

**ANALISA PERBAIKAN KUALITAS TEGANGAN MENGGUNAKAN
INTERLINE UNIFIED POWER QUALITY CONDITIONER
DENGAN SOFTWARE PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION
PADA PENYULANG PT. PLN (PERSERO) BIMA**

SKRIPSI



**Disusun oleh :
MUHAMMAD ZULKIFLI
NIM : 0312034**

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

2010

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISA PERBAIKAN KUALITAS TEGANGAN MENGGUNAKAN
INTERLINE UNIFIED POWER QUALITY CONDITIONER
DENGAN SOFTWARE PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION
PADA PENYULANG PT. PLN (PERSERO) BIMA**

SKRIPSI

**Disusun Dan Diajukan Untuk Melengkapi Tugas Dan Memenuhi Syarat Untuk
Mencapai Gelar Sarjana Teknik Strata Satu**

**Disusun oleh :
Muhammad Zulkifli
NIM : 03.12.034**



**Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1**

**Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
NIP.Y. 101.8800.189**

Diperiksa dan Disetujui,

Dosen Pembimbing I

**Ir. H. Taufik Hidayat, MT
NIP.Y. 101.8700.151**

Dosen Pembimbing II

**Irrine Budi Sulistiawati, ST, MT
NIP. 19770615.200501.2.002**

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



**ANALISA PERBAIKAN KUALITAS TEGANGAN MENGGUNAKAN
INTERLINE UNIFIED POWER QUALITY CONDITIONER
DENGAN *SOFTWARE PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION*
PADA PENYULANG PT. PLN (PERSERO) BIMA**

Muhammad Zulkifli

Dosen Pembimbing I : Ir. H. Taufik Hidayat, MT

Dosen Pembimbing II : Irrine Budi Sulistiawati, ST, MT

Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Elektro S-1,

Institut Teknologi Nasional Malang,

Jl. Raya Karanglo, KM 2 Malang

Email : Muhammad.Zulkifli@yahoo.com

Abstrak

Energi listrik umumnya dibangkitkan oleh pusat pembangkit yang jauh dari perkotaan, dialirkan ke beban yang berupa rumah tangga, industri dan komersil. Dalam proses penyaluran energi listrik ke beban terjadi rugi-rugi, yaitu rugi daya, rugi energi dan drop tegangan mulai dari pembangkit, transmisi hingga distribusi yang dapat merusak peralatan listrik. *INTERLINE UNIFIED POWER QUALITY CONDITIONER* adalah suatu solusi untuk permasalahan tersebut.

Pada penelitian ini penulis membahas performa IUPQC dengan adanya Jatuh tegangan yang terjadi pada saluran distribusi, *INTERLINE UNIFIED POWER QUALITY CONDITIONER* digunakan bertujuan untuk mempertahankan kualitas tegangan sehingga tegangan receiving end mendekati tegangan yang diharapkan.

Dari hasil simulasi pada Penyulang Bima PT. PLN (PERSERO) Bima dengan kompensasi IUPQC, diambil nilai referensi dari node 1. Perbandingan nilai tegangan sebelum dan setelah kompensasi saat gangguan voltage sag adalah 0,9121 pu atau 346,63 volt menjadi 0,9962 pu atau 378,55 volt. Sedangkan pada daya aktif nilainya dari 100.819 kW menjadi 672.303 kW. *PSCAD/EMTDC* adalah perangkat lunak yang digunakan untuk pemodelan dan simulasi.

Kata kunci: *Sistem distribusi, kualitas daya, jatuh tegangan, FACTS, PWM converters.*

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusunan skripsi yang berjudul “ANALISA PERBAIKAN KUALITAS TEGANGAN MENGGUNAKAN *INTERLINE UNIFIED POWER QUALITY CONDITIONER* DENGAN *SOFTWARE PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION* PADA PENYULANG PT. PLN (PERSERO) BIMA” ini dapat terselesaikan dengan baik, yang merupakan syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik Jurusan Elektro Konsentrasi Energi Listrik di Institut Teknologi Nasional Malang.

Skripsi ini merupakan suatu karya yang tidak dapat di wujudkan tanpa adanya dorongan, bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada :

1. Bapak Prof. DR. Eng Ir. Abraham Lomi, MSEE selaku Rektor ITN Malang
2. Bapak Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT, selaku Ketua Jurusan Elektro.
3. Bapak. Ir. H. Taufik Hidayat, MT Selaku Dosen Pembimbing I
4. Ibu Irrine Budi Sulistiawati, ST, MT Selaku Dosen Pembimbing II
5. Kedua Orang Tua untuk doa dan dukungannya selama ini
6. Seluruh Dosen Elektro Energi Listrik di Institut Teknologi Nasional Malang
7. Semua pihak yang telah mendukung skripsi ini.

Menyadari akan banyaknya kekurangan yang ada dalam penyusunan laporan maka kami menganggap bahwa laporan ini belumlah sempurna, oleh sebab itu kritik dan saran sangat membantu guna mendapatkan hasil yang lebih baik.

Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan penyusun pada khususnya dalam memperkaya pengetahuan tentang ilmu kelistrikan.

Malang, Agustus 2010

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Metodologi Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II DASAR TEORI	5
2.1 Sistem Tenaga Listrik	5
2.2 Sistem Distribusi Tenaga Listrik	5
2.3 Jaringan Distribusi Pada Jaringan Primer	6
2.3.1 Jaringan Radial.....	6
2.3.2. Jaringan Hantaran Penghubung (Tie Line).....	7
2.3.3 Jaringan Lingkar (Loop).....	8

2.3.4 Jaringan Spindel	9
2.3.5 Sistem Gugus atau Sistem Kluster	9
2.4 Sistem Distribusi Sekunder (Jaringan Tegangan Rendah 380/220V).....	10
2.5 Gangguan Dalam Sistem Tenaga Listrik.....	11
2.6 Kualitas Tegangan.....	13
2.7 Kualitas Daya Elektrik	14
2.7.1 Klasifikasi Kualitas Daya	14
2.7.2 Variasi Tegangan	15
2.7.3 Besar Jatuh Tegangan (<i>Drop Voltage</i>)	21
2.7.4 <i>Voltage Sag</i> dan <i>Voltage Swell</i>	22
2.7.5 Penyebab <i>Voltage Sag</i>	22
2.7.6 Perhitungan Nilai <i>Volatge Sag</i> dan <i>Voltage Swell</i> Sistem.....	23
2.8 <i>Interline Unified Power Quality Conditioner</i>	24
2.9 Sistem Pengendalian PWM Sinusoida	25
2.9.1 PWM Sinusoida	25
2.9.2 Aksi Kontrol PWM Sinusoida Terhadap IUPQC	26
2.10 Aksi Kontrol Proporsional Integral.....	26
2.10.1 Umum.....	26
2.10.2 Prinsip-Prinsip Pengendalian Proses.....	28
2.10.3 Prinsip-prinsip Kerja Pengendali	28
2.10.4 Pengendali proporsiaonal (<i>Propoortional Controler</i>)	29
2.10.5 Pengendali Intergal (<i>Intergal Controler</i>).....	31
2.10.6 Pengendali Proporsional Intergal (<i>PI Controler</i>).....	32

BAB III PERBAIKAN KUALITAS TEGANGAN DENGAN INTERLINE UNIFIED POWER QUALITY CONDITIONER.....	34
3.1 Software PSCAD/EMTDC V 4.2 Power Simulation	34
3.2 Memulai <i>PSCAD/EMTDC Power Simulation</i>	35
3.3 Peralatan Kompensator <i>Interline Unified Power Quality Conditioner</i> (IUPQC)	37
3.3.1 Shunt Inverter Control	38
3.3.2 DC Link Voltage Control	39
3.3.2 Series Inverter Control	40
3.4 Kompensasi IUPQC Pada Sistem Distribusi 20 kV	41
3.4.1 Sistem Distribusi Tanpa Kompensasi IUPQC	41
3.4.2 Sistem Distribusi Dengan Kompensasi IUPQC.....	41
3.5 <i>Flowchart</i> Hasil Simulasi Menggunakan <i>Software PSCAD/EMTDC</i>	42
3.5.1 <i>Flowchart</i> Desain dan Simulasi Sistem dengan <i>Interline Unified Power Quality</i>	42
3.5.2 <i>Flowchart Wiring</i> Penyulang Bima	43
3.5.3 <i>Flowchart</i> Desain <i>Interline Unified Power Quality Conditioner</i> (IUPQC)	44
3.5.4 <i>Flowchart</i> Desain Kontrol <i>Interline Unified Power Quality Conditioner</i>	45
3.6 Input Data Dalam <i>PSCAD/EMTDC Power Simulation</i>	46
3.6.1 Input Data Transformator dan Fixed Load.....	46
3.6.2 Input Data Pengendali PI dan SPWM Pada IUPQC.....	47

BAB IV HASIL DAN ANALISA HASIL	48
4.1 <i>Single Line</i> Sistem Distribusi 20 kV penyulang Bima	48
4.2 Data Sistem Distribusi pada PT. PLN (PERSERO) Bima	49
4.2.1 Data saluran Distribusi PT. PLN (PERSERO) Bima	49
4.2.2 Data Pembebanan Penyulang Bima	51
4.2.3 Data Aliran Daya Tiap Saluran Penyulang Bima.....	52
4.3 Perbaikan Kualitas Tegangan dengan <i>Software PSCAD/EMTDC V.4.2</i> <i>Power Simulation</i>	53
4.4 Perbaikan Kualitas Tegangan Dengan IUPQC	53
4.4.1 Hasil Perhitungan dan Simulasi Sebelum Pemasangan IUPQC...	55
4.4.1.1 Sistem Sebelum Mengalami Gangguan	55
4.4.1.2 Sistem Setelah Mengalami Gangguan	55
4.4.2 Hasil Perhitungan dan Simulasi Setelah Pemasangan IUPQC ..	57
4.5 Perbandingan Tegangan Dengan dan Tanpa IUPQ.....	58
BAB V PENUTUP	62
5.1 Kesimpulan	62
5.2 Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	64

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1.	Data Saluran PT. PLN (PERSERO) Bima	49
Tabel 4.2	Data Pembebanan Penyulang Bima.....	51
Tabel 4.3	Data Aliran Daya Penyulang Bima.....	52
Tabel 4.4	Hasil Perhitungan Saat Terjadi Jatuh Tegangan Tanpa <i>IUPQC</i>	56
Tabel 4.5	Hasil Perhitungan Saat Terjadi <i>Jatuh Tegangan</i> Setelah Kompensasi <i>IUPQC</i>	58
Tbael 4.6	Perbandingan Tegangan Saat Gangguan Jatuh Tegangan Dengan <i>IUPQC</i> dan Tanpa <i>IUPQC</i>	59
Tabel 4.7	Perbandingan Daya Aktif dan Reaktif Dengan <i>IUPQC</i> dan Tanpa <i>IUPQC</i>	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema Penyaluran Sistem Distribusi Tenaga Listrik.....	6
Gambar 2.2	Konfigurasi Jaringan Radial	7
Gambar 2.3	Konfigurasi Jaringan Hantaran Penghubung.....	8
Gambar 2.4	Konfigurasi Jaringan Loop	8
Gambar 2.5	Konfigurasi Jaringan Spindel	9
Gambar 2.6	Konfigurasi Jaringan kluster.....	10
Gambar 2.7	Hubungan tegangan menengah ke tegangan rendah dan konsumen	10
Gambar 2.8	Aliran Daya Melalui Saluran Pendek	13
Gambar 2.9	Perubahan Tegangan Sebagai Fungsi Aliran Daya Reaktif	14
Gambar 2.10	Profil Tegangan Interupsi Sesaat pada Sisi Pemakai	18
Gambar 2.11	Profil Variasi Tegangan RMS Saat Terjadi Gangguan Fasa ke Tanah	19
Gambar 2.12	Profil Tegangan karena Gangguan Fasa ke Tanah	19
Gambar 2.13	Profil Tegangan (<i>Sag</i>) karena adanya Gangguan pada Tempat yang Jauh.....	19
Gambar 2.14	Profil Kenaikan Tegangan pada Dua Fasa karena Adanya Gangguan Satu Fasa ke Tanah.....	21
Gambar 2.15	Ilustrasi <i>Voltage Sag</i> dan <i>Voltage Swell</i>	22
Gambar 2.16	Ilustrasi besaran rms <i>voltage sag</i> untuk suatu peristiwa <i>motor starting</i>	22
Gambar 2.17	<i>Voltage Sag</i> akibat <i>fault</i>	23
Gambar 2.18	Model Pembagi Tegangan untuk <i>Voltage Sag</i> dan <i>Voltage Swell</i>	23
Gambar 2.19	Skema <i>Interline Unified Power Quality Conditioner</i>	25
Gambar 2.20	Diagram Rangkaian Kontrol PWM dengan IUPQC.....	26
Gambar 2.21	Kontroler dan Diagram Kotaknya	29
Gambar 2.22	Diagram Blok Kontroler Proporsional	30
Gambar 2.23	Response Sebuah Pengendali Proporsional.....	31
Gambar 2.24	Blok Diagram Kontroler Integral.....	32
Gambar 2.25	Diagram Kotak Pengendali PI	33

Gambar 2.23	Hubungan Input-Output Pengendali PI dalam Fungsi Waktu	33
Gambar 3.1	Tampilan utama <i>Software PSCAD/EMTDC Power Simulation</i>	35
Gambar 3.2	Tampilan <i>Master Library</i>	36
Gambar 3.3	Tampilan Modul Utama	36
Gambar 3.4	Tampilan <i>Single Line</i> Penyulang Bima	37
Gambar 3.5	Blok Diagram Control IUPQC	38
Gambar 3.6	Blok Diagram Shunt Inverter Control.....	39
Gambar 3.7	Blok Diagram DC Link Voltage Control	40
Gambar 3.8	Blok Diagram Series Inverter Control	40
Gambar 3.9	<i>Flowchart</i> Analisa Perbaikan Kualitas tegangan IUPQC	42
Gambar 3.10	<i>Flowchart</i> Pembuatan <i>Single Line Diagram</i> Penyulang Bima.....	43
Gambar 3.11	<i>Flowchart</i> Pembuatan Rangkaian	44
Gambar 3.12	<i>Flowchart</i> Pembuatan Rangkaian Kontrol PWM Untuk IUPQC	45
Gambar 3.13	Tampilan Input Data Transformator	46
Gambar 3.14	Tampilan Input Data <i>Fixed Load</i>	47
Gambar 3.15	Rangkaian Pengendali PI untuk mengendalikan IUPQC	59
Gambar 4.1	<i>Single Line</i> Penyulang Bima	48
Gambar 4.2	Gambar <i>Single Line</i> Bima Setelah Pemasangan IUPQC	54
Gambar 4.3	Grafik Bentuk Gelombang Tegangan	55
Gambar 4.4	Grafik Bentuk Gelombang Tegangan Daya Aktif dan Daya Reaktif Saat terjadi <i>Voltage Sag</i>	55
Gambar 4.5	Grafik Bentuk Gelombang Tegangan Daya Aktif dan Daya Reaktif Saat Terjadi Jatuh Tegangan Dengan IUPQ.....	57
Gambar 4.6	Grafik Bentuk Gelombang Tegangan dan Sudut Fasa Saat Terjadi <i>Voltage Sag</i> Dengan Kompensasi IUPQC.....	57

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.

Bima mempunyai sumber penerangan listrik berasal dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) wilayah XI-Kantor Cabang Bima dengan sumber tenaga Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD). Secara umum kondisi kelistrikan telah dapat melayani kebutuhan penduduk kota walaupun dengan daya yang masih terbatas. Produksi energi listrik mencapai 46.610.246 KWH dengan energi listrik yang disalurkan sebesar 45.032.712 KWH pada 17.266 KK pelanggan. Untuk mengatasi kekurangan tersebut, sejumlah toko dan hotel mempunyai pembangkit listrik *Portable* sendiri. Namun besarnya yang di terima oleh konsumen listrik tidaklah sama, hal ini terjadi karena adanya impedansi jaringan. Oleh karena itu, gangguan tegangan selalu ada pada setiap bagian dari sistem tenaga, mulai dari sumber sampai ke pelanggan. Oleh karena itu tegangan tersebut perlu di kendalikan. Adapun tujuan dari pengendalian dan perbaikan tegangan pada sistem adalah agar gangguan daya dan tegangan menjadi lebih ekonomis; sampai pada suatu batas tertentu. Skripsi ini menganalisa kualitas tegangan pada sistem di PT. PLN (PERSERO) BIMA. Sehingga besarnya tegangan keluaran dari transformator daya dapat dikendalikan dan mampu meningkatkan kualitas tegangan pada ujung terima dan sisi kirim.

Sehubungan dengan itu perlu adanya analisa yang tepat mengenai pengaruh gangguan pada tegangan tersebut, walaupun nilainya relative kecil dan waktunya temporer namun ini mengganggu *kontinuitas* dan mempengaruhi kualitas penyaluran daya ke konsumen. Di sisi sumber sendiri bisa merusak peralatan terutama pada trafo dayanya. Maka dari itu perlu adanya analisa dan pengontrolan tentang pengaruh gangguan tersebut supaya bisa digunakan sebagai acuan untuk menjaga keandalan penyaluran tenaga listrik di masa mendatang.

Alternatif yang paling efektif dan sering dipakai untuk memperbaiki kondisi tersebut pada jaringan akibat adanya gangguan 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 menghadapi masalah ini adalah kompensator *Interline Unified Power Quality Conditioner*^[1].

IUPQC juga dapat mengkompensasi kerugian daya reaktif, *voltage sag/swell*, ketidakseimbangan tegangan dan gangguan tegangan (*volage interruption*). Keandalan dari sistem dapat dianalisa memakai simulasi-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 memperbaiki kualitas daya antar line, hampir pada instalasi disistem distribusi daya dan sistem daya industri pada umumnya^[1].

1.2. Rumusan Masalah

Seberapa besar pemasangan IUPQC sebagai kontrol tegangan pada saluran distribusi 20 kV dapat meningkatkan performa sistem sehingga dapat menaikkan transfer daya sekaligus meminimalkan rugi-rugi daya serta memperbaiki kualitas tegangan

Dari permasalahan di atas maka makalah ini berjudul:

ANALISA PERBAIKAN KUALITAS TEGANGAN MENGGUNAKAN INTERLINE UNIFIED POWER QUALITY CONDITIONER DENGAN SOFTWARE PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION PADA PENYULANG PT. PLN (PERSERO) BIMA

1.3. Tujuan Pembahasan

Adapun tujuan dalam penulisan skripsi ini adalah untuk memperbaiki kualitas tegangan dan mereduksi rugi-rugi daya pada penyulang Bima dengan cara pemasangan IUPQC menggunakan *SOFTWARE PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION*

1.4. Batasan Masalah

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

- a. Pehitungan dan simulasi dilakukan dengan *software PSCAD/EMTDC V4.2 Power Simulation*
- b. Studi dilakukan pada Penyulang Bima dan Penyulan Raba, PT. PLN (PERSERO) Bima.

- c. Mekanisme kerja *Interline Unified Power Quality (IUPQC)* dalam mengatasi kualitas tegangan.

1.5. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penyelesaian ini adalah:

1. Studi literatur mengenai prinsip kerja *back to back* AC-DC konverter tiga level, rangkaian dan prinsip kerja SPWM (*sinusoidal Pulse Width Modulation*), konsep aliran daya konsep penyaluran daya listrik, serta prinsip kerja dan operasi IUPQC dan sistem kontrol IUPQC.
2. Pengumpulan data lapangan sebagai objek penelitian
3. Melakukan analisis berdasarkan hasil simulasi program PSCAD/EMTDC V.2.0 *Power Simulation*.
 - a. Analisis aliran daya aktif dan reaktif
 - b. Analisis kualitas tegangan sistem
4. Menarik kesimpulan.

1.6. Sistematika Penulisan

Penulisan dibagi dalam beberapa bab dan sub bab, adapun sistematika penulisan skripsi ini adalah:

BAB I : PENDAHULUAN

Besarnya tegangan keluaran dari transformator daya dapat dikendalikan dan mampu meningkatkan kualitas tegangan pada ujung terima dan sisi kirim

BAB II : SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

Pada bab ini diuraikan mengenai teori tentang sistem distribusi secara umum jenis jaringan penyaluran dan kompensator IUPQC (*Interline Unified Power Quality Conditioner*).

BAB III : PERBAIKAN KUALITAS TEGANGAN DENGAN INTERLINE UNIFIED POWER QUALITY CONDITIONER

Berisi penguraian tentang perbandingan kualitas daya sistem yang menggunakan alat kompensasi IUPQC dengan tanpa menggunakan kompensasi IUPQC.

c. Mekanisme kerja fungsi Unified Power Quality (UPQC) dalam mengatasi kualitas tegangan.

1.5. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penyelesaian ini adalah:

1. Studi literatur mengenai prinsip kerja back to back AC-DC konverter tiga level, rangkaian dan prinsip kerja SPWM (Sinusoidal Pulse Width Modulation), konsep aliran daya konsep penyulutan daya listrik serta prinsip kerja dan operasi UPQC dan sistem kontrol UPQC.
2. Pengumpulan data lapangan sebagai objek penelitian.
3. Melakukan analisis berdasarkan hasil simulasi program PSCAD/EMTDC V2.0 Power Simulation.
 - a. Analisis aliran daya aktif dan reaktif.
 - b. Analisis kualitas tegangan sistem.
4. Menarik kesimpulan.

1.6. Sistematika Penulisan

Penulisan dibagi dalam beberapa bab dan sub bab, sebagai sistematika penulisan skripsi ini adalah:

BAB I : PENDAHULUAN

bab ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

Pada bab ini diuraikan mengenai teori tentang sistem distribusi secara umum jenis-jenis jaringan transmisi dan kompensasi UPQC (Inteline Unified Power Quality Conditioner).

BAB III : PERBAIKAN KUALITAS TEGANGAN DENGAN INTERLINE UNIFIED POWER QUALITY CONDITIONER

Berisi pembahasan tentang perbandingan kualitas daya sistem yang menggunakan alat kompensasi UPQC dengan tanpa menggunakan kompensasi UPQC.

BAB IV : HASIL DAN ANALISA HASIL

Menguraikan tentang hasil simulasi dan menganalisa hasil simulasi

BAB V : PENUTUP

Berisi kesimpulan dan saran berdasarkan hasil simulasi.

BAB II

SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

2.1. Sistem Tenaga Listrik^[3]

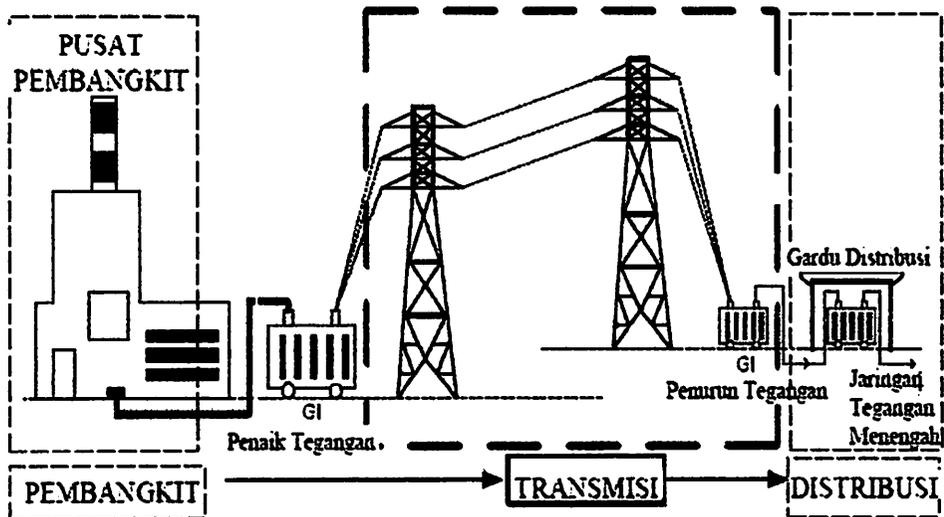
Sistem tenaga listrik merupakan suatu sistem yang terpadu yang terbentuk oleh hubungan-hubungan peralatan dan komponen komponen listrik. Sistem tenaga listrik ini mempunyai peranan utama untuk menyalurkan energi listrik yang dibangkitkan oleh generator ke konsumen yang membutuhkan energi listrik tersebut.

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

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

2.2. Sistem Distribusi Tenaga Listrik^[7]

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 2.1 Skema Penyaluran Sistem Distribusi Tenaga Listrik^[7]

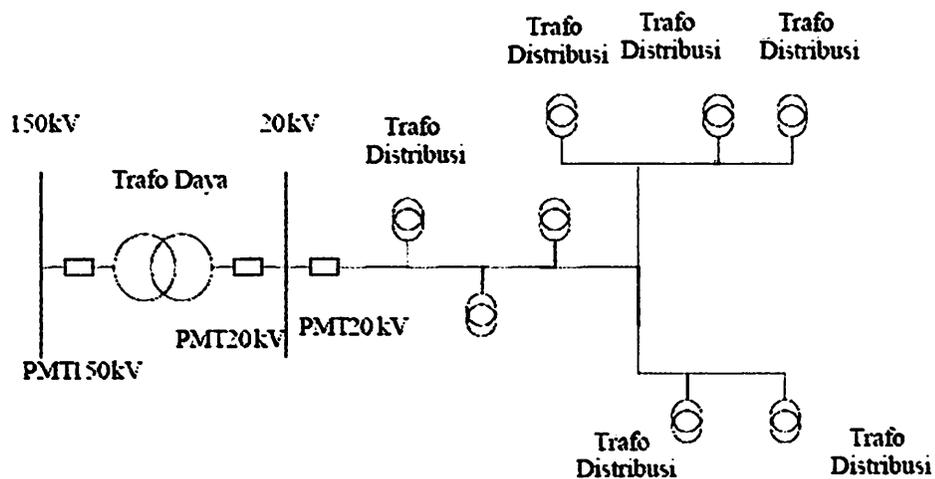
Tegangan sistem distribusi dapat dikelompokkan menjadi 2 bagian besar, yaitu distribusi primer (20KV) dan distribusi sekunder (380/220V). Jaringan distribusi 20KV sering disebut Sistem Distribusi Tegangan Menengah dan jaringan distribusi 380/220V sering disebut jaringan distribusi sekunder atau disebut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

2.3. Jaringan Pada Sistem Distribusi Primer.

Jaringan Pada Sistem Distribusi tegangan menengah (Primer, 20KV) dapat dikelompokkan menjadi lima model, yaitu Jaringan Radial, Jaringan hantaran penghubung (*Tie Line*), Jaringan Lingkaran (*Loop*), Jaringan Spindel dan Sistem Gugus atau Kluster.

2.3.1. Jaringan Radial.

Sistem distribusi dengan pola Radial seperti Gambar 2.2 Adalah sistem distribusi yang paling sederhana dan ekonomis. Pada sistem ini terdapat beberapa penyulang yang menyuplai beberapa gardu distribusi secara radial.



