

**SKENARIO SISTEM PROTEKSI PELEPASAN BEBAN  
MENGUNAKAN SOFTWARE ETAP  
(ELECTRICAL TRANSIENT ANALYSIS PROGRAM)  
PADA PT. SEMEN BOSOWA**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK  
JURUSAN ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**2017**

**SKENARIO SISTEM PROTEKSI PELEPASAN BEBAN  
MENGUNAKAN SOFTWARE ETAP  
( ELECTRICAL TRANSIENT ANALYSIS PROGRAM )  
PADA PT.SEMEN BOSOWA**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK  
JURUSAN ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**2017**



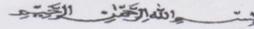
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**  
**FAKULTAS TEKNIK**

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: [www.unismuh.ac.id](http://www.unismuh.ac.id), e\_mail: [unismuh@gmail.com](mailto:unismuh@gmail.com)

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>



**HALAMAN PENGESAHAN**

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi: **SKENARIO SISTEM PROTEKSI PELEPASAN BEBAN MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP (ELECTRICAL TRANSIENT ANALYSIS PROGRAM) PADA FT SEMEN BOSOWA.**

Nama : 1. Aminuddin  
2. Anwar

Stambuk : 1. 105 82 0781 11  
2. 105 82 0544 10

Makassar, 17 Januari 2017

Telah Diperiksa dan Disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing:

Pembimbing I

Pembimbing II

  
Dr. Eng. Ir. H. Zulfairi Basri Hasanuddin, M.Eng

  
Ir. Ayo Hafid, M.T

Mengetahui,

Ketua Jurusan Elektro

  
Umar Katu, S.T., M.T.  
NBM : 990 410



**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**  
**FAKULTAS TEKNIK**

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: [www.unismuh.ac.id](http://www.unismuh.ac.id), e-mail: [unismuh@gmail.com](mailto:unismuh@gmail.com)

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

**PENGESAHAN**

Skripsi atas nama **Aminuddin** dengan nomor induk Mahasiswa **105 82 0781 11** dan **Anwar** dengan nomor induk Mahasiswa **105 82 0544 10**, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 043/05/A.5-II/1/37/2016, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Jum'at tanggal 22 Januari 2016

Panitia Ujian : Makassar, 18 Jumadil Awwal 1438 H

17 Januari 2017 M

1. Pengawas Umum  
a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar  
Dr. H. Irwan Akib, M.Pd. \_\_\_\_\_  
b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Dr. -Ing. Ir. Wahyu H. Flarah, MSME. \_\_\_\_\_

2. Penguji  
a. Ketua : Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc \_\_\_\_\_  
b. Sekretaris : Adriani, S.T., M.T. \_\_\_\_\_  
3. Anggota : 1. Dr. Ir. Hj. Hafsah Alwina, M.T. \_\_\_\_\_  
2. Andi Fajaruddin, S.T., M.T. \_\_\_\_\_  
3. Rizal Andiyat Duyo, S.T., M.T. \_\_\_\_\_

Mengetahui :  
Pembimbing I : Dr. Eng. Ir. H. Zulfairi Basri Hasanuddin, M.Eng  
Pembimbing II : Ir. Abd Hafid, M.T  
Ketua Program Studi Teknik Elektro

Umar Katu, S.T., M.T.  
NBM : 990 410

## AMINUDDIN<sup>1</sup>, ANWAR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik Unismuh Makassar  
Email: [aminuddin339@gmail.com](mailto:aminuddin339@gmail.com)

<sup>2</sup>Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik Unismuh Makassar  
Email: [anwartechnik@yahoo.com](mailto:anwartechnik@yahoo.com)

### ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah, untuk mengetahui skenario yang adapada PT. Semen Bosowa dalam sistem proteksinya terhadap beban lebih yang terjadi ketika pembangkitnya yang trip, penelitian ini merupakan hasil korelasi dari pengambilan data dan perhitungan manual dari data yang didapat, untuk proteksi pabrik dari kejadian load shedding jika terjadinya pembangkit yang trip, yang dimana skenario dari pelepasan beban ini akan dibuat menggunakan ETAP 6.0.0, yang datanya berdasarkan hasil dari pengambilan data pada saat riset di PT. SEMEN BOSOWA, skenario ini dibuat menggunakan software ETAP (Electrical Transient Analysis Program) dengan mengetahui cara pengaplikasian dari software tersebut serta dapat memahami cara kerja dari sistem proteksi pelepasan beban yang ada di PT. Semen Bosowa, dimana hasil dari hipotesa ini adalah cara pengaplikasian dari skenario pelepasan beban yang penulis rancang di software ETAP ini dengan beberapa kejadian yang telah penulis rencanakan sebelumnya berdasarkan data yang didapat pada saat melakukan riset di PT. Semen Bosowa, dimana perbandingan antara perhitungan dan simulasi yang dilakukan pada ETAP tidak jauh berbeda dari segi daya yang terpasang pada sistem, sistem pelepasan beban PT. Semen Bosowa yang terkoordinasi dengan PLC membuatnya mempunyai tingkat keberhasilan yang tinggi yang dimana jika terjadi gangguan pada generator tidak menyebabkan suatu kejadian yang fatal pada alat sehingga terjadilah load shedding pada beberapa beban selektif yang terlebih dahulu direncanakan oleh team rancang bangun PT. Semen Bosowa.

**Kata kunci:** Loadshedding, PT. SEMEN BOSOWA, dan ETAP 6.0.0

## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena Rahmat dan HidayahNya sehingga penulis dapat menyusun skripsi ini, dan dapat kami selesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah persyaratan akademik yang harus ditempuh dalam rangka penyelesaian program studi pada Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir adalah : “Skenario Sistem Proteksi Pelepasan Beban Menggunakan Software ETAP (Electrical Transient Analisis Program) Pada PT. Semen Bosowa”

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan-kekurangan, hal ini disebabkan penulis sebagai manusia biasa tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan baik itu ditinjau dari segi tehnik penulis maupun dari perhitungan-perhitungan. Oleh karena itu penulis menerima dengan ikhlas dan senang hati segala koreksi serta perbaikan guna penyempurnaan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat.

Skripsi ini dapat terwujud berkat adanya bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala ketulusan dan kerendahan hati, kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak Hamzah Al Imran, ST, MT. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Bapak Umar Katu, ST, MT., sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak Dr.Eng.Ir.H.Zulfajri Basri Hasanuddin,M.Eng. selaku Pembimbing I dan Bapak Ir. Abd. Hafid, MT selaku Pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktunya dalam membimbing kami.
4. Bapak dan ibu dosen serta staf pegawai pada fakultas teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
5. Ayahanda dan Ibunda yang tercinta, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang, doa dan pengorbanan terutama dalam bentuk materi dalam menyelesaikan kuliah.
6. Saudara-saudaraku serta rekan-rekan mahasiswa fakultas teknik terkhusus angkatan 2011 yang dengan keakraban dan persaudaraan banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga semua pihak tersebut di atas mendapat pahala yang berlipat ganda di sisi Allah SWT dan skripsi yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi penulis, rekan-rekan, masyarakat serta bangsa dan Negara.Amin.

Makassar, Desember 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
ABSTRAK .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah.....	2
C. Tujuan .....	3
D. Manfaat .....	3
E. Batasan Masalah.....	3
F. Sistematika Penulisan .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Sistem Proteksi.....	6
1. Definisi system proteksi .....	7
2. Manfaat system proteksi .....	7
3. Sifat-sifat system proteksi.....	11
4. Proteksi pendukung .....	12
5. Pertimbangan ekonomis .....	12
6. Komponen-komponen system proteksi.....	13
B. Rele Proteksi .....	13
1. Kepekaan (sensitify) .....	15
2. Keandalan (reliability) .....	16
3. Selektifitas (selectivity).....	16
4. Kecepatan kerja (speed of operation).....	17
5. Ekonomis(economic) .....	17
C. Load Shedding .....	17
1. Kestabilan system tenaga listrik.....	18
2. Kestabilan system tenaga .....	19
3. Kestabilan sudut, frekuensi, dantegangan.....	19
4. Persamaan ayunan.....	20
5. Skema pelepasan beban.....	21
6. Standard yang berkaitan dengan efektransien.....	22
D. Auto Load Shedding .....	23
1. Laju penurunan frekuensi.....	25
2. Frekuensi pemutus tenaga bekerja .....	26
3. Momen inersia.....	28
E. Proramable Logic Controller .....	29
F. Bahasa Pemrograman PLC .....	30
1. Ladder diagram .....	30
2. Timer .....	31
3. Counter.....	32

4. Operasi logika .....	33
5. Perbandingan.....	33
G. ETAP 6.0.0.....	34
1. Persyaratan system .....	36
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>38</b>
A. Tempat dan Waktu Penelitian .....	38
B. Metode Penelitian.....	38
1. Studi Pustaka.....	39
2. Pengumpulan Data .....	39
C. Pengolahan Data.....	39
1. Alat dan bahan.....	40
D. Persiapan Penyusunan.....	40
1. Pembuatan simulasi menggunakan ETAP 6.0.0 .....	41
2. Flow chart dari pembuatan simulasi menggunakan ETAP 6.0.0.....	43
<b>BAB IV PEMBAHASAN.....</b>	<b>44</b>
A. Sistem Load Shedding di PT. Semen Bosowa .....	44
1. Control load shedding .....	48
B. Perhitungan .....	50
1. Pada saat keadaan normal .....	50
2. Pada saat satu GTG trip (H2/H3/H4).....	51
3. Pada saat GE trip.....	52
4. Pada saat 2 GTG trip (H2 & H3/H3 & H4/H4 & H2) .....	54
5. Pada saat 2 GTG trip (H2 & GE/H3 & GE/H4 & GE).....	55
C. Perancangan Menggunakan ETAP .....	57
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>63</b>
A. Kesimpulan .....	63
B. Saran .....	63
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>65</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>66</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.Frekuensi gangguan untuk berbagai peralatan system tenaga .....	6
Tabel 2.2.Frekuensi jenis gangguan pada SUTT .....	7
Tabel 2.3 Skema load shedding 3 langkah.....	21
Tabel 2.4 Voltage sagging menurut standar SEMIF47 .....	22
Tabel 2.5 Batas durasi Over frequency dan Under frequency Yang telah diubah dalam persen .....	23
Tabel 4.9 Breaker yang dijadikan acuan untuk loadshedding.....	45
Tabel 4.10 Parameter penyebab loadshedding.....	46
Tabel 4.11 Perubahan yang terjadi saat H2 trip .....	59



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik perubahan frekuensi sebagai fungsi waktu Dengan adanya pelepasan beban.....	24
Gambar 2.2 Standar IEEE C37- 106 2003 .....	27
Gambar 2.3 Struktur perangkat keras PLC .....	29
Gambar 2.4 Ladder diagram .....	30
Gambar 2.5 Kontak NO dan NC .....	31
Gambar 2.6 Kumparan NO dan NC .....	31
Gambar 2.7 Tampilan software ETAP 6.0.0.....	34
Gambar 3.9 Menu awal ETAP 6.0.0 .....	41
Gambar 3.10 Pensimulasian di ETAP 6.0.0. ....	42
Gambar 3.11 Flow chart pembuatan simulasi menggunakan ETAP 6.0.0 ....	43
Gambar 4.12 Single line diagram listrik Bosowayang sudah disederhanakan.	47
Gambar 4.13 Sinyal digital .....	48
Gambar 4.14 PLC GE Fanuc (CPU, power supply, modul komunikasi) .....	48
Gambar 4.15 Modul I/O PLC GE Fanuc .....	49
Gambar 4.16 Tampilan HMI menggunakan Cimplicity .....	49
Gambar 4.17 Grafik perbandingan dari 5 perhitungan .....	57
Gambar 4.18 One line diagram pada etap PT.Bosowa .....	58
Gambar 4.19 Kejadian pada saat H2 trip .....	59
Gambar 4.20 Grafik kenaikan frekuensi/detik disetiap bus .....	60
Gambar 4.21 Generator electrical power .....	60
Gambar 4.22 Kecepatan putar generator .....	60



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Pelepasan beban merupakan fenomena sistem tenaga listrik yang mengizinkan beberapa beban lepas dalam rangka memelihara kestabilan sistem tenaga listrik. Pelepasan beban dapat terjadi akibat penurunan frekuensi karena adanya ketidakseimbangan antara daya aktif yang dibangkitkan generator dan konsumsi beban. Penurunan frekuensi tersebut apabila tidak cepat diatasi dapat menyebabkan pemadaman total yang dapat menimbulkan kerugian bagi sistem tenaga listrik, dalam hal ini adalah hilangnya produksi suatu perusahaan, dan memberikan efek negatif terhadap generator yang masih aktif bekerja. Efek negatif tersebut antara lain adalah pemanasan pada generator, vibrasi rotor dan terjadinya eksitasi lebih

Pelepasan beban dapat dilakukan secara manual maupun otomatis, hal ini bergantung kepada besar penurunan frekuensi yang terjadi pada sistem tenaga listrik. Semakin besar kelebihan beban yang terjadi maka semakin besar pula penurunan frekuensi yang terjadi. Untuk menghindari hal-hal yang tidak diinginkan maka pelepasan beban pun semakin cepat dilakukan.

Dalam sistem interkoneksi apabila terjadi gangguan yang mengakibatkan terputusnya salah satu atau lebih pembangkit yang berkapasitas besar, maka mengakibatkan pembangkit yang masih beroperasi mengalami pembebanan berlebih (overload) dan frekuensi akan menurun dengan cepat. Apabila kondisi ini tidak bisa diatasi dengan segera maka sistem akan mengalami padam total

(blackout). Padam total pada suatu sistem tenaga listrik akan menimbulkan kerugian yang sangat besar, karena banyak aktivitas yang terhenti, seperti proses produksi di suatu industri atau kegiatan-kegiatan lain yang sangat tergantung pada suplai daya listrik. Disamping itu mengoperasikan kembali sistem yang mengalami padam total akan memerlukan waktu yang cukup lama dan biaya yang besar, sehingga kerugian akan bertambah besar seiring dengan lamanya waktu pemadaman.

