

**ANALISIS PERBAIKAN TEGANGAN DIP AKIBAT ARUS
STARTING MOTOR INDUKSI DENGAN DYNAMIC VOLTAGE
RESTORER (DVR) MENGGUNAKAN SOFTWARE
PSCAD/EMTDC DI PT. SOPANUSA TISSUE MOJOKERTO
INDONESIA**

SKRIPSI



**DISUSUN OLEH :
Alexandrinho Maria Dos Santos
07.12.013**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2012**



LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISIS PERBAIKAN TEGANGAN DIP AKIBAT ARUS
STARTING MOTOR INDUKSI DENGAN DYNAMIC VOLTAGE
RESTORER (DVR) MENGGUNAKAN SOFTWARE PSCAD/EMTDC
DI PT. SOPANUSA TISSUE MOJOKERTO INDONESIA
SKRIPSI**

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

Disusun Oleh :

ALEXANDRINHO M DOS SANTOS

NIM. 0712013



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

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

Diperiksa dan Disetujui,

Dosen Pembimbing I

**Ir. Taufik Hidayat, MT
NIP.Y. 1018700151**

Dosen Pembimbing II

**Bambang Prio Hartono, ST, MT
NIP.Y. 10280400082**

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

2012

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Alexandrinho M Dos Santos
Nim : 07. 12. 013
Program Studi : Teknik Elektro S – 1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

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

Demikian surat pernyataan ini saya buat dikemudian hari ada pelanggaran atas surat pernyataan ini saya bersedia menerima sanksinya.

Malang, 27 September 2012

Yang membuat pernyataan

METERAI
TAMPEL
D33B0ABF106397306
6000
DJP



Alexandrinho Maria Dos Santos

Nim. 07. 12. 013

**ANALISIS PERBAIKAN TEGANGAN DIP AKIBAT ARUS STARTING
MOTOR INDUKSI DENGAN *DYNAMIC VOLTAGE RESTORER (DVR)*
MENGUNAKAN *SOFTWARE PSCAD/EMTDC* DI PT. SOPANUSA TISSUE
MOJOKERTO INDONESIA**

Alexandrinho M. Dos Santos

Jurusan Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Energi Listrik
Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang
Jl. Raya Karanglo Km 2 Malang
E-mail : alex_3santos@yahoo.co.id

Dosen Pembimbing Ir. Taufik Hidayat, MT dan Bambang Prio Hartono, ST,MT

Abstrak

Tegangan Dip merupakan peristiwa penurunan tegangan, diikuti dengan pemulihan kondisi normal dalam beberapa saat. Tegangan Dip dapat menyebabkan motor induksi dalam kontinuitas proses industri bisa terganggu. Dynamic Voltage Restorer (DVR) adalah perangkat listrik yang berbasis elektronika daya yang digunakan untuk meningkatkan tegangan suplai ke beban selama terjadinya Tegangan Dip.

Studi kasus penelitian ini dilakukan di PT. Sopanusa Tissue dan akan dilakukan pemodelan dan simulasi sistem daya menggunakan Dynamic Voltage Restorer (DVR) untuk memperbaiki profil tegangan terhadap penurunan tegangan sesaat (Tegangan Dip) yang di timbulkan oleh masalah starting motor pada industri. Diambil dari referensi beban pada panel trafindo 1 yang mengalami penurunan yang paling signifikan untuk tegangan dip. Perbandingan 0.8584 (pu) 326.1 volt menjadi 0.9872 (pu) atau 375.1 volt.

Kata kunci : *Voltage Sags, Dynamic Voltage Restorer (DVR).*

Abstract

Voltage sags are voltage reduction events, followed by restoration of the normal supply conditions after a short duration. Voltage sags can cause large induction motors in a continuous process industry (like a refinery) to trip, leading to costly shutdowns. The Dynamic Voltage Restorer (DVR) is a power electronic based device used to boost the voltage supplied to the loads during voltage sags.

The study case research was conducted at PT. Sopanusa Tissue and will do modeling and simulation of power systems using Dynamic Voltage Restorer (DVR) to improve the voltage profile of the instantaneous voltage drop (voltage sag) that caused the problem in starting the motor industry. Taken from a reference load on the panel who is experiencing a decline trafindo 1 of the most significant for the voltage sags. Comparison 0.8584 (pu) 326.1 volts to 0.9872 (pu) or 375.1 volts

Keywords: *Voltage Sags, Dynamic Voltage Restorer (DVR)*

Kata Pengantar

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahamat dan karunia-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana teknik elektro di Institute Teknologi Nasional Malang.

Penyusun menyadari bahwa skripsi ini mungkin masih jauh dari kesempurnaan, sehingga sangat diharapkan adanya saran dan masukan yang bersifat membangun dari semua pihak untuk membantu penyelesaian penyusunan skripsi ini.

Akhirnya dengan segala kerendahan hati izinkanlah penulis untuk menyampaikan terima kasih penghargaan yang sebesar – besarnya semua pihak yang telah berjasa memberikan motivasi dalam rangka menyelesaikan skripsi ini, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Soeparno Djiwo, MT, selaku Rektor ITN Malang
2. Bapak Ir. Sidik Noertjahjono, MT, selaku Dekan FTI ITN Malang
3. Bapak Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT, selaku Ketua Jurusan T. Elektro S – 1 ITN Malang
4. Bapak Ir. Taufik Hidayat, MT, selaku Dosen Pembimbing I
5. Bapak Bambang Prio Hartono ST, MT, selaku Dosen Pembimbing II
6. Kedua orang tua yang telah membesarkan, mendidik dan selalu mendoakan saya sampai terwujud cita – cita saya dan menjadi seorang sarjana pertama dalam keluarga.
7. Rekan – rekan yang se almamater maupun teman – teman lainnya yang selalu memotivasi saya untuk menyelesaikan skripsi ini.

Semoga kebaikan yang diberikan semua pihak kepada penulis menjadi amal sholeh yang senantiasa mendapatkan balasan ganda dari Tuhan Yang Maha pengasihi.

Akhir kata penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam skripsi ini, untuk itu saran dan kritik yang bersifat membangun sangat penulis harapkan.

Malang, Agustus 2012

Penulis

DAFTAR ISI

Lembar Persetujuan	i
Abstrak	ii
Kata Pengantar	iii
Daftar isi	iv
Daftar gambar	vi
Daftar tabel	viii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Manfaat penelitian.....	2
1.5. Batasan Masalah	3
1.6. Sistematika Penulisan	3

BAB II DASAR TEORI

2.1. Kajian Pustaka	4
2.2. Sistem Tenaga Listrik	5
2.3. Gangguan Dalam Sistem Tenaga Listrik	6
2.4. Penyebab Gangguan	6
2.5. Daya dalam Sistem Tenaga Listrik	9
2.6. Sistem Per Unit (pu)	11
2.7. Tegangan Dip	12
2.7.1. Penyebab Terjadinya Tegangan Dip	12
2.7.2. Peralatan yang Peka Terhadap Tegangan Kedip	14

2.8. Dynamic Voltage Restorer (DVR)	15
2.8.1. Struktur Rangkaian (DVR)	15
2.8.2. Prinsip Kerja dari <i>DVR</i>	18
2.9. Software PSCAD V 4.2 Power Simulation.....	20
2.10. Sistem Pengendalian PWM Sinusoida	18
2.10.1. PWM sinusoida	22
2.10.2. Aksi control PWM Sinusoida Terhadap	23
2.11. Aksi Kontrol Proporsional Integral (PI).....	24
2.11.1 Umum.....	24
2.11.2 Prinsip- Prinsip Pengendali Proses	25
2.11.3 Prinsip Kerja Pengendali	26
2.11.4 Pengendali Proporsional.....	27
2.11.5 Pengendali Integral.....	29
2.11.6 pengendali proporsional Integral.....	30
2.11.7 Kompensasi DVR pada sistem distribusi tenaga listrik	31
2.11.8 Input Data Pengendali DVR	32

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Sistematika Penelitian	34
3.2. Alat Dan Bahan Yang Digunakan	36
3.3. Lokasi Penelitian.....	36
3.4. Sistem Kelistrikan Pada PT. Sopanusa Tissue.....	36
3.5 Data Distribusi Pada PT. Sopanusa Tissue	37
3.5.1. Data Unit Transformator Pada PT. Sopanusa Tissue.....	37

3.5.2 Data Unit Transformator Pada PT Sopanusa Tissue.....	37
3.6. Pemodelan Sistem dan Input Data	43

BAB IV ANALISIS HASIL SIMULASI

4.1. Single Line Sistem Distribusi PT. Sopanusa Tissue	47
4.2. Solusi Perbaikan Profil Tegangan Dip Menggunakan software PSCAD	48
4.3. Analisa hasil Perbaikan Profil Tegangan Akibat Tegangan Dip	48
4.4 Perbandingan Nilai Hasil Simulasi sebelum dan Sesudah Kompensasi	52

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan	46
5.2. Saran	46

Daftar Pustaka

Lampiran

DAFTAR GAMBAR

2.1. Proses Penyaluran Tenaga Listrik	5
2.2. Segitiga daya dalam hubungan antara daya aktif, daya reaktif, & daya semu ..	10
2.3. Tegangan Dip Yang Disebabkan Oleh Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah ..	13
2.4. Tegangan Dip Yang Disebabkan Oleh Starting Motor	14
2.5. Diagram Blok Fungsional Untuk DVR.....	15
2.6. Model Sumber DC	17
2.7. Model VSC Pada Rangkaian DVR	17
2.8. VSC Controller Pada PSCAD	18

2.9. Impendansi PWM Pada PSCAD	18
2.10. Struktur Dasar DVR	19
2.11. Contoh Pemodelan Rangkain DVR Dalam PSCAD	20
2.12. Tampilan Utama Software PSCAD	21
2.13. Tampilan Master Library	22
2.14. Pemodelan pada Sistem Daya	22
2.15. Kontroler dan Diagram Kotaknya.....	26
2.16. Diagram Blok Kontroler Proporsional	27
2.17. Response Sebuah Pengendali Proporsional	28
2.18. Blok diagram kontroler Integral.....	30
2.19. Diagram kontrol Pengendali PI.....	30
2.20. Hubungan Input-Output Pengendali Dalam fungsi waktu.....	31
3.1. Diagram alir sistematika penelitian	35
3.2. Single line diagram	42
3.1. Pemodelan sumber tiga fasa dalam software PSCAD	43
3.2. Pemodelan transformator tiga fasa dalam software PSCAD	44
3.3. Pemodelan motor induksi tiga fasa dalam software PSCAD	46
4.1. Pemodelan Keseluruhan Sistem Daya	47
4.2. Bentuk Gelombang Tegangan Sebelum Pemasangan DVR	49
4.3. Bentuk Gelombang Tegangan Setelah Pemasangan DVR.....	51

DAFTAR TABEL

3.1. Data – data transformator di PT. Sopanusa Tissue	38
3.2. Data – data motor induksi tiga fasa di PT. Sopanusa Tissue	27
4.1. Hasil nilai keluaran tegangan saat terjadi tegangan kedip sebelum pemasangan DVR	50
4.2. Hasil nilai keluaran tegangan saat terjadi tegangan kedip sesudah kompensasi DVR	51
4.3. Perbandingan hasil nilai keluaran tegangan saat terjadi tegangan kedip akibat starting motor dengan dan tanpa kompensasi DVR	52
4.4. Prosentasi Voptimasi	54

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan energi listrik yang terus meningkat setiap tahunnya membutuhkan suatu kontinuitas pelayanan oleh pihak penyedia listrik terutama yang terkait dengan kualitas daya listrik yang disalurkan ke pihak pengguna atau konsumen (perumahan, komersial dan industri), hal ini dikarenakan semakin buruk kualitas daya listrik dari suatu sistem kelistrikan, biaya yang harus dikeluarkan untuk mengatasi permasalahan-permasalahan yang ditimbulkan juga semakin besar.

Penggunaan motor listrik dengan kapasitas besar sudah menjadi pendukung dalam suatu industri untuk menjalankan suatu produksi, akan tetapi penggunaan motor listrik berdaya besar dapat menimbulkan beberapa kerugian, salah satu contoh yaitu menimbulkan penurunan tegangan dengan durasi singkat (tegangan dip) saat melakukan starting karena pada saat starting, menarik arus start tegangan penuh sebesar 6 sampai 10 kali arus nominal beban penuh untuk memperoleh torsi starting yang cukup untuk memulai berputar.^[1]

Dalam standar IEEE 1159-1995 dinyatakan bahwa penurunan tegangan dengan durasi singkat (tegangan dip) Berlangsung antara 0,5 *cycle* sampai 1 menit dengan penurunan frekuensi daya), 0,1 pu sampai 0,9 pu dalam tegangan *rms*^[2].

Tegangan dip adalah penurunan tegangan dengan durasi singkat yang disebabkan oleh gangguan pada sistem dan *starting* motor dengan kapasitas besar yang sangat berpengaruh terhadap kontinuitas operasioanal industri karena dapat merusak dan mengganggu kinerja dari peralatan-peralatan yang sensitif (*relay*, kontaktor, *PLC*) terhadap perubahan tegangan^[3].

PT. Sopanusa Tissue merupakan salah satu industri yang bergerak dalam bidang industri pembuatan tissu yang dijadikan sebagai tempat untuk melakukan studi kasus dalam penelitian ini. PT Sopanusa Tissue menggunakan sumber listrik dari PLN dan merupakan beban industri. Pabrik ini dapat suplai khusus dari dua buah gardu masing-masing sebesar 20 KV yang kemudian diturunkan tegangannya menjadi 380 V. Dengan kapsitas trafo dari keduanya sebesar 2500 KVA. Tegangan dip sering terjadi pada

kawasan industri karena di pabrik terdapat beban-beban motor untuk menjalankan suatu proses industri.

Penelitian ini akan dilakukan pemodelan dan simulasi sistem daya menggunakan kompensasi *Dynamic Voltage Restorer (DVR)* untuk memperbaiki profil tegangan terhadap penurunan tegangan sesaat (tegangan dip) yang di timbulkan oleh masalah *starting* motor pada industri.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang diatas, maka pada penelitian ini dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana pemodelan *Dynamic Voltage Restorer (DVR)* pada sistem daya dengan menggunakan *software PSCAD*.
- b. Bagaimana kondisi tegangan dip pada sistem daya yang diakibatkan oleh *starting* motor kapasitas besar menggunakan *software PSCAD*.
- c. Bagaimana spesifikasi *Dynamic Voltage Restorer (DVR)* untuk mengatasi tegangan dip pada sistem daya yang diakibatkan oleh *starting* motor kapasitas besar.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah menganalisa analisis mitigasi tegangan dip yang terjadi pada suatu sistem daya menggunakan kompensasi *Dynamic Voltage Restorer (DVR)*.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan yang telah dijelaskan diatas, maka penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi, yaitu:

- a. Manfaat teoritis, dapat memperkaya konsep atau teori yang menyokong perkembangan ilmu pengetahuan kelistrikan, khususnya yang terkait dengan kualitas tegangan serta peralatan kompensasi tegangan yaitu *Dynamic Voltage Restorer (DVR)*.
 - b. Manfaat praktis, dapat memberikan masukan ke pihak industri mengenai cara untuk mengurangi *distorsi* tegangan (tegangan dip) dengan menggunakan *Dynamic Voltage Restorer (DVR)*.
-

- c. Bagi penulis, dengan penelitian ini diharapkan penulis mampu mengerti, memahami, mengimplementasikan serta menyimpulkan hasil penelitiannya secara ilmiah mengenai komponen-komponen serta parameter-parameter yang mempengaruhi tegangan dip dan peralatan kompensasinya yaitu *DVR*.

1.5 Batasan Masalah

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

- a. Pembahasan hanya terfokus pada tegangan dip, tidak dibahas mengenai *voltage swell* dan *interruption*.
- b. Peralatan kompensasi yang digunakan untuk mitigasi tegangan dip adalah *Dynamic Voltage Restorer (DVR)*.
- c. Pemodelan sistem daya dan simulasi dilakukan dengan *software PSCAD/EMTDC V4.2 Power Simulation*.

1.6 Sistematika Penulisan

- BAB I** : Latar belakang, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian, Batasan Masalah dan Sistematika Penelitian.
 - BAB II** : Sistem tenaga listrik, gangguan dalam sistem tenaga listrik, daya dalam sistem tenaga listrik, sistem per unit, tegangan dip, distribution statik compensator (DVR)
 - BAB III** : Metode Penelitian, alat dan bahan yang digunakan, tempat penelitian, sistem kelisterikan, data sistem distribusi.
 - BAB VI** : Analisa hasil simulasi
 - BAB V** : Kesimpulan dan saran
-

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Kajian Pustaka

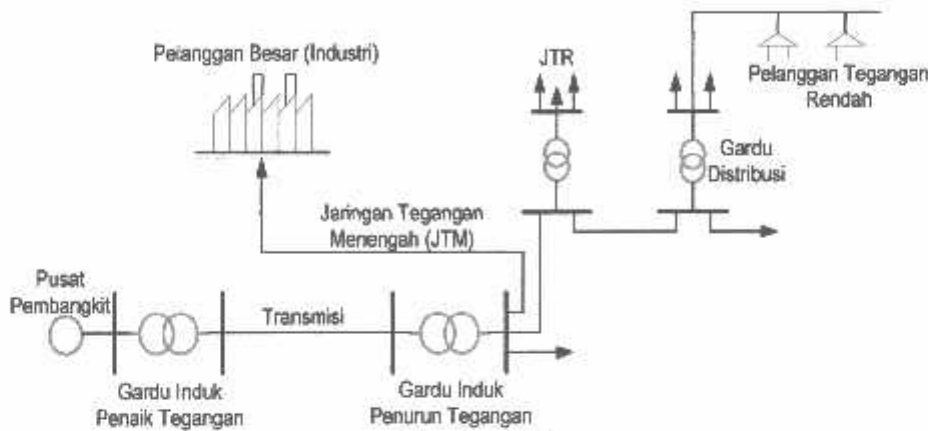
Mungutip pernyataan Hatami, shahia, pashaei dkk menyatakan simulai dilakukan dengan software *PSCAD* menunjukan bahwa *Dynamic Voltage Restorer (DVR)* memberikan kemampuan yang sangat baik dalam hal regulasi tegangan. Telah diamati bahwa kapastas mereka untuk kompensasi daya dan regulasi tegangan tergantung pada dua faktor yaitu nilai dari perangkat penyimpanan DC dan karakteristik transformator kopling. Kedua faktor inilah yang menentukan nilai maksimum dari kualitas daya, dan *DVR* mempunyai kemampuan itu.

Penelitian yang dilakukan oleh zakaria, Chen dan Hasan pada tahun (2008) bahwa penggunaan program komputer dalam simulasi pengendalian daya adalah sangat penting untuk pengembangan dan pemahaman teknologi yang berbasis elektronika daya. *PSCAD* dapat menunjukkan perubahan grafik dari pemodelan untuk melakukan suatu simulasi sistem. Contoh peralatan *Flexibel AC Transmission System (FACTS)* yang dimodelkan itu adalah *DVR*. Hasil penelitian menunjukan bahwa kinerja sistem *DVR* dapat mengembalikan 19% dari harga nominalnya.

Pawawoi dalam jurnalnya menyatakan bahwa tegangan dip dapat disebabkan oleh pengasutan motor kapasitas besar. Perlunya diterapkan suatu metode starting motor untuk mereduksi arus yang besar, arus starting motor besar mencapai 6 sampai 10 kali harga nominalnya. Metode starting yang dilakukan pada penelitian ini yaitu metode *Autotransformer*, metode *Star-Delta*, metode *Direct On Line* dan metode Resistor Seri. Hasil simulasi menunjukan bahwa metode Resistor Seri dapat mereduksi tegangan dip sebesar 8,94% dari kondisi *real voltage sag* rata-rata yaitu 14,4 %.

2.2 Sistem Tenaga Listrik

Tenaga listrik dibangkitkan dalam pusat-pusat pembangkit seperti PLTA, PLTU, PLTG dan PLTD yang dinaikkan tegangannya oleh transformator penaik tegangan (*step up transformer*) yang berada di pusat listrik kemudian disalurkan melalui saluran transmisi. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1

Jaringan distribusi tegangan menengah (JTM), jaringan distribusi tegangan rendah (JTR) dan sambungan rumah ke pelanggan^[4]

Setelah tenaga listrik disalurkan melalui saluran transmisi maka sampailah tenaga listrik di gardu induk (GI) untuk diturunkan tegangannya melalui transformator penurun tegangan (*step down transformer*) menjadi tegangan menengah atau yang disebut sebagai tegangan distribusi primer. Setelah tenaga listrik disalurkan melalui jaringan distribusi primer maka kemudian tenaga listrik diturunkan tegangannya dalam gardu-gardu distribusi menjadi tegangan rendah, kemudian disalurkan ke rumah-rumah atau pelanggan (Marsudi, 1990)^[4].

