

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Profil Perusahaan

2.1.1. Profil PT. Semen Indonesia

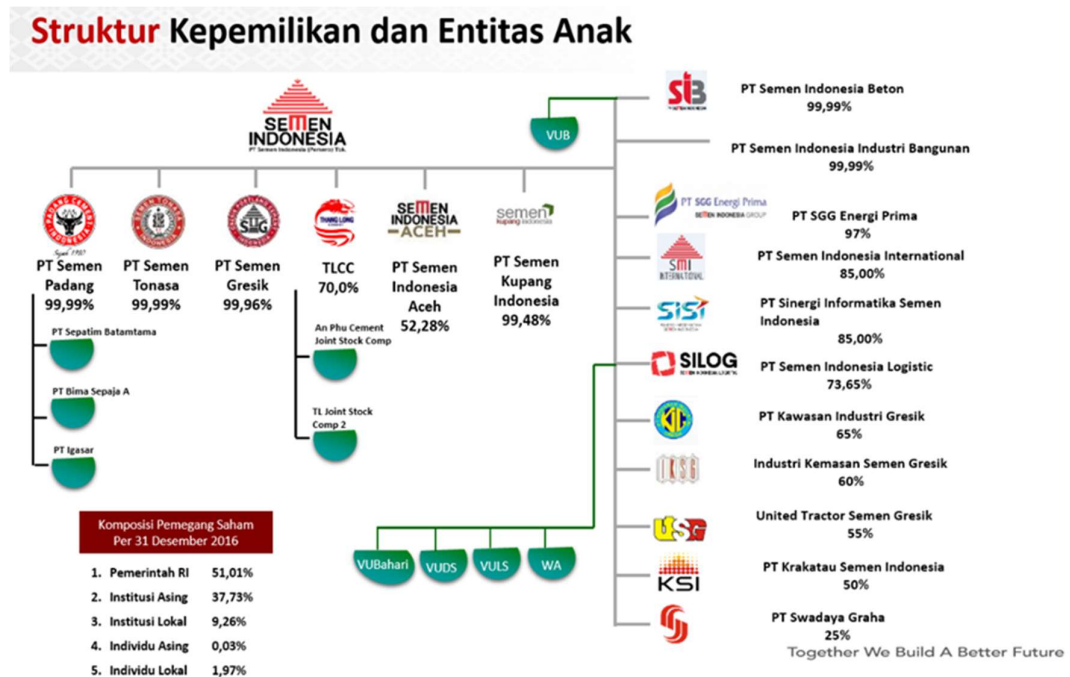
PT Semen Indonesia (Persero) Tbk, sebelumnya bernama PT Semen Gresik (Persero) Tbk. merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri semen. Diresmikan di Gresik pada tanggal 7 Agustus 1957 oleh Presiden RI pertama dengan kapasitas terpasang 250.000 ton semen per tahun. Pada tanggal 8 Juli 1991 saham Semen Gresik tercatat di Bursa Efek Jakarta dan Bursa Efek Surabaya (kini menjadi Bursa Efek Indonesia) serta merupakan BUMN pertama yang go public dengan menjual 40 juta lembar saham kepada masyarakat. Komposisi pemegang saham pada saat itu: Negara RI 73% dan masyarakat 27%. Pada bulan September 1995, Perseroan melakukan Penawaran Umum Terbatas I (Right Issue I), yang mengubah komposisi kepemilikan saham menjadi Negara RI 65% dan masyarakat 35%. Pada tanggal 15 September 1995 PT Semen Gresik berkonsolidasi dengan PT Semen Padang dan PT Semen Tonasa. Total kapasitas terpasang Perseroan saat itu sebesar 8,5 juta ton semen per tahun. Untuk logo untuk PT. Semen Indonesia ditunjukkan pada gambar 2.1 [1]



Gambar 2. 1 Logo PT. Semen Indonesia

Pada tanggal 18 Desember 2012 Perseroan resmi mengambil alih 70% kepemilikan saham Than Long Cement Joint Stock Company (TLCC) dari Hanoi General Export-Import Joint Stock Company (Geleximco) di Vietnam,

berkapasitas 2,3 juta ton. Aksi korporasi ini menjadikan Perseroan tercatat sebagai BUMN Multinasional yang pertama di Indonesia. Pada tanggal 20 Desember 2012 Perseroan resmi berperan sebagai Strategic Holding Company sekaligus merubah nama, dari PT Semen Gresik (Persero) Tbk menjadi PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. Selanjutnya pada tanggal 24 Desember 2013, Perseroan melanjutkan proses Transformasi Korporasi dan memantapkan peran fungsi Strategic Holding dengan membentuk anak perusahaan baru PT Semen Gresik. [1]



Gambar 2.2 Struktur Kepemilikan dan Entitas Anak Perusahaan PT. Semen Indonesia (Persero), Tbk. [1]

Mulai tahun 2014 Perseroan merealisasikan pembangunan unit 2 pabrik baru di Padang dan di Rembang, dilanjutkan dengan pengambilan keputusan untuk segera merealisasikan pembangunan 1 unit pabrik baru di Aceh.

Semen Indonesia selain sebagai produsen semen juga mempunyai unit bisnis yang mempunyai tanggungjawab dalam melakukan perencanaan, pelaksanaan dan manajemen project. Unit bisnis tersebut adalah Center of Engineering. Unit ini bertanggung jawab penuh terhadap proyek-proyek strategis pemerintah khususnya di bidang persemenan nasional.

