794813	0.994439	
0.24	0.984206363	0.96725413	0.994186	
0.25	0.984591829	0.96718549	0.994607	
0.26	0.984408119	0.96689319	0.994391	
0.27	0.984206672	0.96664301	0.994146	
0.28	0.984602164	0.96684281	0.994604	
0.29	0.984388625	0.96663335	0.994366	
0.3	0.984223389	0.96649153	0.994166	
0.31	0.984572544	0.96670673	0.994568	
0.32	0.984443971	0.96663374	0.994404	
0.33	0.984225499	0.96643366	0.994163	
0.34	0.984649143	0.96673757	0.994646	
0.35	0.984412209	0.96659857	0.99438	
0.36	0.984440906	0.96883707	0.994504	
0.37	0.984916604	0.97046616	0.995106	
0.38	0.984791739	0.9711887	0.994999	
0.39	0.984691723	0.97172152	0.994892	
0.4	0.985104343	0.97227704	0.995386	
-	0.985104343	0.97230771	0.995386	<i>VMax with IUPQC(pu)</i>
-	0.984206363	0.96643366	0.994146	<i>VMin with IUPQC(pu)</i>
-	0.984964056	0.96789919	0.995039	<i>VPre-Sag(pu)</i>
-	0.00076926	0.00151413	0.000898	<i>V(pu)</i>
-	0.076926013	0.15141265	0.089779	<i>Sag(%)</i>

D. Pada Sisi Penyulang Bus II

Tabel 4.5
Data hasil Simulasi pada sisi Penyulang Bus II dan Perhitungan *Voltage sag* dengan (*IUPQC*)

Time	Pada Sisi Penyulang Bus II			Perhitungan Sag(%)With <i>IUPQC</i>
	Kalayatan	Gadang	Pakisaji	
0.2	0.968071	0.9796853	0.983119	$\text{Sag}(\%) = \frac{V_{pre-sag} - V_{sag \text{ Min with } IUPQC}}{V_{pre-sag}} * 100\%$
0.21	0.96744	0.975062	0.982327	
0.22	0.967754	0.97728921	0.982698	
0.23	0.96751	0.97647593	0.982387	
0.24	0.96732	0.97647513	0.982145	
0.25	0.96769	0.97697315	0.982573	
0.26	0.967475	0.9766693	0.982302	
0.27	0.967292	0.97643394	0.982074	
0.28	0.967662	0.97693976	0.982524	
0.29	0.967458	0.97678198	0.982283	
0.3	0.967265	0.97628579	0.982042	
0.31	0.967632	0.97717146	0.982507	
0.32	0.967454	0.9766347	0.982291	
0.33	0.967278	0.97647831	0.982061	
0.34	0.967664	0.9770202	0.982529	
0.35	0.967464	0.9768595	0.982285	
0.36	0.967649	0.98154608	0.982515	
0.37	0.968178	0.9806516	0.983172	
0.38	0.968121	0.98082075	0.983115	
0.39	0.968018	0.9807585	0.982987	
0.4	0.968421	0.98085332	0.983486	
-	0.968421	0.98154608	0.983486	<i>VMax with IUPQC(pu)</i>
-	0.967265	0.975062	0.982042	<i>VMin with IUPQC(pu)</i>
-	0.967983	0.98012296	0.982688	<i>VPre-sag(pu)</i>
-	0.000742	0.00516359	0.000657	<i>V(pu)</i>
-	0.074228	0.51635936	0.065735	<i>Sag(%)</i>

E. Pada Sisi Penyulang Bus III

Tabel 4.6
Data hasil Simulasi pada sisi Penyulang Bus III dan Perhitungan *Voltage sag* dengan (IUPQC)

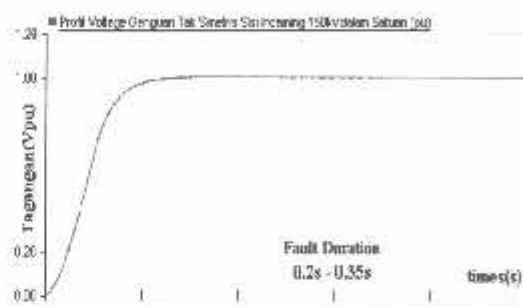
Time	Pada Sisi Penyulang Bus III					Perhitungan <i>Sag(%)With IUPQC</i>
	Janti	Kol.Sugiono	Bumiayu	MOG	Wagir	
0.2	0.969054	0.962609424	0.975232	0.9823287	0.982552	$\text{Sag}(\%) = \frac{V_{\text{pre-sag}} - V_{\text{sag Min with IUPQC}}}{V_{\text{pre-sag}}} * 100\%$
0.21	0.968783	0.962139036	0.974805	0.9819925	0.979586	
0.22	0.969213	0.962434361	0.975223	0.9824709	0.982166	
0.23	0.968993	0.962201918	0.974967	0.9822105	0.981624	
0.24	0.968832	0.962027927	0.974754	0.9819888	0.982004	
0.25	0.969206	0.962373535	0.975176	0.9824445	0.982397	
0.26	0.969	0.962188273	0.974952	0.982215	0.982393	
0.27	0.968823	0.962011546	0.974737	0.981978	0.982056	
0.28	0.969214	0.962340133	0.975161	0.9824491	0.98264	
0.29	0.969009	0.962161704	0.97495	0.982207	0.982424	
0.3	0.968826	0.961992923	0.97474	0.981987	0.982136	
0.31	0.969195	0.962303062	0.975137	0.9824276	0.982722	
0.32	0.968996	0.962140613	0.974936	0.9822035	0.982387	
0.33	0.968824	0.962003529	0.974732	0.9819717	0.982171	
0.34	0.969215	0.962330085	0.975153	0.9824512	0.982716	
0.35	0.968993	0.96215235	0.974927	0.9821993	0.982462	
0.36	0.968937	0.962299315	0.974951	0.9821155	0.985816	
0.37	0.969364	0.962789277	0.975482	0.9826318	0.984521	
0.38	0.969174	0.962672426	0.975308	0.9824514	0.985223	
0.39	0.969032	0.962559909	0.975161	0.982257	0.984191	
0.4	0.969425	0.962916617	0.975585	0.9827266	0.985097	
	0.969425	0.962916617	0.975585	0.9827266	0.985816	VMax with IUPQC(pu)
	0.968783	0.961992923	0.974732	0.9819717	0.979586	VMin with IUPQC(pu)
	0.969442	0.962647727	0.975305	0.9826001	0.985451	VPre-sag(pu)
	0.00068	0.000680211	0.000588	0.0006395	0.005952	V(pu)
	0.067966	0.068021144	0.058794	0.0639463	0.59516	Sag(%)

Tabel 4.6 sampai 4.10 diatas menjelaskan nilai tegangan relatif stabil atau keadaan sistem jauh lebih stabil setelah menggunakan kompensasi dibandingkan dengan sebelum menggunakan kompensasi. Hal ini dapat diamati pada hasil simulasi system dengan kondisi gangguan *voltage sag*. Perbedaan ini dapat di amati pada Grafik sebelum dan sesudah kompensasi.

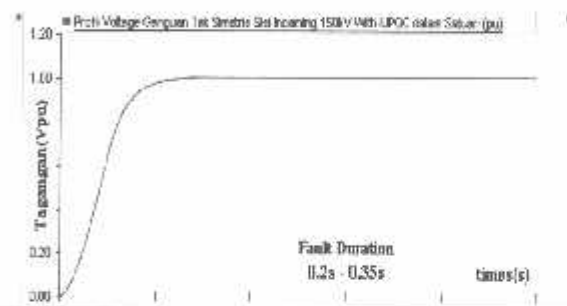
4.3. Perbandingan Profil Tegangan sebelum dan Sesudah Menggunakan IUPQC dalam Satuan (pu)

A. Pada Sisi Transformator I

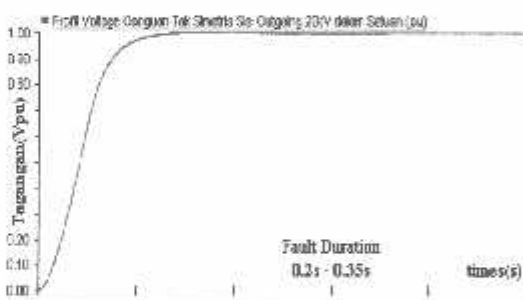
a) Sisi Primer Sebelum



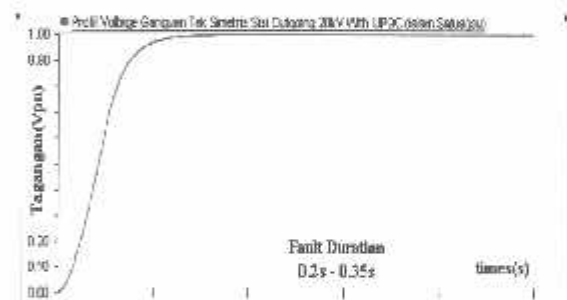
a') Sisi Primer Sesudah



b) Sisi Sek Sebelum



b') Sisi Sek Sesudah

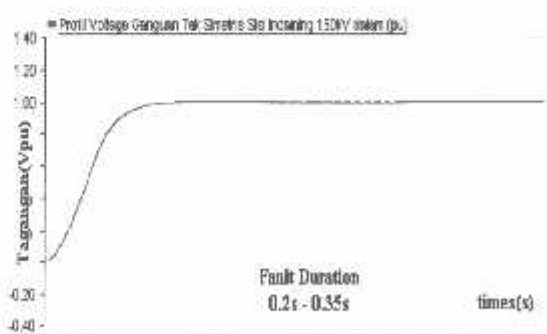


Gambar 4.5

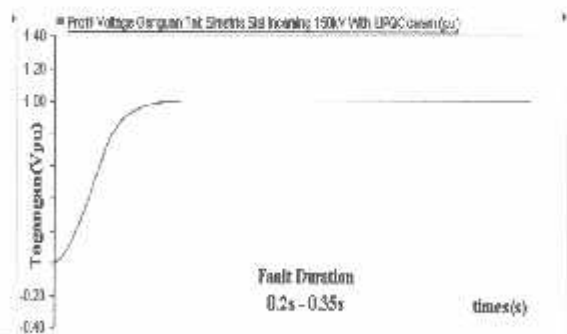
Grafik (a,a') dan (b,b') Profil Tegangan Sebelum dan Sesudah kompensasi (IUPQC) Pada sisi Transformator I dalam satuan (pu)

B. Pada Sisi Transformator II

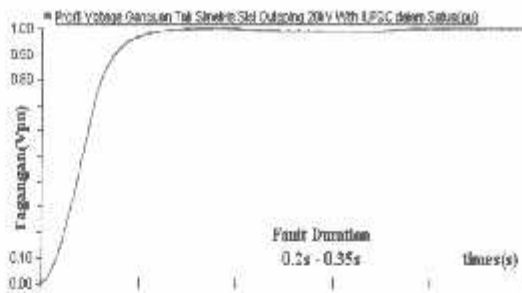
a) Sisi Primer Sebelum



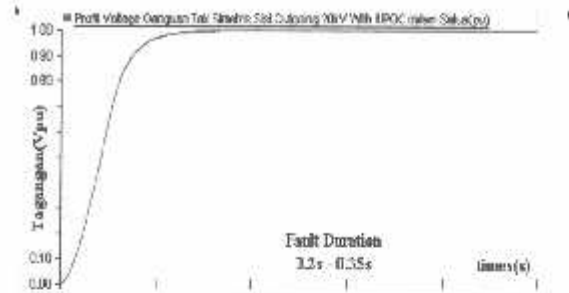
a') Sisi Primer Sesudah



b) Sisi sekunder Sebelum



b') Sisi Sekunder sesudah

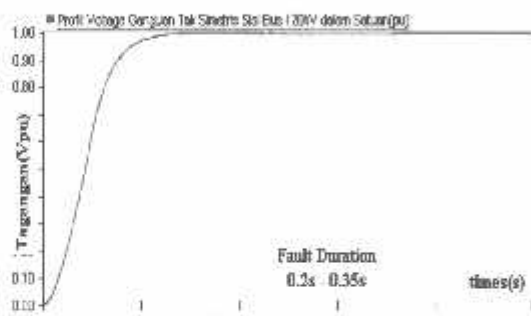


Gambar 4.6

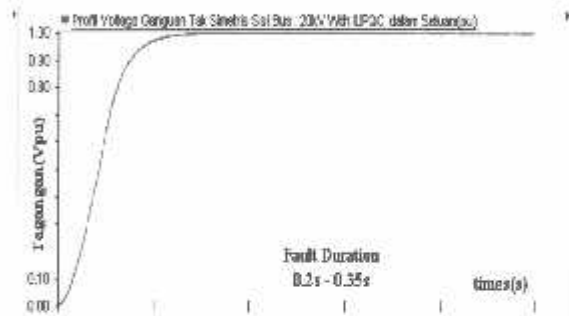
Grafik (a,a') dan (b,b') Profil Tegangan Sebelum dan Sesudah kompensasi (IUPQC) Pada sisi Transformator II dalam Satuan (pu)