Untuk menghindari pemadaman total sekaligus meningkatkan keandalan sistem, maka diperlukan suatu sistem load shedding. Apabila terjadi suatu gangguan dalam sistem seperti lepasnya suatu pembangkit, yang menyebabkan turunnya frekuensi dan tegangan sistem maka secara otomatis akan melepaskan beban yang telah ditentukan sehingga terdapat keseimbangan antara daya yang dibangkitkan dengan beban yang ada.

## **B. Rumusan Masalah**

Bertitiktolak dari latar belakang diatas maka peneliti merumuskan permasalahannya sebagai berikut:

1. Bagaimana kejadian yang terjadi saat salah satu atau dua GTG yang ada di PT. Semen Bosowa trip
2. Bagaimana cara kerja dari system pelepasan beban (load shedding) diPT. Semen Bosowa
3. Bagaimana skenario dari pelepasan beban (load shedding) di PT.Semen Bosowa

### **C. Tujuan**

Adapun tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

- a. Untuk mengetahui beban-beban apa saja yang dilepaskan pada skenario yang ada di PT. Semen Bosowa.
- b. Untuk mengetahui system pelepasan beban (load shedding) di PT.Semen Bosowa dalam menunjang prokduktifitas.
- c. Untuk Membuat perancangan dari skenario load shedding PT. Semen Bosowa dengan menggunakan ETAP 6.0.0

### **D. Manfaat**

Sedangkan manfaat dari pembuatan akhir ini adalah sebagaiberikut.

- a. Dapat memahami dari skema yang dibuat PT. Semen Bosowa dalam systemproteksi pelepasan beban (loadshedding).
- b. Dapat tnengetahui cara kerja dari system pelepasan beban (loadshedding) di PT. Semen Bosowa.
- c. Dapat memahami system kerja dari suatu skenario proteksi dalampelepasan beban (loadshedding).

### **E. Batasan Masalah**

Dalam penulisan tugas akhir ini yang berjudul "skenario Sistem Proteksi Pelepasan Beban Menggunakan Software ETAP (Electrical Transient Analysis Program) Pada PT.Semen Bosowa" Ini mencakup materi pembahasan yang sangat luas oleh karena ini perlu kiranya diadakan pembatasan masalah. Hal ini dimaksudkan agar di dalam pembatasan tidak menjadi terlampau luas, sehingga dapat berakibatnya keluar dari pokok pembahasan yang dibahas penulis. Sesuai

dengan judul tugas akhir ini maka penulis hanya akan membahas mengenai “pelepasan beban di PT.Semen Bosowa pada saat GTG HI trip, GTG H2 trip, GTG H3 trip dan GTG GE trip dan juga jika dua dari empat GTG yang ada trip”

## **F. Sistematika Penulisan**

Untuk mempermudah penulis dalam tugas akhir ini maka penulis membaginya dalam sistematika penulisan yang terdiri dari beberapa bab pembahasan dengan urutan sebagai berikut:

### **BAB I :PENDAHULUAN**

Dalam bab ini penulis mengemukakan latar belakang pemilihan judul, tujuan, perumusan masalah, pembatasan masalah, metode penulisan serta sistematika penulisan.

### **BAB II:TINJAUAN PUSTAKA**

Dalam bab ini menjelaskan keadaan umum tentang pelepasan beban serta menjelaskan segala macam instrument yang dibutuhkan dalam system pelepasan beban.

### **BAB III:METODE PENULISAN**

Bab ini akan menjelaskan tentang bagaimana cara penulisan tugas akhir ini yang berjudul "Skenario Pelepasan Beban (loadshedding) di PT.Semen Bosowa.

### **BAB IV:PEMBAHASAN**

Bab ini membahas bagaimana cara kerja dan pengertian mendetail dari system pelepasan beban pada PT. Semen Bosowa dan data yang didapat selama melakukan riset di PT. Semen Bosowa.

## **BAB V: KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi kesimpulan dan saran.

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Sistem Proteksi

Keandalan dan kemampuan suatu sistem tenaga listrik dalam melayani konsumen sangat tergantung pada sistem proteksi yang digunakan. Oleh sebab itu dalam perancangan suatu sistem tenaga listrik, perlu dipertimbangkan kondisi-kondisi gangguan yang mungkin terjadi pada sistem, melalui analisa gangguan.

Pada dasarnya gangguan dapat terjadi karena kegagalan operasi peralatan dalam sistem, kesalahan manusia dan karena alam. Langkah yang dapat diambil untuk mencegah terjadinya gangguan antara lain dengan menggunakan isolasi yang baik, membuat koordinasi isolasi dan menghindarkan kesalahan operasi. Tetapi langkah - langkah tersebut dibatasi oleh faktor ekonomis dan alam. Karenanya para engineer sepakat :gangguan boleh saja terjadi dan tidak dapat dihindari namun dampaknya harus diminimisasi. Tabel 1 menunjukkan data statistik persentase gangguan pada sistem tenaga

Tabel 2.1. Frekuensi gangguan untuk berbagai peralatan sistem tenaga

Peralatan	%Terhadap Total
SUTT	50
Kabel	10
Switchgear	15
Trafo Daya	12
Trafo arus dan trafo tegangan	2
Peralatan control	3
Lain-lain	8

Dari tabel 2.1 terlihat SUTT mengalami gangguan paling sering. Jenis gangguan yang terjadi di SUTT ditunjukkan pada tabel 2.2

Tabel 2.2. Frekuensi jenis gangguan pada SUTT

Peralatan	% Kejadian
Fasaketanah(L-G)	85
Fasa ke fasa (L-L)	8
Fasa ke fasa ke tanah (L-L-G)	5
Tigafasa(L-L-L)	2

Dari hasil analisa gangguan, dapat ditentukan sistem proteksi yang akan digunakan, seperti: spesifikasi switchgear, rating circuit breaker (CB) serta penetapan besaran-besaran yang menentukan bekerjanya suatu relay (setting relay) untuk keperluan proteksi.

### 1. Definisi sistem proteksi

Proteksi sistem tenaga listrik adalah sistem proteksi yang dipasang pada peralatan-peralatan listrik suatu sistem tenaga listrik, misalnya generator, transformator jaringan dan lain-lain, terhadap kondisi abnormal operasi sistem itu sendiri.

Kondisi abnormal itu dapat berupa antara lain: hubung singkat, tegangan lebih, beban lebih, frekuensi sistem rendah, asinkron dan lain-lain.

### 2. Manfaat sistem proteksi

Adapun untuk menjaga suatu sistem guna keamanan dan kehandalan dari sistem tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Menghindari ataupun untuk mengurangi kerusakan peralatan –peralatan akibat gangguan (kondisi abnormal operasi sistem). Semakin cepat reaksi perangkat proteksi yang digunakan maka akan semakin sedikit pengaruh gangguan kepada kemungkinan kerusakan alat.
- b. Cepat melokalisir luas daerah yang mengalami gangguan, menjadi sekecil mungkin.
- c. Dapat memberikan pelayanan listrik dengan keandalan yang tinggi kepada konsumen dan juga mutu listrik yang baik.
- d. Mengamankan manusia terhadap bahaya yang ditimbulkan oleh listrik.

Pengetahuan mengenai arus-arus yang timbul dari berbagai tipe gangguan pada suatu lokasi merupakan hal yang sangat esensial bagi pengoperasian sistem proteksi secara efektif. Jika terjadi gangguan pada sistem, para operator yang merasakan adanya gangguan tersebut diharapkan segera dapat mengoperasikan circuit-circuit Breaker yang tepat untuk mengeluarkan sistem yang terganggu atau memisahkan pembangkit dari jaringan yang terganggu. Sangat sulit bagi seorang operator untuk mengawasi gangguan-gangguan yang mungkin terjadi dan menentukan CB mana yang dioperasikan untuk mengisolir gangguan tersebut secara manual.

Mengingat arus gangguan yang cukup besar, maka perlu secepat mungkin dilakukan proteksi. Hal ini perlu suatu peralatan yang digunakan untuk mendeteksi keadaan-keadaan yang tidak normal tersebut dan selanjutnya menginstruksikan circuit breaker yang tepat untuk bekerja memutuskan

rangkaian atau sistem yang terganggu. Dan peralatan tersebut kita kenal dengan relay.

Ringkasnya proteksi dan tripping otomatis circuit-circuit yang berhubungan, mempunyai dua fungsi pokok:

- a. Mengisolir peralatan yang terganggu, agar bagian-bagian yang lainnya tetap beroperasi seperti biasa.
- b. Membatasi kerusakan peralatan akibat panas lebih (over heating), pengaruh gaya-gaya mekanik dst.

"Koordinasi antara relay dan circuit breaker (CB) dalam mengamati dan memutuskan gangguan disebut sebagai sistem proteksi".

Banyak hal yang harus dipertimbangkan dalam mempertahankan arus kerja maksimum yang aman. Jika arus kerja bertambah melampaui batas aman yang ditentukan dan tidak ada proteksi atau jika proteksi tidak memadai atau tidak efektif maka keadaan tidak normal dan akan mengakibatkan kerusakan isolasi. Pertambahan arus yang berlebihan menyebabkan rugi-rugi daya pada konduktor akan berlebihan pula, sedangkan pengaruh pemanasan adalah sebanding dengan kwadrat dari arus:

$$H = I^2 \cdot R \cdot t \text{ Joules} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana;

H = panas yang dihasilkan (Joule)

I = arus listrik (ampere)

R = tahanan konduktor (ohm)

t = waktu atau lamanya arus yang mengalir (detik)

Proteksi harus sanggup menghentikan arus gangguan sebelum arus tersebut naik mencapai harga yang berbahaya. Proteksi dapat dilakukan dengan Sekering atau Circuit Breaker.

Proteksi juga harus sanggup menghilangkan gangguan tanpa merusak peralatan proteksi itu sendiri. Untuk ini pemilihan peralatan proteksi harus sesuai dengan kapasitas arus hubung singkat "breaking capacity" atau Repturing Capacity.

Disamping itu, sistem proteksi yang diperlukan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a. Sekering atau circuit breaker harus sanggup dilalui arus nominal secara terus menerus tanpa pemanasan yang berlebihan (overheating).
- b. Overload yang kecil pada selang waktu yang pendek seharusnya tidak menyebabkan peralatan bekerja.
- c. Sistem Proteksi harus bekerja walaupun pada overload yang kecil tetapi cukup lama, sehingga dapat menyebabkan over heating pada rangkaian penghantar.
- d. Sistem Proteksi harus membuka rangkaian sebelum kerusakan yang disebabkan oleh arus gangguan yang dapat terjadi.
- e. Proteksi harus dapat melakukan "pemisahan" (discriminative) hanya pada rangkaian yang terganggu yang dipisahkan dari rangkaian yang lain yang tetap beroperasi.

Proteksi overload dikembangkan jika dalam semua hal rangkaian listrik diputuskan sebelum terjadi overheating. Jadi disini overload action relatif lebih lama dan mempunyai fungsi inverse terhadap kwadrat dari arus.

Proteksi gangguan hubung singkat dikembangkan jika action dari sekering atau circuit breaker cukup cepat untuk membuka rangkaian sebelum arus dapat mencapai harga yang dapat merusak akibat overheating, arcing atau ketegangan mekanik.

### 3. Sifat - sifat sistem proteksi

- a. Diskriminasi : peka pada arus gangguan minimum tetapi tidak untuk arus beban maksimum
- b. Selektivitas : hanya bekerja pada bagian yang terganggu dan tidak pada bagian yang sehat, artinya sistem proteksi hanya pada daerah pengamannya saja atau mendapat prioritas utama untuk bekerja main protection
- c. Sensitivitas (kepekaan) : segera merasakan adanya gangguan
- d. Realibilitas (keandalan) : sistem proteksi harus bekerja cepat dan dapat diandalkan.
- e. Cepat : segera bekerja untuk menghindari waktu penyelesaian kritis (clearing time) yang terlampaui, kerusakan peralatan karena nilai arus besar dengan jangka waktu lama dan gangguan tetap yang akan menyebabkan tegangan jatuh.

Sifat - sifat tersebut juga menjadi persyaratan sistem proteksi yang baik ditambah dengan persyaratan lain seperti :

#### 4. Proteksi pendukung

Proteksi pendukung (back up) merupakan susunan yang sepenuhnya terpisah dan yang bekerja untuk mengeluarkan bagian yang terganggu apabila proteksi utama tidak bekerja (fail). Sistem pendukung ini sedapat mungkin indenpenden seperti halnya proteksi utama, memiliki trafo-trafo dan rele-rele tersendiri. Seringkali hanya tripping CB dan trafo -trafo tegangan yang dimiliki bersama oleh keduanya. Tiap-tiap sistem proteksi utama melindungi suatu area atau zona sistem daya tertentu. Ada kemungkinan suatu daerah kecil diantara zona-zona yang berdekatan misalnya antara trafo-trafo arus dan circuit breaker-circuit breaker tidak dilindungi. Dalam keadaan seperti ini sistem back up (yang dinamakan remote back up) akan memberikan perlindungan karena berlapis dengan zona-zona utama.

Pada sistem distribusi aplikasi back up digunakan tidak seluas dalam sistem transmisi, cukup jika hanya mencakup titik-titik strategis saja. Remote back up akan bereaksi lambat dan biasanya memutus lebih banyak dari yang diperlukan untuk mengeluarkan bagian yang terganggu.

#### 5. Pertimbangan ekonomis

Dalam sistem distribusi aspek ekonomis hampir mengatasi aspek teknis, oleh karena jumlah feeder, trafo dan sebagainya yang begitu banyak, asal saja persyaratan keamanan yang pokok dipenuhi. Dalam suatu sistem transmisi justru aspek teknis yang penting. Proteksi relatif mahal, namun demikian pula sistem atau peralatan yang dilindungi dan jaminan terhadap kelangsungan peralatan sistem adalah vital.

Untuk tujuan tersebut, biasanya digunakan dua sistem proteksi yang terpisah, yaitu proteksi primer atau proteksi utama dan proteksi pendukung (back up).