Dalam pendistribusian tenaga listrik ke konsumen, tegangan yang digunakan bervariasi tergantung dari jenis konsumen yang membutuhkan. Untuk konsumen industri biasanya digunakan tegangan menengah 20 kV, 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 yaitu:

- a. Sistem distribusi primer (jaringan tegangan menengah/JTM)
- b. Sistem distribusi sekunder (jaringan tegangan rendah/JTR)

2.3 Gangguan Dalam Sistem Tenaga Listrik

Gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik sangat beragam besaran dan jenisnya. Gangguan dalam sistem tenaga listrik adalah keadaan tidak normal dimana keadaan ini dapat mengakibatkan terganggunya kontinuitas pelayanan tenaga listrik. Secara umum klasifikasi gangguan pada sistem tenaga listrik disebabkan oleh dua faktor, yaitu:

1. Gangguan yang berasal dari system
2. Gangguan yang berasal dari luar system

2.4 Penyebab gangguan^[5]

a. Penyebab gangguan yang berasal dari dalam sistem antara lain:

1. Tegangan dan arus abnormal
2. Pemasangan yang kurang baik
3. Kesalahan mekanis karena proses penuaan
4. Beban lebih
5. Material seperti isolasi pecah, kawat putus, atau kabel cacat isolasinya.

b. Sedangkan gangguan yang berasal dari sistem antara lain:

1. Gangguan-gangguan mekanis karena pekerjaan galian saluran lain. Gangguan ini terjadi untuk sistem kelistrikan bawah tanah.
2. Pengaruh cuaca seperti hujan, angin serta surja petir. Pada gangguan surja petir dapat mengakibatkan gangguan tegangan lebih dan dapat menyebabkan gangguan hubungan singkat karena tembus isolasi peralatan (breakdown).
3. Pengaruh lingkungan seperti pohon, binatang dan benda-benda asing serta akibat kecerobohan manusia.

Bila ditinjau dari segi lamanya waktu gangguan, maka dapat dikelompokkan menjadi beberapa bagian gangguan yang bersifat temporer, yang dapat hilang dengan sendirinya atau dengan memutuskan sesaat bagian yang terganggu dari sumber tegangannya. Gangguan sementara jika tidak dapat hilang dengan segera, baik hilang

dengan sendirinya maupun karena bekerjanya alat pengaman dapat berubah menjadi gangguan permanen.

Gangguan yang bersifat permanen, dimana untuk menyebabkan diperlukan tindakan perbaikan atau menyinkirkan penyebab gangguan tersebut.

Untuk gangguan yang bersifat sementara setelah arus gangguannya terputus misalnya karena terbukanya circuit breaker oleh rele pengamannya, peralatan atau saluran yang terganggu tersebut siap dioperasikan kembali. Sedangkan pada gangguan permanen terjadi kerusakan yang bersifat permanen sehingga baru bisa dioperasikan kembali setelah bagian yang rusak di perbaiki at diganti.

Pada saat terjadi gangguan akan mengalir arus yang sangat besar pada fasa yang terganggu menuju titik gangguan, dimana arus gangguan tersebut mempunyai harga yang jauh lebih besar dari rating arus maksimum yang diijinkan, sehingga terjadi kenaikan temperatur yang dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan listrik yang digunakan.

c. Sebab-sebab timbulnya gangguan pada sistem tenaga listrik

Dalam sistem tenaga listrik tiga fasa, gangguan-gangguan arus lebih yang mungkin terjadi adalah sebagai berikut:

➤ Gangguan beban lebih(overload)

Gangguan ini sebenarnya hukan gangguan murni, tetapi bila dibiarkan terus menerus berlangsung dapat merusak peralatan listrik yang dialiri arus tersebut. Pada saat gangguan ini terjadi arus yaqng mengalir melebihi dari kapasitas peralatan listrik dan pengaman yang terpasang.

➤ Gangguan hubung singkat

Gangguan hubung dapat terjadi dua fasa, tiga fasa, satu fasa ke tanah, dua fasa ke tanah atau tiga fasa ke tanah. Gangguan hubung singkat ini sendiri dapat digolongkan menjadi dua kelompok yaitu gangguan hubung singkat simetris dan gangguan hubung singkat tak simetris (asimetri). Gangguan yang termasuk dalam hubung singkat simetris yaitu gangguan hubung singkat tiga fasa, sedangkan gangguan yang lainnya merupakan gangguan hubung singkat timetri (asimetri). Gangguan ini akan mengakibatkan arus lebih pada fasa yang

terganggu dan juga akan mengakibatkan kenaikan tegangan pada fasa yang tidak terganggu.

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

Gangguan- gangguan tidak simetri akan menyebabkan mengalirnya arus tak seimbang dalam sistem sehingga untuk analisa gangguan digunakan metode komponen simetri untuk menentukan arus maupun tegangan di semua bagian sistem yang telah terjadi gangguan. Gangguan ini akan mengakibatkan arus lebih pada fasa yang terganggu. Gangguan dapat di perkecil dengan cara pemeliharaannya.

Adapun akibat-akibat yang ditimbulkan dengan adanya gangguan hubung singkat tersebut antara lain:

- Rusaknya peralatan listrik yang berada dekat dengan gangguan yang disebabkan arus-arus yang besar, arus tak seimbang maupun tegangan-tegangan rendah.
- Berkurangnya stabilitas daya sistem tersebut.
- Terhentinya kontinuitas pelayanan listrik kepada konsumen apabila gangguan hubung singkat tersebut sampai mengakibatkan bekerjanya CB yang biasa disebut dengan pemadaman listrik.
- Gangguan tegangan lebih

Gangguan tegangan lebih diakibatkan karena adanya kelainan pada sistem. Gangguan tegangan lebih dapat terjadi antara lain karena:

- Gangguan petir
 - Gangguan surja hubung, di antaranya adalah penutupan saluran tak serempak pada pemutus tiga fasa, penutupan kembali saluran dengan cepat, pelepasan beban akibat gangguan, penutupan saluran yang semula tidak masuk sistem menjadi masuk sistem dan sebagainya.
-

2.5 Daya dalam sistem tenaga listrik

Daya listrik di definisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam rangkaian listrik. Satuan SI daya listrik adalah watt. Daya dalam watt yang diserap oleh suatu beban pada tiap saat adalah hasil kali jatuh kali tegangan antara beban dalam volt dengan arus yang mengalir dalam beban tersebut dalam amper^[3].

Dalam sistem listrik arus bolak-balik (AC) tiga fasa, ada tiga jenis daya yang dikenal, yaitu:

a. Daya aktif (*active power*)

Daya aktif (*active power*) adalah daya yang terpakai untuk melakukan energi sebenarnya. Satuan daya aktif adalah watt. Misalnya energi panas, cahaya, mekanik dan lain-lain. Daya aktif secara umum dapat dinyatakan oleh persamaan:

$$P_{1fasa} = V_f I_f \cos \varphi \dots\dots\dots (2.1)$$

$$P_{3fasa} = \sqrt{3} V_L I_L \cos \varphi \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

V_L = tegangan antar fasa (volt).

V_f = tegangan fasa netral (volt).

I_L = arus antar fasa (Amper).

I_f = arus antar fasa-netral (Amper).

P = daya aktif (Watt)

b. Daya reaktif (*reactive power*)

Daya reaktif adalah jumlah daya yang di perlukan untuk membentuk medan magnet. Dari pembentukan medan magnet maka akan terbentuk fluks medan magnet. Contoh daya yang menimbulkan daya reaktif adalah transformator, motor, lampu pijar dan lain-lain. Satuan daya reaktif adalah Var. Persamaan daya reaktif adalah:

$$Q_{1fasa} = V_f I_f \sin \varphi \dots\dots\dots (2.3)$$

$$Q_{3fasa} = \sqrt{3} V_L I_L \sin \varphi \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

V_L = tegangan antara fasa (Volt)

V_f = tegangan fasa-netral (Volt)

I_L = arus antar fasa (Amper)

I_f = arus fasa-netral (Amper)

Q = daya reaktif (VAR)

c. Daya semu (apparent power)

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

$$S = P + jQ \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

P = daya aktif (Watt)

Q = daya reaktif (VAR)

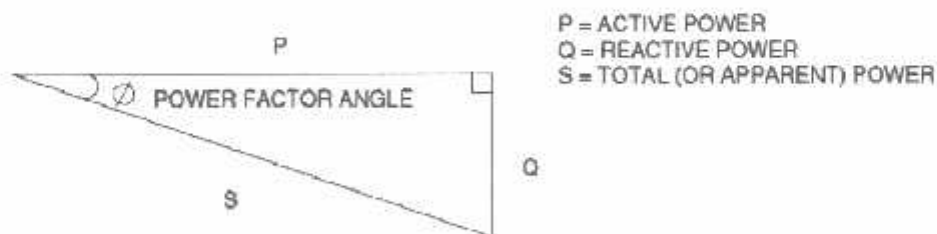
S = daya semu (VA)

d. Faktor daya (*Power factor*)

Faktor daya (Cos) dapat di definisikan sebagai rasio perbandingan antara daya aktif (watt) dan daya nyata (VA) yang digunakan dalam circuit AC atau beda sudut fasa antara V dan I yang biasanya dinyatakan dalam $\cos \phi$ dinyatakan dalam persamaan:

$$\text{Faktor daya } x = \frac{\text{daya nyata (W)}}{\text{daya semu (VA)}} \dots\dots\dots (2.6)$$

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



Gambar 2.2

Segitiga daya dan hubungannya antara daya aktif reaktif dan daya semu
(Sankaran, 2002)^[6]

dari persamaan 2.5 dijabarkan menjadi:

$$\begin{aligned} \cos \varphi &= \frac{P}{S} = \frac{P}{P + jQ} = \frac{W}{VA} \\ W &= VA \cos \varphi \\ VAR &= VA \sin \varphi = W \tan \varphi \\ \tan \varphi &= \frac{VAR}{W} \end{aligned} \quad (2.5)$$

dimana:

$$\begin{aligned} \cos \varphi &= \text{faktor daya} \\ P &= \text{daya nyata (Watt)} \\ S &= \text{daya semu (VA)} \\ Q &= \text{daya reaktif (VAR)} \end{aligned}$$

2.6 Sistem Per Unit (PU)

Sistem per unit untuk suatu besaran adalah perbandingan besaran tersebut terhadap nilai dasarnya yang dinyatakan dalam desimal. Kelebihan dari metode per unit adalah hasil perkalian dari dua besaran yang dinyatakan dalam per unit sudah langsung diperoleh dalam bentuk per unit juga.

- a. Untuk sistem satu fasa perhitungan per unitnya sebagai berikut:

$$I_{\text{dasar}} = \frac{kVA_{1\phi} \text{ dasar}}{\text{tegangandasar, } KV_{L-N}} (A) \quad (2.6)$$

$$Z_{\text{dasar}} = \frac{(\text{tegangandasar, } KV_{L-N})^2 \times 1000}{kVA_{1\phi}} (\Omega) \quad (2.7)$$

- b. Untuk sistem tiga fasa perhitungan per unitnya sebagai berikut:

$$I_{\text{dasar}} = \frac{kVA_{3\phi} \text{ dasar}}{\sqrt{3} \times \text{tegangandasar, } KV_{L-L}} (A) \quad (2.8)$$

$$Z_{\text{dasar}} = \frac{(\text{tegangandasar, } KV_{L-L})^2}{MVA_{3\phi}} (\Omega) \quad (2.9)$$

Impedansi per unit untuk suatu komponen dari suatu sistem dinyatakan menurut dasar yang berbeda dengan dasar yang dipilih untuk bagian dari sistem dimana komponen tersebut berada. Karena semua impedansi dalam bagian manapun dalam suatu sistem harus dinyatakan dengan dasar impedansi yang sama, maka dalam perhitungannya kita perlu mempunyai cara untuk dapat mengubah impedansi per unit dari suatu dasar ke dasar yang lain.

2.7 Tegangan Dip

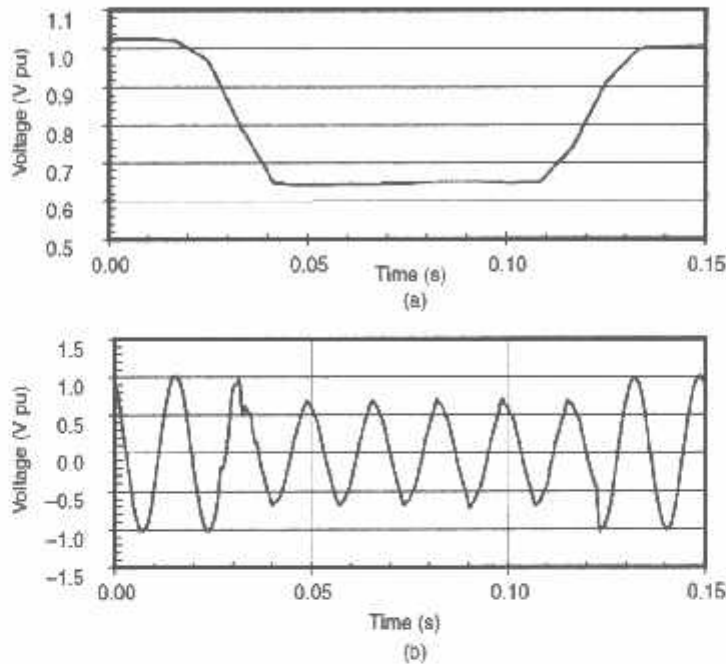
Secara teoritis diketahui bahwa pada saat sebuah motor induksi terhubung ke jaringan sistem yang besar, maka motor induksi tersebut akan menarik arus start yang sangat besar dari jaringan sehingga jumlah total arus yang mengalir akan menyebabkan terjadinya drop tegangan yang bertambah pada jaringan sistem utama. Tegangan dip akibat tarikan arus starting motor ini akan mempengaruhi besar tegangan pada sisi beban-beban yang lain yang tentunya akan mengalami penurunan tegangan sesaat^[7].

Besarnya penurunan tegangan dan durasi yang termasuk dalam kategori tegangan dip adalah 0.1 sampai 0.9 per unit (pu) selama 0.5 cycle sampai 1 menit berdasarkan *stadart IEEE 1195 1995*.

2.7.1 Penyebab terjadinya *Tegangan dip*

Tegangan Dip biasanya disebabkan karena gangguan pada sistem (seperti gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, petir yang menyambar kawat listrik, kecelakaan saat perbaikan dalam keadaan bertegangan) yang terjadi pada lokasi yang jauh, kegagalan pada salah satu *feeder parallel* dan *starting* motor dengan kapasitas besar^[1].

Gambar 2.4 menunjukkan terjadinya gelombang tegangan dip yang disebabkan oleh hubung singkat satu fasa ke tanah tegangan dip berkisar pada amplituda 80% dengan waktu antara 3 cycle sampai *circuit breaker* (CB) akan berkerja untuk menghilangkan gangguan.

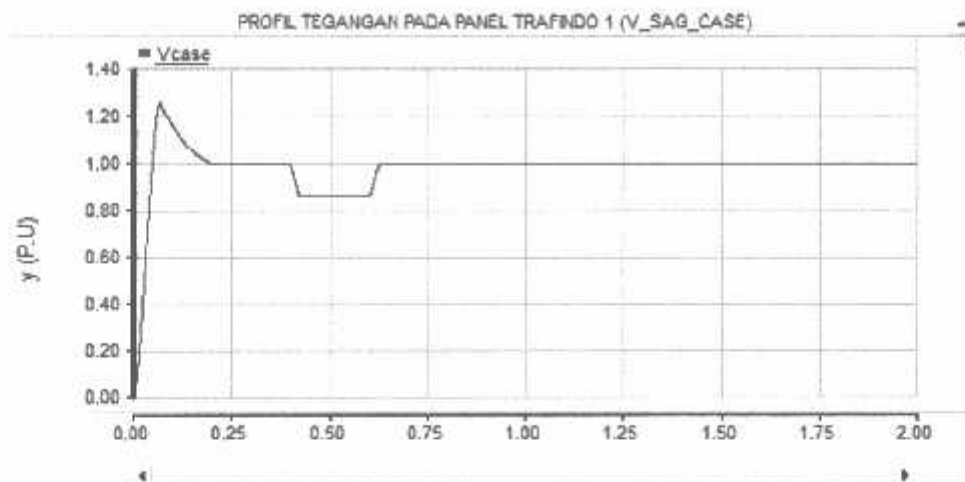


Gambar 2.3

Tegangan dip yang disebabkan oleh hubung singkat satu fasa ke tanah

- (a) Bentuk gelombang *RMS* untuk Tegangan dip .
 (b) Bentuk gelombang sinus Tegangan dip ^[1]

Gambar 2.4 mengilustrasikan bentuk gelombang tegangan dip yang disebabkan oleh *starting* motor. Pada saat *starting* motor. Tegangan dip yang terjadi mencapai 79%. Motor induksi akan menarik arus *start* tegangan penuh sebesar 6 sampai 10 kali arus nominal beban penuh agar dapat memperoleh torsi *starting* yang cukup untuk mulai berputar. Adanya arus *start* besar yang secara tiba-tiba ditarik dari sistem tenaga listrik dapat menyebabkan terjadinya tegangan dip.



Gambar 2.4
Tegangan dip yang disebabkan oleh starting motor.

Besaran tegangan dip tergantung pada:

- Lokasi gangguan.
- Tipe gangguan: satu-fasa, dua fasa atau tiga fasa, tanahkan atau tidak ditanahan.
- Impendansi gangguan/resistansi.

2.7.2 Peralatan yang peka akibat Tegangan Dip

Peralatan pada proses industri sangat peka terhadap permasalahan tegangan dip karena peralatan tersebut saling berhubungan satu dengan yang lainnya, jika terjadi *trip*/padam dari berbagai komponen dalam suatu proses industri akan mengakibatkan seluruh pembangkit tidak berkerja.

Beberapa contoh peralatan yang peka terhadap tegangan dip, yaitu:

- Motor kontaktor dan relay elektromekanik

Bila tegangan kedip terjadi pada motor kontaktor maka kontak pada motor tersebut akan terbuka secara langsung, yang kemudian proses industri akan terhenti. Hal ini terjadi juga pada kontaktor-kontaktor elektromekanik.

- High-Intensity Discharge (HID) Lamp*

Tegangan yang kurang dari 80% dari tegangan normal maka lampu merkuri akan padam dan memerlukan waktu untuk hidup kembali.

- Adjustable Speed Motor Driver (ASDs)*

Tegangan dip akan menyebabkan tidak bekerjanya ASDs. Kontak relay pada ASDs akan terbuka ketika terjadi tegangan dip dan mengakibatkan pengaruh itu tidak bekerja lagi.

d. *Programmabel Logic Controller (PLC)*

Peralatan PLC merupakan peralatan yang penting dalam proses industri, karena biasanya seluruh proses sering berada di bawah kendali alat ini. Unit pengendali I/O (*input/output*) akan padam/trip untuk tegangan sebesar 90% dari tegangan normal selama beberapa periode. Kepekaan terhadap tegangan dip bervariasi akan tetapi secara keseluruhan bagian dari sistem PLC akan diketahui sangat sensitif terhadap tegangan dip.

2.8 *Dynamic Voltage Restorer (DVR)*

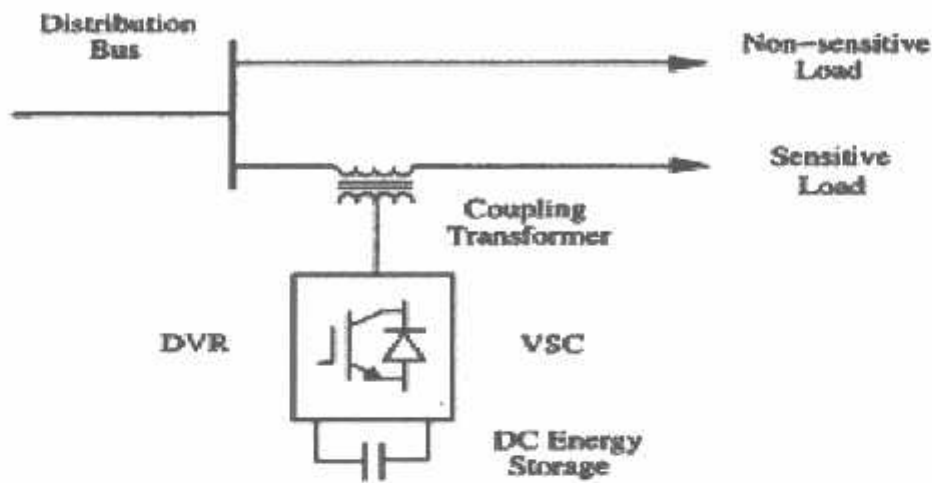
Pada skripsi ini dibahas perencanaan dan simulasi *Dynamic Voltage Restorer (DVR)* untuk mengkompensasi penurunan tegangan yang terjadi dan meningkatkan faktor daya pada sistem. DVR adalah peralatan kompensasi yang direncanakan terdiri dari beberapa komponen utama, seperti: sumber DC, kapasitor, *Voltage Source Converter (VSC)*, *Injection Transformers*.

Tegangan kedip yang di sensor akan diproses dalam sistem kontrol. Hasilnya digunakan sebagai sinyal *input* bagi *sinusoidal PWM*. Kemudian, *Sinusoidal PWM* akan mengaktifkan *inverter* yang akan menghasilkan arus kompensasi yang akan disuntikkan ke dalam sistem melalui transformator. Hasil simulasi menunjukkan bahwa *DVR* mampu memperbaiki penurunan tegangan yang terjadi pada sistem akibat gangguan hubung singkat tiga fasa serta meningkatkan faktor daya pada sistem ketika sistem dibebani dengan beban yang memiliki faktor daya yang rendah.