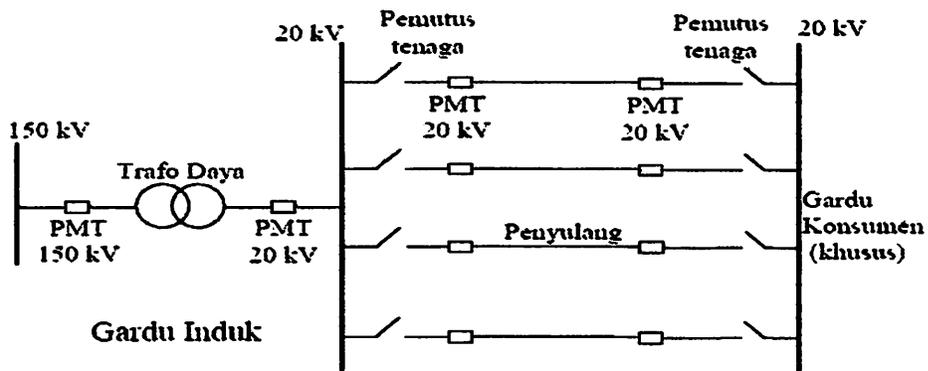
Gambar 2.2 Konfigurasi Jaringan Radial^[7]

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

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

2.3.2. Jaringan Hantaran Penghubung (Tie Line)

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

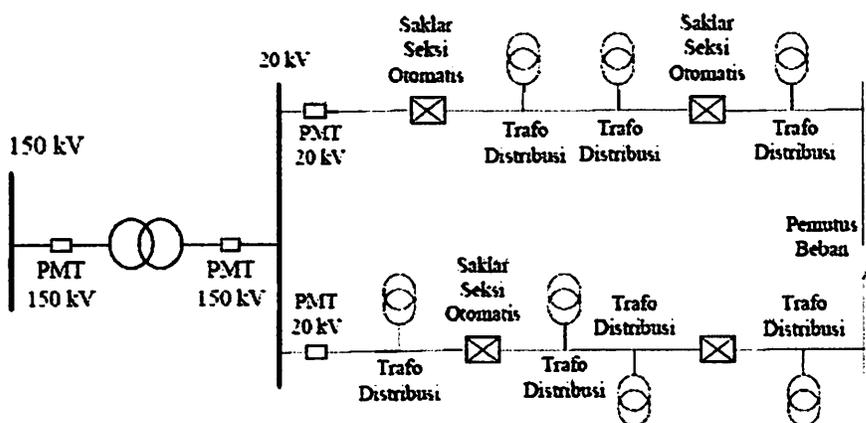


Gambar 2.3. Konfigurasi Jaringan Hantaran Penghubung^[7]

Sistem ini memiliki minimal dua penyulang sekaligus dengan tambahan Automatic Change Over Switch / Automatic Transfer Switch, setiap penyulang terkoneksi ke gardu pelanggan khusus tersebut sehingga bila salah satu penyulang mengalami gangguan maka pasokan listrik akan di pindah ke penyulang lain^[7].

2.3.3. Jaringan Lingkar (Loop)

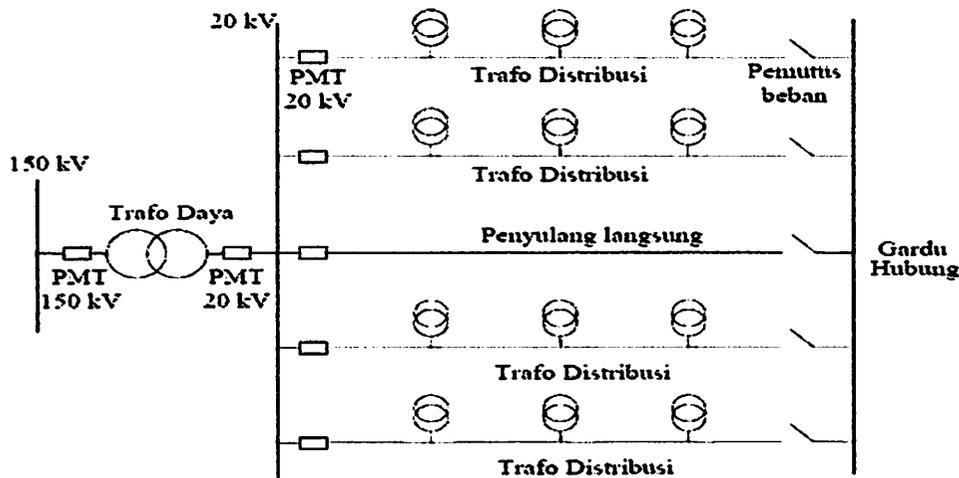
Pada Jaringan Tegangan Menengah Struktur Lingkaran (Loop) seperti Gambar 2.4. dimungkinkan pemasokannya dari beberapa gardu induk, sehingga dengan demikian tingkat keandalannya relatif lebih baik.



Gambar 2.4. Konfigurasi Jaringan Loop^[7]

2.3.4. Jaringan Spindel^[7]

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



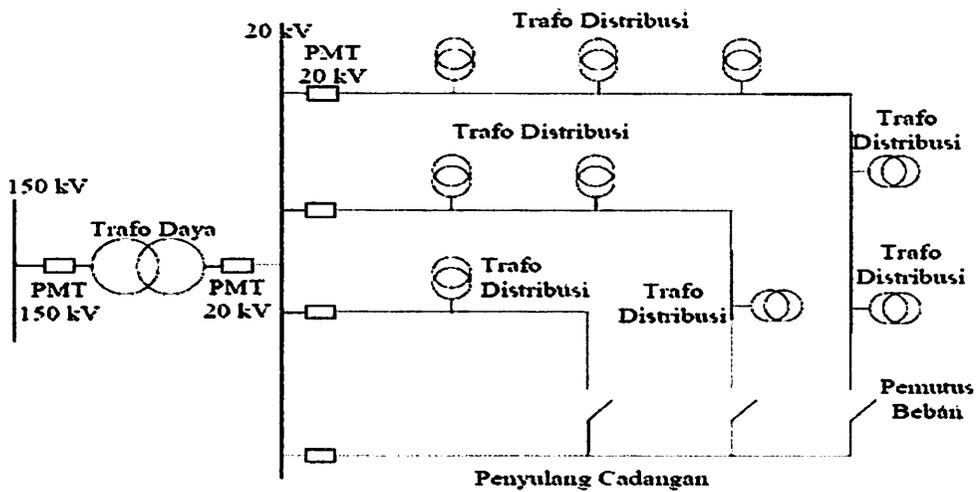
Gambar 2.5. Konfigurasi Jaringan Spindel^[7]

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

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

2.3.5. Sistem Gugus atau Sistem Kluster

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

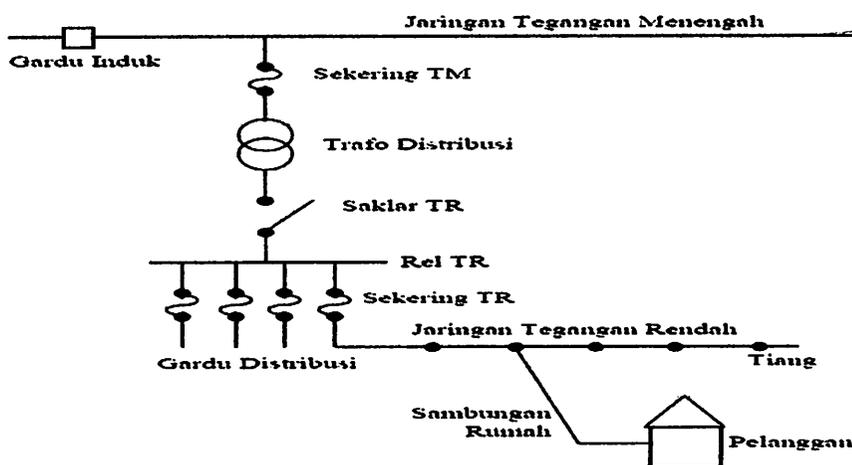


Gambar 2.6. Konfigurasi Jaringan kluster^[7]

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

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

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



Gambar 2.7. Hubungan tegangan menengah ke tegangan rendah dan konsumen^[7]

Melihat letaknya, sistem distribusi ini merupakan bagian yang langsung berhubungan dengan konsumen, jadi sistem ini selain berfungsi menerima daya listrik dari sumber daya (trafo distribusi), juga akan mengirimkan serta mendistribusikan daya tersebut ke konsumen. Mengingat bagian ini berhubungan langsung dengan konsumen, maka kualitas listrik selayaknya harus sangat diperhatikan.

Jatuh tegangan pada sistem distribusi mencakup jatuh tegangan pada:

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

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

2.5. Gangguan Dalam Sistem Tenaga Listrik

Pada dasarnya gangguan dalam sistem distribusi tenaga listrik dapat dibedakan menjadi dua bagian, yaitu gangguan yang bersifat sementara dan yang bersifat permanen, gangguan yang bersifat sementara atau *temporary* biasanya hanya terjadi dalam waktu yang sebentar, kemudian normal kembali. Sehingga apabila terjadi gangguan sementara maka diusahakan tidak sampai trip pada sistem secara keseluruhan, karena menyangkut 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 fasa merupakan jenis gangguan hubungan singkat simetris, sedangkan gangguan yang lain merupakan gangguan tidak simetris. Gangguan arus hubung singkat ini menyebabkan timbulnya arus yang sangat besar yang melewati kapasitas arus yang diijinkan, adapun akibat-akibat yang ditimbulkan dengan adanya gangguan hubung singkat tersebut:

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

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

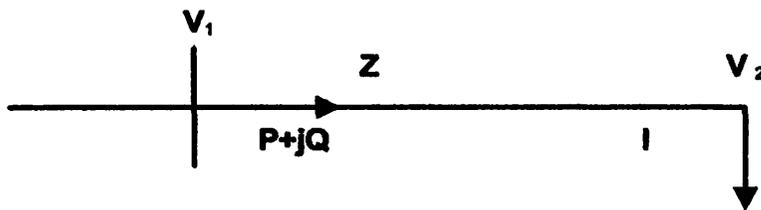
2. Gangguan hubung singkat tak simetris

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

2.6. Kualitas Tegangan^[6]

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 2.8 Aliran Daya Melalui Saluran Pendek^[2]

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

$$V_2 = V_1 - I.Z \dots\dots\dots(2.1)$$

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 :

$$I = \frac{P - jQ}{V_1} \dots\dots\dots(2.3)$$

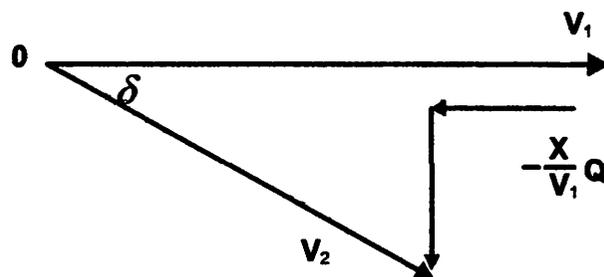
Substitusi persamaan (2.3) ke persamaan (2.1) diperoleh :

$$V_2 = V_1 - \left(\frac{P - jQ}{V_1}\right).Z \dots\dots\dots(2.4)$$

$$V_2 = V_1 - \left(\frac{jXP}{V_1} + \frac{XQ}{V_1}\right) \dots\dots\dots(2.5)$$

$$V_2 = V_1 - \frac{X}{V_1}Q - j\frac{X}{V_1}P \dots\dots\dots(2.6)$$

Persamaan diatas dapat dilihat dalam bentuk gambar sebagai berikut :



Gambar 2.9 Perubahan Tegangan Sebagai Fungsi Aliran Daya Reaktif^[2]

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.

2.7. Kualitas Daya Elektrik^[2]

2.7.1. 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^[6].

Gangguan pada kualitas daya elektrik dapat dikategorikan sebagai berikut:

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

4. Fluktuasi Tegangan : Gangguan ini disebabkan oleh adanya fliker dan gangguan tidak seimbang.

Dengan semakin tingginya biaya atau tarif listrik, maka tuntutan keandalan kualitas daya listrik menjadi pertimbangan utama. Kualitas daya listrik sangat dipengaruhi oleh penggunaan jenis-jenis beban tertentu, salah satunya pemakaian beban non linier. Dengan adanya pengoperasian beban seperti ini maka akan menghasilkan kualitas tegangan yang buruk dan dampaknya mempengaruhi kualitas daya, sehingga menimbulkan banyak kerugian-kerugian. Untuk mendapatkan kualitas tenaga listrik yang baik, maka perlu dilakukan langkah-langkah perbaikan kualitas daya, yaitu dengan cara melakukan audit *power quality* guna menentukan langkah-langkah serta upaya yang tepat untuk mengurangi kualitas tegangan yang buruk, contohnya dengan menggunakan alat kompensasi. Sehingga kerugian dapat diminimalkan agar kualitas tenaga listrik dapat optimal sehingga kontinuitas pelayanan semakin terjaga^[6].

2.7.2. Variasi Tegangan^[3]

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 kecepatannya. 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.

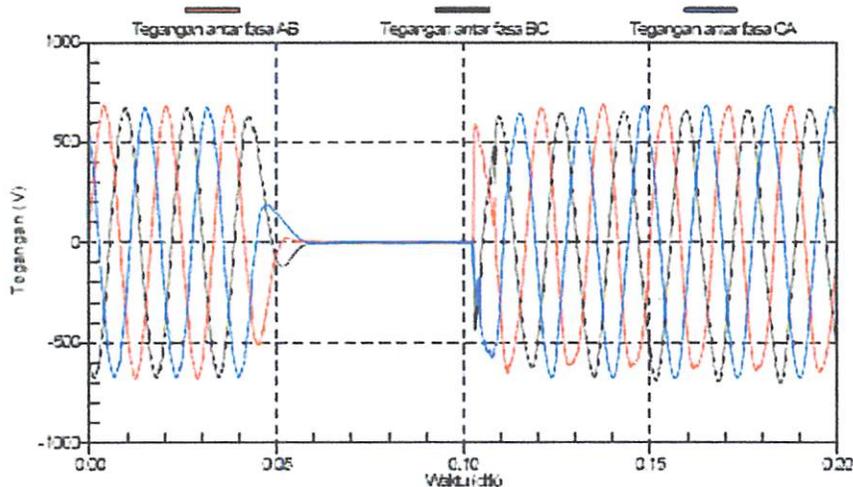
2. Variasi tegangan Durasi pendek

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 tau 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 utylity ditentukan waktu operasi dari peralatan proteksi utility.



Gambar. 2.10 Profil Tegangan Interupsi Sesaat pada Sisi Pemakai^[3]

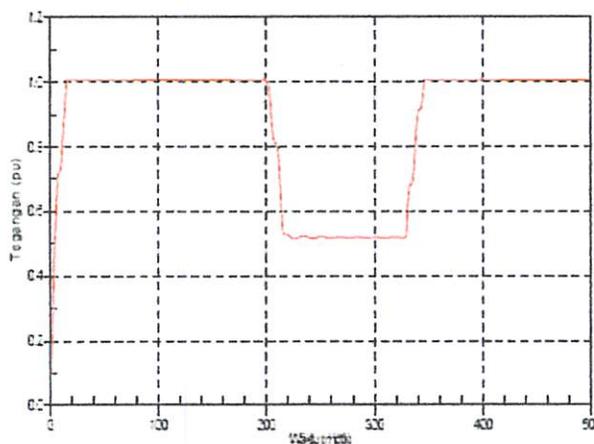
Penutupan sesaat (*instantaneous reclosing*) umumnya akan membatasi interupsi yang disebabkan oleh gangguan tidak permanen lebih kecil dari 30 siklus. Penundaan penutupan dari peralatan proteksi dapat menyebabkan interupsi temporer. Durasi interupsi yang disebabkan oleh gagal berfungsinya peralatan atau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

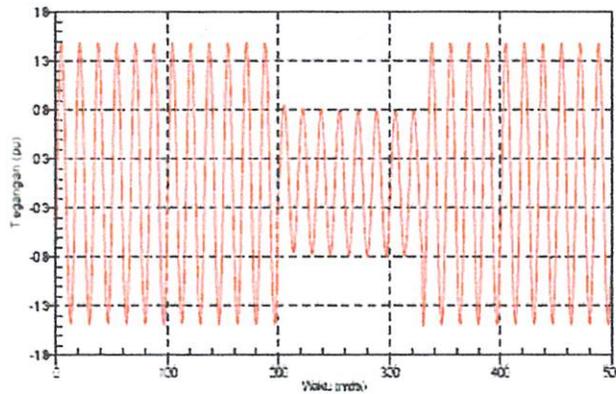
Penurunan tegangan (*sag*) merupakan penurunan tegangan *rms* sesaat berkisar antara 0.1 pu hingga 0.9 pu pada frekuensi daya dengan durasi antara 0.5 siklus hingga 1 menit. Variasi tegangan seperti penurunan tegangan dan interupsi tegangan temporer merupakan dua masalah kualitas daya yang sangat penting 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 enerjisasi beban-beban berat atau pengasutan motor induksi yang besar. Gambar 18a berikut ini memperlihatkan variasi penurunan tegangan yang disebabkan oleh gangguan fasa ke tanah (SLG) pada feeder lain di *substasion* yang sama.



Gambar. 2.11

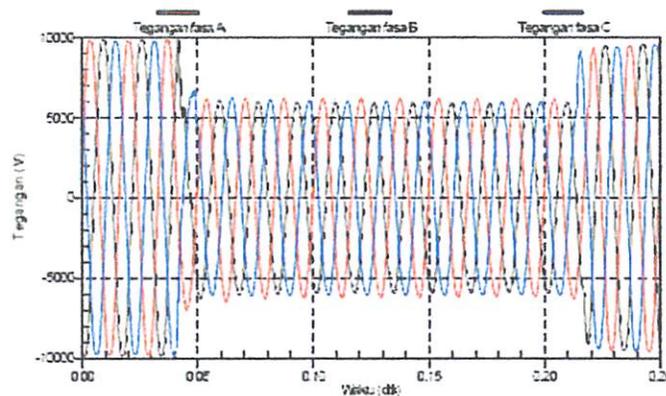
Profil Variasi Tegangan RMS Saat Terjadi Gangguan Fasa ke Tanah^[3]

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



Gambar. 2.12 Profil Tegangan karena Gangguan Fasa ke Tanah^[3]

Penurunan tegangan juga dibagi dalam tiga kategori, yaitu penurunan tegangan sesaat, penurunan tegangan sementara dan penurunan tegangan temporer. Gambar 2.13 berikut ini memperlihatkan profil penurunan tegangan yang disebabkan oleh gangguan yang terjadi pada lokasi yang jauh.



Gambar. 2.13

Profil Tegangan (*Sag*) karena adanya Gangguan pada Tempat yang Jauh^[3]

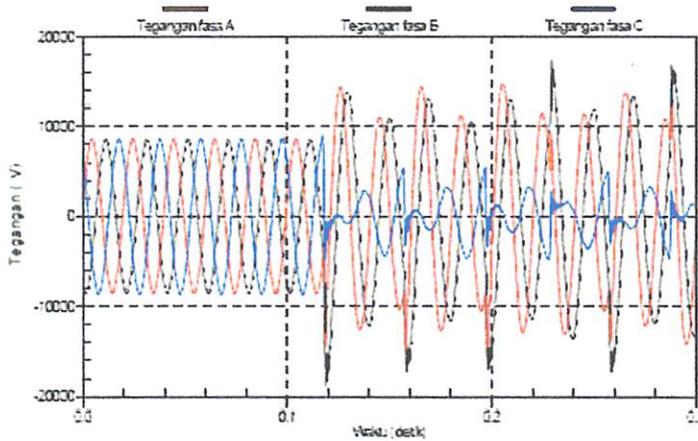
c. Kenaikan Tegangan (*Swell*)

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) didefenisikan 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 2.14 berikut ini memperlihatkan profil kenaikan tegangan yang terjadi pada fasa yang tidak terganggu pada gangguan satu fasa ke tanah pada suatu feeder distribusi.



Gambar. 2.14

Profil Kenaikan Tegangan pada Dua Fasa karena Adanya Gangguan Satu Fasa ke Tanah^[2]

2.7.3. Besar Jatuh Tegangan (*Drop Voltage*)^[8]

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:

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

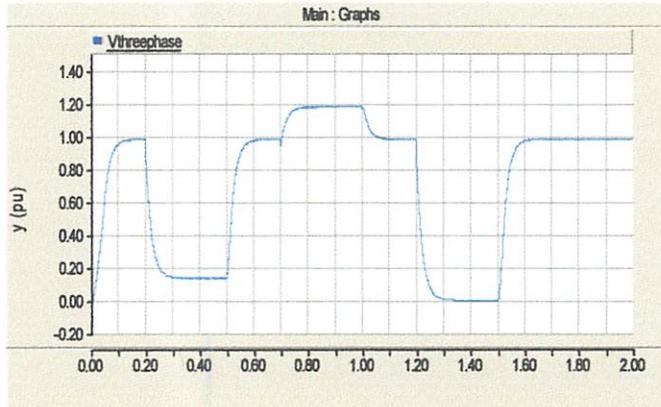
Dengan,

V_k = nilai mutlak tegangan ujung kirim

V_t = nilai mutlak tegangan ujung terima

2.7.4. *Voltage Sag* dan *Voltage Swell*^[3]

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*.

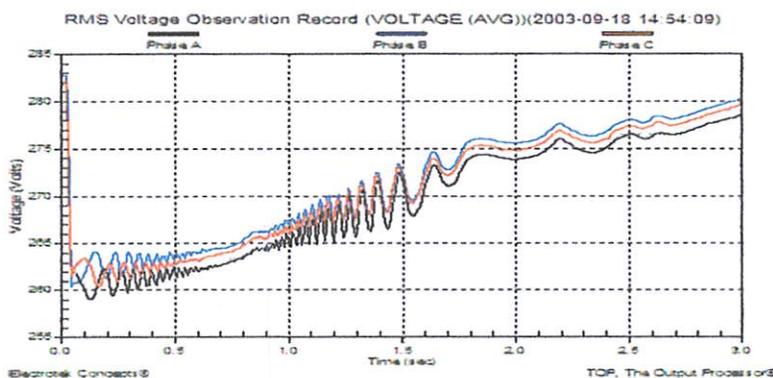


Gambar. 2.15 Ilustrasi *Voltage Sag* dan *Voltage Swell*^[3]

2.7.5. 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.



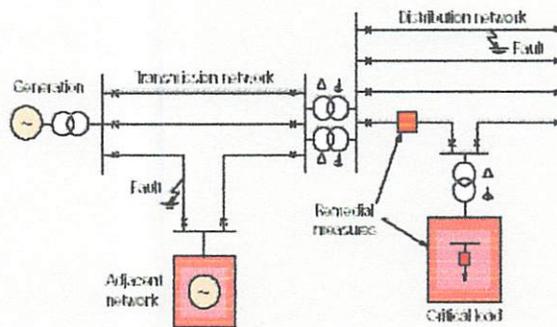
Gambar 2.16 Ilustrasi *Voltage Sag* Gambar di atas menunjukkan suatu besaran rms *voltage sag* untuk suatu peristiwa *motor starting*. Peristiwa ini direkam dengan *Dranetz-BMI 5530 Data Node*^[5].

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

Besaran *voltage sag* tergantung pada

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

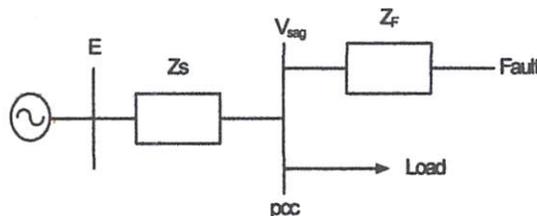
Terjadinya *Voltage Sag* akibat *fault* dapat diilustrasikan pada Gambar 2.17



Gambar. 2.17 Gambaran Terjadinya *Voltage Sag*^[2]

2.7.6. 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 2.16



Gambar. 2.18

Model Pembagi Tegangan untuk *Voltage Sag* dan *Voltage Swell*^[2]

Dari Gambar 2.16 diatas dilihat adanya 2 impedansi yaitu; Z_s (impedansi sumber pada titik kopling bersama) dan Z_f (impedansi antara titik kopling bersama dan gangguan).

2. Saat de-energisasi kapasitor
3. Gangguan hubung singkat
4. Pengoperasian pemutus elektrik
5. Umumnya karena adanya kelebihan tenaga

Besaran pokok yang terganggu pada

1. Lokasi gangguan
2. Tipe gangguan satu- dan dua-fasa ditimbulkan atau tidak ditimbulkan
3. Impedansi gangguan / resistansi

Terjadinya tenaga sag akibat yang dapat ditunjukkan pada Gambar 2.17

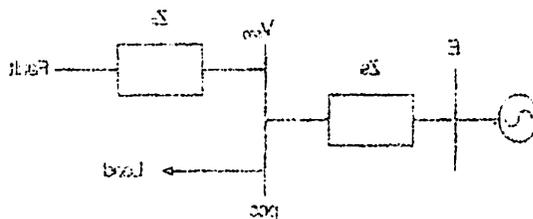


Gambar 2.17 Gambaran Terjadinya Tenaga Sag

2.7.6. Perhitungan Nilai Tenaga Sag dan Tenaga Swak Sistem

Untuk menghitung besaran tenaga sag dan tenaga swak pada sistem radial dapat

dilihat pada contoh model yang ditunjukkan pada Gambar 2.18



Gambar 2.18

Model Pembagi Tegangan untuk Tenaga Sag dan Tenaga Swak

Dari Gambar 2.18 diatas dilihat adanya 2 impedansi yaitu Z_s (impedansi sumber pada titik kopling bersama) dan Z_f (impedansi antara titik kopling bersama dan gangguan).

Titik kopling bersama (*point of common coupling* atau PCC) adalah titik dimana cabang-cabang arus beban dalam posisi off dari arus gangguan. Jadi besaran kedip tegangan dinyatakan dengan persamaan:

$$V_{sag} = \frac{Z_F}{Z_s + Z_F} \cdot E \dots\dots\dots(2.8)$$

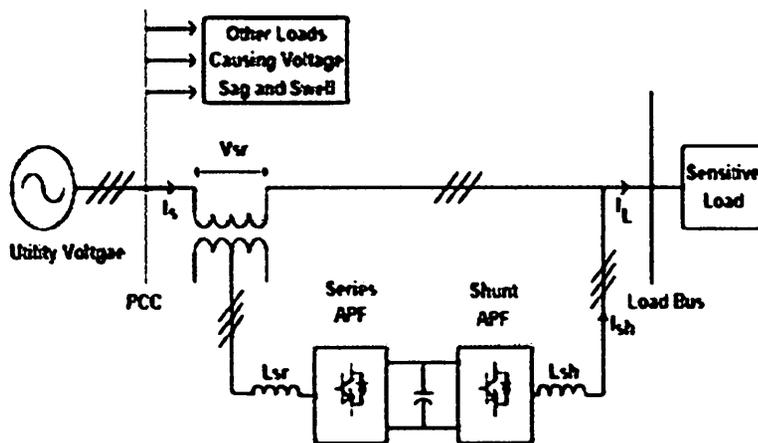
Persamaan 1 dapat digunakan untuk menghitung besaran *voltage sag* sebagai fungsi dari jarak terhadap gangguan. Karenanya dinyatakan $Z_F = Z \cdot L$, dimana Z adalah impedansi dari saluran per unit panjang dan L adalah jarak antara kesalahan dan PCC. Besaran kedip tegangan sebagai fungsi dari jarak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

$$V_{sags} = \frac{zL}{Z_s + zL} \cdot E \dots\dots\dots(2.9)$$

Perhitungan nilai *voltage sag* di atas juga dapat diterapkan untuk perhitungan *voltage swell*^[5].