C. Pada sisi Bus

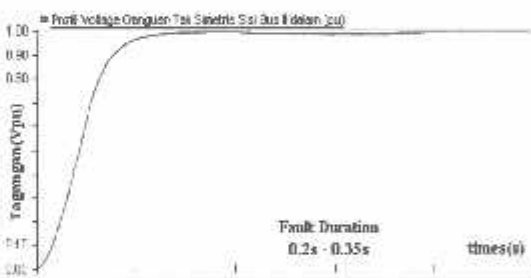
a) Bus I Sebelum



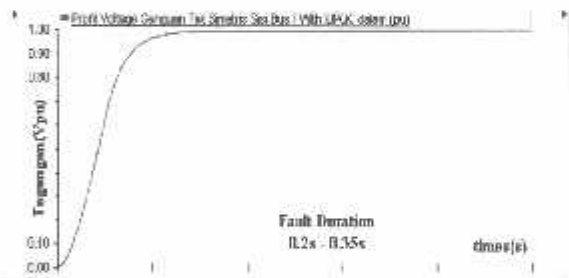
a') Bus I Sesudah



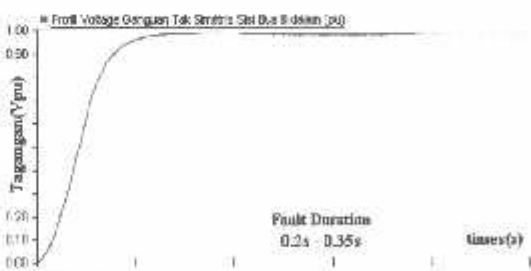
b) Bus II Sebelum



b') Bus II Sesudah



c) Bus III Sebelum



c') Bus III Sesudah



Gambar 4.7

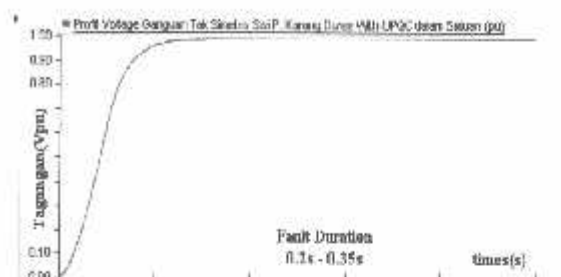
Grafik (a,a'), (b,b') dan (c,c') Profil Tegangan Sebelum dan Sesudah kompensasi (IUPQC)

D. Pada sisi Penyulang Bus I

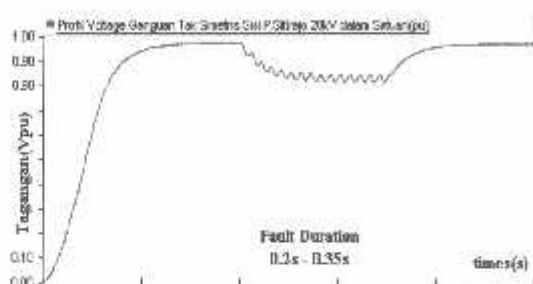
a) P. K. Duren Sebelum



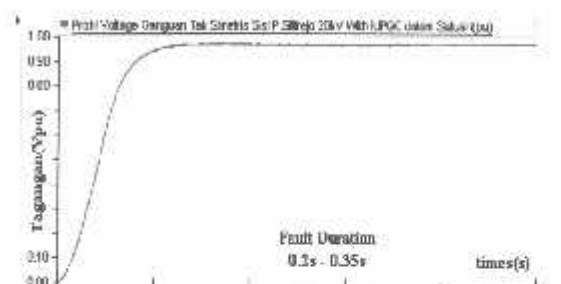
a') K.Duren Sesudah



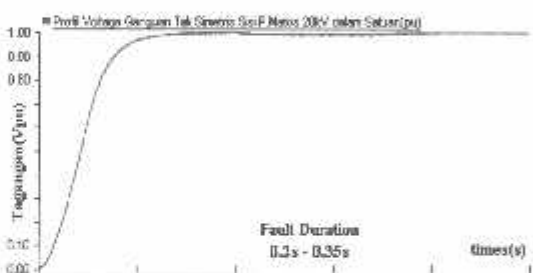
b) P. Sitirejo Sebelum



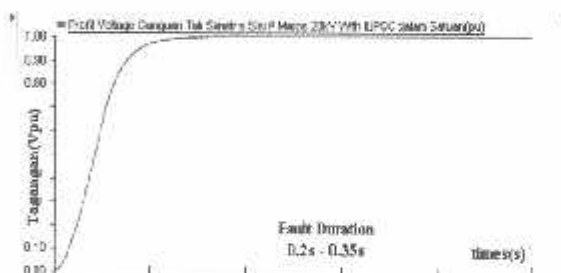
b') P. Sitirejo Sesudah



c) P. Matos Sebelum



c') P. Matos Sesudah

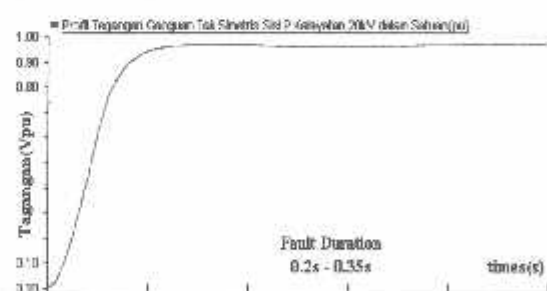


Gambar 4.8

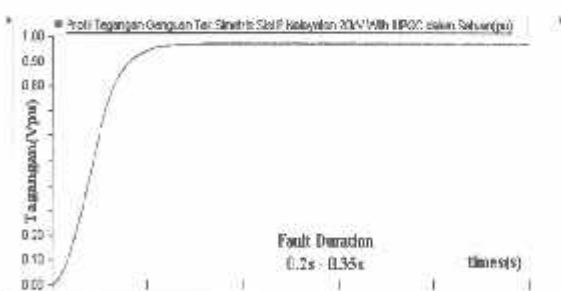
Grafik (a,a') (b,b') dan (c,c') Profil Tegangan Sebelum dan Sesudah kompensasi (IUPQC) Pada sisi Penyulang Bus I dalam Satuan (pu)

E. Pada sisi Penyulang Bus II

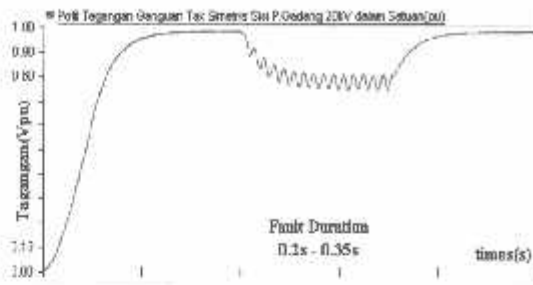
a) P. Kalayatan Sebelum



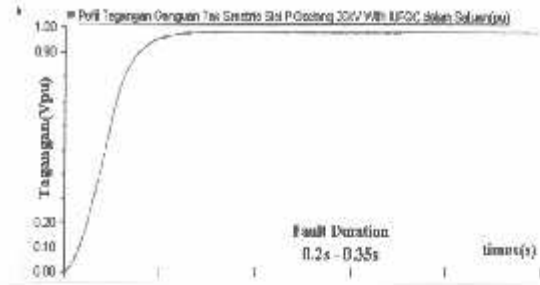
a') P. Kalayatan Sesudah



b) P. Gadang Sebelum



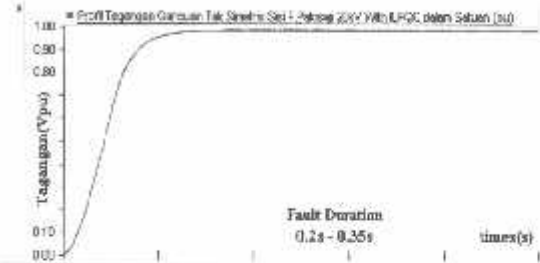
b') P. Gadang Sesudah



c) P. Pakisaji Sebelum



c') P. Pakisaji Sesudah

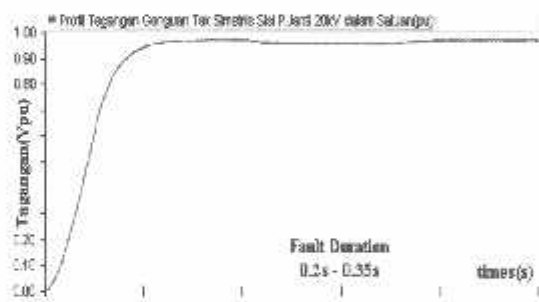


Gambar 4.9

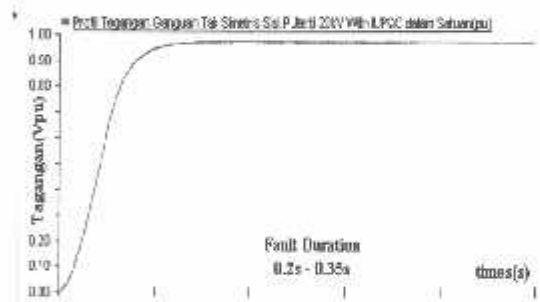
Grafik (a,a'), (b,b') dan (c,c') Profil Tegangan Sebelum dan Sesudah Kompensasi (TUPQC) Pada sisi Penyulang Bus II