2.8.1 Struktur rangkaian *DVR*

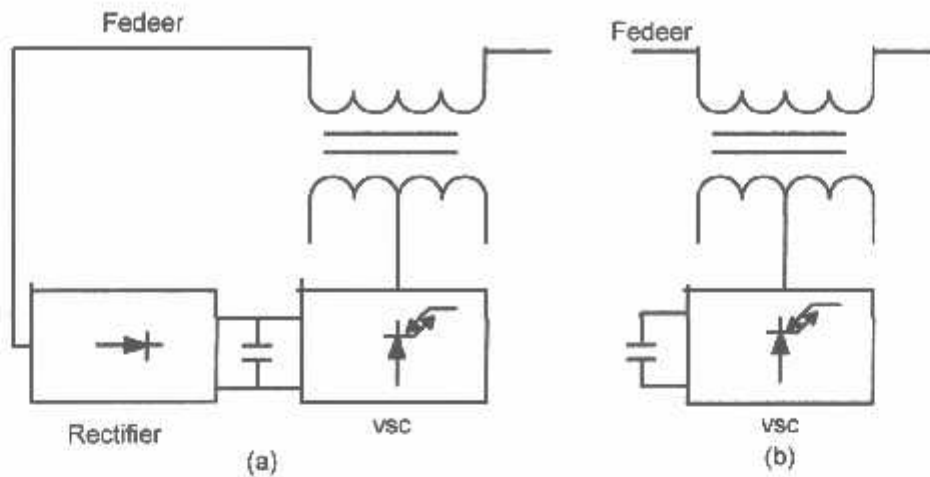
Secara singkat, struktur *DVR* ditunjukkan pada gambar 2.5. pengendali tegangan ini terhubung secara seri dengan beban yang terlindungi. Biasanya sambungan dibuat melalui transformator yang di konfigurasi peralatan

elektronika daya. Tegangan yang dihasilkan sumber sama dengan tegangan yang disuntikkan dari *DVR*. Daya reaktif di hasilkan oleh konverter sedangkan daya aktif di hasilkan oleh penyimpanan energi ini dapat berbeda di setiap pemasangan *DVR* disesuaikan dengan kebutuhan kompensasi.



Gambar 2.5
Diagram blok fungsional untuk *DVR*^[8].

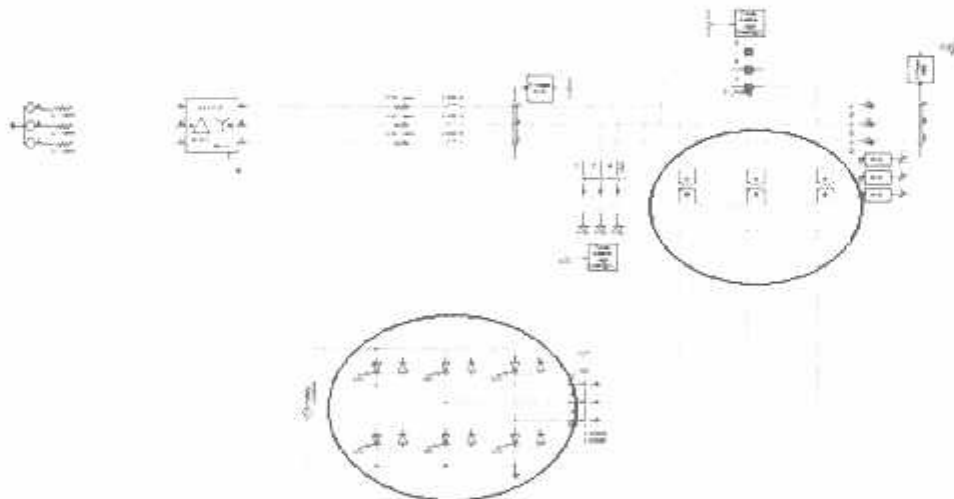
Fungsi dari *energi storage* adalah sebagai sumber tegangan. Sumber dari *DVR* ini bisa juga di ambil dari tegangan saluran seperti pada Gambar 2.6 (a), sumber dc yang berdiri sendiri. Gambar 2.6(b). Tegangan sebelum menginjeksi akan dinaikan oleh sebuah trafo yang dihubungkan secara seri dengan sistem. Besarnya tegangan yang disuplai oleh peralatan ini akan menyesuaikan dengan kurangnya tegangan akibat pengasutan motor induksi.



Gambar 2.6
Model sumber DC

(a) Sumber DC yang di ambil dari *feeder*. (b) Sumber DC yang berdiri sendiri^[11].

Voltage source Converter (VCS) Gambar 2.7 berupa komponen *switching* yaitu *IGBT*, *GTO* atau komponen elektronika daya lainnya. *VSC* fungsinya membangkitkan tegangan sinusoidal dengan magnitudo, frekuensi dan sudut fasa yang diinginkan. *PWM* generator sebagai pengatur dari proses *switching* sebuah *VSC* agar menghasilkan tegangan yang sinusoidal.

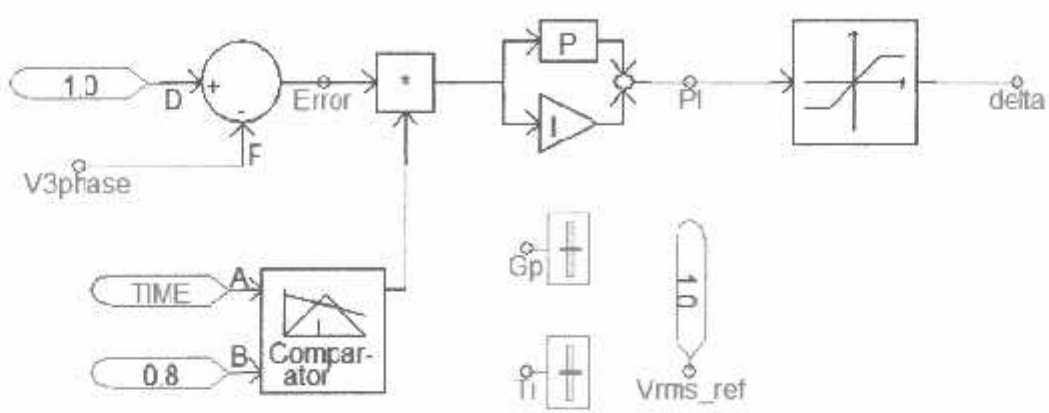


Gambar 2.7

Model *VSC* pada rangkaian *DVR* dan hubungan *Coupling Transformer* dengan sistem.

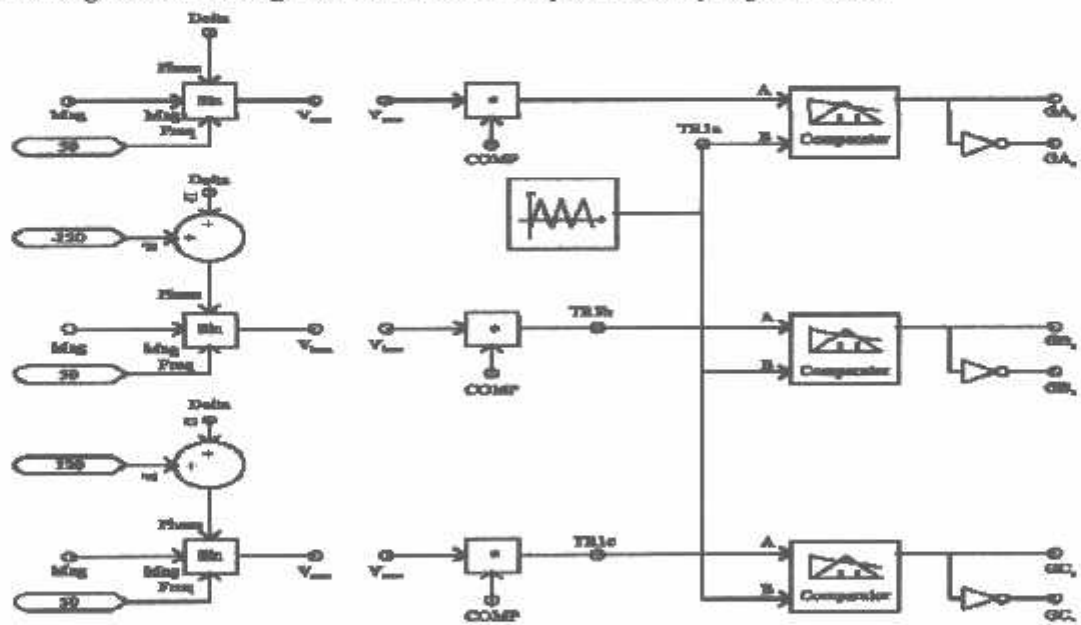
Coupling Transformer Gambar 2.7 yang terhubung secara seri dengan sistem yang fungsinya menaikkan tegangan keluaran dari *VSC* dan dilengkapi

dengan filter yang fungsinya untuk mengurangi harmonisa yang mengalir pada sistem akibat adanya rangkaian elektronika daya pada *VSC*.



Gambar 2.8
VSC Controller Pada PSCAD.

Pada gambar 2.8. adalah *VSC controller*. Sinyal tegangan *error* yang diperoleh dengan membandingkan antara tegangan *rms* (*Vrms*) yang diukur terhadap tegangan *rms* referensi (*vrms_ref*). Perbedaan dua sinyal tersebut diproses oleh pengendali *PI* untuk mendapatkan sudut fasa yang di butuhkan kemudian akan digunakan dalam *PWM* generator sebagai sudut fasa dari sinyal kontrol yang sinuoidal.

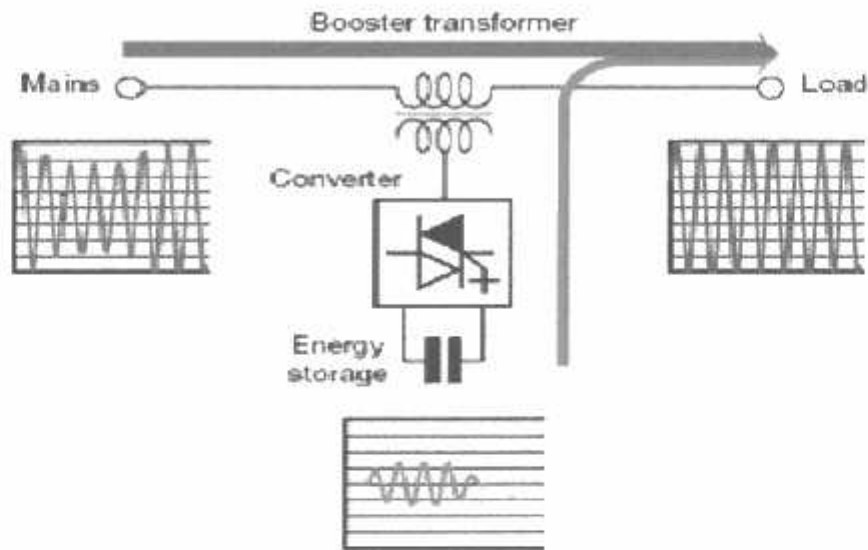


Gambar 2.9
Impedansi *PWM* pada *PSCAD*^[9]

2.8.2 Prinsip kerja dari *DVR*

DVR adalah sumber reaktif kontrol, yang mencakup konverter sumber tegangan (*VSC*) dan link kapasitor DC tergantung secara seri, mampu menghasilkan

dan menyerap daya reaktif. Prinsip-prinsip operasi dari *DVR* didasarkan pada kesetaraan yang tepat dari kompensator konvensional yang berputar sinkron. Terminal AC sebuah *VSC* yang terhubung ke *Point Of Common Coupling (PCC)* melalui induktansi, yang bisa menjadi induktansi filter atau induktansi kebocoran dari transformator kopling, seperti yang di tunjukkan pada gambar 2.10

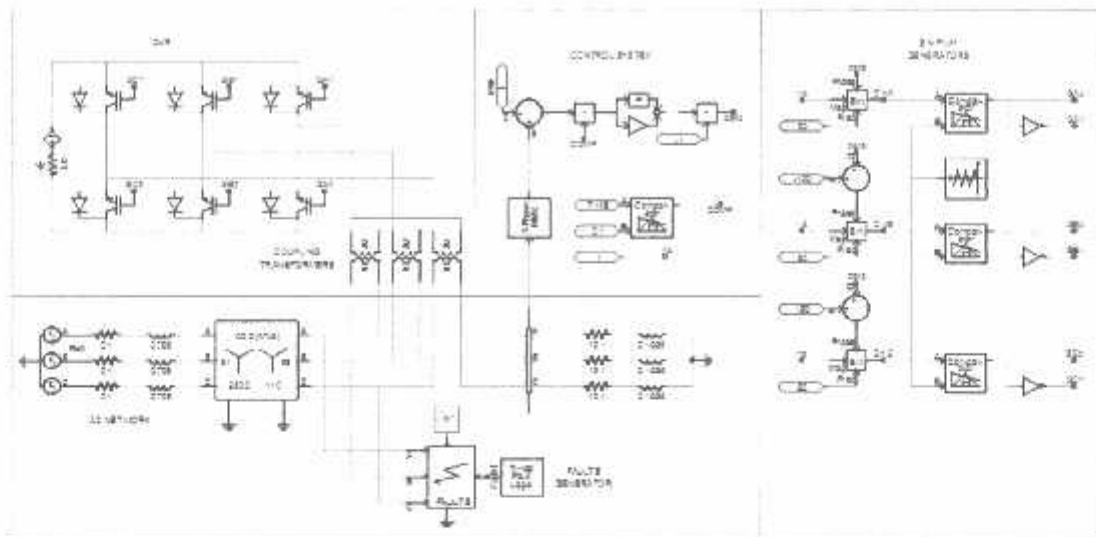


Gambar 2.10
Struktur dasar *DVR*^[10].

Sisi DC *converter* terhubung ke sebuah kapasitor DC, yang membawa riak arus masukan dari *converter* dan merupakan unsur utama penyimpanan energi reaktif. Kapasitor ini dapat suplai oleh sumber baterai, atau dapat diisi sebelumnya oleh *converter* itu sendiri. Jika tegangan output dari *VSC* adalah sama dengan tegangan terminal AC, tidak ada daya reaktif yang dikirim ke sistem. Jika tegangan *output* lebih besar dari tegangan terminal AC, *DVR* berada dalam modus kapasitif operasi dan sebaliknya. Kuantitas aliran daya reaktif sebanding dengan perbedaan dalam dua tegangan.

Perlu dicatat bahwa pengaturan tegangan di *PCC* dan koreksi faktor daya tidak dapat dicapai secara bersamaan. Untuk *DVR* di gunakan untuk regulasi tegangan pada *PCC*, kompensasi harus sedemikian rupa sehingga arus pasokan harus memimpin tegangan suplai. Strategi pengendalian yang di teliti dalam skripsi ini di terapkan dengan tujuan untuk memperbaiki tegangan dip yang terjadi pada sistem. Pemodelan *DVR* pada

PSCAD dapat di tunjukan pada Gambar 2.11



Gambar 2.11
Contoh pemodelan rangkain *DVR* dalam *PSCAD*

2.9 Software *PSCAD* V 4.2 Power Simulation

PSCAD adalah *graphical user interface* yang sangat baik dan fleksibel. *PSCAD* memungkinkan pengguna menggambar, mengkonstruksi sebuah rangkain, 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*:

- a. *Resistors, inductors, capacitors.*
- b. *Mutually coupled winding, such as transformers.*
- c. *Frequency dependent transmission lines and cables (including the most accurate time domain line model in the world).*
- d. *Current and voltage sources.*
- e. *Switches and breakers.*
- f. *Protection and relaying.*
- g. *Diodes, thyristors, GTOs, IGBTs.*
- h. *Analog and digital control Functions.*

- i. AC and DC machines, exciters, governors, stabilizers and inertial models.
- j. Meters and measuring functions.
- k. Generic DC and AC controls.
- l. HVDC, SVC, and other FACTS controllers.
- m. Wind source, turbines and governours.

Memulai PSCAD Power Simulation.

Tampilan utama *PSCAD Power Simulation* adalah sebagai berikut:

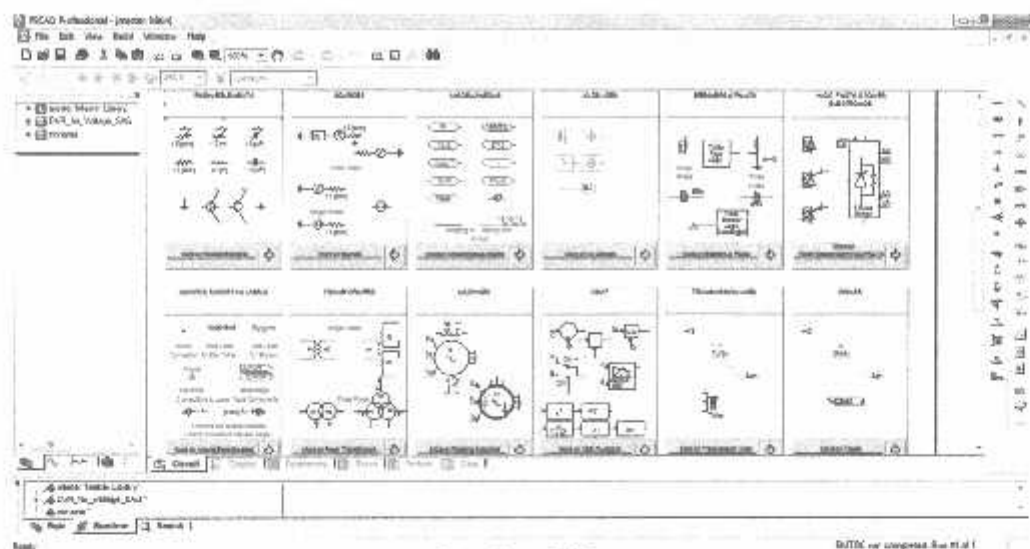
- a. Untuk memulai membuat *single line* baru maka kita klik: File > New > case. Setelah melakukan prosedur di atas secara *default PSCAD* akan memberi nama *file* baru yang kita buat dengan nama “nonome” kemudian kita klik nama *file*-nya maka akan muncul tampilan seperti gambar 2.12.



Gambar 2.12

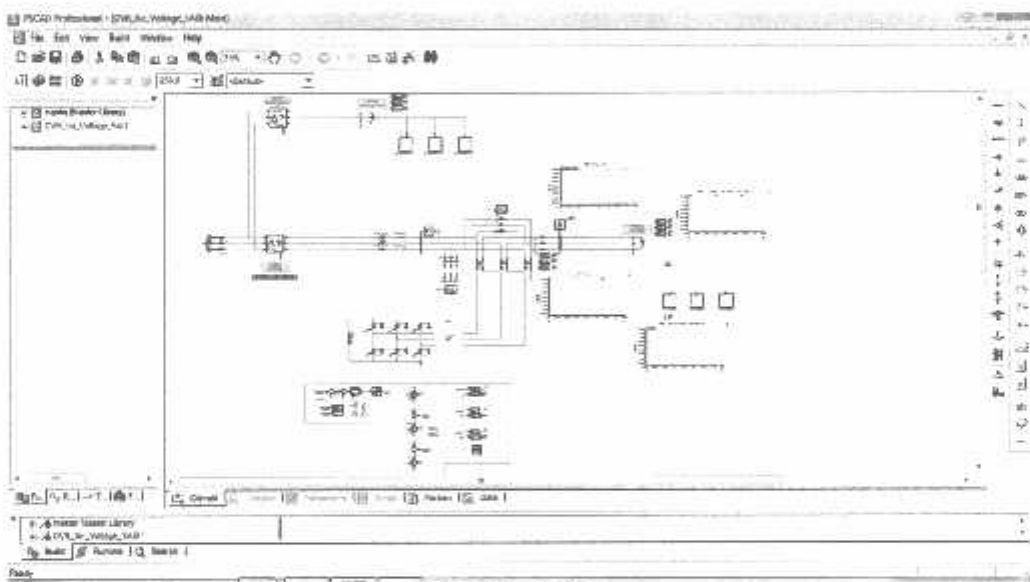
Tampilan utama *Software PSCAD/EMTDC Power Simulation*

- b. 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 2.13
Tampilan *Master Library*

c. Di bawah ini contoh pemodelan sistem daya.



Gambar 2.14
Pemodelan pada sistem daya

2.10. Sistem Pengendalian *PWM* Sinusoida

2.10.1 *PWM* Sinusoida

Gelombang sinusoidal pada tiga *VSC* dikendalikan dengan teknik *PWM*. Rencana Kendali berdasarkan *PWM* berkenaan dengan *DVR* 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 penyaluran 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 ditunjukan dalam hasil simulasi.