## 6. Komponen-komponen sistem proteksi

Secara umum adapun komponen-komponen dari sistem proteksi terdiri dari 6 komponen yang ada dibawah ini yaitu:

- a. Sakelar Pemutus, CB (Circuit Breaker, PMT)
- b. Relay
- c. Trafo arus (Current Transformer, CT)
- d. Trafo tegangan (Potential Transformer, PT)
- e. Kabel kontrol
- f. Catu daya, Suplai (batere)

Peralatan proteksi dipilih berdasarkan kapasitas arus hubung singkat 'Breaking capacity' atau 'Repturing Capcity'.

### B. Rele Proteksi

Sistem proteksi/pengaman suatu tenaga listrik yang membentuk suatu pola pengaman tidaklah hanya relay pengaman saja tetapi juga Current Transformer (CT) dan Potensial Transformer (PT) yang merupakan perangkat instrumen pada relay pengaman. sumber daya DC merupakan sumber untuk mengoperasikan relay pengaman dan pemutus tenaga PMT yang akan menerima perintah akhir dari relay pengaman.

Jadi sistem proteksi/pengaman tenaga listrik adalah satu kesatuan antara CT, PT, Relay, sumber DC, dan PMT. Adanya kesalahan dari salah satu komponen tersebut akan berakibat sistem tersebut tidak jalan.

Relay proteksi dapat merasakan adanya gangguan pada peralatan yang diamankan dengan mengukur atau membandingkan besaran-besaran yang diterimanya, misalnya arus, tegangan, daya, sudut fasa, frekuensi, impedansi dan sebagainya, dengan besaran yang telah ditentukan, kemudian mengambil keputusan untuk seketika ataupun dengan perlambatan waktu membuka pemutus tenaga

Tugas relay proteksi juga berfungsi menunjukkan lokasi dan macam gangguannya. Dengan data tersebut memudahkan analisa dari gangguannya. Dalam beberapa hal relay hanya memberi tanda adanya gangguan atau kerusakan, jika di pandang gangguan atau kerusakan tersebut tidak membahayakan.

Dari uraian di atas maka relay proteksi pada sistem tenaga listrik berfungsi untuk:

1. Merasakan, mengukur dan menentukan bagian sistem yang terganggu serta memisahkan secepatnya sehingga system lainnya yang tidak terganggu dapat beroperasi secara normal,
2. Mengurangi kerusakan yang lebih parah dari peralatan yang terganggu.
3. Mengurangi pengaruh gangguan terhadap bagian sistem yang lain yang tidak terganggu di dalam sistem tersebut serta mencegah meluasnya gangguan.
4. Memperkecil bahaya bagi manusia.

Untuk mendapatkan daerah pengaman yang cukup baik, dalam sistem tenaga listrik terbagi di dalam suatu daerah pengaman yang cukup dengan pemutusan subsistem seminimum mungkin.

Untuk memenuhi fungsi diatas, relay proteksi harus memenuhi persyaratan berikut

1. Sensitif
2. Reliable (Dapat Diandalkan)
3. Selektif
4. Cepat
5. Ekonomis dan Sederhana,

Fungsi rele proteksi pada suatu sistem tenaga listrik guna menjaga suatu system agar berjalan sebagaimana mestinya antara lain:

1. Mendeteksi adanya gangguan atau keadaan abnormal lainnya pada bagian sistem yang diamankannya.
2. Melepaskan bagian sistem yang terganggu sehingga bagian sistem lainnya dapat terus beroperasi.
3. Memberitahu operator tentang adanya gangguan dan lokasinya.

Rele proteksi dalam fungsinya sebagai pengaman memiliki beberapa syarat yang harus dipenuhi, yaitu:

### **1. Kepekaan (sensitivity)**

Pada prinsipnya rele harus cukup peka sehingga dapat mendeteksi gangguan di kawasan pengamanannya meskipun gangguan yang ada relatif kecil

## 2. Keandalan (reliability)

Maksud dari keandalan adalah bahwa sebuah rele proteksi harus selalu berada pada kondisi yang mampu melakukan pengaman pada daerah yang diamankan

Keandalan memiliki 3 aspek. antara lain:

- a. Dependability, adalah kemampuan suatu sistem rele untuk beroperasi dengan baik dan benar. Pada prinsipnya pengaman harus dapat diandalkan bekerjanya (dapat mendeteksi dan melepaskan bagian yang terganggu), tidak boleh gagal bekerja. Dengan kata lain dependability-nya harus tinggi.
- b. Security, adalah tingkat kepastian suatu sistem relai untuk tidak salah dalam bekerja. Salah kerja, misalnya lokasi gangguan berada di luar pengamanannya, tetapi salah kerja mengakibatkan pemadaman yang seharusnya tidak perlu terjadi.
- c. Availability, adalah perbandingan antara waktu di mana pengaman dalam keadaan siap kerja dan waktu total operasinya.

## 3. Selektifitas (selectivity)

Maksudnya pengaman harus dapat membedakan apakah gangguan terletak didaerah proteksi utama dimana pengaman harus bekerja cepat atau terletak di luar zona proteksinya dimana pengaman harus bekerja dengan waktu tunda atau tidak bekerja sama sekali.

#### 4. Kecepatan kerja (speed of operation)

Untuk memperkecil kerugian atau kerusakan akibat gangguan, maka bagian yang terganggu harus dipisahkan secepat mungkin dari bagian sistem lainnya. Selang waktu sejak dideteksinya gangguan sampai dilakukan pemisahan gangguan merupakan penjumlahan dari waktu kerja relai dan waktu kerja pemutus daya. Namun pengaman yang baik adalah pengaman yang mampu beroperasi dalam waktu kurang dari 50 ms.

#### 5. Ekonomis (economic)

Faktor ekonomi sangat mempengaruhi pengaman yang akan digunakan. Namun sebaiknya pilihlah suatu sistem proteksi yang memiliki perlindungan maksimum dengan biaya yang minimum.

#### C. Loadshedding

Load shedding adalah sistem yang didesain untuk melepaskan beban secara otomatis ketika jumlah daya yang dibangkitkan berkurang. Pelepasan secara otomatis dilakukan dengan cara mendeteksi frekuensi atau dengan melihat kondisi sumber daya pembangkit yang beroperasi tidak mencukupi kebutuhannya.

Load shedding didasarkan pada kondisi frekuensi. Pada saat frekuensi turun pada level tertentu akibat adanya pembangkit yang trip, maka dilepaskan beban yang tidak begitu penting yang tidak menyebabkan operasi pengolahan terganggu, biasanya perumahan. Jika frekuensi masih turun terus, maka beban berikutnya yang dilepaskan, mungkin mengorbankan salah satu pabrik, demikian seterusnya hingga dicapai frekuensi minimal yang ditentukan.

Pada setiap pembangkit, terdapat governor yang berfungsi untuk mengatur kecepatan turbin dengan cara mengendalikan kuantitas bahan bakar yang masuk ke dalam ruang pembakaran di turbin. Jika frekuensi daya yang dibangkitkan bertambah atau berkurang, maka governor akan menurunkan atau menaikkan kecepatan turbin. sehingga mencapai kestabilan frekuensi yang diinginkan.

Jika terjadi gangguan yang mengakibatkan berkurangnya daya pembangkit hanya hingga 10 % dari kapasitas pembangkitan yang ada, maka penurunan frekuensi akan terjadi secara perlahan sehingga tidak akan menyebabkan hal-hal serius pada sistem. Hal ini disebabkan karena governor dari pembangkit masih sempat bekerja. Tetapi apabila berkurangnya jumlah pembangkitan daya lebih besar lagi, maka turunnya frekuensi akan semakin cepat sehingga dapat mencapai harga yang relatif rendah hanya dalam waktu yang sangat singkat. Dalam keadaan ini, governor tidak sempat mengejar keteringgalan frekuensi sehingga diperlukan pelepasan sebagian beban agar frekuensi yang ditentukan kembali stabil.

### **1. Kestabilan sistem tenaga listrik**

Stabilitas sistem tenaga listrik didefinisikan sebagai kemampuan suatu sistem tenaga listrik atau bagian komponennya untuk mempertahankan sinkronisasi dan keseimbangan sistem tersebut Suatu sistem tenaga listrik yang baik harus memiliki beberapa syarat yaitu;

a. Reliability adalah: Kemampuan suatu sistem untuk menyalurkan daya atau energi secara terus- menerus.

Quality adalah: Kemampuan sistem tenaga listrik untuk menghasilkan besaran-besaran standar yang ditetapkan untuk tegangan dan frekuensi.

- b. Stability adalah: Kemampuan dari sistem untuk kembali bekerja secara normal setelah mengalami suatu gangguan.

## 2. Kestabilan Sistem Tenaga

Kestabilan sistem tenaga secara keseluruhan di bagi menjadi:

- a. Kestabilan sudut rotor adalah kemampuan dari mesin-mesin sinkron yang saling terinterkoneksi pada sistem tenaga listrik untuk menjaga kesinkronan setelah mengalami gangguan.
- b. Kestabilan frekuensi (Frequency Stability) mengacu pada kemampuan dari sistem tenaga untuk menjaga frekuensi steady setelah mengalami gangguan yang mengakibatkan ketidakseimbangan yang signifikan antara pembangkit dan beban.
- c. Kestabilan tegangan adalah kemampuan dari sistem tenaga untuk menjaga tegangan steady disemua bus dalam sistem setelah mengalami gangguan.

## 3. Kestabilan sudut, frekuensi, dan tegangan

Kestabilan sudut, frekuensi, dan tegangan dapat dibagi menjadi dua sub-kategori;

- a. Kestabilan Steady State

Kemampuan dari suatu sistem tenaga mempertahankan sinkronisasi antara mesin-mesin dalam sistem setelah mengalami gangguan kecil

- b. Kestabilan Transien

Kemampuan dari suatu sistem tenaga mempertahankan sinkronisasi setelah mengalami gangguan besar yang bersifat mendadak selama sekitar

satu swing (yang pertama) dengan asumsi bahwa AYR dan governor belum bekerja.

#### 4. Persamaan Ayunan

Persamaan yang mengatur gerakan rotor suatu mesin serempak yang digerakan oleh penggerak mula berdasarkan prinsip dasar dinamika yang menyatakan bahwa momen putar percepatan adalah hasil kali dari momen-momen kelembaman dan percepatan sudutnya. Persamaannya dapat ditulis dalam bentuk :

$$J = \frac{d^2 \theta_m}{dt^2} = T_m - T_e = T_a \dots \dots \dots (2.1)$$

dimana:

J = momen inersia total dari massa rotor (kg-m<sup>2</sup>)

$\theta_m$  = pergeseran sudut dari rotor terhadap suatu sumbu yang diam (rad)

t = waktu (Detik)

T<sub>m</sub> = torsi mekanik dari penggerak mula (Nm)

T<sub>e</sub> = torsi listrik output generator (Nm)

T<sub>a</sub> = torsi percepatan bersih (Nm)

Kemudian dengan mengalikan persamaan (2.1) dengan  $\omega_m$

$$\omega_m J = d^2/dt^2 = \omega_m T_m - \omega_m T_e \dots \dots \dots (2.2)$$

Jika kecepatan putar dikali torsi adalah sama dengan daya, maka persamaan (2.2) dapat ditulis dengan persamaan daya sebagai berikut;

$$\frac{2H}{\omega_s} \frac{d^2}{dt^2} = P_m - P_e = P_a \dots \dots \dots (2.3)$$

dimana:

$H$ = inersia mesin yang dinyatakan dalam kW.s/Kva.

$S$ = pergeseran sudut dari rotor terhadap suatu sumbu diam, dalam radian mekanis.

$\omega S$ = kecepatan serempak dalam satuan listrik.

$t$ = waktu dalam detik.

$P_e$ = daya listrik dalam p.u.

$P_m$ = daya mekanis dalam p.u.

$P_a$ = daya yang ditimbulkan oleh akselerasi dalam p.u.

## 5. Skema Pelepasan Beban

Pada pelepasan beban secara otomatis, diperlukan pemasangan alat-alat yang dapat melindungi sistem secara cepat apabila terjadi perubahan frekuensi yang besar di dalam sistem. Oleh karena itu perlu digunakan rele frekuensi rendah (UFR/underFrequency Relay) yang dapat mendeteksi nilai frekuensi sistem pada suatu batas tertentu. Tabel 2.3. dibawah merupakan skema pelepasan beban tiga langkah pada standar ANSI/IEEE C37.106-1987 yang telah diubah dalam persen.

Tabel 2.3 Skema load shedding 3 langkah

Step	Frequency Trip Point (Hz)	Frequency Trip Point (%)	Percent of Load Shedding (%)	Fixed Time Delay (Cycles) on Relay
1	49.4	98.83	10	6
2	49.08	98.17	15	6
3	48.75	97.5	Sebelum 48.5 Hz (97%)	

## 6. Standar yang Berkaitan dengan Efek Transien

### a. Standar Undervoltage dan Voltage sagging

Tegangan sistem harus dipertahankan dengan batasan sebagai berikut :

500 kV +5%, -5%      70 kV +5%, -10%

150 kV +5%, -10%    20 kV +5%, -10%

Penurunan tegangan dalam waktu yang sekejap, dinamakan kedip tegangan.

KedipTegangan didefinisikan sebagai fenomena penurunan magnitude tegangan efektif terhadap harga nominalnya selama interval waktu.

Tabel 2.4 Voltage sagging menurut standar SEMI F47

Second (s)	Cycles at 60 Hz	Cycles at 50 Hz	Percent (%) of Equipment
< 0.05 s	<3	<2.5	Not Spectified
0.05 to 0.2 s	3 to 12	2.5 to 10	50%
0.2 to 0,5 s	12 to 30	10 to 25	70%
0.5 to 1.0 s	30 to 60	25 to 50	80%
>1.0s	>60	>50	Not Spectified

### b. Standar Frekuensi

Menurut standar IEEE.std.c37.106.1987 mengatur tentang fluktuasi frekuensi dimana untuk batas overfrequency sebesar +0.8% dari frekuensi nominal, Sedangkan untuk batas underfrequency sebesar -0.8% dari frekuensi nominalnya.Berikut standar IEEE.std.c37.106. 1987 dapat dilihat pada table.