Uraian tugas pokok unit kerja *Center of Engineering* atau *Departement Design and Engineering* tertuang di dalam Surat Keputusan Direksi PT Semen Indonesia (Persero), Tbk Nomor : 021/Kpts/Dir/2019. Uraian tugas pokok tersebut adalah sebagai berikut :

1. Memimpin, mengkoordinasikan, mengevaluasi, dan merekomendasikan seluruh kegiatan terkait dengan desain dan engineering, antara lain:
 - a. Memimpin, mengevaluasi, dan merekomendasikan kegiatan desain dan engineering CapEx Strategis dan Non Strategis di SI Grup, mencakup :
 - Penetapan kebijakan standar pengelolaan proses desain dan engineering di SI Grup.
 - Pengembangan dan pengelolaan standar desain dan engineering dan harga satuan di SI Grup.
 - b. Pengendalian dan pengawasan atas pengelolaan desain dan engineering di SI Grup, mencakup:
 - Penyusunan dan penetapan rencana terkait proyek CapEx Strategis berdasarkan usulan dari Perusahaan.
 - Pengembangan Kajian Teknis dan Detail Engineering Design atas CapEx Strategis untuk Perusahaan sesuai dengan kebijakan grup.
 - Pengarsipan dokumen desain dan engineering CapEx Strategis.
2. Memimpin, mengkoordinasikan, mengevaluasi, dan merekomendasikan kegiatan penelitian dan pengembangan teknologi engineering di SI Grup, mencakup:
 - a. Penyusunan dan penetapan rencana dan kajian terkait pengembangan teknologi engineering.
 - b. Pengawasan dan evaluasi kegiatan penelitian teknologi engineering dalam rangka menyusun kebijakan di level grup.

2.1.2. Profil PT. Semen Indonesia Aceh

PT. Semen Indonesia Aceh berlokasi di jalan Banda Aceh – Medan Km. 107 No. 100, Kecamatan Pidie – Kabupaten Pidie, Aceh – Indonesia 24151. Untuk logo PT. Semen Indonesia Aceh ditunjukkan pada gambar 2.3 [2]



Gambar 2.3 Logo PT. Semen Indonesia Aceh [2]

PT. Semen Indonesia Aceh bergerak di bidang industri, produksi, pertambangan, perdagangan, perkerajaan (*engineering*), pembangunan dan pemberian jasa. Untuk mencapai maksud dan tujuan tersebut di atas, Perusahaan dapat melaksanakan kegiatan usaha sebagai berikut:

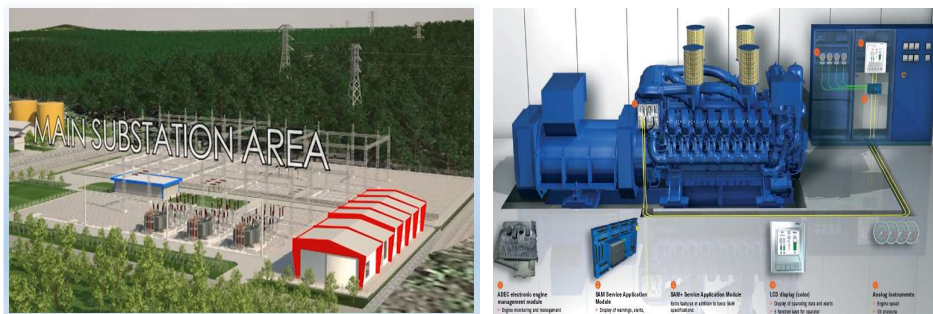
- Menjalankan usaha dalam bidang industri umum dan khususnya dalam bidang industri persemenan.
- Menjalankan usaha dalam bidang produksi menambang dan/atau menggali dan/atau mengolah bahan-bahan mentah tertentu dan bahan lainnya menjadi bahan-bahan pokok yang diperlukan guna pembuatan semen dan/atau bahan pokok industri lainnya, mengolah bahan tersebut menjadi berbagai macam semen dan/atau menjadi hasil industri lainnya.
- Menjalankan usaha dalam bidang perdagangan, pemasaran dan distribusi berbagai macam semen dan bahan baku semen serta barang-barang hasil produksi lainnya atau barang-barang lainnya yang menggunakan bahan baku semen/semen sebagai bahan pokok dengan cara-cara dan/atau jalan jalan tertentu serta melakukan kegiatan perdagangan umum baik di dalam maupun di luar negeri
- Menjalankan usaha dalam bidang pertambangan bahan-bahan tambang, antara lain batu kapur, tanah liat, *trass*, batu bara, *gypsum*, logam, batu, kerikil dan pasir.
- Menjalankan kegiatan-kegiatan pendukung lainnya terkait dengan kegiatan usaha Perseroan di atas, termasuk tapi tidak terbatas kepada kegiatan pengelolaan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.

2.2. Overview Sistem Kelistrikan Pabrik Semen

Selain bahan baku, batu bara dan IDO, untuk menunjang proses produksi semen secara keseluruhan dari hulu ke hilir dibutuhkan energi listrik yang cukup besar. Sehingga industri semen diklasifikasikan sebagai industri padat energi.