2.10.2 Aksi Kontrol *PWM Sinusoida Terhadap DVR*

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

2.11 Aksi Kontrol Proporsional Integral (PI)

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

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

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

2.11.2 Prinsip-Prinsip Pengendalian Proses

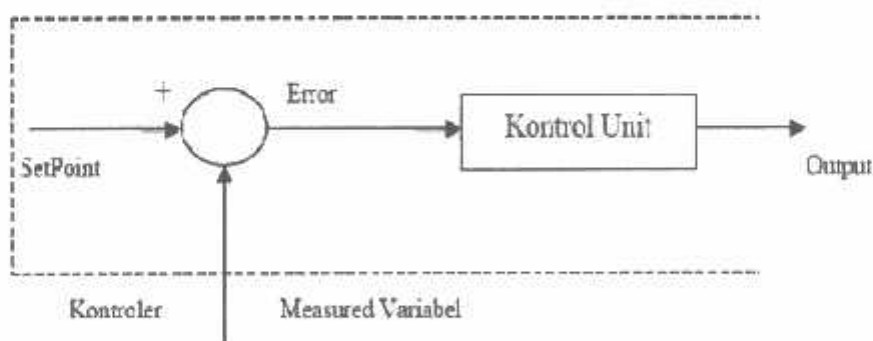
Dalam pengendali proses, operator mengerjakan empat langkah sebagai berikut: Mengukur, Membandingkan, Menghitung dan Mengoreksi. Keempat langkah yang dilakukan operator itu, seluruhnya dapat dikerjakan oleh instrumentasi. Manusia kemudian sama sekali tidak menentukan keempat langkah tadi. Operator

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

2.11.3 Prinsip Kerja Pengendali

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

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

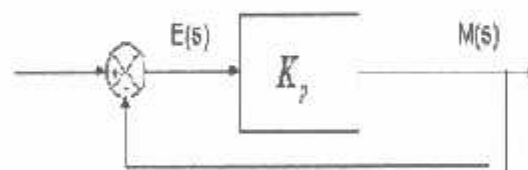


Gambar 2.15
Kontroler Dan Diagram Kotaknya

2.11.4 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 2.16
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 :

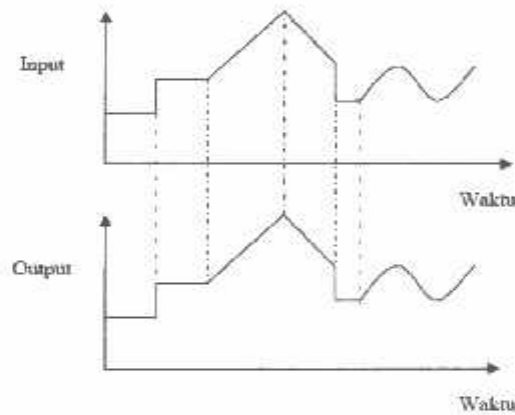
$$PB = \frac{1}{K_p} \times 100\%$$

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 3.6 jelas terlihat bahwa output selalu mengikuti input secara proporsional. Naik turunnya input diikuti secara langsung oleh output, dan besarnya selalu sama dengan input kali gain. Karena unit kontrol proporsional ini bukan fungsi waktu, dinamik gain pengendali ini sama dengan *steady state* gainnya. Dengan kata lain, besarnya gain tidak tergantung pada besarnya frekuensi loop.



Gambar 2.17
Response Sebuah Pengendali Proporsional

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

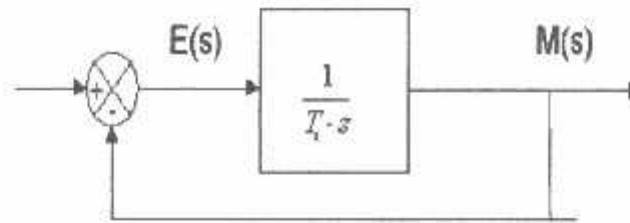
2.11.5 Pengendali Integral (*Integrator Controller*)

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.

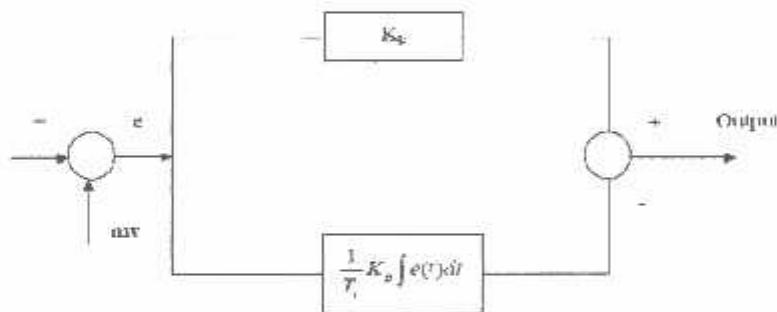
Gambar 3.8 menunjukkan blok diagram antara kesalahan dengan keluaran suatu kontroler integral.



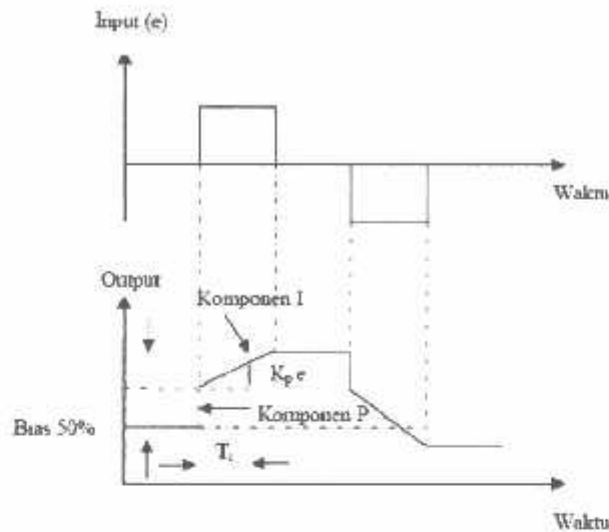
Gambar 2.18
Blok Diagram Kontroler Integral

2.11.6 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 2.19
Diagram Kotak Pengendali PI



Gambar 2.20
Hubungan Input-Output Pengendali PI dalam Fungsi Waktu

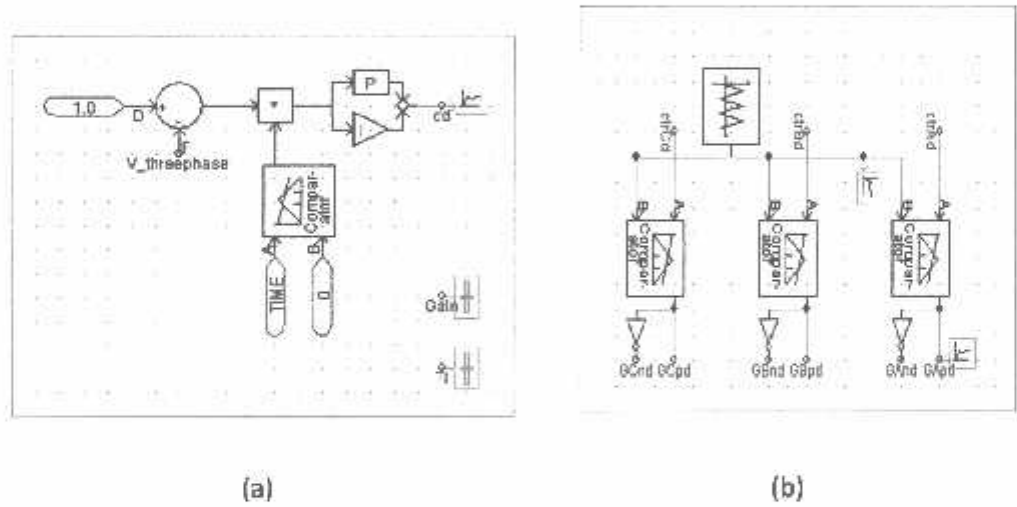
2.11.7 Kompensasi DVR Pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik

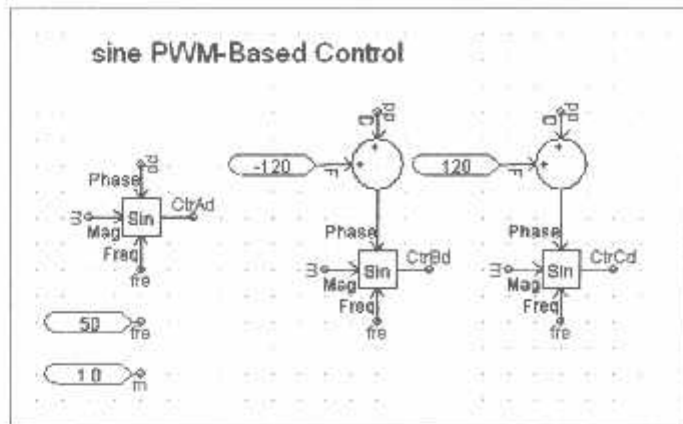
Ketidakstabilan tegangan dalam sistem distribusi bisa menyebabkan terjadinya pemborosan energi listrik. Ketidakstabilan itu dapat diartikan tegangan pada suatu fase lebih besar, lebih kecil atau berfluktuasi terhadap tegangan standar. Sedangkan akibat pemborosan energi listrik itu maka timbul panas sehingga 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 *DVR*. 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 tegangan dip seimbang maupun tegangan dip tak seimbang. Untuk mengatasi permasalahan ini *DVR* 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 penggunaanya dapat dipadukan ke dalam sistem tenaga listrik baik sisi tegangan tinggi maupun tegangan rendah. Dalam hal ini *DVR* dilengkapi dengan pengendali PI dan kontrol PWM.

2.11.8 Input Data Pengendali DVR





Gambar 2.21

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

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

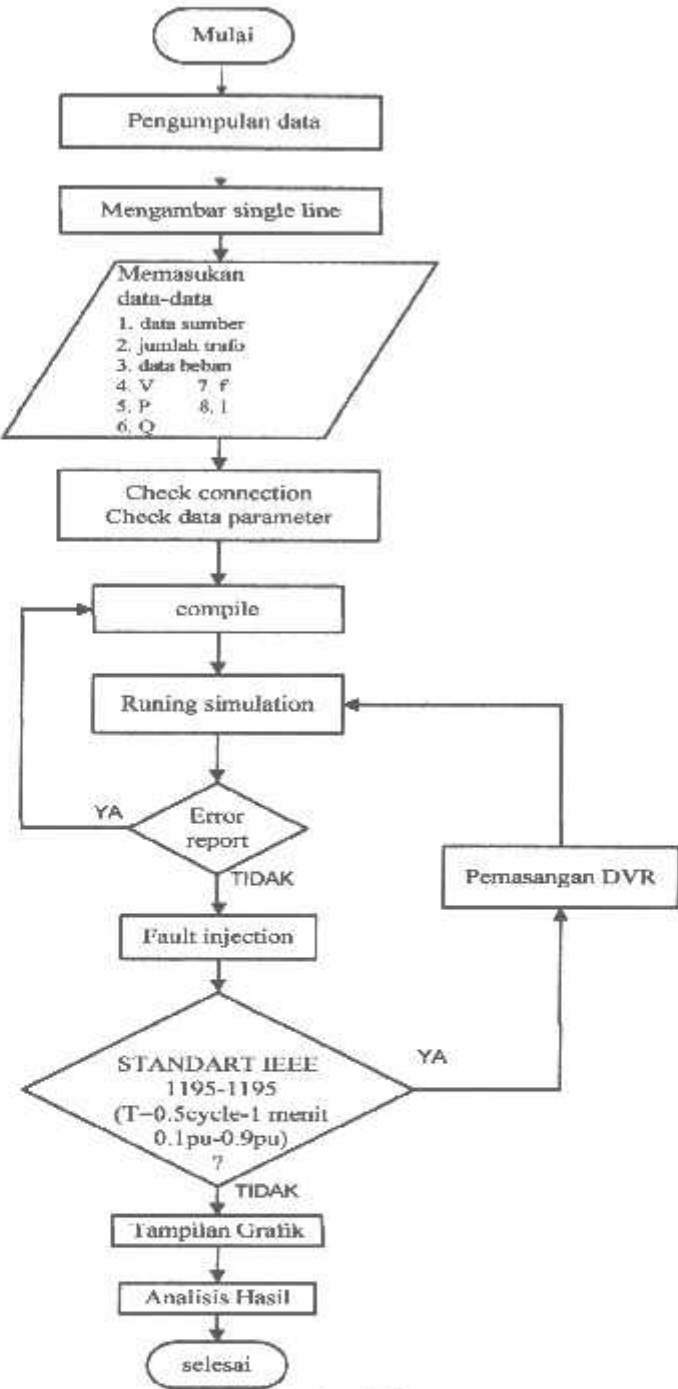
3.1 Sistematika Penelitian

Penelitian skripsi ini menganalisa masalah tegangan dip yang terjadi pada sistem daya di PT. Sopanusa Tissue. Identifikasi masalah dilakukan untuk mengetahui penyebab terjadinya tegangan dip. Tegangan dip yang terjadi di PT. Sopanusa Tissue disebabkan oleh pengasutan motor induksi khususnya motor berkapasitas besar, setelah itu dilakukan pengumpulan data, berupa data sumber, data trafo, data beban (beban motor dan beban lampu), dan *single line diagram*.

Data yang diperoleh kemudian disimulasikan ke sistem yang telah di modelkan pada *software PSCAD* sesuai dengan *single line diagram* PT. Sopanusa Tissue tersebut. Simulasi sistem yang dilakukan pada skripsi ini berupa tegangan dip yang disebabkan oleh motor *starting*. Hasil simulasi berupa tegangan, arus dan daya. Setelah mendapat hasil simulasi tersebut, kemudian dibandingkan dengan standar *IEEE 1159-1195* tentang penurunan tegangan. Jika hasil tersebut tidak sesuai dengan standar, maka dilakukan pemasangan peralatan kompensasi *DVR* yang berfungsi untuk mengurangi tegangan dip yang terjadi, setelah itu melakukan analisis hasil dan menarik kesimpulan. Diagram alir penelitian skripsi ini dapat di lihat pada gambar 3.1

Flowchart Hasil Simulasi Menggunakan Software PSCAD/EMTDC

Flowchart Diagram alir sistematika penelitian.



Gambar 3.1
Diagram alir sistematika penelitian

3.2 Alat dan bahan yang digunakan

Adapun alat yang digunakan pada penelitian dan penyusunan skripsi ini adalah:

- a. Laptop dengan spesifikasi:
 - Computer name : THOSHIBA-PC
 - Operating System: Windows 7 Home Basic
 - Processor : Intel (R) Core (TM) i3 CPU M 350 @ 2.27 GHz(4 CPUs),~ 2.3 GHz.
- b. Software PSCAD 4.2.0 versi profesional.

3.3 Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian skripsi ini di lakukan pada PT. Sopanusa Tissue Jl. Raya Ngoro No. 100 Manggunggajah Ngoro, Mojokerto-Indonesia dan Laboratorium Simulasi Sistem Tenaga Elektrik (SSTE) ITN Malang.

3.4 Sistem Kelistrikan Pada PT. Sopanusa Tissue

Dalam memenuhi kebutuhan daya listrik untuk proses produksi, penerangan dan kebutuhan energi listrik lainnya, PT. Sopanusa Tissue di suplai oleh PLN dari jaringan distribusi 20kV/380 V. Pabrik ini dapat suplai khusus dari dua trafo kapasitas masing-masing sebesar 2.500 kVA menyuplai total beban 5379,1 kW.

3.5 Data Sistem Distribusi pada PT. Sopanusa Tissue

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

3.5.1 Data Unit Transformator pada PT. Sopanusa Tissue.

PT. Sopanusa Tissue memiliki dua buah transformator khusus untuk menyuplai beban berupa motor listrik dan beban lampu. Data unit transformator dapat di lihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1
Data unit Trafo di PT. Sopanusa Tissue

TRAFINDO (UTARA)		BAMBANG DJAYA (SELATAN)	
Name Plate			
Daya	2500 kVA	Daya	2500 kVA
Tegangan Primer/Sekunder	20 kV/380 V	Tegangan Primer/Sekunder	20kV/400 V
Arus Primer/Sekunder	72,17A/3608A	Arus Primer/Sekunder	72,17A/3608,1A
Hubungan	Y/Δ	Hubungan	Y/Δ
Frekuensi	50 Hz	Frekuensi	50Hz
Volume Minyak	2025 Liter	Volume Minyak	1529 Liter
Impendansi	7%	Impendansi	75°C 7,33 %
Berat trafo	7000 Kg	Berat trafo	6200 Kg
Sistem pendingin	ONAN	Sistem pendingin	ONAN

3.5.2 Data Pembagian Transformator Dengan Beban PT. Sopanusa Tissue

Tabel 3.2 dibawah ini merupakan pembagian transformator dengan beban berupa motor induksi tiga fasa dan beban lampu.

Tabel 3.2

Data Pembagian Transformator Dengan Beban PT. Sopanusa Tissue

TRAFINDO (UTARA)						
NO	MOTOR	KAPASITAS (KW)	I (A) PLATE	I (A) TERPAKAI	HP	RPM KETERANGAN
1	Reeler	75	160	52	100,53	1485 DOL Delta
2	Hood Recirculation dry	200	340	138,5	268,09	1486 Inverter
3	Hood Recirculstion wet	200	340	138,5	268,09	1486 Inverter
4	Yanke Motor No. 1	250	430	292,5	335,12	1488 Inverter
5	Yanke Motor No. 2	250	430	292,5	335,12	1488 Inverter
6	Suction Press Roll	200	340	194,8	268,09	1485 Inverter
7	Forming cylinder	200	340	194,6	268,09	1486 Inverter
8	Krofta Recirculation No. 1	37	70	46,1	49,59	2950 DOL Delta
9	Krofta Recirculation No. 2	37	70	46,1	49,59	2950 DOL Delta
10	Lighting & Air Condition	50	67,06			
11	Fress Water to T9	18	36,5	24,8	24,12	2850 DOL Delta
12	HDC LBKP	3,7	9,3	6,2	4,95	1300 DOL Delta
13	DDR Andritz	315	538	334	422,25	990 Star/ delta (Y/Δ)
14	Mecinhe Chest Agt	15	31,4	18,7	20,10	970 DOL Delta
15	Mixing Chest Pump	22	43,2	39	29,49	1470 DOL Delta
16	Mixing Chest Agt/ Agt. Mixing Chest	15	31,4	17,7	20,10	970 DOL Delta
17	T9 to Pulper Pump	30	54,7	31,8	40,21	1470 DOL Delta
18	Broke Chest Pump	11		16,7	14,74	1450 DOL Delta
19	Broke Chest Pump Agt	15	31,4	19,2	20,10	970 DOL Delta
20	LBKP Storage Chest Pump	11	22,3	12,9	14,74	1460 DOL Delta
21	LBKP Storage Chest Agt	15	31,4	16,5	20,10	970 DOL Delta
22	Deflaker	200	341	177,8	268,09	1485 Star/ delta (Y/Δ)
23	LBKP Dump Chest Pump	22	43,2	22,6	29,49	1470 DOL Delta
24	LBKP Dump Chest Agt	15	31,4	15,7-20	20,10	970 DOL Delta
25	NBKP Storage Chest Pump	11	22,5	12,3	14,74	1470 DOL Delta

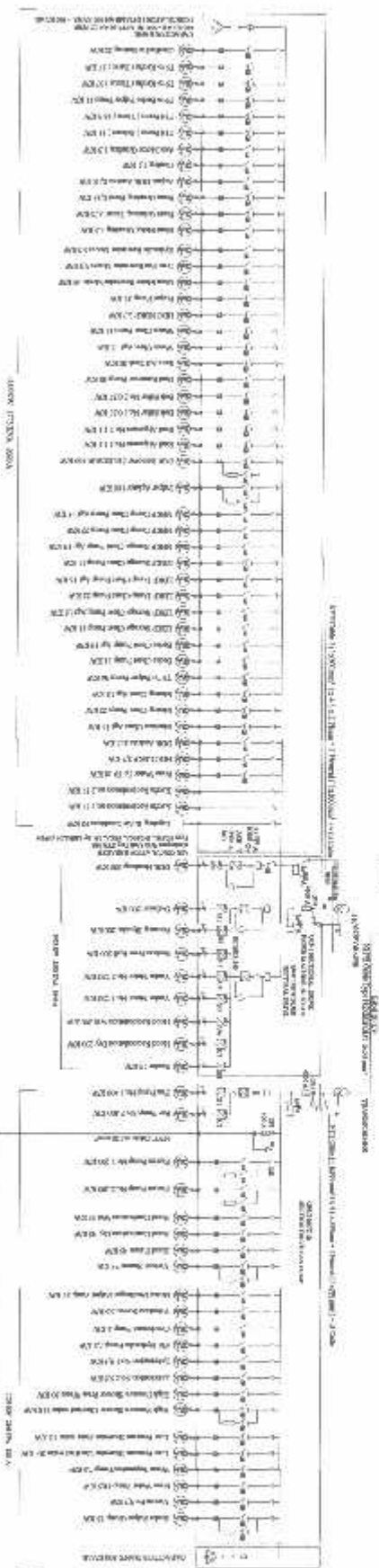
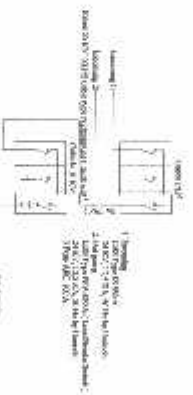
26	NBKP Storage Chast Agt	15	31,4	15	20,10	970	DOL Delta
27	NBKP Dump Chest Agt	15	31,4	18,5	20,10	970	DOL Delta
28	NBKP Dump Chest Pump	22	43,2	25,2	29,49	1470	DOL Delta
29	HDC NBKP	3,7	9,3	6,2	4,95	1300	DOL Delta
30	Pulper Pump	37	70	49	49,59	1470	Star/ delta (Y/ Δ)
31	Pulper Agiator/Low Cy Pulper	160	292	198-200	214,47	990	Star/ delta (Y/ Δ)
32	Main Motor Rewinder Mocin	45	85	55	60,32	1500	Inverter
33	Trim Fan Rewinder Mocin	5,5	17,1	7,5	7,37	2900	DOL Delta
34	Hydraulic Rewinder Mocin	5,5	17,1	4,7	7,37	1410	DOL Delta
35	Reel Aligament 1	1,1		2,3	1,4	1390	DOL Delta
36	Reel Aligament 2	1,1		2,3	1,4	1390	DOL Delta
37	Belt Chifter 1	0,37	1,9	0,8	0,5	1410	DOL Delta
38	Belt Chifter 2	0,37	1,9	0,8	0,5	1410	Inverter
39	Dust remover Fan Exhaust	160	304	106,5	214,47	1480	Star/ delta (Y/ Δ)
40	Dust Removar Pump	30	55,4	40,2	40,21	2960	DOL Delta
41	Save All Tank (Inlet Mlicra)	30	304	106,5	214,47	1480	Star/Delta(Y/ Δ)
42	Waste Chest Agiator	15	31,4	970	20,10	970	DOL Delta
43	Waste Chest Pump	11	22,3	13	14,74	1460	DOL Delta
44	Clarified to Seating	22	43,2		29,49	1470	DOL Delta
45	T9 to Krofla (barat)	37	70	48,9	49,59	1475	DOL Delta
46	T9 to krofla (timur)	37	70	48,9	49,59	1475	DOL Delta
47	T9 To Broke Pulper Pump	11	23,3	12,8	14,74	1460	DOL Delta
48	T16 Pump (Ulara)	18,5	34,7	21,6	24,79	1470	DOL Delta
49	T16 Pump (Selatan)	11	22,3	16	14,74	1460	DOL Delta
50	Adjust DDR Andritz	0,18	0,55	0,22	0,24		Inverter
51	Coating	1,1	2,55	1,3	1,47	2860	DOL Delta
52	Aux Motor Grinding	1,5	3,7	1,5	2,01	1390	DOL Delta
53	Main Motor Grinding	7,5	15,4		10,05	1450	DOL Delta
54	Pisau Grinding Barat	0,75	1,8	0,9	1,00	2830	DOL Delta
55	Pisau Grinding Timur	0,75	1,56	0,7	0,73	1400	DOL Delta
56	DDR Hsinking	500	860	519	670,24	992	Star/ delta (Y/ Δ)