F. Pada Sisi Penyulang Bus III

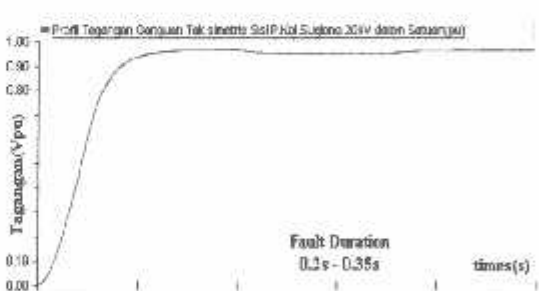
a) P. Janti Sebelum



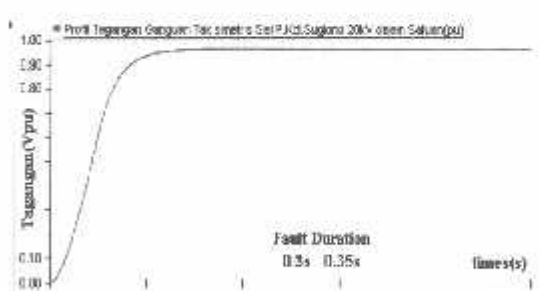
a') P. Janti Sesudah



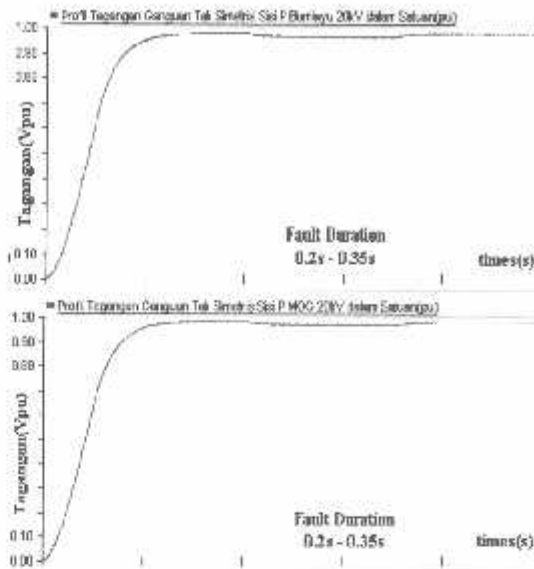
b) P.K.Sugiono Sebelum



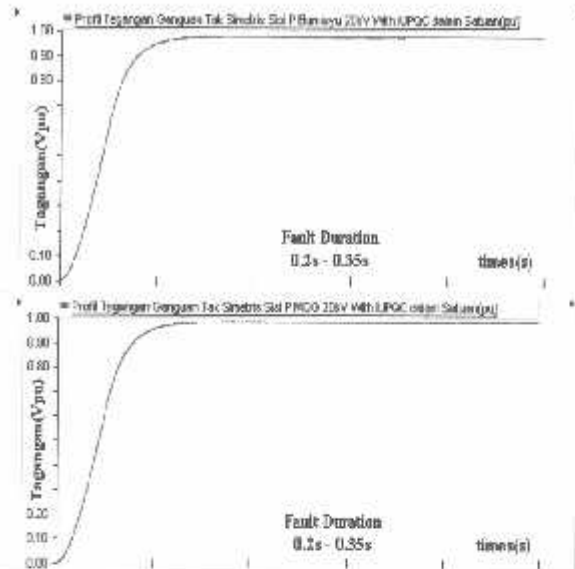
b') P.K.Sugiono Sesudah



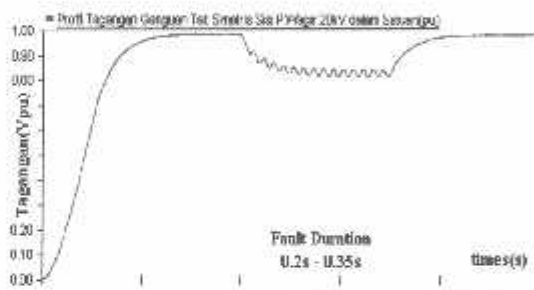
e) P. Bumiayu Sebelum



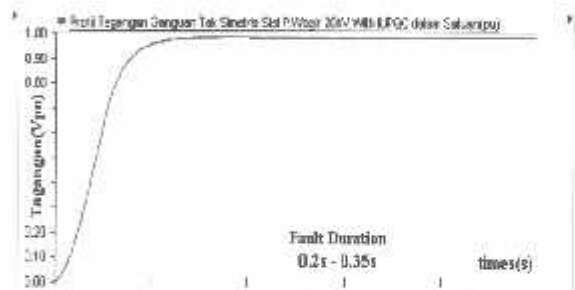
e') P. Bumiayu Sesudah



e) P. Wagir Sebelum



e') P. Wagir Sesudah



Gambar 4.10

Grafik (a,a') sampai (e,e') Profil Tegangan Sebelum dan Sesudah Kompensasi *IUPQC* Pada sisi Penyulang Bus III

Dapat diamati dari hasil simulasi pada Gambar (Grafik 4.5 - 4.10) perbandingan sebelum dan sesudah pemasangan *IUPQC*. Gangguan hubung singkat Tak Simetris mengakibatkan *Voltage Sag* (Penurunan sesaat) dalam waktu 15secon 7cycles setelah memakai kompensator didapat profil tegangan dengan *magnitude sag* naik mendekati kondisi normal pada sisi bus 150kV dan bus Penyulang 20kV

4.4 Perbandingan Data Hasil Simulasi Sebelum Kompensasi dan Sesudah Kompensasi.

Untuk mengetahui unjuk kerja *Interline Unified Power Quality Conditioner* maka yang dilakukan adalah mencari perbedaan nilai tegangan dalam satuan (*pu*) pada masing-masing Trafo, Bus dan penyulang dengan simulasi pada kondisi saat gangguan tanpa kompensasi dengan kompensasi *IUPQC*

A. Pada Sisi Trafo I

Time	Trafo I					
	Sisi Primer 150kV		Sisi Sekunder 20kV		Perhitungan(%)	
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	B/A	Vinjeksi
0.2	0.99938	1.001098	0.997998	0.998983	$\text{Sag}(\%) = \frac{V_{\text{pre-sag}} - V_{\text{sag Min With IUPQC}}}{V_{\text{pre-sag}}} * 100\%$ $V_{\text{injeksi}} = \frac{V_{\text{Max with IUPQC}} - V_{\text{sag without IUPQC}}}{V_{\text{Max With IUPQC}}} * 100\%$	
0.21	0.99946	1.000909	0.998074	0.998526		
0.22	0.9995	0.999558	0.998126	0.998832		
0.23	0.99953	0.999577	0.998152	0.99853		
0.24	0.99955	0.999577	0.998173	0.998244		
0.25	0.99956	0.999577	0.998181	0.998684		
0.26	0.99957	0.999577	0.99819	0.998417		
0.27	0.99957	0.999596	0.998191	0.998173		
0.28	0.99958	0.999541	0.998197	0.998636		
0.29	0.99958	0.99956	0.998195	0.998398		
0.3	0.99958	0.999842	0.998199	0.998167		
0.31	0.99958	0.999908	0.998196	0.998618		
0.32	0.99958	0.999947	0.9982	0.998393		
0.33	0.99958	1.000981	0.998197	0.998166		
0.34	0.99958	1.001446	0.9982	0.998619		
0.35	0.99958	1.001217	0.998197	0.998386		
0.36	0.99958	1.000982	0.9982	0.998468		
0.37	0.99958	1.001447	0.998197	0.999131		
0.38	0.99958	1.001217	0.9982	0.998995		
0.39	0.99958	1.001003	0.998197	0.998839		
0.4	0.99958	1.001258	0.9982	0.999347		
	0.999578		0.9982		VPre-Sag	
	0.99658	-	0.994992	-	Vsag	
	-	1.001447	-	0.999347	Vmax With IUPQC	
	-	0.999541	-	0.998166	Vmin With IUPQC	
	0.003	3.79E-05	0.003214	3.38E-05	V(Pu)	
	0.29958	0.00379	0.321439	0.003377	Sag(%)	
	-	0.485548	-	0.43576	Vinjeksi(%)	

B. Pada sisi Trafo II

Tabel 4.7

Data (a) dan (b) hasil Sebelum dan Sesudah menggunakan IUPQC Pada Trafo I dan II

Time	Trafo II				Perhitungan(%)	
	Sisi Primer 150kV		Sisi Sekunder 20kV		B/A	Vinjeksi
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah		
0.2	0.9993	1.000484	0.995757	0.99638	$\text{Sag}(\%) = \frac{V_{\text{pre-sag}} - V_{\text{sag Min With IUPQC}}}{V_{\text{pre-sag}}} * 100\%$	$V_{\text{injeksi}} = \frac{V_{\text{Max with IUPQC}} - V_{\text{sag Without IUPQC}}}{V_{\text{Max With IUPQC}}} * 100\%$
0.21	0.99938	1.001187	0.995831	0.996081		
0.22	0.99943	1.001789	0.995885	0.996506		
0.23	0.99946	1.002154	0.995909	0.996254		
0.24	0.99948	1.002149	0.995932	0.996		
0.25	0.99949	1.001644	0.995937	0.99646		
0.26	0.99949	1.000545	0.995949	0.996216		
0.27	0.9995	0.999547	0.995948	0.995984		
0.28	0.9995	0.999503	0.995955	0.99645		
0.29	0.9995	0.999557	0.995952	0.996215		
0.3	0.9995	0.999691	0.995957	0.995982		
0.31	0.9995	1.000322	0.995953	0.996447		
0.32	0.9995	1.001005	0.995958	0.996217		
0.33	0.9995	1.001603	0.995954	0.99594		
0.34	0.9995	1.001981	0.995958	0.996445		
0.35	0.9995	1.002004	0.995954	0.996209		
0.36	0.9995	1.001551	0.995959	0.996136		
0.37	0.9995	1.000501	0.995954	0.996676		
0.38	0.9995	0.999489	0.995959	0.996495		
0.39	0.9995	0.999526	0.995954	0.996295		
0.4	0.9995	0.999595	0.995958	0.996782		
-	0.999503		0.995959		VPre-sag	
-	0.99778	-	0.990755	-	Vsag	
-	-	1.002154	-	0.996782	Vmax With IUPQC	
-	-	0.999489	-	0.99594	VMin with IUPQC	
-	0.00172	1.33E-05	0.005224	1.89E-05	V(pu)	
-	0.17218	0.001326	0.522446	0.001893	Sag(%)	
-	-	0.436221	-	0.60463	Vinjeksi(%)	

C. Pada Sisi Bus

Tabel 4.8

Data (a) dan (b) hasil Sebelum dan Sesudah menggunakan Kompensator Pada sisi bus

Time	Bus 20kV						Perhitungan(%)	
	Bus I		Bus II		Bus III		B/A	Vinjeksi
	Before	After	Before	After	Before	After		
0.2	0.9967	0.9969	0.99162	0.99151	0.9868	0.9868	$\text{Sag}(\%) = \frac{V_{\text{pre-sag}} - V_{\text{sag Min With IUPQC}}}{V_{\text{pre-sag}}} * 100\%$ $V_{\text{injeksi}} = \frac{V_{\text{Max with IUPQC}} - V_{\text{sag Without IUPQC}}}{V_{\text{Max With IUPQC}}} * 100\%$	
0.21	0.99677	0.9965	0.99169	0.99113	0.9868	0.9864		
0.22	0.99683	0.997	0.99175	0.99157	0.9869	0.9869		
0.23	0.99685	0.9967	0.99177	0.99131	0.9869	0.9866		
0.24	0.99687	0.9965	0.99179	0.99106	0.9869	0.9864		
0.25	0.99688	0.9969	0.99179	0.99152	0.9869	0.9868		
0.26	0.99689	0.9967	0.99181	0.99129	0.9869	0.9866		
0.27	0.99689	0.9965	0.9918	0.99105	0.9869	0.9864		
0.28	0.9969	0.9969	0.99182	0.99152	0.987	0.9868		
0.29	0.99689	0.9967	0.99181	0.99126	0.9869	0.9866		
0.3	0.9969	0.9965	0.99182	0.99103	0.987	0.9863		
0.31	0.9969	0.9969	0.99181	0.9915	0.9869	0.9868		
0.32	0.9969	0.9967	0.99182	0.99128	0.987	0.9866		
0.33	0.9969	0.9965	0.99181	0.99104	0.9869	0.9863		
0.34	0.9969	0.997	0.99182	0.99152	0.987	0.9868		
0.35	0.9969	0.9967	0.99181	0.99127	0.9869	0.9866		
0.36	0.9969	0.9967	0.99182	0.99123	0.987	0.9865		
0.37	0.9969	0.9972	0.99181	0.99178	0.9869	0.9871		
0.38	0.9969	0.9970	0.99182	0.99161	0.987	0.9869		
0.39	0.9969	0.9968	0.99181	0.99141	0.9869	0.9867		
0.4	0.9969	0.9973	0.99182	0.9919	0.987	0.9872		
-	0.9969		0.99182		0.987		$V_{\text{pre-sag}}$	
	0.99193	-	0.98158	-	0.9677	-	V_{sag}	
	-	0.9973	-	0.9919	-	0.9872	$V_{\text{max IUPQC}}$	
	-	0.9965	-	0.99103	-	0.9863	$V_{\text{min IUPQC}}$	
	0.00499	0.0004	0.01033	0.00079	0.01951	0.0006	$V(\text{pu})$	
	0.49909	0.0406	1.03287	0.07942	1.95111	0.0628	$\text{Sag}(\%)$	
	-	0.5454	-	1.04042	-	1.9802	$V_{\text{injeksi}}(\%)$	