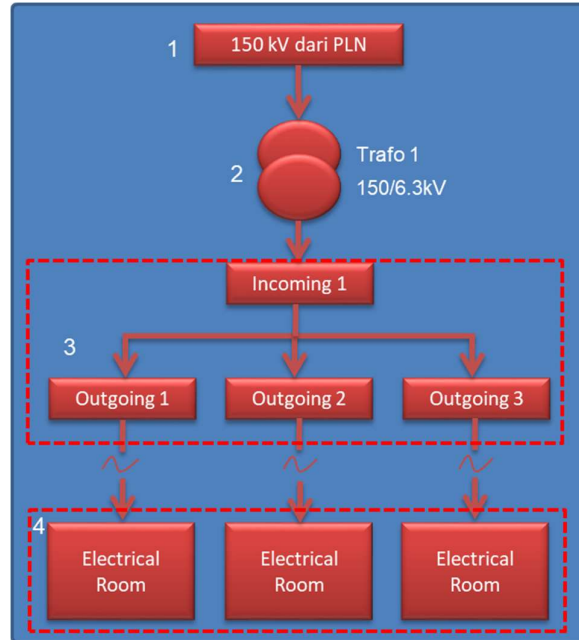
Berikut ini adalah resume sistem kelistrikan pabrik semen di lingkungan Semen Indonesia Group :

1. Listrik disuplai oleh PLN
2. Kontrak daya 30 MVA sampai dengan 60 MVA tergantung besarnya kapasitas produksi
3. Langganan regular, golongan I4, tegangan 150 kV atau 70 kV,
4. Sistem distribusi tenaga listrik yang digunakan adalah Sistem Tie Line,
5. Disuplai oleh Gardu Induk Receiving PLN yang menggunakan Sistem Double Busbar,
6. Dan diterima oleh GI Semen Indonesia dengan Sistem Single Busbar,
7. Emergency power :
 - a) Main EDG Medium Voltage 6,3 kV untuk fasilitas produksi, penerangan dan peralatan proses untuk area Cooler.
 - b) Fast Response EDG Low Voltage 380 V untuk melayani Kiln Barring Sistem.
8. Process equipment adalah motor listrik di tegangan 6,3 kV, 690 VAC, 380 VAC, dan 220 VAC.



Gambar 2.4 Ilustrasi Area Mainsubstation

Berikut ini adalah gambaran umum sistem distribusi tenaga listrik pada pabrik semen di lingkungan Semen Indonesia Group :



Gambar 2.5 Overview of Electrical Power Distribution

1. Supply Tegangan 150 kV atau 70 kV dari PLN.
2. Mainsubstation atau Gardu Induk. Menurunkan tegangan dari 150/6.3 kV atau 70/6,3 kV.
3. Substation terdiri dari beberapa Panel MV Switchgear : untuk mendistribusikan tegangan ke masing-masing Electrical Room.
4. Electrical Room :
 Ruangan/building yang digunakan untuk mendistribusikan power ke Load/beban akhir. Terdiri dari :
 - a. Distribution Transformer
 - b. Insulation Transformer
 - c. MV Switchgear
 - d. LV Switchgear & MCC
 - e. Panel Distribution Board
 - f. Harmonic Filter
 - g. PLC

2.2.1. Mainsubstation

Mainsubstation atau sering disebut Gardu Induk sebagai level tertinggi distribusi tenaga listrik di industri semen berfungsi untuk mendistribusikan, mengatur, menurunkan tegangan dari source PLN dari 150 kV atau 70 kV menjadi 6,3 kV dan monitoring sumber tenaga listrik yang digunakan dalam menunjang proses produksi.

Peralatan Mainsubstation adalah sebagai berikut :

a) *Power Transformer*

Power Transformer atau Trafo Daya berfungsi menyalurkan tenaga/daya dari tegangan tinggi atau sebaliknya (mentransformasikan tegangan). Trafo daya Mainsubstation adalah tipe *Stepdown*, menurunkan tegangan dari 150 kV atau 70 kV menjadi 6,3 kV.



Gambar 2.6 *Power Transformer Mainsubstation*

b) *Lightning Arrester*

Berfungsi untuk mengamankan instalasi (peralatan listrik pada instalasi) dari gangguan tegangan lebih yang di akibatkan oleh sambaran petir maupun oleh surya petir.



Gambar 2.7 *Ligthing Arrester*

c) ***HV Circuit Breaker***

HV Circuit Breaker atau Pemutus Tenaga (PMT) berfungsi untuk memutuskan hubungan tenaga listrik dalam keadaan gangguan maupun dalam keadaan berbeban dan proses ini harus dapat dilakukan dengan cepat. Pemutus tenaga listrik dalam keadaan gangguan akan menimbulkan arus yang relatif besar, pada saat tersebut PMT bekerja sangat berat.



Gambar 2.8 *HV Circuit Breaker*

d) *Disconnecting Switch (DS)*

Disconnecting Switch (DS) berfungsi untuk mengisolasi peralatan listrik dari peralatan yang bertegangan. Pemisah dioperasikan tanpa beban. *Disconnecting Switch* dilengkapi dengan pemisah tanah / *Earth Disconnecting Switch (EDS)* yang berfungsi untuk mengamankan peralatan dari sisa tegangan yang timbul sesudah SUTT di putuskan, atau induksi tegangan dari penghantar, hal ini perlu untuk keamanan dari orang yang bekerja pada instalasi.



Gambar 2.9 *Disconnecting Switch (DS)*

e) *Current Transformer (CT)*

Current Transformer (CT) atau trafo arus berfungsi untuk menurunkan arus besar pada tegangan tinggi menjadi arus kecil pada tegangan rendah untuk keperluan pengukuran dan pengaman (proteksi).