Tabel 3.3

BAMBANG DIJAYA (SELATAN)							
NO	MOTOR	KAPASITAS (KW)	I (A) PLATE	I (A) TERPAKAI	HP	RPM	KETERANGAN
1	Fan Pump A	400	690	376,7	536,19	991	Inverter
2	Fan Pump B	400	690	376,2	536,19	991	Inverter
3	Vacum Pump A	200	345	331	268,09	989	Star/ delta (Y/Δ)
4	Vacum Pump B	200	345	331	268,098	989	Star/ delta (Y/Δ)
5	Hood Kombustion Wet	45	79	49,8	60,32	2960	Soft Start
6	Hood Kombustion Dry	45	79	52,3	60,32	2960	Soft Start
7	Hood Fumes	45	81	48,4	60,32	1475	DOL Delta
8	Vertical Screen	75	138	76,9	100,53	988	Start/delta (Y/Δ)
9	Broke Discchanger Pulper Pump	37	100	28,4	24,39	1460	DOL Delta
10	Vibration Screen	5,5	430	11,9	11,55	1440	DOL Delta
11	Trim Fan Recard	22	41		29,49	1465	DOL Delta
12	Condensate Pump	4	7,9	6,5	5,3	1480	DOL Delta
13	PM Hydraulic Pump	7,5	16	10,2	10,05	1450	DOL Delta
14	Lubrication A	5,5	11,4	8,6	11,55	1440	DOL Delta
15	Lubrication B	5,5	11,4	8,6	11,55	1440	DOL Delta
16	High Pressure shower Fress Water	30	54	45	40,21	2982	DOL Delta
17	High Pressure shower Clarified water	110	190	146,3	147,45	2982	Star/ delta (Y/Δ)
18	Low Pressure shower Fress water	15	54	45	40,21	2982	DOL Delta
19	Low Pressure shower Clarified water	30	56	42,6	40,21	1645	DOL Delta
20	Water Separation Pump	7,5	15,2	8,7	10,05	1445	DOL Delta
21	Fress Water Pump	18,5					
22	Vacum Pit	3,7	8,3	4,3	4,95	1460	DOL Delta
23	Broke Pulper Group	55	100	66,2	73,72	1480	Star/ delta (Y/Δ)
24	Rewinder Main Motor Recard	160	280	155	214,47	1486	Inverter
25	Rewinder Belt Shifter 1	0,37	2,1	0,7	0,49	1690	DOL Delta

26	Rewinder Belt Shifter 2	0,37	2,1	0,7	0,49	1690	DOL Delta
27	Rewinder Belt Shifter 3	0,37	2,1	0,7	0,49	1690	DOL Delta
28	Rewinder Belt Shifter 4	2,37		0,9	3,65		DOL Delta
29	Rewinder Reel Alignment 1	1,1	4,8	2,3	1,47	1390	DOL Delta
30	Rewinder Reel Alignment 2	1,1	4,8	2,3	1,47	1390	DOL Delta
31	Rewinder Reel Alignment 3	1,1	4,8	2,3	1,47	1390	DOL Delta
32	Hydraulic Rewinder Record 1	11	40	151	14,74	1460	DOL Delta
33	Hydraulic Rewinder Record 2	11	40	151	14,74	1460	DOL Delta

PT. SOPANISA
TISUE & PACKING MATERIALS



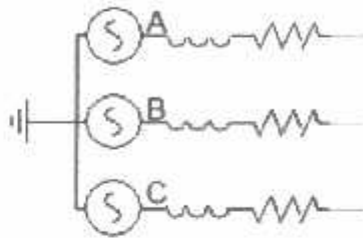
Gambar 4.2

Single Line Diagram PT. Sopanusa Tissue

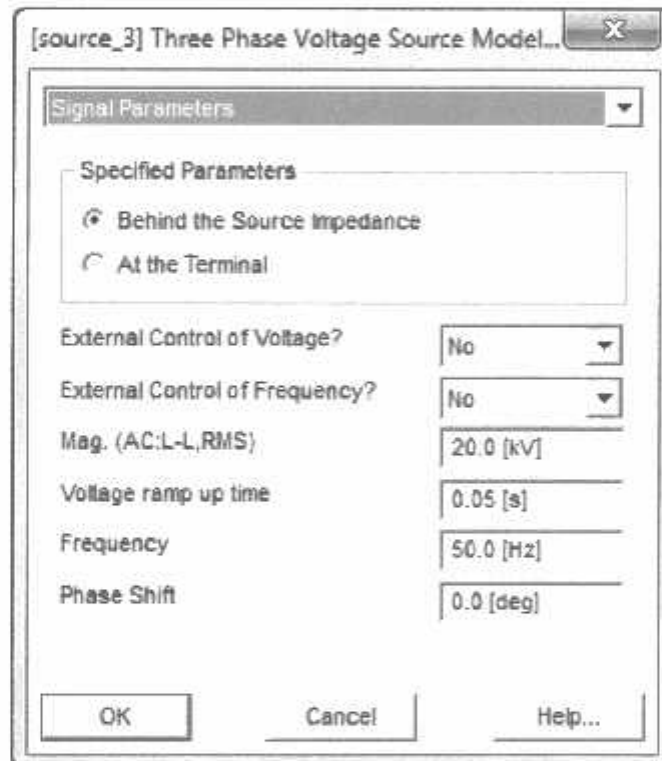
3.6 Pemodelan sistem dan Input Data

a. Sumber 3 Fasa

Pada sumber 3 fasa data yang di inputkan meliputi kapasitas tegangan yaitu sebesar 20 kv dengan frekuensi 50 Hz.



(a)



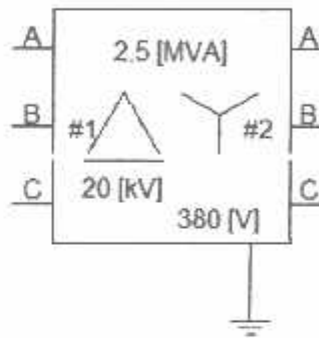
(b)

Gambar 3.3

(a) Pemodelan Sumber 3 Fasa, (b) input data pada pemodelan sumber 3 fasa

b. Trafo Tiga Fasa

Pada trafo tiga fasa data yang di inputkan meliputi kapasitas trafo 2,5 MVA frekuensi 50 Hz hubungan delta bintang (Δ/Y) dengan kapasitas tegangan 20 kV/380 V



(a)

Configuration	
Transformer Name	TRAFINDO
3 Phase Transformer MVA	2.5 [MVA]
Base operation frequency	50.0 [Hz]
Winding #1 Type	Delta
Winding #2 Type	Y
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

OK Cancel Help...

(b)



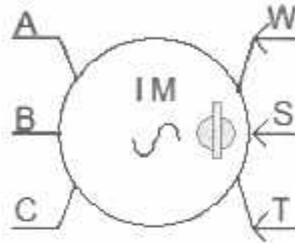
(c)

Gambar 3.4

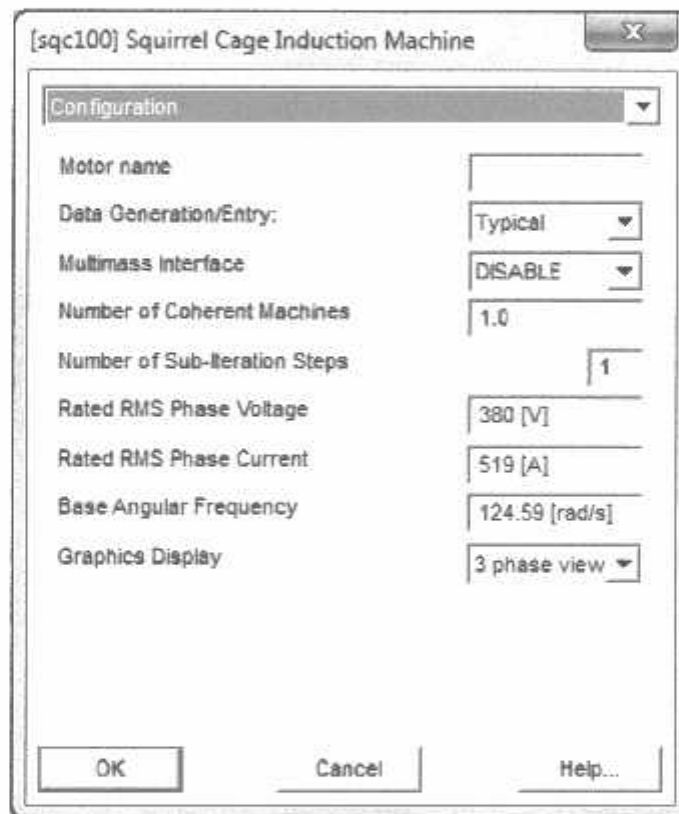
(a) Pemodelan Trafo 3 Fasa (b) konfigurasi data pada pemodelan trafo (c)
Winding Voltages pada pemodelan

c. Motor Induksi 3 Fasa

Pada motor induksi tiga fasa data yang dimasukkan diambil dari salah satu motor induksi data yang di inputkan meliputi kapasitas tegangan 380 V, kapasitas arus 519 A , putaran motor dalam Rad/s =124,59 dengan daya pada motor dalam satuan hp 670,24.



(a)



(b)



(c)

Gambar 3.5

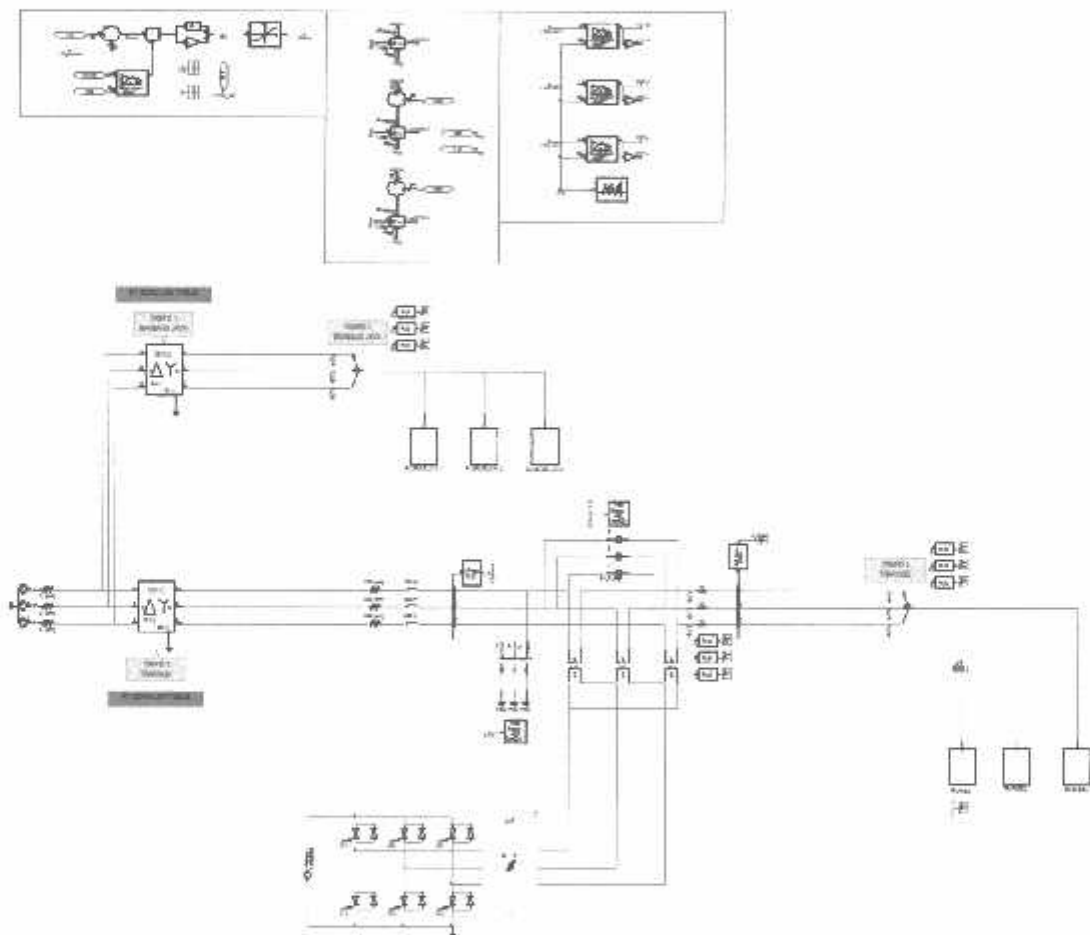
(a) Pemodelan motor induksi 3 fasa,(b) dan (c) konfigurasi input data pada pemodelan

BAB IV

ANALISIS HASIL SIMULASI

4.1 Single Line Sistem Distribusi PT. Sopanusa Tisuee 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* PT. Sopanusa Tissue yang digambarkan menggunakan *software PSCAD/EMTDC SIMULATION*.



Gambar 4.1
Pemodelan Keseluruhan sistem daya PT. Sopanusa Tissuee Dalam Program *PSCAD*

4.2 Solusi Perbaikan Profile Tegangan Dip Menggunakan *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 PT. Sopanusa Tissue dan solusi yang ingin diberikan dapat dilakukan menggunakan *software PSCAD*.

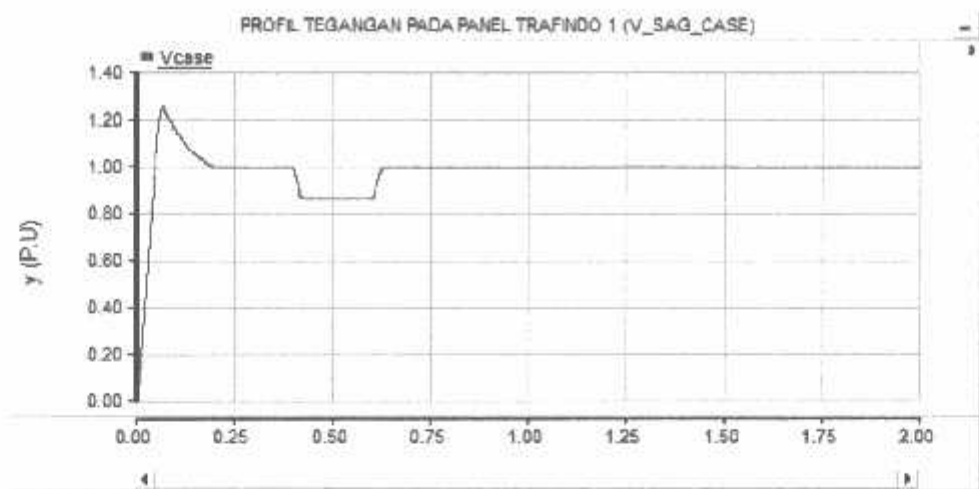
4.3 Analisa Hasil Perbaikan Profil Tegangan Akibat Tegangan Dip Pada Motor Induksi Menggunakan *DVR*.

4.3.1 Hasil Perhitungan dan Simulasi Sebelum Kompensasi *DVR*

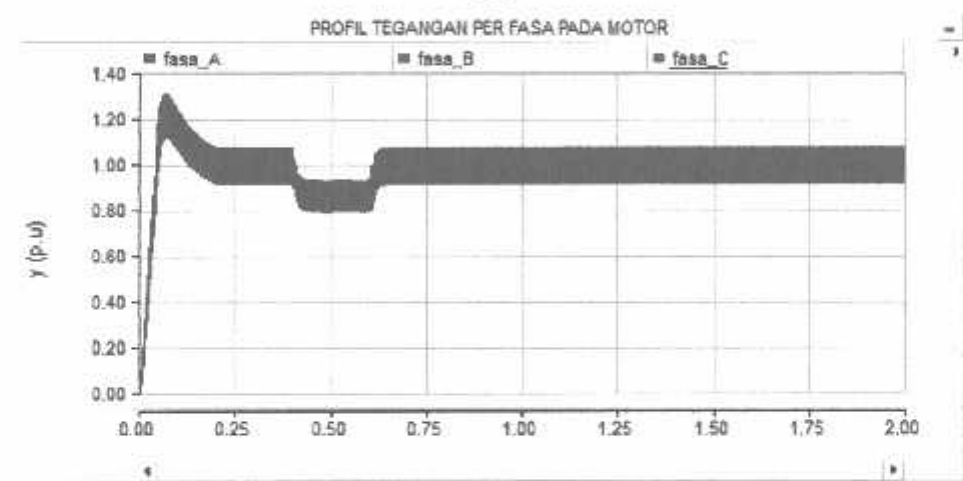
Pada simulasi awal, komponen *DVR* tidak melakukan kompensasi sama sekali. *DVR* belum bekerja dan tidak memberikan tegangan injeksi ke beban yang mengalami gangguan. maka dengan ini akan dapat diketahui perbedaan kondisi sistem sebelum dan sesudah menggunakan peralatan *DVR* dalam hal mereduksi tegangan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

a. Analisa Tegangan Dip Sebelum Pemasangan *DVR*

Pada gambar 4.2 dapat dilihat bahwa, pada saat $t = 0 \text{ s} - 0.4 \text{ s}$ tegangan naik sampai 1.2 pu ini dikarenakan banyaknya beban motor pada saat starting. setelah pada $t = 0.4 - 0.6 \text{ s}$ tegangan turun menjadi $V = 0.856 \text{ pu}$ atau $V = 325,28 \text{ volt}$. Tegangan turun (tegangan dip) tersebut terjadi akibat adanya starting motor induksi berkapasitas besar. Gambar 4.2 (a) merupakan profil tegangan 3 fasa pada panel trafindo 1, sedangkan pada gambar (b) adalah profil tegangan per fasa pada motor induksi.



(a)



(b)

Gambar 4.2
Bentuk Gelombang Tegangan Sebelum Pemasangan DVR

(a) Bentuk Gelombang profil tegangan pada panel trafindo 1, (b) Bentuk Gelombang profil tegangan per fasa pada motor induksi.