D. Pada Sisi Penyulang Bus I

Tabel 4.9
Data (a) dan (b) hasil Sebelum dan Sesudah menggunakan Kompensator Pada sisi Penyulang Bus I

Time	Penyulang Bus I						Perhitungan(%)	
	K.Duren		Sitirejo		Matos		B/A	Vinjeksi
	Befor	After	Befor	After	Before	After		
0.2	0.9849	0.9846	0.9677	0.97231	0.99503	0.9949	$\text{Sag}(\%) = \frac{V_{\text{pre-sag}} - V_{\text{sag}}}{V_{\text{pre-sag}}} * 100\%$ $V_{\text{injeksi}} = \frac{V_{\text{Max with IUPQC}} - V_{\text{sag without IUPQC}}}{V_{\text{Max with IUPQC}}} * 100\%$	
0.21	0.9850	0.9843	0.9677	0.97002	0.99448	0.9944		
0.22	0.9850	0.9846	0.9678	0.96892	0.99416	0.9947		
0.23	0.9851	0.9844	0.9678	0.96795	0.99395	0.9944		
0.24	0.9851	0.9842	0.9678	0.96725	0.99384	0.9942		
0.25	0.9851	0.9846	0.9678	0.96719	0.99376	0.9946		
0.26	0.9851	0.9844	0.9678	0.96689	0.99372	0.9944		
0.27	0.9851	0.9842	0.9678	0.96664	0.99369	0.9942		
0.28	0.9851	0.9846	0.9678	0.96684	0.99368	0.9946		
0.29	0.9851	0.9844	0.9678	0.96663	0.99366	0.9944		
0.3	0.9851	0.9842	0.9678	0.96649	0.99366	0.9942		
0.31	0.9851	0.9846	0.9678	0.96671	0.99365	0.9946		
0.32	0.9851	0.9844	0.9678	0.96663	0.99366	0.9944		
0.33	0.9851	0.9842	0.9678	0.96643	0.99365	0.9942		
0.34	0.9851	0.9846	0.9678	0.96674	0.99365	0.9947		
0.35	0.9851	0.9844	0.9678	0.96666	0.99365	0.9944		
0.36	0.9851	0.9844	0.9678	0.96884	0.99421	0.9945		
0.37	0.9851	0.9849	0.9678	0.97047	0.99461	0.9951		
0.38	0.9851	0.9848	0.9678	0.97119	0.99486	0.995		
0.39	0.9851	0.9847	0.9678	0.97172	0.995	0.9949		
0.4	0.9851	0.9851	0.9678	0.97228	0.9951	0.9954		
-	0.985164		0.967899		0.995102		Vpre-sag	
	0.9802	-	0.8307	-	0.99028	-	vsag	
	-	0.9851	-	0.97231	-	0.9954	Vmax with IUPQC	
	-	0.9842	-	0.96643	-	0.9942	Vmin with IUPQC	
	0.0050	0.001	0.1417	0.00151	0.00483	0.001	V(pu)	
	0.5008	0.0972	14.171	0.15141	0.48375	0.096	Sag(%)	
	-	0.4948	-	14.5612	-	0.5134	Vinjeksi(%)	

E. Pada Sisi Penyulang Bus II

Tabel 4.10
Data (a) dan (b) hasil Sebelum dan Sesudah menggunakan Kompensator Pada sisi Penyulang bus II

Time	Penyulang Bus II							Perhitungan (%)	
	Kalayatan		Gadang		Pakisaji		B/A	Vinjeksi	
	Before	After	before	After	Before	After			
0.2	0.9678	0.968	0.9799	0.9797	0.9825	0.983	$\text{Sag}(\%) = \frac{V_{\text{pre-sag}} - V_{\text{sag Min With IUPQC}}}{V_{\text{pre-sag}}} * 100\%$ $V_{\text{injeksi}} = \frac{V_{\text{Max with IUPQC}} - V_{\text{Sag without IUPQC}}}{V_{\text{Max with IUPQC}}} * 100\%$		
0.21	0.9679	0.967	0.98	0.9751	0.9826	0.982			
0.22	0.9679	0.968	0.9801	0.9773	0.9826	0.983			
0.23	0.9679	0.968	0.9801	0.9765	0.9826	0.982			
0.24	0.968	0.967	0.9801	0.9765	0.9827	0.982			
0.25	0.968	0.968	0.9801	0.977	0.9827	0.983			
0.26	0.968	0.967	0.9801	0.9767	0.9827	0.982			
0.27	0.968	0.967	0.9801	0.9764	0.9827	0.982			
0.28	0.968	0.968	0.9801	0.9769	0.9827	0.983			
0.29	0.968	0.967	0.9801	0.9768	0.9827	0.982			
0.3	0.968	0.967	0.9801	0.9763	0.9827	0.982			
0.31	0.968	0.968	0.9801	0.9772	0.9827	0.983			
0.32	0.968	0.967	0.9801	0.9766	0.9827	0.982			
0.33	0.968	0.967	0.9801	0.9765	0.9827	0.982			
0.34	0.968	0.968	0.9801	0.977	0.9827	0.983			
0.35	0.968	0.967	0.9801	0.9769	0.9827	0.982			
0.36	0.968	0.968	0.9801	0.9815	0.9827	0.983			
0.37	0.968	0.968	0.9801	0.9807	0.9827	0.983			
0.38	0.968	0.968	0.9801	0.9808	0.9827	0.983			
0.39	0.968	0.968	0.9801	0.9808	0.9827	0.983			
0.4	0.968	0.968	0.9801	0.9809	0.9827	0.983			
	0.968	-	0.9801	-	0.9827	-	Vpre-Sag		
	0.958	-	0.8089	-	0.9725	-	Vsag		
	-	0.968	-	0.9815	-	0.983	Vmax with IUPQC		
	-	0.967	-	0.9751	-	0.982	Vmin with IUPQC		
	0.0103	7E-04	0.1747	0.0052	0.0103	6E-04	V(pu)		
	1.0336	0.074	17.469	0.5164	1.0322	0.066	Sag(%)		
	-	1.079	-	17.589	-	1.104	Vinjeksi(%)		

F. Pada Sisi Penyulang Bus III

Tabel 4.11
Data (a) dan (b) hasil Sebelum dan Sesudah menggunakan Kompensator Pada sisi Penyulang Bus III

Time	Penyulang Bus III					
	Janti		K.Sugiono		Perhitungan (%)	
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	B/A	Vinjeksi
0.2	0.96925	0.96905	0.96245	0.96261	$\text{Sag}(\%) = \frac{V_{\text{pre-sag}} - V_{\text{sag Min With IUPQC}}}{V_{\text{pre-sag}}} * 100\%$	$V_{\text{injeksi}} = \frac{V_{\text{Max with IUPQC}} - V_{\text{sag Without IUPQC}}}{V_{\text{Max With IUPQC}}} * 100\%$
0.21	0.96931	0.96878	0.96252	0.96214		
0.22	0.96937	0.96921	0.96258	0.96243		
0.23	0.96939	0.96899	0.96259	0.9622		
0.24	0.96942	0.96883	0.96262	0.96203		
0.25	0.96941	0.96921	0.96262	0.96237		
0.26	0.96943	0.969	0.96264	0.96219		
0.27	0.96942	0.96882	0.96263	0.96201		
0.28	0.96944	0.96921	0.96265	0.96234		
0.29	0.96943	0.96901	0.96264	0.96216		
0.3	0.96944	0.96883	0.96265	0.96199		
0.31	0.96943	0.96919	0.96264	0.9623		
0.32	0.96944	0.969	0.96265	0.96214		
0.33	0.96943	0.96882	0.96264	0.962		
0.34	0.96944	0.96921	0.96265	0.96233		
0.35	0.96943	0.96899	0.96264	0.96215		
0.36	0.96944	0.96894	0.96265	0.9623		
0.37	0.96943	0.96936	0.96264	0.96279		
0.38	0.96944	0.96917	0.96265	0.96267		
0.39	0.96943	0.96903	0.96264	0.96256		
0.4	0.96944	0.96943	0.96265	0.96292		
	0.96944		0.96265		Vpre-sag	
	0.9505		0.94384		Vsag	
		0.96943		0.96292	Vmax with IUPQC	
		0.96878		0.96199	Vmin with IUPQC	
	0.01954	0.00068	0.01954	0.00068	V(pu)	
	1.95361	0.06797	1.9543	0.06802	Sag(%)	
	-	1.952694	-	1.98199	Vinjeksi(%)	

a)

Time	Penyulang Bus III							Perhitungan(%)	
	Bumiayu		MOG		Wagir		B/A	Vinjeksi	
	Before	After	Before	After	Before	After			
0.2	0.9751	0.975	0.9824	0.9823	0.9853	0.983	$\text{Sag}(\%) = \frac{V_{\text{pre-sag}} - V_{\text{sag Min With IUPQC}}}{V_{\text{pre-sag}}} * 100\%$	$V_{\text{injeksi}} = \frac{V_{\text{Max with IUPQC}} - V_{\text{Sag Without IUPQC}}}{V_{\text{Max With IUPQC}}} * 100\%$	
0.21	0.9752	0.975	0.9825	0.982	0.9853	0.98			
0.22	0.9752	0.975	0.9825	0.9825	0.9854	0.982			
0.23	0.9752	0.975	0.9825	0.9822	0.9854	0.982			
0.24	0.9753	0.975	0.9826	0.982	0.9854	0.982			
0.25	0.9753	0.975	0.9826	0.9824	0.9854	0.982			
0.26	0.9753	0.975	0.9826	0.9822	0.9854	0.982			
0.27	0.9753	0.975	0.9826	0.982	0.9854	0.982			
0.28	0.9753	0.975	0.9826	0.9824	0.9854	0.983			
0.29	0.9753	0.975	0.9826	0.9822	0.9854	0.982			
0.3	0.9753	0.975	0.9826	0.982	0.9855	0.982			
0.31	0.9753	0.975	0.9826	0.9824	0.9854	0.983			
0.32	0.9753	0.975	0.9826	0.9822	0.9855	0.982			
0.33	0.9753	0.975	0.9826	0.982	0.9854	0.982			
0.34	0.9753	0.975	0.9826	0.9825	0.9855	0.983			
0.35	0.9753	0.975	0.9826	0.9822	0.9854	0.982			
0.36	0.9753	0.975	0.9826	0.9821	0.9855	0.986			
0.37	0.9753	0.975	0.9826	0.9826	0.9854	0.985			
0.38	0.9753	0.975	0.9826	0.9825	0.9855	0.985			
0.39	0.9753	0.975	0.9826	0.9823	0.9854	0.984			
0.4	0.9753	0.976	0.9826	0.9827	0.9855	0.985			
-	0.9753	-	0.9826	-	0.9855	-	Vpre-sag		
-	0.9563	-	0.9634	-	0.8124	-	Vsag		
-	-	0.976	-	0.9827	-	0.986	Vmax with IUPQC		
-	-	0.975	-	0.982	-	0.98	Vmin with IUPQC		
-	0.0195	6E-04	0.0195	0.0006	0.1756	0.006	V(pu)		
-	1.9527	0.059	1.9522	0.0639	17.563	0.595	Sag(%)		
-	-	1.98	-	1.965	-	17.59	Vinjeksi(%)		

b)

Berdasarkan tabel 4.7 sampai 4.11 di atas bahwa penyaluran tegangan lebih optimal dengan menggunakan kompensasi dari pada tanpa kompensasi. Terlihat bahwa total penyaluran tegangan saat terjadi gangguan hubung singkat tak simetris yaitu 1 Fasa, 2 Fasa ke Tanah dan antar fasa dengan kompensasi dapat menaikan magnitudo *Voltage Sag* mendekati kondisi normal dan kontinuitas meningkat pada saat menggunakan kompensasi.