Gambar 2.10 *HV Current Transformer*

f) *Voltage Transformer (CT)*

Voltage Transformer (VT) atau trafo tegangan berfungsi untuk menurunkan pada tegangan tinggi menjadi tegangan rendah untuk keperluan pengukuran dan pengamanan (proteksi).



Gambar 2.11 *HV Voltage Transformer*

g) *Medium Voltage Switchgear*

Peralatan tegangan menengah yang banyak digunakan di Gardu Induk adalah MV Switchgear. Peralatan ini berfungsi untuk mendistribusikan output Trafo Daya ke beban atau level di bawah Gardu Induk, antara lain adalah Substation atau Electrical Room.

MV Switchgear tersusun dari beberapa komponen :

1. Cubicle / Panel
2. PMT / Circuit Breaker
3. CT & VT
4. Panel control
5. Relay protection



Gambar 2.12 *Medium Voltage Switchgear*

h) Peralatan Control & Proteksi

- Panel control : berfungsi untuk mengendalikan peralatan HV,
- Panel proteksi : berfungsi untuk melindungi peralatan HV maupun MV.



Gambar 2.13 *HV Control and Protection Panel*

i) Emergency Power

Untuk memenuhi kebutuhan energy listrik selama fase commisioning dan operasi Pabrik Rembang masih mengandalkan source PLN. Namun demikian dalam kondisi tertentu jika terjadi blackout baik yang disebabkan oleh source power PLN off atau terjadi gangguan pada Mainsubstation maka dibutuhkan Emergency Power yaitu Generator Set (Genset). Disamping digunakan untuk keperluan lighting dan utility, load utama Genset tersebut adalah untuk menjalankan beberapa peralatan di area Pyroprocess. Output Generator Set adalah 6,3 kV dan sistem automation yang direncanakan adalah terintegrasi dengan SAS (Substation Automation System). Semua parameter Genset baik metering, proteksi, event, trending dan sistem control bisa dimonitor dan dikontrol dari HMI SAS. Protocol relay yang digunakan untuk Control Genset dan MV panel adalah IEC 61850 dengan media komunikasi ethernet RJ45 atau FO.



Gambar 2.14 *Main Emergency Power 3150 kVA*

2.2.2. *Electrical Room*

Electrical room terdiri dari beberapa peralatan listrik dengan tujuan untuk mendistribusikan listrik ke beban akhir. Electrical Room pabrik semen dibagi menjadi beberapa area dan disuplai oleh tegangan 6,3 kV dari Substation.

Peralatan yang ada di dalam Electrical Room adalah sebagai berikut :

- Distribution Transformer
- Insulation Transformer
- MV Switchgear
- LV Switchgear & MCC
- Control & Lighting Distribution
- Harmonic Filter
- VFD (Variable Frequency Drive)
- PLC

a) *Distribution Transformer*

Berfungsi untuk menurunkan level tegangan dari 6,3 kV menjadi 380 VAC. Terdiri dari beberapa varian kapasitas sesuai dengan kebutuhan beban.



Gambar 2.15 *Distribution Transformer*

b) *Isolation Transformer*

Berfungsi untuk membatasi hubungan listrik secara langsung antara arus primer dan sekunder tanpa merubah rating tegangan dan arus. Besaran kapasitas isolation transformer bervariasi sesuai dengan beban.



Gambar 2.16 *Isolation Transformer*

c) *Medium Voltage Switchgear*

MV Switchgear berfungsi sebagai saklar (menghubungkan & memutus) untuk mendistribusikan tegangan menengah 6,3 kV – 20 kV.



Gambar 2.17 *Medium Voltage Switchgear*

d) *LV Switchgear dan Motor Control Center (MCC)*

LV Switchgear & MCC berfungsi sebagai saklar (menghubungkan & memutus) untuk mendistribusikan tegangan rendah dan sebagai control motor atau beban lain yang ada di area proses.



Gambar 2.18 *Low Voltage Switchgear & MCC*

e) *Lighting Distribution Panel*

Berfungsi untuk mendistribusikan atau membagi tegangan rendah ke beban lampu untuk internal Electrical Room maupun area proses di lapangan.



Gambar 2.19 *Lighting Distribution Panel*

f). Harmonic Filter

Harmonic Filter berfungsi untuk mereduksi harmonisa yang timbul akibat penggunaan beban non linier, juga berfungsi untuk memperbaiki factor daya atau Cos Q. Harmonic Filter merupakan suatu rangkaian RLC terdiri dari 3 komponen yaitu :

1. Resistor
2. Induktor
3. Capacitor



Gambar 2.20 *Harmonic Filter*

g) UPS (Uninterruptible Power Supply) AC & DC

Berfungsi untuk mensuply kebutuhan power control 220 VAC dan 110 VDC, dan memback-up kebutuhan power control pada saat main source off.



Gambar 2.21 *UPS (Uninterruptible Power Supply) AC & DC*

h) VFD (Variable Frequency Drive)

Berfungsi sebagai salah satu starting motor dengan tujuan untuk mengatur kecepatan motor sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 2.22 *Variable Frequency Drive (VFD)*

i) Programmable Logic Control (PLC)

Secara umum fungsi dari PLC adalah sebagai berikut :

1. Kontrol Sekuensial

Memproses input sinyal biner menjadi output yang digunakan untuk keperluan pemrosesan teknik secara berurutan (sekuensial), disini PLC menjaga agar semua step / langkah dalam proses sekuensial berlangsung dalam urutan yang tepat.