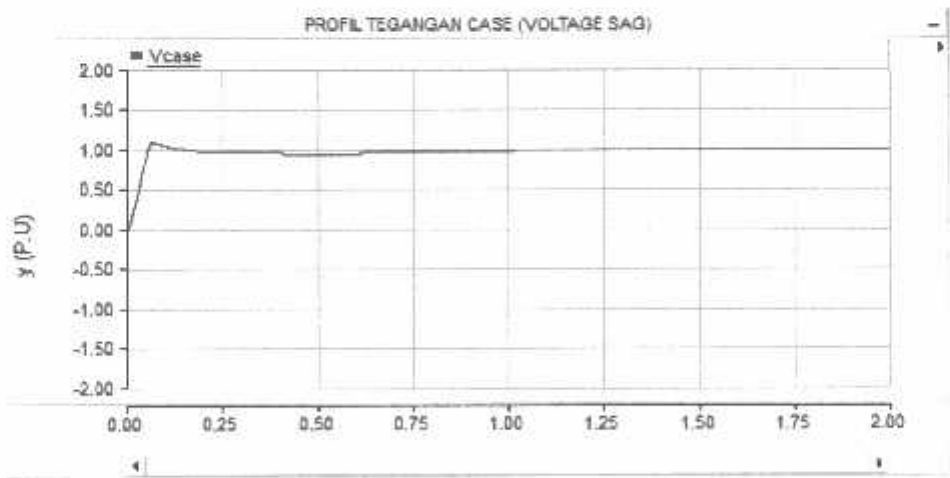
Dari grafik di atas, tampak bahwa tegangan muatan kritis sistem mengalami gangguan karena pengaruh dari tegangan dip. Pada gambar 4.2 gangguan tegangan dip turun sekitar 0.856 atau 325,28 volt. Besar nilai dari grafik tersebut dapat dilihat pada tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4.2
Hasil Nilai Keluaran Tegangan Saat Terjadi tegangan dip sebelum Kompensasi *DVR*

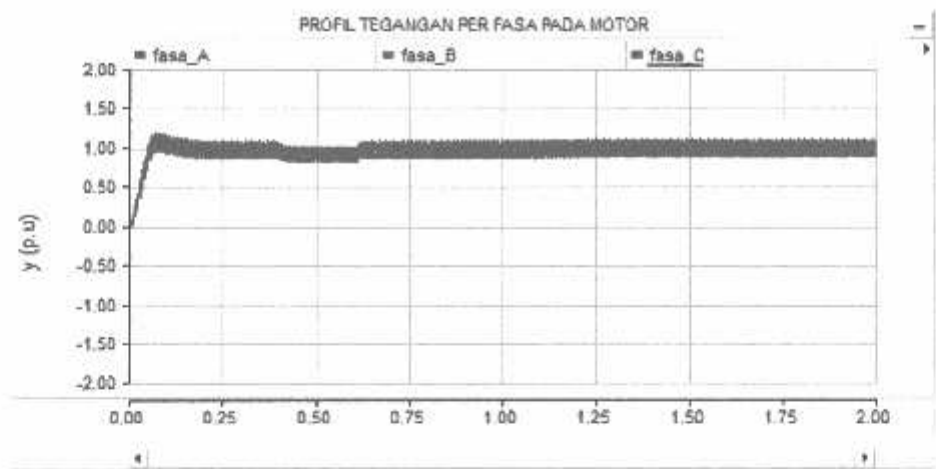
No	Nama Beban Motor	Tegangan (pu)
1	Reeler	0.8584
2	Hood Recirculation dry	0.8561
3	Hood Recirculstion wet	0.8538
4	Yanke Motor No. 1	0.8585
5	Yanke Motor No. 2	0.8585
6	Suction Press Roll	0.8590
7	Forming cylinder	0.8593
8	Deflaker	0.8596

b. Analisa tegangan Dip setelah Pemasangan *DVR*

Pada gambar 4.5 dapat dilihat bahwa, pada saat $t= 0\text{ s} - 0.4\text{ s}$ tegangan masih 1 pu hal ini di karenakan starting motor yang berkapasitas besar, setelah pada $t= 0.4 - 0.6\text{ s}$ tegangan dapat dikompensasi menjadi $V= 0.987$ pu atau $V= 375,06\text{ volt}$. Gambar 4.5 (a) merupakan Profil tegangan 3 fasa pada panel trafindo 1, sedangkan pada gambar (b) adalah gambar profil tegangan per fasa pada panel trafindo 1.



(a)



Gambar 4.5
Bentuk Gelombang Tegangan setelah Pemasangan *DVR* (a) Bentuk gelombang profil tegangan pada panel trafindo 1, (b) Bentuk gelombang profil tegangan per fasa pada motor trafindo 1

Gangguan tegangan dip menyebabkan tegangan rms penurunan sampai lebih dari setengah dari nilai nominal tegangan muatan kritis, namun peralatan *DVR* mampu memberi kompensasi dengan baik. Kesimpulannya gangguan dari tegangan dip tersebut, *DVR* mampu memberikan kompensasi yang baik sehingga tegangan dapat kembali pada nilai yang diijinkan pada kisaran (0.95 – 1.05 pu). Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.5

Tabel 4.5
Hasil Nilai Keluaran Tegangan Saat Terjadi Tegangan Dip Setelah Kompensasi *DVR*

N o	Nama Beban Motor	Tegangan (pu)
1	Reeler	0.9872
2	Hood Recirculation dry	0.9872
3	Hood Recirculstion wet	0.9856
4	Yanke Motor No. 1	0.9844
5	Yanke Motor No. 2	0.9843
6	Suction Press Roll	0.9837
7	Forming cylinder	0.9837
8	Deflaker	0.9842

Keadaan sistem jauh lebih stabil pada saat penggunaan kompensator *DVR* pada saat terjadi gangguan Tegangan Dip dibandingkan keadaan sistem tanpa penggunaan kompensator *DVR*. Hal ini dapat diamati pada saat sistem dalam keadaan steady state, saat terjadi Tegangan Dip. Hal itu menunjukkan bahwa *DVR* telah melakukan kinerja yang sangat bagus dalam melindungi beban kritis terhadap penurunan tegangan terhadap ke tiga jenis gangguan tersebut.

4.4 Perbandingan Nilai Hasil Simulasi Sebelum dan Sesudah Kompensasi.

Perbandingan Tegangan Dengan dan Tanpa *DVR*

Untuk mengetahui kerja *DVR* dalam melindungi beban kritis dari gangguan tegangan dip tersebut maka yang dilakukan adalah mencari perbedaan nilai tegangan tiap *node* dengan simulasi yang terdiri dari kondisi saat gangguan dengan kompensasi dan tanpa kompensasi.

Tabel 4.8
Perbandingan Hasil Nilai Tegangan Saat Terjadi
Tegangan Dip akibat *Starting Motor Induksi*
Dengan Kompensasi dan Tanpa Kompensasi *DVR*

No.	Nama Beban Motor	Tegangan (pu)	
		Tanpa <i>DVR</i>	Dengan <i>DVR</i>
1	Reeler	0.8584	0.9872
2	Hood Recirculation dry	0.8561	0.9872
3	Hood Recirculstion wet	0.8538	0.9856
4	Yanke Motor No. 1	0.8585	0.9844
5	Yanke Motor No. 2	0.8585	0.9843
6	Suction Press Roll	0.8590	0.9837
7	Forming cylinder	0.8593	0.9837
8	Deflaker	0.8596	0.9842

4.5 Analisa Hasil

Dari tabel 4.8 dapat dilihat bahwa peralatan *DVR* mampu mereduksi penurunan tegangan yang diakibatkan oleh gangguan starting motor yang terjadi

pada sistem dan peralatan *DVR* mampu mengembalikan tegangan pada kisaran nilai yang diijinkan yaitu (0.95 - 1.05 pu).

Dimana ditunjukkan bahwa :

Pada saat terjadinya gangguan tegangan dip :

a. Reeler :

Sebelum kompensasi $V_{rms} = 0.8584$

Setelah kompensasi $V_{rms} = 0.9872$

b. Hood Recirculation dry :

Sebelum kompensasi $V_{rms} = 0.8561$

Setelah kompensasi $V_{rms} = 0.9872$

c. Hood Recirculstion wet :

Sebelum kompensasi $V_{rms} = 0.8538$

Setelah kompensasi $V_{rms} = 0.9856$

d. Yanke Motor No. 1

Sebelum kompensasi $V_{rms} = 0.8585$

Setelah kompensasi $V_{rms} = 0.9844$

e. Yanke Motor No. 2

Sebelum kompensasi $V_{rms} = 0.8585$

Setelah kompensasi $V_{rms} = 0.9843$

f. Suction Press Roll

Sebelum kompensasi $V_{rms} = 0.8590$

Setelah kompensasi $V_{rms} = 0.9837$

g. Forming cylinder

Sebelum kompensasi $V_{rms} = 0.8593$

Setelah kompensasi $V_{rms} = 0.9837$

h. Deflaker

Sebelum kompensasi $V_{rms} = 0.8596$

Setelah kompensasi $V_{rms} = 0.9842$

Analisa perhitungan besar tegangan yang diinjeksikan pada saluran pada kasus ini diambil contoh pada Motor Reeler, dimana :

$V_{tanpa\ DVR} = 0.8584\ pu$

$V_{dengan\ DVR} = 0.9872\ pu$

Besar optimasi perbaikan kualitas tegangan sebesar :

$$\begin{aligned} V_{optimasi} &= V_{with\ DVR} - V_{without\ DVR} \\ &= 0.9872\ (pu) - 0.8584\ (pu) \\ &= 0.1288\ (pu) \end{aligned}$$

Mengingat $V_{ref} = 380\ V$ maka,

$V_{optimasi} = 0.1288 \times 380\ V = 48.944\ Volt$

Prosentase besar $V_{optimasi}$ yang diperoleh adalah :

$$\begin{aligned} \% V_{optimasi} &= \left| \frac{V_{with\ DVR} - V_{without\ DVR}}{V_{with\ DVR}} \right| \times 100\ \% \\ &= \left| \frac{0.9872 - 0.8584}{0.9872} \right| \times 100\ \% \\ &= 0.1304 \times 100\ \% = 13.04\ \% \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, besar $\% V_{optimasi}$ pada setiap motor ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 4.11
Prosentase $V_{optimasi}$

No.	Nama beban motor	Tegangan hasil optimasi	
		V	%
1	Reeler	48.944	13.04
2	Hood Recirculation dry	48.944	13.04
3	Hood Recirculstion wet	48.944	13.04
4	Yanke Motor No. 1	48.944	13.04
5	Yanke Motor No. 2	48.944	13.04
6	Suction Press Roll	48.944	13.04
7	Forming cylinder	48.944	13.04
8	Deflaker	48.944	13.04

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari simulasi dan analisa yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan :

- a. Pemasangan *DVR* dapat memperbaiki tegangan dip yang terjadi pada sistem akibat pengasutan motor.
- b. Dilihat hasil pemodelan terjadi penurunan tegangan setelah terjadi gangguan pengasutan motor induksi pada saat $t = 0.4s - 0.6s$ sebesar 0.8584 pu atau 326.1 volt. Setelah pemasangan *DVR* saat $t = 0.4s - 0.6s$ terjadi kenaikan tegangan sebesar 0.9872 pu atau 375,1 Volt.
- c. Perbaikan tegangan sudah memenuhi standar IEEE yang telah ditentukan penyedia yaitu $V = 0.9-1$ pu.

5.2 Saran

Beberapa hal yang perlu disarankan untuk keperluan lebih lanjut dalam melakukan penelitian adalah sebagai berikut:

- Dalam melaksanakan penelitian sebaiknya mahasiswa memahami terlebih dahulu apa yang akan dilakukan pada tempat penelitian.
- Tegangan dip yang terjadi karena akibat starting motor induksi perlu diatasi secepatnya karena dapat mengakibatkan kerusakan pada beban itu sendiri atau beban-beban yang sensitif terhadap tegangan dip.

LAMPPIRAN



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 : **Alexandrinho Maria Dos Santos**
Nim : **07.12.013**
Jurusan : **Teknik Elektro**
Konsentrasi : **Teknik Energi Listrik S-1**
Masa Bimbingan : **Semester Genap 2012**
Judul : **ANALISIS PERBAIKAN TEGANGAN DIP
AKIBAT ARUS STARTING MOTOR INDUKSI
DENGAN DYNAMIC VOLTAGE RESTORER
(DVR) MENGGUNAKAN SOFTWARE
PSCAD/EMTDC DI PT. SOPANUSA TISSUE
MOJOKERTO INDONESIA**

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

Pada Hari : Kamis
Tanggal : 02 Agustus 2012
Dengan Nilai : 82 (A)✓

PANITIA UJIAN SKRIPSI

Ketua Majelis Penguji


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

Sekretaris Majelis Penguji


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

ANGGOTA PENGUJI

Dosen Penguji I


Awan Uji Krismanto, ST. MT
NIP.P.1980030120012005011002

Dosen Penguji II


Ir. Choirul Saleh, MT
NIP.P.1018800190



FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Jenjang Strata I Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Teknik Elektronika, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

Nama : Alexandrinho Maria Dos Santos
Nim : 07.12.013
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Masa Bimbingan : Semester Genap 2012
Judul Skripsi : ANALISIS PERBAIKAN TEGANGAN DIP AKIBAT ARUS STARTING MOTOR INDUKSI DENGAN DYNAMIC VOLTAGE RESTORER (DVR) MENGGUNAKAN SOFTWARE PSCAD/EMTDC DI PT. SOPANUSA TISSUE MOJOKERTO

Penguji	Tanggal	Uraian	Paraf
Penguji I	02 Agustus 2012	Perbaikan laporan Bab III: • Perbaiki Flowchart • Perbaiki saran.	

Disetujui:

Penguji I

Awan Uji Krismanto, ST. MT
NIP.P.198003012005011002

Penguji II

Ir. Choirul Saleh, MT
NIP.Y.1018800190

Mengetahui:

Dosen Pembimbing I

Ir. Taufik Hidayat, MT
NIP.Y.1018700151

Dosen Pembimbing II

Bambang Prio Hartono, ST. MT
NIP.Y.10280400082



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Alexandrinho M dos Santos
Nim : 07.12.013
Masa Bimbingan : Mei-Agustus
Judul Skripsi : ANALISIS PERBAIKAN TEGANGAN DIP AKIBAT ARUS
STARTING MOTOR INDUKSI DENGAN DYNAMIC
VOLTAGE RESTORER (DVR) MENGGUNAKAN
SOFTWARE PSCAD/EMTDC DI PT. SOPANUSSA TISSUE
MOJOKERTO INDONESIA.

No.	Tanggal	Uraian	Parap Pembimbing
1.	28-05-2012	Konsultasi BAB I Mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian dan batasan masalah.	
2.	22-06-2012	Konsultasi BAB I sampai BAB III	
3.	29-06-2012	Konsultasi tentang BAB III mengenai flowchart diagram alir sistematika penelitian dengan menggunakan PSCAD	
4.	13-07-2012	Konsultasi BAB IV sampai BAB V	
5.	19-07-2012	Revisi BAB IV mengenai memasukkan data-data pada program PSCAD	
6.	31-07-2012	Revisi BAB V makalah seminar hasil mengenai kesimpulan dalam pernyataan pada point B dan C	
7.			
8.			
9.			

Malang, Agustus 2012
Dosen Pembimbing,

Ir. Taufik Hidavat, MT
Nip. P. 1018700151

Form.S-4b



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Alexandrinho M dos Santos
Nim : 07.12.013
Masa Bimbingan : Mei-Agustus
Judul Skripsi : **ANALISIS PERBAIKAN TEGANGAN DIP AKIBAT ARUS STARTING MOTOR INDUKSI DENGAN DYNAMIC VOLTAGE RESTORER (DVR) MENGGUNAKAN SOFTWARE PSCAD/EMTDC DI PT. SOPANUSSA TISSUE MOJOKERTO INDONESIA.**

No.	Tanggal	Uraian	Parap Pembimbing
1.	28-05-2012	Konsultasi BAB I Mengenai latar belakang, rumusan masalah tujuan penelitian dan batasan masalah.	
2.	22-06-2012	Konsultasi BAB I sampai BAB III	
3.	29-06-2012	Konsultasi tentang BAB III mengenai flowchart diagram alir sistematika penelitian dengan menggunakan PSCAD	
4.	13-07-2012	Konsultasi BAB IV sampai BAB V	
5.	16-07-2012	Revisi BAB III mengenai pemodelan dan input data pada program PSCAD	
6.	19-07-2012	Revisi BAB IV mengenai hasil dari simulasi tersebut yang nilai hasilnya tidak diambil yang mendekati nilai standarisasi PLN yaitu 0.95-1.05 Pu	
7.			
8.			
9.			

Malang, Agustus 2012
Dosen Pembimbing,



Bambang Prio Hartono, ST,MT
Nip. P. 10280400082

Form.S-4b



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

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

NAMA : ALEXANDRINHO M DOS SANTOS
NIM : 0712013
Perbaikan meliputi :

-Perbaikan flancher

-Perbaikan gambar !!

Malang,

2/8/13

(AWAN) KRUMAYTO, ST MT
198003012001011002

```

=====
! Generated by : PSCAD v4.2.0
!
! Warning: The content of this file is automatically generated.
! Do not modify, as any changes made here will be lost!
=====
! Component : Main
! Description :
=====

SUBROUTINE DSDyn()

!-----
! Standard includes
!-----

INCLUDE 'nd.h'
INCLUDE 'emtconst.h'
INCLUDE 'emttstor.h'
INCLUDE 's0.h'
INCLUDE 's1.h'
INCLUDE 's2.h'
INCLUDE 's4.h'
INCLUDE 'branches.h'
INCLUDE 'pssadv3.h'
INCLUDE 'fnames.h'
INCLUDE 'radiolinks.h'
INCLUDE 'matlab.h'

!-----
! Function/Subroutine Declarations
!-----

! SUBR Untitled_32Dyn !
! SUBR Untitled_33Dyn !
! SUBR Untitled_34Dyn !
! SUBR Untitled_27Dyn !
! SUBR Untitled_31Dyn !
! SUBR Untitled_35Dyn !
! SUBR EMTDC_XGEN ! 'Signal Generator /w Interpolation'
! SUBR EMTDC_K2COMP ! 'Comparator with Interpolation'
! REAL EMTDC_XPI ! 'Proportional-Integral Controller /w interpolation'
! REAL LIMIT ! Hard Limiter
! SUBR TSAT21 ! Transformer Saturation Subroutine
! SUBR 3PHVSRC ! 3-Phase Source model
! SUBR 1PVSRC ! Single-Phase Source model

!-----
! Variable Declarations
!-----

! Subroutine Parameters

! Electrical Node Indexes
INTEGER NT_5, NT_12, NT_13, NT_14, NT_15
INTEGER NT_16, NT_17, NT_18, NT_19, NT_34
INTEGER NT_35, NT_36

! Control Signals
INTEGER RY_PASS, SAG, IT_1, mag, freq
INTEGER Vrms_ref, GAn, GBn, GCn, IT_2, IT_3
INTEGER IT_4, IT_5, IT_6
REAL TRI, RMS, VcCOM, VbCOM, VaCOM, RT_1
REAL V3phase, PI, Vb, Vc, Va, Eu, Ev, Ew
REAL Er, Es, Et, V_case, DVR, delta, Gp
REAL Ti, Error, GAp, GBp, GCp, RT_2
REAL RT_3, RT_4, RT_5, RT_6, RT_7, RT_8

```

```

      REAL    RT_9, RT_10, RT_11, RT_12, RT_13
      REAL    RT_14, Isa, Isb, Isc

! Internal Variables
      INTEGER B Stt1, B Stt2, B Stt3, ISTORI
      REAL    RVD2_1(2), X_KNEE, TURNS_V, E_MAC
      REAL    F_RAD, R_PH

! Indexing variables
      INTEGER ISTOF, ISTOP, IT_0
      INTEGER ISUBS, SS(1), IBRCH(1), INODE
      INTEGER IXFMR
! Storage Indexes
! SS/Node/Branch/XCmr

-----
! Record local indexes
-----

! Dsdyn <-> Dsout transfer index storage
      NTXFR = NTXFR + 1
      TXFR(NTXFR,1) = NSTOL
      TXFR(NTXFR,2) = NSTOI
      TXFR(NTXFR,3) = NSTOF

! Record Offset and Increment Storage Counters
      ISTOI = NSTOI
      NSTOI = NSTOI + 14
      ISTOP = NSTOF
      NSTOF = NSTOF + 42
      NPGS = NPGS + 11
      INODE = NNODE + 2
      NNODE = NNODE + 33
      IXFMR = NXFMR
      NXFMR = NXFMR + 9

! Initialize Subsystem Mapping
      ISUBS = NSUBS + 0
      NSUBS = NSUBS + 1

      DO 100 IT_0 = 1,1
         SS(IT_0) = SUBS(ISUBS + IT_0)
      100 CONTINUE

! Initialize Branch Mapping.
      IBRCH(1) = NBACH(SS(1))
      NBACH(SS(1)) = NBACH(SS(1)) + 34

-----
! Transfers from Storage Arrays
-----

      TRI = STOF(ISTOF + 1)
      BY_PASS = STOI(ISTOI + 1)
      RMS = STOF(ISTOF + 2)
      SAG = STOI(ISTOI + 2)
      IT_1 = STOI(ISTOI + 3)
      VcCOM = STOF(ISTOF + 3)
      VbCOM = STOF(ISTOF + 4)
      VaCOM = STOF(ISTOF + 5)
      RT_1 = STOF(ISTOF + 6)
      V3phase = STOF(ISTOF + 7)
      PT = STOF(ISTOF + 8)
      vb = STOF(ISTOF + 9)
      Vc = STOF(ISTOF + 10)
      Va = STOF(ISTOF + 11)
      Eu = STOF(ISTOF + 12)
      Ev = STOF(ISTOF + 13)
      Ew = STOF(ISTOF + 14)
      Ex = STOF(ISTOF + 15)