4.5 Perbaikan Kualitas Tegangan Pada Kondisi Gangguan tak Simetris

Sebelum dan Setelah pemasangan (*IUPQC*) Pada Bus-bus yang menyuplai beban, maka besar penurunan *tegangan Sag* yang terjadi pada bus dan penyulang tersebut saat terjadi gangguan tak simetris dapat dihitung menggunakan persamaan 4.1

$$sag(\%) = \frac{V_{pre-sag} - V_{sag \text{ min with IUPQC}}}{V_{pre-sag}} * 100\% \dots\dots\dots(4-1)$$

Keterangan :

- Sag : besar penurunan tegangan
- $V_{pre-sag}$: tegangan sebelum terjadi gangguan
- V_{sag} dengan Kompensasi : tegangan selama terjadi gangguan dengan kompensasi

Adapun persamaan tegangan injeksi pada saat dikompensasi dengan *IUPQC* dihitung menggunakan Persamaan 4-2

$$V_{injeksi}(\%) = \frac{V_{Max \text{ With IUPQC}} - V_{Sag \text{ Without IUPQC}}}{V_{Max \text{ With IUPQC}}} * 100\% \dots\dots\dots(4-2)$$

- $V_{injeksi}$: Tegangan yang diinjeksikan kedalam sistem
- $V_{max \text{ with IUPQC}}$: Tegangan maximum Pada saat Kompensasi *IUPQC*
- $V_{sag \text{ Without IUPQC}}$: Penurunan tegangan Tanpa *IUPQC*

Dari Ke dua persamaan diatas dapat menentukan nilai *Voltage sag* sebelum dan sesudah kompensasi, yakni sebelum kompensasi menggunakan nilai jatuh tegangan/*Voltage Sag* terendah sedangkan dengan kompensasi mengambil nilai *Voltage sag* minimum saat dikompensasi, dan tegangan Injeksi saat dikompensasi dengan durasi tertentu dari saat gangguan itu terjadi pada sistem. berikut ini adalah perhitungan nilai *Voltage Sag* sebelum dan sesudah kompensasi dengan tegangan Injeksi ($V_{injeksi}$) dalam rekapitulasi, tabel 4 sampai tabel 12 sebagai berikut:

Tabel 4.12
Rekapitulasi Perbandingan tegangan sebelum dan sesudah Pemasangan *IUPQC*

No	Rekapitulasi Tegangan sebelum dan sesudah Kompensasi							
	Sistem Penyaluran	Before	After	Before	After	With <i>IUPQC</i>	Before	After
I	SisiTrafo I	V(pu)	V(pu)	Vsag(%)	Vsag(%)	Vinjeksi (%)	V (kV)	V (kV)
1	Sisi Pri 150kV	0.99658	0.99954 ₁	0.29958	0.00379	0.4855	149.694	149.915
2	Sisi Sek 20kV	0.99499 ₂	0.99817	0.3214	0.00338	0.4357	19.957	19.98
II	SisiTrafo II	V (pu)	V (pu)	Vsag (%)	Vsag (%)		V (kV)	V (kV)
1	Sisi Pri 150kV	0.99778	0.99948	0.1721	0.00132	0.4362	149.667	149.923
2	Sisi Sek 20kV	0.99075	0.9959	0.522	0.00189	0.6046	19.949	19.987
III	Sisi Bus	V (pu)	V (pu)	Vsag (%)	Vsag (%)		V (kV)	V (kV)
1	Bus I	0.9919	0.99649	0.499	0.0406	0.5454	19.83	19.929
2	Bus II	0.98157	0.99103	1.0328	0.0794	1.04042	19.63	19.82
3	Bus III	0.9677	0.9863	1.95	0.0627	1.9802	19.354	19.82
IV	Sisi Penyulang	V (pu)	V (pu)	Vsag (%)	Vsag (%)		V (kV)	V (kV)
1	P.Karang Duren	0.9802	0.9842	0.5	0.0972	0.4958	19.604	19.684
2	P.Sitirejo	0.8307	0.9664	14.171	0.151	14.5612	16.614	19.3549
3	P.Matos	0.99028	0.99415	0.4837	0.096	0.5134	19.8	19.882
4	P.Kalayatan	0.9579	0.9672	1.03	0.0742	1.079	19.159	19.345
5	P.Gadang	0.8089	0.975	17.469	0.516	17.589	16.178	19.5
6	P.Pakisaji	0.9725	0.982	1.0322	0.0657	1.104	19.45	19.64
7	P.Janti	0.9505	0.974	1.95	0.0679	1.95	19.01	19.375
8	P.K. Sugiono	0.9438	0.9619	1.954	0.068	1.98	18.876	19.239
9	P.Bumiayu	0.956	0.9747	1.952	0.0587	1.98	19.125	19.494
10	P.MOGI	0.963	0.9819	1.952	0.0639	1.965	19.268	19.639
11	P.Wagir	0.812	0.9795	17.56	0.595	17.59	16.247	19.591

Terlihat pada tabel hasil perbandingan diatas bahwa gangguan tak simetris dapat mempengaruhi kualitas tegangan. Dengan pemasangan *IUPQC* terjadi kenaikan persentase tegangan *magnitudo Sag* dari sebelumnya.

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan Simulasi dan analisa untuk beberapa kasus gangguan tak simetris yakni gangguan satu fasa ke tanah, dua fasa ke tanah dan gangguan antar fasa dapat menyebabkan *Voltage Sag* pada penyulang, dengan prosedur pemasangan *IUPQC* pada penyulang antara lain:

- Untuk gangguan satu fasa ke tanah pada penyulang Sitirejo pemasangan *IUPQC* antara penyulang Sitirejo pada bus I dan Penyulang Wagir Pada Bus III
- Untuk gangguan dua fasa ke tanah pada penyulang Wagir pemasangan *IUPQC* antara penyulang Wagir pada Bus III dan Penyulang Sitirejo pada Bus I
- Untuk gangguan antar Fasa pada penyulang Gandang, pemasangan *IUPQC* antara penyulang Gandang pada Bus II dan penyulang sitirejo pada bus I

Dari beberapa kasus gangguan tak simetris dengan pemasangan *IUPQC* dapat diambil suatu kesimpulan sebagai berikut:

Pada sisi incoming transformator I 150kV terjadi perbaikan profil tegangan yakni yang semula pada kondisi tanpa kompensasi sebesar 0.99658 pu (149.6kV), dengan *IUPQC* sebesar 0.9995pu,(149.915kV) sedangkan Pada sisi Outgoing 20kV terjadi perbaikan profil tegangan semula tanpa kompensasi sebesar 0.9949pu(19.96kV), dengan kompensasi *IUPQC* sebesar 0.9981pu(19.987kV).

Pada sisi Incoming transformator II 150kV terjadi perbaikan profil tegangan yakni semula kondisi tanpa kompensasi sebesar 0.9977 pu (149.667kV), dengan kompensasi *IUPQC* sebesar 0.99948 pu(149.92kV) sedangkan Pada sisi Outgoing 20kV terjadi perbaikan profil tegangan yakni semula pada kondisi tanpa kompensasi sebesar 0.9907 pu (19.949kV), dengan Kompensasi sebesar 0.9959 pu (19.987kV)

Pada sisi bus I terjadi perbaikan profil tegangan dari semula tanpa kompensasi sebesar 0.9919pu(19.83kV), dengan kompensasi sebesar 0.9965 pu(19.929kV) dan pada sisi Bus II terjadi perbaikan profil tegangan dari semula tanpa kompensasi sebesar 0.9815 pu (19.63kV), dengan kompensasi sebesar 0.9910 pu(19.82kV) sedangkan pada sisi bus III terjadi perbaikan profil tegangan dari semula tanpa kompensasi sebesar 0.9677 pu(19.354kV), dengan kompensasi sebesar 0.9863 pu (19.82kV).

Pada sisi penyulang Sitirejo, terjadi perbaikan profil tegangan dari semula tanpa kompensasi sebesar 0.8307 pu (16.614kV), dengan kompensasi sebesar 0.9664 pu (19.355kV), pada sisi penyulang Wagir, terjadi perbaikan profil tegangan dari semula

sebesar tanpa kompensasi sebesar 0.812 pu (16.247kV), dengan kompensasi sebesar 0.9795 pu (19.591kV) sedangkan pada sisi penyulang Gadang, terjadi perbaikan profil tegangan dari semula tanpa kompensasi 0.8089 pu (16.178kV), dengan kompensasi sebesar 0.975 pu (19.5kV).

Pada sistem yang mengalami pengaruh gangguan tak simetris menyebabkan *Voltage Sag*. Berdasarkan hasil simulasi sebelum *IUPQC* gangguan yang paling berpengaruh terhadap sistem adalah gangguan antar fasa dengan *magnitudo Voltage sag* paling minimum 0.8089(pu). Dengan hasil simulasi menggunakan kompensasi (*IUPQC*) mampu memberikan hasil perbaikan respon sistem yang lebih baik yakni dengan pencapaian ke keadaan respon mantap (*steady state*), dalam menurunkan *magnitudo Voltage sag* sekecil mungkin dan mempertahankan kualitas tegangan pada sistem.

5.2.Saran

1. Dalam prosedur perancangan *IUPQC* pada skripsi ini, penentuan kuantitas berasarkan *setting range* variasi masukkan parameter *IUPQC* masih menggunakan cara coba-coba (*trial and error*) dari beberapa nilai sampai memperoleh kontrol yang lebih baik.
 2. 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 dan kenaikan tegangan yang tercatat. Selain itu permasalahan pengaruh akibat gangguan hubung singkat sering tidak diperhatikan maka dianggap biasa karena di pihak PLN sudah memakai cara yaitu manuver jaringan atau beban. Jika terjadi gangguan maka daerah yang terkena atau sering mengalami pemadaman karena penyaluran dialihkan ke daerah yang tidak terkena gangguan.
-

DAFTAR PUSTAKA

A.Ghosh dan G.Ledwich(2002),”*Power Quality Enhancement Using Custom Power Device.*”Norwell,MA:kluwer.

Sumber data analisa Ganguang tak simetris GI Kebonagung Malang.

Aredes,M.Heumann,K.and Watabe,E.II.(1998, ”*An Universal Active Power Line Conditioner.*”IEEETrans.on Power Delivery.13(2):545-551.

Hadi Saada, ” *Power Sistem Analisis,* ”McGraw-hill.

Kartikheyank.,Mohan M.R.,G.Uma,SharmeelaC., ”*Power Quality Enhancement Using Universal Custom power Conditioner,*”trans.on power Delivery.

Ledwich and A. Ghosh, ”*A exible DSTATCOM operating involtage and current control mode,*”Proc. Inst. Elect. Eng., Gen.,Transm. Distrib., vol. 149, no. 2, pp. 215-224, 2002.

M. K. Mishra, A. Ghosh, and A. Joshi, ”*Operation of a DSTATCOM in voltage control mode,*”IEEE Trans. Power Del., vol. 18, no.1,pp.258264,Jan. 2003.

N. H. Woodley, L. Morgan, and A. Sundaram, ”*Experience with anand power-electronic devices.inverter-based dynamic voltage restorer,*”IEEE Trans. PowerDel., vol.14, no. 3, pp. 1181–1186, Jul. 1999.

A.Ghosh, A. K. Jindal, and A. Joshi, ”*Design of a capacitor-supported Dynamic Voltage Restorer (DVR) for unbalanced and distorted loads,*”IEEE Trans. Power Del., vol. 19, no. 1, pp. 405–413, Jan. 2004.

Fujita and H. Akagi, ”*The unified power quality conditioner: the integration of series- and shunt-active filters,*”IEEE Trans. Power Electron, vol. 13, no. 2, pp. 315–322, Mar. 1998.

Kamran and T. G. Habetler, ”*Combined deadbeatcontrol of a series-parallel converter combination used as a universal power filter,*”Trans. Power Electron., vol. 13, no. 1, pp. 160–168, Jan. 1998.