2. Monitoring Plant

Memonitor suatu sistem (misalnya temperatur, tekanan, tingkat ketinggian) dan mengambil tindakan yang diperlukan sehubungan dengan proses yang dikontrol (misalnya nilai sudah melebihi batas) atau menampilkan pesan tersebut ke operator.



Gambar 2.23 *Programmable Logic Control (PLC)*

2.2.3. Peralatan Listrik Proses

Peralatan listrik yang paling banyak digunakan untuk area proses adalah motor listrik. Motor listrik yang ada di pabrik Rembang dapat diklasifikasikan berdasarkan level tegangannya, yaitu sebagai berikut :

1. Medium Voltage Motor

a. Slipring Motor

- Voltage : 6000 VAC
- Kapasitas terbesar : 7100 kW
- Type pengasutan : LQ (Liquid Starting)
- Aplikasi : Material Grinding

b. Squirrel Cage

- Voltage : 2000 VAC

- Kapasitas terbesar : 2850 kW
- Type pengasutan : VFD (Variable Frequency Drive)
- Aplikasi : ID Fan



Gambar 2.24 *MV Motor for RM Fan 7500 kW*

2. Low Voltage Motor

a. LV Motor 690 VAC

- Kapasitas terbesar : 800 kW
- Type pengasutan : VFDsar
- Aplikasi : Kiln Drive, Fan, LBC (Long Belt Conveyor)

b. LV Motor 380 VAC

- Kapasitas terbesar : 315 kW
- Type pengasutan : DOL, Star Delta, VFD
- Aplikasi : Conveyor, Fan, Compressor, Blower Fan, EH Crane, Pompa, dll

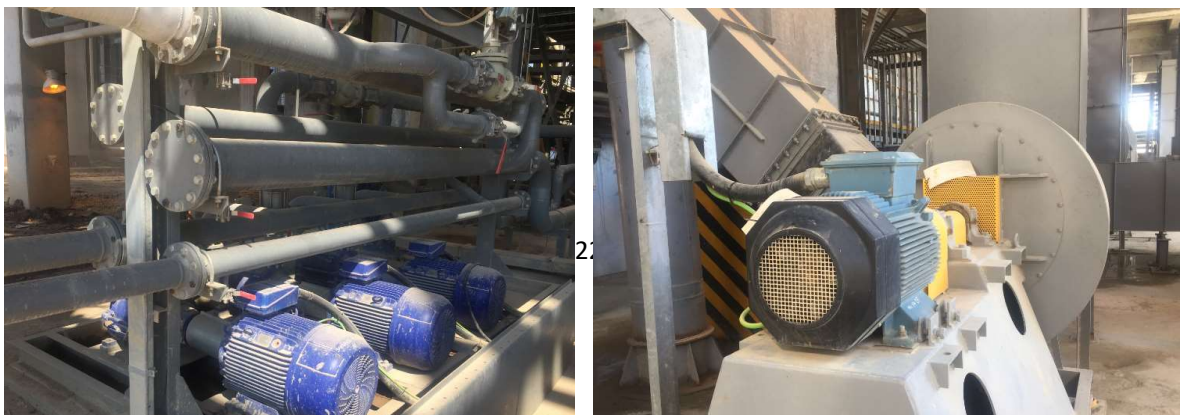
c. LV Motor 220 VAC



Gambar 2.25 Blower with LV Motor 380 VAC



Gambar 2.26 Compressor with LV Motor 380 VAC



Gambar 2.27 *LV Motor 380 VAC*

2.3. Studi Kelistrikan

2.3.1. *Load Flow Analysis*

Load flow analysis atau studi aliran daya di dalam sistem tenaga listrik merupakan studi yang penting. Studi aliran daya merupakan studi yang mengungkapkan kinerja dan aliran daya (nyata dan reaktif) untuk keadaan tertentu ketika sistem bekerja saat tunak (*steady state*). Tujuan utama studi aliran daya adalah untuk menentukan magnitudo atau besar tegangan, sudut tegangan, aliran daya aktif dan daya reaktif pada saluran, serta rugi-rugi daya yang muncul dalam sistem tenaga. [4]

2.3.2. *Short Circuit Analysis*

Short circuit analysis atau studi hubung singkat adalah analisa yang mempelajari kontribusi arus gangguan hubung singkat yang mungkin mengalir pada setiap cabang di dalam sistem (di jaringan distribusi, transmisi, trafo tenaga

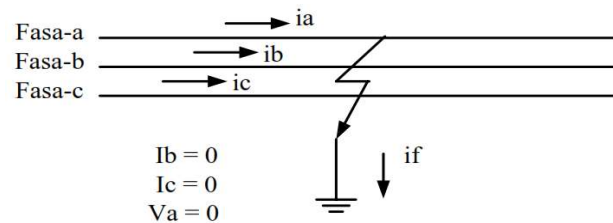
atau dari pembangkit) sewaktu gangguan hubung singkat yang mungkin terjadi didalam sistem tenaga listrik. Hubung singkat sebagai salah satu gangguan dalam sistem tenaga listrik yang mempunyai karakteristik transient yang harus dapat diatasi oleh peralatan pengaman. Terjadinya hubung singkat mengakibatkan timbulnya lonjakan arus dengan magnitudo lebih tinggi dari keadaan normal dan tegangan di tempat tersebut menjadi sangat rendah. [5]

Tujuan dilakukan analisa gangguan adalah sebagai berikut :

1. Penyelidikan terhadap unjuk kerja rele proteksi,
2. Untuk mengetahui kapasitas rating maksimum dari pemutus tenaga
3. Untuk mengetahui distribusi arus gangguan dan tingkat tegangan sistem pada saat terjadinya gangguan.