```

```

Es      = STOF(ISTOF + 16)
Et      = STOF(ISTOF + 17)
V_case  = STOF(ISTOF + 18)
DVR     = STOF(ISTOF + 19)
mag      = STOI(ISTOI + 4)
freq    = STOI(ISTOI + 5)
delta   = STOI(ISTOF + 20)
Gp      = STOF(ISTOF + 21)
Ti      = STOF(ISTOF + 22)
Error   = STOF(ISTOF + 23)
Vrms_ref = STOI(ISTOI + 6)
Gap     = STOF(ISTOF + 24)
GBp     = STOF(ISTOF + 25)
GCp     = STOF(ISTOF + 26)
GAn     = STOF(ISTOF + 7)
GBn     = STOI(ISTOI + 8)
CCn     = STOI(ISTOI + 9)
RT_2    = STOF(ISTOF + 27)
RT_3    = STOF(ISTOF + 28)
RT_4    = STOF(ISTOF + 29)
IT_2    = STOI(ISTOI + 10)
RT_5    = STOF(ISTOF + 30)
RT_6    = STOF(ISTOF + 31)
RT_7    = STOF(ISTOF + 32)
RT_8    = STOF(ISTOF + 33)
RT_9    = STOF(ISTOF + 34)
RT_10   = STOF(ISTOF + 35)
RT_11   = STOF(ISTOF + 36)
IT_3    = STOI(ISTOI + 11)
RT_12   = STOF(ISTOF + 37)
IT_4    = STOI(ISTOI + 12)
RT_13   = STOF(ISTOF + 38)
IT_5    = STOI(ISTOI + 13)
RT_14   = STOF(ISTOF + 39)
IT_6    = STOI(ISTOI + 14)
Isa     = STOF(ISTOF + 40)
Iss     = STOF(ISTOF + 41)
Isr     = STOF(ISTOF + 42)

```

```

-----
Transfer from Imports
-----

```

```

-----
Electrical Node Lookup
-----

```

```

NT_5    = NODE(INODE + 5)
NT_12   = NODE(INODE + 9)
NT_13   = NODE(INODE + 10)
NT_14   = NODE(INODE + 11)
NT_15   = NODE(INODE + 12)
NT_16   = NODE(INODE + 13)
NT_17   = NODE(INODE + 14)
NT_18   = NODE(INODE + 15)
NT_19   = NODE(INODE + 16)
NT_34   = NODE(INODE + 29)
NT_35   = NODE(INODE + 30)
NT_36   = NODE(INODE + 31)

```

```

-----
Read Model data (if any)
-----

```

```

IF ( TIMEZERO ) THEN
  FILENAME = 'Main.dta'
  CALL EMTC OPENFILE
  SECTION = 'DATAUSD;'
  CALL EMTC GETSECTION
ENDIF

```

```

! -----
! Generated code from module definition
! -----

! 40:[Untitled_32]
CALL Untitled_32Dyn()

! 50:[Untitled_33]
CALL Untitled_33Dyn()

! 60:[Untitled_34]
CALL Untitled_34Dyn()

! 70:[tbreakn] Timed Breaker Logic
! Timed breaker logic
IF ( TIMEZERO ) THEN
    BY_PASS = 0
ELSE
    BY_PASS = 0
    IF ( TIME .GE. 0.4 ) BY_PASS = (1-0)
    IF ( TIME .GE. 0.6 ) BY_PASS = 0
ENDIF

! 80:[breaker3] 3 Phase Breaker 'BY_PASS'
ISTORI = NSTORI
NSTORI = NSTORI + 3
! Three Phase Breaker
CALL EMTDC_BREAKER1(SS(1), (IBRCH(1)+10),0.1,1000000.0,100.0,0,NINa
&T(1.0-REAL(BY_PASS)))
CALL EMTDC_BREAKER1(SS(1), (IBRCH(1)+11),0.1,1000000.0,100.0,0,NINa
&T(1.0-REAL(BY_PASS)))
CALL EMTDC_BREAKER1(SS(1), (IBRCH(1)+12),0.1,1000000.0,100.0,0,NINa
&T(1.0-REAL(BY_PASS)))

!
B_Stt1 = 2*E_BtoI(OPENBR( (IBRCH(1)+10),SS(1)))
B_Stt2 = 2*E_BtoI(OPENBR( (IBRCH(1)+11),SS(1)))
B_Stt3 = 2*E_BtoI(OPENBR( (IBRCH(1)+12),SS(1)))
IF (FIRSTSTEP .OR. (STOP(ISTORI+0) .NE. B_Stt1)) THEN
    CALL EXCAD_AGL(103683856,B_Stt1,"BOpen1")
ENDIF
IF (FIRSTSTEP .OR. (STOP(ISTORI+1) .NE. B_Stt2)) THEN
    CALL EXCAD_AGL(103683856,B_Stt2,"BOpen2")
ENDIF
IF (FIRSTSTEP .OR. (STOP(ISTORI+2) .NE. B_Stt3)) THEN
    CALL EXCAD_AGL(103683856,B_Stt3,"BOpen3")
ENDIF
STOP(ISTORI+0) = 2*E_BtoI(OPENBR( (IBRCH(1)+10),SS(1)))
STOP(ISTORI+1) = 2*E_BtoI(OPENBR( (IBRCH(1)+11),SS(1)))
STOP(ISTORI+2) = 2*E_BtoI(OPENBR( (IBRCH(1)+12),SS(1)))

! 270:[tbreakn] Timed Breaker Logic
! Timed breaker logic
IF ( TIMEZERO ) THEN
    SAG = 1
ELSE
    SAG = 1
    IF ( TIME .GE. 0.4 ) SAG = (1-1)
    IF ( TIME .GE. 0.6 ) SAG = 1
ENDIF

! 280:[Untitled_27]
CALL Untitled_27Dyn()

! 290:[Untitled_31]
CALL Untitled_31Dyn()

```

```

! 310:[Untitled_35]
CALL Untitled_35Dyn()

! 320:[breaker3] 3 Phase Breaker 'DVR'
ISTORI = NSTORI
NSTORI = NSTORI + 3
! Three Phase Breaker
CALL EMTDC_BREAKER1(SS(1), (IBRCH(1)+16),0.1,1000000.0,0.0,0,NINT(&
&1.0-DVR))
CALL EMTDC_BREAKER1(SS(1), (IBRCH(1)+17),0.1,1000000.0,0.0,0,NINT(&
&1.0-DVR))
CALL EMTDC_BREAKER1(SS(1), (IBRCH(1)+18),0.1,1000000.0,0.0,0,NINT(&
&1.0-DVR))
!
B_Stt1 = 2*E_Btoi(OPENER( (IBRCH(1)+16),SS(1)))
B_Stt2 = 2*E_Btoi(OPENER( (IBRCH(1)+17),SS(1)))
B_Stt3 = 2*E_Btoi(OPENER( (IBRCH(1)+18),SS(1)))
IF (FIRSTSTEP .OR. (STORI(ISTORI+0) .NE. B_Stt1)) THEN
CALL PSCAD_ASI(103705888,B_Stt1,"BOpen1")
ENDIF
IF (FIRSTSTEP .OR. (STORI(ISTORI+1) .NE. B_Stt2)) THEN
CALL PSCAD_ASI(103705888,B_Stt2,"BOpen2")
ENDIF
IF (FIRSTSTEP .OR. (STORI(ISTORI+2) .NE. B_Stt3)) THEN
CALL PSCAD_ASI(103705888,B_Stt3,"BOpen3")
ENDIF
STORI(ISTORI+0) = 2*E_Btoi(OPENER( (IBRCH(1)+16),SS(1)))
STORI(ISTORI+1) = 2*E_Btoi(OPENER( (IBRCH(1)+17),SS(1)))
STORI(ISTORI+2) = 2*E_Btoi(OPENER( (IBRCH(1)+18),SS(1)))

! 340:[const1] Integer Constant
IT_3 = 1

! 350:[time-sig] Output of Simulation Time
RT_12 = TIME

! 370:[const1] Integer Constant
Vrms_ref = 1

! 380:[const1] Integer Constant
IT_4 = 0

! 400:[const1] Integer Constant
IT_5 = -120

! 410:[const1] Integer Constant
freq = 50

! 420:[const1] Integer Constant
mag = 1

! 430:[const1] Integer Constant
IT_6 = 120

! 440:[signalgen] Signal Generator /w Interpolation
!
CALL EMTDC_XSGEN(1,0,0.0,5000.0,50.0,1.0,0.0,RVD2_1)
TRI = RVD2_1(1)
!

! 520:[sumjct] Summing/Differencing Junctions
Error = + REAL(IT_3) - V1phase
!

! 530:[compar] Two Input Comparator
!
CALL EMTDC_X2COMP(0,1,RT_12,REAL(IT_4),1.0,0.0,1.0,RVD2_1)
RT_1 = RVD2_1(1)

```

```

540:[mult] Multiplier
    RT_11 = Error * RT_1

550:[pi_ctrl] PI Controller \w interpolation
    RVD2_1(1) = RT_11
    RVD2_1(2) = 0.0
    PI = EMTDC_XPI(0,1.0,0.01,-10.0,10.0,0.0,RVD2_1)

560:[hardlimit] Hard Limiter
    Hard_Limit
    delta = LIMIT(-1.0, 1.0, PI)

570:[sum]ct] Summing/Differencing Junctions
    RT_13 = + REAL(IT_5) + delta

580:[sum]ct] Summing/Differencing Junctions
    RT_14 = + REAL(IT_6) + delta

590:[modulator] AM/FM/PM Modulator
AM/FM/PM MODULATOR
    NEXC = NEXC+1
    VcCOM = REAL(mag) * SIN(STOR(NEXC) + RT_14*PI_BY180)
    STOR(NEXC) = STOR(NEXC) + TWO_PI*REAL(freq)*DELT
    IF (STOR(NEXC) .GT. TWO_PI) STOR(NEXC) = STOR(NEXC) - TWO_PI
    IF (STOR(NEXC) .LT. -TWO_PI) STOR(NEXC) = STOR(NEXC) + TWO_PI

600:[compar] Two Input Comparator
    CALL EMTDC_X2COMP(0,0,VcCOM,TRI,1.0,0.0,0.0,RVD2_1)
    GCp = RVD2_1(1)

610:[modulator] AM/FM/PM Modulator
AM/FM/PM MODULATOR
    NEXC = NEXC+1
    VbCOM = REAL(mag) * SIN(STOR(NEXC) + RT_13*PI_BY180)
    STOR(NEXC) = STOR(NEXC) + TWO_PI*REAL(freq)*DELT
    IF (STOR(NEXC) .GT. TWO_PI) STOR(NEXC) = STOR(NEXC) - TWO_PI
    IF (STOR(NEXC) .LT. -TWO_PI) STOR(NEXC) = STOR(NEXC) + TWO_PI

620:[compar] Two Input Comparator
    CALL EMTDC_X2COMP(0,0,VbCOM,TRI,1.0,0.0,0.0,RVD2_1)
    GBp = RVD2_1(1)

630:[modulator] AM/FM/PM Modulator
AM/FM/PM MODULATOR
    NEXC = NEXC+1
    VaCOM = REAL(mag) * SIN(STOR(NEXC) + delta*PI_BY180)
    STOR(NEXC) = STOR(NEXC) + TWO_PI*REAL(freq)*DELT
    IF (STOR(NEXC) .GT. TWO_PI) STOR(NEXC) = STOR(NEXC) - TWO_PI
    IF (STOR(NEXC) .LT. -TWO_PI) STOR(NEXC) = STOR(NEXC) + TWO_PI

640:[compar] Two Input Comparator
    CALL EMTDC_X2COMP(0,0,VaCOM,TRI,1.0,0.0,0.0,RVD2_1)
    GAp = RVD2_1(1)

650:[inv] Interpolated Logic Inverter
    IF (NINT(GCp) .NE. 0) THEN
        GCn = 0
    ELSE
        GCn = 1

```

```

ENDIF

! 660:[inv] Interpolated Logic Inverter
IF (NINT(GBp) .NE. 0) THEN
    GBn = 0
ELSE
    GBn = 1
ENDIF

! 670:[inv] Interpolated Logic Inverter
IF (NINT(GAp) .NE. 0) THEN
    GAn = 0
ELSE
    GAn = 1
ENDIF

! 680:[peswitch] Power electronic switch
! EMTDC_PESWITCH Power Electronic Switch Model: GTO
CALL EMTDC_PESWITCH2(SS(1), (IBRCH(1)+26), 0.01, 1000000.0, NINT(&
&GCP), 0.0, 2, 0, 100000.0, 100000.0, 0.0, 0.0)

! 690:[peswitch] Power electronic switch
! EMTDC_PESWITCH Power Electronic Switch Model: GTO
CALL EMTDC_PESWITCH2(SS(1), (IBRCH(1)+28), 0.01, 1000000.0, NINT(&
&GBp), 0.0, 2, 0, 100000.0, 100000.0, 0.0, 0.0)

! 700:[peswitch] Power electronic switch
! EMTDC_PESWITCH Power Electronic Switch Model: GTO
CALL EMTDC_PESWITCH2(SS(1), (IBRCH(1)+8), 0.01, 1000000.0, NINT(&
&Ap), 0.0, 2, 0, 100000.0, 100000.0, 0.0, 0.0)

! 710:[peswitch] Power electronic switch
! EMTDC_PESWITCH Power Electronic Switch Model: GTO
CALL EMTDC_PESWITCH2(SS(1), (IBRCH(1)+3), 0.01, 1000000.0, GCo, 0&
&.0, 2, 0, 100000.0, 100000.0, 0.0, 0.0)

! 720:[peswitch] Power electronic switch
! EMTDC_PESWITCH Power Electronic Switch Model: GTO
CALL EMTDC_PESWITCH2(SS(1), (IBRCH(1)+22), 0.01, 1000000.0, GBn, &
&.0, 2, 0, 100000.0, 100000.0, 0.0, 0.0)

! 730:[peswitch] Power electronic switch
! EMTDC_PESWITCH Power Electronic Switch Model: GTO
CALL EMTDC_PESWITCH2(SS(1), (IBRCH(1)+24), 0.01, 1000000.0, GAn, &
&.0, 2, 0, 100000.0, 100000.0, 0.0, 0.0)

! 740:[breaker3] 3 Phase Breaker 'SAG'
ISTORI = NSTORI
NSTORI = NSTORI + 3
! Three Phase Breaker
CALL EMTDC_BREAKER1(SS(1), (IBRCH(1)+19), 0.1, 1000000.0, 0.0, 0, NINT(&
&I1.0-REAL(SAG)))
CALL EMTDC_BREAKER1(SS(1), (IBRCH(1)+20), 0.1, 1000000.0, 0.0, 0, NINT(&
&I1.0-REAL(SAG)))
CALL EMTDC_BREAKER1(SS(1), (IBRCH(1)+21), 0.1, 1000000.0, 0.0, 0, NINT(&
&I1.0-REAL(SAG)))
!
B_Stt1 = 2*E_Stoi(OPENBR( (IBRCH(1)+19), SS(1)))
B_Stt2 = 2*E_Stoi(OPENBR( (IBRCH(1)+20), SS(1)))
B_Stt3 = 2*E_Stoi(OPENBR( (IBRCH(1)+21), SS(1)))
IF (FIRSTSTEP .OR. (STORE(ISTORI+0) .NE. B_Stt1)) THEN
    CALL PSCAD_AGI(103709560, B_Stt1, "BOpen1")
ENDIF
IF (FIRSTSTEP .OR. (STORE(ISTORI+1) .NE. B_Stt2)) THEN
    CALL PSCAD_AGI(103709560, B_Stt2, "BOpen2")
ENDIF
IF (FIRSTSTEP .OR. (STORE(ISTORI+2) .NE. B_Stt3)) THEN
    CALL PSCAD_AGI(103709560, B_Stt3, "BOpen3")
ENDIF
STORE(ISTORI+0) = 2*E_Stoi(OPENBR( (IBRCH(1)+19), SS(1)))
STORE(ISTORI+1) = 2*E_Stoi(OPENBR( (IBRCH(1)+20), SS(1)))

```

```

      STCR (ISTORI+2) = 2*E_BtoI(OPENBR( (IBRCH(1)+21),SS(1)))
! -1:[xfmr-3p2w] 3 Phase 2 Winding Transformer 'BAMBANG JAYA'
! TRANSFORMER SATURATION SUBROUTINE
!   IF (TIME.GT.0.1) THEN
!     X_KNEE = 1.25
!   ELSE
!     X_KNEE = -1.25
!   ENDIF
!   TURNS V = 20.0
!   CALL TSAT21(NT_16,NT_15, NT_15,NT_14, NT_14,NT_16,SS(1),0.833333333333
&3333,URNS_V,0.2,X_KNEE,50.0,1.0,0.02, 0.0, 0)
!
! -1:[source_3] Three Phase Voltage Source Model 2 'Source 1'
! Three Phase Source: Source 1 Type: L
! Mag: 16.3299316186 kV, Freq: 50.0 Hz, Phase: 0.0 degs, StartUp: 0.05 sec
!   E_MAG = 16.3299316186
!   F_RAD = 314.159265359
!   R_PH = 0.0*PI_BY180
!   CALL EMTDC_3PHVSR(SS(1), (IBRCH(1)+13), (IBRCH(1)+14), (IBRCH(1)+6
&15), 0.05, .TRUE., E_MAG , F_RAD, R_PH)
!
! -1:[xfmr-3p2w] 3 Phase 2 Winding Transformer 'TRAFINDO'
! TRANSFORMER SATURATION SUBROUTINE
!   IF (TIME.GT.0.1) THEN
!     X_KNEE = 1.25
!   ELSE
!     X_KNEE = -1.25
!   ENDIF
!   TURNS V = 20.0
!   CALL TSAT21(NT_16,NT_15, NT_15,NT_14, NT_14,NT_16,SS(1),0.833333333333
&3333,URNS_V,0.2,X_KNEE,50.0,1.0,0.02, 0.0, 0)
!
! -1:[xfmr-2w] Single Phase 2 Winding Transformer
! TRANSFORMER SATURATION SUBROUTINE
!   IF (TIME.GT.0.1) THEN
!     X_KNEE = 1.25
!   ELSE
!     X_KNEE = -1.25
!   ENDIF
!   TURNS V = 0.38
!   CALL TSAT21(NT_13,NT_35, 0,0, 0,0, SS(1),1000.0,TURNS_V,0.2,X_KNEE,
&50.0,1.0,0.01, 0.0, 0)
!
! -1:[xfmr-2w] Single Phase 2 Winding Transformer
! TRANSFORMER SATURATION SUBROUTINE
!   IF (TIME.GT.0.1) THEN
!     X_KNEE = 1.25
!   ELSE
!     X_KNEE = -1.25
!   ENDIF
!   TURNS V = 0.38
!   CALL TSAT21(NT_12,NT_34, 0,0, 0,0, SS(1),1000.0,TURNS_V,0.2,X_KNEE,
&50.0,1.0,0.01, 0.0, 0)
!
! -1:[xfmr-2w] Single Phase 2 Winding Transformer
! TRANSFORMER SATURATION SUBROUTINE
!   IF (TIME.GT.0.1) THEN
!     X_KNEE = 1.25
!   ELSE
!     X_KNEE = -1.25
!   ENDIF
!   TURNS V = 0.38
!   CALL TSAT21(NT_5,NT_36, 0,0, 0,0, SS(1),1000.0,TURNS_V,0.2,X_KNEE,
&50.0,1.0,0.01, 0.0, 0)
!