2.8. *Interline Unified Power Quality Conditioner*^[11]

Interline Unified Power Quality Conditioner, merupakan konsep baru suatu kompensator yang dapat memperbaiki kualitas daya dalam system tenaga listrik. Selain itu juga kompensator IUPQC ini dapat mengkompensasi kerugian daya reaktif, arus harmonik, *voltage sag dan swell*, ketidak seimbangan tegangan, dan gangguan tegangan (*voltage interruption*). Keandalan dari suatu sistim dapat dianalisa memakai simulasi-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, hampir pada instalasi di sistem distribusi daya dan sistem daya industry pada umumnya. IUPQC, adalah kombinasi filter daya aktif shunt dan series (APF), adalah solusi terbaik untuk mengurangi *voltage sag dan swell* di jaringan distribusi. Analisis itu didasarkan pada daya aktif dan reaktif yang mengalir bersama filter daya shunt dan series (APF), dimana di dalam series APF juga dapat menyerap atau mengirim daya aktif sedangkan daya reaktif secara total ditangani oleh shunt APF sendiri dalam semua kondisi.



Gambar. 2.19 Skema Interline Unified Power Quality Conditioner^[1]

2.9. Sistem Pengendalian PWM Sinusoida^[6]

2.9.1. 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 tagangan tinggi pada pengontrol keluaran. Frekwensi *Switching* ditetapkan pada 450 Hz, $M_f = 9$, dan kasus pengujian dilakukan pada jaringan yang stabil. Sudut modulasi diterapkan pada pembangkit sinyal PWM pada fasa A. Untuk fasa B dan C dengan pergeseran berturut-turut 120° dan 240° .



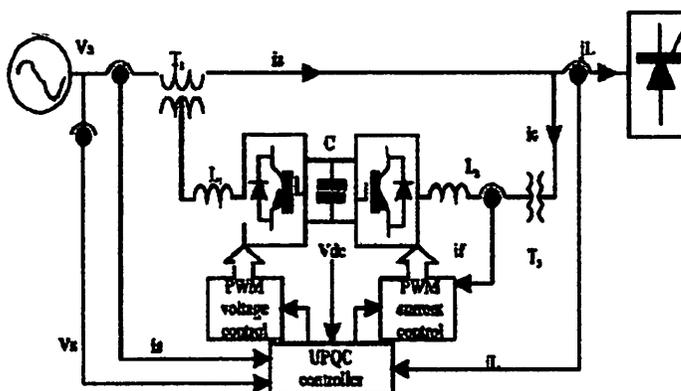
Gambar 2.19 Skema Inverter Unified Power Quality Conditioner

2.9. Sistem Pengendalian PWM sinusoidal

2.9.1. PWM sinusoidal

Geombang sinusoidal pada tiga fase VSC dikendalikan dengan teknik PWM. Rencananya kendali berdasarkan PWM ditunjukkan pada bagian ini. Tujuan rencana kendali adalah untuk memastikan waktu-waktu tegangan konstan suatu beban sesuai sistem kendali mengukur tegangan rms di titik beban. Teknik dibuktikan penggunaan daya efektif strategi penyaksakan VSC adalah didasarkan pada suatu teknik PWM sinusoidal yang sebelumnya dan memberikan respon yang baik. Metode PWM menggunakan 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 suatu penandaan yang diperlukan (δ) untuk membandingkan kesalahan ini menjadi nol. Dalam generator PWM, kendali sinyal sinusoidal adalah pulse-width modulated dengan suatu sudut δ. Sinyal yang diatur dibandingkan dengan suatu sinyal referensi (v_{ref}) dalam rangka menghasilkan sinyal penyaksakan untuk VSC. Parameter utama dalam rencana sinusoidal PWM adalah indeks modulasi (m) pada sinyal V_{max} dan sinyal segi tiga pada indeks modulasi (m). Indeks Amplitude m_a dipertimbangkan tetap pada 1 dan dalam hal ini memproyeksi komponen dasar tegangan (ggg) pada pengontrol keluaran. Frekuensi switcing ditetapkan pada 450 Hz. V_{ref} dan konus pengujian dilakukan pada jaringannya yang stabil. Suatu modulasi dilakukan pada pembangkitan sinyal PWM pada fase A untuk fase 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.



Gambar. 2.20 Diagram Rangkaian Kontrol PWM dengan IUPQC^[1]

2.9.2. Aksi Kontrol PWM Sinusoida Terhadap IUPQC

Prinsip dari IUPQC adalah menerima dan memproses sinyal *error* dari sumber. Hasilnya kemudian dimasukkan ke PWM *Voltage Source Converter* tiga fasa pada rangkaian utama. Dari hasil perhitungan arus referensi yang dihasilkan oleh sinyal *error* antara tegangan beban dengan tegangan referensi. Jadi sinyal yang diolah oleh PWM merupakan sinyal referensi yang diperoleh dari hasil perhitungan tersebut. Sinyal referensi ini kemudian dimodulasikan dengan sinyal *carrier* (*triangular wave*) yang berupa sinyal gigi gergaji (*saw tooth*). Sinyal *error* ini berbentuk sinusoidal yang dimodulasikan dengan sinyal gigi gergaji sebagai sinyal *carrier*. *Output* dari PWM di atas digunakan untuk mentrigger rangkaian *switching* yang terdiri atas 6 IGBT tiap fasa terdiri dari 2 IGBT.

2.10. Aksi Kontrol Proporsional Integral (PI)^[1]

2.10.1. 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*, *Nyquiste*, dan sebagainya. Pada tahun 1922, *Minorsky* membuat kontroler otomatis untuk mengendalikan pengemudian kapal dan menunjukkan cara menentukan kestabilan dari persamaan differensial yang melukiskan sistem. Pada tahun 1932 *Nyquis* mengembangkan suatu prosedur yang relatif sederhana untuk menentukan kestabilan sistem loop tertutup pada basis sistem loop terbuka terhadap masukan tunak (*steady state*) sinusoida. Pada tahun 1934 *Hazen*, yang memperkenalkan istilah servomekanis untuk sistem kontrol posisi, membahas desain servomekanis relay yang mampu mengikuti dengan baik masukan yang berubah. Selama dasawarsa 1940-an, metode respon frekuensi memungkinkan para insinyur untuk mendesain sistem kontrol linier berumpan balik yang memenuhi persyaratan kinerja. Metode respon frekuensi dan tempat kedudukan akar, yang merupakan inti teori kontrol fisik, akan membawa sistem yang stabil dan memenuhi seperangkat persyaratan kinerja yang hampir seimbang.

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

disuatu penggilingan minyak tidak mungkin dapat dijalankan tanpa bantuan fungsi sistem dari pengendalian.

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

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

2.10.2. Prinsip-Prinsip Pengendalian Proses

Dalam pengendali proses, operator mengerjakan empat langkah sebagai berikut: *Mengukur, Membandingkan, Menghitung dan Mengoreksi*. Keempat langkah yang dilakukan operator itu, seluruhnya dapat dikerjakan oleh instrumentasi. Manusia kemudian sama sekali tidak menentukan keempat langkah tadi. Operator hanya perlu menentukan besarnya *set point*, dan semuanya akan dikerjakan secara otomatis oleh instrument. Sistem pengendali semacam inilah yang disebut sistem pengendali otomatis (*automatik control system*). Keempat tahap pengendaliannya, sepenuhnya dilakukan oleh instrumentasi. Mata rantai pengendalinya kemudian disebut mata rantai tertutup, dan sistemnya juga disebut sistem pengendalian tertutup atau *sistem closed loop*.

2.10.3 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

disebut pengalihan mindak tidak mungkin dapat dilakukan tanpa bantuan fungsi sistem dan pengendalian.

Ada banyak parameter yang harus dikendalikan di dalam suatu proses. Parameter yang paling umum adalah tekanan (pressure) adalah suatu pipa aliran (flow) didalam pipa, suhu temperatur di unit proses seperti flow controller, atau pemukiman air (level) disebuah tangki. Ada beberapa parameter lain dalam konsep parameter diatas yang cukup penting dan perlu dikendalikan karena kebutuhan spesifik proses diantaranya: PH di industri petrokimia, over dan under dilubang minyak mentah, wama produksi suatu fasilitas pemecahan gas (NGL) dan sebagainya.

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

Kebanyakan ilmu tersebut berhubungan satu dengan yang lain, dimana keduanya mempunyai hirarki yang berbeda. Pembahasan tentang ilmu proses control sistem lebih dipusatkan pada kerja sistem, sering kali diperlukan penjelasan mengenai alat kerja.

2.10.2. Prinsip-Prinsip Pengendalian Proses

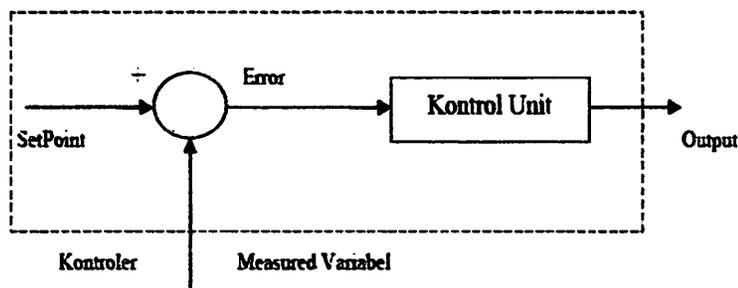
Dalam pengendali proses, operator mengerjakan empat langkah sebagai berikut: Mengukur, Membandingkan, Mengambil keputusan dan Mengontrol. Keempat langkah yang dilakukan operator ini selanjutnya dapat dikemukakan oleh instrumentasi. Maksud kemudian sama sekali tidak menentukan keempat langkah tadi. Operator hanya perlu menentukan besaran yang akan dikendalikan secara otomatis oleh instrument. Sistem pengendali semacam inilah yang disebut sistem pengendali otomatis (automatic control system). Keempat tahap pengendaliannya selanjutnya dilakukan oleh instrumentasi. Maksud pengendaliannya kemudian disebut mata rantai terapan, dan sistemnya juga disebut sistem pengendalian terapan (applied control system).

2.10.3. Prinsip Kerja Pengendali

Ada tiga jenis pengendali kontrol, yaitu pengendali proporsional (P), integral (I), dan pengendali diferensial (D). Karena kelainan

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 kontinu 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.



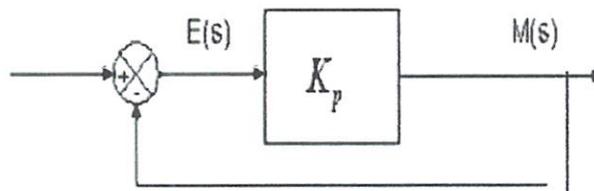
Gambar. 2.21 Kontroler dan Diagram Kotaknya^[6]

2.10.4. Pengendali Proporsional (*Proporsional Controller*)^[6]

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 2.20. 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. 2.22 Diagram Blok Kontroler Proporsional^[6]

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 :

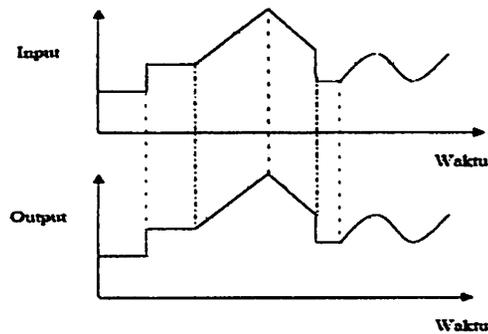
$$PB = \frac{1}{K_p} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2.10)$$

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 3.7 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. 2.23 Response Sebuah Pengendali Proporsional^[6]

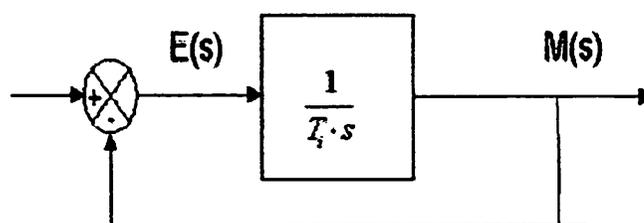
Contoh pengendali integral proporsional yang mudah ditemui dalam kehidupan sehari-hari adalah pengisian tangki penampung air di kloset. Hal yang perlu diperhatikan pada contoh ini adalah bahwa kontrol unit di contoh bekerja secara proporsional. Artinya, koreksi dalam hal ini buka tutupnya *control valve*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

2.10.5. Pengendali Integral (*Integrator Controller*)^[6]

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 3.8 menunjukkan blok diagram antara kesalahan dengan keluaran suatu kontroler integral.



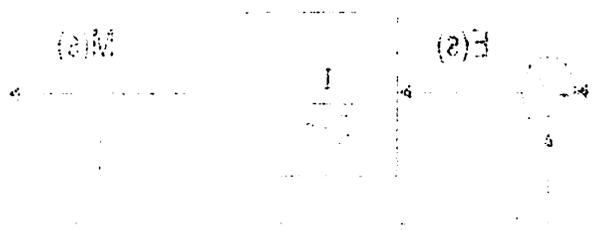
Gambar. 2.24 Blok Diagram Kontroler Integral^[6]

2.10.6. Pengendali Proporsional Integral (*PI Controller*)^[6]

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

integral. Integral ini adalah pengendalian (error) sama dengan nol. Pengendalian yang menggunakan kriteria ini adalah pengendalian integral. Integral ini

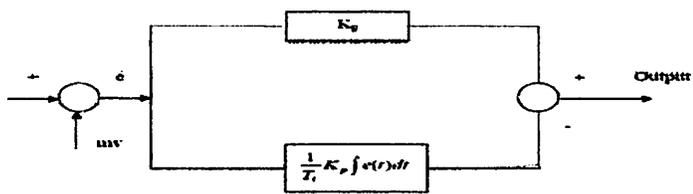
Kontroler integral bertujuan menghasilkan respon sistem yang memiliki kesalahan keadaan mantap nol. Kalau sebuah plant tidak memiliki unsur awyawa (IA), kontroler proporsional tidak akan mampu menjamin ketahanan sistem dengan kesalahan keadaan mantapnya nol. Dengan kontroler integral, respon sistem dapat diperbaiki yaitu mempunyai kesalahan keadaan mantapnya nol. Kontroler integral memiliki karakteristik seperti halnya sebuah integral. Kalau kontroler sangat dipengaruhi oleh perubahan yang sebanding dengan nilai sinyal kesalahan. Kalau kontroler ini merupakan jumlah yang terus menerus dari perubahan masa-lampau. Kalau sinyal kesalahan tidak mengalami perubahan, keluaran akan menjadi keadaan seperti sebelum terjadinya perubahan masukan. Gambar 3.8 menunjukkan blok diagram antara kesalahan dengan ketahanan suatu kontroler integral.



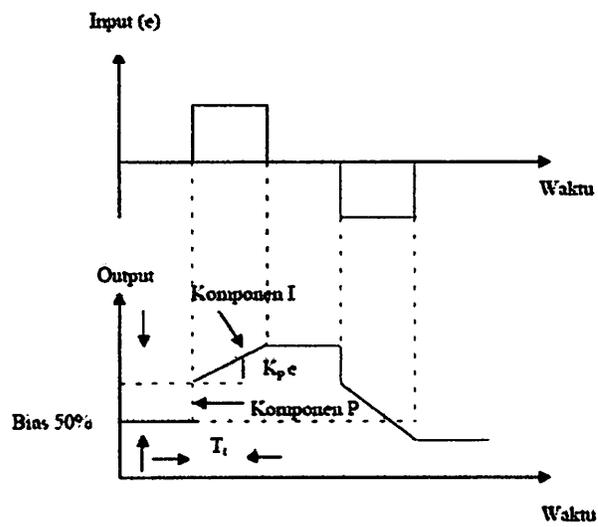
Gambar 3.8 Blok Diagram Kontroler Integral

3.10.6. Pengendalian Proporsional Integral (PI Controller)

Karena sifatnya yang tidak mengeliminasi awyawa sebelum waktu tertentu, pengendalian integral jadi memperburuk respon waktu dinamis awyawa. Untuk memperbaiki lamanya respon, awyawa integral dipasangi paralel dengan pengendalian proporsional seperti (gambar 3.10). Dengan cara pengendalian tersebut lama disebut dengan pengendalian PI atau kontroler dan pengendalian dikatakan punya dua mode, yaitu P dan I.



Gambar. 2.25 Diagram Kotak Pengendali PI^[6]



Gambar. 2.26 Hubungan Input-Output Pengendali PI dalam Fungsi Waktu^[6]

BAB III

PERBAIKAN KUALITAS TEGANGAN DENGAN INTERLINE UNIFIED POWER QUALITY CONDITIONER

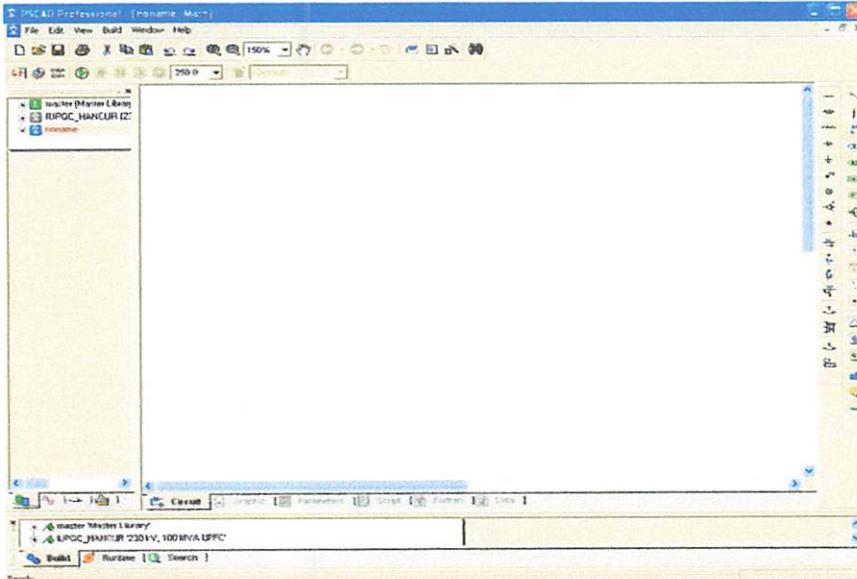
3.1. *Software PSCAD/EMTDC V 4.2 Power Simulation*

PSCAD (*Power System CAD*) adalah *graphical user interface* yang sangat baik dan fleksibel. PSCAD memungkinkan pengguna menggambar mengkonstruksi sebuah rangkaian, menjalankan sebuah simulasi, analisa hasil dan manajemen data terintegrasi secara lengkap. Penggambaran, pengontrolan dan pengukuran juga tersedia, jadi pengguna dapat mengubah parameter sistem, menjalankan simulasi dan melihat hasil secara langsung. Dibawah ini adalah model umum yang terdapat di dalam studi sistem menggunakan PSCAD/EMTDC:

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

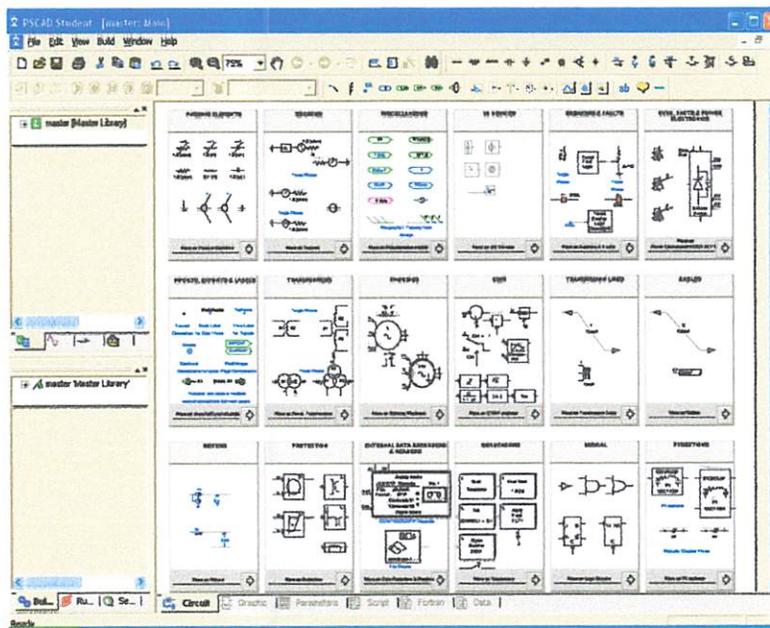
3.2. Memulai *PSCAD/EMTDC Power Simulation*

Tampilan Utama *PSCAD Power Simulation* adalah sebagai berikut :



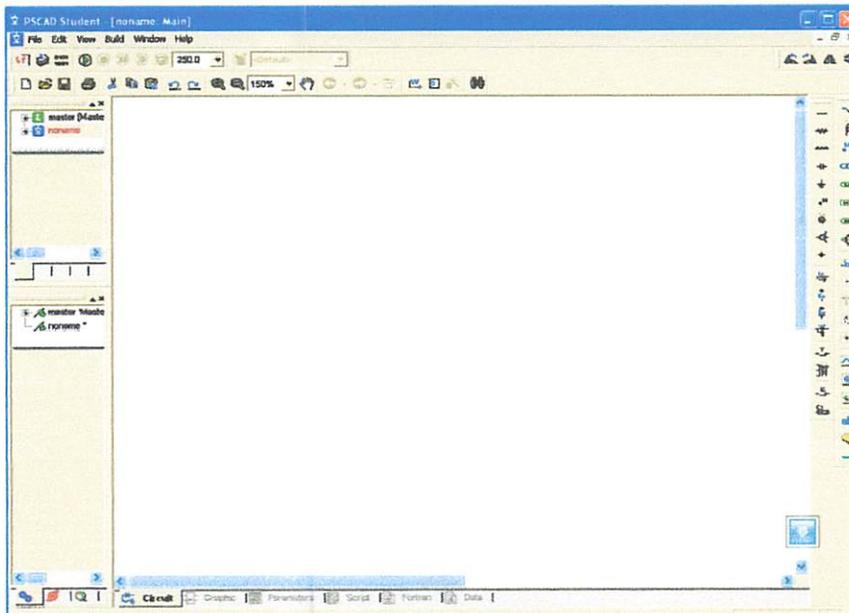
Gambar 3.1 Tampilan utama *Software PSCAD/EMTDC Power Simulation*

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



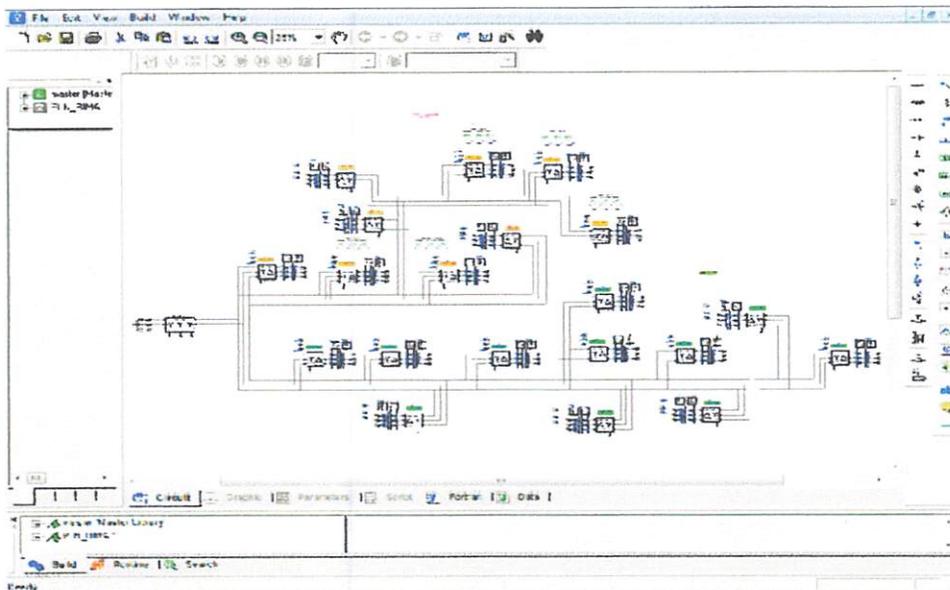
Gambar 3.2. Tampilan *Master Library*

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



Gambar 3.3 Tampilan Modul Utama

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

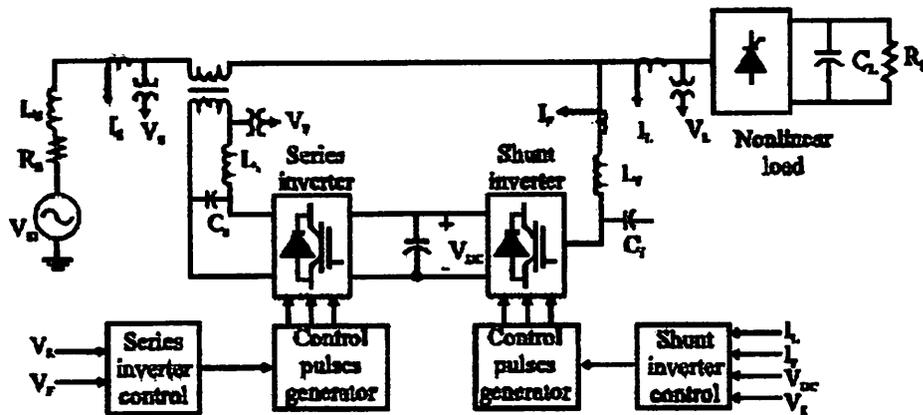


Gambar 3.4 Tampilan *Single Line* Penyulang Bima

3.3. Peralatan Kompensator *Interline Unified Power Quality Conditioner (IUPQC)*^[11]

Interline Unified Power Quality Conditioner merupakan pengontrol yang biasanya digunakan untuk meminimalisasikan masalah kualitas daya seperti *Voltage Sag* yang dipasang di Bus antara sumber dan beban. IUPQC adalah gabungan dua kompensator yang dipisahkan oleh DC Link yaitu *Series Inverter* dan *Shunt Inverter* dimana *series* biasanya bekerja pada bagian yang sama dengan *Shunt Inverter* dimana Trafo penghubung dihubungkan secara urut dengan system arus bolak-balik seperti terlihat pada Gambar (3.5). Adapun rangkaian pengontrol IUPQC terdiri dari tiga bagian yaitu:

1. Shunt inverter control
2. DC link voltage control
3. Series inverter control



Gambar. 3.5 Blok Diagram Control IUPQC^[1]

3.3.1. Shunt Inverter Control

Pada blok diagram control shunt inverter menggunakan referensi teori dari beban seimbang dimana pada beban terdiri dari arus seimbang yaitu i_a, i_b dan i_c . Pengukuran arus dari beban ditransfer ke dalam d-q-o yang menggunakan fungsi-fungsi sinusoidal melalui d-q-o untuk acuan (*synchronous*) ke bagian sinusoidal. fungsi-fungsi tersebut didapatkan lewat *grid voltage* dengan menggunakan PLL. Di sini, arus-arus yang dibagi menjadi dua komponen AC dan DC.

$$i_{1d} = \bar{i}_{1d} + \hat{i}_{1d}, \quad i_{1q} = \bar{i}_{1q} + \hat{i}_{1q}$$

Pada arus aktif I dan i_q arus reaktif, sedangkan elemen AC dan DC diperoleh dari Low pass filter. Dengan menggunakan *controlling Algorithm* dapat mengoreksi factor daya dan mengkompensasi komponen semua arus harmonic pada suatu system dengan pembangkit arus referensi dan dirumuskan:

$$\ddot{i}_{1d} = \ddot{i}_{1d}^*, \quad \ddot{i}_{1q} = \ddot{i}_{1q}^*$$

Disini arus system :

$$i_{1d} = \bar{i}_{1d}, \quad i_{1q} = 0$$

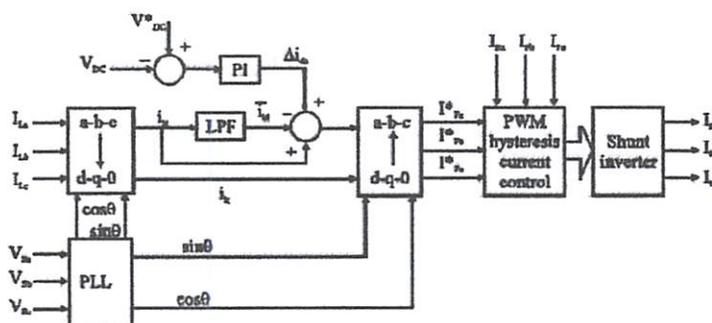
Kerugian switching dan daya penerima dari DC link capacitor melalui series inverter dapat berkurang sesuai nilai rata-rata pada bus tegangan DC tersebut. Pada penyimpangan (*distortion such*) yang lain seperti ketidakseimbangan beban dan perubahan mendadak pada

arus beban yang mengakibatkan oscilasi pada bus tegangan DC. Untuk mencari kesalahan (*error*) diantara nilai yang terukur dan diukur dan nilai tegangan kapasitor yang diinginkan maka digunakan controller PI dimana dapat mengendalikan signal yang digunakan oleh control arus system didalam sumber tegangan *shunt inverter* dimana sebagai stabilizer tegangan kapasitor DC yang diterima dari daya saluran (*power grid*). Δi_{dc} keluaran dari

pengontrol PI ditambahkan untuk komponen q arus referensi dan arus referensi menjadi:

$$\dot{i}_{rd}^* = \dot{i}_{rd} + \Delta i_{rd} \quad ; \quad \dot{i}_{cq}^* = i_{cq}$$

Arus acuan yang dikirimkan ke dalam bagan a-b-c melalui konversi balik referensi ke dalam bagan acuan (*synchronous*) oleh arus referensi yang timbul i_{fa}^* , i_{fb}^* dan i_{fc}^* dan dibandingkan dengan arus keluaran dari shunt inverter i_{fa}^* , i_{fb}^* dan i_{fc}^* didalam PWM. Sehingga arus controller yang diperlukan oleh pengendali control pulsa adalah sama dengan yang dihasilkan oleh PWM, kemudian arus yang diperlukan itu mengkompensasi arus kemudian oleh inverter digunakan untuk menghasilkan signal gerbang daya pensaklaran (*power switch gates*).