Berikut ini adalah klasifikasi gangguan :

1. Berdasarkan kesimetrisannya
 - a. Gangguan Asimetris, merupakan gangguan yang mengakibatkan tegangan dan arus yang mengalir pada setiap fasanya menjadi tidak seimbang, gangguan ini terdiri dari :
 - 1) Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah



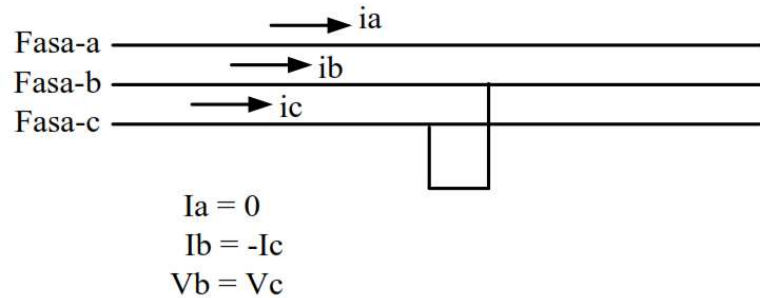
Gambar 2.28 Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

$$IA1 = \frac{Vf}{Z0 + Z1 + Z2} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

V_f = tegangan di titik gangguan sesaat sebelum terjadinya gangguan
 Z_0 = impedansi urutan nol dilihat dari titik gangguan
 Z_1 = impedansi urutan positif dilihat dari titik gangguan
 Z_2 = impedansi urutan negatif dilihat dari titik gangguan

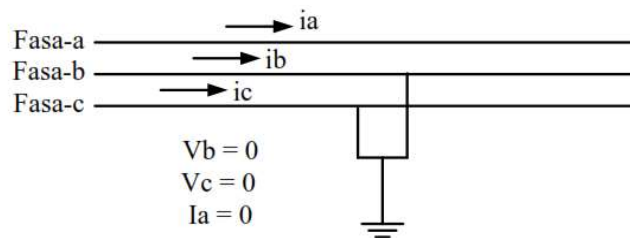
2) Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa



Gambar 2.29 Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa

$$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2} \dots \dots \dots (2)$$

3) Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa ke Tanah



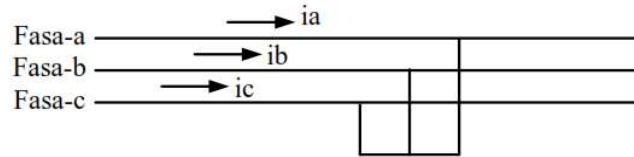
Gambar 2.30 Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa ke Tanah

$$I_{A1} = \frac{V_f}{Z_1 + \frac{Z_2 Z_0}{Z_2 + Z_0}} \dots \dots \dots (3)$$

b. Gangguan Simetris, merupakan gangguan yang terjadi pada semua fasanya sehingga arus maupun tegangan setiap fasanya tetap seimbang setelah gangguan terjadi.

Gangguan ini terdiri dari :

1) Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa



Gambar 2.31 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa

$$IA = \frac{Vf}{Z1} \dots \dots \dots (4)$$

2) Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa ke Tanah

- 2. Berdasarkan lama terjadi gangguannya :
 - a. Gangguan Transient (temporer), merupakan gangguan yang hilang dengan sendirinya apabila pemutus tenaga terbuka dari saluran transmisi untuk waktu yang singkat dan setelah itu dihubungkan kembali.
 - b. Gangguan Permanen, merupakan gangguan yang tidak hilang atau tetap ada apabila pemutus tenaga terbuka pada saluran transmisi untuk waktu yang singkat dan setelah itu dihubungkan kembali.

2.3.3. Starting Motor Analysis

Starting motor analysis adalah suatu bagian dari studi kelistrikan yang mempelajari tentang pengasutan motor dan pengaruhnya terhadap sistem kelistrikan secara keseluruhan. Analisa ini sangat dibutuhkan untuk mendesain sistem kelistrikan yang handal. [6]

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam Starting Motor Analysis adalah sebagai berikut :

- 1. Jenis motor listrik
- 2. Jenis pengasutan motor
- 3. *Starting Current* atau arus saat start awal

4. *Torque* dan *Frequency*
5. *Speed* atau kecepatan
6. Pengaruh starting motor terhadap kestabilan tegangan

2.3.4. Transient Stability

Transient stability analysis adalah ilmu yang mempelajari tentang gejala-gejala peralihan yang ada pada sistem tenaga listrik. Gejala-gejala peralihan tersebut sangat memberikan efek yang luar biasa yang dapat menyebabkan goyangnya sistem dalam suatu kelistrikan industri yang ada di suatu pabrik atau jaringan. Transient stability dibedakan pada jenis magnitude gangguannya yaitu :

- a. *Steady-state*
- b. *Stability to small disturbances*
- c. *Stability of large disturbances*

Kestabilan transien didefinisikan sebagai kemampuan sistem untuk mencapai titik kesetimbangan atau sinkronisasi setelah mengalami gangguan. Pada analisa kestabilan transien dilakukan untuk melihat perilaku sistem akibat adanya gangguan antara lain karena perubahan beban yang mendadak, atau pun karena adanya gangguan hubung singkat pada saluran. [7]

2.3.5. Koordinasi Relay Proteksi

Pengaman dibutuhkan untuk melindungi tiap elemen dari system serta mengamankan secepat mungkin dari gangguan yang sedang terjadi, sebab gangguan dapat membahayakan sistem. Tujuan dari pengaman terutama untuk mengamankan peralatan dan memadamkan gangguan yang telah terjadi serta melokalisirnya, dan membatasi pengaruh-pengaruhnya, biasanya dengan mengisolir bagian-bagian yang terganggu itu tanpa mengganggu bagian-bagian yang lain.