Data sumber PT.PLN(persero) UPT (GI Kebonagung) Malang.

A Ghosh.A.K Jindal and A.Joshi, ”*A unified Power Quality Conditioner For Voltage Regulation of critical load,*”in Proc,IEEE Power Eng.Soc.General Meeting,Denver,CO,Jun. 6-7 2004

A.Ghosh and G.Ledwich, ”*A unified power quality conditioner(UPQC)for simultaneous voltage and current compensation,*”Elect,Power syst. Res, Vol.59,no.1,pp.55-63,2001

A.Ghosh,G.Ledwich,O.P.Malik and G.S.Hope”*Power stabilizer based on adaptive control technique,*” IEEE Trans,Power.App.Syst. . vol. PAS-103, no. 8, pp. 1983–1989, Aug. 1984.

R.C.Dugan,M.F.McGranaghan,S.Santoso,and H.W.Beaty *Electrical Power Systems Quality*,2nd ed,New York:McGraw-Hill,2003,ch.8.

N.H.Woodley,A.Sundaram,B.Coulter,and D.Morris,"*Dynamik Voltage restorer demonstration project experience*,"in *Proc.12th Conf. Elect.Power Supply Ind,Pattaya, Thailand,1998*.

Amit Kumar Jindal,Student Member IEEE,Arindam Ghosh,Fellow, IEEE,and Avinash Joshi,"*Interline Unified Power Quality Conditioner*." IEEE Transactions on Power Delivery,Vol.22,no.1,January 2007.

Grebe,Thomas.(2004)."*Voltage Sag-Rms Magnitudo*."Elektrotec,IEFF,.

Kadir,Abdul.(1998)."*Transmisi Tenaga Listrik*,"Penerbit Universitas Jakarta:Indonesia.

William H.Hayt,Jr,JackE.Kemmerly,(1998),"*RangkaianListrik*," jilid 1 edisi 4 Penerbit Erlangga,.

Stevenson,WilliamD,Jr,(1996)."*Analisis Sistem tenaga Elektrik*,"Penerbit Erlangga (edisi keempat)

LAMPIRAN



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

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : Joaozito Morais
Nim : 0812904
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Skripsi : ANALISA KUALITAS TEGANGAN TERHADAP PENGARUH GANGUANG HUBUNG SINGKAT PADA PENYULANG 20 kV MENGGUNAKAN *INTERLINE UNIFIED POWER QUALITY CONDITIONER* DI GI KEBONAGUNG DENGAN *SOFTWARE PSCAD POWER SISTEM SIMULATION*

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

Hari : Senin
Tanggal : 21 Februari 2011
Nilai : 83,5 (A)*r*

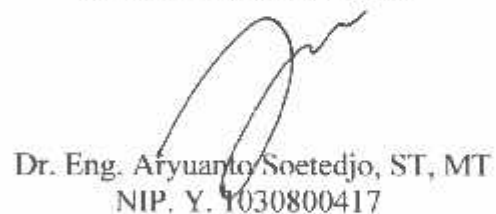
Panitia Ujian Skripsi:

Ketua Majelis Penguji



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

Sekretaris Majelis Penguji



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

Anggota Penguji:

Penguji Pertama



Ir. M. Abdul Hamid, MT
NIP. Y. 101 8800 188

Penguji Kedua



Awan Uji Krismanto, ST, MT
NIP.198003012005011002



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

LEMBAR PERBAIKAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Joaozito Morais
NIM : 08.12.904
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Hari / Tanggal : Senin / 21 Februari 2011

NO	Materi Perbaikan	Paraf
1	Batasan Masalah ditambahkan	
2	Kelebihan <i>IUPQC</i> dibandingkan dengan Peralatan lain	
3	Penjelasan Proses Kontrol <i>IUPQC</i> ditambahkan	
4	Kesimpulan ditambahkan	

Telah Diperiksa / Disetujui:

Penguji Pertama

Ir. M. Abdul Hamid, MT
NIP. Y. 101 8800 188

Penguji Kedua

Awan Uji Krismanto, ST, MT
NIP. 198003012005011002

Mengetahui,

Pembimbing Pertama

Ir. Choirul Saleh, MT
NIP. Y. 1018800190

Pembimbing Kedua

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



PT. PLN (PERSERO)
DISTRIBUSI JAWA TIMUR
AREA PELAYANAN & JARINGAN MALANG



Certificate No.: QSC
B00115

DATA BEBAN PENYULANG

BULAN : JANUARI 2010

NO	GARDU INDUK MERK TRAFO PENYULANG	TEG	PANJANG PENYULANG		PANJANG JTM (kms)	KABEL INCOMING TRF & OUTGOING		I Nom (Amp)	I Set (Amp)	BEBAN		PROSENTASE I NOM	
			SKTM	SUTM		JENIS	(mm ²)			SIANG	MALAM	SIANG	MALAM
1	GI. KEBON AGUNG												
	Trafo IV / 60 MVA UNINDO	150 / 20 KV				X L P E	2 X 3 X 240	1732	2000	545	844	31.5	48.7
1	P. KLAYATAN	20	373	12,456	12,829	X L P E	3 X 300	436	320	117	186	28.8	42.7
2	P. GADANG	20	261	8,944	9,205	N E P E	3 X 300	436	320	120	141	27.5	32.3
3	P. PAKISAJI	20	322	105,328	105,650	C V T	3 X 300	304	320	48	74	15.8	24.3
4	P. WAGIR	20	144	1,281	1,425	X L P E	3 X 300	436	320	28	23	6.4	5.3
5	P. JANTI	20	555	14,480	15,015	N E C B A	3 X 240	436	320	81	124	18.6	28.4
6	P. BUMIAYU	20	850	28,145	28,795	X L P E	3 X 300	436	400	50	86	11.5	19.7
7	P. KOL. SUGIONO	20	651	86,351	87,002	X L P E	3 X 300	436	320	101	210	23.2	48.2
8	P. MOG	20	456	11,45	11,829	X L P E	3 X 300	436	320	56	62	12.8	14.2
	Trafo V / 30 MVA TELK	150 / 20 KV				N A 2 S Y	3 X 800	866	1,000	143	338	16.5	38.8
9	P. MATOS	20	584	7,000	7,584	X L P E	3 X 150	436	320	18	70	4.1	16.1
10	P. KARANG DUREN	20	308	60,695	61,003	X L P E	3 X 300	436	320	42	91	9.6	20.9
11	P. SITREJO	20	1,081	58,002	59,053	X L P E	3 X 240	385	320	83	175	21.8	45.5



DATA BEBAN PENYULANG

BULAN : JANUARI 2010

NO	GARDU INDUK MERK TRAFO PENYULANG	TEG	I Nom (Amp)	I Set (Amp)	BEBAN		PROSENTASE I NOM	
					SIANG	MALAM	SIANG	MALAM
I.	GL. KEBON AGUNG							
	Trafo IV / 60 MVA UNINDO	150 / 20 KV	1732	2000	545	844	31.5	48.7
1	P. KLAYATAN	20	436	320	117	185	26.8	42.7
2	P. GADANG	20	436	320	120	141	27.5	32.3
3	P. PAKISAJI	20	304	320	48	74	15.8	24.3
4	P. WAGIR	20	436	320	28	23	6.4	5.3
5	P. JANTI	20	436	320	81	124	18.6	28.4
6	P. BUMIAYU	20	436	400	50	86	11.5	19.7
7	P. KOL. SUGKONO	20	436	320	101	210	23.2	48.2
	Trafo V / 30 MVA TELK	150 / 20 KV	866	1,000	143	336	16.5	38.8
8	P. MATOS	20	436	320	18	70	4.1	16.1
9	P. KARANG DUREN	20	436	320	42	91	9.6	20.9
10	P. SITIREJO	20	385	320	83	175	21.6	45.5
11	P. MOG	20	436	320	56	62	12.8	14.2
	SUB JUMLAH I							
II.	GL. BLIMBING							
	Trafo I / 20 MVA UNINDO	70 / 20 KV	577	650	223	346	38.6	60.0
11	P. MOJOLANJU	20	304	300	117	162	38.5	53.3
12	P. SINGOSARI	20	304	300	94	162	30.9	53.3
13	P. PANDANWANGI	20	304	300	12	22	3.9	7.2
14	P. TELKOM	20	400	320	0	0	0.0	0.0
	Trafo II / 30 MVA PASTI	70 / 20 KV	866	1,000	365	536	42.1	61.9
15	P. MAWAR	20	304	300	136	200	44.7	65.8
16	P. ASAHAN	20	304	300	92	115	30.3	37.8
17	P. WENDIT	20	304	300	47	81	15.5	26.6
18	P. GLINTUNG	20	304	300	90	140	29.6	46.1
	Trafo III / 10 MVA TAKAOKA	70 / 20 KV	289	320	23	17	8.0	5.9
19	P. BENTOEL	20	400	300	23	17	5.8	4.3
	SUB JUMLAH II							
III.	GL. POLEHAN							
	Trafo I / 30 MVA UNINDO	70 / 20 KV	866	1000	323	503	37.3	58.1
20	P. PATIMURA	20	385	320	82	110	21.3	28.6
21	P. SAWOAJAR	20	385	320	80	111	20.8	28.8
22	P. AGUS SALIM	20	385	320	71	90	18.4	23.4
23	P. JODIPAN	20	385	320	90	192	23.4	49.9
24	P. LOWOKWARU	20			0	0		
	Trafo II / 20 MVA TAKAOKA	70 / 20 KV	577	650	249	355	43.2	61.5
25	P. BUNUL	20	304	300	134	193	44.1	63.5
26	P. KD. KANDANG	20	304	300	28	42	9.2	13.8
27	P. ZAENAL ZAKSE	20	304	240	87	120	28.6	39.5
	SUB JUMLAH III							
IV.	GL. GAMPINGAN							
	Trafo I / 20MVA UNINDO	70 / 20 KV			105	120		
28	P. AYUWANGI	20	-	-	105	120	0.0	0.0
	SUB JUMLAH IV							
V.	GL. PAKIS							
	Trafo I / 30 MVA TELK	150 / 20 KV	866	1000	300	578	34.6	66.7
29	P. BANJAREJO	20	300	300	39	65	13.0	21.7
30	P. ASRIKATON	20	300	320	74	160	24.7	53.3
31	P. A.R. SALEH	20	300	300	28	36	9.3	12.0
32	P. SEKARPURO	20	300	300	91	130	30.3	43.3
33	P. TUMPANG	20	300	300	68	187	22.7	62.3