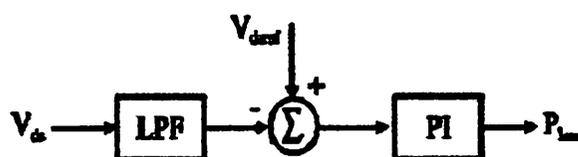


Gambar. 3.6 Blok Diagram Shunt Inverter Control^[1]

3.3.2. 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 shunt inverter dengan cara tegangan DC kapasitor distabilkan dengan menerima daya aktif yang diperlukan dari saluran. Regulasi yang tepat didalam parameter pengendalian yang proposional sangat berperan penting untuk kontrol tegangan DC yang diterima. Terlalu banyak peningkatan

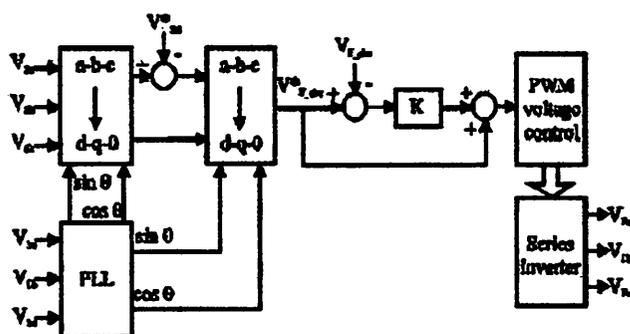
pengendali proporsional dapat menguntungkan yang melebihi ketidakstabilan control system dan sebaliknya pengurangan peningkatan pengendali proporsional dapat mempengaruhi kecepatan didalam control system tersebut. Keuntungan pemakaian *integral control* yang tepat untuk mengoreksi kesalahan secara *steady state* dapat menghasilkan pengendalian tegangan yang mantap didalam system tersebut. Jika pemilihan keuntungan ini bernilai besar maka nilai kesalahan yang timbul didalam *steady state* secara cepat dapat dikoreksi dan jika terjadi kelebihan dalam pengendalian tegangan tersebut didapat nilai akhir yang melebihi dari nilai respon system tersebut



Gambar. 3.7 Blok Diagram DC Link Voltage Control^[1]

3.3.3. Series Inverter Control

Strategi pengendalian tegangan yang seimbang (sinusoidal) pada beban secara umum diusulkan oleh salah satu rangkaian series IUPQC. Disini rangkaian series secara terkendali dapat mengkompensasi semua *voltage distortion* dan menjaga keseimbangan tegangan *simusoidal* beban 3 phasa. Untuk penjelasan hal ini menerapkan teori keseimbangan beban ^[5]. Didalam metode ini nilai yang diinginkan dari tegangan fasa beban yang disimbolkan d dan q kemudian dibandingkan nilai tegangan beban dan hasil nilai tersebut digunakan sebagai referensi signal oleh *series inverter control*.



Gambar. 3.8 Blok Diagram Series Inverter Control^[6]

3.4 Kompensasi IUPQC Pada Sistem Distribusi 20 kV

3.4.1. Sistem Distribusi Tanpa Kompensasi IUPQC

Hampir semua beban dalam sistem tenaga listrik didominasi oleh beban-beban induktif seperti motor-motor listrik, inverter, UPS dan masih banyak lagi peralatan yang menggunakan komponen-komponen induktif yang berakibat menimbulkan gangguan kestabilan tegangan. Untuk mengatasi permasalahan ini IUPQC menawarkan pengendalian yang fleksibel dalam mengatasi permasalahan yang ditimbulkan oleh beban-beban tersebut. Ini mungkin dilakukan dengan adanya perkembangan piranti elektronika daya yang berkembang cukup pesat, *full controllable* dan penggunaannya dapat dipadukan ke dalam sistem tenaga listrik baik sisi tegangan tinggi maupun tegangan rendah. Dalam hal ini IUPQC dilengkapi dengan pengendali PI dan kontrol SPWM^[1].

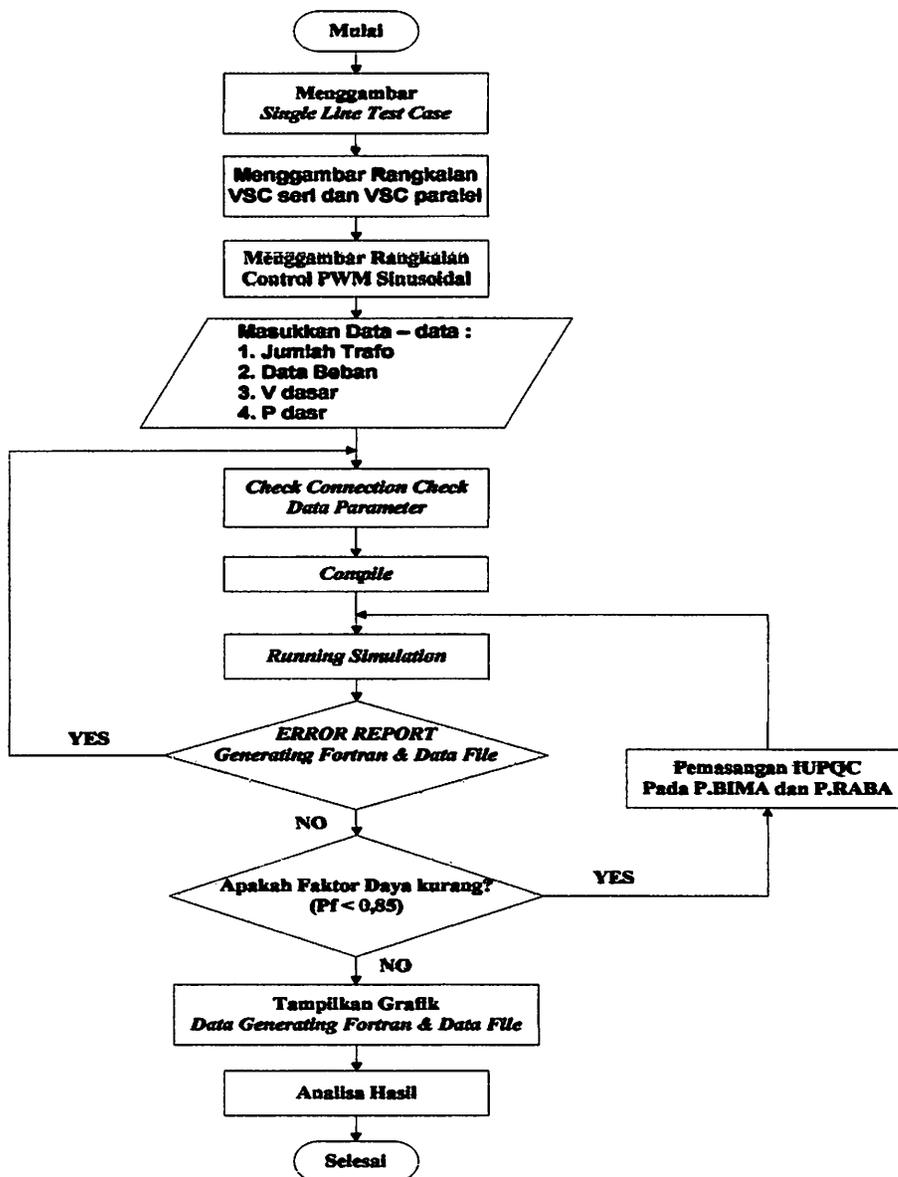
3.4.2 Sistem Distribusi Dengan Kompensasi IUPQC

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

Untuk mengoptimalkan pemakaian energi listrik bisa digunakan beban-beban tiruan berupa LC yang dilengkapi dengan teknologi pengendalian. Sehingga ketepatan dan keandalan dalam mendeteksi kualitas daya listrik bisa diperoleh. Pengendali itu berfungsi untuk mengolah komponen-komponen yang menentukan kualitas tenaga listrik. Seperti keseimbangan beban antar fasa dan harmonik. Apabila terdapat ketidakseimbangan antara fasa satu dengan fasa yang lainnya, maka pengendali akan memerintahkan beban-beban LC untuk membuka atau menutup agar arus disuplai ke fasa satu sehingga selisih arus antara fasa satu dengan fasa yang lainnya tidak ada. Banyaknya L atau C yang dibuka atau ditutup tergantung dari kondisi ketidakseimbangan beban yang terdeteksi oleh pengontrol. Komponen LC yang dimaksudkan diatas sudah terintegrasi dalam peralatan IUPQC.

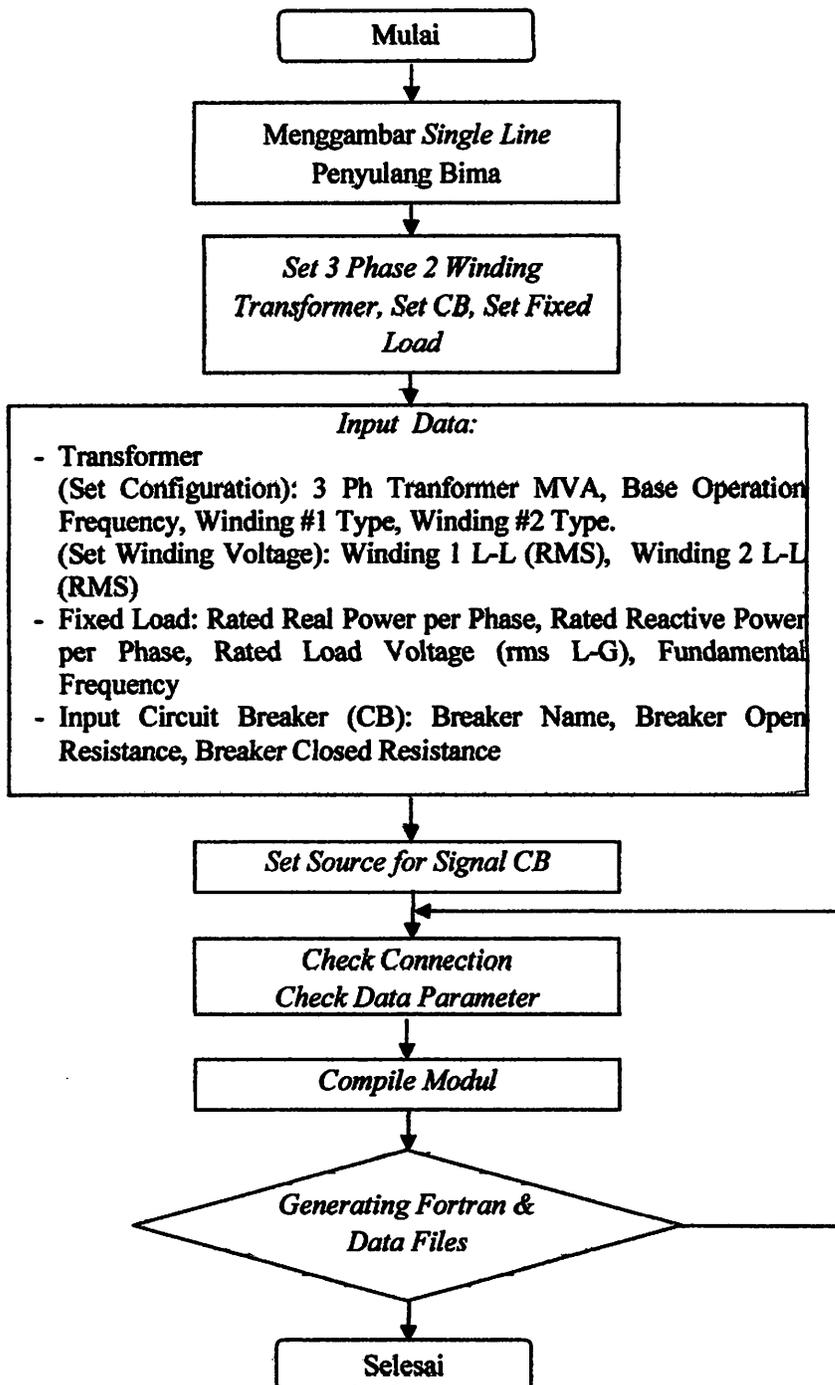
3.5. Flowchart Hasil Simulasi Menggunakan Software PSCAD/EMTDC

3.5.1 Flowchart Desain dan Simulasi Sistem dengan Interline Unified Power Quality



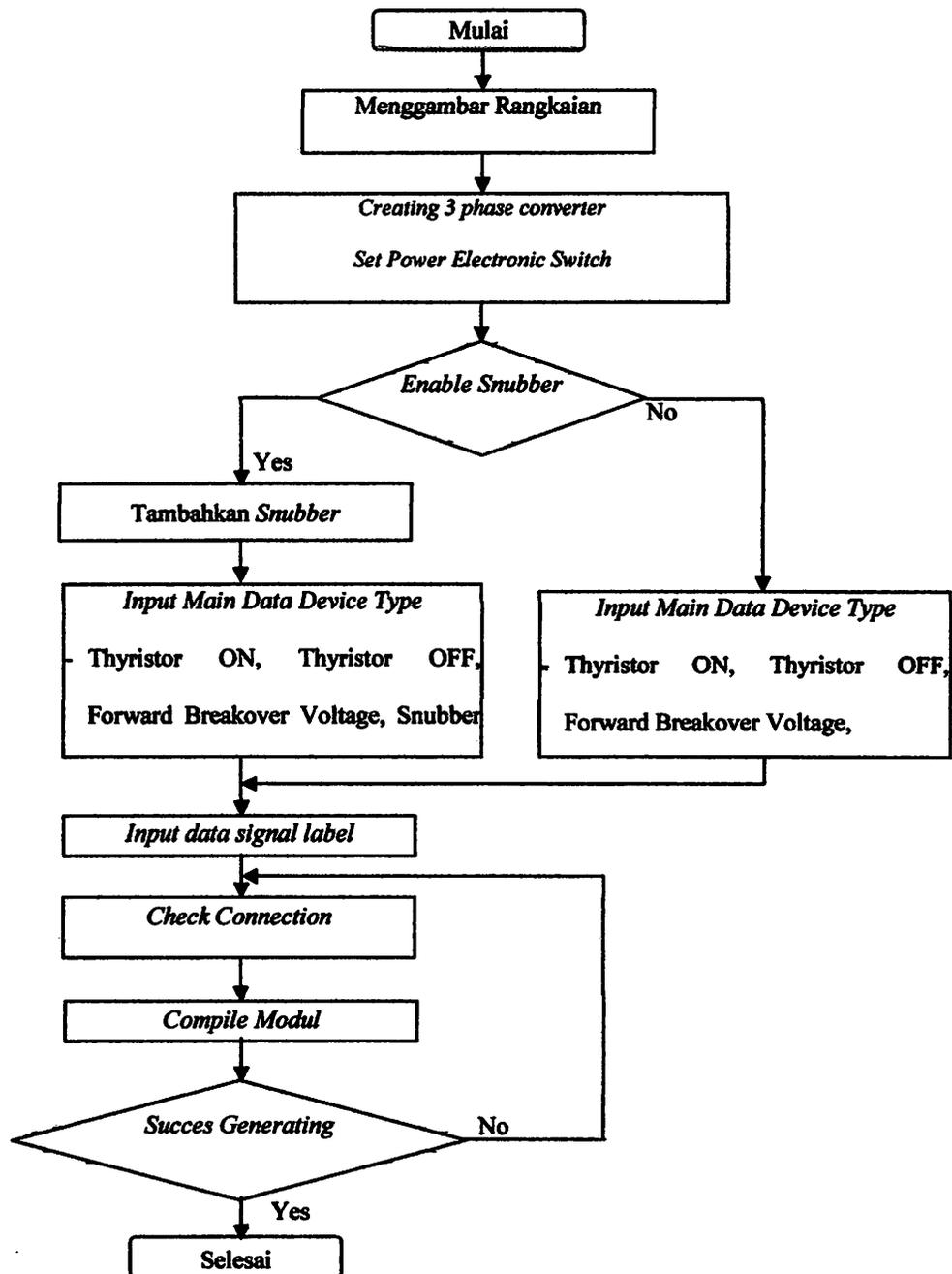
Gambar 3.9 Flowchart Analisa Perbaikan Kualitas tegangan IUPQC

3.5.2. Flowchart Wiring Penyulang Bima



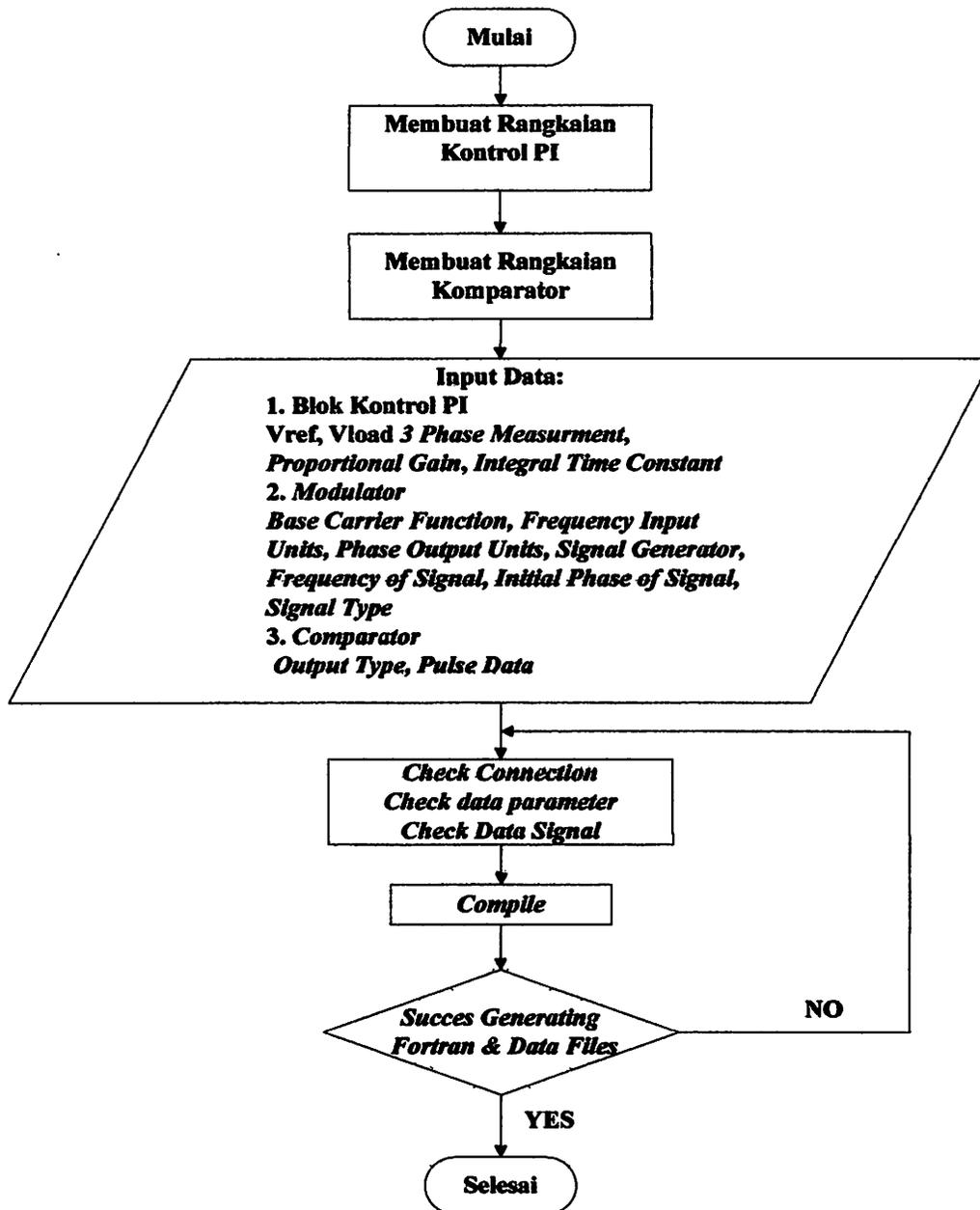
Gambar 3.10 Flowchart Pembuatan Single Line Diagram Penyulang Bima

3.5.3. Flowchart Desain Interline Unified Power Quality Conditioner (IUPQC)



Gambar 3.11 Flowchart Pembuatan Rangkaian (IUPQC)

3.5.4. Flowchart Desain Kontrol Interline Unified Power Quality Conditioner (IUPQC)



Gambar 3.12 Flowchart Pembuatan Rangkaian Kontrol PWM Untuk IUPQC

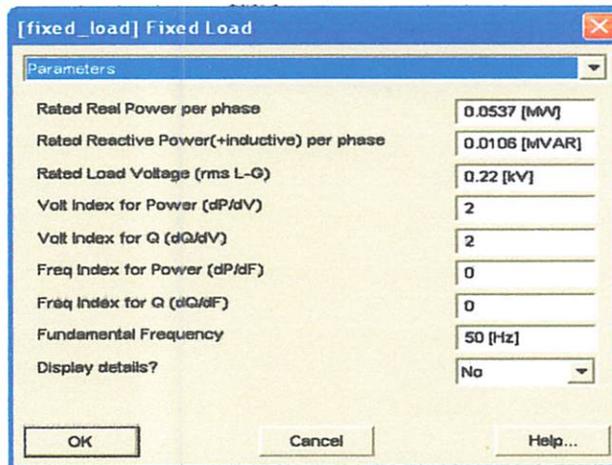
3.6. Input Data Dalam PSCAD/EMTDC Power Simulation

3.6.1. Input Data Transformator dan Fixed Load

Data Transformator

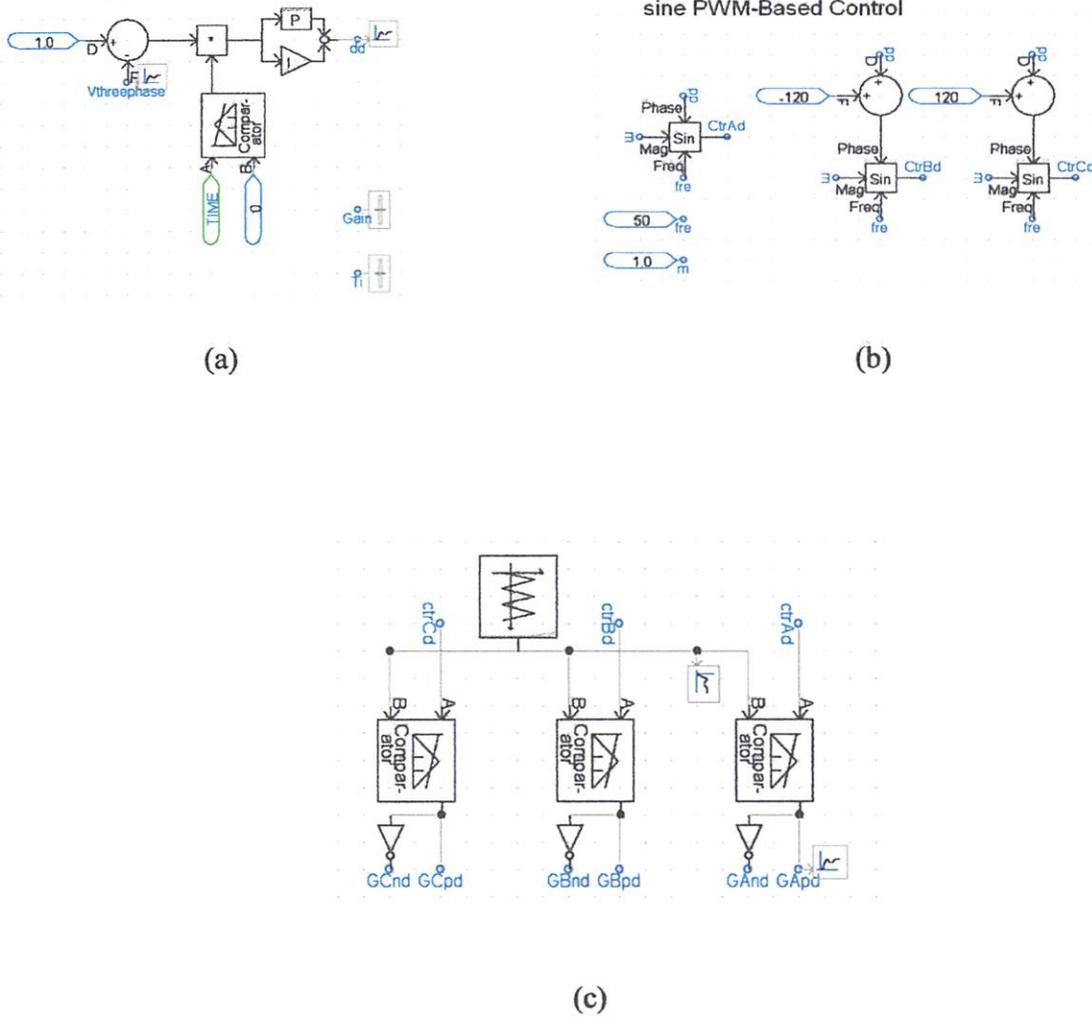


Gambar 3.13 Tampilan Input Data Transformator



Gambar 3.14 Tampilan Input Data Fixed Load

3.6.2. Input Data Pengendali PI dan SPWM Pada IUPQC



Gambar 3.15

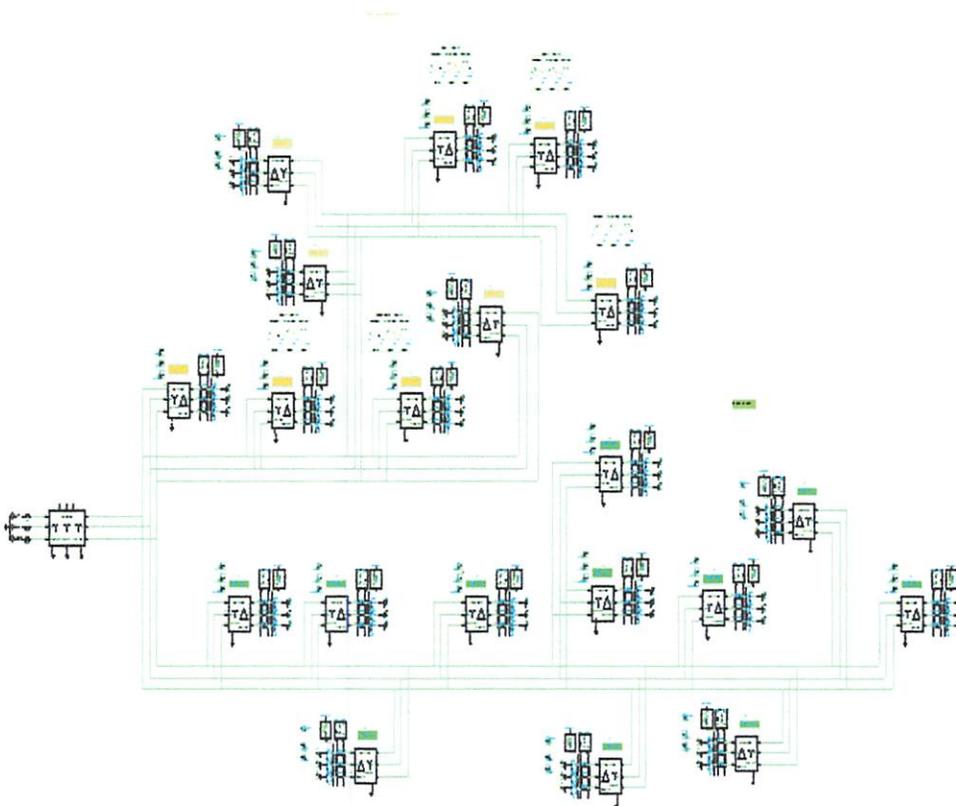
- (a) Rangkaian Pengendali PI untuk mengendalikan IUPQC
- (b) Rangkaian Sinyal Komparator Untuk Mengendalikan IUPQC
- (c) Rangkaian Komparator Untuk Mengendalikan IUPQC

BAB IV

HASIL DAN ANALISA HASIL

4.1. Single Line Sistem Distribusi 20 kV Penyulang Bima.

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



Gambar 4.1. *Single Line* Penyulang Bima

4.2. Data Sistem Distribusi pada PT. PLN (PERSERO) Bima.

Sebelum pengisian data dalam program *PSCAD Power Simulation* maka di perlukan data-data hasil penelitian dilapangan, data tersebut antara lain data saluran pada tabel 4.1, data pembebanan pada tabel 4.2 dan data aliran daya pada tabel 4.3 sebagai berikut:

4.2.1 Data Saluran PT. PLN (PERSERO) Bima.

Untuk pengisian data parameter menggunakan program *PSCAD Power Simulation* maka perlu data-data saluran yang tercantum pada tabel 4.1 sebagai berikut:

Tabel 4.1. Data Saluran PT. PLN (PERSERO) Bima.