Rele proteksi adalah suatu peralatan yang mendeteksi kondisi tidak normal yang mungkin terjadi dalam system dengan cara mengukur perbedaan besaran

listrik pada keadaan normal dan keadaan gangguan. Besaran listrik dasar yang akan berubah nilainya jika terjadi gangguan adalah tegangan, arus, sudut fasa dan frekuensi.

Jika gangguan telah terdeteksi maka rele akan bekerja melepaskan bagian system yang terganggu dari system yang masih sehat melalui operasi pemutus daya (*Circuit Breaker*).

2.3.6. Faktor Daya dan Harmonisa

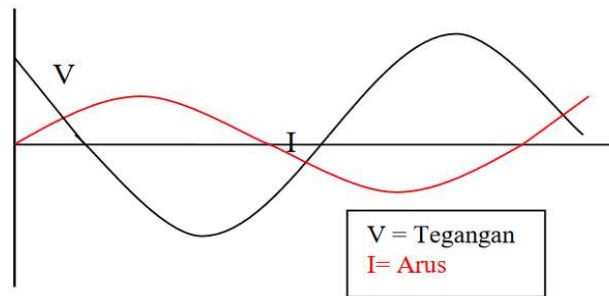
Dalam suatu sistem kelistrikan, kualitas daya perlu untuk diperhatikan. Beberapa hal yang mempengaruhi kualitas daya yaitu faktor daya dan harmonisa.

Faktor daya merupakan cosinus dari beda sudut fasa antara arus dan tegangan. Faktor daya disimbolkan dengan $\cos \phi$ dan mempunyai rentang nilai antara 0 sampai 1. Semakin mendekati 1 maka nilai faktor daya akan semakin baik. Kemudian untuk mencari nilai faktor daya dapat dilakukan dengan membagi daya aktif (P) dengan daya semu (S). Faktor daya dibagi menjadi dua yaitu faktor daya tertinggal (*lagging*) dan faktor daya mendahului (*leading*).

Berikut adalah penjelasan mengenai kedua faktor daya tersebut:

a) Faktor Daya Tertinggal (*lagging*)

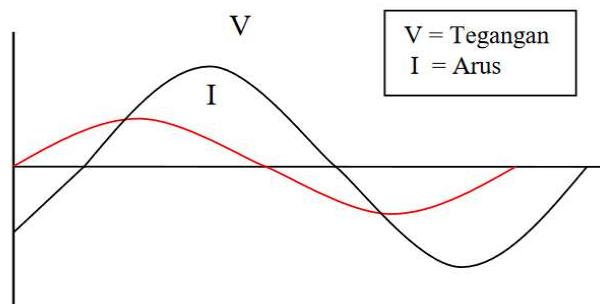
Faktor daya *lagging* menunjukkan kondisi disaat beban bersifat induktif dan memerlukan daya reaktif dari jaringan. Nilai $\cos \phi$ pada kondisi *lagging* akan bernilai positif. Kemudian pada gelombang sinus, arus (I) akan tertinggal dengan tegangan (V) atau tegangan (V) akan mendahului arus (I) dengan sudut ϕ . Berikut adalah gelombang sinus pada faktor daya *lagging*:



Gambar 2.32 Gelombang Sinus pada Faktor Daya *Lagging*.

b) Faktor Daya Mendahului (*leading*)

Faktor daya *leading* menunjukkan kondisi disaat beban bersifat kapasitif dan memberikan daya reaktif ke jaringan. Nilai $\cos \phi$ pada kondisi *leading* akan bernilai negatif. Kemudian pada gelombang sinus, Arus (I) akan mendahului tegangan (V) atau tegangan (V) akan tertinggal terhadap arus (I) sebesar sudut ϕ . Berikut adalah gambar gelombang sinus pada faktor daya *leading*:



Gambar 2.33 Gelombang Sinus pada Faktor Daya *Leading*

Harmonisa adalah gelombang sinusoidal tegangan atau arus yang memiliki frekuensi kelipatan dari frekuensi fundamentalnya. Bila harmonisa menyatu dengan gelombang frekuensi fundamentalnya, maka akan mengakibatkan bentuk gelombangnya tidak sinus lagi.