Tabel 2.5 Batas durasi Overfrequency dan Underfrequency yang telah diubah dalam persen

Under Frequency limit	Overfrequency limit	Minimum time
50 -49.6 Hz (100 -99.2%)	50.0-50.4 Hz (100.0-100.8 %)	N/A (continuous operating range)
49.7 -48.3 Hz (97.3 -96.5%)	50.5-51.2 Hz (101.0-102.5 %)	3
48.2 - 47.8 Hz (96.3 -95.7%)	51.3-51.4 Hz (102.7-102.8 %)	30
48.2-47.8 Hz (96.3-95.7 %)		7.5
47.7-47.4 Hz (95.5-94.8 %)		45
47.3-47.1 Hz (94.7-94.2 %)		7.2
Less than 47.0 Hz	Greater than 51.4 Hz	Instantaneous trip

#### D. Auto Load Shedding

Secara manual, pelepasan beban dapat dilakukan dengan cara menurunkan breaker beban tersebut. Cara ini tidaklah efektif karena untuk melakukannya diperlukan operator yang harus selalu memantau nilai frekuensi dan menurunkan breaker jika terjadi penurunan frekuensi yang cukup besar. Oleh karena itu diperlukan sebuah alat yang mampu membaca nilai frekuensi, mempunyai respon yang cepat serta dapat dikonfigurasi sehingga dapat disesuaikan untuk sistem load shedding yang direncanakan.

Alat yang tepat untuk tujuan tersebut adalah under frequency rele (UFR). UFR digunakan untuk mendeteksi frekuensi rele pada batas yang telah ditentukan. Misalnya untuk sistem frekuensi 50Hz, batas frekuensi diatur antara 45-49,5 Hz. UFR akan bekerja dan melepaskan beban apabila frekuensi sistem berada di bawah frekuensi yang telah ditentukan. Pemilihan setting dari frekuensi berbeda-beda,

tergantung dari keadaan sistem. Beban-belan yang akan dilepaskan ditentukan terlebih dahulu dan dilepaskan secara bertahap pada tiap-tiap tingkat frekuensi yang telah ditentukan.

Jika terdapat gangguan dalam sistem yang menyebabkan daya yang tersedia tidak dapat melayani beban, misalnya karena ada unit pembangkit yang trip, maka untuk menghindari sistem menjadi blackout perlu dilakukan pelepasan beban. Keadaan kritis dalam sistem karena jatuhnya unit pembangkit dapat terdeteksi melalui frekuensi sistem yang menurun dengan cepat.



Gambar 2.1 Grafik perubahan frekuensi sebagai fungsi waktu dengan adanya pelepasan beban

Turunnya frekuensi dapat mengikuti garis 1, garis 2, atau garis 3. Makin besar unit pembangkit yang jatuh, makin besar daya tersedia hilang, makin cepat frekuensi menurun. Kecepatan menurunnya frekuensi tergantung dari besar kecilnya inersia sistem. Makin besar inersia sistem, makin handal sistemnya, makin lambat frekuensi menurun.

Dalam gambar 1, dimisalkan frekuensi menurun mengikuti garis 2. Setelah mencapai titik B dilakukan pelepasan beban tingkat pertama oleh UFR yang

bekerja setelah mendeteksi frekuensi sebesar  $f\%$ . Dengan adanya pelepasan beban tingkat pertama maka penurunan frekuensi berkurang kecepatannya. Sampai di titik C UFR mendeteksi frekuensi sebesar  $f_c$  dan akan melakukan pelepasan beban tingkat kedua

Setelah pelepasan beban tingkat kedua frekuensi sistem tidak lagi menurun, akan tetapi menunjukkan gejala yang baik yaitu kembali menuju titik D. Naiknya frekuensi dari titik C menuju titik D disebabkan karena daya yang tersedia dalam sistem adalah lebih besar dari pada beban setelah mengalami pelepasan beban tahap kedua. Sehingga akhirnya frekuensi normal kembali di titik D.

Apabila unit pembangkit yang jatuh tidak begitu besar, mungkin penurunan frekuensi tidak pernah mencapai nilai  $f_c$  sehingga pelepasan beban tingkat pertama saja sudah cukup mengembalikan sistem ke frekuensi normal.

### 1. Laju penurunan frekuensi

Besaran yang menyangkut energi mekanik dinyatakan dengan  $H$ , yaitu besarnya energi mekanik per MW terpasang, dengan sebuah persamaan nilai untuk  $p_{SO}$  tertentu setelah gangguan terjadi. Tanda negative menunjukkan terjadinya gangguan unit pembangkit yang sebelumnya menyumbang daya kedalam sistem sebesar  $p_{SO}$ , karena merupakan energi kinetis perdaya terpasang, jadi dalam per unit, maka dengan menggunakan besaran besaran per unit seperti yang terpakai untuk  $H$  maka persamaan menjadi :

$$\frac{df}{dt} = \frac{f_o}{2H} \frac{PSO}{PGOT - PSOT} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

$f_o$ = Frekuensi awal (50 Hz)

$P_{so}$  = Besar selisih daya antara sesudah dan sebelum pembangkitan

$P_{got}$  = Daya yang terpasang per pembangkit yang beroperasi sebelum gangguan

$P_{sot}$  = Daya yang terpasang dalam M W dari unit yang mengalami gangguan

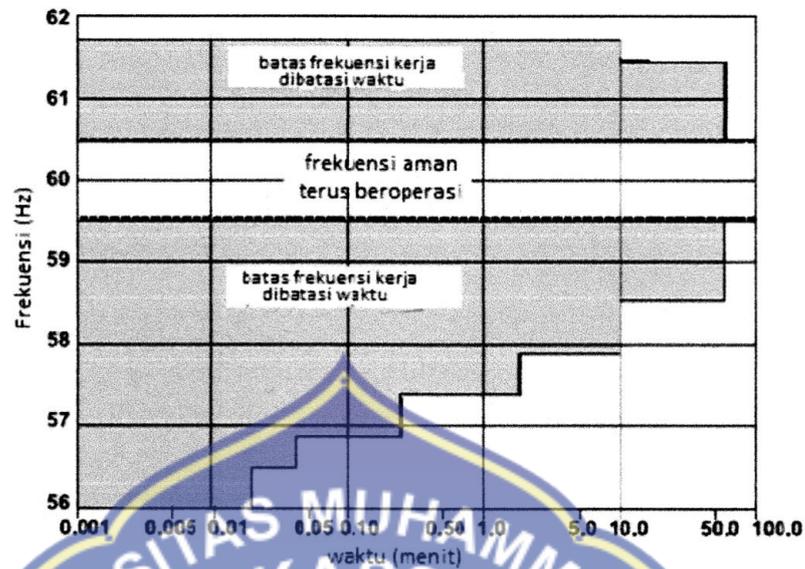
Nilai rata-rata konstanta inersia dapat dihitung dengan menggunakan rumus di bawah ini :

$$H = \frac{H_1 MVA_1 + H_2 MVA_2 + \dots + H_n MVA_n}{MVA_1 + MVA_2 + \dots + MVA_n} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan nilai rata-rata konstanta inersia generator 6,55 MJ/MVA.

## 2. Frekuensi Pemutus Tenaga Bekerja

Untuk mendapatkan nilai beban yang dilepaskan sesuai dengan kebutuhan sistem tenaga listrik, maka frekuensi yang digunakan sebagai acuan perhitungan kebutuhan beban yang dilepaskan bukan frekuensi saat rele frekuensi bekerja melainkan frekuensi saat pemutus tenaga benar-benar bekerja. Pada tahap ini diasumsikan rele frekuensi pertama kali bekerja saat terjadi penurunan frekuensi pada saat 59,5 Hz dan tidak memiliki waktu tunda. Hal ini sesuai dengan standar frekuensi abnormal yang diijinkan bagi pembangkit listrik tenaga gas yaitu IEEE C37-106 2003 sebagai berikut:



Gambar 2.2 Standar IEEE C37 - 106 2003

Sesuai dengan standar tersebut, generator turbin gas boleh bekerja secara terus-menerus ketika frekuensi kerja memiliki nilai 59,5 - 60,5 Hz dengan frekuensi nominal 60 Hz. Karena usia generator yang relatif tua, maka pada skema pelepasan beban ini dipilih frekuensi 59,5 Hz sebagai frekuensi kerja rele tahap pertama.

Untuk mendapatkan nilai frekuensi saat pemutus tenaga benar-benar bekerja digunakan rumus sebagai berikut:

$$f_{load} = \left[ f_0 - \frac{df}{dt} (t_{trip}) \right] \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana

$T_{trip}$  = waktu yang digunakan sistem sesaat sebelum frekuensi turun hingga pemutus tenaga benar-benar bekerja

Waktu trip dipengaruhi oleh 3 waktu, yaitu:

- a. waktu pick-up
- b. waktu rele

c. waktu pemutus tenaga

Waktu pick-up adalah waktu yang digunakan sistem sesaat sebelum frekuensi turun hingga rele pertama kali bekerja (59,5 Hz). Sedangkan waktu rele adalah waktu yang digunakan rele untuk menghantarkan sinyal penurunan frekuensi ke pemutus tenaga (50 ms) dan waktu pemutus tenaga adalah waktu yang digunakan pemutus tenaga untuk membuka kontaknya untuk melepas beban (100ms).

### 3. Momen Inersia

Untuk sistem yang bergerak memiliki energi kinetik yang tersimpan pada bagian yang bergerak tersebut Untuk sistem kelistrikan terdapat energi kinetik yang bergerak pada penggerak mula, generator, dan beban yang berputar akan mempengaruhi frekuensi sistem. Konstanta inersia suatu sistem tenaga listrik terdiri dan banyak unit pembangkit dengan mengikuti perumusan sebagai berikut:

$$H_{\text{sistem}} = \sum_i^n (H_i G_i / G_i) \text{ MW} - \text{det/MVA} \dots \dots \dots (2.7)$$

Dengan :

H = Momen inersia pembangkit ke i

G<sub>i</sub> = Kapasitas terpasang unit pembangkit ke i

n = Jumlah n unit pembangkit

Jika terjadi ketidak seimbangan dalam suatu sistem, maka momen inersia yang pertama-tama akan mempertahankan keseimbangan sistem tersebut. Dengan demikian besarnya momen inersia yang dimiliki oleh sistem

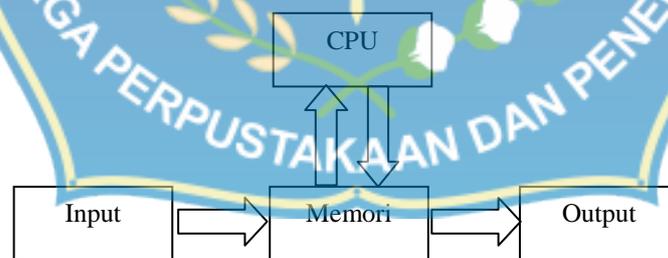
adalah kemampuan ukur kekuatan dari sistem tersebut. Jika inersia yang dimiliki oleh sistem semakin besar, maka kestabilan sistem akan semakin baik.

### E. Programable Logic Controller

PLC (programmable logic controller) adalah suatu perangkat berbasis komputer yang berfungsi untuk mengendalikan peralatan dan proses industri. Pada awalnya dirancang untuk menjalankan fungsi yang dijalankan oleh relai kontrol, drum aktif, dan waktu mekanis/counter Kendali analog kini juga merupakan bagian dari standar operasi PLC.

PLC dapat dianggap sebagai sebuah komputer yang dirancang khusus untuk mengendalikan suatu proses produksi. Secara umum PLC dapat dibagi menjadi tiga bagian utama:

1. CPU
2. Memori
3. Input/Output



Gambar 2.3 Struktur perangkat keras PLC

Sinyal dan data yang berasal dari instrumen luar akan diterima oleh PLC melalui komponen input PLC. Setelah sinyal dan data tersebut masuk kekomponen input PLC, sinyal dan data tersebut akan diterima oleh memori yang kemudian akan mengirimnya ke CPU untuk diolah. Setelah diolah oleh CPU data tersebut akan

dikirimkan kembali ke memori, untuk kemudian diteruskan kembali ke komponen output dari PLC. Data ini bisa berasal dari tombol manual maupun berasal dari sensor yang di gun akan dalam sistem produksi. Sedangkan keluaran dari PLC digunakan kebanyakan untuk mengaktivasi aktuator yang di gunakan untuk proses tersebut.

## F. Bahasa Pemrograman PLC

### 1. Ladder diagram

Ladder diagram (diagram tangga) adalah bahasa pemrograman utama yang digunakan dalam PLC. Dibuat secara vertikal dengan menggunakan simbol-simbol dalam bentuk rangkaian menurut prinsip logika. Simbol-simbol tersebut diletakkan diantara dua buah garis vertikal sejajar. Garis vertikal sebelah kiri mewakili hubungan dengan tegangan sumber atau daya masukan positif. Sedangkan garis vertikal sebelah kanan mewakili hubungan netral.1131



Gambar 2.4 Ladder diagram

Ladder diagram disusun oleh dua komponen utama, yaitu:

#### a. Kontak

Kontak berfungsi sebagai input program. Kontak mempunyai dua kondisi yaitu 'on' atau 'off', atau jika dikonversikan ke tipe data boolean maka akan berupa 'true' atau 'false'. Jika variabel kontak bernilai "true \ arus

akan diteruskan dari kiri ke kanan melewati kontak. Sebaliknya, jika bernilai 'false'. maka arus akan berhenti pada kontak tersebut.

Kontak bisa dalam keadaan normally open (NO) atau normally close (NC). NO maksudnya adalah dalam keadaan normal bernilai 'false' (karena tidak terhubung). dan bila ter-energize akan bernilai 'true'.

Begitu juga dengan NC, dalam keadaan normal 'true', dan dalam keadaan ter-energize 'false'.



Gambar 2.5 Kontak NO dan NC

b. Kumparan

Kebalikan dan kontak, kumparan berperan sebagai output program. Juga bisa dalam keadaan NO atau NC. Dalam keadaan NO, bila arus bisa melewati kontak dan sampai ke kumparan, maka kumparan bernilai 'true', jika tidak ada arus yang sampai ke kumparan maka nilainya 'false'. Dalam keadaan NC, jika ada arus yang sampai ke kumparan maka nilainya 'true'. jika tidak ada arus yang sampai maka nilainya 'false'.

Gambar 2.6 Kumparan NO dan NC

## 2. Timer

Timer adalah fungsi pewaktu. Digunakan untuk mengatur berapa lama sebuah alat bekerja atau berhenti, mengatur delay start, mengatur jeda antara suatu proses dengan proses berikutnya, dsb. Ada tiga jenis timer yaitu:

a. Timer on delay (TON)

Setelah input TON bernilai 'true'. TON akan mulai menghitung selama waktu "set point". Setelah waktu 'set point' tercapai, maka TON akan aktif (output TON bernilai 'true'). Bila input TON 'false', maka timer akan langsung tidak aktif

b. Timer off delay (TOF)

Kebalikan dari TON, TOF akan langsung aktif bila inputnya bernilai 'true'. TOF akan tidak aktif setelah waktu 'set point' dari saat input bernilai 'false'.

c. Time pulse (TP)

TP akan aktif selama waktu "set point" setelah input TP bernilai 'true' tanpa memperhatikan apakah input TP tetap 'true' atau sudah menjadi 'false'.

**3. Counter**

Counter adalah fungsi pencacah. Digunakan untuk menghitung berapa banyak kerja yang sistem lakukan, menghitung jumlah produk sebagai syarat untuk proses berikutnya, dsb. Ada tiga jenis counter, yaitu:

a. Counter up (CTU)

CTU mencacah dari 0 hingga nilai 'set point'. CTU akan aktif bila telah mencapai nilai 'setpoint'. Ketika di 'reset', nilai pencacahnya akan kembali menjadi 0 dan otomatis CTU menjadi tidak aktif.

b. Counter down (CTD)

Kebalikan dari CTU, CTD mencacah dari nilai 'set point' hingga 0. Akan aktif bila nilainya 0. Dan ketika di 'load', nilainya akan kembali ke "set point' dan LTD menjadi tidak aktif

c. Counter up down (CTUD)

CTUD adalah gabungan antara CTU dan CTD. Bisa mencacah naik atau turun.

**4. Operasi logika**

Selain operasi aritmatika yang dapat dilakukan dengan kontak di atas, PLC juga memungkinkan untuk melakukan operasi logika dengan memori yang dipakai sebesar 16 bit. Operasi logika yang dapat dipakai diantaranya:

- a. AND
- b. OR
- c. XOR
- d. NOT

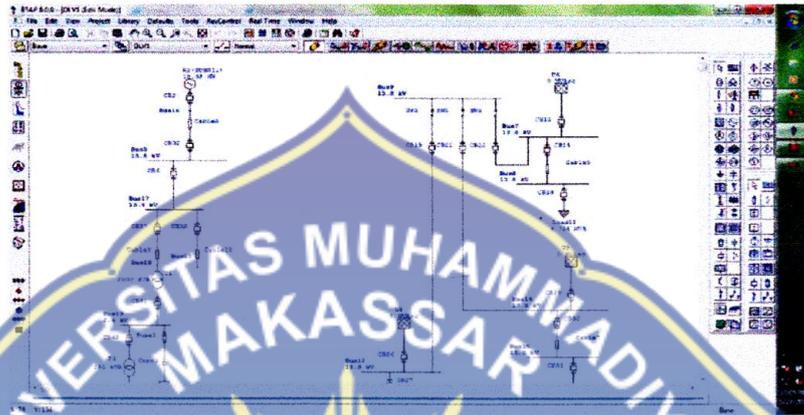
**5. Perbandingan**

Instruksi ini sangat berguna untuk membandingkan sebuah nilai dengan nilai yang lainnya.

- a. Kurang dari (LT)
- b. Kurang dari atau sama dengan (LE)
- c. Lebih dari (GT)
- d. Lebih dari atau sama dengan (GE)

## G. ETAP 6.0.0

Etap Power Station adalah suatu software/program untuk menganalisa transien suatu system electrical yang ditampilkan secara grafis dan dapat dijalankan pada MS Windows 98, NT, 2000, XP, Windows7, dan Windows8



Gambar 2.7 Tampilan software ETAP 6.0.0

Dalam software ETAP 6.0.0 ini kita dapat merancang sebuah *scenario loadshedding* yang diinginkan dari suatu rancangan pembangkit, transmisi, dan yang lainnya. Adapun type dari pembuatan simulasi/program ini kita dapat menggunakan 2 metode yaitu

1. Matric
2. English

Dari kedua cara itu juga kita dapat mengetahui standarisasi internasional yang telah terprogram dalam software ETAP 6.0.0 ini, sehingga mempermudah kita dalam membuat suatu rancangan tanpa harus mencari tahu standarisasi internasional yang ada

Pengguna ETAP harus mahir dalam menggunakan system operasi dasar Windows. Pengguna ETAP tidak memerlukan pelatihan. Namun, untuk

memfasilitasi proses belajar OTI menyediakan local karya sepanjang tahun beberapa lokasi. (Lihat [www.etap.com](http://www.etap.com) untuk jadwal pelatihan up-to-date)

ETAP memungkinkan kita untuk dengan mudah membuat dan mengedit grafis diagram satu garis, system kabel bawah, system kabel 3 dimensi, system ETAP 6.0.0 User Guide 2009 koordinasi dan plot selektivitas, system informasi geografis skema (GIS), serta system jaringan tanah tiga-dimensi. Program ini telah dirancang untuk menggabungkan tiga konsep kunci

1. Operasi Virtual reality

Operasi program menyamai system operasi listrik nyata semaksimal mungkin. Sebagai contoh, ketika kita membuka atau menutup pemutus sirkuit, menempatkan element keluar dari layanan, atau mengubah status operasi dari motor, de-energized elemen dan sub-sistem ditunjukkan pada diagram satu garis abu-abu. ETAP menggabungkan konsep-konsep inovatif untuk menentukan koordinasi perangkat proteksi langsung dari diagram satu garis.

2. Jumlah integrasi data

ETAP menggabungkan sifat listrik, logis, mekanik, dan fisik dari element system dalam database yang sama. Misalnya, kabel tidak hanya berisi data yang mewakili sifat listrik dan dimensi fisik, tetapi juga informasi yang menunjukkan arah melalui disalurkan. Dengan demikian, data untuk satu kabel dapat digunakan untuk arus beban atau arus pendek analisis (yang membutuhkan parameter listrik dan koneksi) serta perhitungan ampacity derating kabel (yang membutuhkan data routing fisik). Integrasi data ini memberikan konsistensi seluruh system dan menghilangkan kebutuhan untuk

entri data ganda unsur yang sama, yang dapat menjadi penghematan waktu yang cukup.

### 3. Kesederhanaan dalam data entri

ETAP melacak data yang rinci untuk setiap peralatan listrik. Editor data dapat mempercepat proses entri dengan meminta data minimum untuk studi tertentu. Untuk mencapai ini, software Etap telah disusun para editor property dengan cara yang paling logis untuk memasukkan data untuk berbagai jenis analisis atau desain.

Satu bans diagram ETAP mendukung sejumlah fitur untuk membantu anda dalam membangun jaringan dari berbagai. sejumlah fitur untuk membantu anda dalam membangun jaringan dari berbagai kompleksitas. Sebagai contoh, setiap element dapat memiliki orientasi individual bervariasi, ukuran, dan symbol display (TEC atau ANSD). Diagram satu garis juga memungkinkan anda untuk menempatkan alat pelindung beberapa antara cabang sirkuit dan bus.

### 1. Persyaratan system

Program ini memiliki beberapa persyaratan minimum yang terdapat pada computer pengguna agar dapat menjalankan dengan baik, yaitu:

- a. Sistem operasi (32-bit)
  - 1) Microsoft\* Windows Vista (Home Premium, Business, Enterprise)
  - 2) Microsoft\* Windows\* (SP3) Professional of Home Edition
  - 3) Microsoft\* Windows\* 7 (Home Premium, Professional)
- b. Perangkat lunak yang lain
  - 1) Internet Explorer 5.01 atau yang lebih tinggi

2) Microsoft\* .NET Framework V1.1, SP1

3) Microsoft\*.NET Framework V2.1.SP2

c. Persyaratan konfigurasi computer

1) Otomatis 32-bit

2) USB port (jika memakai lisensi yang berdiri sendiri)

3) Ethernet port w atau akses jaringan (jika memakai lisensi jaringan)

4) DVD Drive

5) Hard disk 5 sampai 80GB

6) Resolusi tampilan 1024 x 768

d. Persyaratan perangkat keras

1) Intel Dual / Quad core - 2.0 GHz

2) RAM 1GB-2GB



### **BAB III**

#### **METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini penulis akan mengkaji tentang langkah-langkah dalam penyusunan laporan akhir ini. Metodologi adalah kerangka dasar dari tahapan penyelesaian tugas akhir. Metodologi penelitian pada tugas akhir ini mencakup semua kegiatan yang dilakukan untuk memecahkan masalah atau kajian terhadap permasalahan

Dalam penulisan laporan akhir ini, kajian yang dilakukan adalah tentang skenario pelepasan beban menggunakan software ETAP 6.0.0 sebagai pengaman GTG di PT. SEMEN BOSOWA. Adapun beberapa langkah dalam metodologi penelitian ini adalah sebagai berikut:

##### **A. Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian dan pengambilan data yang dilaksanakan di PT. SEMEN BOSOWA, adapun waktu yang dipergunakan untuk melakukan pengambilan data ini adalah selama 2 minggu terhitung dari 12 Oktober 2015 sampai dengan 31 Oktober 2015.

##### **B. Metode Penelitian**

Langkah pertama yang dilakukan penulis adalah dengan mengumpulkan dan mencari pokok-pokok masalah yang berkaitan dengan pembahasan, Selanjutnya melakukan beberapa referensi yang dibutuhkan dalam menunjang penyusunan dari tugas akhir ini, antara lain sebagai berikut:

## 1. Studi pustaka

Terlebih dahulu sebelum melakukan penyusunan tugas akhir ini penulis telah mengumpulkan beberapa referensi dari berbagai judul buku yang berkaitan dengan masalah yang akan dibahas dalam tugas akhir ini, yang dapat menambah pengetahuan wawasan penulis terhadap masalah yang akan dibahas.

## 2. Pengumpulan data

Data yang penulis dapatkan dari PT. SEMEN BOSOWA terdiri dari beberapa dokumen atau copy berkas yang didapat dari unit utilitas dan unit RBB (Rancang Bangun Bosowa) yang diperlukan untuk penyusunan tugas akhir ini antara lain yaitu :

- a. Target point skema pelepasan beban (load shedding) dari unit utilitas P-3.
- b. Data keseluruhan beban di areal PT. SEMEN BOSOWA dari unit RBB (Rancang Bangun Bosowa).
- c. Single line diagram pabrik PT. SEMEN BOSOWA dari unit RBB (Rancang Bangun Bosowa).
- d. Name plate yang tertera pada GTG PT. SEMEN BOSOWA.

## C. Pengolahan Data

Setelah penulis melakukan serangkaian pengambilan data di PT. BOSOWA penulis melakukan beberapa langkah guna mengolah data tersebut guna melengkapi dari tugas akhir ini.

## 1. Alat dan bahan

Adapun alat yang dipergunakan penulis untuk melakukan perhitungan dan pembuktian menggunakan ETAP 6.0.0 adalah sebagai berikut:

### a. Peralatan

- 1) Kalkulator : Alat hitung ini digunakan penulis untuk melakukan penghitungan manual guna mencari kebenaran dari simulasi yang akan dilakukan
- 2) Komputer : Sebagai alat yang digunakan penulis untuk menyusun tugas akhir ini dan sebagai tempat penyimpanan data yang telah didapat sebelumnya
- 3) Perangkat lunak (software) : Adapun beberapa software yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini menggunakan Microsoft Office, dan ETAP 6.0.0
- 4) Printer : Sebagai alat yang digunakan penulis untuk mencetak hasil dari tugas akhir ini.

### b. Bahan

Bahan yang digunakan dalam pengolahan data ini adalah single line diagram dari PT. SEMEN BOSOWA .

## D. Persiapan Penyusunan

Dalam penyusunan tugas akhir ini yang berjudul "Skenario Sistem Proteksi Pelepasan Beban Menggunakan Software ETAP (Electrical Transient Analysis Program) Pada PT.Semen Bosowa".Penulis membuat langkah-langkah dalam penyusunan untuk lebih mempermudah dalam menghitung, bagaimana frekuensi

menurun sebagai fungsi waktu maka perlu dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

### 1. Pembuatan simulasi menggunakan ETAP 6.0.0

Dalam pembuatan suatu simulasi menggunakan software yang hams terlebih dahulu kita pahami yaitu cara pengaplikasian dari software tersebut sehingga tidak menyebabkan kesalahan dalam perakitan maupun pembuktian. adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- a. Pastikan software yang dibutuhkan telah terinstal dilaptop atau computer (ETAP 6.0.0)
- b. Jalankan software tersebut



Gambar 3.9 Menu awal ETAP 6.0.0

- c. Adapun komponen yang dibutuhkan dalam pembuatan simulasi ini adalah
  - 1) Generator
  - 2) Bus
  - 3) CB High Voltage
  - 4) Cable
  - 5). CT (Current Transformator)
  - 6). Beban (Lumped), dan
  - 7). Switch
- d. Setelah mengetahui semua komponen yang dibutuhkan mulailah membuat rangkaian dari pembangkit (GTG) yang ada di SEMEN BOSOWA

- e. Setelah dirangkai sedemikian rupa dengan settingan yang sesuai sama seperti settingan yang terdapat di PT.SEMEN BOSOWA yang bertolak ukur pada data yang didapat selama melakukan pengambilan data maka hasilnya adalah :



Gambar 3.10 Pensimulasian di ETAP 6.0.0

Dari gambar tersebut sebenarnya terdapat 4 GTG dan pembebanan yang terlihat namun karena keterbatasan yang dapat ditampilkan hanya bisa menampilkan 2 GTG saja dalam rangkaian.

## 2. Flow chart dari pembuatan simulasi menggunakan ETAP 6.0.0



Gambar 3.11 Flow chart pembuatan simulasi menggunakan ETAP 6.0.0

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Untuk mengimbangi pemakaian tenaga listrik yang terjadi pada PT. Semen Bosowa dibutuhkan suatu pengolahan energy yang cukup baik, yang dimana harus memberikan energy" kepada peralatan produksi namun juga memberikan energy keberbagai perkantoran dan perumahan yang ada pada lingkungan PT. Semen Bosowa. Dan kesemua itu keseimbangan dan energi ini sangat dibutuhkan dalam suatu pabrik terlebih lagi PT. Semen Bosowa apabila terjadi suatu masalah yang mengakibatkan ketidak seimbangan energi maka akan dilakukan pemutusan sebagian dari pengguna energi tersebut atau yang sering disebut dengan load shedding.

#### **A. Sistem Load Shedding di PT. Semen Bosowa**

Di PT. Semen Bosowa sistem load shedding yang dibangun tidak menggunakan under frequency relay (UFR) seperti yang dibahas sebelumnya. Sistem load shedding di Bosowa memanfaatkan breaker pada generator, switch gear, dan sync bus. Detail breaker yang dipakai dalam sistem load shedding di PT. Semen Bosowa adalah seperti tabel berikut:

Tabel 4.9 Breaker yang dijadikan acuan untuk loadshedding

Site	Posisi/ Tag Number Breaker		
	GTG	Switch Gear (dari GTG)	Switch Gear (dari sync bus)
Bosowa II	52G-P2	52L-P2	52S-P2
Bosowa III	52G-P3	52L-P3	52S-P3
Bosowa IV	52G-P4	52L-P4	52S-P4
Bosowa IB	52G-P1B	52L-PIB	52S-P1B

Misalnya untuk Bosowa 2. efek pelepasan beban yang disebabkan oleh tripnya breaker 52G-P2 atau 52L-P2 adalah sama karena kedua breaker tersebut berada pada line yang sama. Hanya saja posisi breaker 52G-P2 dekat dengan generator, sedangkan breaker 52G-L2 ada di switch gear. Ketika salah satu breaker ini trip, maka pasokan daya akan didapatkan dari sync bus. akibatnya generator yang masih aktif akan mendapatkan tambahan beban.

Sedangkan untuk breaker 52S-P2. tidak ada breaker lain yang efeknya identik dengan breaker ini. Sehingga kemudian status dari breaker-breaker di atas disederhanakan menjadi seperti label di bawah ini:

Tabel 4.10 Parameter penyebab loadshedding

Site	Parameter	Tag Number Breaker
Bosowa U (GTG Hitachi)	H2 Trip	52G-P2 dan 52L-P2
	H2 Pisah	52S-P2
Bosowa III (GTG Hitachi)	H3 Trip	52G-P3 dan 52L-P3
	H3 Pisah	52S-P3
Bosowa IV (GTG Hitachi)	H4 Trip	52G-P4 dan 52L-P4
	H4 Pisah	52S-P4
Bosowa IB (GTG General Electrical)	GE Trip	52G-PIB dan 52L-PIB
	GE Pisah	52S-PIB

Parameter pada tabel di atas adalah parameter penyebab untuk menentukan target pelepasan. Misalnya ketika H2 trip, maka efeknya beban untuk perumahan akan dilepaskan. Target pelepasan secara lengkap dapat dilihat di bagian lampiran. Target pelepasan dibuat untuk mempermudah menentukan beban mana yang akan dilepaskan apabila ada salah satu atau beberapa generator yang trip atau terpisah dari synchronous bus.

Pada one line diagram posisi breaker di atas adalah seperti gambar berikut:



Gambar. 4.12 single line diagram listrik bosowa yang sudah disederhanakan

## 1. Control Load Shedding

Sinyal input untuk PLC diambil dari auxiliary contact dari breaker. Fungsi auxiliary contact adalah untuk mengirimkan sinyal digital berupa status breaker. Jika breaker dalam keadaan on, maka auxiliary contact akan mengirimkan sinyal 1, jika breaker dalam keadaan trip atau off, auxiliary contact akan mengirimkan sinyal 0.



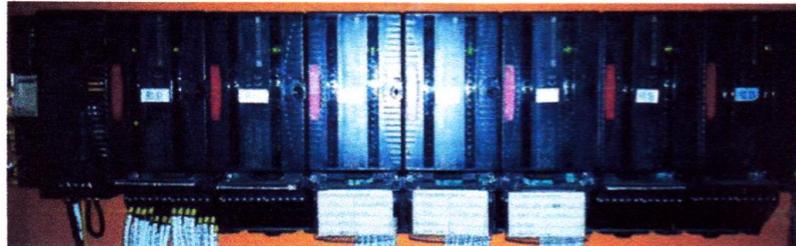
Gambar 4.13 Sinyal digital

Di PLC, data dari semua auxiliary contact diterima yang kemudian akan diproses sebagaimana program yang telah dimasukkan ke dalam PLC. Program dibuat berdasarkan target pelepasan yang telah ditentukan. Setelah diproses dan ditentukan beban mana yang akan dilepas, maka PLC akan mengirimkan sinyal digital untuk melepas breaker beban target yang telah ditentukan.

PLC yang digunakan adalah PLC GE Fanuc seperti pada gambar di bawah ini:

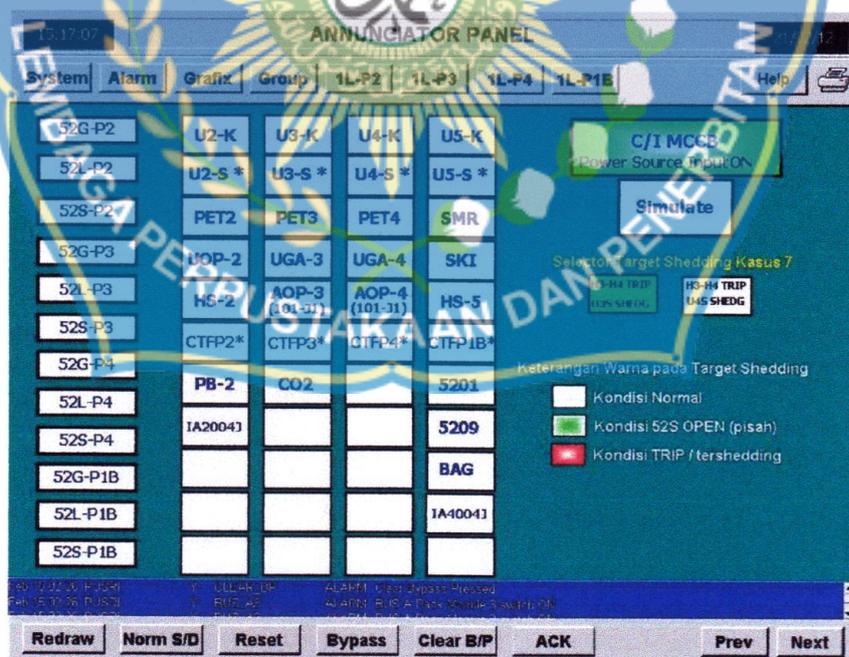


Gambar 4.14 PLC GE Fanuc (CPU, power supply, modul komunikasi)



Gambar 4.15 Modul I/O PLC GE Fanuc

Untuk mempermudah operator melihat sistem yang sedang berjalan, PLC juga mengirimkan data ke komputer di mana software HMI (human machine interface) sudah menunggu. HMI berfungsi sebagai penerjemah antara operator dan mesin. Perintah dari operator dikirim dengan cara mengklik atau memasukkan data kekomputer. Sedangkan status dari breaker dan target dapat dilihat di layar monitor.



Gambar 4.16 Tampilan HMI menggunakan Complicity

## B. Perhitungan

Pada perhitungan ini penulis harus akan menghitung berapa drop frekuensi yang terjadi dan daya yang ditanggung oleh total keseluruhan generator.

Dengan

$$P_{GOT} = 68 \text{ MW}$$

$$P_{GO} = 44 \text{ MW}$$

$$P_{SO} = 60\% \text{ dari generator}$$

$$P_{SOT} = 15 \text{ MW}$$

$$f_0 = 50 \text{ Hz}$$

$$\text{Pole} = 2$$

$$\text{Jika inersia} = 1,2$$

### 1. Pada saat keadaan normal

#### a. Inersia system

$$H_s = \frac{(H.MVA1)+(H.MVA2)+(H.MVA3)+(H.MVA4)}{(MVA1)+(MVA2)+(MVA3)+(MVA4)}$$

$$H_s = \frac{(1,2 \cdot 17,647)+(1,2 \cdot 17,647)+(1,2 \cdot 17,647)+(1,2 \cdot 27,059)}{17,647+17,647+17,647+27,059}$$

$$H_s = \frac{21,1764+21,1764+21,1764+32,4708}{80}$$

$$H_s = \frac{96,03}{80}$$

$$H_s = 1,200375 \text{ second}$$

#### b. Drop frekuensi $t_0-t_1$

$$\left(\frac{df}{dt}\right)_{t_0-t_1} = - \frac{f_0}{1,2 H} \cdot \frac{P_{so}}{P_{GOT} - P_{SOT}}$$

$$\left(\frac{df}{dt}\right)_{t_0-t_1} = - \frac{50}{1,2 (1,200325)} \cdot \frac{12}{68-15}$$

$$\left(\frac{df}{dt}\right)_{t_0-t_1} = - \frac{50}{1,44045} \cdot \frac{12}{53}$$

$$\left(\frac{df}{dt}\right)_{t_0-t_1} = - \frac{50}{1,44045} \cdot 0,2264$$

$$\left(\frac{df}{dt}\right)_{t_0-t_1} = - 7,8586553 \text{ Hz/s}$$

- c. Nilai frekuensi pada saat  $\frac{df}{dt} = -7,8586553 \text{ Hz/s}$ , jika  $\Delta t = 0,1$

$$f_1 = f_0 \left(\frac{df}{dt}\right)_{t_0-t_1} \cdot \Delta t$$

$$f_1 = 50 + (-7,8586553 \cdot 0,1)$$

$$f_1 = 50 + (-0,78586553)$$

$$f_1 = 49,214135 \text{ Hz}$$

- d. Beban maksimal yang dapat generator tampung pada saat  $f_1 = 49,214135$

Hz

$$P_{BI} = \frac{f_1}{f_2} \cdot P_{Bmax}$$

$$P_{BI} = \frac{49,214135}{50} \cdot 44$$

$$P_{BI} = 43,308438 \text{ MVA}$$

## 2. Pada saat satu GTG trip (H2/H3/H4)

- a. Inersia system

$$H_s = \frac{(H.MVA2)+(H.MVA3)+(H.MVA4)}{(MVA1)+(MVA2)+(MVA3)+(MVA4)}$$

$$H_s = \frac{(1,2.17,647)+(1,2.17,647)+(1,2.27,059)}{17,647+17,647+17,647+27,059}$$

$$H_s = \frac{21,1764+21,1764+21,1764+32,4708}{80}$$

$$H_s = \frac{74,7736}{80}$$

$$H_s = 0,96467 \text{ second}$$

b. Drop frekuensi  $t_0-t_1$

$$\left(\frac{df}{dt}\right)_{t_0-t_1} = - \frac{f_0}{1,2 H} \cdot \frac{P_{so}}{P_{GOT} - P_{SOT}}$$

$$\left(\frac{df}{dt}\right)_{t_0-t_1} = - \frac{50}{1,2 (0,93467)} \cdot \frac{12}{68-15}$$

$$\left(\frac{df}{dt}\right)_{t_0-t_1} = - \frac{50}{1,121604} \cdot \frac{12}{53}$$

$$\left(\frac{df}{dt}\right)_{t_0-t_1} = - \frac{50}{1,121604} \cdot 0,2264$$

$$\left(\frac{df}{dt}\right)_{t_0-t_1} = - 10,092689 \text{ Hz/s}$$

c. Nilai frekuensi pada saat  $\frac{df}{dt} = - 10,092689 \text{ Hz/s}$ , jika  $\Delta t = 0,1$

$$f_1 = f_0 \left(\frac{df}{dt}\right)_{t_0-t_1} \cdot \Delta t$$

$$f_1 = 50 + (-10,093689 \cdot 0,1)$$

$$f_1 = 50 + (-1,0092689)$$

$$f_1 = 48,990731 \text{ Hz}$$

d. Beban maksimal yang dapat generator tampung pada saat  $f_1 = 48,990731 \text{ Hz}$

$$P_{BI} = \frac{f_1}{f_2} \cdot P_{Bmax}$$

$$P_{BI} = \frac{48,990731}{50} \cdot 44$$

$$P_{BI} = 43,111844 \text{ MVA}$$

### 3. Pada saat GE trip

a. Inersia system

$$H_s = \frac{(H.MVA1)+(H.MVA2)+(H.MVA3)}{(MVA1)+(MVA2)+(MVA3)+(MVA4)}$$

$$H_s = \frac{(1,2.17,647)+(1,2.17,647)+(1,2.17,647)}{17,647+17,647+17,647+27,059}$$

$$H_s = \frac{21,1764+21,1764+21,1764+35,294}{80}$$

$$H_s = \frac{63,559}{80}$$

$$H_s = 0,79449 \text{ second}$$

b. Drop frekuensi<sub>0-t1</sub>

$$\left(\frac{df}{dt}\right)_{t_0-t_1} = - \frac{f_0}{1,2 H} \cdot \frac{P_{so}}{P_{GOT} - P_{SOT}}$$

$$\left(\frac{df}{dt}\right)_{t_0-t_1} = - \frac{50}{1,2 (0,79449)} \cdot \frac{12}{68-15}$$

$$\left(\frac{df}{dt}\right)_{t_0-t_1} = - \frac{50}{0,953388} \cdot \frac{12}{53}$$

$$\left(\frac{df}{dt}\right)_{t_0-t_1} = - \frac{50}{0,953388} \cdot 0,2264$$

$$\left(\frac{df}{dt}\right)_{t_0-t_1} = - 11,873445 \text{ Hz/s}$$

c. Nilai frekuensi pada saat  $\frac{df}{dt} = - 11,873445 \text{ Hz/s}$ , jika  $\Delta t = 0,1$

$$f_1 = f_0 \left(\frac{df}{dt}\right)_{t_0-t_1} \cdot \Delta t$$

$$f_1 = 50 + (-11,873445 \cdot 0,1)$$

$$f_1 = 50 + (-1,1873445)$$

$$f_1 = 48,812656 \text{ Hz}$$

d. Beban maksimal yang dapat generator tampung pada saat  $f_1=48,812656 \text{ Hz}$

$$P_{BI} = \frac{f_1}{f_2} \cdot P_{Bmax}$$

$$P_{BI} = \frac{48,812656}{50} \cdot 44$$

$$P_{BI} = 42,955138 \text{ MVA}$$

**4. Pada saat 2 GTG trip (H2 &H3/H3 &H4/H4 & H2)**

a. Transien system

$$H_s = \frac{(H.MVA3)+(H.MVA4)}{(MVA1)+(MVA2)+(MVA3)+(MVA4)}$$

$$H_s = \frac{(1,2.17,647)+(1,2.27,059)}{17,647+17,647+17,647+27,059}$$

$$H_s = \frac{21,1764+32,4708}{80}$$

$$H_s = \frac{53,6472}{80}$$

$$H_s = 0,67059 \text{ second}$$

b. Drop frekuensi  $t_0-t_1$

$$\left(\frac{df}{dt}\right)_{t_0-t_1} = - \frac{f_0}{1,2 H} \cdot \frac{P_{so}}{P_{GOT} - P_{SOR}}$$

$$\left(\frac{df}{dt}\right)_{t_0-t_1} = - \frac{50}{1,2 (0,67059)} \cdot \frac{12}{68-15}$$

$$\left(\frac{df}{dt}\right)_{t_0-t_1} = - \frac{50}{0,804708} \cdot \frac{12}{53}$$

$$\left(\frac{df}{dt}\right)_{t_0-t_1} = - \frac{50}{0,804708} \cdot 0,2264$$

$$\left(\frac{df}{dt}\right)_{t_0-t_1} = - 14,067214 \text{ Hz/s}$$

c. Nilai frekuensi pada saat  $\frac{df}{dt} = - 14,067214 \text{ Hz/s}$ , jika  $\Delta t = 0,1$

$$f_1 = f_0 \left(\frac{df}{dt}\right)_{t_0-t_1} \cdot \Delta t$$

$$f_1 = 50 + (-14,067214 \cdot 0,1)$$

$$f_1 = 50 + (-1,4067214)$$

$$f_1 = 48,593279 \text{ Hz}$$

d. Beban maksimal yang dapat generator tampung pada saat  $f_1=48,593279 \text{ Hz}$

$$P_{BI} = \frac{f_1}{f_2} \cdot P_{Bmax}$$

$$P_{BI} = \frac{48,593279}{50} \cdot 44$$

$$P_{BI} = 42,762086 \text{ MVA}$$

## 5. Pada Saat 2 GTG trip (H2 & GE/H3&G3/H4&GE)

### a. Inesia system

$$H_s = \frac{(H.MVA1)+(H.MVA2)}{(MVA1)+(MVA2)+(MVA3)+(MVA4)}$$

$$H_s = \frac{(1,2 \cdot 17,647) + (1,2 \cdot 17,647)}{17,647 + 17,647 + 17,647 + 27,059}$$

$$H_s = \frac{21,1764 + 21,1764}{80}$$

$$H_s = \frac{42,3528}{80}$$

$$H_s = 0,52941 \text{ second}$$

### b. Drop frekuensi $t_0-t_1$

$$\left(\frac{df}{dt}\right)_{t_0-t_1} = - \frac{f_0}{1,2 H} \cdot \frac{P_{so}}{P_{GOR} - P_{SOR}}$$

$$\left(\frac{df}{dt}\right)_{t_0-t_1} = - \frac{50}{1,2 (0,67059)} \cdot \frac{12}{68-15}$$

$$\left(\frac{df}{dt}\right)_{t_0-t_1} = - \frac{50}{0,635292} \cdot \frac{12}{53}$$

$$\left(\frac{df}{dt}\right)_{t_0-t_1} = - \frac{50}{0,635292} \cdot 0,2264$$

$$\left(\frac{df}{dt}\right)_{t_0-t_1} = - 17,818578 \text{ Hz/s}$$

### c. Nilai frekuensi pada saat $\frac{df}{dt} = 17,818578 \text{ Hz/s}$ , jika $\Delta t = 0,1$

$$f_1 = f_0 \left(\frac{df}{dt}\right)_{t_0-t_1} \cdot \Delta t$$

$$f_1 = 50 + (-17,818578 \cdot 0,1)$$

$$f_1 = 50 + (-1,7818578)$$

$$f_1 = 48,215142 \text{ Hz}$$

- d. Beban maksimal yang dapat generator tampung pada saat  $f_1 = 48,215142 \text{ Hz}$

$$P_{BI} = \frac{f_1}{f_2} \cdot P_{Bmax}$$

$$P_{BI} = \frac{48,215142}{50} \cdot 44$$

$$P_{BI} = 42,429324 \text{ MVA}$$

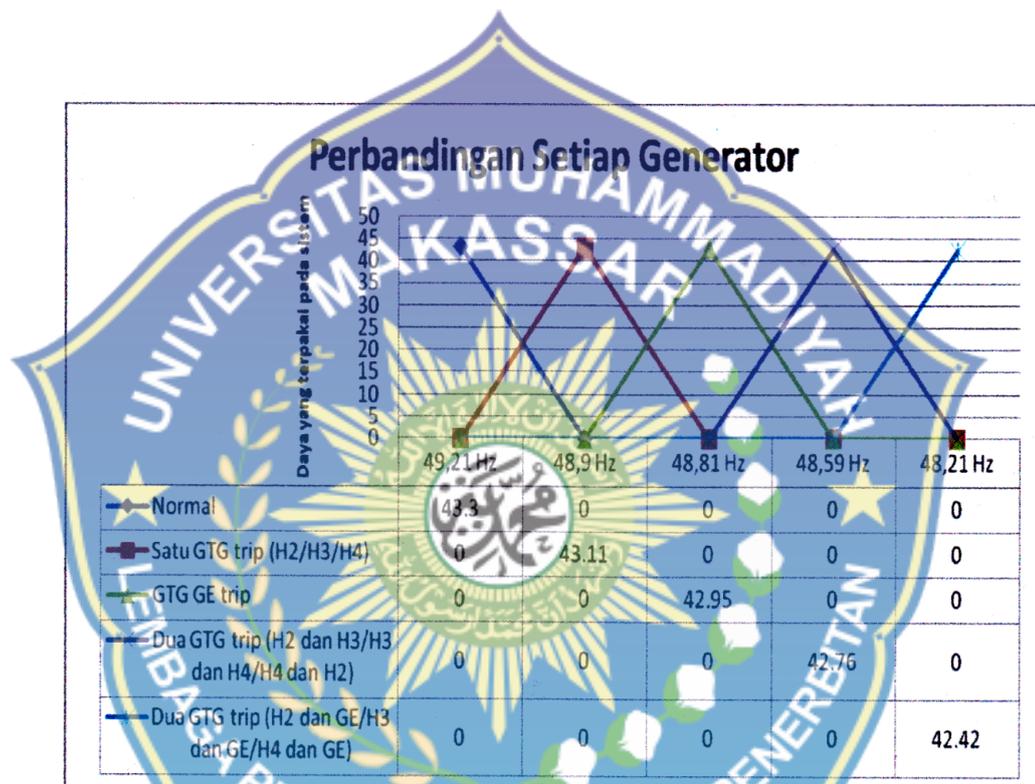
Jadi, Dalam perhitungan yang telah penulis buat dengan 5 skenario yaitu saat generator dalam keadaan normal, satu generator trip (H2/H3/H4/GE), dan juga saat 2 generator trip (H2 & H3/H3 & H4/H4 & H2/H2 & GE/H3 & GE/H4 & GE) dari kesemua perhitungan tersebut diketahui bahwa daya pembangkitan untuk system adalah normal sebesar 43,3 MW dan frekuensi sekitar 49,2 Hz dalam waktu penurunan selama 7,8 Hz/s dengan ketetapan  $A_t = 0, 1$ .

Untuk satu generator yang trip dalam perhitungan yang penulis buat pembebanan pada system menurun sebesar 0,1 MW dengan frekuensi sebesar 48,9 dengan penurunan frekuensi selama 10 Hz/s, hal ini akan sama bila salah satu dari ke-3 generator dari H2, H3, dan H4 trip. Lain halnya jika generator GE trip daya pembebanan total pada system sebesar 42,9 MW dengan laju penurunan frekuensi sebesar 1 1,8 Hz/s dan frekuensinya sebesar 48,8 Hz.

Kemudian pada saat 2 generator yang trip dalam hal ini ke 2 generator mempunyai tipe dan besaran yang sama dengan pembebanan maksimum sebesar 42.7 MW, laju penurunan frekuensi sebesar 14 Hz/s dan frekuensi sebesar 48,5. Lain halnya juga pada saat salah satu dari generator H2, H3, dan H4 trip bersamaan

dengan generator GE trip pembebanan maksimum yang dapat ditanggung yaitu sebesar 42,4 MW dengan laju penurunan frekuensi 17,8 Hz/s dan frekuensi generator sebesar 48,2 Hz.

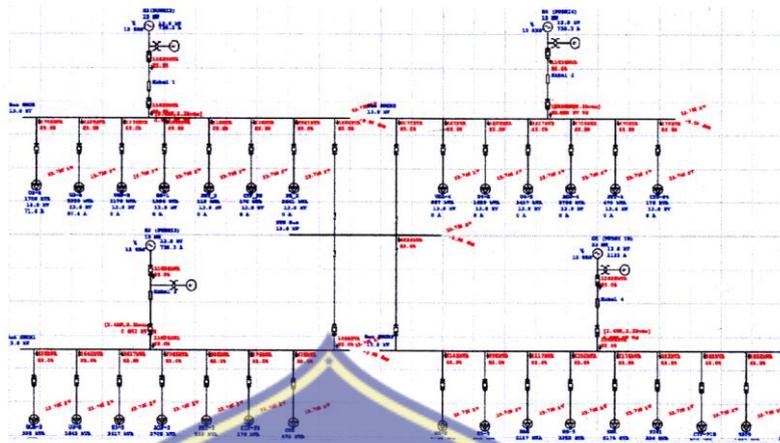
Dan sebagai salah satu dari contoh untuk grafik dari perhitungan pada kejadian saat ke-5 perhitungan tersebut yaitu :



Gambar 4.17 Grafik perbandingan dari 5 perhitungan

### C. Perancangan Menggunakan ETAP

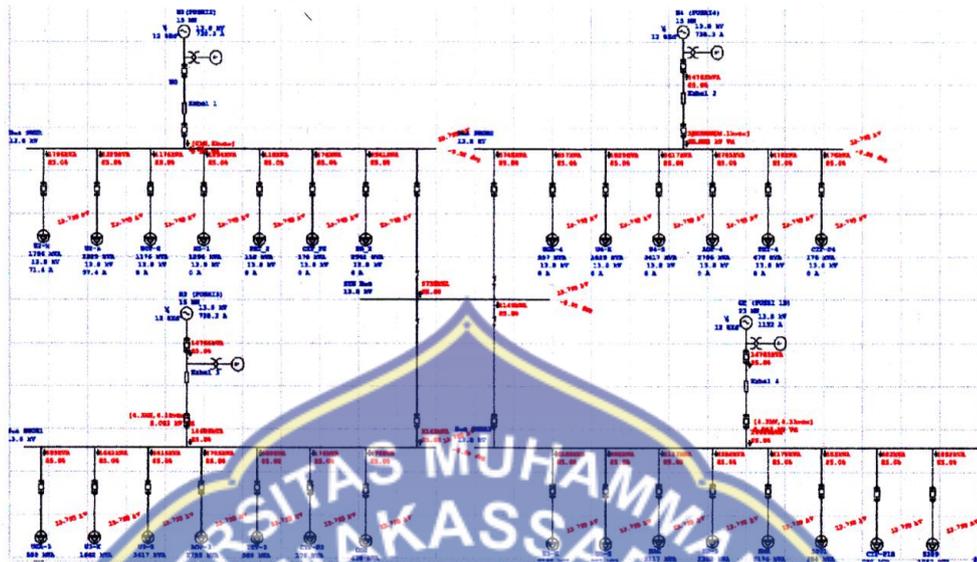
Dalam perancangan menggunakan ETAP berdasarkan hasil dari data yang didapat dan berdasarkan pada keadaan yang sebenarnya di PT. SEMEN BOSOWA penulis membuat sebuah skenario pelepasan beban yang ada di PT. SEMEN BOSOWA menggunakan ETAP 6.0.0, dengan hasil sebagai berikut



Gambar 4.18 One line diagram pada etap PT.BOSOWA

Pada gambar diatas terlihat penggunaan daya yang terpakai di PT. SEMEN BOSOWA dari keseluruhan beban yang ditanggung oleh ke-4 generator sekitar 44 MW dan pembebanan dari setiap generator sebesar 11 MW, jika diperumpamakan terjadi suatu gangguan pada system yang sampai menyebabkan salah satu generator trip (misal generator H2) maka pembebanan pada setiap generator yang masih beroperasi tidak sama lagi sebelum generator H2 masih beroperasi dengan normal.

Jika H2 trip maka pembebanan 2 dari ketiga generator yang masih bekerja pembebanannya melampaui 90% dari pembebanan yang mampu ditopang oleh generator tersebut yaitu H3 dan H4, yang dimana pembebanan maksimal dari setiap generator ini sebesar 15 MW. Sedangkan generator GE masih sanggup untuk menopang beban yang sebesar 14,7 MW atau 60% untuk generator GE, yang dimana daya maksimal pembebanan pada generator GE sebesar 23 MW.

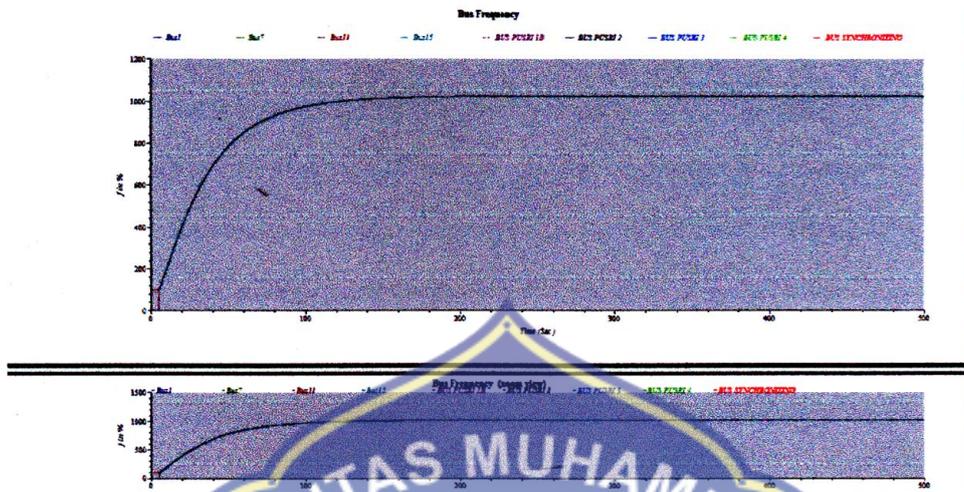


Gambar 4.19 Kejadian pada saat H2 trip

Adapun perubahan pada saat H2 trip terhadap sistem adalah sebagaiberikut:

Tabel 4.11 Perubahan yang terjadi saat H2 trip

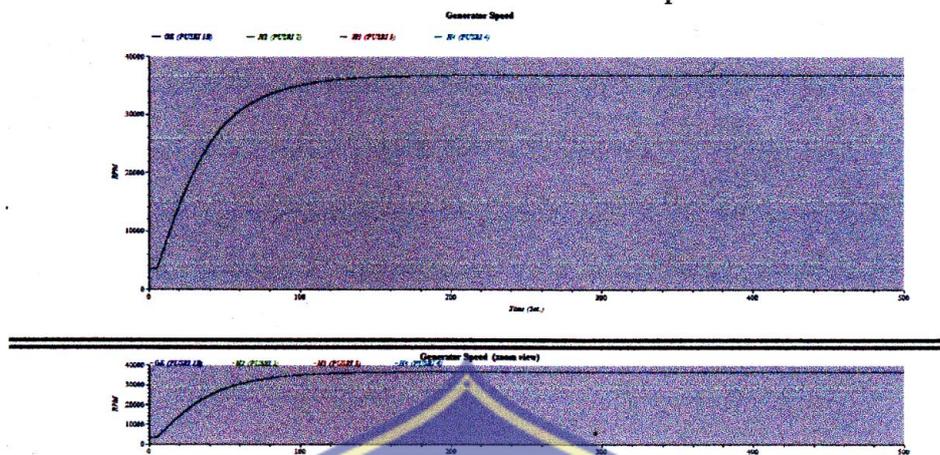
Kondisi Sebelum Gangguan		Gangguan	Kondisi Setelah Gangguan
Nama Pembangkit	Suplay (MW)		Suplay (MW)
H2 (BOSOWA 2)	11	Trip	-
H3 (BOSOWA 3)	11	Normal	14,7
H4 (BOSOWA 4)	11	Normal	147
GE (BOSOWAB)	11	Normal	14,7



Gambar 4.20 Grafik kenaikan frekuensi/detik disetiap bus



Gambar 4.21 generator electrical power



Gambar 4.22 Kecepatan putar generator

Dan bentuk grafik tersebut dapat dilihat bagaimana laju kenaikan frekuensi, penurunan, dan kecepatan putar dari generator saat bekerja dan terjadi gangguan. Pada gambar 4.16 pada setiap generator relatif stabil dan setelah detik ke-5 frekuensi generator naik yang diakibatkan tripnya salah satu generator dari H2, H3, dan H4 jika hal ini tidak cepat diatasi atau dilakukannya load shedding ini akan mengakibatkan kerusakan pada generator tersebut.

Serta pada gambar selanjutnya 4.17 terlihat laju penurunan dan kenaikan grafik pada generator, pada saat salah satu dari generator H2, H3, dan H4 trip jika skenario load shedding berjalan lancar akan mendapatkan hasil yang tidak jauh dari grafik yaitu pada detik ke-5 salah satu generator trip maka power dari generator turun dengan drastis, namun dengan terjadinya load shedding perlahan grafik pada generator tersebut mulai naik dan stabil.

Dan pada gambar 4.18 adalah kecepatan putar dari generator bila load shedding tidak terjadi maka kecepatan putar dari generator akan terus naik sampai

ia mencapai batas maksimumnya, hal ini dapat berakibat buruk pada generator dan alat-alat yang ada pada sistem.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

1. Pelepasan sebagian beban pada PT SEMEN BOSOWA dilakukan dengan koordinasi GTG dan sebagai alat pendeteksinya diinterkoneksi dengan PLC untuk melepaskan beban yang telah ditentukan, dalam hal ini beban-beban selektif yang ada dipabrik
2. Apabila terjadi gangguan pada generator yang bekerja paralel, sebagian beban harus dilepaskan untuk menjaga stabilitas sistem pada stasiun pembangkit agar kelangsungan operasional listrik tetap terjaga dan menjaga agar generator yang masih bekerja tidak memikul beban berlebihan yang dapat menyebabkan kerusakan pada generator.
3. Skenario yang terjadi pada saat pelepasan beban PT. SEMEN BOSOWA dengan cara memutuskan sebagian beban selektif pada beberapa alat yang bekerja, namun tetap tidak mengganggu hasil dari produksi yang terjadi.

#### B. Saran

1. Agar selalu merawat peralatan proteksi yang ada guna menunjang kecepatan dan ketepatan dari alat tersebut untuk memproteksi system apabila terjadi gangguan.
2. Pergunakanlah alat yang masih dalam masa terbaiknya untuk pengaman suatu system

3. Selalu menggunakan kelengkapan keamanan untuk keselamatan apabila sedang melakukan perbaikan ataupun pemeliharaan



## DAFTAR PUSTAKA

- J. Sukarto. 2013. Diktat kuliah sistem proteksi teknik elektro UI, Percetakan UI (Universitas Indonesia).
- Samaulah Hazairin. 2013. Dasar-Dasar Sistem Proteksi Tenaga Listrik. Palembang: Percetakan Universitas Sriwijaya.
- PT. PLN (Persero) P3B Sumatera UPT Padang, "Relay dan Kontrol," Padang.
- Stevenson. Jr and William. D, "Analisis Sistem Tenaga Listrik Edisi Keempat," Jakarta: Erlangga, 2013.
- Kundur P. Pasherba J, Ajarapu, "Defenition and classification of power system stability " IEEE Transactions On Power Systems, Vol. 19 No. 2, May 2013
- ANSI/IEEE C37.106-1987, "IEEE Guide for Abnormal Frequency Protection for Power Generating Plants".
- PLN Distribusi Jakarta Raya dan Tangerang, 2012, "Pengoperasian dan Pemeliharaan Jaringan Distribusi (Konsep Standar)", PLN, Jakarta.
- Pasific Gas and Electric Company, "Voltage Sag Immunity Standards SEMI-F47and Y42 ", Power Quality Bulletin, 2012
- Siregar, Ramdan Halid. (2013). Analisa Penurunan Frekuensi Akibat Gangguan Unit Pembangkit Terhadap Performasi Under Frequency Relay (UFR) Pada Sistem Tenaga Listrik. Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala.
- IEEE Guide for Abnormal Frequency Protection for Power Generating Plants. (2012). New York: IEEE The Institute of Electrical and Electrical Engineers Inc.
- ETAP 6.0.0 User Guide 2013
- John J. Grainger and Stevenson, William D, Jr., 1990," Power System Analysis", McGraw Hill, Inc.
- User Manual for PLC Programming with CoDeSys 2.3. 2013. Germany: Smart Software Solutions GmbH.



Tabel Ke-50 kejadian *loadshedding* PT. SEMEN BOSOWA

Nomor Kejadian	Keadaan	Kejadian	Nomor Kejadian	Keadaan	Kejadian	Nomor Kejadian	Keadaan	Kejadian
1	H2	TRIP	26	GE	PISAH	44	H2&GE	PISAH
2	H3	TRIP		H4	TRIP		H4	TRIP
3	H4	TRIP	27	H2	PISAH	45	H3&H4	PISAH
4	GE	TRIP		H3&H4	TRIP		H2	TRIP
5	H2&H3	TRIP	28	H2	PISAH	46	H3&H4	PISAH
6	H2&H4	TRIP		H3&GE	TRIP		GE	TRIP
7	H3&H4	TRIP	29	H2	PISAH	47	H3&GE	PISAH
8	H2&GE	TRIP		H4&GE	TRIP		H2	TRIP
9	HE&GE	TRIP	30	H3	PISAH	48	H3&GE	PISAH
10	H4&GE	TRIP		H2&H4	TRIP		H4	TRIP
11	H2, H3 &H4	TRIP	31	H3	PISAH	49	H4&GE	PISAH
12	H2, H3 &GE	TRIP		H2&GE	TRIP		H2	TRIP
13	H2, H4 &GE	TRIP	32	H3	PISAH	50	H4&GE	PISAH
14	H3, H4 &GE	TRIP		H4&GE	TRIP		H3	TRIP
15	H2	PISAH	33	H4	PISAH			
	H3	TRIP		H2&H3	TRIP			
16	H2	PISAH	34	H4	PISAH			
	H4	TRIP		H2&GE	TRIP			
17	H2	PISAH	35	H4	PISAH			
	GE	TRIP		H3&GE	TRIP			
18	H3	PISAH	36	GE	PISAH			
	H2	TRIP		H2&H3	TRIP			
19	H3	PISAH	37	GE	PISAH			
	H4	TRIP		H2&H4	TRIP			
20	H3	PISAH	38	GE	PISAH			
	GE	TRIP		H3&H4	TRIP			
21	H4	PISAH	39	H2&H3	PISAH			
	H2	TRIP		H4	TRIP			
22	H4	PISAH	40	H2&H3	PISAH			
	H3	TRIP		GE	TRIP			
23	H4	PISAH	41	H2&H4	PISAH			
	GE	TRIP		H3	TRIP			
24	GE	PISAH	42	H2&H4	PISAH			
	H2	TRIP		GE	TRIP			
25	GE	PISAH	43	H2&GE	PISAH			
	H3	TRIP		H3	TRIP			

Tabel Data beban dan target point PT SEMEN BOSOWA

	No	Beban yang dishedding	Kode	Pembebanan (KW)
H2P-2	1	Plant P-2 kritis (480 V)	U2-K	1,450
	2	P-2 Selektif (motor 2,3 kV)	U2-S	1,950
	3	HOP P-2	UOP-2	1,000
	4	P-1 Adm. Bidg (SS-7)+ex kellog	HS-1	1,100
	5	PET P-2	PET-2	100
	6	Cooling Tower Fans P-2	CTF-P2	150
	7	Package Boiler P-2	PB-2	2,500
H3P-3	8	UGA (salah satu) P-3	UGA-3	475
	9	Plant P-3 kritis (480 V)	U3-K	1,395
	10	P-3 selektif	U3-S	2,905
	11	AOPP-3(101-JM)	AOP-3	2,300
	12	PET P-3	PET-3	500
	13	Cooling Tower Fans P-3	CTF-P3	150
	14	ASP-2 & CO2 PLANT	CO2	400
H4P-4	15	UGA (salah satu) P-4	UGA-4	475
	16	Plant P-4 kritis (480 V)	U4-K	1,395
	17	P-4 selektif	U4-S	2,905
	18	AOPP-4(101-JM)	AOP-4	2,300
	19	PET P-4	PET-4	400
	20	Cooling Tower Fans P-4	CTF-P4	150
GEP-1 B	21	Plant P-1B kritis (480 V)	U5-K	1,858
	22	P-1B selektif	U5-S	842
H3P-3	23	Bagor Plant & Shop (P-2)	BAG	1,800
GEP-1 B	24	Head Officer, Housing (SG-5 IK)	HS-5	2,000
	25	Melamine Plant (selektif)	SMR	1,850
	26	Pompa Sungai P-1B	5201	300
	27	Cooling Tower Fans P-1B	CTF-P1 B	750
	28	Cooling Tower Pump P-1B	5209	1,575
	29	Kawasan Industri	SKI	2,500

### Name plate generator

Pada PT. Semen Bosowa terdapat 4 generator gas yang terdiri dari 3 GTG bermerek Hitachi (P-2, P-3, dan P4) dan 1 GTG bermerek General Electric (P-1B), adapun data dari name plate dari ke-4 GTG tersebut adalah :

#### a. Name plate GTG P-2



Merk	: HITACHI
Type dan from	: TFB1 LA W-K (Enclosed, Outdoor Rotor type air cooler)
Power factor	:0,85
Output	: 15000 KW
Frekuensi	:50Hz
Speed	:3000rpm
Terminal voltage	: 13800 Volt
Number of phase	:3 phase
Short circuit rasio	:0.65
Exiter voltage	:250 Volt
Kind of insulation	: F class

#### b. Name plate GTG P-3 Merit

Merk	: HITACHI
Type and from	: TFB1 LA W-K (Enclosed, Outdoor Rotor type with air cooler)
Power factor	: 0,85

Output : 15000 KW  
Frekuensi : 50 Hz 3000 rpm  
Terminal voltage : 13800 Volt  
Number of phase : 3 phase  
Short circuit rasio : 0.65  
Exiter voltage : 250 Volt  
Kind of insulation : F class

c. Name plate GTG P-4 Merk

Merk : HITACHI

Type and From : TFB1 LA W-K (Enclosed, Outdoor Rotor type with air cooler)

Power Factor : 0,85

Output : 15000KW

Frekuensi : 50 Hz

Speed : 3000 rpm

Terminal Voltage :13800 Volt

Number of Phase :3 phase

Short Circuit Ratio :0.65

Exiter Voltage : 250 Volt

Kind of Insulation :F class



Gambar Name plate GTG BOSOWA 3

