

**ANALISA PERBAIKAN *VOLTAGE SWELL* MENGGUNAKAN
FC-TCR DAN *D-STATCOM* DENGAN *SOFTWARE PSCAD/EMTDC*
POWER SIMULATION PADA PENYULANG DI GI PEMARON
PT. PLN AREA PEMELIHARAAN JARINGAN BALI UTARA**

SKRIPSI



Disusun oleh:

**I GEDE SUYADNYA
NIM. 0512006**

**MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN MALANG**

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

MANAGEMENT DURING THE PERIOD OF THE
RECENT PAST. THE RECENT PAST HAS BEEN
RECENTLY IN THE RECENT PAST. THE RECENT PAST
RECENTLY IN THE RECENT PAST. THE RECENT PAST

RECENT PAST

RECENT PAST
RECENT PAST
RECENT PAST

RECENT PAST
RECENT PAST
RECENT PAST
RECENT PAST
RECENT PAST

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISA PERBAIKAN *VOLTAGE SWELL* MENGGUNAKAN *FC-TCR* DAN *D-STATCOM* DENGAN *SOFTWARE PSCAD/EMTDC* *POWER SIMULATION* PADA PENYULANG DI GI PEMARON PT. PLN AREA PEELIHARAAN JARINGAN BALI UTARA

SKRIPSI

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

Disusun oleh:
I Gede Suyadnya
NIM 05.12.006

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1



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

Diperiksa dan Disetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Choirul Saleh, MT
NIP. Y. 1018800190

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

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

LEMBAR PERSEMBAHAN

"OM SWASTYASTU"

Bapak dan Ibu tercinta yang dengan sabar dengan doa dan kerja kerasnya menunggu kelulusanku...

Keluarga besar di Bali atas doa dan *support* nya.

Pak Yusuf, Dosen Pembimbing dan Dosen Wali terima kasih atas bimbingan dan didikan nya selama saya berada di ITN Malang.

Pak Choirul Saleh, Dosen Pembimbing terima kasih atas bimbingan skripsinya

Bu Irrine, Dosen Lab dan, terima kasih udah sabar nge-bimbing saya dan udah sabar menunggu saya kembali ke jalan yang benar serta atas nasehatnya selama di Lab TDDE ITN Malang

Mas Nanang, Mas Heru, Mas Didit, Mas Somad, Mbak Nur, Mas Made para senior di Lab TDDE atas nasehat dan share ilmunya. **Elsa, Makik Putra, Udin, Pak De**, rekan-rekan di Lab TDDE dalam berbagi suka dan duka di kampus. **Tevin, Loy, Anton, Muzid, Maman, Vicky, Nurin**, junior di Lab TDDE, belajar yang rajin yah nak!

buat temen-temen kampus ITN Jurusan Teknik Elektro S-1 '05, **Yusuf, Utok, Setly, Gowmat, Fauzi** dan **Imam**, pada udah kelar sih,... MAKASIH buat temen-temen yang nyantumin namaku di lembar persembahannya dulu... *miss you all guys!*

Juki, Johan, Frans, Sulek, Natan, Olsa, ayo semangat ! *tak dungakno skripsi-mu ndang beres rek!!!*

Yoni, Singgih, Miki, Ardi, Pak De, teman teman bergadang dalam perjuangan penyusunan Skripsi dari awal hingga akhir yang penuh dengan suka duka dan canda tawa.

Dosen dan Staf Karyawan ITN Malang

Kupink, Arx Titan, Tomy, Esol, Max Guana, Pasek, Paranewe, Breca, Agus dan TTM yang lain dimanapun kalian berada, **angkat gelas, mari kita bersulang!**

pokoknya buat semua pihak yang blom disebutkan.. **MAKASIIHHH** banget deh.
God bless you all!!!

"OM SANTHI SANTHI SANTHI OM"

ABSTRAK

ANALISA PERBAIKAN *VOLTAGE SWELL* MENGGUNAKAN FC-TCR DAN D-STATCOM DENGAN *SOFTWARE PSCAD/EMTDC* *POWER SIMULATION* PADA PENYULANG DI GI PEMARON PT. PLN AREA PEMELIHARAAN JARINGAN BALI UTARA

I Gede Suyadnya, NIM 05.12.006

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

Pembangunan dan perkembangan teknologi yang pesat memberikan dampak yang cukup besar pada kebutuhan dan pola konsumsi masyarakat akan energi listrik. Keadaan tersebut berpengaruh pada pola dan sistem penyediaan energi listrik di gardu induk, terutama pada penyediaan tenaga dan pengaturan pendistribusian energi listrik. Namun besarnya energi listrik yang diterima oleh konsumen listrik tidaklah sama, hal ini terjadi karena gangguan tegangan selalu ada pada setiap bagian dari sistem tenaga, mulai dari sumber sampai ke pelanggan. Salah satunya gangguan *Voltage Swell*. Alternatif yang paling efektif dan sering dipakai untuk memperbaiki kondisi tersebut adalah dengan memasang kompensator daya tambahan yang dibutuhkan oleh sistem disisi beban. Salah satu kompensator yang telah dibuat dan dipakai untuk menghadapi masalah ini adalah *Distribution Static Compensator* (D-STATCOM) dan *Fixed Capacitor-Thyristor Controlled Reactor* (FC-TCR). Pada skripsi ini, hasil simulasi dan analisis menunjukkan bahwa terjadi perbaikan kualitas tegangan sebesar 0.36436 (pu) atau 27.3 % dengan pemasangan FC-TCR, dan terjadi perbaikan kualitas tegangan sebesar 0.3796649 (pu) atau 28.4%. dengan pemasangan D-STATCOM.

Kata Kunci : *Voltage Swell*, Kualitas Tegangan, FC-TCR, D-STATCOM

KATA PENGANTAR

Puji Syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala limpahan berkat dan rahmat-Nya sehingga penelitian berjudul Analisa Perbaikan *Voltage Swell* Menggunakan FC-TCR dan D-STATCOM Dengan *Software PSCAD/EMTDC Power Simulation* Pada Penyulang di GI Pamaron PT. PLN Area Pemeliharaan Jaringan Bali Utara dapat terselesaikan.

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

1. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. Sidik Noertjahjono, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri ITN Malang.
3. Bapak Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1.
4. Bapak Ir. Choirul Saleh, MT selaku Dosen Pembimbing I.
5. Bapak Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT selaku Dosen Pembimbing II.
6. Rekan-rekan Asisten Laboratorium Transmisi dan Distribusi Daya Elektrik Teknik Elektro ITN Malang.
7. Semua pihak yang telah membantu dalam penulisan dan penyusunan penelitian ini.

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

Malang, Februari 2011

Penulis

DAFTAR ISI

Lembar Persetujuan	i
Abstrak.....	ii
Kata Pengantar.....	iii
Daftar Isi	iv
Daftar Gambar	v
Daftar Tabel.....	vi
Daftar Grafik.....	vii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Pembahasan.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Metodologi Pemecahan Masalah.....	3
1.6. Kontribusi	3
1.7. Sistematika Penulisan.....	3

BAB II SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

2.1. Sistem Tenaga Elektrik.....	5
2.2. Sistem Distribusi Tenaga Listrik.....	5
2.3. Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik	6
2.3.1 Sistem Distribusi Primer	6
2.3.2. Sistem Distribusi Sekunder	6
2.3.2.1. Struktur Jaringan Radial.....	7
2.3.2.2. Struktur Jaringan Loop(Lingkaran).....	7
2.3.2.3. Struktur Jaringan Grid atau <i>Mesh</i> (Anyaman)	8
2.4. Gangguan Dalam Sistem Tenaga Listrik.....	8
2.5. <i>Voltage Sag</i> dan <i>Voltage Swell</i>	10
2.5.1. Penyebab <i>Voltage Swell</i>	10
2.5.2. Perhitungan Nilai <i>Voltage Sag</i> dan <i>Voltage Swell</i>	11
2.5.3. GTO (<i>Gate Turn-Off thyristor</i>).....	12
2.6. Peralatan Kompensasi dalam Sistem Tenaga Listrik	12
2.6.1. Fixed Capasitot-Thyristor Controlled Reactor (FC-TCR)	12
2.6.2. Distribution Static Compensator (D-STATCOM)	13

BAB III ANALISA PERBAIKAN *VOLTAGE SWELL* MENGGUNAKAN FC-TCR DAN D-STATCOM DENGAN SOFTWARE PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION PADA PENYULANG DI GI PEMARON PT. PLN AREA PEMELIHARAAN JARINGAN BALI UTARA

3.1. <i>Software PSCAD/EMTDC V4.2 Power Simulation</i>	16
3.2. Memulai <i>PSCAD/EMTDC Power Simulation</i>	17
3.3. cara Mensimulasikan <i>Voltage Swell</i> dalam <i>PSCAD</i>	19
3.4. Sistem Control Pada FC-TCR dan D-STATCOM.....	20
3.4.1. PWM Sinusioda.....	20

3.4.2. Aksi Kontrol PWM Sinusioda Terhadap D-STATCOM dan FC-TCR	21
3.5. Aksi Kontrol Proposional Integral	22
3.5.1. Umum	22
3.5.2. Prinsip-Prinsip Pengendalian Proses	23
3.5.3. Prinsip Kerja Pngendali	24
3.5.4. Pengendali Proporsional (<i>Proporsional Controller</i>)	24
3.5.5. Pengendali Integral (<i>Integrator Controller</i>)	26
3.5.6. Pengendali Proposional Integral (<i>PI Controller</i>)	27
3.5.7. Komparator	29
3.5.8. Sinyal RMS Control	30
3.5.9. Sistem Distribusi Tanpa Kompensasi D-STATCOM dan FC-TCR	31
3.5.10. Sistem Distribusi Dengan Kompensasi D-STATCOM	31
3.5.11. Sistem Distribusi Dengan Kompensasi FC-TCR	32
3.6. <i>Flowchart</i>	33
3.6.1. Flowchart Simulasi Sistem dengan D-STATCOM dan FC-TCR	33
3.6.2. <i>Flowchart</i> desain rangkaian kontrol PWM sinusoidal	34
3.7. Input Data Dalam <i>PSCAD/EMTDC Power Simulation</i>	35
3.7.1. Input Data Transformator dan Fixed Load	35

BAB IV ANALISA DAN HASIL

4.1. Single Line Sistem Distribusi 20 kV	36
4.2. Data Sistem Distribusi pada PT. PLN (PERSERO)	38
4.2.1. Data Pembebanan Penyulang Panji di GI Pemaron	38
4.2.2. Data Aliran Daya Pada Tiap Trafo	39
4.3. Perbaikan Kualitas Tegangan Dengan Software <i>PSCAD/EMTD V.4.2 Power Simulation</i>	40
4.4. Hasil dan Analisa Hasil Perbaikan Kualitas Daya Dengan FC-TCR dan D- STATCOM	40
4.4.1. Hasil dan Analisa Perbaikan Kualitas Daya Dengan FC-TCR	41
4.4.1.1. Perbaikan Kualitas Tegangan Menggunakan FC-TCR	41
4.4.1.2. Hasil Perhitungan dan Simulasi Setelah Kompensasi FC-TCR	43
4.4.2. Hasil dan Analisa Perbaikan Kualitas Daya Dengan D-STATCOM	44
4.4.2.1. Perbaikan Kualitas Tegangan Menggunakan D-STATCOM	44
4.4.2.2. Hasil Perhitungan dan Simulasi Setelah Kompensasi D-STATCOM	46
4.4.3. Perbandingan Hasil Perhitungan dan Simulasi Sebelum Kompensasi dan Sesudah Kompensasi	47
4.4.3.1. Perbandingan Tegangan Dengan dan Tanpa FC-TCR dan D-STATCOM	47

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....52

5.2 Saran.....52

DAFTAR PUSTAKA.....53

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: Skema Penyaluran Sistem Distribusi Tenaga Listrik	5
Gambar 2.2: Jaringan Tegangan Menengah (JTM), Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dan Sambungan Rumah Ke Pelanggan	6
Gambar 2.3: Bentuk Sederhana dari Sistem Distribusi Radial	7
Gambar 2.4: Jaringan Tegangan Menengah Struktur <i>Loop</i> yang dipasok dari satu sumber	8
Gambar 2.5: Jaringan Tegangan Menengah Struktur <i>Mesh</i>	8
Gambar 2.6: Ilustrasi <i>Voltage Sag</i> dan <i>Voltage Swell</i>	10
Gambar 2.7: Model pembagi tegangan untuk <i>voltage sag</i> dan <i>voltage swell</i>	11
Gambar 2.8: FC-TCR	13
Gambar 2.9: Diagram satu garis D-STATCOM untuk Pembangkitan Daya Reaktif....	14
Gambar 2.10: Rangkaian Dasar VSC.....	14
Gambar 2.11: Diagram Blok Fungsional D-STATCOM.....	15
Gambar 3.1: Tampilan utama <i>Software PSCAD/EMTDC Power Simulation</i>	17
Gambar 3.2: Tampilan <i>Master Library</i>	18
Gambar 3.3: Tampilan Modul Utama.....	18
Gambar 3.4: Tampilan <i>Single Line</i> Penyulang Panji Dalam <i>PSCAD</i>	19
Gambar 3.5: Rangkaian Simulasi <i>Voltage Swell</i>	20
Gambar 3.6: Setting pada <i>Timed Breaker Logic</i>	20
Gambar 3.7: Kontroler dan Diagram Kotaknya	24
Gambar 3.8: Diagram Blok Kontroler Proporsional.....	25
Gambar 3.9: Response Sebuah Pengendali Proporsional	26
Gambar 3.10: Blok Diagram Kontroler Integral	27
Gambar 3.11: Diagram Kotak Pengendali PI	28
Gambar 3.12: Hubungan Input-Output Pengendali PI Dalam Fungsi Waktu.....	28
Gambar 3.13: Rangkaian Pengendali PI Untuk Mengendalikan D-STATCOM.....	29
Gambar 3.14: Rangkaian Pengendali PI Untuk Mengendalikan FC-TCR.....	29
Gambar 3.15: Rangkaian Sinyal Komparator Untuk Mengendalikan D-STATCOM ...	29
Gambar 3.16: Rangkaian Komparator Untuk Mengendalikan D-STATCOM.....	30
Gambar 3.17: Rangkaian Sinyal Komparator Untuk Mengendalikan FC-TCR.....	30
Gambar 3.18: Rangkaian Sinyal <i>Vrms</i> Untuk Mengendalikan FC-TCR	31
Gambar 3.19: <i>Flowchart</i> Optimasi D-STATCOM dan FC-TCR menggunakan PSCAD/EMTDC.....	33
Gambar 3.20: <i>Flowchart</i> desain kontrol D-STATCOM dan FC-TCR menggunakan PSCAD/EMTDC.....	34
Gambar 3.21: Tampilan Input Data Transformator.....	35
Gambar 3.22: Tampilan Input Data <i>Fied Load</i>	35
Gambar 4.1: <i>Single Line</i> Penyulang	37
Gambar 4.2: <i>Single Line</i> Setelah Pemasangan FC-TCR	41
Gambar 4.3: <i>Single Line</i> Setelah Pemasangan D-STATCOM	44

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1: Data Pembebanan pada Penyulang Panji di GI.Pemaron.....	38
Tabel 4.2: Data Aliran Daya pada Beban Tiap Trafo pada Penyulang Panji GI.Pemaron	39
Tabel 4.3: Hasil Perhitungan Saat Terjadi <i>Voltage Swell</i> Sebelum Kompensasi FC-TCR.....	42
Tabel 4.4: Hasil Perhitungan Saat Terjadi <i>Voltage Swell</i> Setelah Kompensasi FC-TCR.....	43
Tabel 4.5: Hasil Perhitungan Saat Terjadi <i>Voltage Swell</i> Sebelum Kompensasi D-STATCOM	45
Tabel 4.6: Hasil Perhitungan Saat Terjadi <i>Voltage Swell</i> Setelah Kompensasi D- STATCOM	46
Tabel 4.7: Perbandingan Tegangan Saat Gangguan <i>voltage swell</i> Dengan FC-TCR Dan Tanpa FC-TCR.	47
Tabel 4.8: Perbandingan Tegangan saat terjadi <i>Voltage Swell</i> Dengan Kompensasi D-STATCOM dan Tanpa Kompensasi D-STATCOM	48

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1: Bentuk Gelombang Nilai RMS Tegangan	40
Grafik 4.2: Bentuk Gelombang Nilai RMS Tegangan sebelum di pasang FC-TCR.....	42
Grafik 4.3: Bentuk Gelombang Nilai RMS Tegangan sesudah di pasang FC-TCR.....	43
Grafik 4.4: Bentuk Gelombang Nilai RMS Tegangan Fasa sebelum di pasang D-STATCOM.....	45
Grafik 4.5: Bentuk Gelombang Nilai RMS Tegangan Fasa sesudah di pasang D-STATCOM.....	46

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kabupaten Buleleng mempunyai sumber penerangan listrik berasal PT. PLN Area Pemeliharaan Jaringan Bali Utara. Secara umum kondisi kelistrikan telah dapat melayani kebutuhan penduduk kota walaupun dengan daya yang masih terbatas. Salah satunya adalah GI.Pemaron,GI.Pemaron terdiri dari beberapa penyulang,dimana salah satunya adalah Penyulang Panji. listrik yang disalurkan oleh penyulang ini sebesar 1610 kVA dengan pemakaian kepada konsumen sebesar 682 kVA.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,salah satunya gangguan *Voltage Swell*. Tercatat menurut data pengukuran terjadi gangguan *Voltage Swell* pada trafo daya SK 28 yang terletak di desa Panji sebesar 1.126315789 pu . 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 Area Pemeliharaan Jaringan Bali Utara pada GI.Pemaron Penyulang Panji. 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 relatife 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 panyaluran 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 *Distribution Static Compensator (D-STATCOM)* dan *Fixed Capacitor-Thyristor Controlled Reactor (FC-TCR)*.

D-STATCOM dan FC-TCR juga dapat mengkompensasi kerugian daya reaktif, voltage sag/swell, ketidak seimbangan tegangan dan gangguan tegangan (voltage interruption). Keandalan dari sistem dapat dianalisa memakai simulasi-simulasi software PSCAD power system simulation. Kelayakan pelaksanaan sistem ini pada awalnya adalah digunakan yang bersifat percobaan. Namun pada akhirnya D-STATCOM dan FC-TCR mempunyai kemampuan untuk memperbaiki kualitas daya antar line, hampir pada instalasi di sistem distribusi daya dan sistem daya industri pada umumnya.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang menunjukkan bahwa terjadi gangguan pada system pendistribusian, dimana terjadi gangguan pada tegangan, yaitu kenaikan tegangan sesaat (*Voltage swell*).

Terjadinya *voltage swell* menjadi salah satu masalah serius dalam kualitas daya. Bagaimana solusi untuk meminimalisasikan *voltage swell* ?

Dari permasalahan di atas maka makalah ini berjudul:

ANALISA PERBAIKAN *VOLTAGE SWELL* MENGGUNAKAN FC-TCR DAN D-STATCOM DENGAN SOFTWARE PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION PADA PENYULANG DI GI PEMARON PT. PLN AREA PEMELIHARAAN JARINGAN BALI UTARA

1.3. Tujuan Pembahasan

Berdasarkan permasalahan yang dikemukakan di atas maka skripsi ini bertujuan untuk sebagai berikut :

- a. Meminimalisasi dan menganalisa dampak dari *voltage swell* terhadap suatu sistem distribusi dimana jika dipasang kompensator FC-TCR.
- b. Meminimalisasi dan menganalisa dampak dari *voltage swell* terhadap suatu sistem distribusi dimana jika dipasang kompensator D-STATCOM.

1.4. Batasan Masalah

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

1. Pehitungan dan simulasi dilakukan dengan *software* PSCAD/EMTDC V4.2 Power Simulation, dengan pembahasan pada kualitas tegangan.

2. Studi dilakukan pada Penyulang di GI Pemaron, PT. PLN Area Pemeliharaan Jaringan Bali Utara, pada Penyulang Panji.
3. Jenis gangguan yang dibahas hanya gangguan *voltage swell* (kenaikan tegangan sesaat).

Mekanisme kerja *Distribution Static Compensator* (D-STATCOM) dan *Fixed Capacitor-Thyristor Controlled Reactor* (FC-TCR) dalam mengatasi permasalahan *voltage swell*.

1.5. Metodologi Pemecahan Masalah

Metode yang digunakan dalam penyelesaian ini adalah:

1. Studi literatur berupa pengumpulan dan pembahasan referensi yang berkaitan dengan pokok pembahasan masalah ini, sehingga membantu dalam memahami dasar-dasar dari peralatan yang digunakan dalam sistem dan membantu dalam memahami prinsip dan karakteristik setiap parameter elektronika daya yang digunakan.
2. Pengumpulan data lapangan sebagai objek penelitian
3. Melakukan analisis perbaikan profil tegangan sistem berdasarkan hasil simulasi program PSCAD/EMTDC V.2.0 *Power Simulation*.
4. Menarik kesimpulan.

1.6. Kontribusi

Dengan menggunakan teknologi baru dalam mengatasi masalah kualitas daya dalam hal ini pemasangan *Distribution Static Compensator* (D-STATCOM) dan *Fixed Capacitor-Thyristor Controlled Reactor* (FC-TCR) diharapkan dapat diperoleh kehandalan dalam sistem distribusi tenaga listrik serta dapat memperbaiki kualitas daya, sehingga bisa memberikan kontribusi positif terhadap kinerja penyaluran tenaga listrik sampai kepada konsumen.

1.7. Sistematika Penulisan

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

BAB I : PENDAHULUAN

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

BAB II : SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

Membahas sistem distribusi tenaga listrik secara umum dan pengaruh pemasangan alat kompensasi untuk memperbaiki kualitas tegangan

BAB III : PERBAIKAN VOLTAGE SWELL DENGAN D-STATCOM & FC-TCR

Berisi penguraian tentang perbandingan kualitas daya sistem yang menggunakan alat kompensasi D-STATCOM dan FC-TCR dengan tanpa menggunakan kompensasi D-STATCOM dan FC-TCR.

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

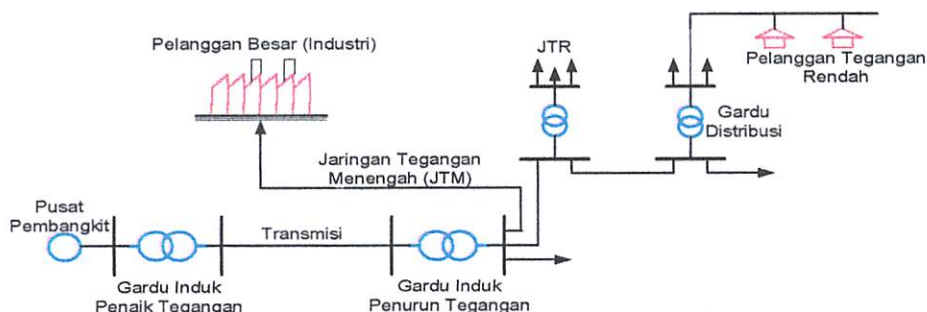
Sistem tenaga listrik merupakan suatu sistem yang terpadu yang terbentuk oleh hubungan-hubungan peralatan dan komponen komponen listrik. Sistem tenaga listrik ini mempunyai peranan utama untuk menyalurkan energi listrik yang dibangkitkan oleh generator ke konsumen yang membutuhkan energi listrik tersebut.

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

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

Dalam pendistribusian tenaga listrik ke konsumen, tegangan yang digunakan bervariasi tergantung pada jenis konsumen yang membutuhkan. Dengan demikian maka sistem distribusi tenaga listrik dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian sistem yaitu :

1. Sistem distribusi primer
2. Sistem distribusi sekunder

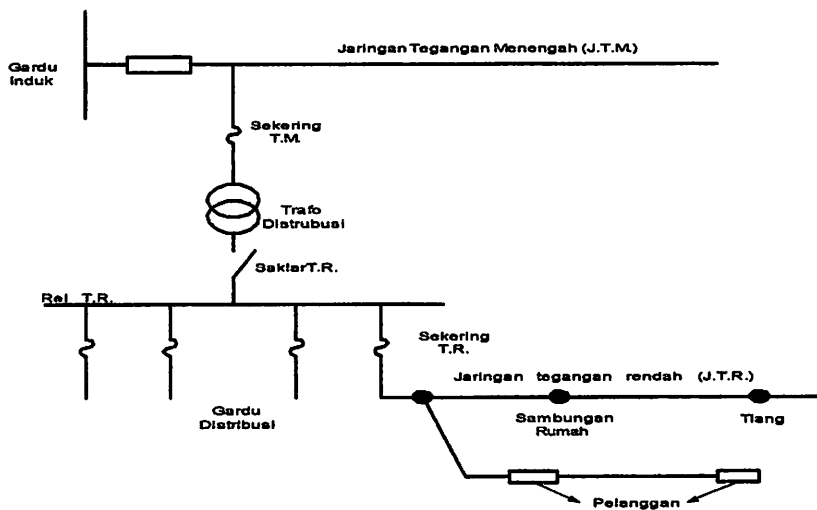
Pengklasifikasian sistem distribusi tenaga listrik menjadi dua ini berdasarkan tingkat tegangan distribusinya.

2.3. Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

Dalam rangka mengantisipasi peningkatan kebutuhan energi listrik pada masa tertentu, maka struktur jaringan harus dipertimbangkan terlebih dahulu sehingga untuk ekspansi sistem di masa yang akan datang tidak menjadi masalah.

3.3.1. Sistem Distribusi Primer

Jaringan Distribusi Primer merupakan sistem tenaga listrik yang menyalurkan energi listrik antara Gardu Induk Distribusi sampai ke Gardu Distribusi dengan tegangan kerja 20 kV atau 6 kV.



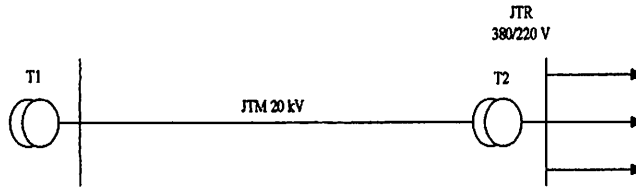
Gambar 2.2
Jaringan Tegangan Menengah (JTM), Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dan Sambungan Rumah Ke Pelanggan

3.3.2. Sistem Distribusi Sekunder

Secara garis besar jaringan distribusi primer diklasifikasikan menjadi :

2.3.2.1. Struktur Jaringan Radial

Bentuk jaringan ini merupakan bentuk dasar yang paling sederhana dan paling banyak digunakan. Sistem ini dikatakan radial karena dari kenyataan bahwa jaringan ini ditarik secara radial dari GI ke pusat – pusat beban / konsumen yang dilayaninya. Sistem ini terdiri dari saluran utama (*tunk line*) dan saluran cabang (*lateral*).

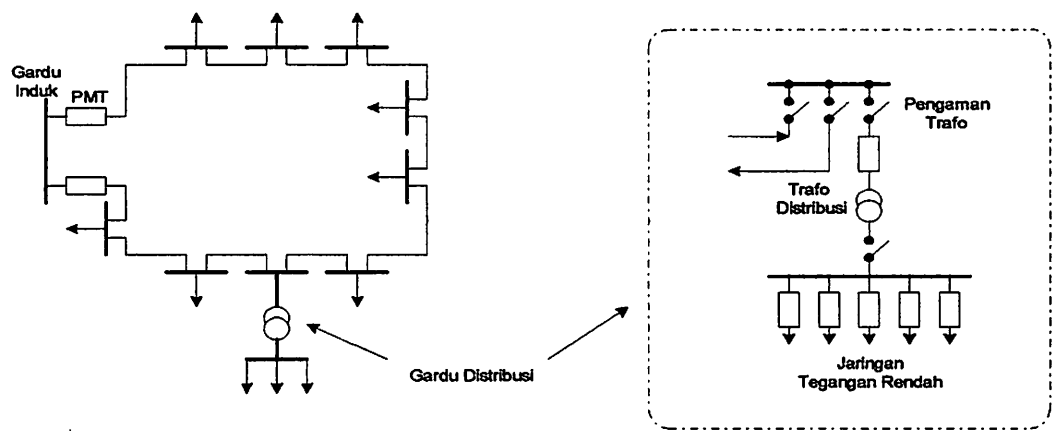


Gambar 2.3
Bentuk Sederhana dari Sistem Distribusi Radial

Pelayanan untuk suatu daerah beban tertentu dilaksanakan dengan memasang transformator di sembarang titik pada jaringan sedekat mungkin dengan beban yang dilayani. Untuk daerah beban yang menyimpang jauh dari saluran utama maupun saluran cabang, maka akan ditarik lagi saluran tambahan yang dicabangkan pada saluran tersebut.

2.3.2.2. Struktur Jaringan *Loop* (Lingkaran)

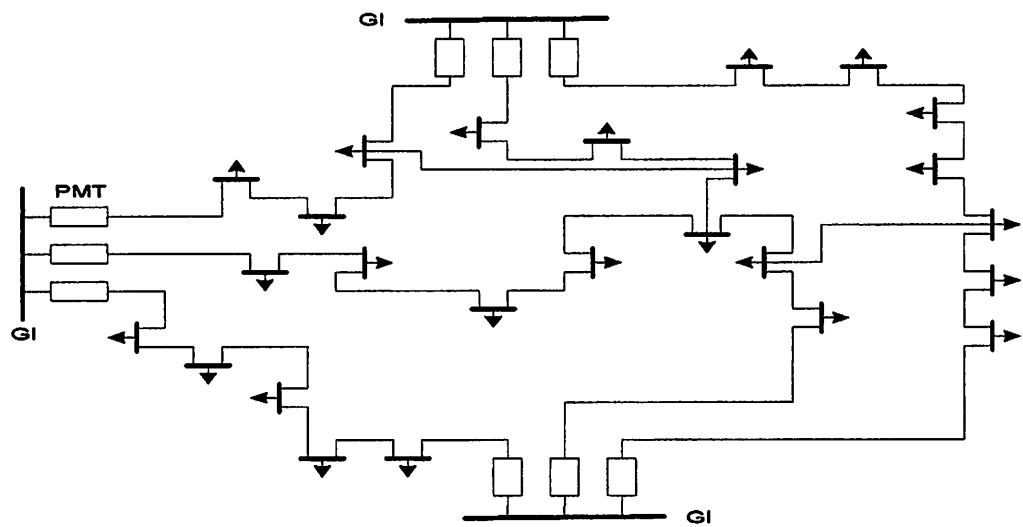
Struktur jaringan loop merupakan gabungan dari dua struktur jaringan radial. Dimana pada ujung kedua jaringan dipasang sebuah pemutus (CB) atau pemisah (DS). Pada saat terjadi gangguan, setelah gangguan dapat diisolir, maka pemutus atau pemisah ditutup sehingga aliran daya listrik ke bagian yang tidak terkena gangguan tidak terhenti. Struktur jaringan *loop* mempunyai keandalan yang baik, sehingga biaya pembangunannya lebih mahal dibandingkan stuktur jaringan radial.



Gambar 2.4
Jaringan Tegangan Menengah Struktur *Loop*
yang dipasok dari satu sumber

2.3.2.3. Struktur jaringan Grid atau *Mesh* (Anyaman)

Struktur jaringan ini merupakan kombinasi antara struktur jaringan radial dengan struktur jaringan *loop*. Titik beban memiliki lebih banyak alternatif penyulang, sehingga bila salah satu penyulang terganggu maka dengan segera dapat digantikan oleh penyulang yang lain.



Gambar 2.5
Jaringan Tegangan Menengah Struktur *Mesh*

2.4. Gangguan Dalam Sistem Tenaga Listrik

Pada dasarnya gangguan dalam sistem distribusi tenaga listrik dapat dibedakan menjadi dua bagian, yaitu gangguan yang bersifat sementara dan yang bersifat permanen, gangguan yang bersifat sementara atau *temporary* biasanya hanya terjadi

dalam waktu yang sebentar, kemudian normal kembali. Sehingga apabila terjadi gangguan sementara maka diusahakan tidak sampai trip pada sistem secara keseluruhan, karena menyangkut kontinuitas pelayanan ke beban.

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.

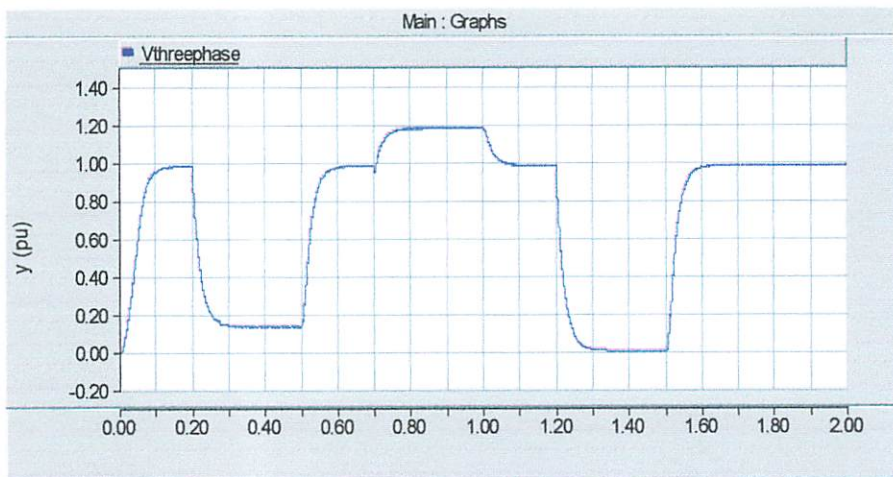
Untuk menganalisa gangguan pada rangkaian tiga fasa seimbang, maka menganalisanya dapat diselesaikan secara langsung dengan menggunakan rangkaian setara fasa tunggal.

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.

2.5. *Voltage Sag* dan *Voltage Swell*

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



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

2.5.1. Penyebab *Voltage Swell*

Voltage Swell didefinisikan sebagai kenaikan tegangan rms atau arus antara 1.1 dan 1.8 pu untuk durasi dari 0.5 cycle hingga 1 cycle per second menit. *Swell* biasanya timbul saat :

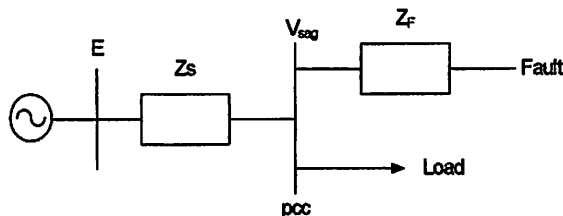
1. Bersama-sama dengan kondisi gangguan sistem
2. Dapat juga terjadi karena adanya kenaikan tegangan temporer pada fasa yang tidak terganggu selama gangguan satu fasa ke tanah

3. Saat energisasi kapasitor

Voltage swells banyak disebabkan karena adanya reduksi beban pada suatu rangkaian dengan regulator tegangan yang jelek, dan dapat juga karena disebabkan kehilangan koneksi netral. Pada skripsi ini, gangguan yang digunakan merupakan jenis gangguan 3 fasa simetris, dimana cara mensimulasikannya dengan memasang kapasitor pada sistem sebelum ke beban.

2.5.2. 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 2.7.



Gambar 2.7

Model pembagi tegangan untuk *voltage sag* dan *voltage swell*

Dari Gambar 2.11 diatas dilihat adanya 2 impedansi yaitu; Z_s (impedansi sumber pada titik kopling bersama) dan Z_F (impedansi antara titik kopling bersama dan gangguan). Titik kopling bersama (*point of common coupling* atau PCC) adalah titik dimana cabang-cabang arus beban dalam posisi off dari arus gangguan. Jadi besaran kedip tegangan dinyatakan dengan persamaan:

$$V_{sag} = \frac{Z_F}{Z_s + Z_F} * E \quad \dots\dots\dots(1)$$

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

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

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

2.5.3. GTO (*Gate Turn-Off thyristor*)

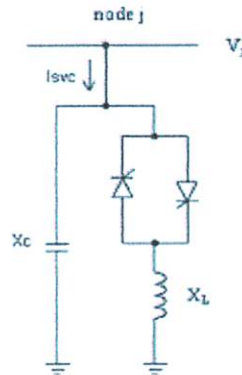
GTO merupakan komponen turunan dari *SCR*, memiliki lebih banyak keunggulan. Dimana GTO mampu dinyalakan dan dipadamkan cukup melalui kaki gerbangnya saja. Jika kaki gerbangnya disulut pulsa positif GTO akan menyala, jika disulut pulsa negatif GTO akan padam. Selain itu, GTO memiliki kecepatan pensaklaran yang lebih tinggi daripada *SCR*. Dengan keunggulan-keunggulan itulah, maka GTO dapat mengompensasi reaktansi induktif saluran dengan lebih cepat, teliti, dan halus, efisiensi sistem secara total menjadi lebih baik, dan biaya menjadi lebih rendah. Untuk memasukkan kapasitor ke dalam rangkaian, GTO harus dipadamkan dan untuk melepasnya keluar dari rangkaian GTO harus dinyalakan. Sehingga keberadaan kapasitor di dalam rangkaian dapat dipastikan dengan lebih cermat, yaitu setiap $\frac{1}{2}$ perioda. Ketika GTO dinyalakan, kompensasi yang terjadi mendekati nol karena kapasitor dihubungkan singkat dan ketika GTO dipadamkan kapasitor akan mengompensasi sebagian induktansi saluran (kapasitor masuk kedalam saluran). Jika GTO telah padam dengan sempurna, kapasitor akan berada di dalam saluran secara utuh yang berarti kompensasi maksimum telah tercapai. Dengan mengubah sudut penyulutan (sudut penyisipan) GTO berarti mengubah sudut fasa dimana GTO tersebut terhubung, dan dengan demikian besarnya kompensasi dapat diatur. Telah disebutkan di atas, bahwa proses bypassing dan reinserting kapasitor dilakukan setiap $\frac{1}{2}$ perioda. Dengan cara inilah kita dapat menanggapi kebutuhan beban. GTO juga lebih fleksibel, berkesinambungan, dan cepat dalam menyalurkan besarnya daya karena ia berprinsip mengurangi impedansi saluran. Dimana besarnya impedansi saluran berbanding terbalik dengan besarnya daya maksimum yang dapat disalurkan. Kelebihan lainnya bahwa kompensator ini mempunyai kemampuan untuk mengatur perubahan secara kontinu dan lebih halus.

2.6. Peralatan Kompensasi dalam Sistem Tenaga Listrik

2.6.1. *Fixed Capacitor-Thyristor Controlled Reactor* (FC-TCR)

Didalam SVC terdapat 3 komponen, yaitu FC (*Fixed Capacitor*), TCR (*Thyristor Controlled Reactor*), dan TSC (*Thyristor Switched Capacitor*). Dari ketiga komponen tersebut dapat terjadi kombinasi antara ketiga komponen tersebut. Salah

satunya kombinasi antara FC (*Fixed Capacitor*) dengan TCR (*Thyristor Controlled Reactor*) atau sering disebut FC-TCR.



Gambar 2.8
FC-TCR

Cara kompensasi dari alat ini adalah dengan menggunakan salah satu jenis saklar daya yaitu thyristor yang dipasang saling anti-paralel, yang berfungsi mengatur besarnya arus yang lewat di induktor (dengan kendali sudut fasa) sehingga reaktansi kapasitif kapasitor fixed yang masuk ke dalam sistem menjadi variabel disesuaikan dengan kebutuhan. Dengan demikian gangguan pada reaktansi induktif yang terjadi di sistem dapat dikurangi, memperbaiki regulasi tegangan, dan meningkatkan hantaran daya listrik dari sisi sumber ke sisi terima.

2.6.2. *Distribution Static Compensator (D-STATCOM)*

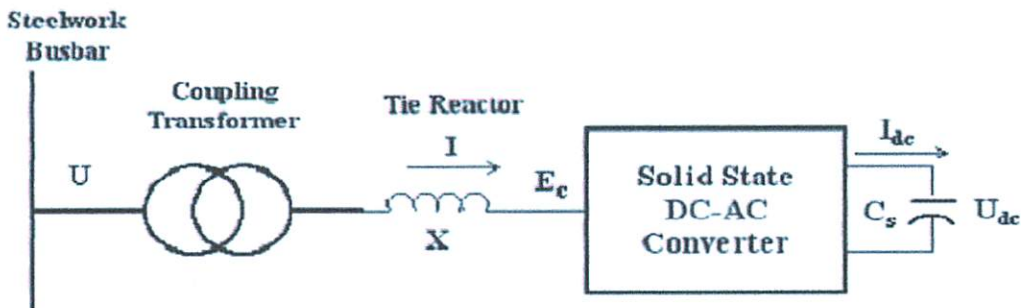
Prinsip kerja dari DSTATCOM dimana terhubung ke sistem distribusi melalui kopling reaktansi. Bila tegangan konverter yang dibangkitkan lebih besar dari tegangan sistem, maka akan mengalir arus kapasitif dari DSTATCOM ke sistem dan menghasilkan daya reaktif kapasitif (disebut pembangkit daya reaktif). Sebaliknya bila tegangan konverter lebih rendah dari tegangan sistem, maka akan mengalir arus induktif dari sistem ke DSTATCOM dan menghasilkan daya reaktif induktif (disebut penyerap daya reaktif). DSTATCOM memiliki keunggulan dimana :

1. DSTATCOM dapat beroperasi dengan arus beban penuh pada keluarannya walaupun tegangan sistem turun ke level yang sangat rendah. Dengan kata lain, arus keluaran dapat dijaga tanpa ada ketergantungan terhadap tegangan sistem.
2. VAR maksimum yang dibangkitkan ataupun yang diserap berubah secara

linear dengan tegangan sistem.

3. Ketidaktergantungan keluaran DSTATCOM dari ekivalen impedansi sistem memberikan arti bahwa regulator pengatur keluaran tegangan DSTATCOM dapat dirancang untuk respons yang lebih cepat dan dapat memberikan regulasi yang stabil pada kondisi sistem mengalami gangguan.

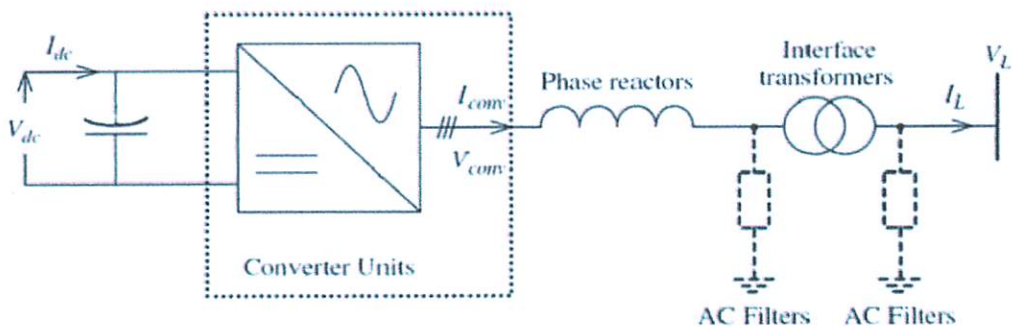
Diagram satu garis DSTATCOM untuk suplai daya reaktif ke sistem distribusi diperlihatkan pada Gambar 2.16 di mana U adalah tegangan pada steelwork busbar dan E_c adalah tegangan keluaran konverter yang dapat diatur. Pertukaran daya aktif dan daya reaktif pada jaringan adalah:



Gambar 2.9

Diagram satu garis DSTATCOM untuk pembangkitan daya reaktif

Rangkaian dasar DSTATCOM yang merupakan suatu VSC yang terdiri dari satu atau lebih unit konverter, kapasitor dc, reaktor, transformator, ac filter, dan peralatan pendukung lainnya.

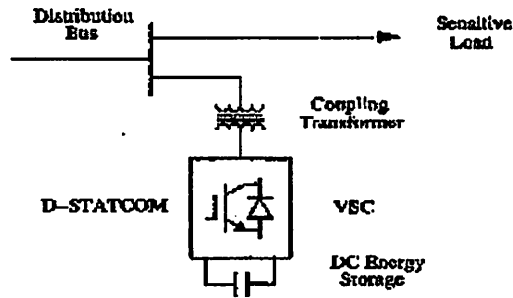


Gambar 2.10

Rangkaian dasar VSC (Voltage Source Converter)

Konfigurasi dasar VSC 6 pulsa terhubung ke sumber tegangan ac melalui transformator kopling, dimana saklar GTO berfungsi sebagai inverter dan hubungan antiparalel diperlukan sebagai jalur transfer energi dari sisi ac ke dc untuk mengisi

kapasitor. Proses penyaklaran yang tepat pada inverter akan menghasilkan gelombang tegangan ac 3 fasa pada terminal tegangan keluaran konverter. Kompensasi daya reaktif pada VSC membutuhkan kapasitor dc sebagai sumber tegangan. Untuk mengatur tegangan pada kapasitor dc, perlu adanya aliran daya aktif secukupnya dari sumber menuju inverter dan diproses melalui converter untuk mengisi kapasitor dc.



Gambar 2.11
Diagram blok fungsional D-STATCOM

BAB III

ANALISA PERBAIKAN *VOLTAGE SWELL* MENGGUNAKAN *FC-TCR* DAN *D-STATCOM* DENGAN *SOFTWARE PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION* PADA PENYULANG DI GI PEMARON PT. PLN AREA PEMELIHARAAN JARINGAN BALI UTARA

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

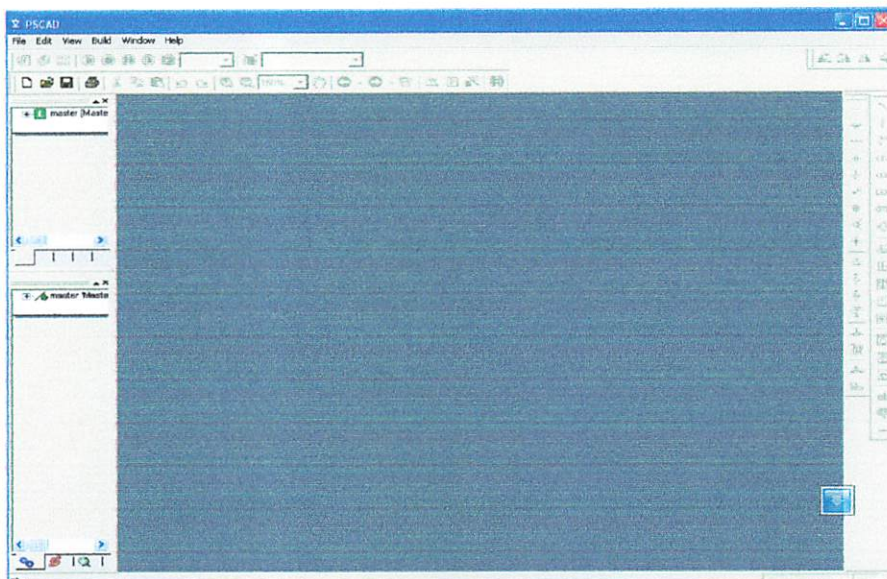
PSCAD (*Power System CAD*) adalah *graphical user interface* yang sangat baik dan fleksibel. PSCAD memungkinkan pengguna menggambar mengkonstruksi sebuah rangkaian, menjalankan sebuah simulasi, analisa hasil dan manajemen data terintegrasi secara lengkap. Penggambaran, pengontrolan dan pengukuran juga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

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

3.2. Memulai *PSCAD/EMTDC Power Simulation*

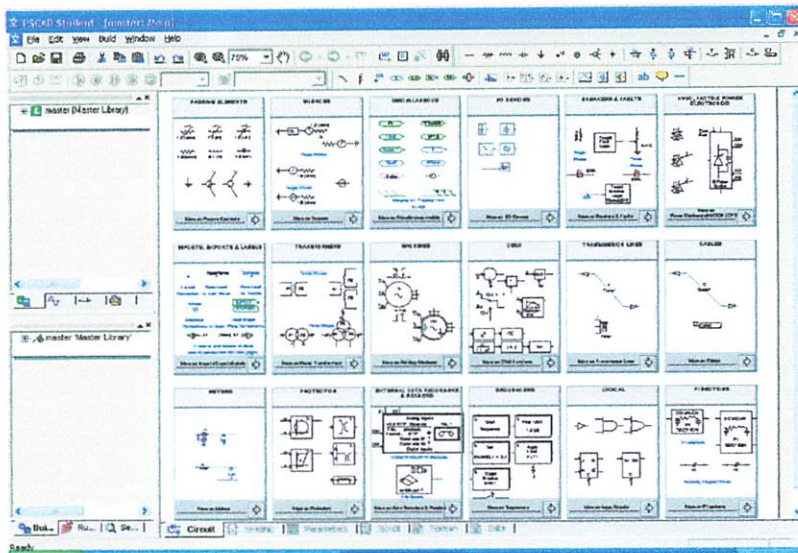
Tampilan Utama *PSCAD Power Simulation* adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1

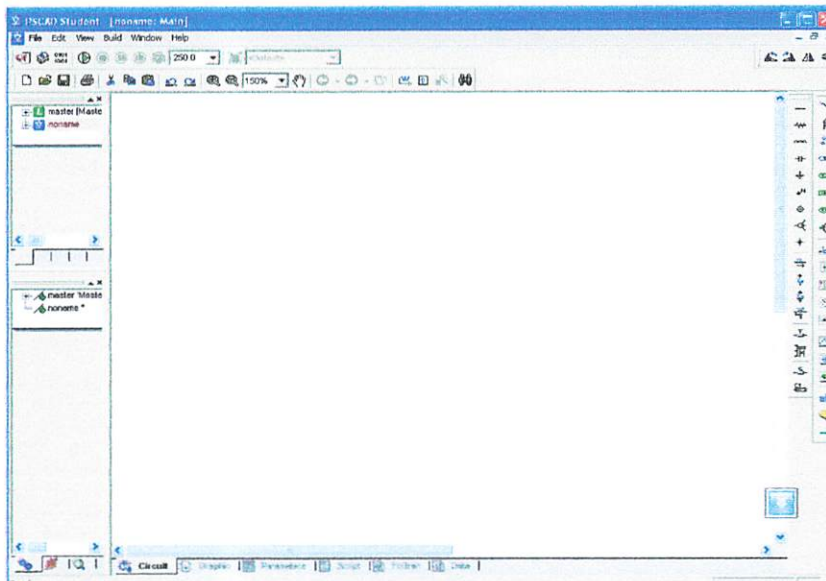
Tampilan utama *Software PSCAD/EMTDC Power Simulation*

- 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 klik on the component > copy* dan kemudian *paste* pada modul.



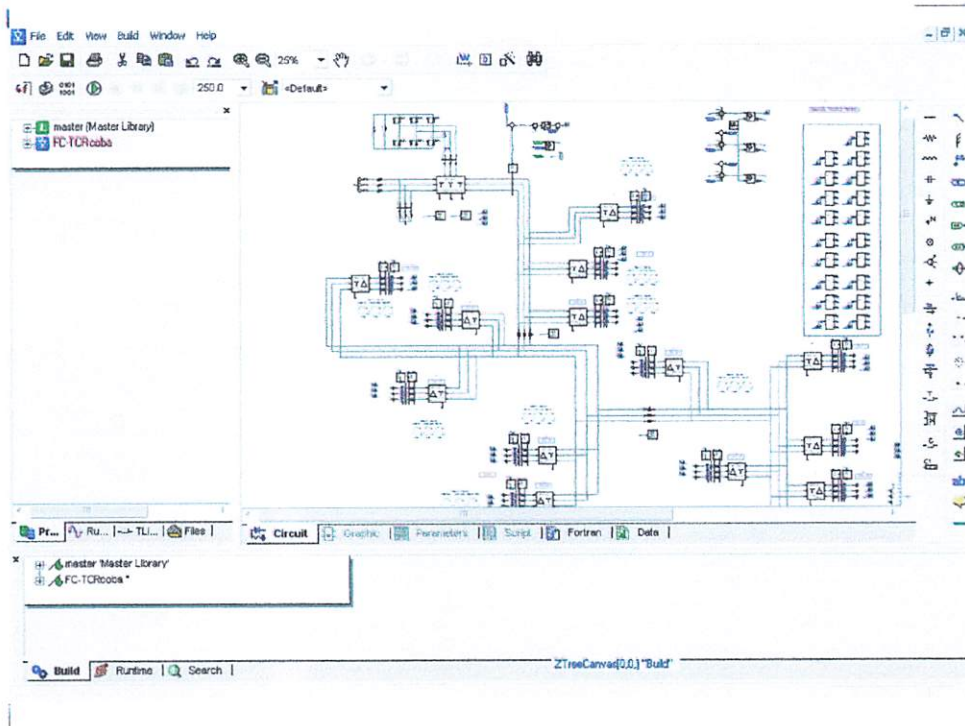
Gambar 3.2.
Tampilan *Master Library*

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



Gambar 3.3
Tampilan Modul Utama

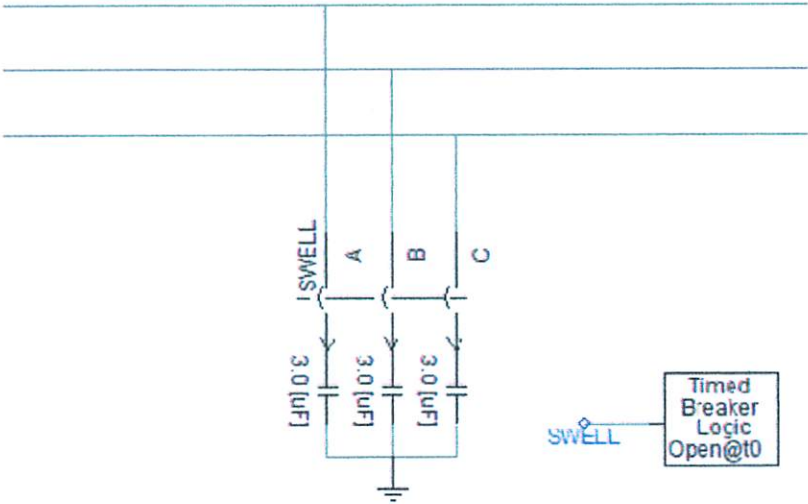
- Setelah mendesain sistem seperti yang dibutuhkan, maka dapat kita lihat tampilan *single line* dalam modul utama sebagai berikut.



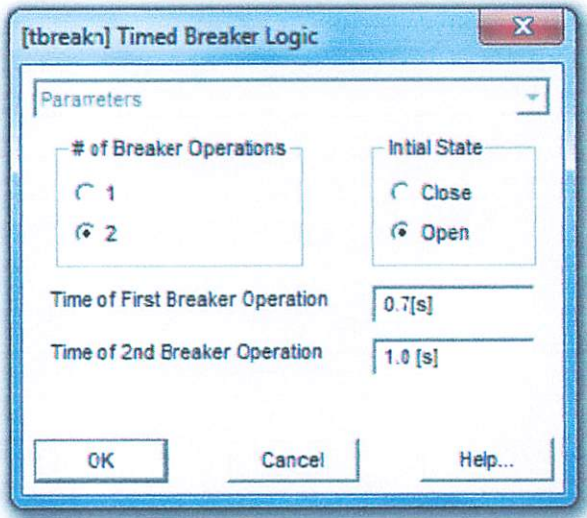
Gambar 3.4
Tampilan *Single Line* Penyulang Panji Dalam PSCAD

3.3. Cara Mensimulasikan *Voltage Swell* dalam PSCAD

Cara mensimulasikan voltage swell dalam PSCAD adalah dengan cara memberikan jenis gangguan 3 fasa simetris. Salah satunya dengan cara menginjeksikan kapasitor ke masing-masing fasa, dimana diasumsikan telah terjadi energisasi kapasitor. Pemasangannya di tempatkan pada sistem sebelum ke beban. Besar nilai kapasitor yang di injeksikan pada masing-masing fasa sebagai gangguan *voltage swell* adalah sebesar 3.0 (uF). Untuk mengatur bekerja atau tidaknya gangguan voltage swell ini serta untuk mengatur lamanya terjadi gangguan ini dapat di setting pada *Timed Breaker Logic* nya.



Gambar 3.5
Rangkaian Simulasi *Voltage Swell*



Gambar 3.6
Setting Pada Timed Breaker Logic

3.4. Sistem Control pada FC-TCR dan D-STATCOM

3.4.1. PWM Sinusoida

Gelombang sinusoidal pada tiga VSC dikendalikan dengan teknik PWM. Rencana Kendali berdasrkan PWM berkenaan dengan D-STATCOM dan FC-TCR 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 (ma) pada sinyal V_{control} , dan sinyal segi tiga pada index modulasi frekuensi (mf). Index Amplitudo Ma dipertahankan tetap pada 1 pu, dalam hal memperoleh komponen dasar tagangan tinggi pada pengontrol keluaran. frekwensi *Switching* ditetapkan pada 450 Hz, $Mf= 9$, dan kasus pengujian dilakukan pada jaringan yang stabil. Sudut modulasi diterapkan pada pembangkit sinyal PWM pada fasa A. untuk fasa B dan C dengan pergeseran berturut-turut 120° dan 240° . Penerapan pengendalian sangat sederhana dengan menggunakan sinyal tegangan sebagai variabel umpan balik dalam perencanaan pengontrolan. Kecepatan respon dan efektifitas perencanaan pengontrolan ditunjukkan dalam hasil simulasi.

3.4.2. Aksi Kontrol PWM Sinusoida Terhadap D-STATCOM dan FC-TCR

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

4. Aksi Kontrol Proporsional Integral (PI)

4.4.1. Umum

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

Karena kemajuan dalam teori dan praktek kontrol otomatis memberikan kemudahan dalam mendapatkan performansi dari sistem dinamik, mempertinggi kualitas dan menurunkan biaya produksi, mempertinggi laju produksi, meniadakan pekerjaan-pekerjaan rutin dan membosankan yang harus dilakukan oleh manusia, dan sebagainya. Sejarah perkembangan. Hasil karya pertama yang sangat penting dalam kontrol otomatis adalah governor sentrifugal untuk pengontrolan kecepatan mesin uap yang dibuat oleh *James Watt* pada abad ke delapan belas. Hasil karya lainnya yang penting pada tahap awal perkembangan teori kontrol dibuat oleh *Minorsky*, *Hazen*, *Nyquist*, dan sebagainya. Pada tahun 1922, *Minorsky* membuat kontroler otomatis untuk mengendalikan pengemudian kapal dan menunjukkan cara menentukan kestabilan dari persamaan differensial yang melukiskan sistem. Pada tahun 1932 *Nyquist* mengembangkan suatu prosedur yang relatif sederhana untuk menentukan kestabilan sistem loop tertutup pada basis sistem loop terbuka terhadap masukan tunak (*steady state*) sinusoida. Pada tahun 1934 *Hazen*, yang memperkenalkan istilah servomekanis untuk sistem kontrol posisi, membahas desain servomekanis relay yang mampu mengikuti dengan baik masukan yang berubah. Selama dasawarsa 1940-an, metode respon frekuensi memungkinkan para insinyur untuk mendesain sistem kontrol linier berumpan balik yang memenuhi persyaratan kinerja. Metode respon frekuensi dan tempat kedudukan akar, yang merupakan inti teori kontrol fisik, akan membawa sistem yang stabil dan memenuhi seperangkat persyaratan kinerja yang hampir seimbang.

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

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

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

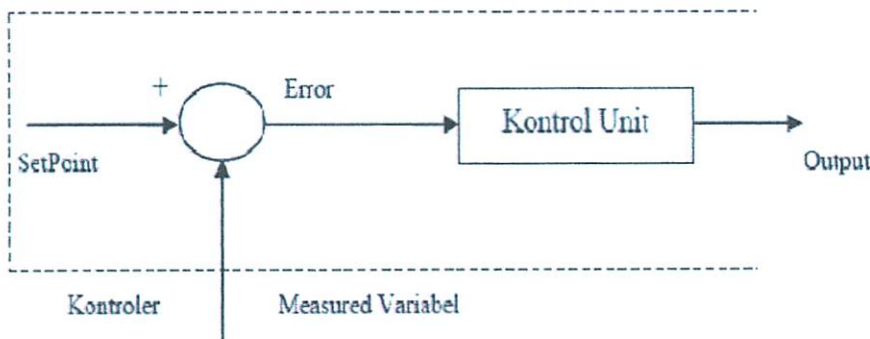
Kedua hal ilmu tersebut berhubungan satu dengan yang lain, dimana keduanya mempunyai hakikat yang berbeda. Pembahasan tentang ilmu proses kontrol sistem lebih dipusatkan pada kerja sistem, sering kali diperlukan penjelasan melalui alat kerja.

4.4.2. Prinsip-Prinsip Pengendalian Proses

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

3.5.3. Prinsip Kerja Pengendali

Ada tiga jenis pengendali kontinyu, yaitu pengendali proposional di singkat P, pengendali integral di singkat I, dan pengendali diferensial di singkat D. Karena kelebihan dan kekurangan ketiga pengendali itu, mereka seringkali dipakai dalam bentuk kombinasi, yaitu P+I disingkat PI, P+D disingkat PD, dan P+I+D disingkat PID. Ketiga jenis pengendali ini memberikan respon yang berbeda-beda. Pada dasarnya, tugas sebuah pengendali kontinyu terbagi dalam dua tahap, yaitu membandingkan dan menghitung. Pembandingan itu sendiri dilakukan dengan mengurangi besarnya *set point* dengan besaran *measurement variabel*, yang hasilnya adalah besaran yang disebut *error*. Karena *set point* bisa lebih besar atau lebih kecil dari *measurement variable*, nilai *error* bisa positif dan bisa juga negatif. Jadi *error* adalah input unit kontrol dan *manipulated variable* adalah output unit kontrol. Besarnya *manipulated variable* dihitung berdasarkan *error* dan *transfer function* unit kontrol. Bentuk *transfer function* dari unit kontrol terhitung pada “mode” yang ada dikontroler.

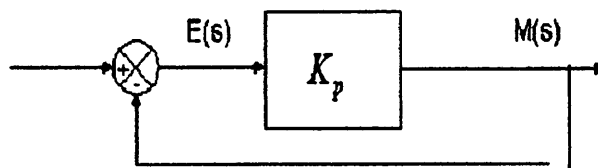


Gambar 3.7
Kontroler Dan Diagram Kotaknya

3.5.4. Pengendali Proporsional (*Proporsional Controller*)

Salah satu dari ketiga unit kontrol yang paling populer dan paling banyak dipakai adalah unit kontrol P, seperti tercermin dari namanya, besar *output* unit kontrol P selalu sebanding dengan besarnya *input*. Bentuk *transfer function* unit kontrol *proporsional* oleh karenanya akan sederhana sekali, sehingga bentuk *transfer function*-nya juga sederhana. Unit kontrol P adalah unit kontrol yang paling banyak dipakai, baik tersendiri dalam bentuk pengendali *P-only* maupun dalam kombinasi dengan mode integral (I) dan diferensial (D).

Kontroler proporsional memiliki keluaran yang sebanding / proporsional dengan besarnya sinyal kesalahan (selisih antara besaran yang diinginkan dengan harga aktualnya). Secara lebih sederhana dapat dikatakan bahwa keluaran kontroler proporsional merupakan perkalian antara konstanta proporsional dengan masukan. Perubahan pada sinyal masukan akan segera menyebabkan sistem secara langsung mengubah keluarannya sebesar konstanta pengalinya. Gambar 3.6 menunjukkan blok diagram yang menggambarkan hubungan antara besaran *setting*, besaran *actual* dengan besaran keluaran kontroler proporsional. Sinyal kesalahan (*error*) merupakan selisih antara besaran *setting* dengan besaran aktualnya. Selisih ini akan mempengaruhi kontroler, untuk mengeluarkan sinyal positif (mempercepat pencapaian harga *setting*) atau negatif (memperlambat tercapainya harga yang diinginkan).



Gambar 3.8
Diagram Blok Kontroler Proporsional

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

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

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

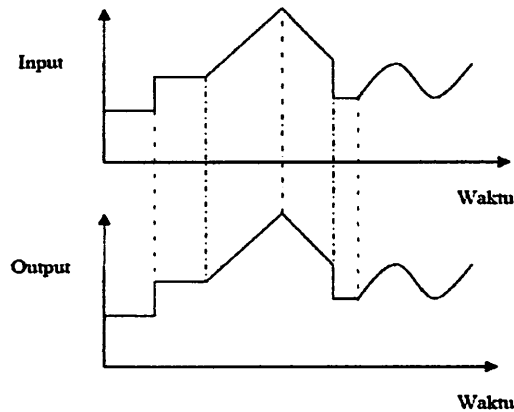
Dimana:

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 3.9
Response Sebuah Pengendali Proporsional

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

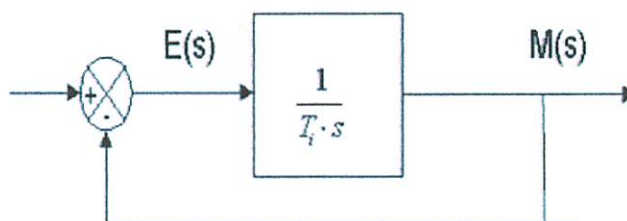
3.5.5. Pengendali Integral (*Integrator Controller*)

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

error (dalam hal ini *input* ke *unit control*) untuk menghasilkan suatu *output*. Kalau tidak ada *error*, *output* yang keluar dari pengendali proporsional hanyalah bias yang biasanya disetel 50%. Jadi untuk menghasilkan *offset* dibutuhkan sebuah pengendali lain, yang dapat menghasilkan *output* walaupun padanya tidak diberikan *input*. Dengan kata lain, diperlukan pengendali yang dapat menghasilkan *output* lebih besar atau lebih kecil dari bias pada saat *input (error)* sama dengan nol. Pengendali yang memenuhi kriteria ini adalah pengendali integral, disingkat I.

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

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

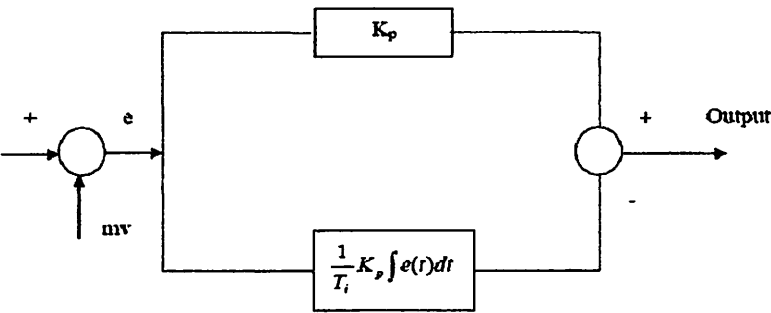


Gambar 3.10
Blok Diagram Kontroler Integral

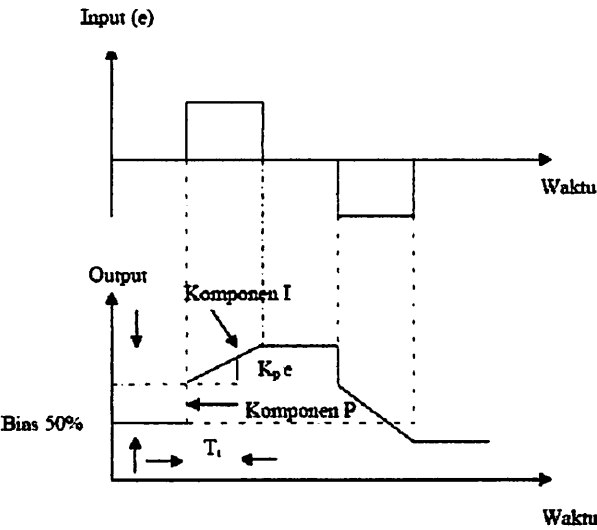
3.5.6. Pengendali Proporsional Integral (*PI Controller*)

Karena sifatnya yang tidak mengeluarkan *output* sebelum selang waktu tertentu, pengendali integral jadi memperlambat respon, walaupun *offset* hilang oleh karenanya. Untuk memperbaiki lambatnya respon, umumnya pengendali integral dipasang paralel dengan pengendali proporsional seperti gambar 3.9 Gabungan kedua pengendali

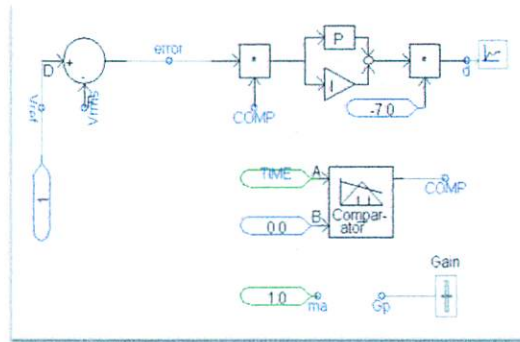
tersebut lazim disebut dengan pengendali PI atau PI kontroler, dan pengendali dikatakan punya dua mode, yaitu P dan I.



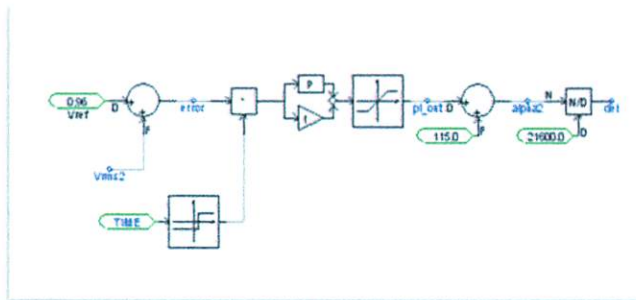
Gambar 3.11
Diagram Kotak Pengendali PI



Gambar 3.12
Hubungan Input-Output Pengendali PI dalam Fungsi Waktu



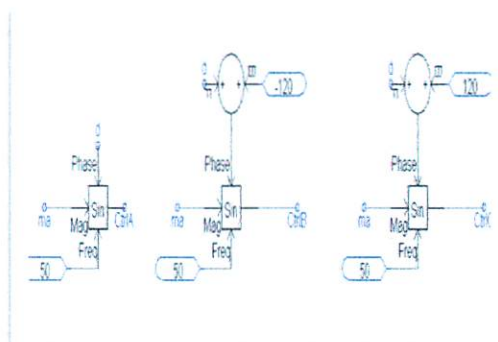
Gambar 3.13
Rangkaian Pengendali PI Untuk Mengendalikan D-STATCOM



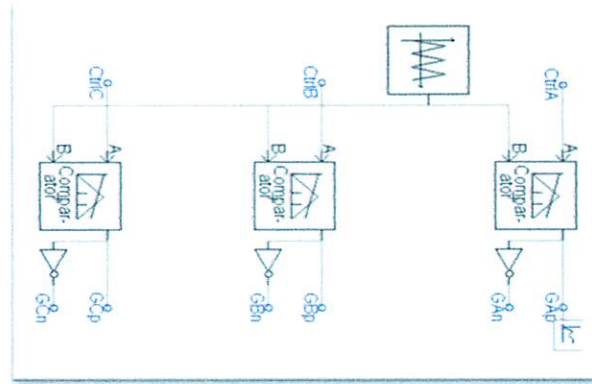
Gambar 3.14
Rangkaian Pengendali PI Untuk Mengendalikan FC-TCR

3.5.7. Komparator

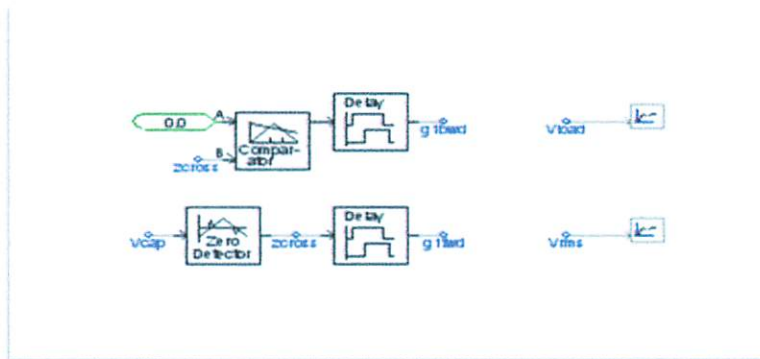
Komparator untuk membangkitkan sinyal penyalan/ switching peralatan elektronika daya dalam hal ini adalah GTO. Komparator membandingkan dua buah sinyal yaitu sinyal setting point dan sinyal segitiga frekuensi tinggi.



Gambar 3.15
Rangkaian Sinyal Komparator Untuk Mengendalikan D-STATCOM



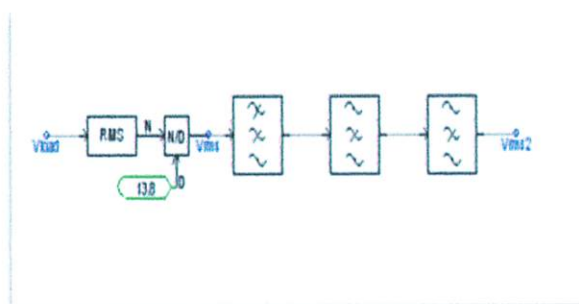
Gambar 3.16
Rangkaian Komparator Untuk Mengendalikan D-STATCOM



Gambar 3.17
Rangkaian Sinyal Komparator Untuk Mengendalikan FC-TCR

3.5.8. Sinyal RMS Control

Prinsip kerja dari komponen ini adalah dengan membandingkan nilai RMS antara tegangan beban (V_{load}) dengan tegangan sumber (V_1). Jika terdapat selisih besar nilai RMS tegangan (antara V_{load} dan V_1), maka komponen ini akan menghasilkan output berupa V_2 yang selanjutnya akan meneruskan sinyal V_2 ini ke PI control.



Gambar 3.18
Rangkaian Sinyal Vrms Untuk Mengendalikan FC-TCR

3.5.9. Sistem Distribusi Tanpa Kompensasi D-STATCOM dan FC-TCR

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 D-STATCOM dan FC-TCR menawarkan pengendalian yang fleksibel dalam mengatasi permasalahan yang ditimbulkan oleh beban-beban tersebut. Ini mungkin dilakukan dengan adanya perkembangan piranti elektronika daya yang berkembang cukup pesat, *full controlable* dan penggunaannya dapat dipadukan ke dalam sistem tenaga listrik baik sisi tegangan tinggi maupun tegangan rendah. Dalam hal ini D-STATCOM dan FC-TCR dilengkapi dengan pengendali PI dan kontrol SPWM.

3.5.10. Sistem Distribusi Dengan Kompensasi D-STATCOM

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 D-STATCOM.

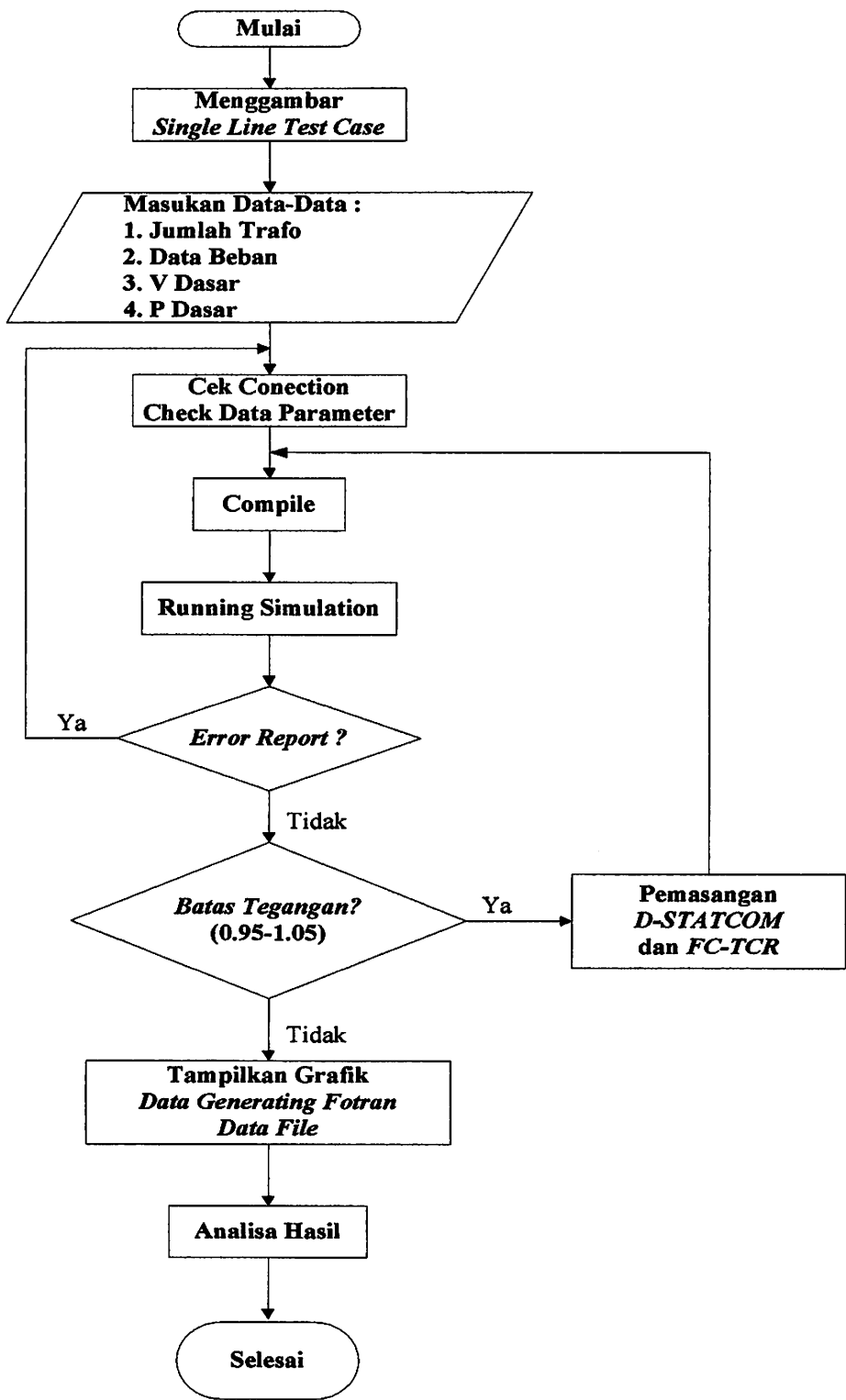
3.5.11. Sistem Distribusi Dengan Kompensasi FC-TCR

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 FC-TCR.

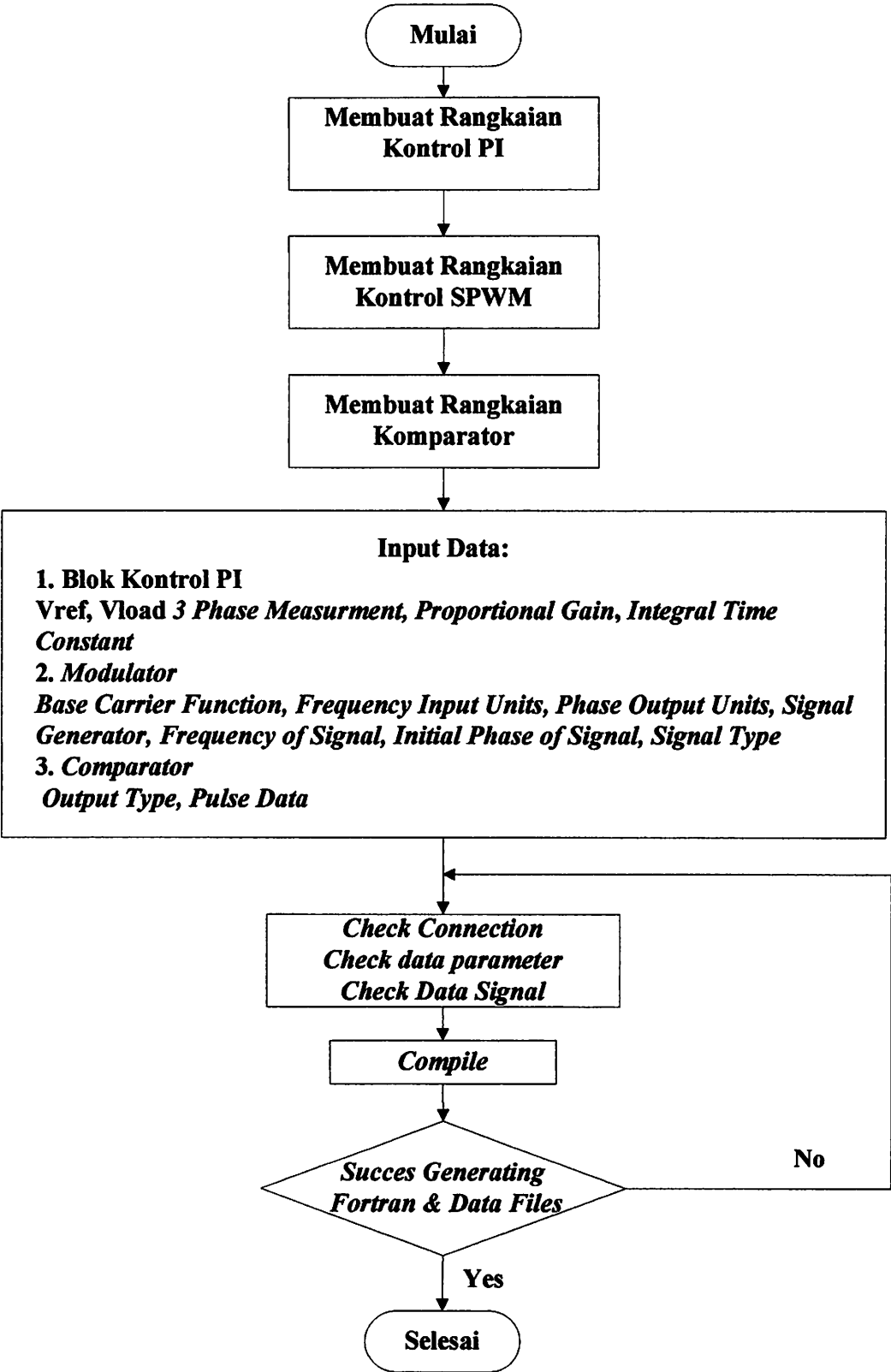
3.6. Flowchart

3.6.1. Flowchart Simulasi Sistem dengan D-STATCOM dan FC-TCR



Gambar 3.19
Flowchart Optimasi D-STATCOM dan FC-TCR menggunakan PSCAD/EMTDC

3.6.2. Flowchart desain rangkaian kontrol PWM sinusoidal



Gambar 3.20
Flowchart desain kontrol D-STATCOM dan FC-TCR menggunakan PSCAD/EMTDC

3.7. Input Data Dalam PSCAD/EMTDC Power Simulation

3.7.1. Input Data Transformator dan Fixed Load

1. Data Transformator

The image shows two side-by-side screenshots of the PSCAD/EMTDC software interface for a 3-phase transformer. The left window is titled "[xfmr-3p2w] 3 Phase 2 Winding Transformer" and shows the "Configuration" tab. The right window is titled "[xfmr-3p2w] 3 Phase 2 Winding Transformer" and shows the "Winding Voltages" tab.

Configuration Tab (Left Window):

- Transformer Name: KS. 16
- 3 Phase Transformer MVA: 100.0 [kVA]
- Base operation frequency: 50.0 [Hz]
- Winding #1 Type: Y
- Winding #2 Type: Delta
- Delta Lags or Leads Y: Lags
- Positive sequence leakage reactance: 0.1 [pu]
- Ideal Transformer Model: No
- No load losses: 0.0 [pu]
- Copper losses: 0.0 [pu]
- Tap changer on winding: None
- Graphics Display: 3 phase view
- Display Details?: No

Winding Voltages Tab (Right Window):

- Winding 1 Line to Line voltage (RMS): 20.0 [kV]
- Winding 2 Line to Line voltage (RMS): 380.0 [V]

Gambar 3.21
Tampilan Input Data Transformator

2. Data Fixed Load

The image shows a screenshot of the PSCAD/EMTDC software interface for a fixed load. The window is titled "[fixed_load] Fixed Load" and shows the "Parameters" tab.

Parameters Tab:

- Rated Real Power per phase: 0.0537 [MW]
- Rated Reactive Power(+inductive) per phase: 0.0106 [MVAR]
- Rated Load Voltage (rms L-G): 0.22 [kV]
- Volt Index for Power (dP/dV): 2
- Volt Index for Q (dQ/dV): 2
- Freq Index for Power (dP/dF): 0
- Freq Index for Q (dQ/dF): 0
- Fundamental Frequency: 50 [Hz]
- Display details?: No

Gambar 3.22
Tampilan Input Data *Fixed Load*

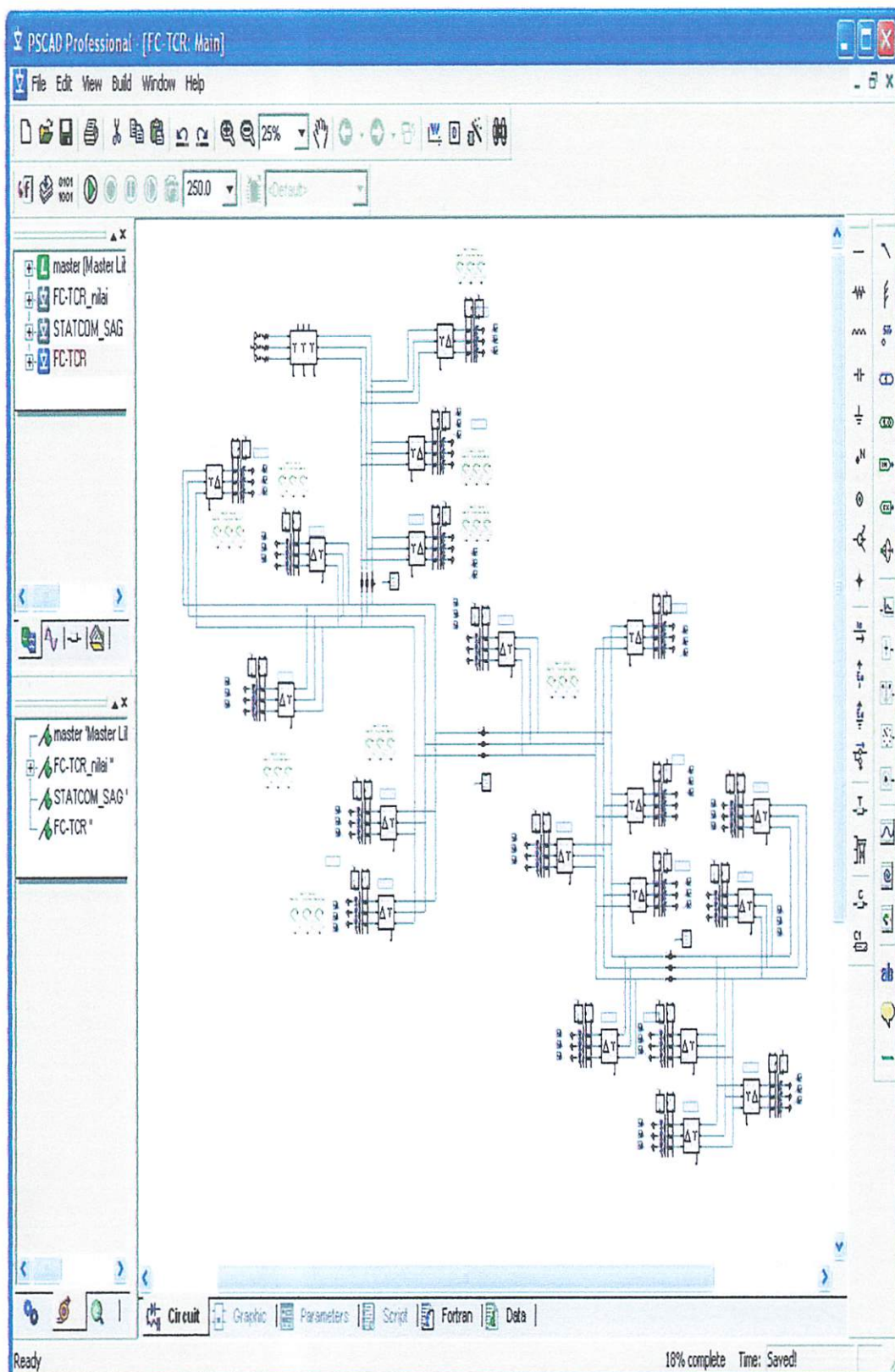
BAB IV

HASIL DAN ANALISA HASIL

4.1. Single Line Sistem Distribusi 20 kV

Perkembangan industri dan meningkatnya kebutuhan akan ketersediaan energi listrik yang baik di sangatlah pesat, tapi hal ini tidak didukung oleh penyediaan sumber energi listrik yang memadai. Dengan sumber daya energi yang terbatas, dalam hal ini PLN dituntut untuk memberikan pelayanan yang optimal dalam penyaluran energi listrik. Salah satu caranya adalah dengan memaksimalkan kualitas tegangan pada penyulang-penyulang PLN.

Untuk mensimulasi sistem Penyulang 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* yang digambarkan menggunakan *software PSCAD/EMTDC SIMULATION*.



Gambar 4.1
Single Line Penyulang

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

4.2.1. Data Pembebanan Penyulang Panji di GI.Pemaron

Untuk pengisian data parameter menggunakan program *PSCAD Power*

Simulation maka perlu data-data Pembebanan yang tercantum pada tabel 4.1 sebagai berikut:

Tabel 4.1
Data Pembebanan pada Penyulang Panji di GI.Pemaron

No.URUT	No.TRAFO	LOKASI	DAYA (kVA)	PERSEN BEBAN (%)	BEBAN TRAFO (kVA)
1	SK 04	Ds.Panji	160	65	104
2	SK 05	Ds.Panji	100	21	21
3	SK 26	Ds.Panji	100	28	28
4	SK 27	Ds.Panji	100	17	17
5	SK 28	Ds.Panji	100	18	18
6	SK 36	Ds.Bangah	100	10	10
7	SK 45	Ds.Panji	100	12	12
8	SK 44	Ds.Sambangan	100	20	20
9	SK 64	Ds.Mandul	50	14	7
10	SK 01	Ds.Bantang Banua	50	60	30
11	SK 39	Ds.Sangket	100	80	80
12	SK 15	Ds.Lumbanan	50	84	42
13	SK 16	Ds.Ambengan	100	52	52
14	SK 25	Ds.Ambengan	50	34	17
15	SK 14	Ds.Ambengan	50	69	34.5
16	SK 08	Ds.Padang Bulia	100	69	69
17	SK 12	Ds.Pegayaman	100	64	64
18	SK 54	Ds.Pegayaman	50	36	18
19	SK 17	Ds.Gitgit	50	77	38.5

4.2.2. Data Aliran Daya Pada Tiap Trafo

Adapun pengisian data-data aliran daya pada tiap beban pada penyulang yang tercantum pada table 4.2 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2
Data Aliran Daya pada Beban Tiap Trafo pada Penyulang Panji GI.Pemaron

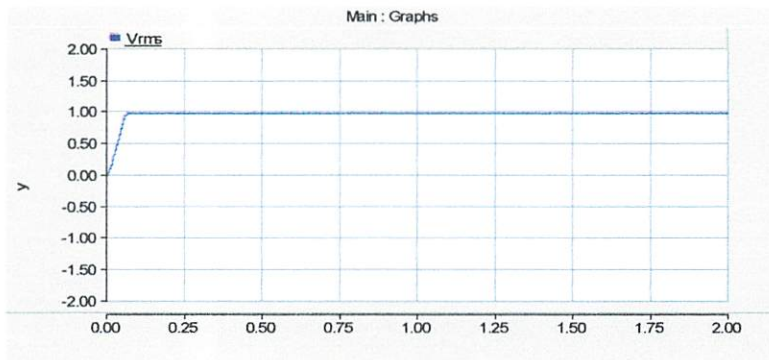
No.URUT	No.TRAFO	LOKASI	DAYA (kVA)	P (MW)	Q (MVAR)
1	SK 04	Ds.Panji	160	0.088	0.055
2	SK 05	Ds.Panji	100	0.018	0.011
3	SK 26	Ds.Panji	100	0.024	0.015
4	SK 27	Ds.Panji	100	0.014	0.009
5	SK 28	Ds.Panji	100	0.015	0.009
6	SK 36	Ds.Bangah	100	0.009	0.005
7	SK 45	Ds.Panji	100	0.010	0.006
8	SK 44	Ds.Sambangan	100	0.017	0.011
9	SK 64	Ds.Mandul	50	0.006	0.004
10	SK 01	Ds.Bantang Banua	50	0.026	0.016
11	SK 39	Ds.Sangket	100	0.068	0.042
12	SK 15	Ds.Lumbanan	50	0.036	0.022
13	SK 16	Ds.Ambengan	100	0.044	0.027
14	SK 25	Ds.Ambengan	50	0.014	0.009
15	SK 14	Ds.Ambengan	50	0.030	0.018
16	SK 08	Ds.Padang Bulia	100	0.059	0.036
17	SK 12	Ds.Pegayaman	100	0.054	0.034
18	SK 54	Ds.Pegayaman	50	0.015	0.009
19	SK 17	Ds.Gitgit	50	0.033	0.021

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

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

4.4. Hasil dan Analisa Hasil Perbaikan Kualitas Tegangan Dengan FC-TCR dan D-STATCOM

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

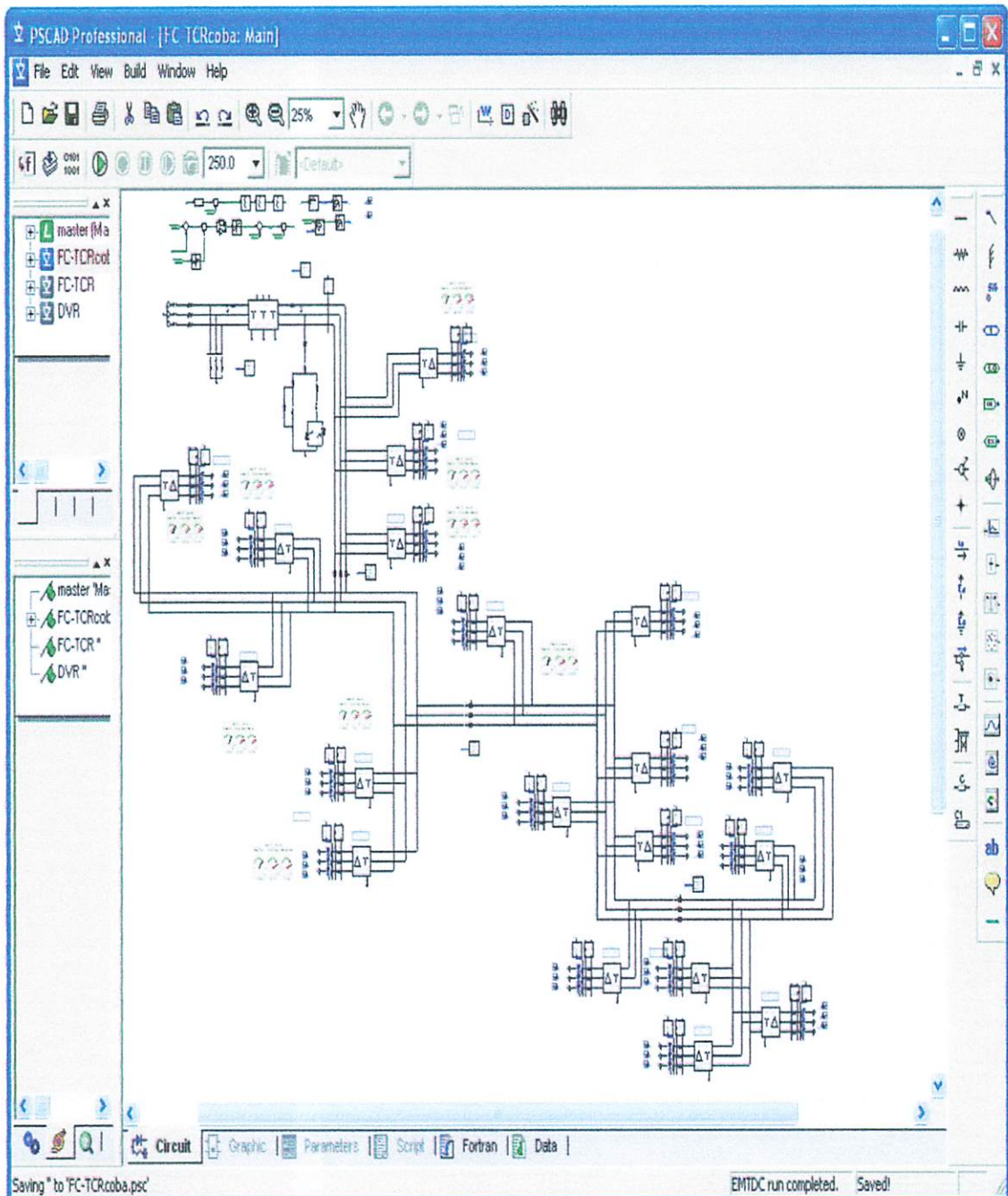


Grafik 4.1
Bentuk Gelombang Nilai RMS Tegangan

4.4.1. Hasil dan Analisa Perbaikan Kualitas Tegangan Dengan FC-TCR

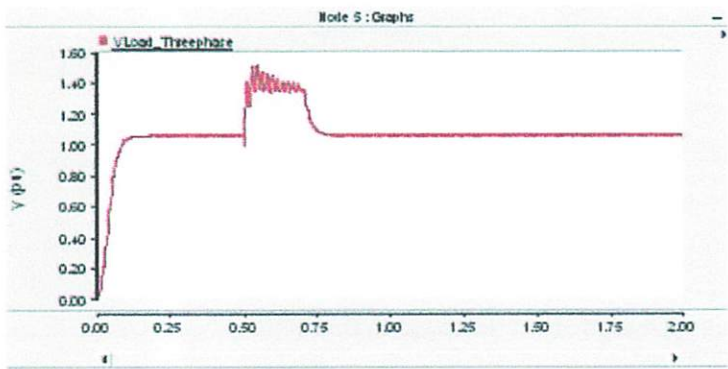
4.4.1.1. Perbaikan Kualitas Tegangan Menggunakan FC-TCR

Sekarang kita akan menunjukkan operasi normal dari FC-TCR melalui simulasi menggunakan PSCAD / EMTDC. parameter sistem diberikan pada Tabel 2.1,2.2 dan 2.3. *Single Line* Panji setelah pemasangan FC-TCR diperlihatkan pada Gambar. 4.2.



Gambar 4.2
Single Line Setelah Pemasangan FC-TCR

Terjadi Gangguan *Voltage Swell* Selama (500-700 ms) Tanpa Dilakukan Kompensasi FC-TCR.



Grafik 4.2
Bentuk Gelombang Nilai RMS Tegangan

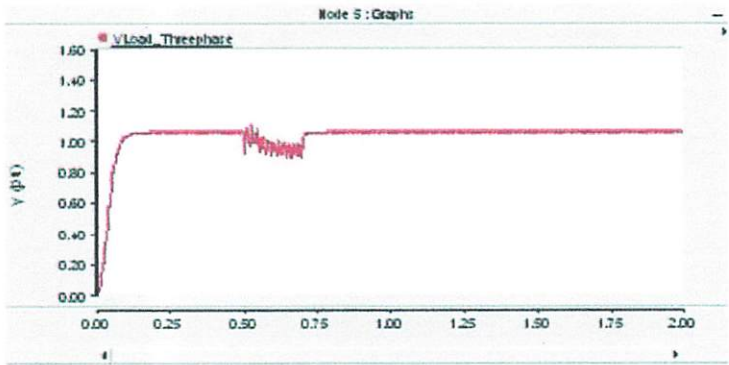
Hasil Perhitungan Saat Terjadi *Voltage Swell* Akibat Gangguan Tiga Fasa Simetris Tanpa Kompensasi FC-TCR.

Tabel 4.3
Hasil Perhitungan Saat Terjadi *Voltage Swell* Sebelum Kompensasi FC-TCR

No.URUT	No.TRAFO	LOKASI	TEGANGAN (pu)
1	SK 04	Ds.Panji	1.335265
2	SK 05	Ds.Panji	1.441767
3	SK 26	Ds.Panji	1.424782
4	SK 27	Ds.Panji	1.471357
5	SK 28	Ds.Panji	1.448666
6	SK 36	Ds.Bangah	1.435556
7	SK 45	Ds.Panji	1.463211
8	SK 44	Ds.Sambangan	1.443706
9	SK 64	Ds.Mandul	1.458218
10	SK 01	Ds.Bantang Banua	1.34669
11	SK 39	Ds.Sangket	1.388531
12	SK 15	Ds.Lumbanan	1.375245
13	SK 16	Ds.Ambengan	1.457079
14	SK 25	Ds.Ambengan	1.409326
15	SK 14	Ds.Ambengan	1.412924
16	SK 08	Ds.Padang Bulia	1.413292
17	SK 12	Ds.Pegayaman	1.426016
18	SK 54	Ds.Pegayaman	1.404541
19	SK 17	Ds.Gitgit	1.392536

4.4.1.2 Hasil Perhitungan dan Simulasi Setelah Kompensasi FC-TCR.

Kompensasi dengan FC-TCR Saat Terjadi *Voltage Swell* Selama (500-700 ms)



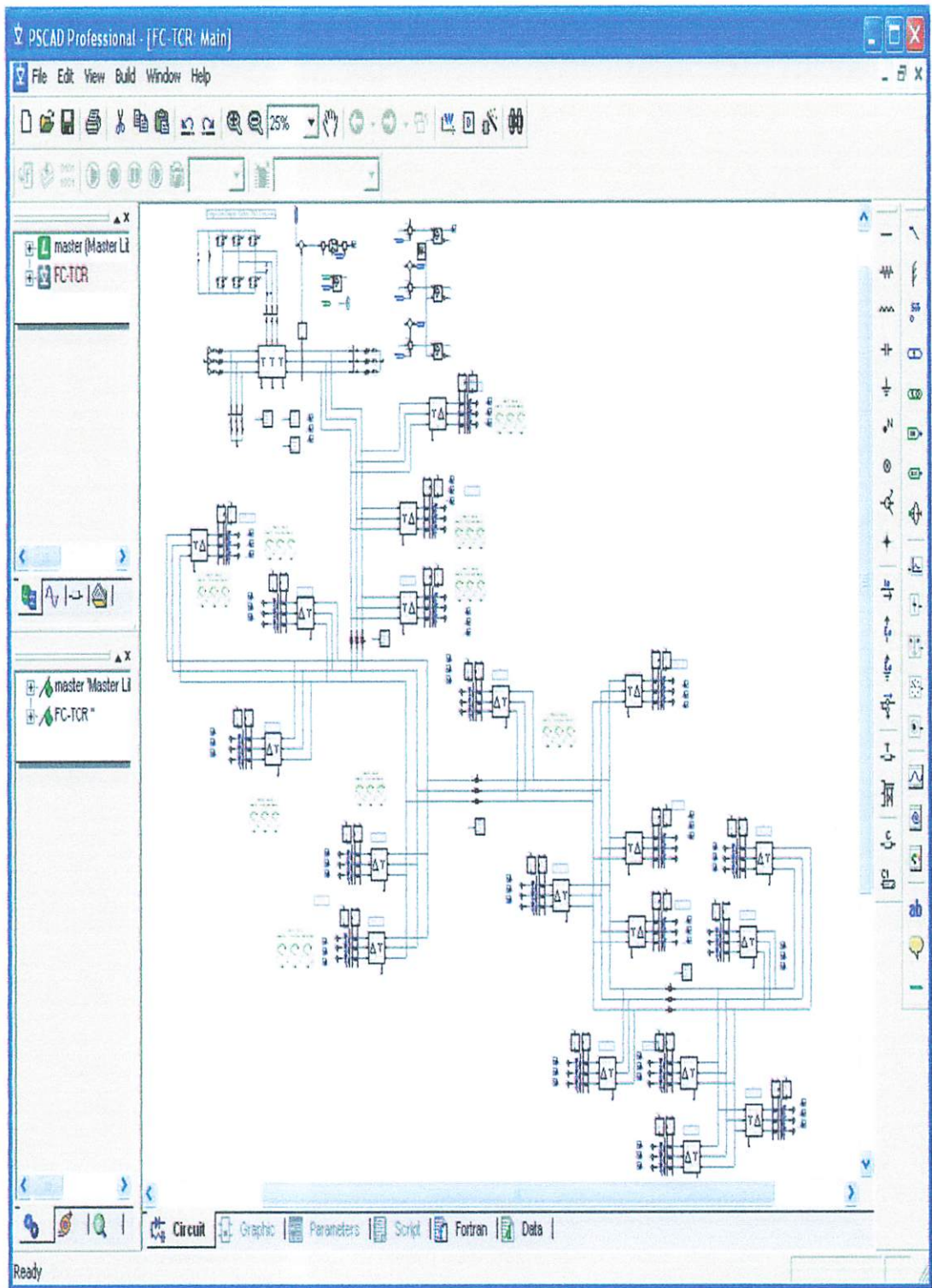
Grafik 4.3
Bentuk Gelombang Nilai RMS Tegangan

Tabel 4.4
Hasil Perhitungan Saat Terjadi *Voltage Swell* Setelah Kompensasi FC-TCR.

No.URUT	No.TRAFO	LOKASI	TEGANGAN (pu)
1	SK 04	Ds.Panji	0.970905
2	SK 05	Ds.Panji	0.991395
3	SK 26	Ds.Panji	0.980307
4	SK 27	Ds.Panji	0.970424
5	SK 28	Ds.Panji	0.995838
6	SK 36	Ds.Bangah	0.986012
7	SK 45	Ds.Panji	0.995216
8	SK 44	Ds.Sambangan	0.992608
9	SK 64	Ds.Mandul	0.991999
10	SK 01	Ds.Bantang Banua	0.968547
11	SK 39	Ds.Sangket	0.958392
12	SK 15	Ds.Lumbanan	0.949422
13	SK 16	Ds.Ambengan	0.954206
14	SK 25	Ds.Ambengan	0.97013
15	SK 14	Ds.Ambengan	0.974685
16	SK 08	Ds.Padang Bulia	0.97494
17	SK 12	Ds.Pegayaman	0.983436
18	SK 54	Ds.Pegayaman	0.966954
19	SK 17	Ds.Gitgit	0.961013

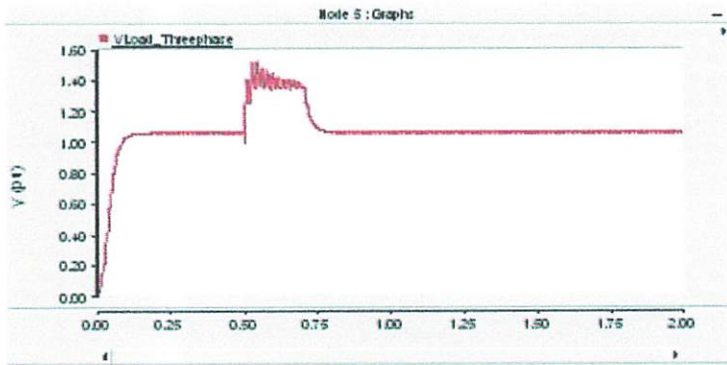
4.4.2 Hasil dan Analisa Perbaikan Kualitas Tegangan Dengan D-STATCOM

4.4.2.2 Perbaikan Kualitas Tegangan Menggunakan D-STATCOM



Gambar 4.3
Single Line Setelah Pemasangan D-STATCOM

Terjadi Gangguan *Voltage Swell* Selama (500-700 ms) Tanpa Dilakukan Kompensasi D-STATCOM



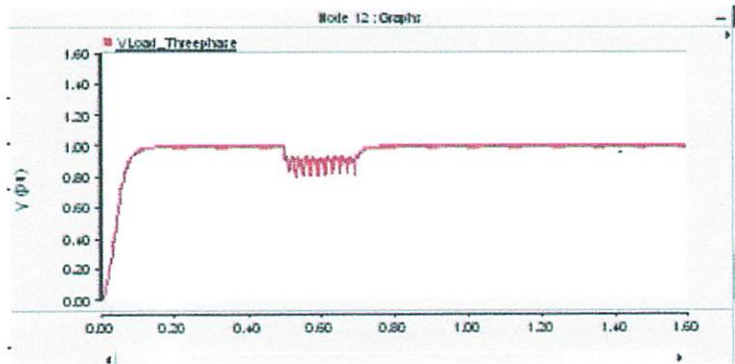
Grafik 4.4
Bentuk Gelombang Nilai RMS Tegangan

Tabel 4.5
Hasil Perhitungan Saat Terjadi *Voltage Swell* Sebelum Kompensasi D-STATCOM.

No.URUT	No.TRAFO	LOKASI	TEGANGAN (pu)
1	SK 04	Ds.Panji	1.335265
2	SK 05	Ds.Panji	1.441767
3	SK 26	Ds.Panji	1.424782
4	SK 27	Ds.Panji	1.471357
5	SK 28	Ds.Panji	1.448666
6	SK 36	Ds.Bangah	1.435556
7	SK 45	Ds.Panji	1.463211
8	SK 44	Ds.Sambangan	1.443706
9	SK 64	Ds.Mandul	1.458218
10	SK 01	Ds.Bantang Banua	1.34669
11	SK 39	Ds.Sangket	1.388531
12	SK 15	Ds.Lumbanan	1.375245
13	SK 16	Ds.Ambengan	1.457079
14	SK 25	Ds.Ambengan	1.409326
15	SK 14	Ds.Ambengan	1.412924
16	SK 08	Ds.Padang Bulia	1.413292
17	SK 12	Ds.Pegayaman	1.426016
18	SK 54	Ds.Pegayaman	1.404541
19	SK 17	Ds.Gitgit	1.392536

4.4.2.3. Hasil Perhitungan dan Simulasi Setelah Kompensasi D-STATCOM

Kompensasi dengan D-STATCOM Saat Terjadi *Voltage Swell* Selama (500-700 ms)



Grafik 4.5
Bentuk Gelombang Nilai RMS Tegangan

Tabel 4.6
Hasil Perhitungan Saat Terjadi *Voltage Swell* Setelah Kompensasi D-STATCOM

No.URUT	No.TRAFO	LOKASI	TEGANGAN (pu)
1	SK 04	Ds.Panji	0.9556001
2	SK 05	Ds.Panji	1.021645
3	SK 26	Ds.Panji	1.002046
4	SK 27	Ds.Panji	1.014588
5	SK 28	Ds.Panji	1.029594
6	SK 36	Ds.Bangah	1.027627
7	SK 45	Ds.Panji	1.045635
8	SK 44	Ds.Sambangan	1.024129
9	SK 64	Ds.Mandul	1.040279
10	SK 01	Ds.Bantang Banua	0.957116
11	SK 39	Ds.Sangket	0.930875
12	SK 15	Ds.Lumbanan	0.939487
13	SK 16	Ds.Ambengan	0.9991701
14	SK 25	Ds.Ambengan	0.984603
15	SK 14	Ds.Ambengan	0.955316
16	SK 08	Ds.Padang Bulia	0.955551
17	SK 12	Ds.Pegayaman	0.967997
18	SK 54	Ds.Pegayaman	0.979103
19	SK 17	Ds.Gitgit	0.955799

4.4.3. Perbandingan Hasil Perhitungan dan Simulasi Sebelum Kompensasi dan Sesudah Kompensasi.

4.4.3.1. Perbandingan Tegangan Dengan dan Tanpa FC-TCR dan D-STATCOM

Untuk mengetahui kerja FC-TCR dan D-STATCOM maka yang dilakukan adalah mencari perbedaan nilai tegangan beban tiap trafo dengan simulasi yang terdiri dari kondisi saat gangguan dengan kompensasi dan tanpa kompensasi.

Tabel 4.7
Perbandingan Tegangan Saat Gangguan *voltage swell*
Dengan FC-TCR Dan Tanpa FC-TCR.

No.Trafo	Tanpa FC-TCR.	Dengan FC-TCR.
	Tegangan (pu)	Tegangan (pu)
SK 04	1.335265	0.970905
SK 05	1.441767	0.991395
SK 26	1.424782	0.980307
SK 27	1.471357	0.970424
SK 28	1.448666	0.995838
SK 36	1.435556	0.986012
SK 45	1.463211	0.995216
SK 44	1.443706	0.992608
SK 64	1.458218	0.991999
SK 01	1.34669	0.968547
SK 39	1.388531	0.958392
SK 15	1.375245	0.949422
SK 16	1.457079	0.954206
SK 25	1.409326	0.97013
SK 56	1.412924	0.974685
SK 08	1.413292	0.97494
SK 12	1.426016	0.983436
SK 54	1.404541	0.966954
SK 17	1.392536	0.961013

Tabel 4.8
Perbandingan Tegangan saat terjadi *Voltage Swell* Dengan Kompensasi D-STATCOM dan Tanpa Kompensasi D-STATCOM

No.Trafo	Tanpa D-STATCOM.	Dengan D-STATCOM.
	Tegangan (pu)	Tegangan (pu)
SK 04	1.335265	0.9556001
SK 05	1.441767	1.021645
SK 26	1.424782	1.002046
SK 27	1.471357	1.014588
SK 28	1.448666	1.029594
SK 36	1.435556	1.027627
SK 45	1.463211	1.045635
SK 44	1.443706	1.024129
SK 64	1.458218	1.040279
SK 01	1.34669	0.957116
SK 39	1.388531	0.930875
SK 15	1.375245	0.939487
SK 16	1.457079	0.9991701
SK 25	1.409326	0.984603
SK 56	1.412924	0.955316
SK 08	1.413292	0.955551
SK 12	1.426016	0.967997
SK 54	1.404541	0.979103
SK 17	1.392536	0.955799

Berdasarkan tabel 4.5, 4.6, 4.7, 4.8 di atas bahwa tegangan dapat diperbaiki dengan menggunakan kompensasi FC-TCR dan D-STATCOM. Dimana ditunjukkan bahwa :

- a. Pada Trafo SK 04 sebelum menggunakan FC-TCR : $V_{rms} = 1.335265$ pu dan sebelum menggunakan D-STATCOM : $V_{rms} = 1.335265$ pu ; sedangkan setelah menggunakan FC-TCR : $V_{rms} = 0.970905$ pu dan setelah menggunakan D-STATCOM : $V_{rms} = 0.9556001$ pu.
- b. Pada Trafo SK 05 sebelum menggunakan FC-TCR : $V_{rms} = 1.441767$ pu dan sebelum menggunakan D-STATCOM : $V_{rms} = 1.441767$ pu ; sedangkan setelah menggunakan FC-TCR : $V_{rms} = 0.991395$ pu dan setelah menggunakan D-STATCOM : $V_{rms} = 1.021645$ pu.
- c. Pada Trafo SK 26 sebelum menggunakan FC-TCR : $V_{rms} = 1.424782$ pu dan sebelum menggunakan D-STATCOM : $V_{rms} = 1.424782$ pu ; sedangkan setelah menggunakan FC-TCR : $V_{rms} = 0.980307$ pu dan setelah menggunakan D-STATCOM : $V_{rms} = 1.002046$ pu.

- d. Pada Trafo SK 27 sebelum menggunakan FC-TCR : $V_{rms} = 1.471357$ pu dan sebelum menggunakan D-STATCOM : $V_{rms} = 1.471357$ pu ; sedangkan setelah menggunakan FC-TCR : $V_{rms} = 0.970424$ pu dan setelah menggunakan D-STATCOM : $V_{rms} = 1.014588$ pu.
- e. Pada Trafo SK 28 sebelum menggunakan FC-TCR : $V_{rms} = 1.448666$ pu dan sebelum menggunakan D-STATCOM : $V_{rms} = 1.448666$ pu ; sedangkan setelah menggunakan FC-TCR : $V_{rms} = 0.995838$ pu dan setelah menggunakan D-STATCOM : $V_{rms} = 1.029594$ pu.
- f. Pada Trafo SK 36 sebelum menggunakan FC-TCR : $V_{rms} = 1.435556$ pu dan sebelum menggunakan D-STATCOM : $V_{rms} = 1.435556$ pu ; sedangkan setelah menggunakan FC-TCR : $V_{rms} = 0.986012$ pu dan setelah menggunakan D-STATCOM : $V_{rms} = 1.027627$ pu.
- g. Pada Trafo SK 45 sebelum menggunakan FC-TCR : $V_{rms} = 1.463211$ pu dan sebelum menggunakan D-STATCOM : $V_{rms} = 1.463211$ pu ; sedangkan setelah menggunakan FC-TCR : $V_{rms} = 0.995216$ pu dan setelah menggunakan D-STATCOM : $V_{rms} = 1.045635$ pu.
- h. Pada Trafo SK 44 sebelum menggunakan FC-TCR : $V_{rms} = 1.443706$ pu dan sebelum menggunakan D-STATCOM : $V_{rms} = 1.443706$ pu ; sedangkan setelah menggunakan FC-TCR : $V_{rms} = 0.992608$ pu dan setelah menggunakan D-STATCOM : $V_{rms} = 1.024129$ pu.
- i. Pada Trafo SK 64 sebelum menggunakan FC-TCR : $V_{rms} = 1.458218$ pu dan sebelum menggunakan D-STATCOM : $V_{rms} = 1.458218$ pu ; sedangkan setelah menggunakan FC-TCR : $V_{rms} = 0.991999$ pu dan setelah menggunakan D-STATCOM : $V_{rms} = 1.040279$ pu.
- j. Pada Trafo SK 01 sebelum menggunakan FC-TCR : $V_{rms} = 1.34669$ pu dan sebelum menggunakan D-STATCOM : $V_{rms} = 1.34669$ pu ; sedangkan setelah menggunakan FC-TCR : $V_{rms} = 0.968574$ pu dan setelah menggunakan D-STATCOM : $V_{rms} = 0.957116$ pu.
- k. Pada Trafo SK 39 sebelum menggunakan FC-TCR : $V_{rms} = 1.388531$ pu dan sebelum menggunakan D-STATCOM : $V_{rms} = 1.388531$ pu ; sedangkan setelah menggunakan FC-TCR : $V_{rms} = 0.958392$ pu dan setelah menggunakan D-STATCOM : $V_{rms} = 0.930875$ pu.
- l. Pada Trafo SK 15 sebelum menggunakan FC-TCR : $V_{rms} = 1.375245$ pu dan sebelum menggunakan D-STATCOM : $V_{rms} = 1.375245$ pu ; sedangkan setelah

- menggunakan FC-TCR : $V_{rms} = 0.949422$ pu dan setelah menggunakan D-STATCOM : $V_{rms} = 0.939487$ pu.
- m. Pada Trafo SK 16 sebelum menggunakan FC-TCR : $V_{rms} = 1.457079$ pu dan sebelum menggunakan D-STATCOM : $V_{rms} = 1.457079$ pu ; sedangkan setelah menggunakan FC-TCR : $V_{rms} = 0.954206$ pu dan setelah menggunakan D-STATCOM : $V_{rms} = 0.9991701$ pu.
- n. Pada Trafo SK 25 sebelum menggunakan FC-TCR : $V_{rms} = 1.409326$ pu dan sebelum menggunakan D-STATCOM : $V_{rms} = 1.409326$ pu ; sedangkan setelah menggunakan FC-TCR : $V_{rms} = 0.97013$ pu dan setelah menggunakan D-STATCOM : $V_{rms} = 0.984603$ pu.
- o. Pada Trafo SK 56 sebelum menggunakan FC-TCR : $V_{rms} = 1.412924$ pu dan sebelum menggunakan D-STATCOM : $V_{rms} = 1.412924$ pu ; sedangkan setelah menggunakan FC-TCR : $V_{rms} = 0.974685$ pu dan setelah menggunakan D-STATCOM : $V_{rms} = 0.955316$ pu.
- p. Pada Trafo SK 08 sebelum menggunakan FC-TCR : $V_{rms} = 1.413292$ pu dan sebelum menggunakan D-STATCOM : $V_{rms} = 1.413292$ pu ; sedangkan setelah menggunakan FC-TCR : $V_{rms} = 0.97494$ pu dan setelah menggunakan D-STATCOM : $V_{rms} = 0.955551$ pu.
- q. Pada Trafo SK 12 sebelum menggunakan FC-TCR : $V_{rms} = 1.426016$ pu dan sebelum menggunakan D-STATCOM : $V_{rms} = 1.426016$ pu ; sedangkan setelah menggunakan FC-TCR : $V_{rms} = 0.983436$ pu dan setelah menggunakan D-STATCOM : $V_{rms} = 0.967997$ pu.
- r. Pada Trafo SK 54 sebelum menggunakan FC-TCR : $V_{rms} = 1.404541$ pu dan sebelum menggunakan D-STATCOM : $V_{rms} = 1.404541$ pu ; sedangkan setelah menggunakan FC-TCR : $V_{rms} = 0.966954$ pu dan setelah menggunakan D-STATCOM : $V_{rms} = 0.979103$ pu.
- s. Pada Trafo SK 17 sebelum menggunakan FC-TCR : $V_{rms} = 1.392536$ pu dan sebelum menggunakan D-STATCOM : $V_{rms} = 1.392536$ pu ; sedangkan setelah menggunakan FC-TCR : $V_{rms} = 0.961013$ pu dan setelah menggunakan D-STATCOM : $V_{rms} = 0.955799$ pu.

Rumusannya adalah sebagai berikut :

1. Penggunaan pada alat kompensasi FC-TCR

Optimasi Perbaikan Kualitas Tegangan Pada Kondisi Voltage Swell :

$$\begin{aligned} V_{\text{optimasi}} &= V_{\text{without FC-TCR}} - V_{\text{withFC-TCR}} \\ &= 1.418353053 \text{ (pu)} - 0.975601526 \text{ (pu)} \\ &= 0.442751527 \text{ (pu) atau sebesar 31\%.} \end{aligned}$$

2. Penggunaan pada alat kompensasi D-STATCOM

Optimasi Perbaikan Kualitas Tegangan Pada Kondisi *Voltage Swell* :

$$\begin{aligned} V_{\text{optimasi}} &= V_{\text{without STATCOM}} - V_{\text{withSTATCOM}} \\ &= 1.418353053 \text{ (pu)} - 0.988745273 \text{ (pu)} \\ &= 0.42960778 \text{ (pu) atau sebesar 30\%.} \end{aligned}$$

BAB V

P E N U T U P

5.1. Kesimpulan

Dari Hasil Analisa pemasangan FC-TCR dan D-STATCOM untuk mempertahankan kualitas tegangan pada sistem distribusi dapat di simpulkan sebagai berikut :

1. Pemasangan FC-TCR mampu mempertahankan kualitas tegangan dari 1.418353053 (pu) ke 0.975601526 (pu) atau sebesar 31%.
2. Sedangkan pada D-STATCOM mampu mempertahankan kualitas tegangan dari 1.418353053 (pu) ke 0.988745273 (pu) atau sebesar 30%.
3. Dari hasil optimasi di atas dapat dilihat bahwa, penggunaan kompensator D-STATCOM lebih baik daripada FC-TCR.
4. Besar nilai dari kapasitor yang dipasang pada FC-TCR adalah 14040.0 (uF), sedangkan nilai dari kapasitor yang dipasang pada D-STATCOM adalah 100 (uF).

5.2. Saran

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

DAFTAR PUSTAKA

- Anaya Lara, Olimpo and Acha, E.2002, "*Modeling and Analysis of Custom Power Systems*". **PSCAD/EMTDC, IEEE**. Trans. on Power Delivery.17 (1): 265-272.
- Basri, Hasan, 1997. *Sistem Distribusi Daya Listrik*. Jakarta : ISTN.
- Marsudi,Djiteng, 1990 . *Operasi Sistem Tenaga Listrik* . Balai Penerbit Dan Humas ISTN.
- Stevenson, William D, Jr, 1996. *Analisis Sistem Tenaga Elektrik* . Penerbit Erlangga edisi keempat, Jakarta.
- Sukmawidjaja, Maula. Februari 2008. "*Perhitungan Profil Tegangan Pada Sistem Distribusi Menggunakan Matrix admitansi dan matrix Impedansi bus*". **Universitas Trisakti** Vol 7 No. 2.
- Hingorani, N. G., and Gyugyi, L. 2001, Understanding FACTS: "*Concepts and Technology of Flexible AC Transmission Systems*", New York: IEEE Press.
- Hingorani, N. G., 1995. *Introducing Custom Power*. IEEE Spectrum.32 (6): 41-48
- Grebe, Thomas,. 2005. *Voltage Swell Event*. Electrotec, IEEE

LAMPIRAN



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

(PERSERO) MALANG
K 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

ma : I Gede Suyadnya
m : 05.12.006
rusan : Teknik Elektro S-1
onsentrasi : Teknik Energi Listrik
dul Skripsi : ANALISA PERBAIKAN VOLTAGE SWELL
MENGGUNAKAN FC-TCR DAN D-STATCOM DENGAN
SOFTWARE PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION
PADA PENYULANG DI GI PEMARON PT. PLN AREA
PEMELIHARAAN JARINGAN BALI UTARA

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

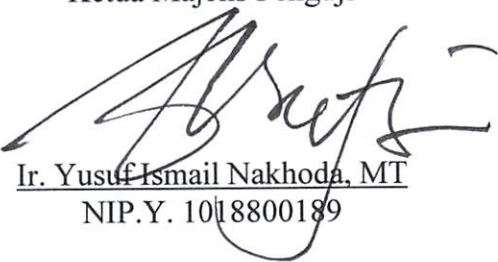
ari : Senin
anggal : 21 Februari 2011
engan nilai : 80,245 (A) *~*

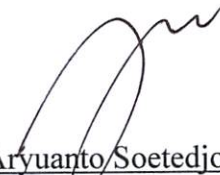
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Mengetahui,

Ketua Majelis Penguji

Sekretaris Majelis Penguji

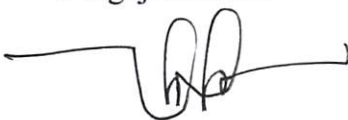

Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
NIP. Y. 1018800189


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

ANGGOTA PENGUJI

Penguji Pertama

Penguji Kedua


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


Awan Uji Krismanto, ST, MT
NIP. 198003012005011002



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

(PERSERO) MALANG
K NIAGA MALANG

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

LEMBAR PERBAIKAN SKRIPSI

na Mahasiswa : I Gede Suyadnya
M : 05.12.006
asan : Teknik Elektro S1
asentrasi : Teknik Energi Listrik
/ Tanggal : Senin / 21 Februari 2011

No	Materi Perbaikan	Paraf
1	Kesimpulan di perbaiki (sertakan tegangan rata-rata dan besar kapasitor yang dipasang pada masing-masing alat kompensator)	
2	Batasan masalah diperbaiki (masukkan gangguan yang dibahas)	

Telah Diperiksa / Disetujui:

Dosen Penguji I

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

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I

Ir. Choirul Saleh, MT
NIP.Y.1018800190

Dosen Pembimbing II

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



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

(PERSERO) MALANG
K NIAGA MALANG

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

LEMBAR PERBAIKAN SKRIPSI

na Mahasiswa : I Gede Suyadnya
M : 05.12.006
san : Teknik Elektro S1
sentrasi : Teknik Energi Listrik
i / Tanggal : Senin / 21 Februari 2011

No	Materi Perbaikan	Paraf
1	Perbaikan dasar teori	
2	Judul grafik diperbaiki	
3	Kesimpulan dipertajam	
4	Cara mensimulasikan <i>swell</i>	
5	Penjelasan control FC-TCR dan D-STATCOM	

Telah Diperiksa / Disetujui:

Dosen Penguji II

Awan Uji Krismanto, ST, MT
NIP.198003012005011002

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I

Ir. Choirul Saleh, MT
NIP.Y.1018800190

Dosen Pembimbing II

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



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : I GEDE SUYADNYA
Nim : 05.12.006
Masa Bimbingan : 18 Mei 2010 s/d 18 November 2010
Judul Skripsi : ANALISA PERBAIKAN *VOLTAGE SWELL*
MENGUNAKAN *FC-TCR* DAN *D-STATCOM* DENGAN
SOFTWARE *PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION* PADA
PENYULANG DI GI PEMARON PT. PLN AREA
PEMELIHARAAN JARINGAN BALI UTARA

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	21/10. 7	See Bab I.	Ch
2.		- tambahkan kondisi RTL di Gi pamaron.	es.
3.			
4.			
5.			
6.			
7.	25/11. 1	- catat kelakuan ..	} Ch.
8.		- analisis jalur.	
9.			
10.			

Malang, 2010
Dosen Pembimbing I,


(Ir. Choirul Saleh, MT)
NIP.101 8800 190



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : I GEDE SUYADNYA
Nim : 05.12.006
Masa Bimbingan : 26 DESEMBER 2010 s/d 26 JUNI 2011
Judul Skripsi : ANALISA PERBAIKAN VOLTAG SWELL MENGGUNAKAN FC-TCR
DAN D-STATCOM DENGAN SOFTWARE PSCAD/EMTDC POWER
SIMULATION PADA PENYULANG DI GI PEMARON PT. PLN AREA
PEMELIHARAAN JARINGAN BALI UTARA

NO	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	15 - 12 - 2010	Bimbingan Bab I, II, III dan IV	
2	18 - 12 - 2010	Demo Program <i>PSCAD Power Simulation</i>	
3	06 - 01 - 2011	Bimbingan Perbaikan Bab I, II, III dan IV	
4	11 - 01 - 2011	Bimbingan Perbaikan Analisa Grafik & Kesimpulan	
5	17 - 01 - 2011	Pengajuan Makalah Seminar	
6	07 - 02 - 2011	Periksa Format Penulisan Makalah Seminar	
7	16 - 02 - 2011	Acc Makalah Seminar Hasil	
8	23 - 02 - 2011	Konsultasi seluruh Bab	
9	25 - 02 - 2011	Acc Ujian Skripsi	
10			

Malang, Febuari 2011
Dosen Pembimbing II

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



FORMULIR PENGAJUAN JUDUL SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO/T. ENERGI LISTRIK S-1

1.	Nama Mahasiswa : I GEDE SUYADNYA		Nim : 05.12.006
2.	Waktu Pengajuan :	Tanggal 13	Bulan APRIL Tahun 2010
3.	Spesifikasi Judul *) a. Sistem Tenaga Elektrik b. Energi & Konversi Energi c. Tegangan Tinggi & Pengukuran d. Sistem Kendali Industri e. Elektronika & Komponen f. Elektro Digital & Komputer g. Elektronika Komunikasi h. Lainnya		
4.	Konsultasikan judul sesuai materi bidang ilmu kepada Dosen *) : <i>Ir. Chomir Saleh, MT</i>		Ketua Jurusan <i>Ir. Yudi Limpraptono, MT</i> NIP. Y. 1039500274
5.	Judul yang diajukan Mahasiswa :	ANALISA PERBAIKAN <i>VOLTAGE SWELL</i> MENGGUNAKAN <i>FC-TCR</i> DAN <i>D-STATCOM</i> DENGAN <i>SOFTWARE PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION</i> PADA PENYULANG DI GI PEMARON PT. PLN AREA PEMELIHARAAN JARINGAN BALI UTARA	
6.	Perubahan Judul yang Disetujui Dosen materi bidang ilmu		
7.	Catatan :		
8.	Persetujuan Judul Skripsi yang dikonsultasikan kepada Dosen materi bidang ilmu	Disetujui, 23 MARET 2010 Dosen <i>Chomir Saleh</i>	

Perhatian :

1. Formulir Pengajuan ini harap dikembalikan ke Jurusan paling lambat *satu minggu* setelah disetujui Kelompok Dosen Keahlian dengan dilampirkan Proposal Skripsi berserta persyaratan Skripsi sesuai **Form. S-1**.
2. *) dilingkari a, b, c,atau f, sesuai bidang Keahlian.
3. **) diisi oleh Jurusan.

Form.S-2



Lampiran : 1 (satu) berkas
Pembimbing Skripsi

Kepada : Yth. Bapak Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
Dosen Institut Teknologi Nasional
MALANG

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : I Gede Suyadnya
Nim : 05.12.006
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Dengan ini mengajukan permohonan, kiranya Bapak bersedia menjadi Dosen Pembimbing Utama / Pendamping *), untuk penyusunan Skripsi dengan judul (proposal terlampir) :

“ANALISA PERBAIKAN *VOLTAGE SWELL* MENGGUNAKAN *FC-TCR* DAN *D-STATCOM* DENGAN *SOFTWARE PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION* PADA PENYULANG DI GI PEMARON PT. PLN AREA PEMELIHARAAN JARINGAN BALI UTARA”

Adapun tugas tersebut sebagai salah satu syarat untuk menempuh Ujian Akhir Sarjana Teknik.

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

Malang, April 2010

Ketua
Jurusan Teknik Elektro S-1

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
NIP. 1039500274

Hormat kami,

I Gede Suyadnya
NIM. 0512006

*) coret yang tidak perlu



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No.2
Kampus II : Jl. Raya Karanglo Km.2

PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Sesuai permohonan dari mahasiswa :

Nama : I Gede Suyadnya

Nim : 05.12.006

Semester : X (sepuluh)

Jurusan : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

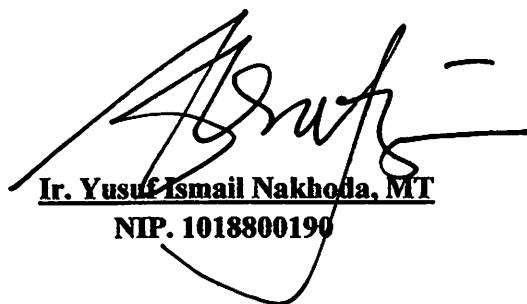
Dengan ini menyatakan bersedia / tidak bersedia *) membimbing Skripsi dari mahasiswa tersebut, dengan judul :

**“ANALISA PERBAIKAN *VOLTAGE SWELL* MENGGUNAKAN
FC-TCR DAN *D-STATCOM* DENGAN *SOFTWARE*
PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION PADA PENYULANG DI
GI PEMARON PT. PLN AREA PEMELIHARAAN JARINGAN
BALI UTARA”**

Demikian surat pernyataan ini kami buat agar dapat dipergunakan seperlunya.

Malang, April 2010

Kami yang Membuat Pernyataan,



Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
NIP. 1018800190

Catatan

Setelah disetujui agar formulir ini
Diserahkan mahasiswa yang bersangkutan
Kepada Jurusan untuk diproses lebih lanjut

*)coret yang tidak perlu

Form S-3b



Lampiran : 1 (satu) berkas
Pembimbing Skripsi

Kepada : Yth. Bapak Ir. H. Choirul Saleh, MT
Dosen Institut Teknologi Nasional
MALANG

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : I Gede Suyadnya
Nim : 05.12.006
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Dengan ini mengajukan permohonan, kiranya Bapak bersedia menjadi Dosen Pembimbing Utama / ~~Pendamping~~ *), untuk penyusunan Skripsi dengan judul (proposal terlampir) :

“ANALISA PERBAIKAN *VOLTAGE SWELL* MENGGUNAKAN *FC-TCR* DAN *D-STATCOM* DENGAN *SOFTWARE PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION* PADA PENYULANG DI GI PEMARON PT. PLN AREA PEMELIHARAAN JARINGAN BALI UTARA”

Adapun tugas tersebut sebagai salah satu syarat untuk menempuh Ujian Akhir Sarjana Teknik.

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

Malang, April 2010

Ketua
Jurusan Teknik Elektro S-1

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
NIP. 1039500274

Hormat kami,

I Gede Suyadnya
NIM. 0512006

*) coret yang tidak perlu



PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Sesuai permohonan dari mahasiswa :

Nama : I Gede Suyadnya

Nim : 05.12.006

Semester : X (sepuluh)

Jurusan : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Dengan ini menyatakan bersedia / tidak bersedia *) membimbing Skripsi dari mahasiswa tersebut, dengan judul :

**“ANALISA PERBAIKAN *VOLTAGE SWELL* MENGGUNAKAN
FC-TCR DAN *D-STATCOM* DENGAN *SOFTWARE*
PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION PADA PENYULANG DI
GI PEMARON PT. PLN AREA PEMELIHARAAN JARINGAN
BALI UTARA”**

Demikian surat pernyataan ini kami buat agar dapat dipergunakan seperlunya.

Malang, April 2010

Kami yang Membuat Pernyataan,

Ir. H. Choirul Saleh, MT
NIP. 1018800190

Catatan

Setelah disetujui agar formulir ini
Diserahkan mahasiswa yang bersangkutan
Kepada Jurusan untuk diproses lebih lanjut

*)coret yang tidak perlu



ar No. 1 Denpasar 80234
0361) 221960 - 221963
0361) 221965 - 221968

Facsimile : (0361) 227101

: 131 /341/BISDMO/2010
: ITN-295/III.TA-2/2/2010
: -
: Survey

Denpasar, 05 Mei 2010

Kepada Yth;
Institut Teknologi Nasional Malang
Fakultas Teknologi Industri
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2
Malang

Sehubungan dengan surat Saudara No. ITN-295/III.TA-2/2/2010 tanggal 02 Maret 2010 perihal Permohonan Ijin Mengadakan Survey, dengan ini diberitahukan bahwa :

1. Pada prinsipnya permohonan untuk melakukan Survey , mahasiswa INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG Jurusan Teknik Elektro S-1 Konsentrasi Teknik Energi Listrik an:

I Gede Suyadnya

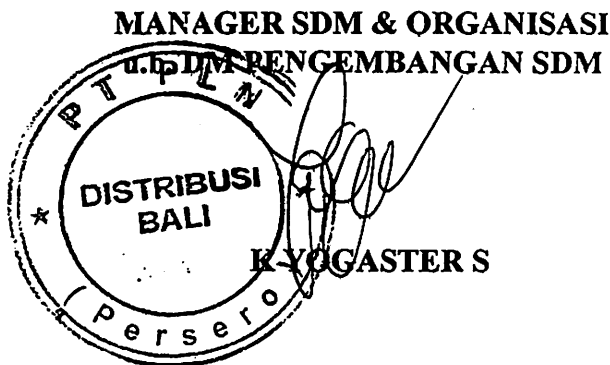
NIM : 05.12.006

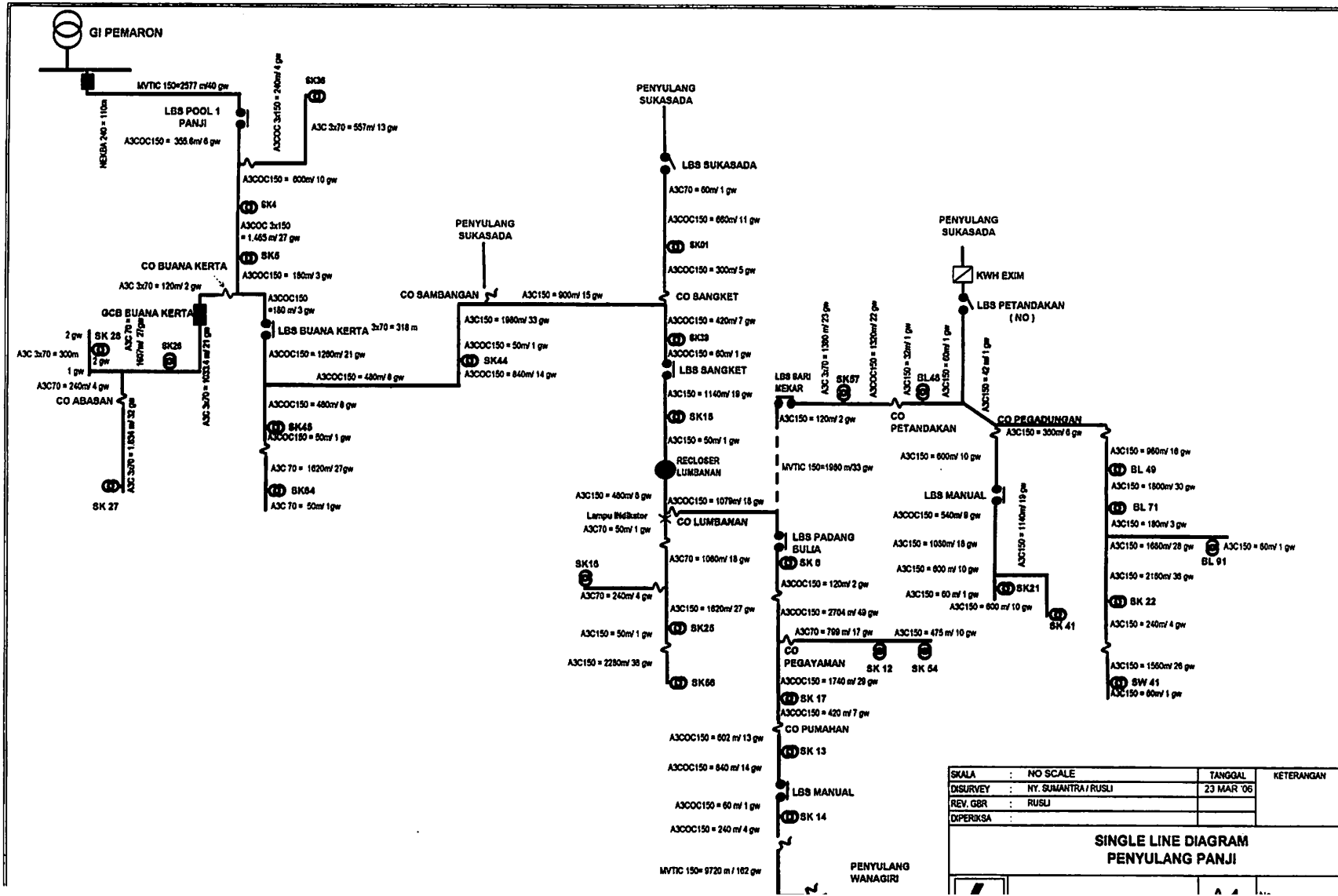
dapat kami setuju bertempat di PT. PLN (Persero) Distribusi Bali Area Jaringan Bali Utara Jl.Udayana No. 27 Singaraja.

2. Kepada mahasiswa yang bersangkutan diharapkan dapat mematuhi ketentuan yang berlaku di PLN terutama tata tertib di lingkungan kantor serta disiplin dalam hal melaksanakan Penelitian.
3. Bilamana selama dalam melaksanakan Survey terjadi hal-hal yang mengakibatkan kerugian bagi PLN maka hal tersebut menjadi beban serta tanggung jawab siswa yang bersangkutan.

Demikian untuk dilaksanakan dengan baik dan atas perhatiannya diucapkan terima kasih.

Tembusan :
Area Jaringan Bali Utara







PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI BALI
AREA JARINGAN BALI UTARA
JL. UDAYANA NO 27 SINGARAJA

Nama Penyulang : Panji
Area Operasi : Rayon Singaraja

NO.	TGL,BLN,TH PENGUKURAN JAM	NO. GARDU JENIS C/P/B/K	LOKASI GARDU TRAFO	DAYA (KVA) PHASA	PENGUKURAN TEGANGAN (VOLT)					PENGUKURAN ARUS (AMPERE)					% BEBAN TRAFO	KET		
					PHA SA	TEGANGAN PANGKAL	TEGANGAN UJUNG JTR				PHA SA	BEBAN JURUSAN					BEBAN INDUK	
							LINE A	LINE B	LINE C	LINE D		LINE A	LINE B	LINE C				LINE D
1	01 Juni 2008 18.23	SK004 P	Ds.Panji	180 3	R-N S-N T-N R-S S-T R-T	242 245 232 415 408 408	224 223 224 	222 223 223 	R S T N	80.8 82.4 103.8 30.4	50.3 82 71.8 19.8	138.8 144.1 173.1 49.4	85%	NORMAL				
2	01 Juni 2008 19.35	SK005 P	Ds. Panji	100 3	R-N S-N T-N R-S S-T R-T	244 244 248 418 424 424	217 217 217 	227 227 227 	R S T N	27 12.1 9.9 13.7	13.4 14.4 11.9 9.8	39.8 27.8 21.8 22.8	21%	NORMAL				
3	01 Juni 2008 20.20	SK036 P	Dn. Bangah Panji	100 3	R-N S-N T-N R-S S-T R-T	234 230 230 405 387 405	228 227 227 	224 224 225 	R S T N	5.1 11.4 10.5 7.4	7.1 4.3 8.1 7.4	11.7 15.2 18.3 7.5	10%	NORMAL				
4	02 Juni 2008 18.00	SK028 P	Abasan , Panji	100 3	R-N S-N T-N R-S S-T R-T	241 243 241 423 425 418	 211 211 211 	217 217 217 	R S T N	 11.3 12.7 9.3 8	 32.8 21.3 30 15.1	48.2 33.8 40.4 23.1	28%	NORMAL				
5	02 Juni 2008 19.02	SK027 P	Abasan Panji	100 3	R-N S-N T-N R-S S-T R-T	238 233 237 410 410 414	221 220 0 	225 223 0 	R S T N	9.7 12.2 0 3	23.4 27.2 0 2	33.1 39.4 0 4.1	17%	NORMAL				
6	02 Juni 2008 19.55	SK028 P	Ds. Panji Pancoran	100 3	R-N S-N T-N R-S S-T R-T	243 245 245 428 428 425	217 217 0 	221 222 0 	R S T N	17.2 5.6 0 18	38.7 18.4 0 28.8	53.8 24 0 44.8	18%	NORMAL				
7	05 Juni 2008 18.15	SK 45 P	Dn. Mandul	100 3	R-N S-N T-N R-S S-T R-T	225 232 234 395 380 403	205 220 221 	227 227 227 	R S T N	8 4.4 9.9 1.9	17.4 5.9 8.2 4.8	25.4 10.3 18.1 6.5	12%	NORMAL				
8	05 Juni 2008 19.15	SK 44 P	Ds. Sambangan	100 3	R-N S-N T-N	235 238 234	221 221 221	223 223 223	R S T	22.8 20.8 33.9	5.8 3.2 2	28.4 24 35.9						

NO.	TGL,BLN,TH PENGUKURAN JAM	NO. GARDU JENIS C/P/B/K	LOKASI GARDU TRAF0	DAYA (KVA) PHASA	PENGUKURAN TEGANGAN (VOLT)					PENGUKURAN ARUS (AMPERE)					% BEBAN TRAFO	KET		
					PHA SA	TEGANGAN PANGKAL	TEGANGAN UJUNG JTR				PHA SA	BEBAN JURUSAN					BEBAN INDUK	
							LINE A	LINE B	LINE C	LINE D		LINE A	LINE B	LINE C				LINE D
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
9	05 Juni 2008 20.00	SK 84 P	Dn. Mandul	50 3	R-N	224	213	221		R	5.6		6.3		11.9	14%	NORMAL	
					S-N	224	218	221		S	6.6		5.2		11.8			
					T-N	226	220	221		T	2.3		4.7		7			
					R-S	391				N	3.4		4.2		7.8			
					S-T	398												
					R-T	390												
10	06 Juni 2008 19.05	SK001 P	Da. Banteng Benua	50 3	R-N	225	213			R	79.9			79.9	80%	NORMAL		
					S-N	225	220			S	32.2			32.2				
					T-N	235	220			T	17.3			17.3				
					R-S	398				N	18.7			18.7				
					S-T	403												
					R-T	406												
11	08 Juni 2008 19.45	SK039 P	Da. Sangket Sukasada	100 3	R-N	222	199	205		R	119.2		31.9	151.1	80%	NORMAL		
					S-N	228	205	205		S	70.3		18.3	88.8				
					T-N	222	205	188		T	79.4		28.3	107.7				
					R-S	399				N	28.4		20.2	48.8				
					S-T	395												
					R-T	387												
12	08 Juni 2008 20.25	SK015 P	Lumberan Sukasada	50 3	R-N	228	224	225		R	53		47	100	84%	NORMAL		
					S-N	229	224	225		S	21		11	32				
					T-N	228	224	225		T	29		20	49				
					R-S	396				N	14		25	39				
					S-T	394												
					R-T	397												
13	07 Juni 2008 18.33	SK 16 P	Da. Ambengan	100 3	R-N	238	223	222		R		25.3	53.6	78.9	52%	NORMAL		
					S-N	233	220	221		S		14.3	54.8	69.1				
					T-N	233	220	221		T		39.5	39.7	79.2				
					R-S	412				N		18.4	23.6	40				
					S-T	402												
					R-T	411												
14	07 Juni 2008 18.55	SK 25 P	Bukit Batu Da. Ambengan	50 3	R-N	230	222	220		R	13		10.8	23.8	34%	NORMAL		
					S-N	227	222	220		S	11.1		3.3	14.4				
					T-N	226	222	220		T		3.2	32.8	36				
					R-S	403				N		6.4	24.4	30.8				
					S-T	390												
					R-T	403												
15	07 Juni 2008 20.00	SK 56 P	Jembong Da. Ambengan	50 3	R-N	229	220	222		R	18.2		19.3	35.5	89%	NORMAL		
					S-N	234	220	222		S	51.3		8.4	59.7				
					T-N	228	220	222		T	25.3		28.8	54.1				
					R-S	406				N	0.5		2.3	2.8				
					S-T	404												
					R-T	394												

NO.	TGL,BLN,TH PENGUKURAN JAM	NO. GARDU JENIS C/P/B/K	LOKASI GARDU TRAFU	DAYA (KVA) PHASA	PENGUKURAN TEGANGAN (VOLT)					PENGUKURAN ARUS (AMPERE)					% BEBAN TRAFO	KET		
					PHA SA	TEGANGAN PANGKAL	TEGANGAN UJUNG JTR				PHA SA	BEBAN JURUSAN					BEBAN INDUK	
							LINE A	LINE B	LINE C	LINE D		LINE A	LINE B	LINE C				LINE D
16	08 Juni 2008 19.00	BL057 P	Ds. Naga Sepaha	100	R-N	233		219		224	R		14.8		28.2	48.5	45%	NORMAL
				3	S-N	238		220		224	S		35.8		30.1	73.1		
					T-N	233		220		224	T		41.9		27.7	75.3		
					R-S	409					N		20.7		18.5	35.4		
					S-T	409												
					R-T	402												
17	08 Juni 2008 19.30	BL048 P	Ds. Petandekan	100	R-N	229	220	221	220	220	R	7.3	31.1	35	23.1	98	59%	NORMAL
				3	S-N	234	220	221	220	220	S	7	11.5	17.8	19.5	51.8		
					T-N	230	220	221	220	220	T	7.1	32.7	25	39.8	108.4		
					R-S	403					N	7.1	28.7	7.7	7.1	44.1		
					S-T	408												
					R-T	398												
18	08 Juni 2008 20.10	SK021 P	Ds. Pegadungan	100	R-N	232	210		205		R	14.1		21.1		38	25%	NORMAL
				3	S-N	228	210		205		S	12.9		10.2		25.4		
					T-N	228	210		205		T	15.2		19.4		43.2		
					R-S	403					N	7.3		18.1		25.8		
					S-T	384												
					R-T	402												
19	08 Juni 2008 20.55	SK041 P	Ds. Pegadungan Katiasa	160	R-N	226	220		218		R	23.1		31.8		52.2	17%	NORMAL
				3	S-N	222	220		218		S	6.8		47.8		53.9		
					T-N	223	220		218		T	10		4.3		14.5		
					R-S	393					N	27.2		13		39.3		
					S-T	394												
					R-T	388												
20	09 Juni 2008 18.40	BL049 P	Ds. Alas Angker	100	R-N	228	222		224		R	81.5		45.8		112.7	85%	NORMAL
				3	S-N	228	222		224		S	58.8		34.9		88.3		
					T-N	230	223		225		T	82.9		24.3		81.6		
					R-S	390					N	38.2		24		63		
					S-T	399												
					R-T	399												
21	09 Juni 2008 19.20	BL071 C	Ds. Alas Angker Tenaun	50	R-N	227	222	220			R	18	38.3			58.8	47%	NORMAL
				2	S-N	227	222	220			S	10.1	25.8			35.1		
					T-N	227	222	220			T	10.8	5.7			15.4		
					R-S	458					N	4.7	9.1			4.8		
					S-T	0												
					R-T	456												
22	09 Juni 2008 20.00	BL091 P	Ds. Alas Angker Juwuk Manis	50	R-N	232		218		223	R		15		3.1	20.8	27%	NORMAL
				3	S-N	232		218		223	S		12.4		5.9	19.4		
					T-N	233		218		223	T		11		7	17.8		
					R-S	390					N		7		4.1	8.3		
					S-T	394												
					R-T	395												
23	12 Juni 2008 18.30	SK022 C	Ds. Silang Jana	50	R-N	236		225		217	R		8.3		54.5	63.1	85%	NORMAL
				3	S-N	236		225		217	S		15		35.2	49.7		
					T-N	233		225		217	T		5.1		22.8	28		
					R-S	402					N		4		17	8.3		
					S-T	400												
					R-T	397												

NO.	TGL,BLN,TH PENGUKURAN JAM	NO. GARDU JENIS C/P/B/K	LOKASI GARDU TRAFU	DAYA (KVA) PHASA	PENGUKURAN TEGANGAN (VOLT)					PENGUKURAN ARUS (AMPERE)					% BEBAN TRAFO	KET		
					PHA SA	TEGANGAN PANGKAL	TEGANGAN UJUNG JTR				PHA SA	BEBAN JURUSAN					BEBAN INDUK	
							LINE A	LINE B	LINE C	LINE D		LINE A	LINE B	LINE C				LINE D
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16			
24	12 Juni 2008 19.25	SW041 P	Singkung, Silangjaya	50	R-N S-N T-N R-S S-T R-T	224 223 224 398 388 397	200 200 200 205 205	205 205 205	R S T N	30 27.1 26.7 8.4	12.6 18.4 5.3 13.1	41.7 48.3 32.8 18.1	56%	NORMAL				
25	13 Juni 2008 20.10	SK008 P	Ds. Padang Bula	100	R-N S-N T-N R-S S-T R-T	232 231 238 402 410 413	225 225 225 220 220	220 220 220	R S T N	32.8 22.3 27.5 19.7	55.2 65.2 95.3 28.2	88 87.5 122.6 47.9	69%	NORMAL				
26	13 Juni 2008 18.40	SK012 C	Ds. Pegayaman	100	R-N S-N T-N R-S S-T R-T	224 230 228 388 405 392	220 220 220	221 221 221	R S T N	64.2 87.2 46.5 22.2	52 15.1 31.9 22.3	118.2 82.3 77.4 44.5	64%	NORMAL				
27	13 Juni 2008 19.15	SK054 C	Ds. Pegayaman	50	R-N S-N T-N R-S S-T R-T	228 233 228 403 405 400	220 220 220		R S T N	25.1 30.5 22.3 7.9		25.1 30.5 22.3 7.9	38%	NORMAL				
28	14 Juni 2008 20.00	SK017 C	Ds. Gligit	50	R-N S-N T-N R-S S-T R-T	232 233 236 400 399 402	215 215 215	220 220 220	R S T N	71 10.7 37.9 10.2	20.3 7.3 20.4 6.8	89.5 18.4 59.3 18.2	77%	NORMAL				
29	14 Juni 2008 19.40	SK 13 C	Ds. Gligit	50	R-N S-N T-N R-S S-T R-T	229 228 229 401 398 400	218 218 218	227 223 224	R S T N	11.1 36.2 15.6 19.8	25.4 35.7 14 20.5	36.6 71.9 29.6 40.3	64%	NORMAL				
30	14 Juni 2008 20.25	SK 14 C	Ds. Gligit	50	R-N S-N T-N R-S S-T R-T	233 230 229 403 405 398	210 218 218	204 204 204	R S T N	10.8 43.2 5 13.3	45 45.5 45.2 15	55.8 88.7 50.2 28.3	90%	NORMAL				

	PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI BALI AREA JARINGAN BALI UTARA	FORM: HAR / 01 / GRD / AJ-BARA		PENGUKURAN BEBAN GARDU	
		Disiapkan / Diukur Nym. Sumarta 1 Kt. Sudarta 2 Rusli W. 3 Md. Suardana 4 Wm. Rahman 5	Diperiksa Spv. Pemeliharaan I Nyoman Aryasa	Disetujui Aaman OP-HAR I Nyoman Wijaya	REMARK
PEMELIHARAAN JARINGAN DISTRIBUSI		A 4			



PT PLN. (Persero) DISTRIBUSI BALI
AREA JARINGAN BALI UTARA

DATA BEBAN TIAP SEKSI PER PENYULANG

PENYULANG : PANJI

No. URUT	NO TRAFO	LOKASI	DAYA (kVA)	PHASA (1p/3p)	PERSEN BEBAN (%)	BEBAN TRAFO (kVA)
1	2	3	4	5	6	7
SEKSI 1						
1	SK 04	Ds.Panji	160	3 Phasa	65	104
2	SK 05	Ds.Panji	100	3 Phasa	21	21
3	SK 26	Dn.Abasan Ds.Panji	100	3 Phasa	28	28
4	SK 27	Dn.Abasan Ds.Panji	100	3 Phasa	17	17
5	SK 28	Ds.Panji	100	3 Phasa	18	18
6	SK 36	Dn. Bangah	100	3 Phasa	10	10
			660			198
SEKSI 2						
7	SK 45	Ds.Mandul Ds.Panji	100	3 Phasa	12	12
8	SK 44	Ds.Sambangan	100	3 Phasa	20	20
9	SK 64	Ds. Mandul	50	3 Phasa	14	7
10	SK 01	Ds. Bantang Banua	50	3 Phasa	60	30
11	SK 39	Ds Sangket	100	3 Phasa	80	80
			400			149
SEKSI 3						
12	SK 15	Dsn Lumbanan	50	3 Phasa	84	42
13	SK 16	Ds.Ambengan	100	3 Phasa	52	52
14	SK 25	Dn.Bukit Balu ,Ds.Ambengan	50	3 Phasa	34	17
15	SK 56	Dn.Jembong Ds.Ambengan	50	3 Phasa	69	34.5
			250			145.5
SEKSI 4						
23	SK 08	Ds.Padang Bulia	100	3 Phasa	69	69
24	SK 12	Ds.Pegayaman	100	3 Phasa	64	64
25	SK 54	Ds.Pegayaman	50	3 Phasa	36	18
26	SK 17	Ds.Gitgit	50	3 Phasa	77	38.5
27	SK 13	Ds.Gitgit	50	3 Phasa	64	32
			350			221.5
SEKSI 5						
28	SK 14	Ds.Gitgit	50	3 Phasa	90	45
			50			45
SEKSI 6						
16	BL 57	Ds.Naga Sepaha	100	3 Phasa	45	45
17	BL 48	Ds.Petandakan	100	3 Phasa	59	59
18	BL 49	Ds.AlasAngker	100	3 Phasa	65	65
19	BL 71	Ds .AlasAngker,Tenaun	50	3 Phasa	47	23.5
20	BL 91	Ds.AlasAngker,Juwuk Manis	50	3 Phasa	27	13.5
21	SK 22	Ds.Silang Jana	50	3 Phasa	65	32.5
22	SW 41	Dn.Sinkung,Silangjana	50	3 Phasa	56	28
			500			266.5
SEKSI 7						
29	SK 21	Ds.Pegadungan	100	3 Phasa	25	25
30	SK 41	Ds.Pegadungan,Katiasa	100	3 Phasa	17	17
			200			42
TOTAL			2410			1067.5

DATA ALIRAN DAYA PENYULANG PANJI

No.URUT	No.TRAFO	LOKASI	DAYA (kVA)	P (MW)	Q (MVAR)
1	SK 04	Ds.Panji	160	0.088	0.055
2	SK 05	Ds.Panji	100	0.018	0.011
3	SK 26	Ds.Panji	100	0.024	0.015
4	SK 27	Ds.Panji	100	0.014	0.009
5	SK 28	Ds.Panji	100	0.015	0.009
6	SK 36	Ds.Bangah	100	0.009	0.005
7	SK 45	Ds.Panji	100	0.010	0.006
8	SK 44	Ds.Sambangan	100	0.017	0.011
9	SK 64	Ds.Mandul	50	0.006	0.004
10	SK 01	Ds.Bantang Banua	50	0.026	0.016
11	SK 39	Ds.Sangket	100	0.068	0.042
12	SK 15	Ds.Lumbanan	50	0.036	0.022
13	SK 16	Ds.Ambengan	100	0.044	0.027
14	SK 25	Ds.Ambengan	50	0.014	0.009
15	SK 14	Ds.Ambengan	50	0.030	0.018
16	SK 08	Ds.Padang Bulia	100	0.059	0.036
17	SK 12	Ds.Pegayaman	100	0.054	0.034
18	SK 54	Ds.Pegayaman	50	0.015	0.009
19	SK 17	Ds.Gitgit	50	0.033	0.021