Penyebab terjadinya harmonisa adalah adanya beban non linier pada sistem. Beban non linier dapat berupa :

- a) Tungku busur api (pengecoran logam)
- b) Las
- c) Inti magnet pada trafo dan mesin-mesin berputar
- d) Mesin-mesin sinkron
- e) Variable Speed Drives (VSD)
- f) Solid state switch
- g) Transmisi tegangan tinggi DC
- h) Inverter photovoltaic

Berikut adalah beberapa akibat yang ditimbulkan oleh adanya harmonisa :

- a) Temperatur pada tranformator lebih meningkat dari normalnya.
- b) Terlalu panasnya motor-motor yang dioperasikan (karena *eddy current* yang timbul sehingga menambah kerugian daya).
- c) Terjadinya kesalahan pada penunjukan alat ukur.
- d) Putusnya pengaman (fuse) pada kapasitor bank atau isolasi kapasitor menjadi lebih panas, sehingga bila terlalu melampaui batas dapat mengalami kerusakan pada kapasitor itu sendiri.
- e) Terjadinya kesalahan operasi pada peralatan-peralatan kontrol dan pemutus yang terhubung dengan bus yang telah terganggu.

2.4. Overview Software ETAP

ETAP (Electric Transient and Analysis Program) merupakan suatu perangkat lunak yang mendukung sistem tenaga listrik. Perangkat ini mampu bekerja dalam keadaan offline untuk simulasi tenaga listrik, online untuk pengelolaan data real-time atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara real-time. Fitur yang terdapat di dalamnya pun bermacam-macam antara lain fitur yang digunakan untuk menganalisa pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik. ETAP dapat digunakan untuk membuat proyek sistem tenaga listrik dalam bentuk diagram satu garis (*single line diagram*) dan jalur sistem pentanahan untuk berbagai bentuk analisis, antara lain:

1. *Load Flow*
2. *Short Circuit Analysis* atau hubung singkat,
3. *Starting Motor*,
4. *Transient Stability*,
5. *Coordination Relay Protection*
6. *Harmonic Analysis*

Proyek sistem tenaga listrik memiliki masing-masing elemen rangkaian yang dapat diedit langsung dari diagram satu garis dan atau jalur sistem pentanahan. Untuk kemudahan hasil perhitungan analisis dapat ditampilkan pada diagram satu garis.

Etap Power Station memungkinkan anda untuk bekerja secara langsung dengan tampilan gambar single line diagram/diagram satu garis .

Program ini dirancang sesuai dengan tiga konsep utama:

1. *Virtual Reality Operasi*

Sistem operational yang ada pada program sangat mirip dengan sistem operasi pada kondisi real nya. Misalnya, ketika membuka atau menutup sebuah sirkuit breaker, menempatkan suatu elemen pada sistem, mengubah status operasi suatu motor, dan untuk kondisi de-energized pada suatu elemen dan sub-elemen sistem ditunjukkan pada gambar single line diagram dengan warna abu-abu.

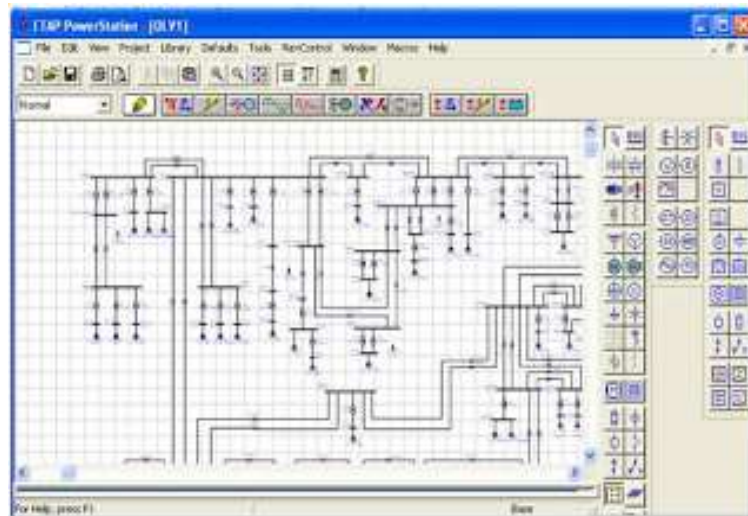
2. *Total Integration Data*

ETAP Power Station menggabungkan informasi sistem elektrikal, sistem logika, sistem mekanik, dan data fisik dari suatu elemen yang dimasukkan dalam sistem database yang sama. Misalnya, untuk elemen sebuah kabel, tidak hanya berisikan data kelistrikan dan tentang dimensi fisiknya, tapi juga memberikan informasi melalui raceways yang di lewati oleh kabel tersebut. Dengan demikian, data untuk satu kabel dapat digunakan untuk dalam menganalisa aliran beban (load flow analysis) dan analisa hubung singkat (short-circuit analysis) yang membutuhkan parameter listrik dan parameter koneksi serta perhitungan ampacity derating suatu kabel yang memerlukan

data fisik routing.

3. *Simplicity in Data Entry*

ETAP Power Station memiliki data yang detail untuk setiap elemen yang digunakan. Dengan menggunakan editor data, dapat mempercepat proses entri data suatu elemen. Data-data yang ada pada program ini telah di masukkan sesuai dengan data-data yang ada di lapangan untuk berbagai jenis analisa atau desain.



Gambar 2.34 Contoh Lembar Kerja ETAP

ETAP PowerStation dapat melakukan penggambaran single line diagram secara grafis dan mengadakan beberapa analisa/studi yakni *Load Flow* (aliran daya), *Short Circuit* (hubung singkat), *motor starting*, harmonisa, *transient stability*, *protective device coordination*, dan *cable derating*.

ETAP PowerStation juga menyediakan fasilitas Library yang akan mempermudah desain suatu sistem kelistrikan. Library ini dapat di edit atau dapat ditambahkan dengan informasi peralatan bila perlu. [3]