No	PLTD	Penyulang	konduktor			Panjang jaringan	Jumlah GD
			jenis	Ukuran (mm)	panjang (m)		
1	Bima	Expres Bima-Niu	AAAC	150	7.412	7.412	-
2	Bima	Bima	AAAC	150	4.15	5.36	11
			AAACOC	150	1.217		
3	Bima	Raba	AAAC	150	2.918	5.496	14
			AAAC	70	374		
			AAAC	35	2.204		
4	Bima	Rontu	AAAC	150	2.43	14.745	16
			AAAC	70	12.313		
5	Bima	Sape	AAAC	150	38.888	60.595	23
			AAAC	70	20.583		
			AAAC	150	1.124		
6	Bima	Kolo	AAAC	150	3.164	54.59	32
			AAAC	70	28.84		
			AAAC	35	22.586		
7	Ni'u	Jatibaru	AAAC	150	7.287	19.27	19
			AAAC	70	11.983		
8	Ni'u	Expres Woha	AAAC	150	3.59	7.352	6
			AAACOC	150	3.762		
9	Ni'u	Expres Bolo	AAAC	150	17.655	18.415	2
			ACSR	95	760		

10	GH Woha	karumbu	AAAC	150	39.421	86.026	38
			AAAC	70	34.848		
			AAAC	35	11.757		
11	GH Woha	Ntonggu	AAAC	150	16.271	56.169	18
			AAAC	70	14.384		
12	GH Woha	Expres Dompu	AAAC	150	60.589	74.973	7
			AAAC	70	14.384		
13	GH Bolo	Bolo	AAAC	150	33.339	76.859	24
			AAAC	70	43.52		
14	Dompu	Saka	AAAC	150	10.651	10.651	14
15	Dompu	Kota	AAAC	150	10.414	10.414	13
16	Dompu	Hu'u	AAAC	150	20.231	58.703	18
			AAAC	70	32.416		
			AAAC	35	6.056		
17	Dompu	Soriutu	AAAC	150	28.117	81.196	42
			AAAC	70	27.123		
			AAAC	35	25.965		
18	Sape	Naru/Kota	AAAC	150	31.225	31.961	13
			AAACOC	150	736		
19	Sape		AAAC	150	12.233	24.001	
			AAAC	70	11.768		

Data PT.PLN (Persero) Cabang Bima 2009

4.2.2 Data Pembebanan Penyulang Bima

Adapun pengisian data-data pada pembebanan pada penyulang Bima yang tercantum pada table 4.2 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2. Data Pembebanan Penyulang Bima

No	No Gardu	Lokasi	Daya (KVA)	Beban Puncak	%
1	RN 64	PLN	100	60	60
2	RN 10	Monggonao	160	136	85
3	RN 79	Cabang Malake	100	25	25
4	RN 25	Lap sera suba	250	126	51
5	RN 02	Lancar jaya Utara	250	155	62
6	RN 02	Lancar Jaya Selatan	160	114	71
7	RN 52	Kantor Cabang BRI	100	67	67
8	RN 49	Kantor Cabang BNI	160	91	57
9	RN 01	Pos Lama	200	134	67
10	RN 75	Salama	50	36	71
11	RN 45	RS. Muhammadiyah	160	108	68
12	RN 66	Link Nusantara	160	98	61
13	RN 11	Karara	160	83	52
14	RN 43	Telkom	160	22	14
15	RN 05	Kejari	160	87	54
16	RN 42	Penaraga	160	90	56
17	RN 50	Lewi rato	160	93	58
18	RN 06	PSR Raba	250	166	66
19	RN 80	Lap PU Raba	50	30	59
20	RN 51	Pondok IDI	100	41	41
21	RN 09	Raba Dompnu	100	90	90
22	RN 14	RSU	100	38	38
23	RN 65	Sabali	100	83	83
24	RN 44	Kumbe	160	124	77

Data PT. PLN (Persero) Cabang Bima 2009

4.2.3 Data Aliran Daya Tiap Saluran Pada Penyulang Bima.

Dari hasil analisa data menggunakan program *PSCAD Power Simulation* maka didapat hasil analisa aliran daya tiap saluran penyulang Bima telah dicatat pada tabel 4.3 sebagai berikut:

Tabel 4.3. Data Aliran Daya Penyulang Bima

No Saluran	Dari Node	Ke Node	Daya	
			P (kW)	Q (kVAR)
1	1	2	1257.8	725.9
2	2	3	1067.3	652.3
3	3	4	214.8	161.6
4	3	5	657.1	489.2
5	4	6	-	-
6	4	7	-	-
7	5	9	617.1	488.8
8	7	8	25.1	9.6
9	9	10	435.9	404.3
10	10	11	-	-
11	11	12	32.9	23.6
12	11	13	370.4	303.2
13	13	14	44.9	20.7
14	13	16	325.4	273.6
15	14	15	17.3	9.2
16	16	17	-	-
17	17	18	41.9	22.3
18	17	19	-	-
19	19	20	17.1	5.1
20	19	21	-	-
21	21	22	50.5	26.9
22	21	27	175.7	120.1
23	22	23	26	12.3
24	23	24	82	42
25	23	25	17.8	8.1
26	25	26	13.3	4.9

27	27	28	27	12.9
28	27	30	148.7	93.4
29	28	29	10.8	5.6
30	30	31	16.8	11.2
31	30	32	-	-
32	32	33	63.2	39.2
33	33	34	10.8	5.6
34	33	36	90.1	49.1
35	34	35	164.3	71.4
36	36	37	571.7	456.8
37	37	38	285.1	205.5

Data Hasil Pengolahan Aliran Daya Menggunakan *Software PSCAD/EMTDC*

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

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

4.4 Perbaikan Kualitas Tegangan Dengan IUPQC

Sekarang kita akan menunjukkan operasi normal dari IUPQC melalui simulasi menggunakan PSCAD / EMTDC. parameter sistem diberikan pada Tabel 4.1,4.2 dan 4.3. *Single Line* Bima setelah pemasangan IUPQC diperlihatkan pada Gambar. 4.2.

27	27	28	29	30
28	27	30	28	30
29	28	29	30	31
30	30	31	32	31
31	30	32	32	32
32	32	32	33	32
33	33	34	33	34
34	33	36	33	34
35	34	35	34	35
36	36	35	37	36
37	37	38	38	37

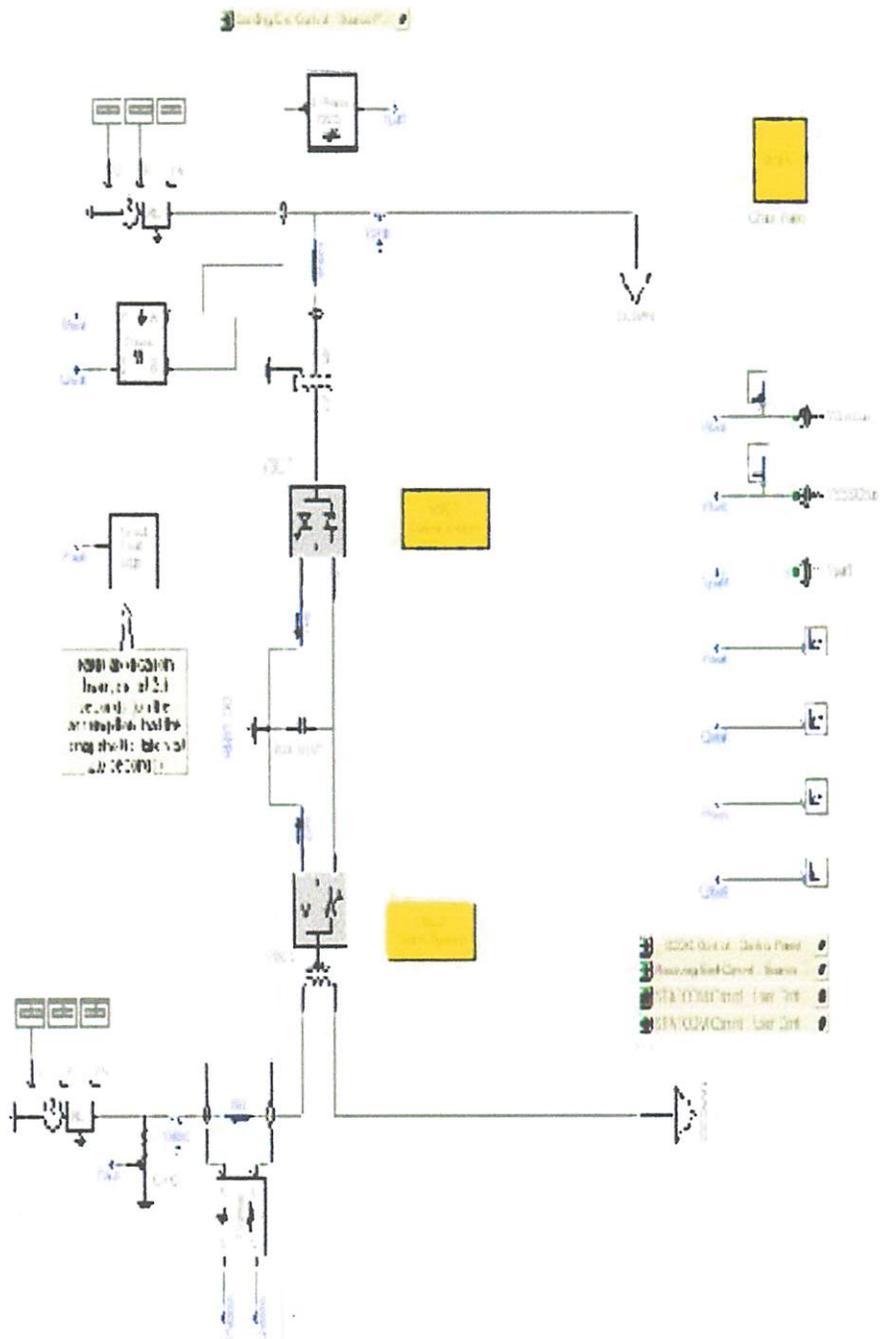
Data Hasil Pengolahan Aliran Data Menggunakan Software PSCAD/EMTDC

4.3. **Perbaikan Kualitas Tegangan Software PSCAD/EMTDC N.4.3 Power Simulation.**

Software PSCAD/EMTDC N.4.3 Power Simulation merupakan graphical user interface yang fleksibel dan powerful. Dengan software ini secara akurat kita dapat mengkonstruksi rangkaian, menjalankan simulasi, menganalisa hasil dan manajemen data dalam sebuah integrasi yang lengkap dalam hal grafik, termasuk kontrol dan alat-alat lain. Dengan demikian permasalahan yang ada pada pengulang Bina dan solusi yang ingin diberikan dapat dilakukan dengan software PSCAD.

4.4. **Perbaikan Kualitas Tegangan Dengan IUPQC**

Sekarang kita akan menunjukkan operasi normal dari IUPQC melalui simulasi menggunakan PSCAD/EMTDC, parameter sistem diberikan pada Tabel 4.1.4.3 dan 4.3.2. Sinyal bus Bina sudah pemasangan IUPQC diperlihatkan pada Gambar 4.3.



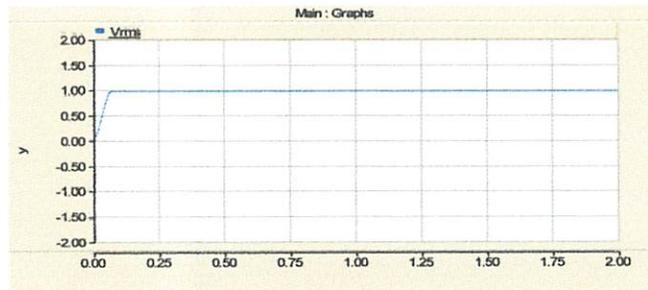
4.2. Gambar *Single Line* Bima Setelah Pemasangan IUPQC.

4.4.1 Hasil Perhitungan dan Simulasi Sebelum Pemasangan IUPQC

Pada simulasi awal, Komponen IUPQC tidak melakukan kompensasi sama sekali. IUPQC ini belum bekerja dan tidak memberikan tegangan injeksi ke beban dan tidak memberikan suplai VAR maupun Penyerapan VAR pada beberapa kondisi pengujian, maka akan dapat diketahui perbedaan kondisi sistem sebelum dan sesudah menggunakan peralatan IUPQC.

Penyerapan VAR pada beberapa kondisi pengujian, maka akan dapat diketahui perbedaan kondisi sistem sebelum dan sesudah menggunakan peralatan IUPQC :

4.4.1.1 Sistem Sebelum Mengalami Gangguan

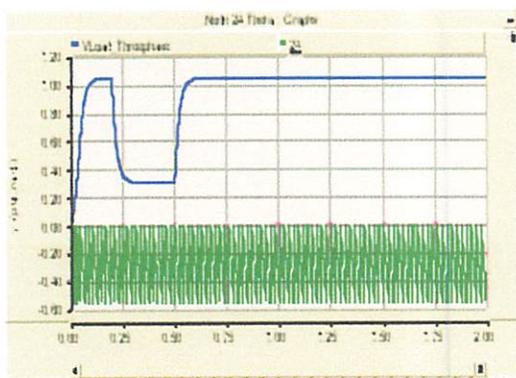


Gambar 4.3 Grafik Bentuk Gelombang Tegangan

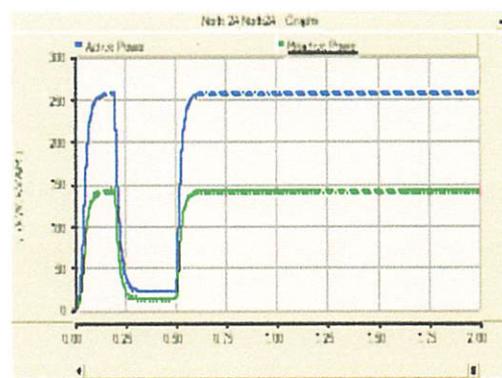
Pada Gambar 4.3 dilukiskan bagaimana tegangan stabil tanpa adanya gangguan

4.4.1.2 Sistem Setelah Mengalami Gangguan

Terjadi Gangguan *Drop Voltage* Selama (200-500 ms) Tanpa IUPQC



(a)



(b)

Gambar 4.4 Grafik Bentuk Gelombang Tegangan (a) dan Bentuk Gelombang Daya Aktif dan Daya Reaktif (b), Saat *Voltage Sag*

Pada grafik 4.2 menjelaskan bahwa gangguan tegangan tanpa kompensasi IUPQC selama 200-500 ms tiga fasa ke netral (a) dan perbandingan gangguan terhadap daya aktif dan reaktif (b). Dari hasil simulasi perhitungan menggunakan *PSCAD Power Simulation* gangguan tanpa kompensasi IUPQC telah tercantum pada tabel 4.4.

Tabel 4.4. Hasil Perhitungan Saat Terjadi Jatuh Tegangan Tanpa *IUPQC*

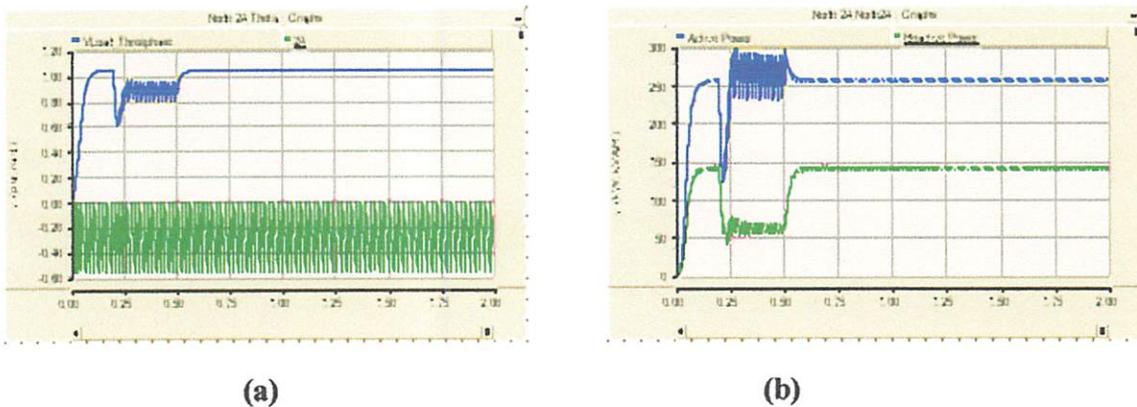
Dari Node	Ke Node	Tegangan (pu)	P (kW)	Q (kVAR)
1	2	0.912188538	190.0162102	105.9472468
3	5	1.021336388	100.8191147	68.07410521
7	8	0.928683398	3.880865091	1.372731835
9	10	0.937898984	66.33852541	57.44914986
11	12	0.895826896	5.563464602	3.471498404
13	14	0.920895298	7.027877404	3.081812327
14	15	0.881674801	3.014091978	1.333246056
21	22	0.87208805	8.016309142	4.132838177
23	24	0.874688591	12.89023543	6.006547338

Pada kondisi gangguan di atas tampak bahwa tegangan, arus dan daya mengalami penurunan. Pada keadaan *voltage sag* dalam selang waktu (0.2 – 0.5) s Terjadi fluktuasi tegangan, sedangkan pada saat yang sama arus dan daya mengalami penurunan. Sedangkan pada saat terjadi gangguan tiga fasa simetris fluktuasi tegangan hampir mendekati nol.

4.4.2 Hasil Perhitungan dan Simulasi Setelah Pemasangan IUPQC.

Dari hasil perhitungan dan simulasi dapat dijelaskan dari grafik 4.5 dan 4.6 pengaruh alat kompensasi IUPQC disaat terjadi gangguan.

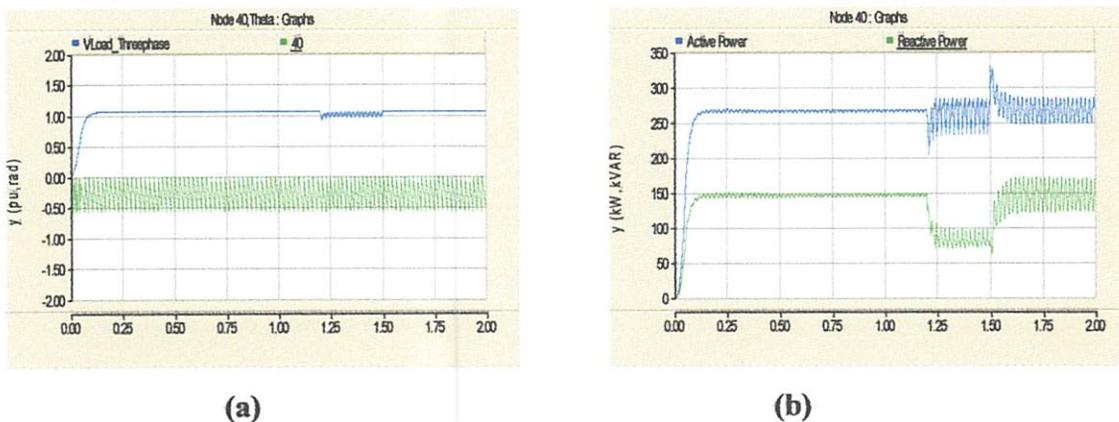
a. Kompensasi dengan IUPQC Saat Terjadi Gangguan *Voltage Sag* Selama (200-500 ms)



Gambar 4.5 Grafik Bentuk Gelombang Tegangan (a) Bentuk Gelombang Daya Aktif dan Daya Reaktif (b), Saat Terjadi Jatuh Tegangan Dengan IUPQC

Sebelum melakukan kompensasi dengan IUPQC Pada grafik 4.5 bahwa telah terjadi gangguan *voltage sag* tiga fasa ke tanah (a) dan perbandingan jatuh tegangan terhadap daya aktif dan reaktif (b) selama 200-500 ms.

b. Kompensasi dengan IUPQC saat terjadi *Three Phase Symmetrical Fault* selama (1200-1500 ms)



Gambar 4.6 Grafik Bentuk Gelombang Tegangan dan Sudut Fasa (a), Bentuk Gelombang Daya Aktif dan Daya Reaktif (b), Saat Terjadi *Voltage Sag* Dengan Kompensasi IUPQC

Pada Gambar 4.6 setelah melakukan kompensasi dengan IUPQC dapat dijelaskan bahwa selama kompensasi dengan IUPQC tegangan mengalami perubahan. Pada tabel 4.5 dapat dilihat hasil perhitungan menggunakan kompensasi IUPQC disaat terjadi jatuh tegangan.

Tabel 4.5. Hasil Perhitungan Saat Terjadi *Jatuh Tegangan* Setelah Kompensasi IUPQC

Dari Node	Ke Node	Tegangan (pu)	P (kW)	Q (kVAR)
1	2	0.996208953	1253.566115	632.0834645
3	5	1.01286013	672.3038176	407.0325043
7	8	1.014242885	25.97219128	8.225775067
9	10	1.024272357	445.3650709	343.292264
11	12	0.978332193	37.31470476	20.75874746
13	14	1.005719274	46.93080442	18.44568015
14	15	0.962883686	20.21398957	7.979619984
21	22	0.952409714	53.76291604	24.71901505
23	24	0.955249735	86.18745249	35.91261594

4.5. Perbandingan Tegangan Dengan dan Tanpa IUPQC

Untuk mengetahui kerja IUPQC maka yang perlu dilakukan adalah mencari perbedaan nilai tegangan tiap *node* dengan simulasi yang terdiri dari kondisi saat gangguan dengan IUPQC Dan Tanpa IUPQC.

Tabel 4.6. Perbandingan Tegangan Saat Gangguan Jatuh Tegangan Dengan IUPQC Dan Tanpa IUPQC

Dari Node	Ke Node	Tanpa IUPQC	Dengan IUPQC
		Tegangan (pu)	Tegangan (pu)
1	2	0.912188538	0.996208953
3	5	1.021336388	1.01286013
7	8	0.928683398	1.014242885
9	10	0.937898984	1.024272357
11	12	0.895826896	0.978332193
13	14	0.920895298	1.005719274
14	15	0.881674801	0.962883686
21	22	0.87208805	0.952409714
23	24	0.874688591	0.955249735

Tabel 4.7 Perbandingan Daya Aktif dan Reaktif Dengan IUPQC dan Tanpa IUPQC

Dari Node	Ke Node	Tanpa IUPQC		Dengan IUPQC	
		P	Q	P	Q
		(kW)	(kVAR)	(kW)	(kVAR)
1	2	190.0162	105.9472	1253.566	632.0835
3	5	100.8191	68.07411	672.3038	407.0325
7	8	3.880865	1.372732	25.97219	8.225775
9	10	66.33853	57.44915	445.3651	343.2923
11	12	5.563465	3.471498	37.3147	20.75875
13	14	7.027877	3.081812	46.9308	18.44568
14	15	3.014092	1.333246	20.21399	7.97962
21	22	8.016309	4.132838	53.76292	24.71902
23	24	12.89024	6.006547	86.18745	35.91262

Berdasarkan tabel 4.4, 4.5, 4.6, 4.7 di atas bahwa pemasangan *IUPQC* dapat mengoptimasi tegangan saat terjadi drop voltage dengan rata-rata tiap node 0.082 pu.

Drop Voltage

✓ Optimasi Kualitas Tegangan :

V_{optimasi} Pada Node 1 ke node 2 :

$$\begin{aligned} V_{\text{optimasi}} &= V_{\text{with IUPQC}} - V_{\text{without IUPQC}} \\ &= 0.996208953 \text{ (pu)} - 0.912188538 \text{ (pu)} \\ &= 0.08 \text{ (pu)} \end{aligned}$$

V_{optimasi} Pada Node 3 ke node 5 :

$$\begin{aligned} V_{\text{optimasi}} &= V_{\text{with IUPQC}} - V_{\text{without IUPQC}} \\ &= 1.01286013 \text{ (pu)} - 1.021336388 \text{ (pu)} \\ &= 0 \text{ (pu)} \end{aligned}$$

V_{optimasi} Pada Node 7 ke node 8 :

$$\begin{aligned} V_{\text{optimasi}} &= V_{\text{with IUPQC}} - V_{\text{without IUPQC}} \\ &= 1.014242885 \text{ (pu)} - 0.928683398 \text{ (pu)} \\ &= 0.083 \text{ (pu)} \end{aligned}$$

V_{optimasi} Pada Node 9 ke node 10 :

$$\begin{aligned} V_{\text{optimasi}} &= V_{\text{with IUPQC}} - V_{\text{without IUPQC}} \\ &= 1.024272357 \text{ (pu)} - 0.937898984 \text{ (pu)} \\ &= 0.085 \text{ (pu)} \end{aligned}$$

V_{optimasi} Pada Node 11 ke node 12 :

$$\begin{aligned} V_{\text{optimasi}} &= V_{\text{with IUPQC}} - V_{\text{without IUPQC}} \\ &= 0.978332193 \text{ (pu)} - 0.895826896 \text{ (pu)} \\ &= 0.08 \text{ (pu)} \end{aligned}$$

V_{optimasi} Pada Node 13 ke node 14 :

$$\begin{aligned} V_{\text{optimasi}} &= V_{\text{with IUPQC}} - V_{\text{without IUPQC}} \\ &= 1.005719274 \text{ (pu)} - 0.920895298 \text{ (pu)} \\ &= 0.08 \text{ (pu)} \end{aligned}$$

V_{optimasi} Pada Node 14 ke node 15 :

$$\begin{aligned} V_{\text{optimasi}} &= V_{\text{with IUPQC}} - V_{\text{without IUPQC}} \\ &= 0.962883686 \text{ (pu)} - 0.881674801 \text{ (pu)} \\ &= 0.08 \text{ (pu)} \end{aligned}$$

V_{optimasi} Pada Node 21 ke node 22 :

$$\begin{aligned} V_{\text{optimasi}} &= V_{\text{with IUPQC}} - V_{\text{without IUPQC}} \\ &= 0.952409714 \text{ (pu)} - 0.87208805 \text{ (pu)} \\ &= 0.08 \text{ (pu)} \end{aligned}$$

V_{optimasi} Pada Node 24 :

$$\begin{aligned} V_{\text{optimasi}} &= V_{\text{with IUPQC}} - V_{\text{without IUPQC}} \\ &= 0.955249735 \text{ (pu)} - 0.874688591 \text{ (pu)} \\ &= 0.08 \text{ (pu)} \end{aligned}$$

BAB V

P E N U T U P

5.1. Kesimpulan

Dari Hasil Analisa pemasangan IUPQC untuk mempertahankan kualitas tegangan pada sistem distribusi Tengkawang dapat di simpulkan sebagai berikut :

- ❖ Pemasangan IUPQC mampu mempertahankan kualitas tegangan dari 0.91 ke 0.99 (pu)
- ❖ Pada saat penyaluran daya aktif dapat diperbaiki sebesar 571.484 kW dari 100.819kW menjadi 672.303 kW.
- ❖ Sedangkan pada daya reaktif sendiri dapat diperbaiki sebesar 526.136 kVAR dari 105.947 kVAR menjadi 632.083 kVAR

5.2. Saran

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

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jindal, Amit Kumar, "Interline Unified Power Quality Conditioner" Journal Student Member, IEEE Vol 22 No. 1, January 2007
- [2]. Basri, Hasan " Sistem Distribusi Daya Listrik, " (Jakarta : ISTN, 1997)
- [3]. Marsudi,Djiteng. " Operasi Sistem Tenaga Listrik," Balai Penerbit Dan Humas ISTN, 1990
- [4]. Saadat, Hadi, "Power System Analysis," Singapore : Mc Graw Hill Inc, 1999.
- [5]. Steven William D,Jr. " Analisa Sistem Tenaga Listrik," Edisi Ke-4, Erlangga, Jakarta, 1993.
- [6] Soeprapto " Diktat Kuliah Elektronika Daya" Universitas Brawijaya, 2004.
- [7]. Sukmawidjaja, Maula "Perhitungan Profil Tegangan Pada Sistem Distribusi Menggunakan Matrix admitansi dan matrix Impedansi bus" jurnal Universitas Trisakti Vol 7 No. 2, Februari 2008
- [8]. Cabang Bima, PT. PLN (PERSERO) " Data Distribusi Penyulang Bima" Bima, Juni 2009.

LAMPIRAN

LAMPYRAN



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

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

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

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

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

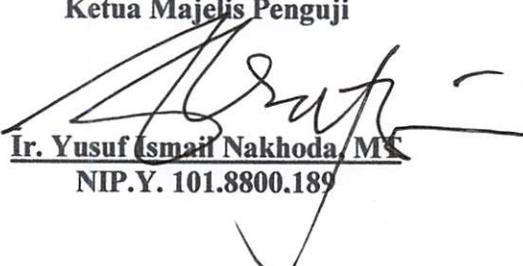
Nama : Muhammad Zulkifli
NIM : 03.12.034
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Skripsi : ANALISA PERBAIKAN KUALITAS TEGANGAN MENGGUNAKAN
INTERLINE UNIFIED POWER QUALITY CONDITIONER DENGAN
SOFTWARE PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION PADA PENYULANG
PT. PLN (PERSERO) BIMA

Dipertahankan di hadapan majelis penguji Skripsi jenjang Strata satu (S-1) pada :

Hari : Selasa
Tanggal : 24 Agustus 2010
Dengan Nilai : 80,05 (A) *BY*

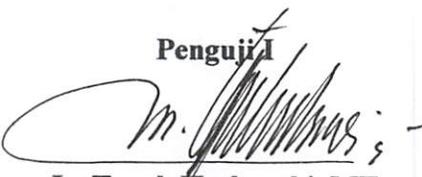
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Ketua Majelis Penguji

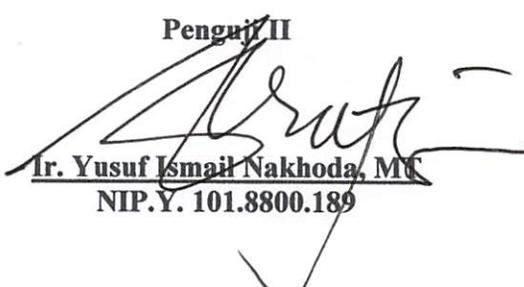

Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
NIP.Y. 101.8800.189

ANGGOTA PENGUJI

Penguji I


Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP.Y. 103.8900.209

Penguji II


Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
NIP.Y. 101.8800.189



FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Nama : Muhammad Zulkifli
NIM : 03.12.034
Masa Bimbingan : 03 Mei 2010 s/d 03 November 2010
Judul Skripsi : ANALISA PERBAIKAN KUALITAS TEGANGAN
MENGUNAKAN *INTERLINE UNIFIED POWER
QUALITY CONDITIONER* DENGAN *SOFTWARE
PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION* PADA
PENYULANG PT. PLN (PERSERO) BIMA

No.	Uraian	Paraf Penguji
1.	Pada Kesimpulan harap dijelaskan mengenai daya reaktif	
2.	Gambar <i>PSCAD</i> dibesarkan	
3.	Kesimpulan disempurnakan	
4.	Tabel yang disempurnakan	

Disetujui :

Penguji I

Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP.Y. 103.8900.209

Penguji II

Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
NIP.Y. 101.8800.189

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I

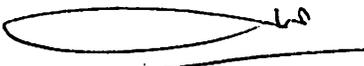
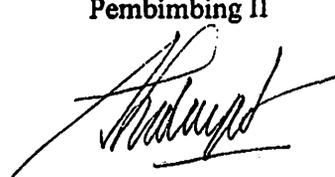
Ir. H. Taufik Hidayat, MT
NIP.Y. 101.8700.151

Dosen Pembimbing II

Irrine Budi Sulistiawati, ST, MT
NIP. 19770615.200501.2.002



BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1

KONSENTRASI		TEKNIK ELEKTRO S-1.		
1.	Nama Mahasiswa	MUHAMMAD. ZULKRIFLI	NIM	03.12.034.
2.	Keterangan	Tanggal	Waktu	Tempat / Ruang
	Pelaksanaan	03 MEI 2010	09.00	SEMINAR LT.I
Spesifikasi Judul (berilah tanda silang *)				
3.	<input checked="" type="checkbox"/> a. Sistem Tenaga Elektrik	<input type="checkbox"/> e. Embbeded System	<input type="checkbox"/> i. Sistem Informasi	
	<input type="checkbox"/> b. Konversi Energi	<input type="checkbox"/> f. Antar Muka	<input type="checkbox"/> j. Jaringan Komputer	
	<input type="checkbox"/> c. Sistem Kendali	<input type="checkbox"/> g. Elektronika Telekomunikasi	<input type="checkbox"/> k. Web	
	<input type="checkbox"/> d. Tegangan Tinggi	<input type="checkbox"/> h. Elektronika Instrumentasi	<input type="checkbox"/> l. Algoritma Cerdas	
4.	Judul Proposal yang diseminarkan Mahasiswa	ANALISA PERBAIKAN KUALITAS TEGANGAN MENGGUNAKAN INTERLINE UNIFIED POWER QUALITY CONDITIONER DENGAN SOFTWARE PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION PADA PENYULANG PT-PLN (PESERO) BIMA.		
5.	Perubahan Judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian		
6.	Catatan :		
	Catatan :		
7.	Persetujuan Judul Skripsi			
	Disetujui, Dosen Keahlian I		Disetujui, Dosen Keahlian II	
		
Mengetahui, Ketua Jurusan.		Disetujui, Calon Dosen Pembimbing		
Ir. F. Yudi Limpraptono, MT NIP. Y. 1039500274		Pembimbing I	Pembimbing II	
				

Keterangan :
 *) dilingkari a, b, c, sesuai dengan bidang keahlian



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : MUHAMMAD ZULKIFLI
Nim : 03.12.034
Masa Bimbingan : 03 Mei 2010 s/d 03 November 2010
Judul Skripsi : ANALISA PERBAIKAN KUALITAS TEGANGAN MENGGUNAKAN INTERLINE UNIFIED POWER QUALITY CONDITIONER DENGAN SOFTWARE PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION PADA PENYULANG PT. PLN (PERSERO) BIMA

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	10-6-2010	Sempurnakan bab iv, uraikan prosesnya dari inputan menjadi Output	
2.	2/7/2010	Sempurnakan bab v	Ah.
3.	8/7/2010	Munculkan Angkanya 3. dalam kesimpulan.	Ah.
4.	15/7/2010	Sempurnakan bab III	Ah.
5.	20/7/2010	Sempurnakan bab II	Ah.
6.	15/8/2010	Ace menyuluh. Summary bab.	Ah.
7.			
8.			
9.			
10.			

Malang, 15/8-2010
Dosen Pembimbing,

Ir. H. Taufik Hidayat, MT
Nip.Y. 101. 8700 151

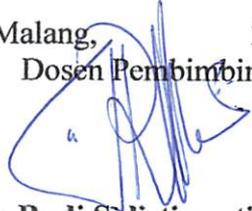


FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : MUHAMMAD ZULKIFLI
Nim : 03.12.034
Masa Bimbingan : 03 Mei 2010 s/d 03 November 2010
Judul Skripsi : **ANALISA PERBAIKAN KUALITAS TEGANGAN MENGGUNAKAN *INTERLINE UNIFIED POWER QUALITY CONDITIONER* DENGAN *SOFTWARE PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION* PADA PENYULANG PT. PLN (PERSERO) BIMA**

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	12-06-2010	Bab I Pendahuluan	
2.	25-06-2010	Rumusan Masalah diperjelas	
3.	28-06-2010	Sistematika Penulisan	
4.	05-06-2010	Bab II Penambahan Uraian	
5.	18-06-2010	Penjelasan Tentang IUPQC	
6.	21-06-2010	Gambar Tegangan Sebagai Fungsi Aliran Daya	
7.	12-07-2010	Bab III Penambahan Peralatan IUPQC	
8.	17-05-2010	Perbaikan Flowchart pada Bab III	
9.	20-08-2010	Penambahan Perbandingan Tegangan Sebelum dan Sesudah Pemasangan IUPQC	
10.	04-08-2010	Kesimpulan diperbaharui	

Malang, 2010
Dosen Pembimbing,


Irrine Budi Sulistiawati, ST, MT
Nip. 19770615.200501.2.002



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

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

NAMA : MUH. ZULKIFLI
NIM : 0312034
Perbaikan meliputi :

Pada kesimpulan harap dijelas kan mengenai daya reaktifnya

Malang,

200

()



Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

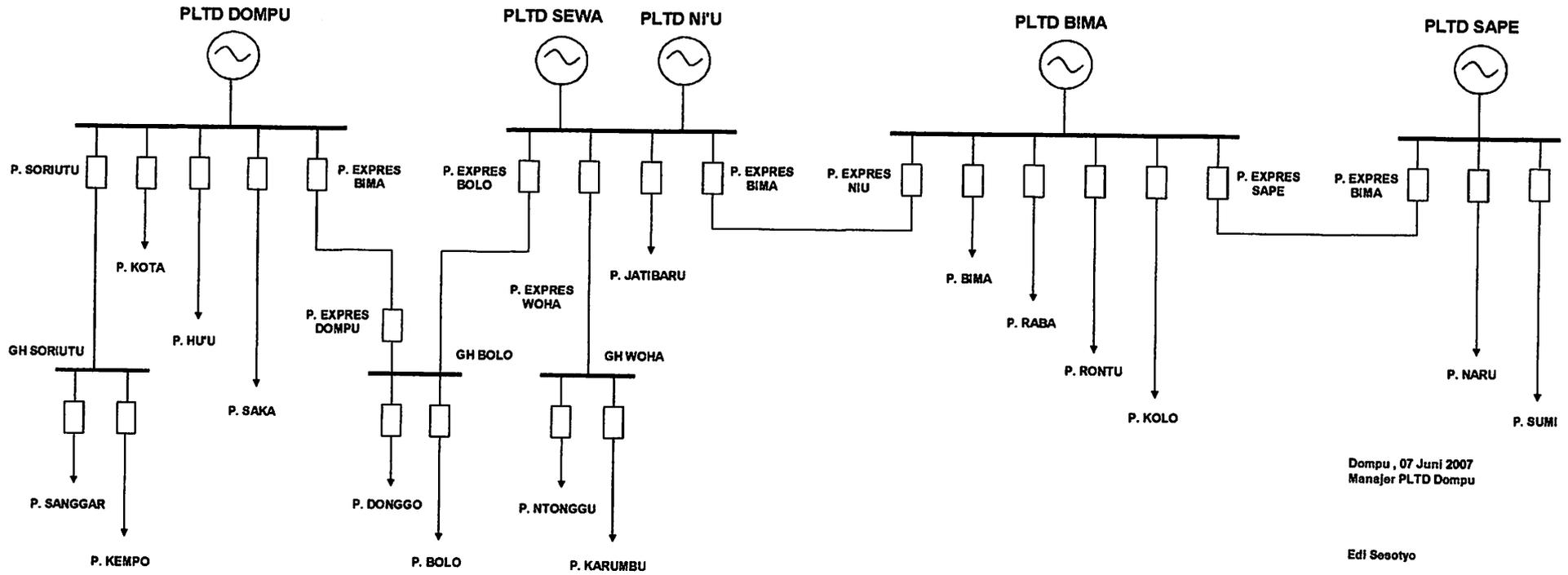
Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Janjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika / T. Infokom, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

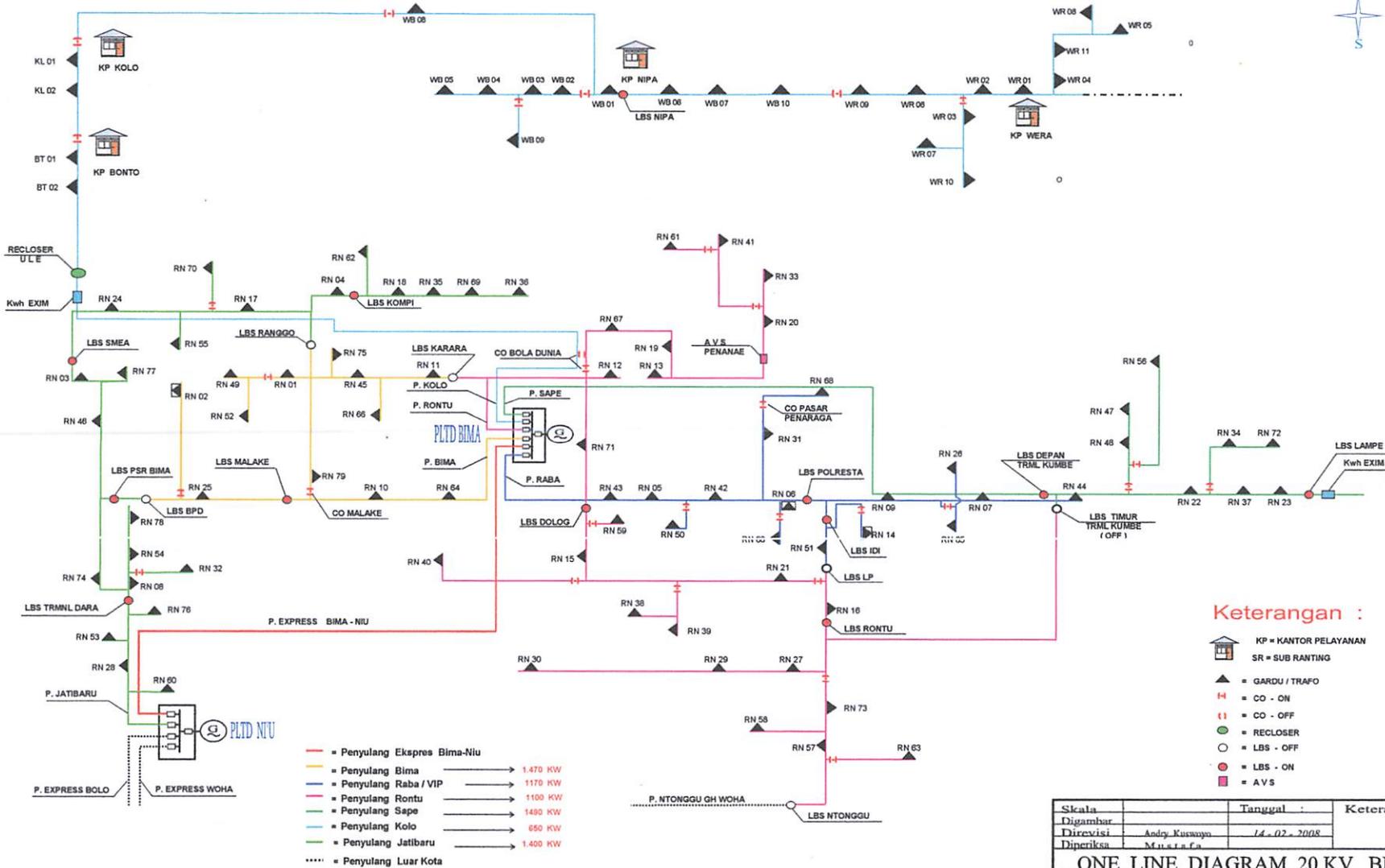
NAMA : M. ZULICIFLI
N I M : 0312034
Perbaikan meliputi :

1. Gambar PS-CAD dibesarkan
2. Kesimpulan disempurnakan
3. Tabel yang disempurnakan

Malang, 24-08-2010

ONE LINE SISTEM INTERKONEKSI BIMA





Keterangan :

- KP = KANTOR PELAYANAN
- SR = SUB RANTING
- = GARDU / TRAF0
- = CO - ON
- = CO - OFF
- = RECLOSER
- = LBS - OFF
- = LBS - ON
- = AVS

- = Penyulang Ekespres Bima-Niu
- = Penyulang Bima → 1.470 KW
- = Penyulang Raba / VIP → 1.170 KW
- = Penyulang Rontu → 1.100 KW
- = Penyulang Sape → 1.480 KW
- = Penyulang Kolo → 650 KW
- = Penyulang Jatibaru → 1.400 KW
- - - - = Penyulang Luar Kota

Skala	Tanggal :	Keterangan
Digambar		
Direvisi	Andy Kuswoyo	14-02-2008
Diperiksa	Musa F	
ONE LINE DIAGRAM 20 KV BIMA		
PT. PLN (PERSERO) WILAYAH NTB CABANG BIMA		A 4 No. 001/JTM/2008



GARDU					KETERANGAN
NO GARDU	LOKASI	DAYA (kVA)	BBN PCK	%	
			(kVA)		
RN 01	POS LAMA	200	134	67	
RN 02	LANCAR JAYA / UTARA	250	155	62	
RN 02	LANCAR JAYA / SELATAN	160	114	71	
RN 03	KEL. TANJUNG	160	88	55	
RN 04	KOMPI	100	78	78	
RN 05	KEJARI	160	87	54	
RN 06	PSR RABA	250	166	66	
RN 07	RABADOMPU	100	67	67	
RN 08	TER. DARA	100	73	73	
RN 09	RABADOMPU	100	90	90	
RN 10	MONGGONAO	160	136	85	
RN 11	KARARA	160	83	52	
RN 12	BTN PENATOI	50	25	49	
RN 13	SMA 4	100	86	86	
RN 14	R S U	100	38	38	
RN 15	SADIA	160	155	97	
RN 16	SMP 5	100	58	58	
RN 17	K L K	100	49	49	
RN 18	JATIWANGI	50	44	88	
RN 19	RITE	50	42	85	
RN 20	PENANAE	100	84	84	
RN 21	LEMBAGA PEMS	100	88	88	
RN 22	KODO	50	48	96	
RN 23	LAMPE	50	29	57	
RN 24	KP. MELAYU	160	141	88	
RN 25	LAP SERA SUBA	250	126	51	
RN 26	SABALI	100	83	83	
RN 27	RONTU	100	67	67	
RN 28	PERTAMINA	50	13	27	
RN 29	PERUM RONTU	160	102	64	
RN 30	SAMBINAE	100	58	58	
RN 31	PENARAGA	160	117	73	
RN 32	KP. DARA	100	94	94	
RN 33	KENDO	50	22	44	
RN 34	DODU II	50	23	47	
RN 35	SPMA	50	20	39	
RN 36	JATIBARU	100	71	71	
RN 37	TUKAD MAS	160	5	3	
RN 38	S T M	100	63	63	
RN 39	MANDE	50	40	79	
RN 40	KP BEDI	50	44	89	
RN 41	NTOBO	100	55	55	
RN 42	PENARAGA	160	90	56	
RN 43	TELKOM	160	22	14	
RN 44	KUMBE	160	124	77	
RN 45	RS MUHAMMADIYAH	160	108	68	
RN 46	KP. SUMBAWA	200	175	87	
RN 47	PAM NUNGGGA	50	3	7	
RN 48	NUNGGGA	50	24	48	
RN 49	B N I	160	91	57	
RN 50	LEWIRATO	160	93	58	
RN 51	PONDOK IDI	100	41	41	
RN 52	B R I	100	67	67	
RN 53	LAWATA	50		0	
RN 54	IMBI	250	100	40	
RN 55	P G A	160	145	91	
RN 56	LELAMASE	50	26	52	
RN 57	OI FO'O	50	12	23	
RN 58	NITU	50	11	23	
RN 59	SMIK	50	35	70	
RN 60	NI'U	100	28	28	
RN 61	BUSU	25	6	24	
RN 62	BTN GINDI TAMBANA	100	68	68	
RN 63	WANGGE	25	4	18	
RN 64	PLN	100	60	60	
RN 65	RABADOMPU	100	76	76	
RN 66	LINK NUSANTARA	160	98	61	
RN 67	SANTI	100	93	93	
RN 68	MUTHMAINNAH	100	55	55	
RN 69	KP. LELA	100	97	97	
RN 70	TOLOTONGGA	50	38	75	
RN 71	KTR DPRD BIMA	100	37	37	
RN 72	DODU I	50	35	69	
RN 73	KADOLE	16	1	9	
RN 74	BINA BARU	50	26	52	
RN 75	SALAMA	50	36	71	
RN 76	SPBU AMA HAMI	50	38	76	
RN 77	KUBURAN BELANDA	100	60	60	
RN 78	LAMPU MERAH BIMA	100	87	87	
RN 79	CABANG MALAKE	100	25	25	
RN 80	LAPANGAN P U RABA	50	30	59	
RN 81	PABRIK ES NI'U	50			
81	JUMLAH	8296	5181	62.4	

LAPORAN PENGUKURAN Gardu Distribusi
SEMESTER I TAHUN 2009

KTR. CABANG BIMA

NO	NOMOR GARDU	LOKASI	DATA TRAFIK				DATA PENGUKURAN							BEBAN KVA					KETERANGAN		
			KAP (KVA)		TGL	PKL	JU RU SA N	ARUS (A)				TEG (V)			R	S	T	TOT		%	
			1 Φ	3 Φ				R	S	T	N	F-N	F-F	UJG							
1	2	3	4	5	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1	RN 01	KTR POS LAMA		200	31-May-08	19:25	A	222.6	182.8	183.6	39.4	227	390		50.51	41.45	41.68	133.8	66.8	Trafo dalam kondisi	BEBAN NORMAL dan TIDAK SEIMBANG
								101.4	85.5	88	25.1	227		23.02	14.87	19.52	57.41	28.7			
								93.6	102.2	78.5	34.6	227		21.25	23.2	17.37	81.81	30.9			
								27.5	14.9	21.1	13.4	227		6.243	3.382	4.79	14.41	7.2			
2	RN 02	LANCAR JAYA (UTARA)		250	10-Jun-08	19:20	A	216.0	236.0	237.0	20.6	225	389		48.6	53.1	53.33	155	62.0	Trafo dalam kondisi	BEBAN NORMAL dan SEIMBANG
								103	104	101	44	225		23.18	23.4	22.73	69.3	27.7			
								61	97	98	43	225		13.73	21.83	22.05	57.6	23.0			
								52	35	39	25	225		11.7	7.875	8.55	28.13	11.3			
3	RN 02	LANCAR JAYA (SELATAN)		160	10-Jun-08	19:25	A	161.0	212.0	141.0	63.4	222	385		35.74	47.06	31.3	114.1	71.3	Trafo dalam kondisi	BEBAN NORMAL dan TIDAK SEIMBANG
								51	38	47	15	222		11.32	8.436	10.43	30.19	18.9			
								90	145	78	58	222		19.98	32.19	17.32	69.49	43.4			
								20	29	16	14	222		4.44	6.438	3.552	14.43	9.0			
4	RN 03	TANJUNG		160	10-Jun-08	19:15	A	124.0	138.0	128.0	12.6	225	389		27.9	31.05	28.8	87.75	54.8	Trafo dalam kondisi	BEBAN NORMAL dan SEIMBANG
								69	49	45	30	225		15.63	11.03	10.13	38.88	22.9			
								17	20	31	18	225		3.825	4.5	8.975	16.3	9.8			
								38	69	52	36	225		8.55	15.53	11.7	35.78	22.4			
5	RN 04	KOMPI		100	30-May-08	19:19	A	129.0	119.1	106.5	19.5	221	387		28.51	26.32	23.54	78.37	78.4	Trafo dalam kondisi	BEBAN NORMAL dan TIDAK SEIMBANG
								40.3	28.6	40	19.5	222		8.947	6.349	8.88	24.18	24.2			
								58.4	67	47.8	25.2	221		12.91	14.81	10.56	39.28	38.3			
								30.3	23.5	18.7	17.6	222		6.727	5.217	4.151	16.1	16.1			
6	RN 05	KEJARI		160	25-Jun-08	18:50	A	149.5	109.8	128.6	34.4	224	394		33.49	24.6	28.81	86.89	54.3	Trafo dalam kondisi	BEBAN NORMAL dan TIDAK SEIMBANG
								20.2	22.2	24.1	4.1	224		4.525	4.973	5.398	14.9	9.3			
								49.7	33.2	33.2	21	224		11.13	7.437	7.437	26.01	16.3			
								56.4	31	47.3	21	224		12.63	6.944	10.6	30.17	18.9			
								23.2	23.4	24	4	224		5.197	5.242	5.376	15.61	9.9			