```

```

! -1:[fixed_load] Fixed Load
CALL LOADLP(SS(1),NT_19,0,0,0.38,50.0,0.0,0.0,2.0,2.0,0.0,0.0)

! -1:[fixed_load] Fixed Load
CALL LOADLP(SS(1),NT_18,0,0,0.38,50.0,0.0,0.0,2.0,2.0,0.0,0.0)

! -1:[fixed_load] Fixed Load
CALL LOADLP(SS(1),NT_17,0,0,0.38,50.0,0.0,0.0,2.0,2.0,0.0,0.0)

! -1:[peswitch] Power electronic switch
! EMTDC_PESWITCH Power Electronic Switch Model: Diode
CALL EMTDC_PESWITCH2(SS(1), (IBRCH(1)+25), 0.01, 1000000.0, 1, 0.6
&0, 0, 0, 100000.0, 100000.0, 0.0, 0.0)

! -1:[peswitch] Power electronic switch
! EMTDC_PESWITCH Power Electronic Switch Model: Diode
CALL EMTDC_PESWITCH2(SS(1), (IBRCH(1)+23), 0.01, 1000000.0, 1, 0.6
&0, 0, 0, 100000.0, 100000.0, 0.0, 0.0)

! -1:[peswitch] Power electronic switch
! EMTDC_PESWITCH Power Electronic Switch Model: Diode
CALL EMTDC_PESWITCH2(SS(1), (IBRCH(1)+2), 0.01, 1000000.0, 1, 0.6
&0, 0, 0, 100000.0, 100000.0, 0.0, 0.0)

! -1:[source_1] Single Phase Voltage Source Model 2 'Source1'
! Single Phase Source: Source1 Type: R
! DC source with specified terminal conditions
! V=50.0 kV & P=0.0 MW
! RampUp time 0.05 sec.

E_MAG = 50.0
F_RAD = 0.0
CALL EMTDC_1PVSRG(SS(1), (IBRCH(1)+1),0.05,0,E_MAG,F_RAD,0.0)

! -1:[peswitch] Power electronic switch
! EMTDC_PESWITCH Power Electronic Switch Model: Diode
CALL EMTDC_PESWITCH2(SS(1), (IBRCH(1)+7), 0.01, 1000000.0, 1, 0.6
&0, 0, 0, 100000.0, 100000.0, 0.0, 0.0)

! -1:[peswitch] Power electronic switch
! EMTDC_PESWITCH Power Electronic Switch Model: Diode
CALL EMTDC_PESWITCH2(SS(1), (IBRCH(1)+9), 0.01, 1000000.0, 1, 0.6
&0, 0, 0, 100000.0, 100000.0, 0.0, 0.0)

! -1:[peswitch] Power electronic switch
! EMTDC_PESWITCH Power Electronic Switch Model: Diode
CALL EMTDC_PESWITCH2(SS(1), (IBRCH(1)+27), 0.01, 1000000.0, 1, 0.6
&0, 0, 0, 100000.0, 100000.0, 0.0, 0.0)

!-----
! Feedbacks and transfers to storage
!-----

STOF(ISTOF + 1) = TR1
STOF(ISTOF - 1) = BY_PASS
STOF(ISTOF - 2) = RMS
STOF(ISTOF - 2) = SAG
STOF(ISTOF - 3) = IT_1
STOF(ISTOF - 3) = VcCOM
STOF(ISTOF - 4) = VbCOM
STOF(ISTOF - 5) = VaCOM
STOF(ISTOF - 6) = RT_1
STOF(ISTOF + 7) = V3phase
STOF(ISTOF + 8) = PI
STOF(ISTOF - 9) = Vb
STOF(ISTOF + 10) = Vc
STOF(ISTOF - 11) = Va
STOF(ISTOF + 12) = Ea

```

```

STOP(ISTOF + 13) = Ev
STOP(ISTOF + 14) = Ew
STOP(ISTOF + 15) = Ex
STOP(ISTOF + 16) = Es
STOP(ISTOF + 17) = Et
STOP(ISTOF + 18) = V_case
STOP(ISTOF + 19) = DvR
STOP(ISTOI + 4) = mag
STOP(ISTOI + 5) = freq
STOP(ISTOF + 20) = delta
STOP(ISTOF + 21) = Gp
STOP(ISTOF + 22) = Ti
STOP(ISTOF + 23) = Error
STOP(ISTOI + 6) = Vrms_ref
STOP(ISTOF + 24) = Gap
STOP(ISTOF + 25) = GBp
STOP(ISTOF + 26) = GCp
STOP(ISTOI + 7) = GAn
STOP(ISTOI + 8) = GBn
STOP(ISTOI + 9) = GCn
STOP(ISTOF + 27) = RT_2
STOP(ISTOF + 28) = RT_3
STOP(ISTOF + 29) = RT_4
STOP(ISTOI + 10) = IT_2
STOP(ISTOF + 30) = RT_5
STOP(ISTOF + 31) = RT_6
STOP(ISTOF + 32) = RT_7
STOP(ISTOF + 33) = RT_8
STOP(ISTOF + 34) = RT_9
STOP(ISTOF + 35) = RT_10
STOP(ISTOF + 36) = RT_11
STOP(ISTOI + 11) = IT_3
STOP(ISTOF + 37) = RT_12
STOP(ISTOI + 12) = IT_4
STOP(ISTOF + 38) = RT_13
STOP(ISTOI + 13) = IT_5
STOP(ISTOF + 39) = RT_14
STOP(ISTOI + 14) = IT_6
STOP(ISTOF + 40) = Isa
STOP(ISTOF + 41) = Isb
STOP(ISTOF + 42) = Isc

```

```

!-----
! Transfer to Exports
!-----

```

```

!-----
! Close Model Data read
!-----

```

```

IF (.TIMEZERO) CALL EXPRD_CLOSEFILE
RETURN
END

```

```

=====
SUBROUTINE DSOut()

```

```

!-----
! Standard includes
!-----

```

```

INCLUDE 'nd.h'
INCLUDE 'entconst.h'
INCLUDE 'entstor.h'
INCLUDE 's0.h'
INCLUDE 's1.h'
INCLUDE 's2.h'
INCLUDE 's4.h'
INCLUDE 'branches.h'
INCLUDE 'pscdv3.h'

```

```

        INCLUDE 'frames.h'
        INCLUDE 'radiolinks.h'
        INCLUDE 'matlab.h'

!-----
! Function/Subroutine Declarations
!-----

        REAL      EMTDC_VVDC      !
!      SUBR      Untitled_32Out    !
!      SUBR      Untitled_33Out    !
!      SUBR      Untitled_34Out    !
        REAL      RMS3            ! 'Instantaneous RMS Measurement'
!      SUBR      DGTI_RMS3        ! '3 Phase Digital RMS Meter'
!      SUBR      Untitled_27Out    !
!      SUBR      Untitled_31Out    !
!      SUBR      Untitled_35Out    !
        REAL      VM3PH2          ! '3 Phase RMS Voltage Measurement'
        REAL      VBRANCH         ! Voltage across the branch

!-----
! Variable Declarations
!-----

! Electrical Node Indexes
        INTEGER NT_5, NT_12, NT_13, NT_26(3), NT_27
        INTEGER NT_28, NT_29, NT_30, NT_31, NT_32
        INTEGER NT_34, NT_35, NT_36

! Control Signals
        INTEGER IT_1, IT_2
        REAL    RMS, V3phase, Vb, Vc, Va, Eu, Ev
        REAL    Ew, Ex, Es, Et, V_case, RT_2, RT_3
        REAL    RT_4, RT_5, RT_6, RT_7, RT_8, RT_9
        REAL    RT_10, Isa, Isb, Isc

! Internal Variables
        INTEGER IVD1_1
        REAL    P_1, Q_1, RVD1_1

! Indexing variables
        INTEGER ISTOL, ISTOI, ISTOF, IT_C      ! Storage Indexes
        INTEGER IPGB                          ! Control/Monitoring
        INTEGER ISUBS, SS(1), IBRCH(1), INODE   ! SS/Node/Branch/Xfmr
        INTEGER IXFMR

!-----
! Record local indexes
!-----

! Dscyn <-> Dscut transfer index storage
        NTXFR = NTXFR + 1
        ISTOL = TXFR(NTXFR,1)
        ISTOI = TXFR(NTXFR,2)
        ISTOF = TXFR(NTXFR,3)

! Record Offset and Increment Storage Counters
        IPGB      = NPGB
        NPGB      = NPGB + 11
        INODE     = NNODE + 2
        NNODE     = NNODE + 33
        IXFMR     = NXFMR
        NXFMR     = NXFMR + 9

! Initialize Subsystem Mapping
        ISUBS = NSUBS + 0
        NSUBS = NSUBS + 1

```

```

      DO 100 IT_0 = 1,1
        SS(IT_0) = INDE:ISUBS + IT_0
100 CONTINUE

! Initialize Branch Mapping.

      IBRCH(1)      = NBRCH(SS(1))
      NBRCH(SS(1)) = NBRCH(SS(1)) + 34

!-----
! Transfers from storage arrays
!-----

      RMS      = STOF(ISTOF + 2)
      IT_1     = STOI(ISTOI + 3)
      V3phase  = STOF(ISTOF + 7)
      Vb       = STOF(ISTOF + 9)
      Vc       = STOF(ISTOF + 10)
      Va       = STOF(ISTOF + 11)
      Eu       = STOF(ISTOF + 12)
      Ev       = STOF(ISTOF + 13)
      Ew       = STOF(ISTOF + 14)
      Er       = STOF(ISTOF + 15)
      Es       = STOF(ISTOF + 16)
      Et       = STOF(ISTOF + 17)
      V_case   = STOF(ISTOF + 18)
      RT_2     = STOF(ISTOF + 27)
      RT_3     = STOF(ISTOF + 28)
      RT_4     = STOF(ISTOF + 29)
      IT_2     = STOI(ISTOI + 10)
      RT_5     = STOF(ISTOF + 30)
      RT_6     = STOF(ISTOF + 31)
      RT_7     = STOF(ISTOF + 32)
      RT_8     = STOF(ISTOF + 33)
      RT_9     = STOF(ISTOF + 34)
      RT_10    = STOF(ISTOF + 35)
      Isa      = STOF(ISTOF + 40)
      Isb      = STOF(ISTOF + 41)
      Isc      = STOF(ISTOF + 42)

!-----
! Electrical Node Lookup
!-----

      NT_5  = NODE(INODE + 5)
      NT_12 = NODE(INODE + 9)
      NT_13 = NODE(INODE + 10)
      NT_27 = NODE(INODE + 26)
      NT_28 = NODE(INODE + 27)
      NT_29 = NODE(INODE + 28)
      NT_30 = NODE(INODE + 23)
      NT_31 = NODE(INODE + 24)
      NT_32 = NODE(INODE + 25)
      NT_34 = NODE(INODE + 29)
      NT_35 = NODE(INODE + 30)
      NT_36 = NODE(INODE + 31)

! Array(1:3) quantities...
      DO 101 IT_0 = 1,3
        NT_26(IT_0) = NODE(INODE + 22 + IT_0)
101 CONTINUE

!-----
! Read Model data (if any)
!-----

      IF ( TIMEZERO ) THEN
        FILENAME = 'Main.sta'
        CALL RMTDC_OPENFILE
        SECTION = 'DATADESC:'
        CALL RMTDC_GETSECTION

```

```

ENDIF

-----
! Generated code from module definition
-----

! 10:[voltmetergnd] Voltmeter (Line - Ground) 'Eu'
Eu = EMTDC_VVDC(SS(1), NT_27, 0)

! 20:[voltmetergnd] Voltmeter (Line - Ground) 'Ev'
Ev = EMTDC_VVDC(SS(1), NT_28, 0)

! 30:[voltmetergnd] Voltmeter (Line - Ground) 'Ew'
Ew = EMTDC_VVDC(SS(1), NT_29, 0)

! 40:[Untitled_32]
CALL Untitled_32Out()

! 50:[Untitled_33]
CALL Untitled_33Out()

! 60:[Untitled_34]
CALL Untitled_34Out()

! 80:[breaker3] 3 Phase Breaker 'BY_PASS'
! Three Phase Breaker Currents
CALL BRK_POWER(SS(1), (IBRCH(1)+10), (IBRCH(1)+11), (IBRCH(1)+12), 6
60,0,0,IVD1_1,0.02,P_1,Q_1)

! 100:[voltmetergnd] Voltmeter (Line - Ground) 'Va'
Va = EMTDC_VVDC(SS(1), NT_13, 0)

! 110:[ammeter] Current Meter 'Ia'
Ia = ( CBR((IBRCH(1)+4), SS(1)))

! 120:[voltmetergnd] Voltmeter (Line - Ground) 'Vb'
Vb = EMTDC_VVDC(SS(1), NT_12, 0)

! 130:[ammeter] Current Meter 'Ib'
Ib = ( CBR((IBRCH(1)+5), SS(1)))

! 150:[voltmetergnd] Voltmeter (Line - Ground) 'Er'
Er = EMTDC_VVDC(SS(1), NT_30, 0)

! 160:[voltmetergnd] Voltmeter (Line - Ground) 'Vo'
Vo = EMTDC_VVDC(SS(1), NT_5, 0)

! 170:[ammeter] Current Meter 'Ic'
Ic = ( CBR((IBRCH(1)+6), SS(1)))

! 180:[voltmetergnd] Voltmeter (Line - Ground) 'Es'
Es = EMTDC_VVDC(SS(1), NT_31, 0)

! 190:[rms-inst] Single Phase RMS Meter
!
RT_4 = RMS3( Va , 0.02 )

! 200:[pgb] Output Channel 'Va'
PGB(IPGB+1) = 7.0 * RT_4

! 210:[voltmetergnd] Voltmeter (Line - Ground) 'Et'
Et = EMTDC_VVDC(SS(1), NT_32, 0)

! 220:[rms-inst] Single Phase RMS Meter
!
RT_2 = RMS3( Vb , 0.02 )

```

```

! 230:[pgb] Output Channel 'Vb'
    Vb(IPGB+2) = 7.0 * RT_2

! 240:[rms-inst] Single Phase RMS Meter
!
    RT_3 = RMS3( Vc , 0.02 )

! 250:[pgb] Output Channel 'Vc'
    Vc(IPGB+3) = 7.0 * RT_3

! 260:[multimeter] Multimeter
!
!
!
!
!
    CALL DGTL_RMS3(256,SS(1),NT_26(1),NT_26(2),NT_26(3),50,0,1.0,0.0,R&
&VD1_1)
    V_case = RVD1_1
!
!

! 280:[Untitled_27]
    CALL Untitled_27Out()

! 290:[Untitled_31]
    CALL Untitled_31Out()

! 310:[Untitled_35]
    CALL Untitled_35Out()

! 320:[breaker3] 3 Phase Breaker 'DVR'
! Three Phase Breaker Currents
    CALL BRK_POWER(SS(1), (IBRCH(1)+16), (IBRCH(1)+17), (IBRCH(1)+18),&
&0,0,0,IVD1_1,0.02,P_1,Q_1)

! 330:[pgb] Output Channel 'Vcase'
    Vc(IPGB+4) = 4.2 * V_case

! 450:[rms-inst] Single Phase RMS Meter
!
    RT_5 = RMS3( Eu , 0.02 )

! 460:[rms-inst] Single Phase RMS Meter
!
    RT_6 = RMS3( Ev , 0.02 )

! 470:[rms-inst] Single Phase RMS Meter
!
    RT_7 = RMS3( Ew , 0.02 )

! 480:[rms3ph] Three Phase RMS Meter
!
    V3phase = 0.0142857142857 * VM3PH2(SS(1), NT_35, NT_34, NT_36, 0.0&
&2)
!

! 490:[rms-inst] Single Phase RMS Meter
!
    RT_8 = RMS3( Er , 0.02 )

! 500:[rms-inst] Single Phase RMS Meter

```

```

!
    RT_9 = RMS3( Es , 0.02 )
! 510:[rms-inst] Single Phase RMS Meter
!
    RT_10 = RMS3( Et , 0.02 )
! 740:[breaker3] 3 Phase Breaker 'SAG'
! Three Phase Breaker Currents
    CALL BRK_POWER(SS(1), (IBRCH(1)+19), (IBRCH(1)+20), (IBRCH(1)+21),%
    &0,0,0,IVE1_1,0.02,P_1,Q_1)
! 750:[pgb] Output Channel 'Et'
    PCB(IPGB+5) = 6.8 * RT_10
! 760:[pgb] Output Channel 'Es'
    PCB(IPGB+6) = 6.8 * RT_9
! 770:[pgb] Output Channel 'Er'
    PCB(IPGB+7) = 6.8 * RT_8
! 780:[rms3ph] Three Phase RMS Meter
!
    CALL DCTL_RMS3(64,SS(1),NT_30,NT_31,NT_32,50.0,0.05,0.0,RMS)
!
! 790:[pgb] Output Channel 'Sphase_RMS'
    PCB(IPGB+8) = 84.0 * RMS
! 800:[pgb] Output Channel 'Ew'
    PCB(IPGB+9) = 6.0 * RT_7
! 810:[pgb] Output Channel 'Ev'
    PCB(IPGB+10) = 6.0 * RT_6
! 820:[pgb] Output Channel 'Eu'
    PCB(IPGB+11) = 6.0 * RT_5
!
!-----
! Feedbacks and transfers to storage
!-----
    STOF(ISTOF + 2) = RMS
    STOI(ISTOI + 3) = IT_1
    STOF(ISTOF + 7) = V3phase
    STOF(ISTOF + 9) = Vb
    STOF(ISTOF + 10) = Vc
    STOF(ISTOF + 11) = Va
    STOF(ISTOF + 12) = Eu
    STOF(ISTOF + 13) = Ev
    STOF(ISTOF + 14) = Ew
    STOF(ISTOF + 15) = Er
    STOF(ISTOF + 16) = Ea
    STOF(ISTOF + 17) = Et
    STOF(ISTOF + 18) = V_case
    STOF(ISTOF + 27) = RT_2
    STOF(ISTOF + 28) = RT_3
    STOF(ISTOF + 29) = RT_4
    STOI(ISTOI + 10) = IT_2
    STOF(ISTOF + 30) = RT_5
    STOF(ISTOF + 31) = RT_6
    STOF(ISTOF + 32) = RT_7

```

```
STOP(ISTOP + 33) = RT_8  
STOP(ISTOP + 34) = RT_9  
STOP(ISTOP + 35) = RT_10  
STOP(ISTOP + 40) = Isa  
STOP(ISTOP + 41) = Ish  
STOP(ISTOP + 42) = Isc
```

```
|-----  
| Close Model Data read  
|-----
```

```
IF (TIMEZERO) CALL FNT00_CLOSURE  
RETURN  
END
```

```

=====
: Generated by : PSCAD v4.2.0
:
: Warning: The content of this file is automatically generated.
:          Do not modify, as any changes made here will be lost!
=====

```

```

-----
: Local Node Voltages
-----

```

```

VOLTAGES:
1      0.0 // NT_1
2      0.0 // NT_2
3      0.0 // NT_3
4      0.0 // NT_4
5      0.0 // NT_5
6      0.0 // NT_9
7      0.0 // NT_10
8      0.0 // NT_11
9      0.0 // NT_12
10     0.0 // NT_13
11     0.0 // NT_14
12     0.0 // NT_15
13     0.0 // NT_16
14     0.0 // NT_17
15     0.0 // NT_18
16     0.0 // NT_19
17     0.0 // NT_20
18     0.0 // NT_21
19     0.0 // NT_22
20     0.0 // NT_23
21     0.0 // NT_24
22     0.0 // NT_25
23     0.0 // NT_26(1)
24     0.0 // NT_26(2)
25     0.0 // NT_26(3)
26     0.0 // NT_33(1)
27     0.0 // NT_33(2)
28     0.0 // NT_33(3)
29     0.0 // NT_34
30     0.0 // NT_35
31     0.0 // NT_36

```

```

-----
: Local Branch Data
-----

```

```

BRANCHES:
0 17 RE 1.0 // 1 GND NT_20
18 17 RS 1000000.0 // 1 NT_21 NT_20
17 18 RS 1000000.0 // 1 NT_20 NT_21
10 23 A // 1 NT_13 NT_30
9 24 A // 1 NT_12 NT_31
5 25 A // 1 NT_5 NT_32
0 1 RS 1000000.0 // 1 GND NT_1
1 0 RS 1000000.0 // 2 NT_1 GND
0 19 RS 1000000.0 // 1 GND NT_22
30 10 RS 1000000.0 // 1 NT_35 NT_13
29 9 RS 1000000.0 // 1 NT_34 NT_12
31 5 RS 1000000.0 // 1 NT_36 NT_5
0 20 LE 0.1 // 1 GND NT_23
0 21 LE 0.1 // 1 GND NT_24
0 22 LE 0.1 // 1 GND NT_25
18 3 RS 1000000.0 // 1 NT_21 NT_3
19 4 RS 1000000.0 // 1 NT_22 NT_4
1 2 RS 1000000.0 // 1 NT_1 NT_2
30 14 RS 1000000.0 // 1 NT_35 NT_17

```

25	15	RS	1000000.0		// 1	NT_34	NT_18
31	16	RS	1000000.0		// 1	NT_36	NT_19
17	19	RS	1000000.0		// 1	NT_20	NT_22
19	17	RS	1000000.0		// 1	NT_22	NT_20
17	1	RS	1000000.0		// 1	NT_20	NT_1
1	17	RS	1000000.0		// 1	NT_1	NT_20
18	0	RS	1000000.0		// 1	NT_21	GND
0	18	RS	1000000.0		// 1	GND	NT_21
19	0	RS	1000000.0		// 1	NT_22	GND
31	8	RL	0.001	6.0e-007	// 1	NT_36	NT_11
29	7	RL	0.001	6.0e-007	// 1	NT_34	NT_10
30	6	RL	0.001	6.0e-007	// 1	NT_35	NT_9
22	11	R	0.1		// 1	NT_25	NT_14
21	12	R	0.1		// 1	NT_24	NT_15
20	13	R	0.1		// 1	NT_23	NT_16

! Local Transformer Data

TRANSFORMERS:

! 3 Phase, 2 Winding Transformer

! * Name: BAMBANG JAYA Tmva: 2.5 MVA, Freq: 50.0 Hz, V1: 20.0 kV, V2: 0.38 kV

! * Imag1: 0.02 p.u., Imag2: 0.02 p.u., Xl: 0.1 p.u.

! * Sat: 0,

2 / Number of windings...

13 12 0.0 76.3943726841 /

26 0 0.0 0.83718190112 0.0 0.00919278951299 /

888 /

12 11 /

27 0 /

888 /

11 13 /

28 0 /

! 3 Phase, 2 Winding Transformer

! * Name: TRAFINDO Tmva: 2.5 MVA, Freq: 50.0 Hz, V1: 20.0 kV, V2: 0.38 kV

! * Imag1: 0.02 p.u., Imag2: 0.02 p.u., Xl: 0.1 p.u.

! * Sat: 0,

2 / Number of windings...

13 12 0.0 76.3943726841 /

6 0 0.0 0.83718190112 0.0 0.00919278951299 /

888 /

12 11 /

7 0 /

888 /

11 13 /

8 0 /

! Single Phase Transformer: 1000.0 MVA, 0.38 kV : 50.0 kV

2 / Number of windings...

10 30 0.0 4.59639475649e-005 /

4 2 0.0 0.00604486389357 0.0 0.795774715459 /

! Single Phase Transformer: 1000.0 MVA, 0.38 kV : 50.0 kV

2 / Number of windings...

9 29 0.0 4.59639475649e-005 /

3 4 0.0 0.00604486389357 0.0 0.795774715459 /

! Single Phase Transformer: 1000.0 MVA, 0.38 kV : 50.0 kV

2 / Number of windings...

5 31 0.0 4.59639475649e-005 /

2 3 0.0 0.00604486389357 0.0 0.795774715459 /

!

DATA2000:

DATA2000:

DATA2000: