

**MENGATASI VOLTAGE DIP PADA G.I KEBONAGUNG DENGAN
MENGUNAKAN PENGENDALI STATCOM**

SKRIPSI



Disusun oleh:

**RANGGA ANGGARA
NIM. 06.12.012**



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

LEMBAR PERSETUJUAN

**MENGATASI VOLTAGE DIP PADA G.I KEBONAGUNG DENGAN
MENGUNAKAN PENGENDALI STATCOM**

SKRIPSI

*Disusun dan diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan guna mencapai
gelar Sarjana Teknik Energi Listrik Strata Satu (S-1)*

Disusun Oleh :

Rangga Anggara

NIM. 06.12.012

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1



M. IBRAHIM ASHARI, MT

NIP. P. 1030100358

Diperiksa dan Disetujui,


Pembimbing I

Pembimbing II



Ir. Teguh Herbasuki, MT

NIP.Y. 1038900209



Ir. Choirul Saleh, MT

NIP. 1018800190

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

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rangga Anggara

NIM : 06.12.012

Program Studi : T. Elektro S1

Konsentrasi : Energi Listrik

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi yang saya buat adalah hasil karya sendiri, tidak merupakan plagiasi dari karya orang lain. Dalam Skripsi ini tidak memuat karya orang lain, kecuali dicantumkan sumbernya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, dan apabila di kemudian hari ada pelanggaran atas surat pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksinya.

Malang, September 2014

Yang membuat Pernyataan,



Rangga Anggara

NIM. 06.12.012

ABSTRAK

Mengatasi Voltage Dip Pada G.I Kebonagung Dengan Menggunakan Pengendali Statcom

Rangga Anggara, NIM 06.12.012

Dosen Pembimbing I: Ir. Teguh Herbasuki, MT

Dosen Pembimbing II: Ir. Choirul Saleh, MT.

Kualitas tegangan yang sangat baik sangat dibutuhkan dalam penyaluran tenaga listrik agar pasokan listrik yang diterima konsumen dapat dinikmati dengan baik pula. Dalam pendistribusian tenaga listrik permasalahan yang sering muncul adalah berupa gangguan yang disebabkan penggunaan peralatan listrik yang berkapasitas besar. Salah satu permasalahan gangguan dalam sistem distribusi tenaga listrik adanya rugi-rugi tegangan pada konsumen.

STATCOM (Static Synchronous compensator) merupakan alat untuk mengkompensasi daya reaktif yang dihubungkan secara paralel dan memiliki kemampuan untuk membangkitkan atau menyerap daya reaktif dan keluarannya dapat bervariasi yang berfungsi untuk mengontrol spesifikasi parameter dari sistem daya listrik. Statcom pada umumnya merupakan sebuah saklar solid-state yang merupakan shunt device (peralatan yang terhubung secara paralel) dari FACTS (Flexible AC Transmission System) yang terdiri dari perangkat power elektronik untuk mengatur aliran daya. Statcom mengatur regulasi tegangan terminal dengan cara membangkitkan atau menyerap daya reaktif dari sistem.

Dari hasil simulasi yang dilakukan pada G.I Kebonagung, dengan kompensasi STATCOM perbandingan nilai tegangan sebelum dan sesudah kompensasi saat gangguan voltage dip/sag akibat hubung singkat adalah dari 0.0165 pu atau 0.33 kV menjadi 0.9742 pu atau 19.484kV.

Kata Kunci : Sistem Distribusi, STATCOM, Voltage Dip/Sag, PSCAD/EMTDC

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadiran Allah Yang Maha Kuasa atas segala limpahan berkat dan rahmat-Nya sehingga penelitian berjudul Mengatasi Voltage Dip Pada G.I Kebonangung Dengan Menggunakan Pengendali Statcom 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 Ibrahim Ashari, ST, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1.
2. Bapak Ir. Teguh Herbasuki, MT selaku Dosen Pembimbing I.
3. Bapak Ir. Choirul Saleh, MT selaku Dosen Pembimbing II.
4. Rekan-rekan dan teman-teman Teknik Elektro ITN Malang.
5. 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, Agustus 2014

Penulis

DAFTAR ISI

Lembar Persetujuan	ii
Abstrak	iii
Kata Pengantar.....	iv
Daftar Isi.....	v
Daftar Gambar	viii
Daftar Tabel.....	x
Daftar Grafik	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Pembahasan.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Metodologi Penelitian.....	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1. Sistem Tenaga Listrik.....	5
2.2. Sistem Distribusi Tenaga Listrik.....	6
2.2.1. Sistem Distribusi Primer (<i>Jaringan Tegangan Menengah</i>)	7
2.2.2. Sistem Distribusi Sekunder (<i>Jaringan Tegangan Rendah</i>).....	7
2.3. Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik.....	7
2.3.1. Sistem Jaringan Distribusi Radial.....	8
2.3.2. Sistem Jaringan Distribusi <i>Loop (Lingkaran)</i>	8
2.3.3. Sistem Jaringan Distribusi <i>Grid</i> atau <i>Mesh</i>	9
2.4. Analisa Aliran Daya Jaringan	10
2.4.1. Daya Dalam Sistem Tenaga	10
2.4.1.1. Daya Nyata (<i>Real Power</i>).....	10
2.4.1.2. Daya Reaktif (<i>Reactive Power</i>)	11
2.4.1.3. Daya Semu (<i>Apparent Power</i>).....	11
2.4.2. Daya Reaktif dan Faktor Daya (<i>Power Factor</i>).....	11
2.5. Naik Turunnya Tegangan	13

2.6. Static Synchronous Compensator (<i>STATCOM</i>).....	14
2.7 Prinsip Kerja Statcom.....	15
2.8 Tegangan Dip (<i>Voltage Dip</i>).....	17
2.8.1 Perhitungan Nilai <i>Voltage Sag</i> Dalam Sistem.....	19

BAB III Analisa Profil Tegangan Dalam Sistem Tenaga Setelah Pemasangan Pengendali Statcom Pada G.I Kebonagung

3.1. Single Line G.I. Kebonagung	20
3.2. Software PSCAD/EMTDC V 4.2 Power Simulation.....	21
3.3. Memulai PSCAD/EMTDC Power Simulation	22
3.4. Sistem Pengendalian PWM Sinusoida	24
3.4.1. PWM Sinusoida.....	24
3.4.2. Aksi Kontrol PWM Sinusoida Terhadap STATCOM.....	25
3.5. Aksi Kontrol Proporsional Integral (PI).....	25
3.5.1. Umum.....	25
3.5.2. Prinsip-prinsip Pengendalian Proses.....	27
3.5.3. Prinsip Kerja Pengendali	27
3.5.4. Pengendali Proporsional (<i>Proporsional Controller</i>)	28
3.5.5. Pengendali Integral (<i>Integral Controller</i>)	30
3.5.6. Pengendali Proporsional Integral (<i>PI Controller</i>)	31
3.6. Kompensasi STATCOM Pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik	32
3.6.1. Input Data Pengendali STATCOM.....	34
3.7. Flowchart Hasil Simulasi Menggunakan Software PSCAD /EMTDC	35
3.7.1. Flowchart Penyelesaian Masalah.....	35
3.7.2. Flowchart Desain Rangkaian Kontrol PWM.....	36

BAB IV HASIL DAN ANALISA HASIL

4.1. Single Line Sistem distribusi G.I. Kebonagung Dalam Software PSCAD Power Simulation	37
4.2. Data Sistem Distribusi Pada PT. PLN (PERSERO) Malang.....	38
4.3. Reduksi Voltage Dip/Sag Pada Software PSCAD/EMTDC V 4.2 Power Simulation	39
4.4. Hasil Reduksi Voltage Dip Akibat Gangguan Hubung Singkat Menggunakan STATCOM	39

4.4.1. Hasil perhitungan Dan Simulasi Sebelum Kompensasi	
STATCOM	39
4.4.1.1. Sistem Sebelum Mengalami Gangguan	39
4.4.1.2. Sistem Setelah Mengalami Gangguan	40
4.4.2. Hasil Perhitungan dan Simulasi Setelah Kompensasi	
STATCOM	42
4.4.3. Perbandingan Nilai Hasil Simulasi Sebelum dan Sesudah	
Kompensasi.....	44
4.4.3.1. Perbandingan Tegangan Dengan dan Tanpa	
STATCOM.....	44
4.5. Analisa Hasil	45
BAB V PENUTUP	
5.1. Kesimpulan	49
5.2. Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
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	8
Gambar 2.4: Jaringan Tegangan Menengah Struktur <i>Loop</i> yang dipasok dari satu sumber.....	9
Gambar 2.5: Jaringan Tegangan Menengah Struktur <i>Mesh</i>	9
Gambar 2.6: Segitiga Daya	10
Gambar 2.7: Sistem Distribusi Primer	12
Gambar 2.8: Struktur dari statcom.....	14
Gambar 2.9: Rangkaian Daya.....	15
Gambar 2.10: Rangkaian Ekuivalen	16
Gambar 2.11: Diagram garis dari STATCOM dan diagram blok sistem kontrolnya.....	16
Gambar2.12 :Ilustrasi Voltage Dip.....	18
Gambar 2.13: Gambaran Terjadinya <i>Voltage Sag/Dip</i>	18
Gambar 2.14: Model pembagi tegangan untuk <i>voltage sag/dip</i>	19
Gambar3.1: Sistem Distribusi 20 kV pada G.I. Kebonagung.....	20
Gambar3.2:Tampilan utama <i>Software PSCAD/EMTDC Power Simulation</i>	22
Gambar3.3:Tampilan <i>Master Library</i>	23
Gambar3.4: Tampilan Modul utama.....	23
Gambar3.5: Tampilan <i>Single Line</i> Distribusi Tenaga Listrik G.I Kebonagung Dalam <i>PSCAD</i>	24
Gambar3.6: Kontroller dan Diagram Kotaknya.....	28
Gambar3.7: Diagram Blok Kontroller Proporsional.....	28
Gambar3.8: Response Sebuah pengendali Proporsional.....	29
Gambar3.9: Blok Diagram Kontroller Integral.....	31
Gambar3.10: Diagram Kotak Pengendali PI.....	31
Gambar 3.11:Hubungan <i>Input Output</i> Pengendali PI dalam Fungsi Waktu.....	32
Gambar 3.12: (a)Rangkaian Pengendali PI untuk Mengendalikan STATCOM	

(b) Rangkaian PWM untuk Mengendalikan STATCOM

(c) Rangkaian Sinyal Komparator Untuk Mengendalikan STATCOM

.....34

Gambar3.13: *Flowchart* Penyelesaian Masalah 35

Gambar3.14: *Flowchart* Desain Control STATCOM Menggunakan

PSCAD/EMTDC 36

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1: Data Beban Pada Masing-masing Penyulang G.I Kebonagung.....	38
Tabel 4.2: Hasil Nilai Keluaran Tegangan Saat Terjadi <i>Voltage Dip</i> Tanpa Kompensasi <i>STATCOM</i>	41
Tabel 4.3: Hasil Nilai Keluaran Tegangan Saat Terjadi <i>Voltage Dip</i> Akibat Gangguan Tiga Fasa Simetris Tanpa Kompensasi <i>STATCOM</i>	43
Tabel 4.4: Perbandingan Hasil Nilai Tegangan Saat Terjadi <i>Voltage Dip</i> Dengan Kompensasi dan Tanpa Kompensasi <i>STATCOM</i>	44
Tabel 4.5: Prosentase V_{optimasi}	48

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1: Bentuk Gelombang Tegangan Normal.....	39
Grafik 4.2 : Bentuk Gelombang Tegangan Ketika Terjadi voltage Dip Akibat Tanpa Kompensasi	40
Grafik 4.3 : Bentuk Gelombang Tegangan Ketika Terjadi voltage Dip Setelah Kompensasi.....	42
Grafik 4.4 : Grafik Tegangan Sebelum Kompensasi dan Setelah Kompensasi.....	45

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL



MALANG

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu dari kebutuhan yang utama dalam sistem distribusi adalah untuk menjaga tegangan tidak melewati batas operasi yang ditetapkan sampai pada pelanggan. Perubahan apapun pada bentuk sistem atau permintaan daya dapat mengakibatkan tingginya atau rendahnya tegangan didalam sistem. Pemanfaatan secara umum bentuk energi ini oleh masyarakat dapat dibantu dengan sistem distribusi yang efektif.

Salah satu permasalahan gangguan dalam sistem distribusi tenaga listrik adanya *voltage dip*, dimana *voltage dip* ini didefinisikan sebagai penurunan besaran tegangan efektif (rms) pada frekuensi daya antara 0,1 sampai 0,9 pu selama durasi waktu dari 0.5 *cycles* hingga 1 menit. Penyebab dari tegangan dip adalah akibat dari gangguan hubung singkat, pengasutan motor berkapasitas besar, perubahan beban yang berlebihan / diluar batas dari kemampuan sistem daya. (R.C Dugan, 1996).

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

Sehubungan dengan itu perlu adanya analisa yang akurat mengenai pengaruh gangguan pada tegangan tersebut, walaupun nilainya relative kecil dan waktunya temporer namun ini mengganggu kontinuitas dan mempengaruhi kualitas daya ke konsumen. Dalam kaitan dengan perkembangan pesat industri elektronika daya, sejumlah besar semikonduktor dengan kapasitas daya yang tinggi tersedia untuk aplikasi sistem tenaga. *FACTS* device yang menggunakan komponen elektronika daya terbaru dan metode kendali untuk mengontrol sisi tegangan tinggi pada jaringan sistem tenaga listrik. Maka dari itu perlu adanya pengontrolan dan analisa yang tepat tentang pengaruh gangguan tersebut supaya bisa digunakan sebagai acuan untuk menjaga keandalan penyaluran tenaga listrik di masa mendatang.

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

Dalam aplikasinya Gardu Induk Kebonagung merupakan gardu induk konvensional yang dimana semua peralatan tegangan tingginya berada diluar ruangan (outdoor) dan hanya beberapa peralatan yang didalam ruangan seperti, panel control, panel rele, dll. Di GI Kebonagung menggunakan system double busbar, hal ini dikarenakan system double busbar jauh lebih handal karena system double busbar mendapat suplai dari busbar (line) yang berbeda. System double busbar ini sangat baik ketika terjadi gangguan, pemeliharaan dan manuver beban sebab suplai tidak akan terputus karena suplai lainnya masih dapat mensuplai. Pada gardu induk kebonagung mempunyai 5 buah trafo yaitu, 3 buah trafo IBT (Inter Bus Transformer) dan 2 buah trafo distribusi yang berfungsi untuk mensuplai kebutuhan pelanggan. Gardu Induk Kebonagung juga melayani pelanggan JTM (20 kV), yaitu : Trafo 4 yang didistribusikan menuju : Klayatan, Gadang, Pakisaji, Janti, Kol. Sugiono, MUG, Wagir dan Bumiayu sedangkan Trafo 5 yang didistribusikan menuju : MATOS, Sitirejo dan Karang Duren

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah diuraikan diatas, maka rumusan masalah dalam proposal skripsi ini adalah :

1. Bagaimana melakukan pemodelan Static Synchronous compensator (STATCOM) dalam PSCAD ?
2. Bagaimana dengan performa sebuah sistem tenaga setelah pemasangan statcom untuk mengurangi gangguan-gangguan yang terjadi ?

Dari permasalahan diatas maka skripsi ini berjudul :

“Mengatasi Voltage Dip Pada G.I Kebonagung Dengan Menggunakan Pengendali Statcom”.

1.3 Tujuan Pembahasan

Tujuan dari makalah skripsi ini yakni menganalisa pemasangan STATCOM untuk perbaikan Voltage Dip di G.I Kebonagung dengan menggunakan software PSCAD Power Station .

1.4 Batasan Masalah

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

- a. Simulasi dari rangkaian single line diagram dengan menggunakan *software PSCAD* untuk menganalisa seberapa besar gangguan yang terjadi.
- b. Sistem kelistrikan yang dibahas adalah sistem kelistrikan sebelum dan setelah pemasangan statcom.
- c. Analisa dilakukan hanya sebatas pengkajian beban yang telah ada.

1.5 Metode Penelitian

Metode yang digunakan untuk mendapatkan data yang dibutuhkan antara lain :

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. Bentuk data yang digunakan adalah :

- a. Data Kuantitatif, yaitu data yang dapat dihitung atau data yang berbentuk angka yaitu beberapa data saluran dan pembebanan.
- b. Data Kualitatif, yaitu data yang berbentuk diagram. Dalam hal ini *Single Line Diagram*.

3. Melakukan analisis berdasarkan hasil simulasi program PSCAD :

- a. Analisis gangguan yang timbul akibat gangguan 3 fasa ke tanah.
- b. Analisis durasi / panjang penurunan tegangan yang terjadi pada sistem akibat gangguan 3 fasa ke tanah.

- c. Analisis sistem pada saat terjadi adanya gangguan sebelum pemasangan statcom dan sesudah pemasangan statcom.

4. Kesimpulan dari analisa.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika Penulisan yang diuraikan dalam penyusunan skripsi ini adalah sebagai berikut :

Bab 1 : PENDAHULUAN

Dalam bab ini berisikan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

Bab 2 : LANDASAN TEORI

Dalam bab ini berisikan tentang teori-teori serta pustaka yang dipakai pada waktu penelitian. Teori-teori ini diambil dari buku literatur dan interview.

Bab 3 : METODE PENELITIAN

Berisikan tentang prosedur penelitian yang dilakukan dengan menggunakan data lapangan dan melakukan analisa menggunakan software PSCAD.

Bab 4 : HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan berisikan tentang hasil dari analisa pemasangan kendali statcom tersebut.

Bab 5 : KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini berisikan tentang kesimpulan yang didapat dari keseluruhan kegiatan perencanaan dan pengujian yang didapatkan, termasuk saran dan kritik serta petunjuk pengembangan dan penyempurnaan hasil skripsi ini.

BAB II

LANDASAN TEORI

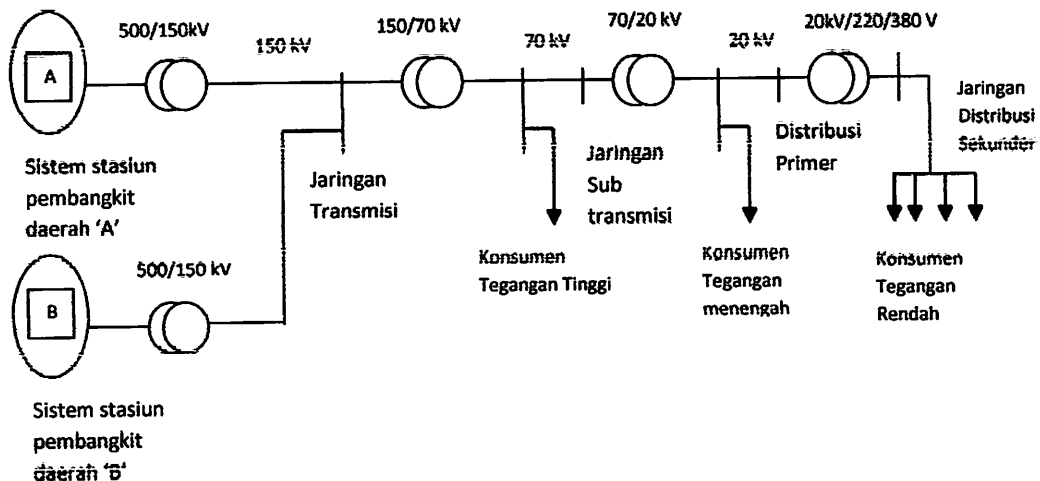
2.1 Sistem Tenaga Listrik

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.

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



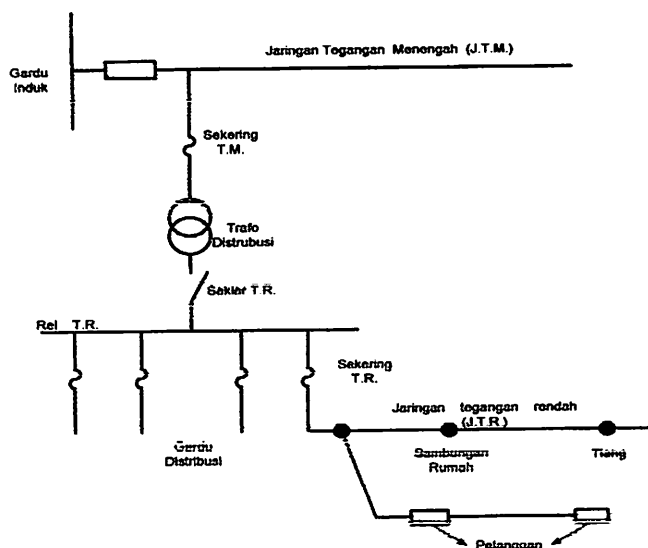
Gambar. 2.1 Skema Penyaluran Sistem Distribusi Tenaga Listrik

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

1. Sistem pembangkit 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 dan pembangkit kebagian 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 sistem tenaga listrik. Perannya mendistribusikan tenaga listrik dari gardu induk atau pembangkit tenaga ke konsumen melalui gardu distribusi. Jaringan setelah keluar dari gardu induk bisa disebut jaringan distribusi. Setelah tenaga listrik disalurkan melalui jaringan distribusi primer maka kemudian tenaga listrik diturunkan tegangannya dalam gardu-gardu distribusi menjadi tegangan rendah, kemudian disalurkan melalui jaringan tegangan rendah untuk selanjutnya disalurkan ke rumah-rumah pelanggan (konsumen) PLN melalui sambungan rumah.



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

Dalam pendistribusian tenaga listrik ke konsumen, tegangan yang digunakan bervariasi tergantung pada jenis konsumen yang membutuhkan. Untuk konsumen industri biasanya digunakan tegangan menengah 20kV sedangkan untuk konsumen perumahan digunakan tegangan rendah 220/380 Volt, yang merupakan tegangan siap pakai untuk peralatan-peralatan rumah tangga. Dengan demikian maka sistem distribusi tenaga listrik dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian sistem yaitu :

1. Sistem distribusi primer (Jaringan Tegangan Menengah)
2. Sistem distribusi sekunder (Jaringan Tegangan Rendah)

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

2.2.1 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. Oleh karena itu sering disebut dengan sistem distribusi tegangan menengah.

2.2.2 Sistem Distribusi Sekunder

Tingkat tegangan yang digunakan pada sistem distribusi sekunder adalah tegangan rendah yaitu 127/220 volt, oleh karena itu sistem distribusi ini sering disebut dengan sistem distribusi tegangan rendah.

Sistem jaringan yang digunakan untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik tersebut dapat menggunakan sistem satu fasa dengan satu kawat maupun sistem tiga fasa dengan empat kawat.

2.3 Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

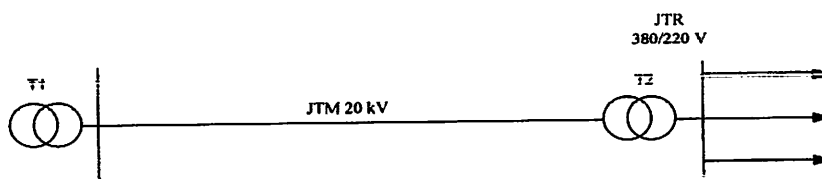
Dalam rangka mengantisipasi peningkatan kebutuhan energi listrik pada masa tertentu maka struktur jaringan harus dipertimbangkan terlebih dahulu sehingga untuk ekspansi sistem di masa yang akan datang tidak menjadi masalah.

Ada beberapa bentuk jaringan yang umum digunakan menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik yaitu :

1. Sistem jaringan distribusi radial.
2. Sistem jaringan distribusi rangkaian tertutup (*loop*).
3. Sistem jaringan distribusi mesh.

2.3.1 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*).

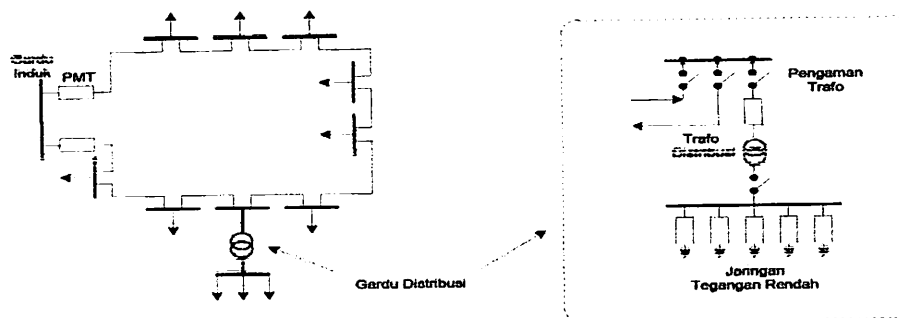


Gambar 2.3 Bentuk Sederhana dari Sistem Distribusi Radial

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 Struktur Jaringan *Loop* (Lingkaran)

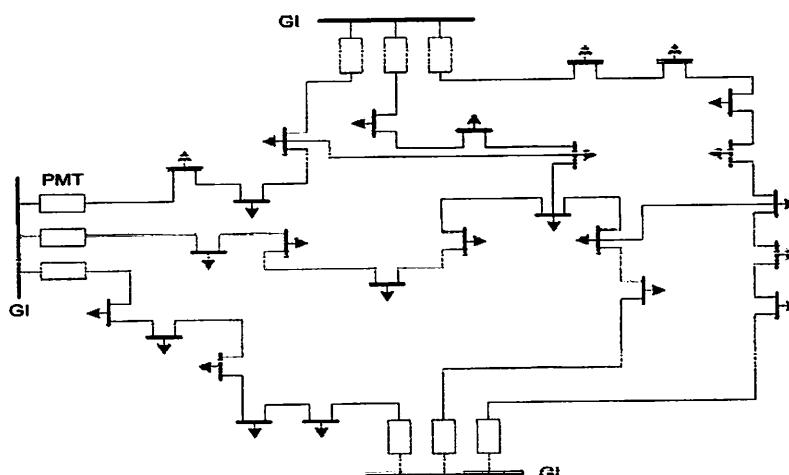
Struktur jaringan loop merupakan gabungan dari dua struktur jaringan radial. Dimana pada ujung kedua jaringannya dipasang sebuah pemutus (*Circuit Breaker*) atau pemisah (*Disconnect Switch*). Pada saat terjadi gangguan, setelah gangguan dapat diisolir, maka pemutus atau pemisah ditutup sehingga aliran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



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

2.3.3 Struktur Jaringan Grid atau *Mesh* (Anyaman)

Struktur jaringan ini merupakan kombinasi antara jaringan radial dengan jaringan 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 Analisa Aliran Daya Jaringan

Dalam melayani beban yang dibutuhkan oleh konsumen dan pengoperasian tenaga listrik perlu dilakukan suatu analisa aliran daya sehingga sistem yang dioperasikan dapat memenuhi syarat yang baik secara teknis maupun tingkat ekonominya. Dalam analisa aliran daya dilakukan perhitungan-perhitungan terhadap tegangan, arus, daya aktif, reaktif, dan sudut fasa yang terdapat dalam berbagai titik pada saluran distribusi tenaga listrik.

Tujuan dari analisa daya adalah :

1. Untuk mengetahui keadaan tegangan pada setiap node dari sistem tenaga.
2. Untuk mengetahui besarnya daya yang mengalir pada setiap saluran dari struktur jaringan.
3. Untuk mengetahui besar rugi-rugi daya yang mengalir pada setiap saluran.

2.4.1 Daya Dalam Sistem Tenaga

Dalam sistem tenaga listrik, pembangkit-pembangkit tenaga listrik harus mampu menyediakan tenaga listrik kepada pelanggan sesuai dengan permintaan beban listrik yang ada, dan hal yang harus diperhatikan adalah sistem yang tetap (konstan). Dalam hal ini tegangan dan frekuensi harus tetap konstan karena berhubungan dengan daya

Daya listrik yang dibangkitkan dikenal dengan istilah :

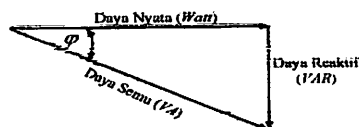
2.4.1.1. Daya Nyata (*Real Power*)

Daya nyata dinyatakan dalam persamaan :

$$P = |V| |I| \cos \varphi \dots\dots\dots(2.1)$$

Daya nyata untuk beban 3 fasa seimbang

$$P = \sqrt{3} |V_{jala-jala}| |I_{jala-jala}| \cos \varphi \dots\dots\dots(2.2)$$



Gambar 2.6

Segitiga daya

2.4.1.2. Daya Reaktif (*Reactive Power*)

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

Daya reaktif dinyatakan dalam persamaan :

$$Q = |V| |I| \sin \varphi \dots\dots\dots(2.3)$$

Daya reaktif untuk beban 3 fasa seimbang :

$$Q = \sqrt{3} |V_{jala-jala}| |I_{jala-jala}| \sin \varphi \dots\dots\dots(2.4)$$

2.4.1.3. Daya Semu (*Apparent Power*)

Daya semu dinyatakan dalam persamaan :

$$S = |V| |I| \dots\dots\dots(2.5)$$

Daya semu untuk beban 3 fasa seimbang :

$$S = \sqrt{3} |V| |I| \dots\dots\dots(2.6)$$

2.4.2. Daya Reaktif dan Faktor Daya (Basri, 1997)

Setiap pemakaian daya reaktif akan menyebabkan turunnya faktor daya yang kemudian menyebabkan memburuknya karakteristik kerja peralatan-peralatan sistem pada umumnya, baik dari segi teknik operasional maupun segi ekonomisnya, faktor daya adalah perbandingan antara daya nyata dan daya semu.

$$\text{Faktor daya} = \frac{\text{Daya Nyata (kW)}}{\text{Daya Semu (kVA)}} \dots\dots\dots(2.7)$$

Untuk daya semu sendiri dibentuk oleh dua komponen daya nyata (kW) dan komponen daya reaktif (kVAR).

$$\text{Dengan faktor daya} = \cos \varphi = \frac{P}{S}$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana : $P = \text{Daya Nyata (kW)}$
 $Q = \text{Daya Semu (kVAR)}$
 $S = \text{Daya Semu (kVA)}$
 $\varphi = \text{Sudut Fasa}$

Faktor daya ($\cos\varphi$) akan mendahului (*leading*) apabila arus mendahului tegangan dan akan tertinggal (*lagging*) bila arus terbelakang terhadap tegangan. Dengan diketahui besarnya faktor daya yang terjadi maka, berdasarkan gambar diatas dapat ditentukan nilai masing-masing daya yaitusebagai berikut:

Daya semu : $S = P + jQ$ dengan satuan kVA

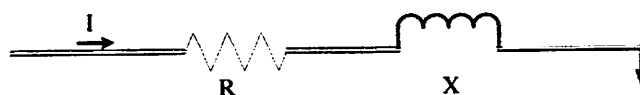
Daya nyata : $P = S \cos\varphi$ dengan satuan kW

Daya Reaktif : $Q = S \sin\varphi$ dengan satuan kVar

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

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

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



Gambar 2.7 Saluran Distribusi Primer

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

$$P_L = I^2 R$$

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

Dimana :

I adalah arus dengan satuan Ampere (A)

R adalah tahanan dengan satuan Ohm (Ω)

Dalam hubungan segitiga daya rumus ini mengacu pada gambar 2.6

2.5 Naik Turunnya Tegangan

Bila beban yang dicatu oleh sebuah rangkaian berubah, tegangan jatuh pada saluran juga berubah. Karenanya dilihat oleh konsumen yang lain tegangan sepanjang saluran tersebut naik-turun. Bila hal ini sangat sering terjadi, perubahan-perubahan yang terus-menerus akan mengganggu konsumen. Pada pihak lain, naik-turunnya tegangan akan berpengaruh pada kerja alat-alat yang dipaka. Misalnya instalasi komputer dan catu dayanya peka terhadap naik-turunnya tegangan biasa maupun tajam. Selanjutnya pabrik-pabrik dapat terganggu bekerjanya untuk memproduksi bila ada kelengahan kerja karena adanya relay tegangan rendah.

Yang paling peka terhadap naik-turunnya tegangan adalah lampu pijar. Sinar yang dikeluarkan oleh kawat yang wolframe dari lampu sangat peka terhadap perubahan tegangan batas lampu, dan setiap perubahan pada tegangan akan kelihatan. Persoalan naik-turunnya tegangan atau berkedip sangat penting tetapi biasanya berhubungan dengan beban yang tidak normal pada sistem daya. Secara teknis, kedua persyaratan terakhir dapat dipenuhi tetapi persoalannya bertambah bila masalah ekonomi ikut diperhitungkan. Sebagai contoh, nilai-nilai pengaturan yang diberikan di apendiks 2 adalah untuk sebuah pengaturan yang maximumnya tidak dibedakan. Bagaimanapun juga, harga pengaturan untuk tiap-tiap beban dengan bermacam-macam faktor daya dapat diperoleh dengan menggunakan rumus pengaturan tegangan dibawah ini :

$$\text{Pengaturan Tegangan} = (V_S - V_R / V_R) \times 100\%$$

Keterangan : V_S = Tegangan Sumber

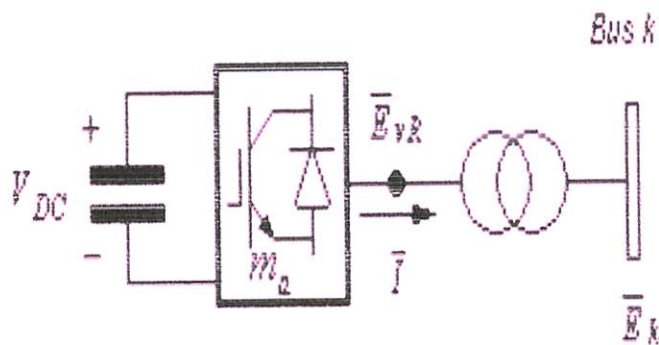
V_R = Tegangan Keluaran

Adapun tiga syarat utama untuk pengaturan tegangan secara umum :

1. Tegangan tidak boleh naik-turun sangat besar atau berkedip.
2. Tegangan harus mendekati tingkat optimum tertentu.
3. Penyebaran tegangan tidak boleh lebih dari batas yang sudah ditentukan.

2.6 Static Synchronous Compensator (STATCOM)

Pada dasarnya STATCOM merupakan suatu perangkat FACTS berbasis pada inverter AC/DC yang terhubung pada jaringan tenaga listrik secara paralel. Inverter pada STATCOM terdiri – dari 2 jenis, yaitu Voltage Source Inverter (VSI) dan Current Source Inverter (CSI). VSI topologinya lebih dominan dalam pengontrolan daya reaktif yang saat ini telah banyak dipakai dalam kontrol daya reaktif pada sistem transmisi. Synchronous statis kompensator (STATCOM) adalah salah satu perangkat fakta kunci. Berdasarkan sebuah konverter tegangan bersumber, STATCOM dengan mengatur tegangan sistem dengan menyerap atau menghasilkan daya reaktif. Bertentangan dengan berbasis thyristor Var Compensator statis (SVC), STATCOM arus keluaran (induktif atau kapasitif) dapat dikontrol independen dari tegangan sistem AC. Statcom terdiri-dari beberapa bagian yaitu VSC (Voltage Source Converter), menghasilkan tegangan ac tiga phase. Tegangan dc disediakan oleh kapasitor penyimpanan energi.



Gambar 2.8 Struktur dari statcom

STATCOM dapat meningkatkan kemampuan sistem tenaga pada beberapa bagian yaitu :

1. Kontrol tegangan dinamik pada sistem distribusi dan transmisi.
2. Meredam osilasi daya pada sistem transmisi daya.
3. Stabilitas transient.
4. Kontrol kedip tegangan.

Jadi pengaruh dari statcom adalah untuk mengurangi aliran daya reaktif dalam jaringan sehingga daya reaktif yang berasal dari sistem menjadi :

$$Q_2 (\text{total}) = Q_1 (\text{beban}) - Q_{\text{statcom}}$$

Q_{statcom} adalah daya reaktif yang dibangkitkan oleh statcom. Keuntungannya adalah :

1. Arus I berkurang dan karenanya kerugian $I^2 R$ berkurang

$$I = \sqrt{P^2 + (Q_{\text{beban}} - Q_{\text{statcom}})^2} / V$$

2. % kenaikan tegangan

$$\% \text{ kenaikan tegangan} = \frac{Q_{\text{statcom}} X}{10V^2}$$

$$Q_{\text{statcom}} = \text{kVAR}$$

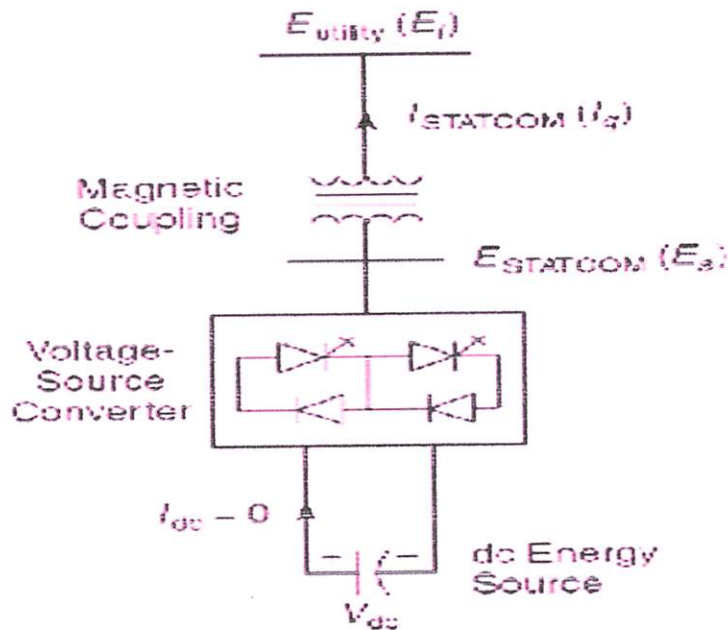
$$X = \text{Reaktansi Jaringan (ohm)}$$

$$V = \text{Tegangan Nominal}$$

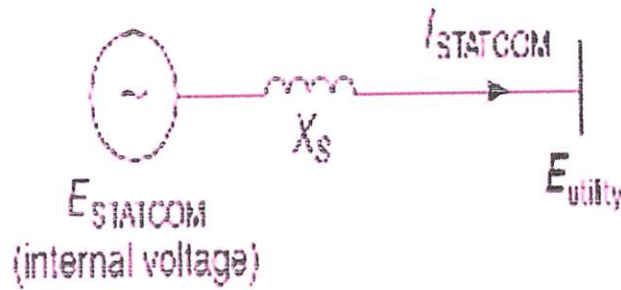
Karena arus berkurang untuk suatu daya (Kw), maka jaringan maupun trafo – trafo distribusi agak berkurang beban Kva-nya. Jadi dengan demikian perbaikan tegangan secara tidak langsung dapat meningkatkan kemampuan suplai permintaan daya yang lebih tinggi.

2.7 Prinsip Kerja Statcom

STATCOM mengontrol sumber daya reaktif. STATCOM dipasang dengan maksud untuk membangkitkan dan menyerap daya reaktif yang artinya proses secara elektronika dari gelombang arus dan tegangan pada VSC (Voltage Source Converter). Diagram single line STATCOM ditunjukkan pada gambar 2.9 dimana VSC dihubungkan dengan bus utility. Pada gambar 2.10 statcom diletakkan pada pengatur sumber tegangan sebelum reaktansi.

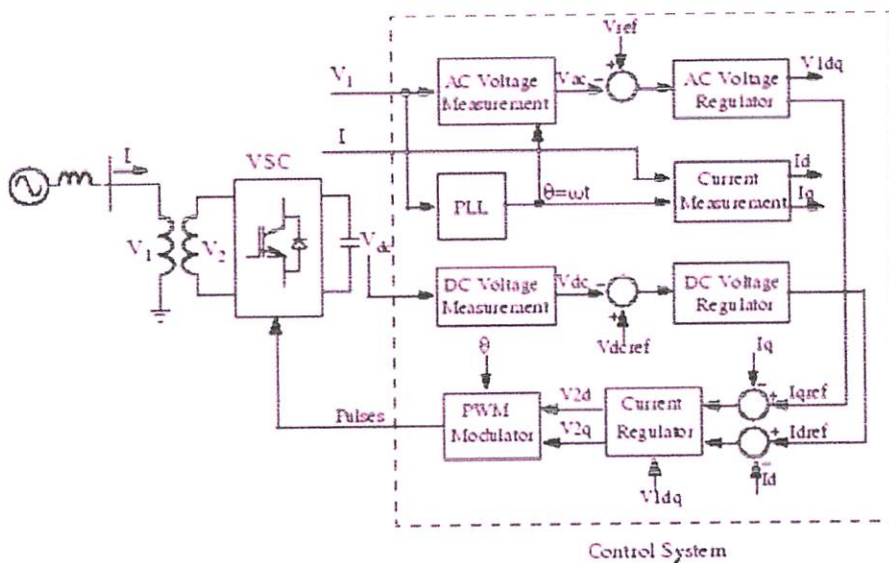


Gambar 2.9 Rangkaian Daya



Gambar 2.10 Rangkaian Ekuivalen

Grafik perubahan daya reaktif diantara konverter dan sistem ac yang dapat dikontrol dengan amplitudo yang bervariasi dari keluaran tegangan tiga phase, E_s , pada konverter, dapat dilihat pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 Diagram garis dari STATCOM dan diagram blok sistem kontrolnya

Sistem kontrol dari STATCOM terdiri – dari Phase-Locked Loop (PLL) yang disinkronkan dengan komponen urutan positif dari tegangan primer tiga fasa V_1 . Keluaran dari PLL (sudut = t) digunakan untuk menghitung komponen direct-axis dan quadrature axis dari arus tegangan ac tiga fasa (dilambangkan sebagai V_d , V_q atau I_d , I_q pada diagram). Sistem pengukuran mengukur komponen d dan q dari arus dan tegangan urutan positif ac untuk dikontrol sebaik tegangan dc V_{dc} . Keluaran loop regulasi terdiri – dari regulator tegangan AC dan regulator tegangan DC. Keluaran dari regulator tegangan ac adalah arus referensi I_{qref} untuk regulator arus (I_q = arus sefasa dengan tegangan yang mengontrol aliran

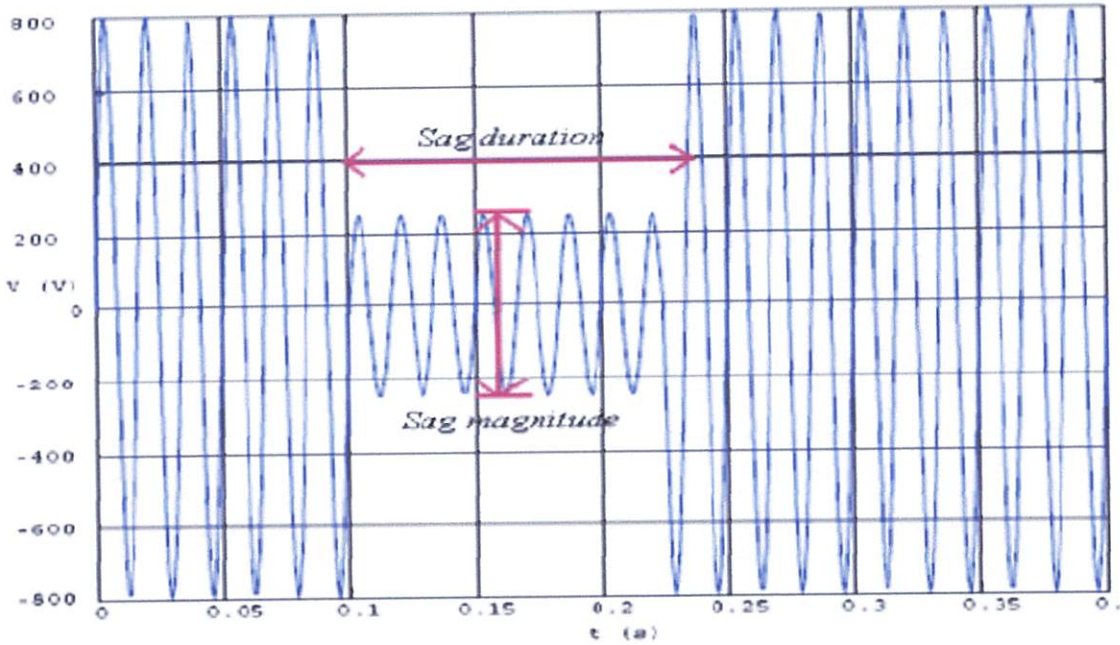
daya reaktif). Keluaran dari regulator tegangan dc adalah arus referensi I_{dref} untuk regulator arus (I_d = arus sefase dengan tegangan yang mengontrol aliran daya aktif). Masukan loop regulasi arus terdiri – dari regulator arus. Regulator arus mengontrol magnitude dan fase dari tegangan yang dibangkitkan oleh PWM konverter (V_{2d} , V_{2q}) dari arus referensi I_{dref} dan I_{qref} yang dihasilkan oleh regulator tegangan DC dan AC (dalam model kontrol tegangan). Regulator arus dinilai oleh regulator tipe feed forward yang memprediksikan keluaran tegangan V_2 (V_{2d} , V_{2q}) dari pengukuran V_1 (V_{1d} , V_{1q}) dan transformer leakage reactance.

2.8 Tegangan Dip (*Voltage Dip*) (R.C Dugan, 1996)

Kualitas daya listrik (*power quality*) merupakan syarat yang harus dipenuhi agar peralatan listrik dapat berfungsi dengan benar. Jika kualitas daya tidak terpenuhi maka dapat menyebabkan kerusakan peralatan tersebut misalnya disebabkan karena adanya tegangan dip. Tegangan dip dapat terjadi pada suatu sistem distribusi tenaga listrik akibat adanya gangguan hubung singkat.

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

1. Starting beban-beban yang besar seperti motor listrik, dimana hal ini akan menghasilkan perubahan yang cepat dari tegangan.
2. Saat de-energisasi kapasitor
3. Gangguan hubung singkat
4. Pengoperasian pemanas elektrik
5. Gangguan kenaikan impedansi sumber
6. Umumnya karena adanya kehilangan koneksi



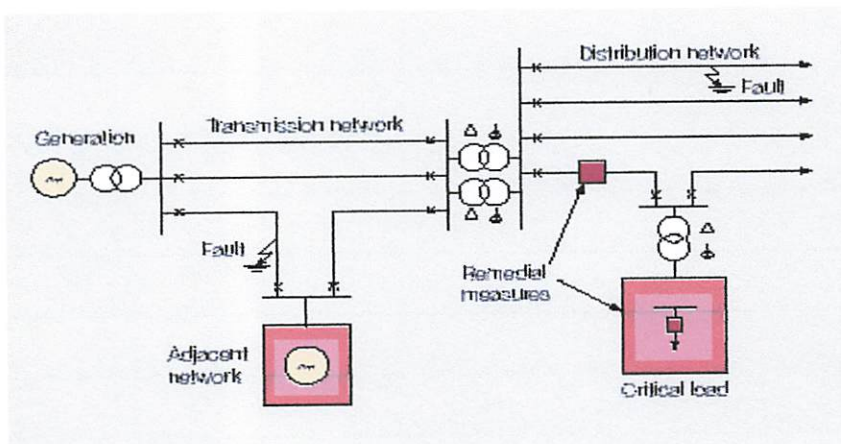
Gambar 2.12

Ilustrasi Voltage Dip

Besaran *voltage sag / dip* tergantung pada :

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

Terjadinya *Voltage Sag* akibat *fault* dapat diilustrasikan pada Gambar 2.13

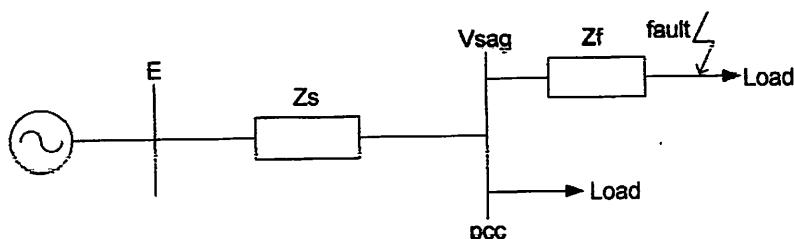


Gambar 2.13

Gambaran terjadinya *voltage sag/dip*

2.8.1 Perhitungan Nilai *Voltage Sag* dalam Sistem

Untuk menghitung besaran *voltage sag* pada sistem dapat dilihat pada contoh model yang ditunjukkan pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14

Model pembagi tegangan untuk *voltage sag/dip*

Dari gambar 2.14 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:
$$Vsag = \frac{Z_F}{Z_s + Z_F} \dots\dots\dots 2.10$$

Persamaan 2.16 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:
$$Vsag = \frac{zL}{Z_s + zL} \dots\dots\dots 2.11$$

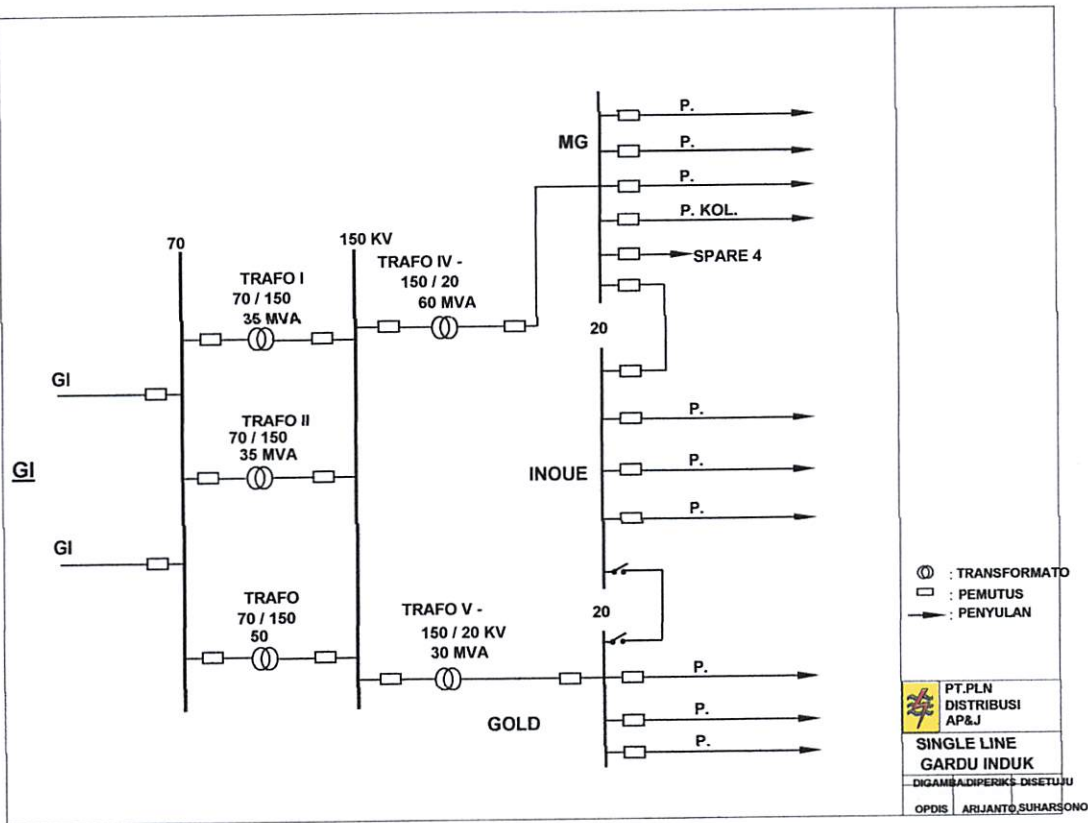
Tegangan dip berbeda dengan tegangan kurang (*under voltage*). Durasi tegangan kurang adalah lebih dari 1 menit dimana dapat dikontrol oleh peralatan regulasi tegangan dan disebabkan oleh sebab lain dari gangguan sistem. Oleh karena itu tegangan kurang dikelompokkan sebagai variasi tegangan durasi panjang.

BAB III

Analisis Profil Tegangan Dalam Sistem Tenaga Setelah Pemasangan Pengendali Statcom Pada G.I Kebonagung

3.1. Single Line G.I. Kebonagung

Untuk mensimulasi sistem dalam *software PSCAD Power Simulation* maka terlebih dahulu digambarkan rangkaian distribusi tersebut ke dalam lembar kerja pada *software* kemudian disimulasi sesuai dengan urutan langkah kerja dan menganalisa hasilnya. Berikut adalah gambar *single line* G.I. Kebon Agung yang digunakan sebagai penelitian dalam penggunaan STATCOM untuk mereduksi *voltage dip* akibat gangguan hubung singkat .



Gambar 3.1

Sistem Distribusi 20 kV pada G.I. Kebonagung

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

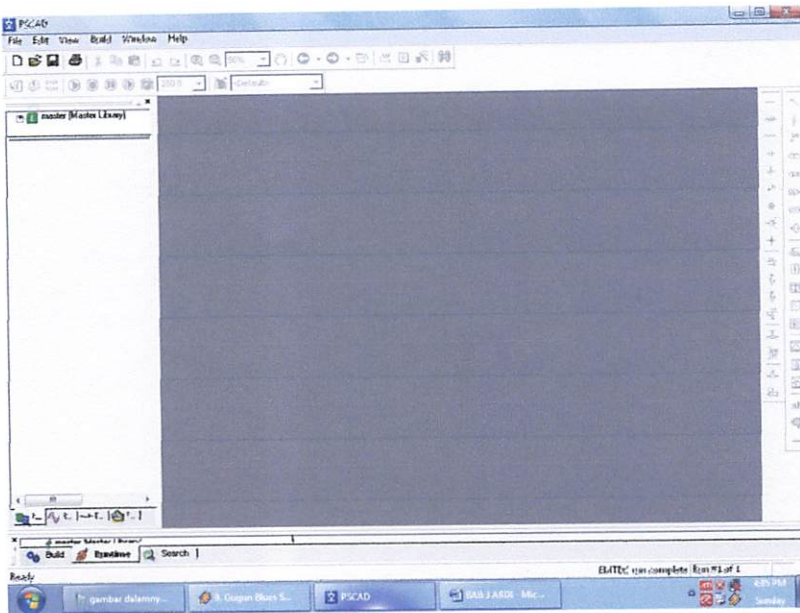
PSCAD (*Power System CAD*) adalah *graphical user interface* yang sangat baik dan fleksibel. PSCAD memungkinkan pengguna menggambar mengkonstruksi sebuah rangkaian, menjalankan sebuah simulasi, analisa hasil dan manajemen data terintegrasi secara lengkap. Penggambaran, pengontrolan dan pengukuran juga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

3.3. Memulai PSCAD/EMTDC Power Simulation

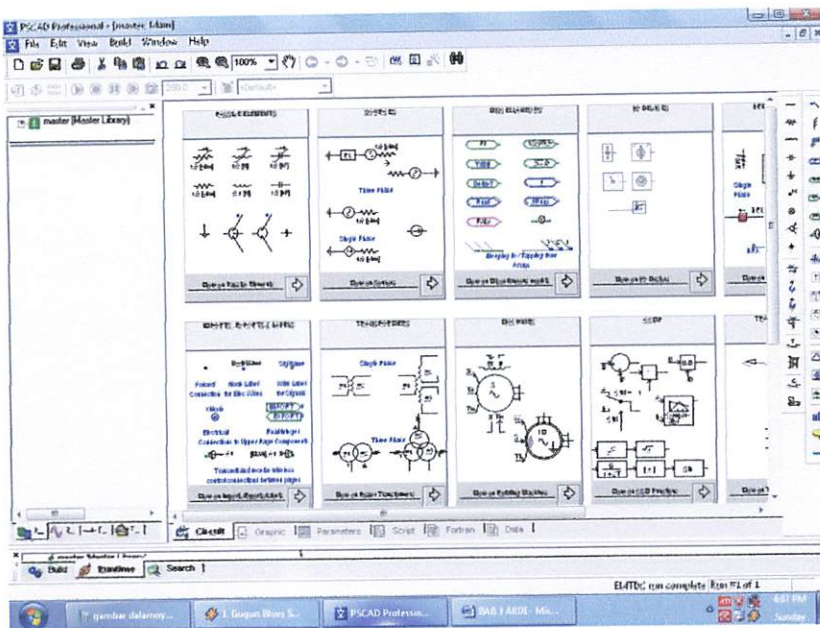
Tampilan Utama PSCAD Power Simulation adalah sebagai berikut :



Gambar 3.2

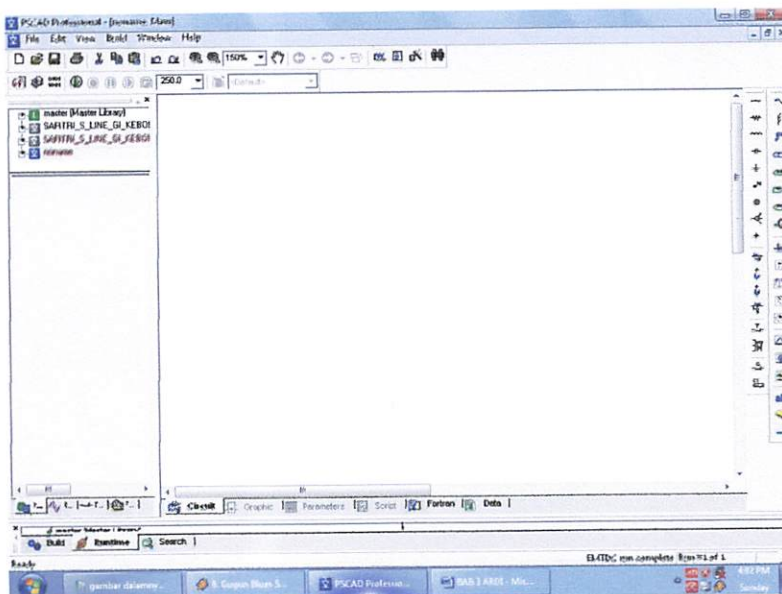
Tampilan utama Software PSCAD/EMTDC Power Simulation

- 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.



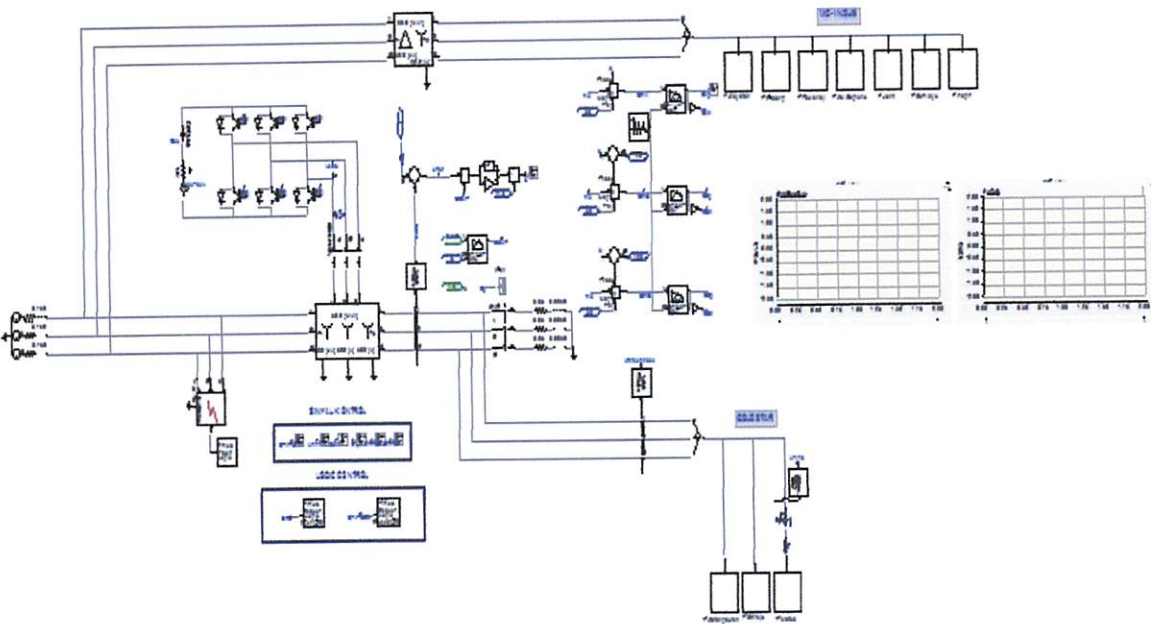
Gambar 3.3 Tampilan *Master Library*

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



Gambar 3.4 Tampilan Modul Utama

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



Gambar 3.5 Tampilan *Single Line* Distribusi Tenaga Listrik GI Kebon Agung

Dalam *PSCAD*

3.4. Sistem Pengendalian PWM Sinusoida

3.4.1. PWM Sinusoida

Gelombang sinusoidal pada tiga VSC dikendalikan dengan teknik PWM. Rencana Kendali berdasarkan PWM berkenaan dengan STATCOM diterangkan pada bagian ini. Rencana Kendali untuk *Harmonic Filter* (HF) mengikuti prinsi yang sama. Tujuan rencana kendali adalah untuk memelihara *magnitude* tegangan konstan suatu beban sensitif. Sistem kendali mengukur tegangan rms di titik beban tidak dibutuhkan pengukuran daya reaktif. Strategi penyakelaran VSC adalah didasarkan pada suatu teknik PWM sinusoidal, yang sederhana dan memberikan respon yang baik. Metode PWM menawarkan suatu pilihan yang lebih fleksibel. Suatu sinyal error diperoleh dengan membandingkan tegangan acuan dengan tegangan rms pengukuran di titik beban. pengontrol PI memproses sinyal error dan menghasilkan sudut penundaan yang diperlukan (δ) untuk membawa kesalahan itu menjadi nol. Dalam generator PWM, kendali sinyal sinusoidal adalah *phase-modulated* dengan cara sudut δ . Sinyal yang diatur dibandingkan dengan suatu sinyal bersegi tiga (*carrier*) dalam rangka menghasilkan sinyal penyakelaran untuk VSC. Parameter utama dalam rencana sinusoidal PWM adalah index sinyal amplitudo modulasi (m_a) pada sinyal $V_{control}$, dan sinyal segi tiga pada index modulasi frekuensi (m_f). Index Amplitudo M_a dipertahankan tetap pada 1 pu, dalam hal memperoleh komponen dasar tagangan tinggi pada pengontrol keluaran.

frekwensi *Switching* ditetapkan pada 450 Hz, $M_f = 9$, dan kasus pengujian dilakukan pada jaringan yang stabil. Sudut modulasi diterapkan pada pembangkit sinyal PWM pada fasa A. untuk fasa B dan C dengan pergeseran berturut-turut 120° dan 240° . Penerapan pengendalian sangat sederhana dengan menggunakan sinyal tegangan sebagai variabel umpan balik dalam perencanaan pengontrolan. Kecepatan respon dan efektifitas perencanaan pengontrolan ditunjukkan dalam hasil simulasi.

3.4.2. Aksi Kontrol *PWM* Sinusoida Terhadap *STATCOM*

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

3.5. Aksi Kontrol Proporsional Integral (PI)

3.5.1. Umum

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

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

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

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

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

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

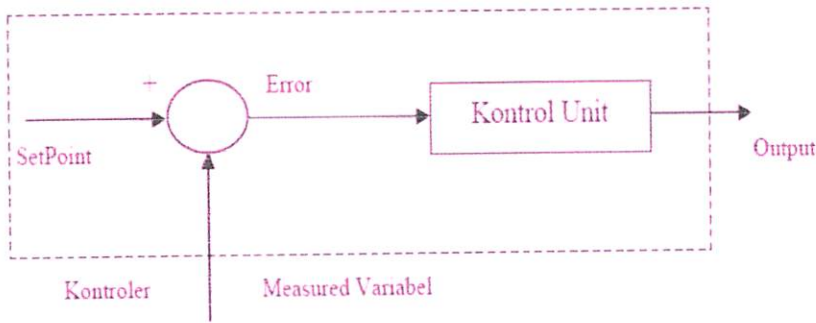
3.5.2. Prinsip-Prinsip Pengendalian Proses

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

3.5.3. Prinsip Kerja Pengendali

Ada tiga jenis pengendali kontinu, 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 kontinu terbagi dalam dua tahap, yaitu membandingkan dan menghitung.

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

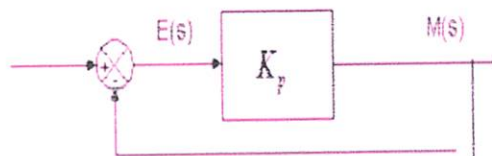


Gambar 3.6
Kontroler Dan Diagram Kotaknya

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 differensial (D).

Kontroler proporsional memiliki keluaran yang sebanding / proporsional dengan besarnya sinyal kesalahan (selisih antara besaran yang diinginkan dengan harga aktualnya). Secara lebih sederhana dapat dikatakan bahwa keluaran kontroler proporsional merupakan perkalian antara konstanta proporsional dengan masukan. Perubahan pada sinyal masukan akan segera menyebabkan sistem secara langsung mengubah keluarannya sebesar konstanta pengalinya. Gambar 3.6 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 3.7
Diagram Blok Kontroler Proporsional

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

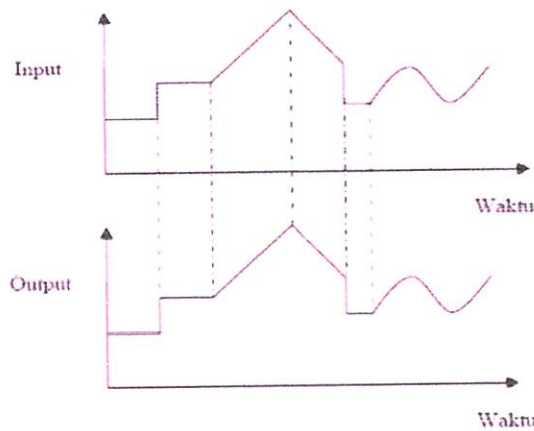
Hubungan antara pita proporsional (*PB*) dengan konstanta proporsional (*K_p*) ditunjukkan secara prosentase oleh persamaan berikut ini :

$$PB = \frac{1}{K_p} \cdot 100\%$$

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 3.8

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.

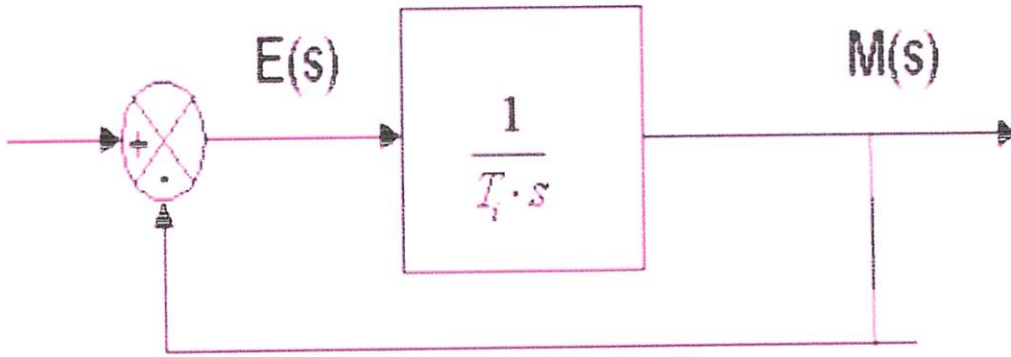
3.5.5. Pengendali Integral (*Integrator Controller*)

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.

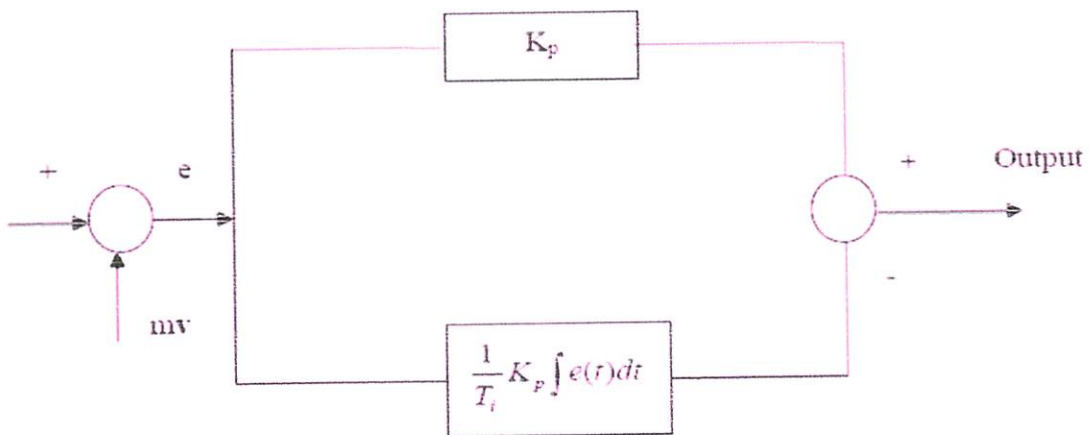


Gambar 3.9

Blok Diagram Kontroller Integral

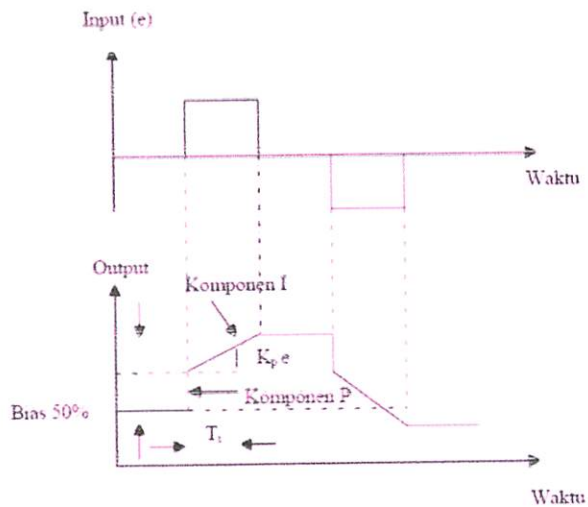
3.5.6. Pengendali Proporsional Integral (*PI Controller*)

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 3.10

Diagram Kotak Pengendali PI



Gambar 3.11

Hubungan Input-Output Pengendali PI dalam Fungsi Waktu

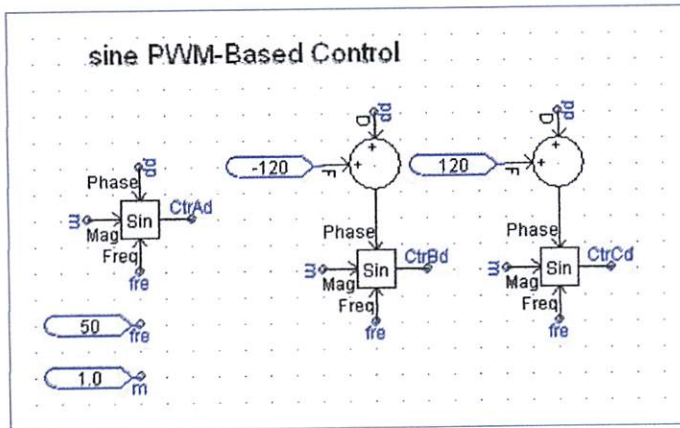
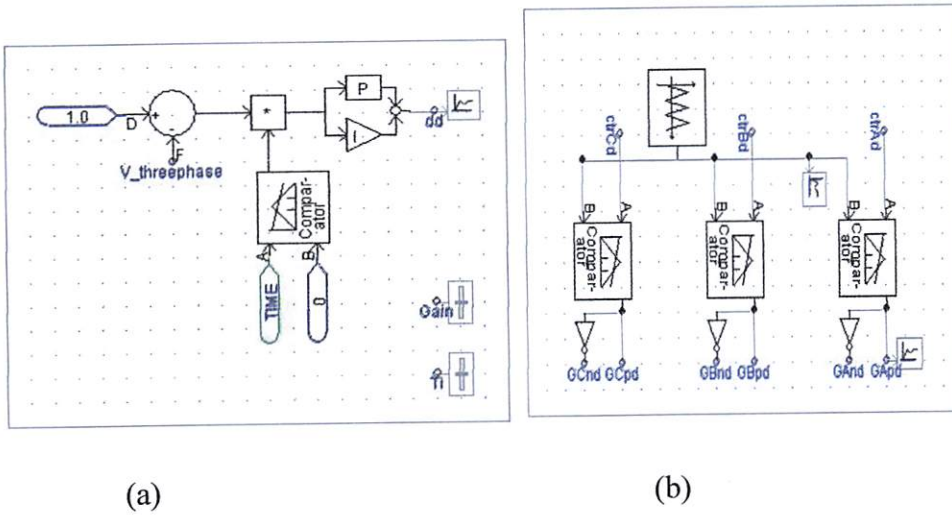
3.6. Kompensasi *STATCOM* Pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik

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

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

3.6.1. Input Data Pengendali STATCOM

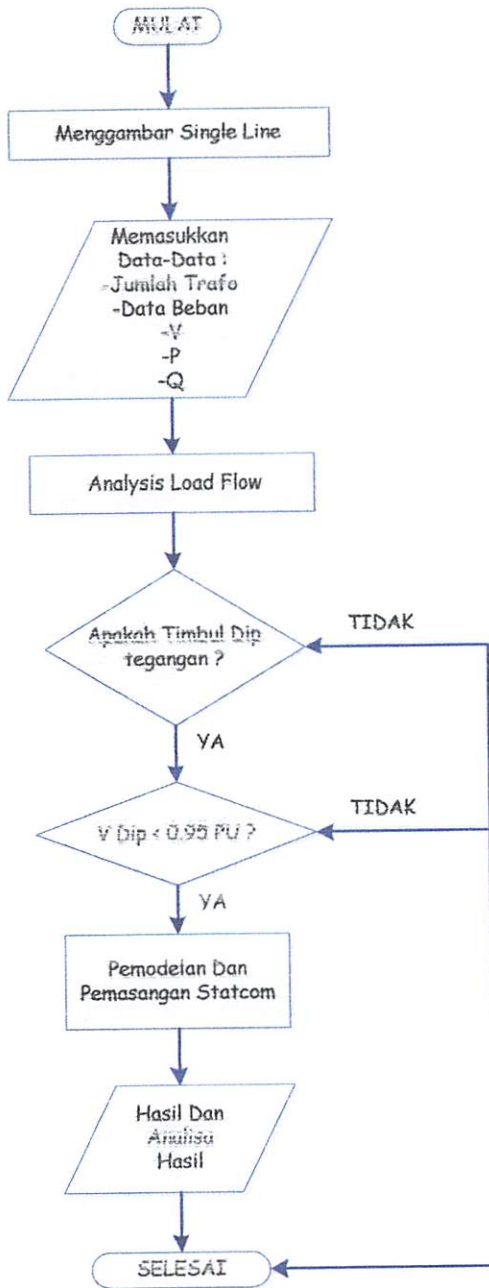


Gambar 3.12

- (a) Rangkaian Pengendali PI Untuk Mengendalikan STATCOM
- (b) Rangkaian PWM Untuk Mengendalikan STATCOM
- (c) Rangkaian Sinyal Komparator Untuk Mengendalikan STATCOM

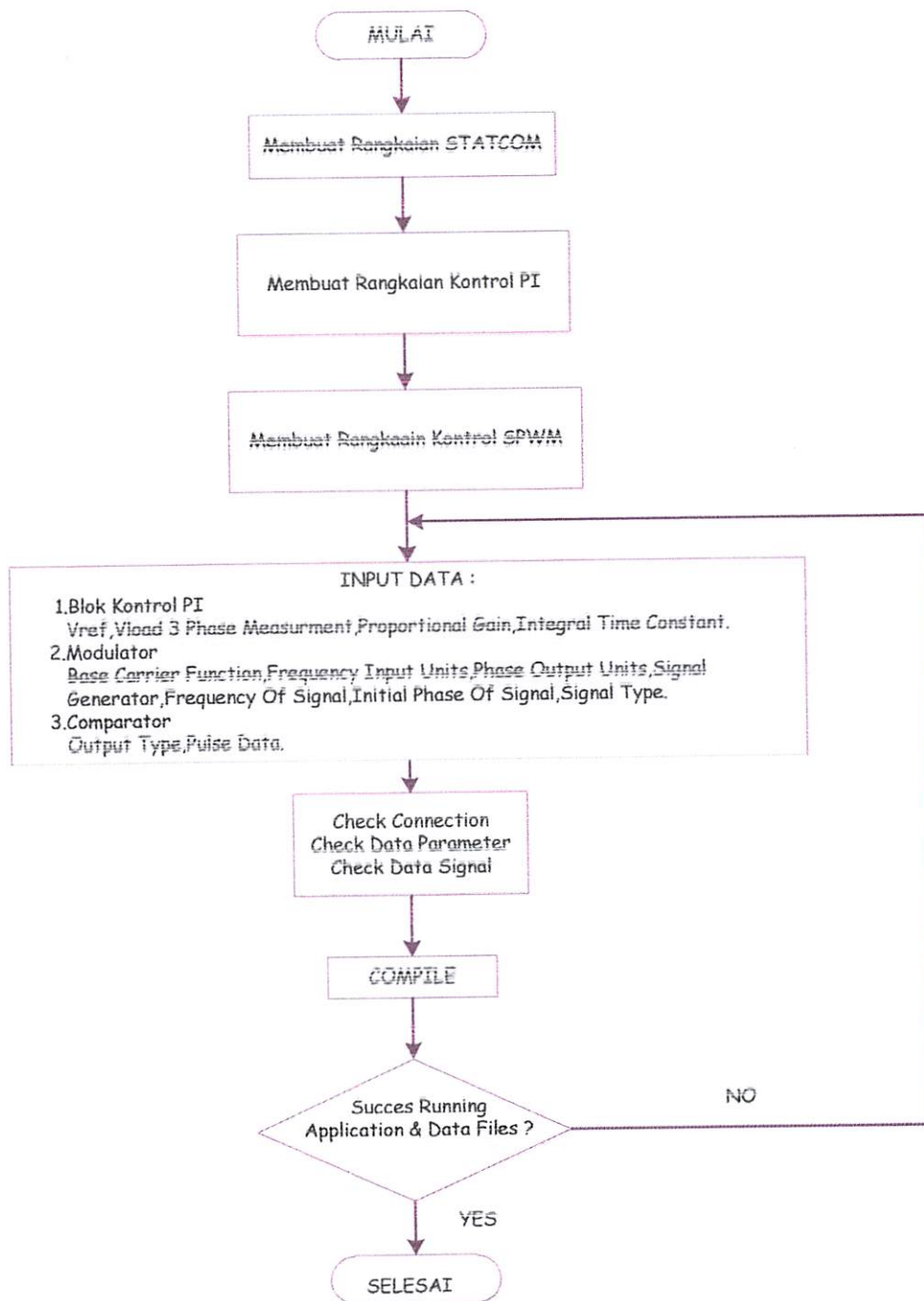
3.7. Flowchart Hasil Simulasi Menggunakan Software PSCAD/EMTDC

3.7.1. Flowchart Penyelesaian Masalah



Gambar. 3.13 Flowchart penyelesaian masalah

3.7.2. Flowchart desain rangkaian kontrol PWM



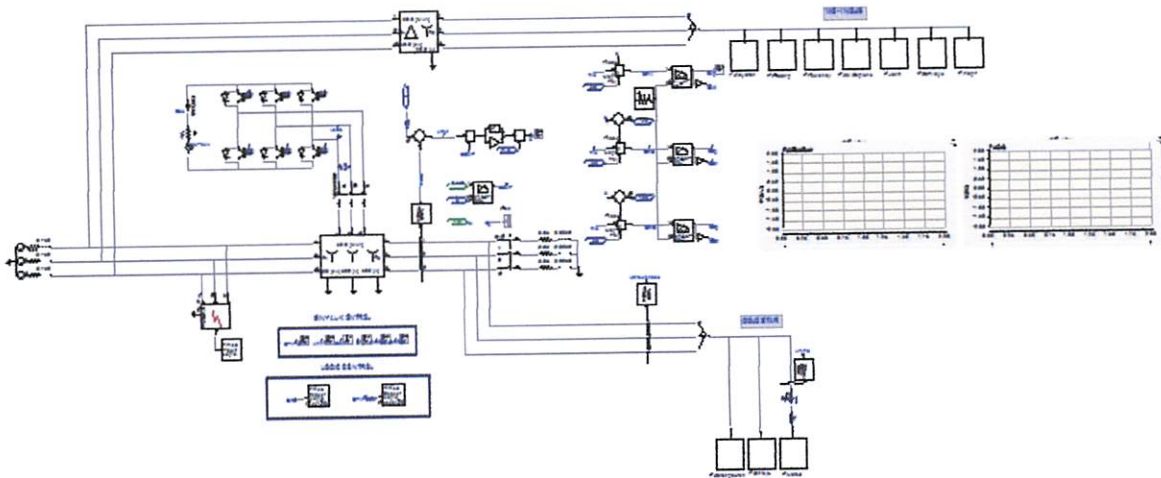
Gambar 3.14 Flowchart desain control STATCOM menggunakan PSCAD/EMTDC

BAB IV

HASIL DAN ANALISA HASIL

4.1. Single Line Sistem Distribusi G.I. Kebonagung Dalam Software PSCAD Power Simulation

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



Gambar 4.1

Sistem Distribusi G.I. Kebonagung Dalam Software *PSCAD*

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

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

Tabel 4.1

Data Beban pada masing-masing Penyulang G.I. Kebonagung

No	Gardu Induk Merk Trafo Penyulang	TEG	I Nom (Amp)	I Set (Amp)	BEBAN		PROSENTASE I NOM	
					Siang	Malam	Siang	Malam
I.	GI. KEBON AGUNG							
	Trafo IV / 60 MVA UNINDO	150 / 20 KV	1732	2000	545	844	31.5	48.7
1	P. KLAYATAN	20	436	320	117	186	26.8	42.7
2	P. GADANG	20	436	320	120	141	27.5	32.3
3	P. PAKISAJI	20	304	320	48	74	15.8	24.3
4	P. WAGIR	20	436	320	28	23	6.4	5.3
5	P. JANTI	20	436	320	81	124	18.6	28.4
6	P. BUMIAYU	20	436	400	50	86	11.5	19.7
7	P. KOL. SUGIONO	20	436	320	101	210	23.2	48.2
	Trafo V / 30 MVA TELKOM	150 / 20 KV	866	1,000	143	336	16.5	38.8
8	P. MATOS	20	436	320	18	70	4.1	16.1
9	P. KARANG DUREN	20	436	320	42	91	9.6	20.9
10	P. SITIREJO	20	385	320	83	175	21.6	45.5

4.3 Reduksi Voltage Dip/Sag pada Software PSCAD/EMTDC V.4.2 Power Simulation.

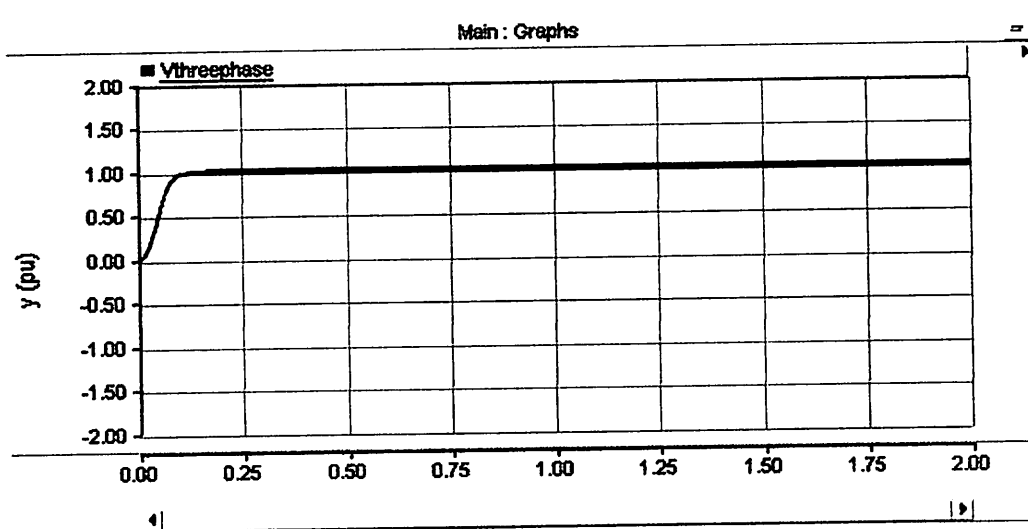
Software PSCAD/EMTDC V.4.2 Power Simulation merupakan *graphical user interface* yang fleksibel dan *powerfull*. Dengan *software* ini secara skematik kita dapat mengkonstruksi rangkaian, menjalankan simulasi, menganalisa hasil dan manajemen data dalam sebuah integrasi yang lengkap dalam hal grafis,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

4.4. Hasil Reduksi Voltage Dip Akibat Gangguan Hubung Singkat Menggunakan STATCOM

4.4.1 Hasil Perhitungan dan Simulasi Sebelum Kompensasi STATCOM

Pada simulasi awal, komponen STATCOM tidak melakukan kompensasi sama sekali. STATCOM belum bekerja dan tidak memberikan tegangan injeksi ke beban. Maka akan dapat diketahui perbedaan kondisi sistem sebelum dan sesudah menggunakan peralatan STATCOM :

4.4.1.1 Sistem Sebelum Mengalami Gangguan



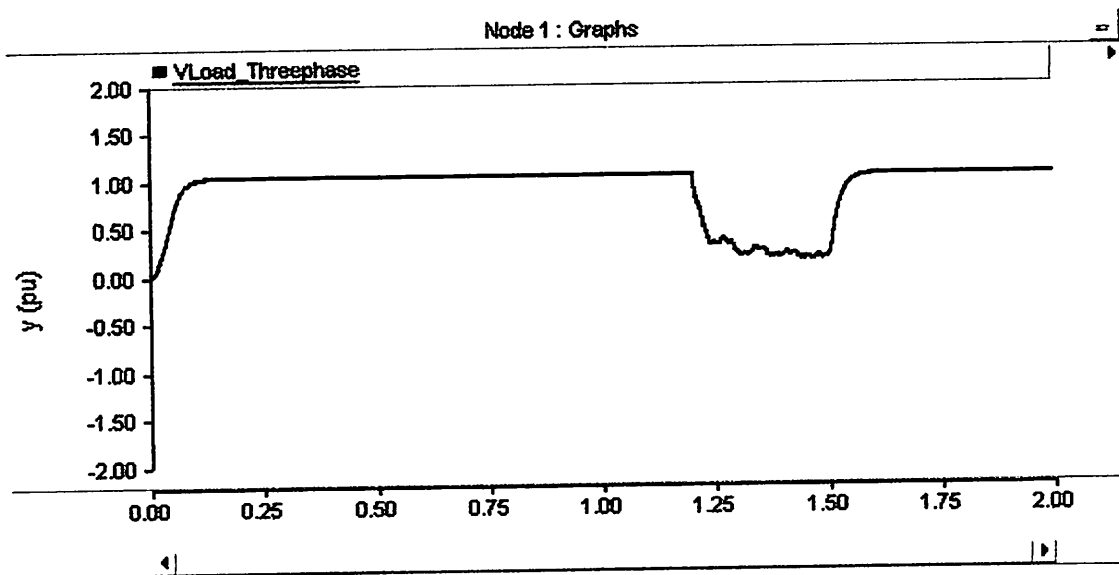
Grafik 4.1

Bentuk Gelombang Tegangan Normal

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

4.4.1.2 Sistem Setelah Mengalami Gangguan

Terjadi *Voltage Dip* Selama (1200-1500 ms) Tanpa Dilakukan Kompensasi *STATCOM*



Grafik 4.2

Bentuk Gelombang Tegangan Ketika Terjadi *Voltage Dip* Tanpa Kompensasi

Pada grafik 4.2 diatas gangguan disimulasikan pada t (1.25 – 1.5 s), tampak tegangan sistem mengalami perubahan. Dari gambar tampak terjadi penurunan tegangan sebesar = 0.1 pu.

Tampilan grafik tiap penyulang saat terjadi *voltage dip* sebelum kompensasi secara lengkap dapat dilihat pada lampiran A1.

Tabel 4.2

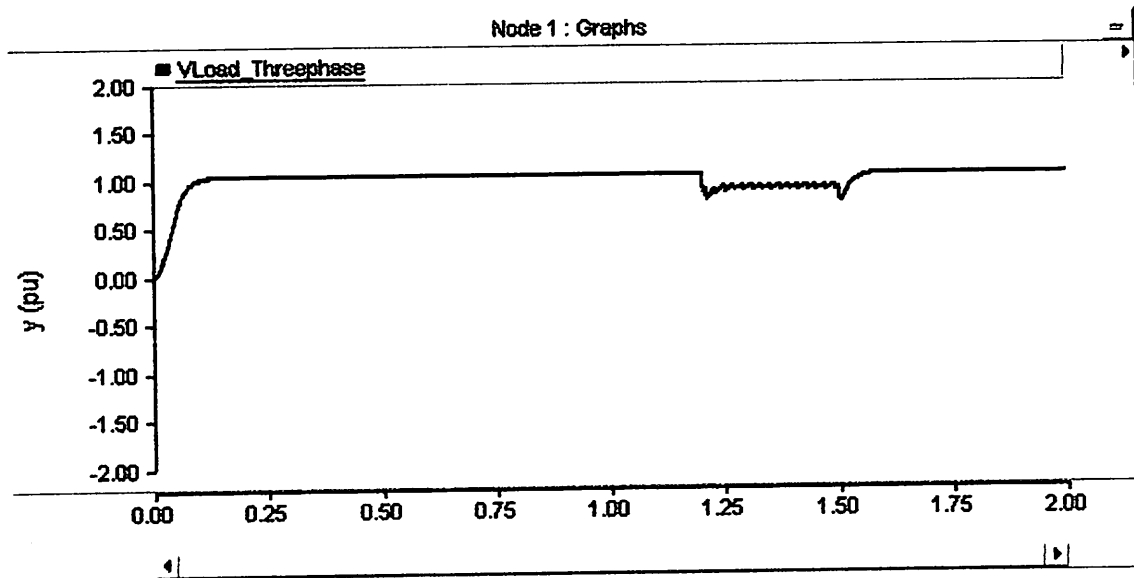
Hasil Nilai Keluaran Tegangan Saat Terjadi *Voltage Dip* Tanpa Kompensasi STATCOM

Penyulang	Tegangan (pu)
P. Kelayatan	0.16979
P. Gadang	0.169881
P. Pakisaji	0.169999
P. Kol. Sugiono	0.1684
P. Janti	0.168548
P. Bumiayu	0.168617
P. Wagir	0.168737
P. Karangduren	0.168449
P. Sitirejo	0.168079
P. Matos	0.169865

Kondisi pada saat terjadinya *voltage dip* menunjukkan bahwa terjadi perubahan tegangan yang cukup signifikan, dimana terjadinya gangguan *voltage dip* menyebabkan terjadi penurunan tegangan. Sebagai contoh pada penyulang Kelayatan penurunan tegangan sebesar 0.16979 pu.

4.4.2 Hasil Perhitungan dan Simulasi Setelah Kompensasi STATCOM

Kompensasi dengan STATCOM Saat Terjadi *Voltage Dip* Selama (1200-1500 ms)



Grafik 4.3

Bentuk Gelombang Tegangan Ketika Terjadi *Voltage Dip* Setelah Kompensasi STATCOM

Dari grafik diatas terlihat meskipun belum bisa seperti saat sistem belum mengalami gangguan, kompensasi STATCOM masih mampu mereduksi voltage dip sehingga tegangan dapat kembali pada kisaran yang diijinkan ($0.95 < v < 1.05$) pu. Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tampilan grafik tiap penyulang saat terjadi *voltage dip* setelah kompensasi secara lengkap dapat dilihat pada lampiran A2.

Tabel 4.3

Hasil Nilai Keluaran Tegangan Saat Terjadi *Voltage Dip* Akibat Gangguan Tiga Fasa Simetris Dengan Kompensasi STATCOM

Penyulang	Tegangan (pu)
P. Kelayatan	0.952343
P. Gadang	0.952994
P. Pakisaji	0.953929
P. Kol. Sugiono	0.967412
P. Janti	0.957588
P. Bumiayu	0.95812
P. Wagir	0.970034
P. Karangduren	0.9678
P. Sitirejo	0.965487
P. Matos	0.974634

Keadaan sistem jauh lebih stabil pada saat penggunaan kompensator STATCOM dibandingkan keadaan sistem tanpa penggunaan kompensator STATCOM. Hal ini dapat diamati pada saat sistem dalam keadaan *steady state*, saat terjadi *voltage dip* dan saat terjadi kompensasi oleh STATCOM ditunjukkan pada grafik 4.1 sampai grafik 4.3.

4.4.3 Perbandingan Nilai Hasil Simulasi Sebelum Kompensasi dan Sesudah Kompensasi.

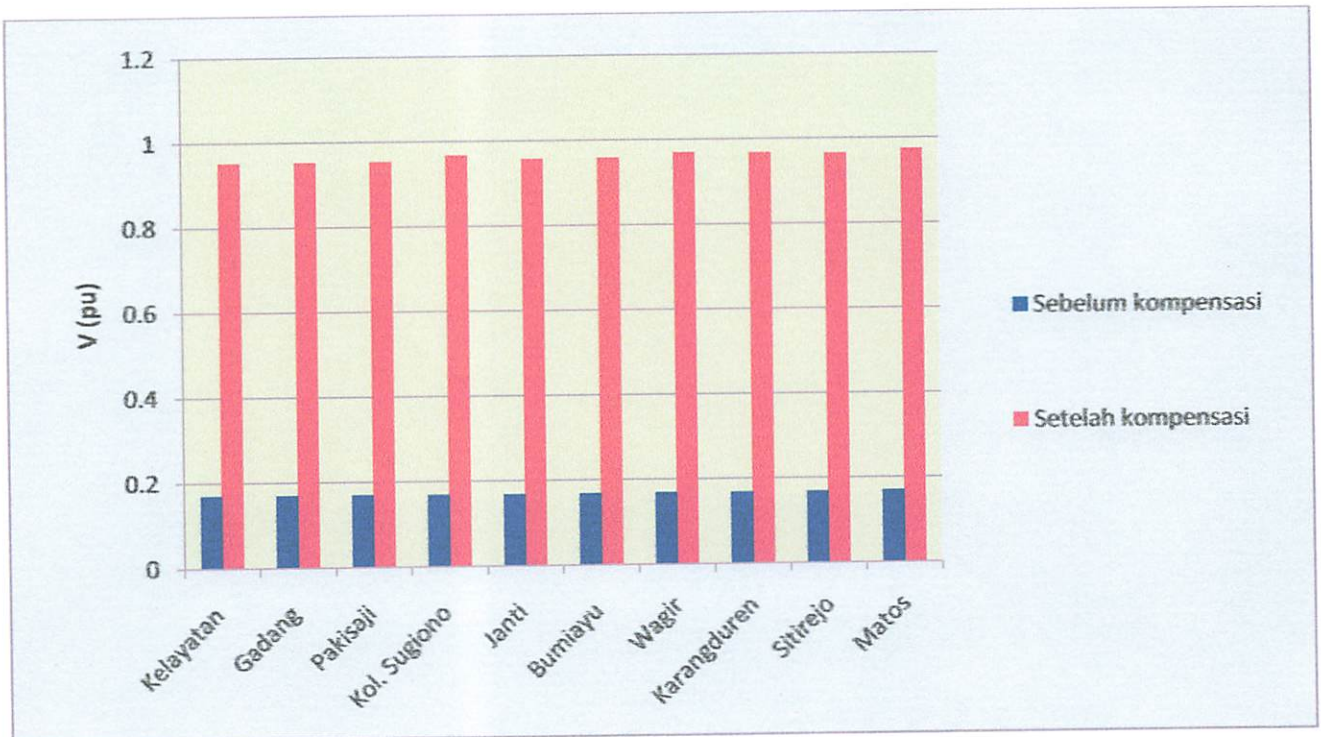
4.4.3.1 Perbandingan Tegangan Dengan dan Tanpa STATCOM

Untuk mengetahui kerja STATCOM maka yang dilakukan adalah mencari perbedaan nilai tegangan tiap *node* dengan simulasi yang terdiri dari kondisi saat gangguan dengan kompensasi dan tanpa kompensasi.

Tabel 4.4

Perbandingan Hasil Nilai Tegangan Saat Terjadi *Voltage Dip* Dengan Kompensasi dan Tanpa Kompensasi *STATCOM*

PENYULANG	TEGANGAN (pu)	
	Tanpa STATCOM	Dengan STATCOM
P. Kelayatan	0.16979	0.952343
P. Gadang	0.169881	0.952994
P. Pakisaji	0.169999	0.953929
P. Kol. Sugiono	0.1684	0.967412
P. Janti	0.168548	0.957588
P. Bumiayu	0.168617	0.95812
P. Wagir	0.168737	0.970034
P. Karangduren	0.168449	0.9678
P. Sitirejo	0.168079	0.965487
P. Matos	0.169865	0.974634



Grafik 4.4

Grafik Tegangan Sebelum Kompensasi dan Setelah Kompensasi

Dari tabel 4.4 dan grafik 4.4 terlihat perbandingan nilai tegangan sebelum dan sesudah kompensasi STATCOM, dimana STATCOM mampu mereduksi *voltage dip* yang terjadi pada sistem dan mampu mengembalikan tegangan pada kisaran yang diijinkan yaitu pada $0.95 < v < 1.05$ pu.

4.5 Analisa Hasil

Dari tabel 4.4 dan grafik 4.4 tampak bahwa STATCOM mampu mereduksi *voltage dip* yang terjadi akibat gangguan tiga fasa simetris sehingga tegangan dapat kembali pada kisaran yang diijinkan ($0.95 - 1.05$ pu). Dimana ditunjukkan bahwa :

a. Penyulang Kelayatan :

Sebelum kompensasi $V_{rms} = 0.16979$ pu

Setelah kompensasi $V_{rms} = 0.952343$ pu

- b. Penyulang Gadang :
Sebelum kompensasi $V_{rms} = 0.169881$ pu
Setelah kompensasi $V_{rms} = 0.952994$ pu
- c. Penyulang Pakisaji :
Sebelum kompensasi $V_{rms} = 0.169999$ pu
Setelah kompensasi $V_{rms} = 0.953929$ pu
- d. Penyulang Kol. Sugiono :
Sebelum kompensasi $V_{rms} = 0.1684$ pu
Setelah kompensasi $V_{rms} = 0.967412$ pu
- e. Penyulang Janti :
Sebelum kompensasi $V_{rms} = 0.168548$ pu
Setelah kompensasi $V_{rms} = 0.957588$ pu
- f. Penyulang Bumiayu :
Sebelum kompensasi $V_{rms} = 0.168617$ pu
Setelah kompensasi $V_{rms} = 0.95812$ pu
- g. Penyulang Wagir :
Sebelum kompensasi $V_{rms} = 0.168737$ pu
Setelah kompensasi $V_{rms} = 0.970034$ pu
- h. Penyulang Karangduren :
Sebelum kompensasi $V_{rms} = 0.168449$ pu
Setelah kompensasi $V_{rms} = 0.9678$ pu
- i. Penyulang Sitirejo :
Sebelum kompensasi $V_{rms} = 0.168079$ pu
Setelah kompensasi $V_{rms} = 0.965487$ pu
- j. Penyulang Matos :
Sebelum kompensasi $V_{rms} = 0.169865$ pu
Setelah kompensasi $V_{rms} = 0.974634$ pu

Contoh analisa perhitungan besar tegangan yang diinjeksikan pada saluran, pada kasus ini diambil contoh pada penyulang Kelayatan, dimana :

$$V_{\text{tanpa STATCOM}} = 0.16979 \text{ pu}$$

$$V_{\text{dengan STATCOM}} = 0.952343 \text{ pu}$$

Besar optimasi perbaikan kualitas tegangan sebesar :

$$\begin{aligned} V_{\text{optimasi}} &= V_{\text{with STATCOM}} - V_{\text{without STATCOM}} \\ &= 0.952343 \text{ (pu)} - 0.16979 \text{ (pu)} \\ &= 0.782553 \text{ (pu)} \end{aligned}$$

Mengingat $V_{\text{ref}} = 20 \text{ kV}$ maka,

$$V_{\text{optimasi}} = 0.782553 \times 20 \text{ kV} = 15.65106 \text{ kVolt}$$

Prosentase besar V_{optimasi} yang diperoleh adalah :

$$\begin{aligned} \% V_{\text{opttmast}} &= \left| \frac{V_{\text{with STATCOM}} - V_{\text{without STATCOM}}}{V_{\text{with STATCOM}}} \right| \times 100 \% \\ &= \left| \frac{0.952343 - 0.16979}{0.952343} \right| \times 100 \% \\ &= 0.782553 \times 100 \% = 78.26 \% \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, besar % V_{optimasi} pada setiap penyulang ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 4.5

Prosentase V_{optimasi}

PENYULANG	V_{OPTIMASI} (kVolt)	% V_{OPTIMASI}
P. Kelayatan	15.65106	78.26
P. Gadang	15.66226	78.31
P. Pakisaji	15.6786	78.39
P. Kol. Sugiono	15.98024	79.90
P. Janti	15.7808	78.90
P. Bumiayu	15.79006	78.95
P. Wagir	16.02594	80.13
P. Karangturen	15.98702	79.94
P. Sitirejo	15.94816	79.74
P. Matos	16.09538	80.48

Berdasarkan simulasi gangguan hubung singkat, penyulang yang mengalami voltage dip terbesar atau yang paling rentan adalah penyulang Sitirejo, dimana voltage dip yang terjadi sebesar 0.168079 pu. STATCOM mampu mereduksi voltage dip yang terjadi hingga penyulang Sitirejo mengalami kenaikan sebesar 0.965487 pu. V_{optimasi} pada penyulang Janti sebesar : $V_{\text{optimasi}} = 15.94816$ kVolt atau 79.74 %.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Pengaruh pemasangan STATCOM pada sistem jaringan distribusi G.I Kebonagung pada saat terjadi *voltage dip* diperoleh, besar reduksi *voltage dip* sebesar 15.94816 kVolt atau sebesar 79.74 % .

5.2. Saran

Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan melakukan simulasi pada saat gangguan hubung singkat asimetris dan juga dengan optimasi penempatan.

- [1] Hingorani, N.G., and Gyugyi, L., S. 2000. "*Understanding FACTS concepts and technology of Flexible AC Transmission Systems*": IEEE press, 2000.
- [2] Basri, Hasan, " *Sistem Distribusi Daya Listrik*", (Jakarta: ISTN, 1997).
- [3] Ardianto, Akbar, Safitri., "Analisa Reduksi Voltage Dip Akibat Gangguan Hubung Singkat Menggunakan SSSC (*Static Synchronous Series Compensator*) Pada G.I Kebonagung", (Malang : ITN, 2001).
- [4] Djiteng Marsudi, "*Operasi sistem tenaga Listrik*", Edisi keempat, Erlangga, Jakarta, 1993
- [5] www.google.co.id searching "*Sistem Distribusi Tenaga Listrik*".
- [6] www.google.co.id searching "*Synchronous Static Compensator (STATCOM)*".

LAMPIRAN

PERMOHONAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Bertanda Tangan Dibawah Ini:

.....
RANGGA ANGGARA

0612012

14

 :Teknologi Industri
 :Teknik Elektro S-I
 :TEKNIK ENERGI LISTRIK
TEKNIK ELEKTRONIKA
TEKNIK KOMPUTER DAN INFORMATIKA
TEKNIK KOMPUTER
TEKNIK TELEKOMUNIKASI
 :**Jl. JOYO UTOMO, GANG VI NO. 493**

Dengan ini kami mengajukan permohonan untuk mendapatkan persetujuan untuk membuat SKRIPSI
 at Sarjana. Untuk melengkapi permohonan tersenut, bersama ini kami lampirkan persyaratan-persyaratan
 harus dipenuhi.

un persyaratan- persyaratan pengambilan SKRIPSI adalah sebagai berikut:

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

kian permohonan ini untuk mendapatkan penyelesaian lebih lanjut dan atas perhatiannya kami ucapkan
 a kasih.

diteliti kebenarannya data tersebut diatas

Recording Teknik Elektro S-I

[Signature]
 (.....)
 (p40 handayani)

Malang, 1 April2013

Pemohon

[Signature]
 (.....)
 (RANGGA ANGGARA)

Disetujui
 Ketua Prodi Teknik Elektro S-I

[Signature]
M. Ibrahim Ashari, ST, MT
 NIP. P. 1030100358

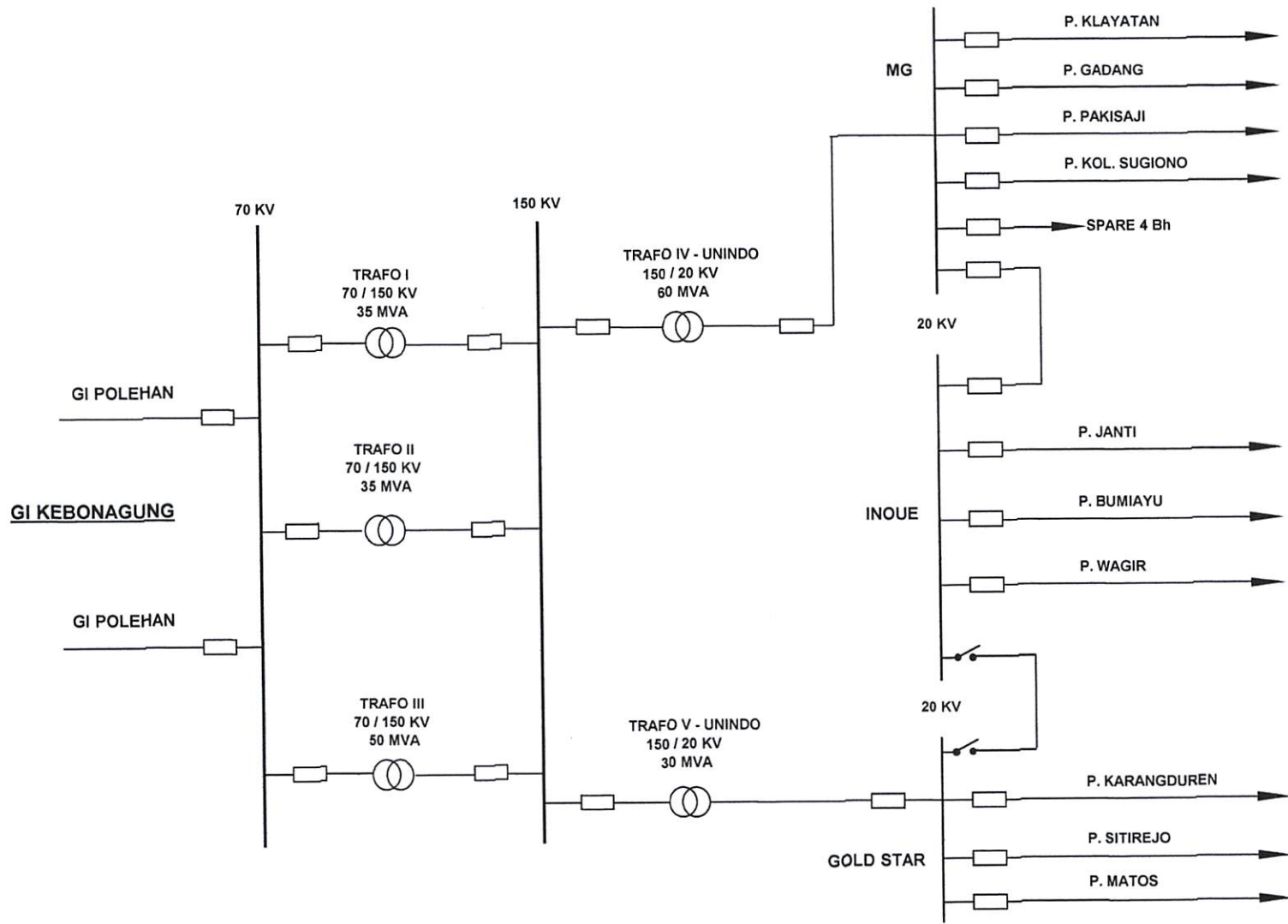
Mengetahui
 Dosen Wali




[Signature]
 (.....)
 (Ir. M. ABDULL HAMID, MT)


tan:

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

- 1 IP 364.5 / 138
- 2
- 3 - mc metode Numerik
- 1 praktikum



-  : TRANSFORMATOR
-  : PEMUTUS
-  : PENYULANG



PT. PLN (PERSERO)
DISTRIBUSI JATIM
AP&J MALANG

**SINGLE LINE DIAGRAM
GARDU INDUK KEBONAGUNG**

DIGAMBAR	DIPERIKSA	DISETUJUI
OPDIST	ARJANTO, MA	SUHARSONO



DATA BEBAN PENYULANG

BULAN : JANUARI 2010

NO	GARDU INDUK MERK TRAFO PENYULANG	TEG	I Nom (Amp)	I Set (Amp)	BEBAN		PROSENTASE I NOM	
					SIANG	MALAM	SIANG	MALAM
I. GI. KEBON AGUNG								
	Trafo IV / 60 MVA UNINDO	150 / 20 KV	1732	2000	545	844	31,5	48,7
1	P. KLAYATAN	20	436	320	117	186	26,8	42,7
2	P. GADANG	20	436	320	120	141	27,5	32,3
3	P. PAKISAJI	20	304	320	48	74	15,8	24,3
4	P. WAGIR	20	436	320	28	23	6,4	5,3
5	P. JANTI	20	436	320	81	124	18,6	28,4
6	P. BUMIAYU	20	436	400	50	86	11,5	19,7
7	P. KOL. SUGIONO	20	436	320	101	210	23,2	48,2
	Trafo V / 30 MVA TELK	150 / 20 KV	866	1.000	143	336	16,5	38,8
8	P. MATOS	20	436	320	18	70	4,1	16,1
9	P. KARANG DUREN	20	436	320	42	91	9,6	20,9
10	P. SITIREJO	20	385	320	83	175	21,6	45,5
11	P.MOG	20	304	320	12	72	3,9	23,7
SUB JUMLAH I								
II. GI. BLIMBING								
	Trafo I / 20 MVA UNINDO	70 / 20 KV	577	650	223	346	38,6	60,0
11	P. MOJOLANGU	20	304	300	117	162	38,5	53,3
12	P. SINGOSARI	20	304	300	94	162	30,9	53,3
13	P. PANDANWANGI	20	304	300	12	22	3,9	7,2
14	P. TELKOM	20	400	320	0	0	0,0	0,0
	Trafo II / 30 MVA PASTI	70 / 20 KV	866	1.000	365	536	42,1	61,9
15	P. MAWAR	20	304	300	136	200	44,7	65,8
16	P. ASAHAN	20	304	300	92	115	30,3	37,8
17	P. WENDIT	20	304	300	47	81	15,5	26,6
18	P. GLINTUNG	20	304	300	90	140	29,6	46,1
	Trafo III / 10 MVA TAKAOKA	70 / 20 KV	289	320	23	17	8,0	5,9
19	P. BENTOEL	20	400	300	23	17	5,8	4,3
SUB JUMLAH II								
III. GI. POLEHAN								
	Trafo I / 30 MVA UNINDO	70 / 20 KV	866	1000	323	503	37,3	58,1
20	P. PATIMURA	20	385	320	82	110	21,3	28,6
21	P. SAWOJAJAR	20	385	320	80	111	20,8	28,8
22	P. AGUS SALIM	20	385	320	71	90	18,4	23,4
23	P. JODIPAN	20	385	320	90	192	23,4	49,9
24	P. LOWOKWARU	20			0	0		
	Trafo II / 20 MVA TAKAOKA	70 / 20 KV	577	650	249	355	43,2	61,5
25	P. BUNUL	20	304	300	134	193	44,1	63,5
26	P. KD. KANDANG	20	304	300	28	42	9,2	13,8
27	P. ZAENAL ZAKSE	20	304	240	87	120	28,6	39,5
SUB JUMLAH III								
IV. GI. GAMPINGAN								
	Trafo I / 20MVA UNINDO	70 / 20 KV			105	120		
28	P. AYUWANGI	20	-	-	105	120	0,0	0,0
SUB JUMLAH IV								
V. GI. PAKIS								
	Trafo I / 30 MVA TELK	150 / 20 KV	866	1000	300	578	34,6	66,7
29	P. BANJAREJO	20	300	300	39	65	13,0	21,7
30	P. ASRIKATON	20	300	320	74	160	24,7	53,3
31	P. A.R. SALEH	20	300	300	28	36	9,3	12,0
32	P. SEKARPURO	20	300	300	91	130	30,3	43,3
33	P. TUMPANG	20	300	300	68	187	22,7	62,3
SUB JUMLAH V								
VI. GI. SENGKALING								
	Trafo III / 30 MVA UNINDO	150 / 20 KV	866	1000	223	396	25,8	45,7
34	P. JUNREJO	20	393	300	30	48	7,6	12,2
35	P. PUJON	20	393	300	66	127	16,8	32,3



DATA BEBAN PENYULANG

BULAN : JANUARI 2010

NO	GARDU INDUK MERK TRAFO PENYULANG	TEG	I Nom (Amp)	I Set (Amp)	BEBAN		PROSENTASE I NOM	
					SIANG	MALAM	SIANG	MALAM
36	P. WASTRA INDAH	20	393	300	45	79	11,5	20,1
37	P. KARANG PLOSO	20	393	300	82	142	20,9	36,1
	Trafo IV / 30 MVA TELK	150 / 20 KV	866	1.000	412	652	47,6	75,3
38	P. BATU	20	393	320	78	111	19,8	28,2
39	P. DINOYO	20	393	320	125	183	31,8	46,6
40	P. SELECTA	20	393	300	73	158	18,6	40,2
41	P. TEGALGONDO	20	393	300	136	200	34,6	50,9
	SUB JUMLAH VI							
VII.	GI. LAWANG							
	Trafo I / 30 MVA HYUNDAI	150 / 20 KV	866	1000	328	516	37,9	59,6
42	P. BEDALI	20	304	300	60	71	19,7	23,4
43	P. SUMBER WUNI	20	304	300	27	41	8,9	13,5
44	P. NONGKOJAJAR	20	304	300	33	59	10,9	19,4
45	P. POLAMAN	20	385	300	112	172	29,1	44,7
46	P. KOSTRAD	20			96	173		
	Trafo II / 30 MVA ASEA		866	1.000	199	169	23,0	19,5
47	P. PATAL	20	304	300	39	41	12,8	13,5
48	P. NEW MINATEX	20	304	300	29	29	9,5	9,5
49	P. SIDOBANGUN	20	385	300	92	81	23,9	21,0
50	P. MOLINDO	20	304	300	39	18	12,8	5,9
	SUB JUMLAH VII							
VIII.	GI. KARANG KATES							
	Trafo I / 20 MVA TAKAOKA	70 / 20 KV	577	750	135	371	23,4	64,3
51	P. KALIPARE	20	304	300	45	141	14,8	46,4
52	P. OLAK ALEN	20	304	300	24	69	7,9	22,7
53	P. SMBR PUCUNG	20	304	300	66	161	21,7	53,0
	SUB JUMLAH VIII							
IX.	GI. TUREN							
	Trafo I / 30 MVA ALSTOM	70 / 20 KV	866	1000	251	675	29,0	77,9
54	P. DAMPIT	20	304	320	48	111	15,8	36,5
55	P. BAKALAN	20	304	320	9	13	3,0	4,3
56	P. SMBR MANJING	20	304	300	74	210	24,3	69,1
57	P. BANTUR	20	436	300	19	49	4,4	11,2
58	P. PINDAD II	20	225	320	11	11	4,9	4,9
59	P. WAJAK	20	304	300	30	79	9,9	26,0
60	P. TIRTOYUDO	20	304	300	60	202	19,7	66,4
	Trafo II / 20 MVA XIAN	70 / 20 KV	577	650	111	286	19,2	49,6
61	P. BOKOR	20	436	320	27	62	6,2	14,2
62	P. GONDANG LEGI	20	304	320	84	224	27,6	73,7
63	P. PINDAD I	20	304	100	0	0	0,0	0,0
	SUB JUMLAH IX							
X.	GI. SENGGURUH							
	Trafo I / 30 MVA TELK	70 / 20 KV	866	1000	176	427	20,3	49,3
64	P. KEPANJEN	20	300	320	65	125	21,7	41,7
65	P. PAGAK	20	300	320	33	104	11,0	34,7
66	P. PROYEK	20	300	320	2	2	0,7	0,7
67	P. GUNUNG KAWI	20	300	320	44	99	14,7	33,0
68	P. REJOYOSO	20	300	320	32	97	10,7	32,3
	SUB JUMLAH X							
XI.	GI. SELOREJO							
	Trafo I / 6 MVA PAUWELS	70 / 20 KV	173	1000	62	104	35,8	60,1
69	P. NGANTANG	20	304	200	34	70	11,2	23,0
70	P. SIDODADI	20	304	200	28	34	9,2	11,2



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

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

**BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1**

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

1.	Nim	: 0612012	
2.	Nama	: RANGGA ANGGARA	
3.	Konsentrasi Jurusan	: Teknik Energi Listrik	
4.	Jadwal Pelaksanaan:	Waktu	Tempat
	18 Mei 2013	09:00	III.1.5
5.	Judul proposal yang diseminarkan Mahasiswa	ANALISIS DAN EVALUASI PERFORMA SISTEM TENAGA SETELAH PEMASANGAN PENGENDALI STATCOM	
6.	Perubahan judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian		
7.	Catatan :		
8.	Catatan :		
	Persetujuan judul Skripsi		
	Disetujui, Dosen Keahlian I	Disetujui, Dosen Keahlian II	Disetujui, Dosen Keahlian III
	 (.....)	 (Ni. Puji Agustini)	 (.....)
Mengetahui, Ketua Program Studi Teknik Elektro S1	Disetujui, Calon Dosen Pembimbing ybs		
	Pembimbing I	Pembimbing II	
 M. Ibrahim Ashari, ST, MT NIP. P 1030100358	 (.....)	 (.....)	



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nim : 0612012
Nama : RANGGA ANGGARA
Masa Bimbingan : Semester Genap 2013-2014
Judul : ANALISA DAN EVALUASI PERFORMA SISTEM TENAGA
SETELAH PEMASANGAN PENGENDALI STATCOM PADA
G.I KEBONAGUNG

Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
3/7 2014	Perbaikan Bab I	[Signature]
8/7 2014	Revisi Bab II	[Signature]
13/7 2014	Revisi Bab III	[Signature]
	Tambahkan Gambar	[Signature]
20/7 2014	Revisi Bab IV	[Signature]
	Perhatikan Tabel, Grafik	[Signature]
21/7 2014	Bab V Kesimpulan	[Signature]

Malang,
Dosen Pembimbing 1

Ir. Teguh Herbasuki, MT

NIP. Y. 1038900209



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nim : 0612012
Nama : RANGGA ANGGARA
Masa Bimbingan : Semester Genap 2013-2014
Judul : ANALISA DAN EVALUASI PERFORMA SISTEM TENAGA
 SETELAH PEMASANGAN PENGENDALI STATCOM PADA
 G.I KEBONAGUNG

Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
2/14. 7/7	Bab I latar belakang ditambah kan permasalahan di GI Kebonagung.	
8/7/14.	penyebab performa?	

Malang,
 Dosen Pembimbing 2

Ir. Choirul Saleh, MT
NIP. Y. 1018800190



PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

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

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

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : Rangga Anggara
Nim : 06.12.012
Jurusan : Teknik Elektro
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik S-1
Masa Bimbingan : Semester Genap 2013-2014
Judul : **MENGATASI VOLTAGE DIP PADA G.I KEBONAGUNG
DENGAN MENGGUNAKAN PENGENDALI STATCOM**

Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Skripsi Jenjang Program Strata Satu (S-1)

Pada Hari : Kamis
Tanggal : 14 Agustus 2014
Dengan Nilai : 77,35 (B+)

PANITIA UJIAN SKRIPSI

Ketua Majelis Penguji

M. Ibrahim Ashari, MT
NIP.P.1030100358

Sekretaris Majelis Penguji

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

ANGGOTA PENGUJI

Dosen Penguji I

Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT
NIP. 131991182

Dosen Penguji II

Ir. M. Abdul Hamid, MT
NIP. 1018800188



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

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

PT. BNI (PERSERO) MALANG
 BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
 Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417638 Fax. (0341) 417634 Malang

PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Teknik Energi Listrik, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

Nama : Ranga Anggara
 Nim : 06.12.012
 Jurusan : Teknik Elektro S-1
 Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
 Masa Bimbingan : Semester Genap 2013-2014
 Judul Skripsi : **MENGATASI VOLTAGE DIP PADA G.I KEBONAGUNG DENGAN MENGGUNAKAN PENGENDALI STATCOM**

No	Penguji	Tanggal	Uraian	Paraf
1.	Penguji I	14 Agustus 2014	<ul style="list-style-type: none"> Judul (Terkait dengan profil tegangan) tidak sesuai dengan isi (Voltage dip). Penyebab profil dip juga untuk bisa dijelaskan. Penentuan lokasi statcom perlu ada metode (Karena peralatan mahal). 	
2	Penguji II	14 Agustus 2014	<ul style="list-style-type: none"> Judul dan pembahasan secara konsep berbeda (Profil tegangan dan voltage dip). Simulasinya harus jalan, karena kenyataannya tidak bisa mendemonstrasikan simulasi. 	

Disetujui:

Dosen Penguji I

Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT
 NIP. 131991182

Dosen Penguji II

Ir. M. Abdul Hamid, MT
 NIP. 1018800188

Mengetahui:

Dosen Pembimbing I

Ir. Teguh Herbasuki, MT
 NIP. Y. 1038900209

Dosen Pembimbing II

Ir. Choirul Saleh, MT
 NIP. 1018800190



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Formullir Perbaikan Ujian Skripsi

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

NAMA : Rm 66A Anotasa
NIM : 061012
Perbaikan meliputi :

- judul (terbaca & profile tegangan) di date sesuai & U1 (voltage trip)
- Penyebut portle dip juga & bisa di jelaskan
- Pamerkan lokasi statcom. pada ada. metode (kemam. peralatan mahal)

Malang,

()



Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

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

NAMA
NIM

: Ranyqa Anesara
: 0612012

Perbaikan meliputi

- judul & pembahasan secara konsep berbeda (profil tegangan & Voltage Dip)
- Simulasinya hrs. jalan, krn. kenyataannya tdk. bisa mendemonstrasikan simulasi.

Malang, 14-08-2014

(_____)

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada :

Allah SWT yang telah memberikan ridho-NYA, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Kuasa MU tak henti-hentinya dan anugerah yang KAU berikan seringkali tak ku sadari, maaf jika hambaMU selalu merasa kurang bersyukur atas rahmat dan hidayahMU. Namun segala pujian dan senandung keagungan takkan pernah lupa hamba lantunkan untukMU.

Kedua orangtua tercinta. Bapak, Mamak, dan Nenek (Alm) yang selalu memberikan doa dan dukungan serta semangat dalam bentuk apapun. Nasehat dan wejangan siang dan malam tak henti-hentinya untuk anakmu ini. Ananda berjanji akan membuat kalian bahagia dan bangga, selalu... . Adik Oland dan kakak Lika yang selalu menjadi adik yang terbaik.

"Buat My Beloved Nur Faizah, kita aneh dan unik. Entahlah . . ."

Bapak Teguh selaku pembimbing I dan terima kasih juga kepada bapak Choirul selaku pembimbing II yang selalu memberikan waktunya berkonsultasi untuk saya. Terima kasih banyak. Juga kepada pak Lauhil MHY (Dosen asyik) terima kasih atas bantuannya selama ini.

Teman-teman seperjuangan. Ardi tentunya, terima kasih telah menjadi teman dan saudara selama saya dimalang. Serta Saudara-saudaraku dan teman-temanku di kost joyosari 1. Terima kasih karena telah menerima saya dengan baik.

Dan tidak terlewatkan semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu. Terima kasih. Kalian luar biasa.

Semoga kebaikan kalian semua yang telah diberikan kepada saya dicatat dan dibalas oleh-NYA amin...!



Rangga Anggara, lahir pada 18 mei 1988 di Batam. Menempuh studi di SD N 008 Batam dan lulus pada tahun 2000. Dan melanjutkan di SMP N 4 Batam lulus pada tahun 2003 dan pada 2006 lulus dari SMK N 1 Batam. Dan telah menyelesaikan pendidikan pada jurusan Teknik Elektro S-1 Konsentrasi Energi Listrik di Institut

Teknologi Nasional Malang dengan penelitian yang dilakukan berjudul “Mengatasi Voltage Dip Pada G.I Kebonagung dengan Software PSCAD/EMTDC Power Simulation pada G.I Kebonagung”, sebagai syarat tugas akhir dalam menyelesaikan perkuliahan.