DATA BEBAN PENYULANG

BULAN : JANUARI 2010

NO	GARDU INDUK MERK TRAFO PENYULANG	TEG	I Nom (Amp)	I Set (Amp)	BEBAN		PROSENTASE I NOM	
					SIANG	MALAM	SIANG	MALAM
	SUB JUMLAH V							
VI.	GI. SENGKALING							
	Trafo III / 30 MVA UNINDO	150 / 20 KV	866	1000	223	396	25.8	45.7
34	P. JUNREJO	20	393	300	30	48	7.6	12.2
35	P. PUJON	20	393	300	66	127	16.8	32.3
36	P. WASTRA INDAH	20	393	300	45	79	11.5	20.1
37	P. KARANG PLOSO	20	393	300	82	142	20.9	36.1
	Trafo IV / 30 MVA TELK	150 / 20 KV	866	1,000	412	652	47.6	75.3
38	P. BATU	20	393	320	78	111	19.8	28.2
39	P. DINOYO	20	393	320	125	183	31.8	46.6
40	P. SELECTA	20	393	300	73	158	18.6	40.2
41	P. TEGALGONDO	20	393	300	136	200	34.6	50.9
	SUB JUMLAH VI							
VII.	GI. LAWANG							
	Trafo I / 30 MVA HYUNDAI	150 / 20 KV	866	1000	328	516	37.9	59.6
42	P. BEDALI	20	304	300	60	71	19.7	23.4
43	P. SUMBER WUNI	20	304	300	27	41	8.9	13.5
44	P. NONGKOJAJAR	20	304	300	33	59	10.9	19.4
45	P. POLAMAN	20	385	300	112	172	29.1	44.7
46	P. KOSTRAD	20			96	173		
	Trafo II / 30 MVA ASEA		866	1,000	199	169	23.0	19.5
47	P. PATAL	20	304	300	39	41	12.8	13.5
48	P. NEW MINATEX	20	304	300	29	29	8.5	9.5
49	P. SIDOBANGUN	20	385	300	92	81	23.9	21.0
50	P. MOLINDO	20	304	300	39	18	12.8	5.9
	SUB JUMLAH VII							
VIII.	GI. KARANG KATES							
	Trafo I / 20 MVA TAKAOKA	70 / 20 KV	577	750	135	371	23.4	64.3
51	P. KALIPARE	20	304	300	45	141	14.8	46.4
52	P. OLAK ALEN	20	304	300	24	69	7.9	22.7
53	P. SMBR PUCUNG	20	304	300	66	161	21.7	53.0
	SUB JUMLAH VIII							
IX.	GI. TUREN							
	Trafo I / 30 MVA ALSTOM	70 / 20 KV	866	1000	251	675	29.0	77.9
54	P. DAMPIT	20	304	320	48	111	15.8	36.5
55	P. BAKALAN	20	304	320	9	13	3.0	4.3
56	P. SMBR MANJING	20	304	300	74	210	24.3	69.1
57	P. BANTUR	20	436	300	19	49	4.4	11.2
58	P. PINDAD II	20	225	320	11	11	4.9	4.9
59	P. WAJAK	20	304	300	30	79	9.9	26.0
60	P. TIRTOYUDO	20	304	300	60	202	19.7	66.4
	Trafo II / 20 MVA XIAN	70 / 20 KV	577	650	111	286	19.2	49.6
61	P. BOKOR	20	436	320	27	62	6.2	14.2
62	P. GONDANG LEGI	20	304	320	84	224	27.6	73.7
63	P. PINDAD I	20	304	100	0	0	0.0	0.0
	SUB JUMLAH IX							
X.	GI. SENGGURUH							
	Trafo I / 30 MVA TELK	70 / 20 KV	866	1000	176	427	20.3	49.3
64	P. KEPANJEN	20	300	320	65	125	21.7	41.7
65	P. PAGAK	20	300	320	33	104	11.0	34.7
66	P. PROYEK	20	300	320	2	2	0.7	0.7
67	P. GUNUNG KAWI	20	300	320	44	99	14.7	33.0



PT. PLN (PERSERO)
DISTRIBUSI JAWA TIMUR
AREA PELAYANAN & JARINGAN MALANG



Certificate No. QSC

DATA BEBAN PENYULANG

BULAN : JANUARI 2010

NO	GARDU INDUK MERK TRAFO PENYULANG	TEG	I Nom (Amp)	I Set (Amp)	BEBAN		PROSENTASE I NOM	
					SIANG	MALAM	SIANG	MALAM
68	P. REJOYOSO	20	300	320	32	97	10.7	32.3
	SUB JUMLAH X							
XI.	GI. SELOREJO							
	Trafo 1 / 6 MVA PAUWELS	70 / 20 KV	173	1000	62	104	35.8	60.1
69	P. NGANTANG	20	304	200	34	70	11.2	23.0
70	P. SIDODADI	20	304	200	28	34	9.2	11.2
	SUB JUMLAH XI							



PANJANG JTM

Certificate No.: QSC

BULAN : JANUARI 2010

NO	GARDU INDUK TRAFO PENYULANG	TEG	PANJANG PENYULANG		PANJANG JTM (ms)	WILAYAH KERJA
			SKTM	SUTM		
I. GI. KEBON AGUNG						
	Trafo IV / 60 MVA	150 / 20 KV				
1	P. KLAYATAM	20	373	12,456	12,829	KBA
2	P. GADANG	20	261	8,944	9,205	KBA
3	P. PAKISAJI	20	322	105,328	105,650	KPJ
4	P. WAGIR	20	144	1,281	1,425	KPJ
5	P. JANTI	20	555	14,460	15,015	KOT/KBA
6	P. BUMIAYU	20	650	28,145	28,795	KBA
7	P. KOL. SUGIONO	20	651	86,351	87,002	BLW
	Trafo V / 30 MVA	150 / 20 KV				
8	P. MATOS	20	584	7,000	7,584	KBA
9	P. KARANG DUREN	20	308	60,595	61,003	BLW/KPJ
10	P. SITIREJO	20	1,061	58,002	59,063	KBA
11	P. MOG	20	144	1,281	1,425	KBA
	SUB. JUMLAH I		5,053	383,943	388,966	
II. GI. BLIMBING						
	Trafo I / 20 MVA	70 / 20 KV				
11	P. MOJOLANGU	20	168	22,407	22,575	DNY
12	P. SINGCSARI	20	912	78,960	79,872	SGS / DNY / BLM
13	P. PANDANWANGI	20	251	11,304	11,555	BLB
14	P. TELKOM	20	410	260	670	BLB
	Trafo II / 30 MVA	70 / 20 KV				
15	P. MAWAR	20	838	36,870	37,708	BLB/KOT
16	P. ASAHAN	20	963	28,819	29,772	BLB/KOT
17	P. WENDIT	20	472	18,473	18,945	BLB
18	P. GLINTUNG	20	338	25,735	26,073	DNY/BLB/KOT
	Trafo III / 10 MVA	70 / 20 KV				
19	P. BENTOEL	20	241	7,396	7,637	SGS
	SUB. JUMLAH II		4,583	230,224	234,807	
III. GI. POLEHAN						
	Trafo I / 30 MVA	70 / 20 KV				
20	P. PATIMURA	20	357	11,717	12,074	KOT
21	P. SAWOJAJAR	20	120	5,822	5,942	BLB
22	P. AGUS SALIM	20	496	5,356	5,852	KOT
23	P. JODIPAN	20	1,853	22,409	24,262	DNY/KOT
24	P. LOWOKWARU	20				KOT
	Trafo II / 20 MVA	70 / 20 KV				
25	P. BUNUL	20	115	21,709	21,824	KOT / BLB
26	P. KD. KANDANG	20	80	16,451	16,531	BLB
27	P. ZAENAL ZAKSE	20	401	10,295	10,696	DNY/KOT
	SUB. JUMLAH III		3,422	93,758	97,180	
IV. GI. GAMPINGAN						
	Trafo I / 20MVA	70 / 20 KV				
28	P. AYUWANGI	20	-	-	-	KPJ
	SUB. JUMLAH IV		-	-	-	
V. GI. PAKIS						
	Trafo I / 30 MVA	150 / 20 KV				
29	P. BANJAREJO	20	62	139,691	139,753	TMP / BLM
30	P. ASRIKATON	20	62	52,742	52,804	TMP
31	P. A.R. SALEH	20	45	16,285	16,330	BLB
32	P. SEKARPURO	20	112	5,816	5,928	BLB
33	P. TUMPANG	20				TUM
	SUB. JUMLAH V		281	214,534	214,815	
VI. GI. SENGKALING						
	Trafo III / 30 MVA	150 / 20 KV				
34	P. JUNREJO	20	619	20,060	20,679	BTU
35	P. PUJON	20	379	64,218	64,597	BTU
36	P. WASTRA INDAH	20	446	8,362	8,808	BTU
37	P. KARANG FLOSO	20	626	35,056	35,681	SGS



PANJANG JTM

BULAN : JANUARI 2010

NO	GARDU INDUK TRAFO PENYULANG	TEG	PANJANG PENYULANG		PANJANG JTM (ms)	WILAYAH KERJA
			SKTM	SUTM		
	Trafo IV / 30 MVA	150 / 20 KV				
38	P. BATU	20	430	28,443	28,873	BTU
39	P. DINOYO	20	842	30,321	30,863	DNY:BTU
40	P. SELECTA	20	912	76,041	76,953	BTU/SGS
41	P. TEGALGONDO	20				DNY
	SUB. JUMLAH VI		4,254	262,200	265,454	
VII.	GI. LAWANG					
	Trafo I / 30 MVA	150 / 20 KV				
42	P. BEDALJ	20	959	37,080	38,039	LWG/SGS
43	P. SUMBER WUNI	20	154	17,599	17,753	LWG
44	P. NONGKOJAJAR	20	894	29,277	30,171	P. Khusus / LWG
45	P. POLAMAN	20	170	4,829	4,999	P. Khusus / LWG
46	P. KOSTRAD	20				SGS
	Trafo II / 30 MVA					
47	P. PATAL	20	175	112	287	LWG
48	P. NEW MINATEX	20	441	353	794	P. Khusus / LWG
49	P. SIDOBANGUN	20	923	9,065	9,988	P. Khusus/LWG/SGS
50	P. MOLINDO	20	864	2,425	3,289	LWG
	SUB. JUMLAH VII		4,580	100,740	105,320	
VIII.	GI. KARANG KATES					
	Trafo I / 20 MVA	70 / 20 KV				
51	P. KALIPARE	20	164	118,457	118,621	KPJ
52	P. OLAK ALEN	20	239	67,561	67,800	KPJ
53	P. SMBR PUCUNG	20	219	61,465	61,684	KPJ
	SUB. JUMLAH VIII		622	247,483	248,105	
IX.	GI. TUREN					
	Trafo I / 30 MVA	70 / 20 KV				
54	P. DAMPIT	20	155	88,640	88,795	GDL
55	P. BAKALAN	20	85	77,141	77,226	GDL / BLW
56	P. SMBR MANJING	20	200	186,392	186,592	GDL
57	P. BANTUR	20	165	118,331	118,496	GDL
58	P. PINDAD II	20	115	0	115	P. Khusus / GDL
59	P. WAJAK	20	0	0	0	BLW
60	P. TIRTOYUDO	20	105	276,736	276,841	GDL
	Trafo II / 20 MVA	70 / 20 KV				
61	P. BOKOR	20	55	77,755	77,810	GDL / BLW / TMP
62	P. GONDANG LEGI	20	155	105,408	105,563	GDL
63	P. PINDAD I	20	115	0	115	P. Khusus / GDL
	SUB. JUMLAH IX		1,150	930,403	931,553	
X.	GI. SENGGURUH					
	Trafo I / 30 MVA	70 / 20 KV				
64	P. KEPANJEN	20	127	22,625	22,752	KPJ
65	P. PAGAK	20	124	98,100	98,224	KPJ
66	P. PROYEK	20	163	307	470	P. Khusus / KPJ
67	P. REJOYOSO	20				GDL
68	P. GUNUNG KAWI	20				KPJ
	SUB. JUMLAH X		474	127,032	121,446	
XI.	GI. SELOREJO					
	Trafo I / 6 MVA	70 / 20 KV				
69	P. NGANTANG	20	80	39,704	39,784	NGT
70	P. SIDODADI	20	60	15,836	15,896	NGT / Pemak. Proyek
TOTAL			19,446	2,255,915	2,275,360	