NO	NOMOR GARDU	LOKASI	DATA TRAFU		TGL	PKL	JU RU SA N DE	DATA PENGUKURAN						BEBAN KVA					KETERANGAN		
			KAP (KVA)					ARUS (A)				TEG (V)			R	S	T	TOT		%	
			1 Ø	3 Ø				R	S	T	N	F-N	F-F	UJG	R	S	T	TOT		%	
1	2	3	4	5	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
14	RN 13	SMAN 4 BIMA - PENATOI		100	31-May-08	19:15	A B C D K	137.0	133.6	122.6	13.1	220	385		30.14	29.39	26.95	86.48	88.5	Trafo dalam kondisi	BEBAN NORMAL dan TIDAK SEIMBANG
								105.6	101.9	98.6	35.8	220			23.23	22.42	21.69	67.34	67.3		
								31.4	31.7	23.9	21.2	220			6.908	6.974	5.258	19.14	19.1		
15	RN 14	R S U D BIMA (KHUSUS)		100	24-Jun-08	19:15	A B C D K	46.6	57.1	65.8	16.7	223	395		10.39	12.73	14.67	37.8	37.8	Trafo dalam kondisi	BEBAN RENDAH dan TIDAK SEIMBANG
								46.6	57.1	65.8	18.1	223			10.39	12.73	14.67	37.8	37.8		
16	RN 15	SADIA		160	13-Jun-08	19:40	A B C D K	257.0	213.7	227.0	38.4	222	386		57.05	47.44	50.39	154.9	96.8	Trafo dalam kondisi	BEBAN LEBIH dan TIDAK SEIMBANG
								113	66.7	80	61.2	222			25.09	14.81	17.76	57.65	36.0		
								144	147	147	56.5	222			31.97	32.63	32.63	97.24	60.8		
17	RN 16	SMPN 4 BIMA - RABANGODU		100	11-Jun-08	20:00	A B C D K	83.0	99.2	76.1	20.6	226	391		18.76	22.42	17.2	58.38	68.4	Trafo dalam kondisi	BEBAN NORMAL dan TIDAK SEIMBANG
								42.5	48.6	32.5	29.1	226			9.605	10.68	7.345	27.93	27.9		
								40.5	50.6	43.6	28.4	226			9.153	11.44	9.854	30.44	30.4		
18	RN 17	K L K		100	30-May-08	19:26	A B C D K	66.0	93.8	60.6	30.9	221	389		14.59	20.73	13.37	46.69	48.7	Trafo dalam kondisi	BEBAN RENDAH dan TIDAK SEIMBANG
								31.8	42.3	36.5	22.8	221			7.028	9.348	8.067	24.44	24.4		
								34.1	40.6	22.9	19.7	221			7.538	8.973	5.061	21.57	21.6		
								0.1	10.9	1.1	11	221			0.022	2.409	0.243	2.674	2.7		
19	RN 18	JATIWANGI		50	30-May-08	19:12	A B C D K	67.0	66.6	66.6	1.2	221	385		14.81	14.7	14.5	44	68.0	Trafo dalam kondisi	BEBAN NORMAL dan SEIMBANG
								20.4	23.7	18	14.1	221			4.508	5.238	3.978	13.72	27.4		
								46.6	42.8	47.6	26	221			10.3	9.459	10.52	30.28	60.6		
20	RN 19	R I T E		50	17-Jun-08	19:00	A B C D K	56.6	73.9	61.5	16.5	221	387		12.49	16.33	13.59	42.41	84.8	Trafo dalam kondisi	BEBAN NORMAL dan TIDAK SEIMBANG
								43.3	59.3	44.8	26.9	221			9.569	13.11	9.901	32.58	65.2		
								13.2	14.6	16.7	13.4	221			2.917	3.227	3.691	9.835	19.7		

NO	NOMOR GARDU	LOKASI	DATA TRAFU			DATA PENGUKURAN												KETERANGAN			
			KAP (KVA)		TGL	PKL	JU RU SA N DE	ARUS (A)				TEG (V)				BEBAN KVA					
			1 Ø	3 Ø				R	S	T	N	F-N	F-F	UJG	R	S	T		TOT	%	
4	5	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
57	RN 58	LELAMASE		50	25-Jun-08	18:50	A B C D K	36.0 27 8	39.0 34 5	41.5 38 5.5	6.7 8 5	227 227 227	388	7.945 6.129 1.816	8.853 7.718 1.135	9.421 8.172 1.249	26.22 22.02 4.2	52.4 44.0 8.4	Trafo dalam kondisi BEBAN NORMAL dan TIDAK SEIMBANG		
58	RN 57	OI FO'O		50	23-Jun-08	19:30	A B C D K	32.9 3.8 29.1	13.2 0 13.2	6.1 1.6 4.5	24.0 3.4 19.8	225 225 225	391	7.403 0.855 6.548	2.97 0 2.97	1.373 0.38 1.013	11.75 1.215 10.53	23.5 2.4 21.1	Trafo dalam kondisi BEBAN RENDAH dan TIDAK SEIMBANG		
59	RN 58	NITU		50	23-Jun-08	19:10	A B C D K	21.5 12.7 8.8	6.0 0.7 4.3	22.8 9 13.9	17.2 11 8.7	231 231 231	382	4.967 2.934 2.033	1.155 0.162 0.993	5.29 2.079 3.211	11.41 5.174 6.237	22.8 10.3 12.5	Trafo dalam kondisi BEBAN RENDAH dan TIDAK SEIMBANG		
60	RN 59	SMIK		50	13-Jun-08	19:47	A B C D K	47.3 15.6 31.7	43.8 11.3 32.5	63.9 30.6 33.3	18.6 21.8 19.7	225 225 225	388	10.64 3.51 7.133	9.855 2.543 7.313	14.38 6.885 7.493	34.88 12.94 21.94	69.8 25.9 43.9	Trafo dalam kondisi BEBAN NORMAL dan TIDAK SEIMBANG		
61	RN 80	KAMP. NIU		100	4-Jun-08	19:00	A B C D K	47.8 18.2 29.6 0	30.9 15 14.6 1.3	41.4 16.4 23.2 1.8	14.8 12.8 20.5 3.2	229 229 229 229	399	10.95 4.168 6.778 0	7.078 3.435 3.343 0.288	9.481 3.758 5.313 0.412	27.5 11.38 15.43 0.71	27.5 11.4 15.4 0.7	Trafo dalam kondisi BEBAN RENDAH dan TIDAK SEIMBANG		
62	RN 81	BUSU	25		17-Jun-08	19:00	A B C D K	18.9 18.9	3.0 3	4.1 4.1	16.4 11.8	226 226	454	4.271 4.271	0.678 0.678	0.927 0.927	5.876 5.876	23.5 23.5	Trafo dalam kondisi BEBAN RENDAH		
63	RN 82	GINDI TAMBANA		100	30-May-08	19:42	A B C D K	128.9 73.7 55.2	88.1 50.5 35.6	91.0 68.7 22.3	40.6 41.4 32.1	222 222 223	389	28.62 18.38 12.31	19.11 11.21 7.939	20.2 15.25 4.973	67.93 42.82 25.22	67.9 42.8 25.2	Trafo dalam kondisi BEBAN NORMAL dan TIDAK SEIMBANG		

NO	NOMOR GARDU	LOKASI	DATA TRAFU		TGL	PKL	JU RU SA N SE	DATA PENGUKURAN				TEG (V)			BEBAN KVA					KETERANGAN
			KAP (KVA)					R	S	T	N	F-N	F-F	UJG	R	S	T	TOT	%	
			1 Φ	3 Φ																
1	2	3	4	5	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
49	RN 48	NUNGGGA		50	25-Jun-08	19:20	A B C D K	44.0	33.0	28.0	14.2	227	388		9.888	7.491	6.358	23.84	47.7	Trafo dalam kondisi BEBAN RENDAH dan TIDAK SEIMBANG
								35	25	18	18	227			7.945	5.675	4.088	17.71	35.4	
								9	8	10	3	227			2.043	1.816	2.27	6.129	12.3	
50	RN 49	BNI		160	10-Jun-08	19:16	A B C D K	112.0	145.0	148.0	34.6	224	389		25.09	32.48	33.15	90.72	56.7	Trafo dalam kondisi BEBAN NORMAL dan TIDAK SEIMBANG
								112	133	97	40	224			25.09	29.79	21.73	78.81	47.9	
								0	12	51	43	224			0	2.688	11.42	14.11	8.8	
								0	0	0	0	0								
51	RN 50	LEWIRATO		160	14-Jun-08	19:52	A B C D K	134.3	135.9	131.6	3.9	231	387		31.02	31.39	30.38	92.79	58.0	Trafo dalam kondisi BEBAN NORMAL dan SEIMBANG
								63	65.1	58.8	19.3	231			14.55	15.04	13.58	43.17	27.0	
								71.3	70.8	72.7	29.7	231			16.47	16.35	16.79	49.62	31.0	
52	RN 51	PONDOK IDI		100	12-Jun-08	19:05	A B C D K	60.2	65.6	58.1	6.7	224	392		13.48	14.69	13.01	41.19	41.2	Trafo dalam kondisi BEBAN RENDAH dan TIDAK SEIMBANG
								48.9	47.5	41.8	21.2	224			10.51	10.64	9.363	30.51	30.5	
								13.3	18.1	16.3	7.1	224			2.979	4.054	3.651	10.68	10.7	
53	RN 52	MASJID RAYA BIMA / BRI		100	30/05/08/	19:51	A B C D K	124.7	85.9	96.8	34.7	219	381		27.31	18.81	21.2	67.32	67.3	Trafo dalam kondisi BEBAN NORMAL dan TIDAK SEIMBANG
								8.7	1.4	17.8	14.4	219			1.905	0.307	3.898	6.11	6.1	
								43	26	13.6	22.8	219			9.417	5.694	2.978	18.09	18.1	
								70.1	53	61.8	31	219			15.35	11.81	13.53	40.49	40.5	
								2.9	5.5	3.6	2.8	219			0.635	1.205	0.788	2.628	2.6	
55	RN 54	IMBI		250	12-Jun-08	19:39	A B C D K	136.0	139.4	166.0	28.6	227	394		30.87	31.64	37.68	100.2	40.1	Trafo dalam kondisi BEBAN RENDAH dan TIDAK SEIMBANG
								75	40	95	26	227			17.03	9.08	21.57	47.87	19.1	
								36	87	48	34	227			8.172	19.75	10.9	38.82	15.5	
								16	2.4	16	7	227			3.632	0.545	3.632	7.809	3.1	
								9	10	7	4	227			2.043	2.27	1.589	5.902	2.4	
56	RN 55	PGA		160	17-Jun-08	19:20	A B C D K	214.4	227.1	218.8	11.2	220	384		47.17	49.96	48.09	145.2	90.8	Trafo dalam kondisi BEBAN LEBIH dan SEIMBANG
								87.7	109.6	82.3	40	220			19.29	24.11	18.11	61.51	38.4	
								126.7	117.5	136.3	44.5	220			27.87	25.85	29.99	83.71	52.3	

NO	NOMOR GARDU	LOKASI	DATA TRAFU				DATA PENGUKURAN							BEBAN KVA					KETERANGAN	
			KAP (KVA)		TGL	PKL	JU RU SA N PE	ARUS (A)				TEG (V)			R	S	T	TOT		%
			1 Ø	3 Ø				R	S	T	N	F-N	F-F	UJG						
1	2	3	4	5	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
42	RN 41	NTOBO		100	17-Jun-08	19:30	A B C D K	97.8 21.3 76.5	56.7 12.6 44.1	92.7 17.8 74.9	38.8 41.6 13.8	221 221 221		381	21.61 4.707 16.91	12.53 2.785 9.746	20.49 3.934 16.55	54.63 11.43 43.21	54.6 11.4 43.2	Trafo dalam kondisi BEBAN NORMAL dan TIDAK SEIMBANG
43	RN 42	PENARAGA		160	25-Jun-08	19:20	A B C D K	149.1 97.6 51.5 0	133.1 87.8 45.3	122.9 88.5 34.4	22.9 78.6 50.3	221 221 221		385	32.95 21.57 11.38	29.42 19.4 10.01	27.16 19.56 7.602	89.53 60.53 29	56.0 60.6 18.1	Trafo dalam kondisi BEBAN NORMAL dan TIDAK SEIMBANG
44	RN 43	TELKOM (KHUSUS)		160	25-Jun-08	19:10	A B C D K	30.4 194.5 52.8 141.7	39.1 171.9 51.6 120.3	28.7 192.6 50.9 141.7	11.0 21.7 28.5 50.7	228 221 221 221	399		6.931 42.98 11.67 31.32	8.915 37.99 11.4 26.59	6.088 42.56 11.25 31.32	21.93 123.5 34.32 89.22	13.7 77.2 21.5 55.8	Trafo dalam kondisi BEBAN RENDAH dan TIDAK SEIMBANG
45	RN 44	KUMBE		160	26-Jun-08	19:40	A B C D K	177.5 34 141 2.5	182.8 8.5 173 1.3	128.4 15 110 1.4	53.9 26 57 2	222 222 222 222	388		39.41 7.548 31.3 0.555	40.58 1.687 38.41 0.299	28.06 3.33 24.42 0.311	108 12.77 94.13 1.154	67.5 8.0 58.8 0.7	Trafo dalam kondisi BEBAN NORMAL dan TIDAK SEIMBANG
46	RN 45	RS. MUHAMMADYAH		160	3-Jun-08	19:25	A B C D K	272.0 18 127 127	235.0 18 128 89	274.0 29 111 134	38.0 26 38 64	224 224 224 224	388		60.93 4.032 28.45 28.45	52.64 4.032 28.67 19.94	61.38 6.496 24.66 30.02	174.9 14.56 81.98 78.4	87.5 7.3 41.0 39.2	Trafo dalam kondisi BEBAN NORMAL dan TIDAK SEIMBANG
47	RN 46	KAMPUNG SUMBAWA		200	10-Jun-08	19:35	A B C D K	0.5 0.5 0	9.0 9 0	5.0 5 0	7.4 8 0	230 230 0	400		0.115 0.115	2.07 2.07	1.15 1.15	3.335 3.335	6.7 6.7	Trafo dalam kondisi BEBAN RENDAH dan TIDAK SEIMBANG
48	RN 47	PAM NUNGA		50	25-Jun-08	19:40	A B C D K	0.5 0.5 0	9.0 9 0	5.0 5 0	7.4 8 0	230 230 0	400		0.115 0.115	2.07 2.07	1.15 1.15	3.335 3.335	6.7 6.7	Trafo dalam kondisi BEBAN RENDAH dan TIDAK SEIMBANG

NO	NOMOR GARDU	LOKASI	DATA TRAFU		TGL	PKL	JU RU SA N PE	DATA PENGUKURAN						BEBAN KVA					KETERANGAN	
			KAP (KVA)					R	S	T	N	F-N	F-F	UJG	R	S	T	TOT		%
			1 Ø	3 Ø																
1	2	3	4	5	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
35	RN 34	DODU 2		50	23-Jun-08	19:25	A B C D K	42.6	25.6	38.2	16.3	221	388		9.393	6.636	8.442	23.47	46.9	Trafo dalam kondisi BEBAN RENDAH dan TIDAK SEIMBANG
								2.5	0.5	0.2	2.4	221			0.553	0.111	0.044	0.707	1.4	
								40	25	38	25	221			8.84	6.525	8.398	22.76	45.5	
36	RN35	SPMA		50	30-May-08	19:06	A B C D K	34.0	23.3	31.3	9.6	222	391		7.548	5.173	6.949	19.67	39.3	Trafo dalam kondisi BEBAN RENDAH dan TIDAK SEIMBANG
								16.9	16.5	15.6	1.7	222			3.752	3.663	3.463	10.88	21.8	
								8.2	6.7	6.7	9.8	222			1.82	1.487	1.487	4.795	9.6	
								8.9	0.1	8	0	222			1.976	0.022	1.998	3.996	8.0	
37	RN 36	JATIBARU		100	30-May-08	19:00	A B C D K	104.3	107.0	104.8	2.5	224	387		23.36	23.97	23.48	70.81	70.8	Trafo dalam kondisi BEBAN NORMAL dan SEIMBANG
								58	51.1	61.6	24.5	224			12.99	11.45	13.8	38.24	38.2	
								46.3	55.9	43.2	20.8	224			10.37	12.62	9.677	32.67	32.6	
38	RN 37	TUKAD MAS		160	23-Jun-08	19:40	A B C D K	16.0	6.6	1.0	12.2	225	395		3.375	1.53	0.225	5.13	3.2	Trafo dalam kondisi BEBAN RENDAH dan TIDAK SEIMBANG
								15	5	1	16	225			3.375	1.125	0.225	4.725	3.0	
								0	1.8	0	1.3	225			0	0.405	0	0.405	0.3	
39	RN 38	STM NEGERI BIMA		100	11-Jun-08	18:45	A B C D K	77.0	83.9	117.8	37.6	227	391		17.48	19.05	26.7	63.22	63.2	Trafo dalam kondisi BEBAN NORMAL dan TIDAK SEIMBANG
								16	25	16.6	16.2	227			3.632	6.675	3.768	13.08	13.1	
								61	58.9	101	50.4	227			13.65	13.37	22.93	50.14	50.1	
40	RN 39	MANDE		50	11-Jun-08	19:05	A B C D K	58.1	66.8	63.4	6.8	224	388		13.01	12.5	14.2	39.72	79.4	Trafo dalam kondisi BEBAN NORMAL dan TIDAK SEIMBANG
								39.6	36.5	37.3	24.9	224			8.87	8.176	8.355	25.4	50.8	
								18.5	19.3	26.1	16.6	224			4.144	4.323	5.848	14.31	28.6	
41	RN 40	BEDI		50	14-Jun-08	20:03	A B C D K	76.2	66.4	66.5	4.3	220	384		15.44	14.61	14.41	44.46	88.9	Trafo dalam kondisi BEBAN NORMAL dan SEIMBANG
								43.2	46.1	51.2	29.1	220			9.504	10.14	11.26	30.91	61.8	
								27	20.3	14.3	1.6	220			5.94	4.466	3.146	13.65	27.1	

NO	NOMOR GARDU	LOKASI	DATA TRAFU		TGL	PKL	JU RU SA N DE	ARUS (A)				TEG (V)			BEBAN KVA					KETERANGAN	
			KAP (KVA)					R	S	T	N	F-N	F-F	UJG	R	S	T	TOT	%		
			1 Ø	3 Ø																	
1	2	3	4	5	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
28	RN 27	RONTU		100	11-Jun-08	19:15	A B C D K	113.2	93.1	93.1	20.1	223	389		25.24	20.76	20.76	68.77	66.8	Trafo dalam kondisi	BEBAN NORMAL dan TIDAK SEIMBANG
								61.3	51	47.4	33.2	223			11.44	11.37	10.57	33.38	33.4		
								61.9	42.1	45.7	26.2	223			13.8	9.388	10.19	33.38	33.4		
29	RN 28	PERTAMINA		50	12-Jun-08	18:55	A B C D K	13.0	7.5	38.8	28.9	225	396		2.925	1.688	8.73	13.34	26.7	Trafo dalam kondisi	BEBAN RENDAH dan TIDAK SEIMBANG
								0.2	0	9.3	8.8	225			0.045	0	2.093	2.138	4.3		
								12.8	7.5	29.5	28.8	225			2.68	1.688	6.638	11.21	22.4		
30	RN 29	PERUMNAS RONTU		160	11-Jun-08	19:00	A B C D K	161.3	158.8	137.7	21.4	224	390		38.13	34.9	30.84	101.9	63.7	Trafo dalam kondisi	BEBAN NORMAL dan TIDAK SEIMBANG
								54.3	67.9	56.7	42.4	224			12.16	15.21	12.7	40.07	25.0		
								71.5	61.6	44.7	44.6	224			16.02	13.8	10.01	39.83	24.9		
								35.5	28.3	36.3	19	224			7.952	6.891	8.131	21.97	13.7		
31	RN 30	SAMBINAE		100	11-Jun-08	19:30	A B C D K	98.8	56.3	102.2	44.3	224	389		22.13	12.81	22.89	57.64	57.6	Trafo dalam kondisi	BEBAN NORMAL dan TIDAK SEIMBANG
								42.2	27.1	42.4	27.8	224			9.453	6.07	9.498	25.02	25.0		
								43.3	17.9	52.8	0	224			9.699	4.01	11.83	25.54	25.5		
								13.3	11.3	7	0	224			2.979	2.531	1.568	7.078			
32	RN 31	PENARAGA		160	14-Jun-08	19:43	A B C D K	175.9	175.9	176.8	0.1	222	388		39.05	39.05	39.03	117.1	73.2	Trafo dalam kondisi	BEBAN NORMAL dan SEIMBANG
								147.1	143.8	143.3	0	222			32.66	31.92	31.81	96.39	60.2		
								28.8	32.1	32.5	15.8	222			6.394	7.126	7.215	20.73	13.0		
33	RN 32	KAMP. DARA		100	3-Jun-08	19:55	A B C D K	128.0	155.5	138.0	24.1	222	388		28.42	34.52	30.64	93.57	93.8	Trafo dalam kondisi	BEBAN LEBIH dan TIDAK SEIMBANG
								33	20	26	20	222			7.328	4.44	5.772	17.54	17.5		
								70	88	74	39	222			15.54	19.09	16.43	51.06	51.1		
								20	42	35	26	222			4.44	9.324	7.77	21.53	21.5		
								5	7.5	3	4	222			1.11	1.685	0.668	3.441	3.4		
34	RN 33	KENDO		50	31-May-08	19:03	A B C D K	32.5	29.5	34.0	4.0	229	399		7.443	6.756	7.768	21.98	44.0	Trafo dalam kondisi	BEBAN RENDAH dan TIDAK SEIMBANG
								30.5	28.1	31.9	20	229			6.885	6.435	7.305	20.72	41.4		
								2	1.4	2.1	2.9	229			0.458	0.321	0.481	1.26	2.5		

NO	NOMOR GARDU	LOKASI	DATA TRAFU				DATA PENGUKURAN							BEBAN KVA					KETERANGAN		
			KAP (KVA)		TGL	PKL	JU RU SA N DE	ARUS (A)				TEG (V)			R	S	T	TOT		%	
			1 ϕ	3 ϕ				R	S	T	N	F-N	F-F	UJG							
1	2	3	4	5	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
21	RN 20	PENANAE		100	31-May-08	19:08	A B C D K	132.8	116.1	134.9	18.8	220	385		29.17	25.32	29.68	84.17	84.2	Trafo dalam kondisi	BEBAN NORMAL dan TIDAK SEIMBANG
								80	63.3	83.1	41.5	220			17.6	13.93	18.28	49.81	49.8		
								52.6	51.8	51.8	29.8	220			11.57	11.4	11.4	34.38	34.4		
22	RN 21	LEMBAGA PEMASYARAKATAN		100	12-Jun-08	19:05	A B C D K	167.3	72.9	167.8	90.0	221	385		36.97	16.11	34.87	87.98	88.0	Trafo dalam kondisi	BEBAN NORMAL dan TIDAK SEIMBANG
								54.3	17.4	64.8	50.9	221			12	3.845	14.32	30.17	30.2		
								113	55.5	93	56.3	221			24.97	12.27	20.55	57.79	57.8		
23	RN 22	KODO		50	19-Jun-08	19:00	A B C D K	89.0	87.9	66.7	20.7	216	379		14.9	18.99	14.19	48.08	96.2	Trafo dalam kondisi	BEBAN LEBIH dan TIDAK SEIMBANG
								49.8	74.7	30.4	23.5	216			10.78	16.14	6.568	33.48	66.9		
								19.2	13.2	35.3	48.4	216			4.147	2.851	7.625	14.62	29.2		
24	RN 23	LAMPE		50	17-Jun-08	19:30	A B C D K	41.1	26.4	61.6	30.5	222	386		9.124	5.881	13.65	26.84	57.3	Trafo dalam kondisi	BEBAN NORMAL dan TIDAK SEIMBANG
								9.9	0.6	15.1	28.3	222			2.198	0.133	3.352	5.683	11.4		
								31.2	25.8	46.4	13.8	222			6.926	5.728	10.3	22.95	45.9		
25	RN 24	MELAYU		160	10-Jun-08	19:20	A B C D K	222.0	196.0	214.0	23.1	223	386		49.51	43.71	47.72	140.9	88.1	Trafo dalam kondisi	BEBAN NORMAL dan TIDAK SEIMBANG
								149	129	155	62	223			33.23	28.77	34.57	96.58	60.3		
								73	67	59	33	223			16.28	14.94	13.16	44.38	27.7		
26	RN 25	LAPANGAN SERASUBA		250	9-Jun-08	19:40	A B C D K	208.0	193.0	188.0	44.4	226	392		47.01	43.62	35.71	126.3	50.5	Trafo dalam kondisi	BEBAN NORMAL dan TIDAK SEIMBANG
								77	80	68	16	226			17.4	18.08	15.37	50.85	20.3		
								61	78	59	33	226			13.79	17.63	13.33	44.75	17.9		
								17	13	24	27	226			3.842	2.938	5.424	12.2	4.9		
								53	22	7	49	226			11.98	4.972	1.582	18.53	7.4		
27	RN 26	SABALI		100	26-Jun-08	19:20	A B C D K	118.8	128.7	122.7	8.6	223	388		26.49	26.7	27.36	82.55	82.6	Trafo dalam kondisi	BEBAN NORMAL dan SEIMBANG
								42.4	41.5	36.4	25.3	223			9.455	9.255	8.117	26.83	26.8		
								76.4	87.2	86.3	41.7	223			17.04	19.45	19.24	55.73	55.7		