LAPORAN GANGGUAN PENYULANG

BULAN : JANUARI 2010

NO	GARDU INDIK	PENYULANG	DAERAH GANGGUAN	TANGGAL TERJADI GANGGUAN	JAM TERJADI			LAMBA PADA M	INDIKATO R RELAY KERA	PENYEBAB GANGGUAN
					REC (WIB)	TRIP (WIB)	NRM (WIB)			
23	Turen	Bantur	Gondanglegi	20 01 - 2010		19:47	20:16	0:29	OCR	Co putus phasa R, S, T di T. 211 Ds. Balong Wonokerto
24	Turen	Tirtoyudo	Gondanglegi	29 01 - 2010		14:24	14:48	0:24	OCR	Isolator phasa R pecah di T. 194 C7 Ds. Dawuhan
25	Turen	Bokor	Gondanglegi	29 01 - 2010		14:25	14:50	0:25	OCR	Jamperran SUTM phasa T putus di T. 100 C15 Ds. Samanrejo
26	Turen	Sumbermanjing	Gondanglegi	29 01 - 2010	15:25		15:26	0:01	DGR	Gangguan Hubung Tanah (reclouse baik)
27	Turen	Bakalan	Gondanglegi	30 01 - 2010		13:15	13:37	0:22	OCR	Gangguan Hubung Singkat (tidak diketemukan bertahap masuk baik)
28	Sengguruh	Pagak	Kepanjen	01 01 - 2010		12:21	12:56	0:35	OCR	Gangguan Hubung Singkat (tidak diketemukan bertahap masuk baik)
29	Sengguruh	Pagak	Kepanjen	01 01 - 2010		17:17	17:28	0:11	DGR	Gangguan Hubung Tanah (dicoba masuk baik)
30	Sengguruh	Pagak	Kepanjen	01 01 - 2010		18:05	18:48	0:43	DGR	Gangguan Hubung Tanah (tidak diketemukan bertahap masuk baik)
31	Sengguruh	Pagak	Kepanjen	03 01 - 2010		10:25	10:55	0:30	DGR	Gangguan Hubung Tanah (tidak diketemukan bertahap masuk baik)
32	Kebonagung	Wagir	Kepanjen	04 01 - 2010	15:42		15:43	0:01	OCR	Gangguan Hubung Singkat (reclouse baik)
33	Kebonagung	Wagir	Kepanjen	08 01 - 2010		5:43	6:41	0:58	OCR	Co phasa T PG Kebonagung putus
34	Kebonagung	Wagir	Kepanjen	09 01 - 2010		2:02	3:26	1:24	DGR	Ground Wire putus di Ds. Kebonagung
35	Karangkates	Kalipare	Kepanjen	14 01 - 2010		6:25	7:42	1:17	DGR	Gangguan Hubung Tanah (tidak diketemukan bertahap masuk baik)
36	Karangkates	Kalipare	Kepanjen	15 01 - 2010		12:23	12:25	0:02	OCR	Gangguan Hubung Singkat (dicoba masuk baik)
37	Karangkates	Kalipare	Kepanjen	21 01 - 2010		19:43	19:45	0:02	DGR	Gangguan Hubung Tanah (dicoba masuk baik)
38	Kebonagung	Pakisaji	Kepanjen	25 01 - 2010		8:18	9:36	1:18	DGR	SUTM tertimpa pohon di Ds. Pakisaji
39	Karangkates	Kalipare	Kepanjen	25 01 - 2010		15:35	16:03	0:28	DGR	SUTM tertimpa bambu di T. 223 D10 Ds. Loh Dalam
40	Karangkates	Olak Alen	Kepanjen	27 01 - 2010		7:57	10:34	2:37	OCR	SUTM biengkret di T. 242 A6 Bendungan Lahor
41	Karangkates	Sumberpuung	Kepanjen	28 01 - 2010	17:11		17:12	0:01	DGR	Gangguan Hubung Tanah (reclouse baik)
42	Sengguruh	Pagak	Kepanjen	30 01 - 2010		10:45	11:22	0:37	DGR	Gangguan Hubung Tanah (tidak diketemukan bertahap masuk baik)
43	Sengguruh	Pagak	Kepanjen	30 01 - 2010		18:58	20:43	1:45	OCR	SUTM nglokor phasa T dan S di Ds. Tempursari
44	Lawang	Polaman	Lawang	26 01 - 2010		15:24	15:47	0:23	DGR	Gangguan Hubung Tanah (tidak diketemukan bertahap masuk baik)



LAPORAN GANGGUAN PENYULANG
BULAN : JANUARI 2010

NO	KARDU INDUK	PENYULANG	DAERAH GANGGUAN	TANGGAL TERJADI GANGGUAN	JAM TERJADI			LAMA PADA M	INDIKATO R RELAY KERA	PENYEBAB GANGGUAN
					REC (WIB)	TRIP (WIB)	NRM (WIB)			
45	Lawang	Polaman	Lawang	27 01 - 2009	6:03		6:04	0:01	DGR	Gangguan Hubung Tanah (reclose baik)
46	Selorejo	Ngantang	Ngantang	01 01 - 2010		15:48	16:36	0:48	OCR	SUTM tertimpa pohon di Ds. Tepus Ngantru
47	Selorejo	Sidodadi	Ngantang	02 01 - 2010		3:00	5:00	2:00	DGR	SUTM tertimpa bambu di Ds. Sekar
48	Selorejo	Sidodadi	Ngantang	03 01 - 2010		8:40	9:04	0:24	OCR	Trafo rusak di Ds. Menjing
49	Selorejo	Ngantang	Ngantang	04 01 - 2010		9:55	10:36	0:41	OCR	SUTM tertimpa pohon umbang di Ds. Pait
50	Selorejo	Ngantang	Ngantang	05 01 - 2010		15:28	15:47	0:19	OCR	Gangguan Hubung Singkat (tidak diketemukan bertahap masuk baik)
51	Sengkaling	Selekta	SGS / BTU	01 01 - 2010	21:51		21:52	0:01	DGR	Gangguan Hubung Tanah (reclose baik)
52	Sengkaling	Selekta	SGS / RTU	29 01 - 2010	20:50		20:51	0:01	DGR	Gangguan Hubung Tanah (reclose baik)
53	Sengkaling	Karangploso	Singosari	02 01 - 2010	7:50		7:51	0:01	OCR	Gangguan Hubung Tanah (reclose baik)
54	Sengkaling	Karangploso	Singosari	02 01 - 2010	10:01	10:01	10:43	0:42	OCR	SUTM tertimpa bambu di Ds. Gembung
55	Blimbing	Bentol	Singosari	14 01 - 2010	1:11	3:09	1:58	0:01	OCR	SUTM lepas dari isolator di Jl. Ahmad Yani (Depan Jl. Kemirahan III)
56	Blimbing	Singosari	Singosari	22 01 - 2010	15:25	15:26	0:01	0:01	DGR	Gangguan Hubung Tanah (dicoba masuk baik)
57	Lawang	Kostrad	Singosari	28 01 - 2010	16:28	16:52	0:24	0:01	OCR	Isolator pecah di T. 56 B17 Ds. Toyomarto
58	Lawang	Sidobangun	Singosari	28 01 - 2010	17:27	18:15	0:48	0:01	OCR	Gangguan Hubung Singkat (dicoba masuk baik; cuaca hujan)
59	Lawang	Kostrad	Singosari	31 01 - 2010	14:00	14:22	0:22	0:01	DGR	SUTM tertimpa pohon di T. 197 A8 Perum Puskopad
60	Pakis	Tumpang	Tumpang	05 01 - 2010	15:15	15:35	0:20	0:01	DGR	SUTM tertimpa pohon di Ds. Tamiajeng
61	Pakis	Tumpang	Tumpang	05 01 - 2010	18:15	19:00	0:45	0:01	OCR	SUTM tertimpa bambu di Ds. Bonangan
62	Pakis	Asrikaton	Tumpang	26 01 - 2010	10:17	10:46	0:29	0:01	OCR	CO jurusan Tegalsangan putus
63	Pakis	Tumpang	Tumpang	27 01 - 2010	2:10	2:13	0:03	0:01	OCR	Gangguan Hubung Singkat (dicoba masuk baik)
64	Kebongagung	Bumitayu	UI / BILLW	18 01 - 2010	22:43	23:32	0:49	0:01	DGR	Gangguan Hubung Tanah (tidak diketemukan bertahap masuk baik)
65	Pakis	Banjarejo	UI Malang	01 01 - 2010	12:36	13:08	0:32	0:01	OCR	SUTM tertimpa bambu roboh di Jl. Sampurno
66	Blimbing	Mawar	UI Malang	01 01 - 2010	17:41	17:42	0:01	0:01	DGR	Gangguan Hubung Tanah (reclose baik)
67	Polehan	Jodipan	UI Malang	01 01 - 2010	18:21	18:30	0:09	0:01	OCR	SUTM tertimpa ranting pohon di T. 219 Jl. Sibayak
68	Polehan	Jodipan	UI Malang	01 01 - 2010	21:36	21:56	0:20	0:01	OCR	SUTM tertimpa ranting pohon di Jl. Pandan



LAPORAN GANGGUAN PENYULANG
BULAN : JANUARI 2010

NO	GARDU INDUK	PENYULANG	DAERAH GANGGUAN	TANGGAL TERJADI GANGGUAN	JAM TERJADI			LAMA PADA M	INDIKATO R RELAY KERJA	PENYEBAB GANGGUAN
					REC (WIB)	TRIP (WIB)	NRM (WIB)			
69	Blimbing	Wendit	UJ Malang	06 01 - 2009	14:14		14:15	0:01	DGR	Gangguan Hubung Tanah (reclose baik)
70	Blimbing	Wendit	UJ Malang	12 01 - 2010	10:08		10:09	0:01	DGR	Gangguan Hubung Tanah (reclose baik)
71	Kebonagung	Klayatan	UJ Malang	13 01 - 2010	8:48		8:49	0:01	DGR	Gangguan Hubung Tanah (reclose baik)
72	Kebonagung	Sitirejo	UJ Malang	15 01 - 2010			16:41	0:25	OCR	SUTM terkena binatang (burung nempel antar fasa) di Ds. Miwen
73	Sengkaling	Tegalondo	UJ Malang	15 01 - 2010		18:02	18:28	0:26	OCR	SUTM tertimpa tangga di kompleks Unbraw
74	Polehan	Zaenal Sakse	UJ Malang	16 01 - 2010	8:34		8:35	0:01	DGR	Gangguan Hubung Tanah (reclose baik)
75	Pakis	Sekarpuro	UJ Malang	17 01 - 2010	8:14		8:15	0:01	DGR	Gangguan Hubung Tanah (reclose baik)
76	Blimbing	Glimung	UJ Malang	17 01 - 2010	8:47		8:48	0:01	DGR	Gangguan Hubung Tanah (reclose baik)
77	Blimbing	Mojolangu	UJ Malang	18 01 - 2010		10:29	10:31	0:02	DGR	Gangguan Hubung Tanah (dicoba masuk baik)
78	Polehan	Bunul	UJ Malang	24 01 - 2010		16:10	16:25	0:15	OCR	Gangguan Hubung Singkat (tidak diketemukan bertahap masuk baik)
79	Kebonagung	Klayatan	UJ Malang	25 01 - 2010	14:33		14:35	0:02	DGR	Gangguan Hubung Tanah (reclose baik)
80	Kebonagung	Gadang	UJ Malang	26 01 - 2010	14:37		14:38	0:01	DGR	Gangguan Hubung Tanah (reclose baik)
81	Blimbing	Glimung	UJ Malang	29 01 - 2010		14:15	14:21	0:06	OCR	SUTM tertimpa ranting pohon di Jl. Bandung
82	Kebonagung	Gadang	UJ Malang	29 01 - 2010	15:16		15:17	0:01	DGR	Gangguan Hubung Tanah (reclose baik)
83	Kebonagung	Sitirejo	UJ Malang	30 01 - 2010	13:05		13:06	0:01	DGR	Gangguan Hubung Tanah (reclose baik)
84	Polehan	Sawojajar	UJ Malang	30 01 - 2010		14:13	14:21	0:08	OCR	Gangguan Hubung Singkat (tidak diketemukan bertahap masuk baik)
85	Kebonagung	Bumiyayu	UJ Malang	30 01 - 2010		13:46	14:11	0:25	OCR	Gangguan Hubung Singkat (tidak diketemukan bertahap masuk baik)
86	Polehan	Jodipan	UJ Malang	30 01 - 2010	20:11		20:12	0:01	DGR	Jamperan SUTM fasa S putus di Jl. Gatot Subroto

PT. PLN (PERSERO) P3B
 REGION JAWA TIMUR DAN BALI
 UPT MALANG

SINGLE LINE DIAGRAM

Diberikan :
 J.U. Priot Mester & Saadatul

Diperiksa :
 ASMAN OPHAR

Disetujui :
 MANAGER UPT

Tanggal :
 12 September 2008