NO	NOMOR GARDU	LOKASI	DATA TRAFU				DATA PENGUKURAN											KETERANGAN			
			KAP (KVA)		TGL	PKL	JU RU SA N DE	ARUS (A)				TEG (V)			BEBAN KVA						
			1 Ø	3 Ø				R	S	T	N	F-N	F-F	UJG	R	S	T		TOT	%	
4	5	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
64	RN83	WANGGE	25		28-Jun-08	19:30	A B C D K	8.5	9.0	3.0	6.8	217	415		1.845	1.953	0.651	4.449	17.8	Trafo dalam kondisi	BEBAN RENDAH
								8.5	9	3	6	217			1.845	1.953	0.651	4.449	17.8		
65	RN 64	KTR PLN CABANG BIMA		100	27-Jun-08	19:00	A B C D K	74.9	113.3	77.1	37.3	227	396		17	25.72	17.5	60.22	60.2	Trafo dalam kondisi	BEBAN NORMAL dan TIDAK SEIMBANG
								25.2	59.2	29	25	227			5.72	13.44	6.583	25.74	25.7		
								44.5	28.8	43.8	20.2	227			10.1	6.538	9.943	26.58	26.6		
								5.2	25.3	4.3	19.8	227			1.18	5.743	0.976	7.9	7.9		
66	RN 65	RABADOMPU		100	28-Jun-08	19:30	A B C D K	115.3	114.1	113.3	1.7	221	385		25.48	25.22	25.04	75.74	75.7	Trafo dalam kondisi	BEBAN NORMAL dan SEIMBANG
								72.5	81.3	84.6	40.6	221			18.02	17.97	18.7	52.69	52.7		
								42.8	32.8	28.7	34.4	221			9.459	7.249	6.343	23.05	23.1		
67	RN 66	LINGKUNGAN NUSANTARA		160	3-Jun-08	19:15	A B C D K	162.0	185.0	97.0	77.0	225	390		34.2	41.63	21.83	97.65	61.0	Trafo dalam kondisi	BEBAN NORMAL dan TIDAK SEIMBANG
								61	88	28	62	225			13.73	19.8	6.3	39.83	24.9		
								91	97	69	55	225			20.48	21.83	15.53	57.83	36.1		
68	RN 67	SANTI		100	13-Jun-08	19:09	A B C D K	149.0	133.4	138.5	13.8	222	388		33.08	29.61	30.75	93.44	93.4	Trafo dalam kondisi	BEBAN LEBIH dan SEIMBANG
								62.6	49.4	58.7	32.7	222			13.9	10.97	13.03	37.9	37.9		
								86.4	84	79.8	37.8	222			19.18	18.65	17.72	55.54	55.5		
69	RN 68	MUTMAINNAH		100	14-Jun-08	19:39	A B C D K	79.4	69.7	98.0	23.0	223	389		17.71	15.54	21.41	54.66	54.7	Trafo dalam kondisi	BEBAN NORMAL dan TIDAK SEIMBANG
								39.9	26.3	46.1	19.5	223			8.898	5.865	10.28	25.04	25.0		
								39.5	43.4	49.9	24.3	223			8.809	9.678	11.13	29.61	29.6		
70	RN 69	SONCOLELA		100	30-May-08	19:59	A B C D K	143.8	141.0	155.6	13.4	220	386		31.64	31.02	34.23	96.89	96.9	Trafo dalam kondisi	BEBAN LEBIH dan SEIMBANG
								16.5	16.7	23.6	12.6	220			3.63	3.674	5.192	12.5	12.5		
								39.8	44	48.4	15.9	221			8.796	9.724	10.7	29.22	29.2		
								87.5	80.3	83.6	25.6	220			19.25	17.67	18.39	55.31	55.3		

NO	NOMOR GARDU	LOKASI	DATA TRAFU		TGL	PKL	JU RU SA N	DATA PENGUKURAN						BEBAN KVA					KETERANGAN		
			KAP (KVA)					ARUS (A)				TEG (V)			R	S	T	TOT		%	
			1 ϕ	3 ϕ				R	S	T	N	F-N	F-F	UJG							
4	5	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
71	RN 70	TOLOTONGGA		50	30-May-08	19:35	A B C D K	89.0	52.8	45.8	20.6	224	391		15.48	11.83	10.26	37.54	75.1	Trafo dalam kondisi	BEBAN NORMAL dan TIDAK SEIMBANG
								41	21.4	19.2	28.8	225			9.225	4.816	4.32	18.38	38.7		
								28	31.4	26.6	21.2	224			6.272	7.034	5.958	19.26	38.5		
72	RN 71	KTR. DPRD BIMA		100	13-Jun-08	19:01	A B C D	61.3	47.8	45.8	14.8	239	412		14.65	11.38	10.9	36.93	36.9	Trafo dalam kondisi	BEBAN RENDAH dan TIDAK SEIMBANG
								6.7	2.8	11.2	6.1	239			1.601	0.668	2.677	4.947	4.9		
								54.8	44.8	34.4	30.5	239			13.05	10.71	8.222	31.98	32.0		
73	RN 72	DODU 1		50	23-Jun-08	19:10	A B C D K	50.0	56.0	48.0	7.2	225	488		11.25	12.8	10.8	34.65	69.3	Trafo dalam kondisi	BEBAN NORMAL dan TIDAK SEIMBANG
								10	6	20	10	225			2.25	1.35	4.5	8.1	16.2		
								40	50	28	15	225			9	11.25	6.3	26.55	53.1		
74	RN 73	KADOLE	16		23-Jun-08	20:00	A B C D K	1.8	4.2	0.0	3.6	227	456		0.409	0.953	0	1.362	8.5	Trafo dalam kondisi	BEBAN RENDAH
								0.4	4.1	0	3.7	227			0.091	0.931	0	1.022	6.4		
								1.4	0.1	0	1.2	227			0.318	0.023	0	0.341	2.1		
75	RN 74	BINA BARU		50	12-Jun-08	19:51	A B C D K	45.0	37.0	33.0	10.6	225	392		10.13	8.325	7.425	25.88	51.8	Trafo dalam kondisi	BEBAN NORMAL dan TIDAK SEIMBANG
								45	37	33	26	225			10.13	8.325	7.425	25.88	51.8		
78	RN 75	SALAMA		50	3-Jun-08	19:35	A B C D K	57.0	37.0	67.0	26.5	222	388		12.65	8.214	14.87	35.74	71.5	Trafo dalam kondisi	BEBAN NORMAL dan TIDAK SEIMBANG
								1	1	1	1	222			0.222	0.222	0.222	0.666	1.3		
								58	38	68	34	222			12.43	7.992	14.65	35.08	70.2		
77	RN 76	SPBU AMA HAMI		50	12-Jun-08	19:45	A B C D K	71.8	81.0	18.9	68.0	220	387		15.8	17.82	4.158	37.77	75.5	Trafo dalam kondisi	BEBAN NORMAL dan TIDAK SEIMBANG
								27.3	12.6	13.5	15	220			6.008	2.772	2.97	11.75	23.5		
								44.4	68.4	5	48.4	220			9.788	15.05	1.1	25.92	51.8		
								0.1	0	0.4	0	220			0.022	0	0.088	0.11	0.2		

PT PLN (PERSERO)

Audit Susut Jaringan Tahun 2005

Form Isian 2

Unit Pelaksana Induk

: Wilayah Nusa Tenggara Barat

AJ/APJ/Cabang

: Cabang Bima

No.	PLTD	Penyulang	Konduktor			Panjang Jaringan	Jumlah GD	Keterangan.
			Jenis	Ukuran	Panjang (m)			
1	Bima	Express Bima-Ni'u	AAAC	150 mm	7.412	7.412	-	Penyulang Express dari PLTD Bima sampai dengan PLTD Ni'u
2	Bima	Bima	AAAC	150 mm	4.150	5.367	11	
			AAACOC	150 mm	1.217			
3	Bima	Raba	AAAC	150 mm	2.918	5.496	14	
			AAAC	70 mm	374			
			AAAC	35 mm	2.204			
4	Bima	Rontu	AAAC	150 mm	2.432	14.745	16	
			AAAC	70 mm	12.313			
5	Bima	Sape	AAAC	150 mm	38.888	60.595	23	Penyulang Express dari PLTD Bima sampai dengan PLTD Sape
			AAAC	70 mm	20.583			
			MVTIC	150 mm	1.124			
6	Bima	Kolo	AAAC	150 mm	3.164	54.590	32	
			AAAC	70 mm	28.840			
			AAAC	35 mm	22.586			
7	Ni'u	Jatibaru	AAAC	150 mm	7.287	19.270	19	
			AAAC	70 mm	11.983			
8	Ni'u	Express Wooha	AAAC	150 mm	3.590	7.352	6	Penyulang dari PLTD Ni'u sampai dengan GH Wooha
			AAACOC	150 mm	3.762			
9	Ni'u	Express Bolo	AAAC	150 mm	17.655	18.415	2	Penyulang dari PLTD Ni'u sampai dengan GH Bolo
			ACSR	95 mm	760			
10	GH Wooha	Karumbu	AAAC	150 mm	39.421	86.026	38	
			AAAC	70 mm	34.848			
			AAAC	35 mm	11.757			
11	GH Wooha	Ntonggu	AAAC	150 mm	16.271	56.169	18	
			AAAC	70 mm	39.898			
12	GH Bolo	Express Dompu	AAAC	150 mm	60.589	74.973	7	Penyulang Express dari GH Bolo sampai dengan PLTD Dompu
			AAAC	70 mm	14.384			
13	GH Bolo	Bolo	AAAC	150 mm	33.339	76.859	24	
			AAAC	70 mm	43.520			
14	Dompu	Saka	AAAC	150 mm	10.651	10.651	14	
15	Dompu	Kota	AAAC	150 mm	10.414	10.414	13	
16	Dompu	Hu'u	AAAC	150 mm	20.231	58.703	18	
			AAAC	70 mm	32.416			
			AAAC	35 mm	6.056			
17	Dompu	Soriutu	AAAC	150 mm	28.117	81.196	42	
			AAAC	70 mm	27.123			
18	Sape	Naru / Kota	AAAC	150 mm	31.225	31.961	13	
			AAACOC	150 mm	736			
19	Sape	Sumi	AAAC	150 mm	12.233	24.001	10	
			AAAC	70 mm	11.768			

DATA TRAFKO DISTRIBUSI CABANG BIMA

Penyulang Bima		
No.	Gardu	Kapasitas Trafo
1	RN	64 100
2	RN	10 160
3	RN	25 250
4	RN	02a 160
	RN	02b 160
5	RN	52 100
6	RN	49 100
7	RN	01 200
8	RN	45 160
9	RN	66 160
10	RN	11 160
11	RN	74 50

Penyulang Raba		
No.	Gardu	Kapasitas Trafo
1	RN	43 160
2	RN	05 160
3	RN	50 160
4	RN	42 100
5	RN	31 160
6	RN	68 100
7	RN	06 260
8	RN	14 100
9	RN	51 100
10	RN	09 100
11	RN	65 100
12	RN	26 100
13	RN	07 100
14	RN	44 160

Penyulang Roentu		
No.	Gardu	Kapasitas Trafo
1	RN	12 50
2	RN	71 100
3	RN	59 50
4	RN	15 160
5	RN	40 50
6	RN	38 100
7	RN	39 100
8	RN	21 100
9	RN	16 50
10	RN	27 100
11	RN	29 160
12	RN	30 50
13	RN	73 25 / 1 phase
14	RN	58 50
15	RN	57 50
16	RN	63 25 / 1 phase

Penyulang Sape		
No.	Gardu	Kapasitas Trafo
1	RN	47 50
2	RN	48 50
3	RN	56 50
4	RN	22 50
5	RN	72 50
6	RN	34 50
7	RN	37 160
8	RN	23 50
9	WM	01 100
10	WM	02 100
11	WM	03 100
12	WM	04 100
13	WM	05 50
14	WM	06 50
15	WM	07 50
16	SP	27 25
17	SP	17 100
18	SP	16 50
19	SP	23 50
20	SP	15 50
21	SP	14 50
22	SP	05 160
23	SP	29 50

Penyulang Kota / Naru		
No.	Gardu	Kapasitas Trafo
1	SP	19 50
2	SP	13 50
3	SP	10 50
4	SP	18 100
5	SP	02 160
6	SP	01 160
7	SP	30 50
8	SP	24 50
9	SP	03 100
10	SP	26 100
11	SP	06 100
12	SP	28 50
13	SP	22 100

Penyulang Sumi		
No.	Gardu	Kapasitas Trafo
1	SP	07 100
2	SP	21 16 / 1 phase
3	SP	09 100
4	SP	12 50
5	SP	11 50
6	SP	25 50
7	SP	04 160
8	SP	08 100
9	SP	31 50
10	SP	20 25 / 1 phase

Express Woha		
No.	Gardu	Kapasitas Trafo
1	BE	04 50
2	BE	17 50
3	BE	16 50
4	BE	03 160
5	BE	15 50
6	WH	4 160

Penyulang Karumbu		
No.	Gardu	Kapasitas Trafo
1	WH	09 100
2	WH	10 50
3	WH	11 50
4	WH	08 50
5	WH	14 50
6	WH	07 100
7	WH	12 50
8	WH	02 160
9	WH	16 100
10	WH	05 100
11	WH	13 50
12	WH	06 50
13	BE	08 100
14	BE	09 160
15	BE	10 50
16	BE	19 50
17	MO	01 50
18	MO	02 50
19	MO	03 100
20	MO	04 100
21	MO	05 50
22	MO	06 100
23	MO	07 50
24	MO	08 50
25	MO	09 50
26	MO	10 50
27	MO	11 50
28	MO	13 50
29	MO	14 50
30	MO	15 50
31	LA	02 100
32	LA	04 50
33	LA	05 25 / 1 phase
34	KB	02 60
35	KB	03 100
36	KB	04 50
37	KB	05 160
38	WM	05 50

Penyulang Jatibaru

No.	Gardu	Kapasitas Trafo
1	RN	60
2	RN	28
3	RN	53
4	RN	75
5	RN	08
6	RN	32
7	RN	54
8	RN	46
9	RN	03
10	RN	24
11	RN	55
12	RN	70
13	RN	17
14	RN	04
15	RN	62
16	RN	18
17	RN	35
18	RN	69
19	RN	36

Penyulang Kolo

No.	Gardu	Kapasitas Trafo
1	RN	20
2	RN	33
3	RN	41
4	RN	61
5	RN	13
6	RN	19
7	RN	67
8	BT	01
9	BT	02
10	KL	01
11	KL	02
12	WB	01
13	WB	02
14	WB	03
15	WB	04
16	WB	05
17	WB	06
18	WB	07
19	WB	08
20	WB	09
21	WB	10
22	WR	01
23	WR	02
24	WR	03
25	WR	04
26	WR	05
27	WR	06
28	WR	07
29	WR	08
30	WR	09
31	WR	10
32	WR	11

Penyulang Ntongdu

No.	Gardu	Kapasitas Trafo
1	WH	01
2	WH	15
3	BE	05
4	BE	06
5	BE	07
6	BE	11
7	BE	12
8	BE	14
9	BE	20
10	BE	13
11	BE	01
12	BE	02
13	BE	18
14	KU	01
15	KU	02
16	KU	03
17	KU	04
18	KU	05

Penyulang Saka

No.	Gardu	Kapasitas Trafo
1	DP	49
2	DP	30
3	DP	11
4	DP	25
5	DP	26
6	DP	12
7	DP	44
8	DP	06
9	DP	56
10	DP	13
11	DP	53
12	DP	10
13	DP	24
14	DP	23

Penyulang Kota

No.	Gardu	Kapasitas Trafo
1	DP	15
2	DP	36
3	DP	52
4	DP	08
5	DP	45
6	DP	41
7	DP	28
8	DP	01
9	DP	02
10	DP	17
11	DP	09
12	DP	16
13	DP	54

Penyulang Hu'u

No.	Gardu	Kapasitas Trafo
1	DP	07
2	DP	27
3	DP	20
4	DP	19
5	DP	21
6	DP	32
7	DP	33
8	HU	01
9	HU	02
10	HU	03
11	HU	04
12	HU	05
13	HU	06
14	HU	07
15	HU	11
16	HU	13
17	HU	14
18	HU	15

Year	Month	Day	Temperature
1970	Jan	1	10
1970	Jan	2	12
1970	Jan	3	15
1970	Jan	4	18
1970	Jan	5	20
1970	Jan	6	22
1970	Jan	7	25
1970	Jan	8	28
1970	Jan	9	30
1970	Jan	10	32
1970	Jan	11	35
1970	Jan	12	38
1970	Jan	13	40
1970	Jan	14	42
1970	Jan	15	45
1970	Jan	16	48
1970	Jan	17	50
1970	Jan	18	52
1970	Jan	19	55
1970	Jan	20	58
1970	Jan	21	60
1970	Jan	22	62
1970	Jan	23	65
1970	Jan	24	68
1970	Jan	25	70
1970	Jan	26	72
1970	Jan	27	75
1970	Jan	28	78
1970	Jan	29	80
1970	Jan	30	82
1970	Jan	31	85

Year	Month	Day	Temperature
1970	Feb	1	85
1970	Feb	2	88
1970	Feb	3	90
1970	Feb	4	92
1970	Feb	5	95
1970	Feb	6	98
1970	Feb	7	100
1970	Feb	8	102
1970	Feb	9	105
1970	Feb	10	108
1970	Feb	11	110
1970	Feb	12	112
1970	Feb	13	115
1970	Feb	14	118
1970	Feb	15	120
1970	Feb	16	122
1970	Feb	17	125
1970	Feb	18	128
1970	Feb	19	130
1970	Feb	20	132
1970	Feb	21	135
1970	Feb	22	138
1970	Feb	23	140
1970	Feb	24	142
1970	Feb	25	145
1970	Feb	26	148
1970	Feb	27	150
1970	Feb	28	152
1970	Feb	29	155
1970	Feb	30	158

Year	Month	Day	Temperature
1970	Mar	1	160
1970	Mar	2	162
1970	Mar	3	165
1970	Mar	4	168
1970	Mar	5	170
1970	Mar	6	172
1970	Mar	7	175
1970	Mar	8	178
1970	Mar	9	180
1970	Mar	10	182
1970	Mar	11	185
1970	Mar	12	188
1970	Mar	13	190
1970	Mar	14	192
1970	Mar	15	195
1970	Mar	16	198
1970	Mar	17	200
1970	Mar	18	202
1970	Mar	19	205
1970	Mar	20	208
1970	Mar	21	210
1970	Mar	22	212
1970	Mar	23	215
1970	Mar	24	218
1970	Mar	25	220
1970	Mar	26	222
1970	Mar	27	225
1970	Mar	28	228
1970	Mar	29	230
1970	Mar	30	232

Year	Month	Day	Temperature
1970	Apr	1	235
1970	Apr	2	238
1970	Apr	3	240
1970	Apr	4	242
1970	Apr	5	245
1970	Apr	6	248
1970	Apr	7	250
1970	Apr	8	252
1970	Apr	9	255
1970	Apr	10	258
1970	Apr	11	260
1970	Apr	12	262
1970	Apr	13	265
1970	Apr	14	268
1970	Apr	15	270
1970	Apr	16	272
1970	Apr	17	275
1970	Apr	18	278
1970	Apr	19	280
1970	Apr	20	282
1970	Apr	21	285
1970	Apr	22	288
1970	Apr	23	290
1970	Apr	24	292
1970	Apr	25	295
1970	Apr	26	298
1970	Apr	27	300
1970	Apr	28	302
1970	Apr	29	305
1970	Apr	30	308

Year	Month	Day	Temperature
1970	May	1	310
1970	May	2	312
1970	May	3	315
1970	May	4	318
1970	May	5	320
1970	May	6	322
1970	May	7	325
1970	May	8	328
1970	May	9	330
1970	May	10	332
1970	May	11	335
1970	May	12	338
1970	May	13	340
1970	May	14	342
1970	May	15	345
1970	May	16	348
1970	May	17	350
1970	May	18	352
1970	May	19	355
1970	May	20	358
1970	May	21	360
1970	May	22	362
1970	May	23	365
1970	May	24	368
1970	May	25	370
1970	May	26	372
1970	May	27	375
1970	May	28	378
1970	May	29	380
1970	May	30	382

Year	Month	Day	Temperature
1970	Jun	1	385
1970	Jun	2	388
1970	Jun	3	390
1970	Jun	4	392
1970	Jun	5	395
1970	Jun	6	398
1970	Jun	7	400
1970	Jun	8	402
1970	Jun	9	405
1970	Jun	10	408
1970	Jun	11	410
1970	Jun	12	412
1970	Jun	13	415
1970	Jun	14	418
1970	Jun	15	420
1970	Jun	16	422
1970	Jun	17	425
1970	Jun	18	428
1970	Jun	19	430
1970	Jun	20	432
1970	Jun	21	435
1970	Jun	22	438
1970	Jun	23	440
1970	Jun	24	442
1970	Jun	25	445
1970	Jun	26	448
1970	Jun	27	450
1970	Jun	28	452
1970	Jun	29	455
1970	Jun	30	458

Express Bolo

No.	Gardu	Kapasitas Trafo
1	BO 24	50
2	BO 28	50

Penyulang Bolo

No.	Gardu	Kapasitas Trafo
1	BO 01	50
2	BO 02	100
3	BO 03	160
4	BO 04	160
5	BO 05	160
6	BO 06	160
7	BO 07	160
8	BO 08	100
9	BO 09	160
10	BO 10	63 / 1 phase
11	BO 11	50
12	BO 12	160
13	BO 13	100
14	BO 15	50
15	BO 17	50
16	BO 18	50
17	BO 19	100
18	BO 20	50
19	BO 21	50
20	BO 25	50
21	BO 26	160
22	BO 27	50
23	DO 01	50
24	DO 02	50
25	DO 03	50
26	DO 04	50
27	DO 05	50
28	DO 06	50
29	DO 07	50
30	DO 10	50
31	DO 11	16 / 1 phase
32	DO 12	16 / 1 phase
33	DO 13	50
34	DO 14	50

Express Dampu

No.	Gardu	Kapasitas Trafo
1	BO 14	50
2	BO 16	50
3	BO 22	50
4	BO 23	50
5	DO 09	25
6	DP 29	50
7	DP 31	50

Penyulang Kempo

No.	Gardu	Kapasitas Trafo
1	DP 03	160
2	DP 22	100
3	DP 04	160
4	DP 51	50
5	DP 39	50
6	DP 40	50
7	DP 05	160
8	DP 57	50
9	DP 14	100
10	DP 38	16 / 1 phase
11	DP 48	16 / 1 phase
12	DP 50	100
13	DP 18	50
14	SU 01	50
15	SU 02	50
16	SU 03	50
17	SU 04	16 / 1 phase
18	SU 05	25 / 1 phase
19	SU 06	50
20	SU 07	16 / 1 phase
21	SU 08	50
22	SU 09	16 / 1 phase
23	KP 01	160
24	KP 02	100
25	KP 03	100
26	KP 04	50
27	KP 05	50
28	KP 06	50
29	KR 01	100
30	KR 02	50
31	KR 03	50
32	KR 04	50
33	KR 05	100
34	KR 06	50
35	KR 07	50
36	KR 08	50
37	KL 01	50
38	KL 02	50
39	KL 03	50
40	KL 04	50
41	KL 05	50
42	KL 06	50

Penyulang Jatibaru

No.	Gardu	Kapasitas Trafo	
1	RN	60	100
2	RN	28	50
3	RN	53	50
4	RN	75	50
5	RN	08	100
6	RN	32	100
7	RN	54	100
8	RN	46	200
9	RN	03	160
10	RN	24	160
11	RN	55	160
12	RN	70	50
13	RN	17	100
14	RN	04	100
15	RN	62	100
16	RN	18	50
17	RN	35	50
18	RN	69	100
19	RN	36	100

Penyusunan Jadwal

No.	Gedung	Kapasitas (Orang)
1	RM	100
2	RM	50
3	RM	50
4	RM	50
5	RM	100
6	RM	100
7	RM	100
8	RM	200
9	RM	180
10	RM	180
11	RM	100
12	RM	50
13	RM	100
14	RM	100
15	RM	100
16	RM	50
17	RM	50
18	RM	100
19	RM	100

Penyulang Kolo

No.	Gardu	Kapasitas Trafo
1	RN 20	100
2	RN 33	50
3	RN 41	50
4	RN 61	25 / 2 phase
5	RN 13	50
6	RN 19	50
7	RN 67	100
8	BT 01	50
9	BT 02	50
10	KL 01	50
11	KL 02	50
12	WB 01	50
13	WB 02	50
14	WB 03	50
15	WB 04	50
16	WB 05	50
17	WB 06	50
18	WB 07	50
19	WB 08	50
20	WB 09	50
21	WB 10	50
22	WR 01	100
23	WR 02	50
24	WR 03	50
25	WR 04	50
26	WR 05	100
27	WR 06	50
28	WR 07	50
29	WR 08	50
30	WR 09	50
31	WR 10	50
32	WR 11	50

Particulars

No.	Date	Particulars
1	01	RM
2	02	RM
3	03	RM
4	04	RM
5	05	RM
6	06	RM
7	07	RM
8	08	RM
9	09	RM
10	10	RM
11	11	RM
12	12	RM
13	13	RM
14	14	RM
15	15	RM
16	16	RM
17	17	RM
18	18	RM
19	19	RM
20	20	RM
21	21	RM
22	22	RM
23	23	RM
24	24	RM
25	25	RM
26	26	RM
27	27	RM
28	28	RM
29	29	RM
30	30	RM
31	31	RM
32	32	RM
33	33	RM
34	34	RM
35	35	RM
36	36	RM
37	37	RM
38	38	RM
39	39	RM
40	40	RM
41	41	RM
42	42	RM
43	43	RM
44	44	RM
45	45	RM
46	46	RM
47	47	RM
48	48	RM
49	49	RM
50	50	RM
51	51	RM
52	52	RM
53	53	RM
54	54	RM
55	55	RM
56	56	RM
57	57	RM
58	58	RM
59	59	RM
60	60	RM
61	61	RM
62	62	RM
63	63	RM
64	64	RM
65	65	RM
66	66	RM
67	67	RM
68	68	RM
69	69	RM
70	70	RM
71	71	RM
72	72	RM
73	73	RM
74	74	RM
75	75	RM
76	76	RM
77	77	RM
78	78	RM
79	79	RM
80	80	RM
81	81	RM
82	82	RM
83	83	RM
84	84	RM
85	85	RM
86	86	RM
87	87	RM
88	88	RM
89	89	RM
90	90	RM
91	91	RM
92	92	RM
93	93	RM
94	94	RM
95	95	RM
96	96	RM
97	97	RM
98	98	RM
99	99	RM
100	100	RM

Penyulang Rontu

No.	Gardu	Kapasitas Trafo
1	RN	50
2	RN	100
3	RN	50
4	RN	160
5	RN	50
6	RN	100
7	RN	100
8	RN	100
9	RN	50
10	RN	100
11	RN	160
12	RN	50
13	RN	25 / 2 phase
14	RN	50
15	RN	50
16	RN	25 / 2 phase

Penyumbang Koneksi

No.	Gambar	Kategori Tampilan
1	RN	50
2	RN	100
3	RN	50
4	RN	100
5	RN	50
6	RN	100
7	RN	100
8	RN	100
9	RN	50
10	RN	100
11	RN	100
12	RN	50
13	RN	50 / S phase
14	RN	50
15	RN	50
16	RN	50 / S phase

Penyulang Raba

No.	Gardu		Kapasitas Trafo
1	RN	43	160
2	RN	05	160
3	RN	50	160
4	RN	42	100
5	RN	31	160
6	RN	68	100
7	RN	06	250
8	RN	14	100
9	RN	51	100
10	RN	09	100
11	RN	65	100
12	RN	26	100
13	RN	07	100
14	RN	44	160

Penyuluhan Kearsifan

No.	Uraian	Kategori
1	RM	100
2	RM	100
3	RM	100
4	RM	100
5	RM	100
6	RM	100
7	RM	250
8	RM	100
9	RM	100
10	RM	100
11	RM	100
12	RM	100
13	RM	100
14	RM	100

Penyulang Bima

No.	Gardu	Kapasitas Trafo
1	RN	64
2	RN	10
3	RN	25
4	RN	02
5	RN	52
6	RN	49
7	RN	01
8	RN	45
9	RN	66
10	RN	11
11	RN	74

