

**LAPORAN KERJA PRAKTEK**

**DI**

**PT. MULTI NUSANTARA KARYA**

**( SUN PLAZA MEDAN )**

**GPC DAN SISTEM DISTRIBUSI**

**DISUSUN OLEH :**

**DYNO MANUMPAK TUA PARULIAN PANGGABEAN**

**NPM : 09 812 0024**



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

**MEDAN**

**2013**

**LEMBAR PENGESAHAN 1**  
**LAPORAN KERJA PRAKTEK**

**GPC DAN SISTEM DISTRIBUSI**

**DI**

**PT. MULTI NUSANTARA KARYA**  
**( SUN PLAZA )**

**Oleh :**

**DYNO MANUMPAK TUA PARULIAN PANGGABEAN**

**NPM : 09 812 0024**

**TELAH DIPERIKSA DAN DISAHKAN**

**OLEH**

**Koordinator Kerja Praktek**



**( Teguh Hardiansyah, ST )**

**Mengetahui**

**Pembimbing Kerja Praktek Teknik Elektro Universitas Medan Area**



**( Ir. Yance Syarif )**

**LEMBAR PENGESAHAN 2**  
**LAPORAN KERJA PRAKTEK**

**GPC DAN SISTEM DISTRIBUSI**

**DI**

**PT. MULTI NUSANTARA KARYA**  
**( SUN PLAZA MEDAN )**

**Oleh :**

**DYNO MANUMPAK TUA PARULIAN PANGGABEAN**

**NPM : 09 812 0024**

**DISETUJUI DAN DIKETAHUI OLEH :**

**Chief Engineering**

**PT. Multi Nusantara Karya**



**( Burhanuddin Ritonga, ST )**

**Ketua Jurusan Teknik Elektro**

**Fakultas Teknik Elektro**



**( Ir. H. Usman Harahap, MT )**

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan dan kebaikan-Nya laporan kerja praktek ini dapat diselesaikan dengan baik.

Laporan kerja praktek ini adalah sebagai salah satu tugas yang harus diselesaikan oleh setiap mahasiswa jurusan Teknik Elektro UMA. Pada dasarnya laporan ini hanya sebagian kecil dari sistem yang ada pada pembangkit listrik. Dimana dalam suatu pembangkit listrik banyak sekali sistem dengan banyak permasalahannya.

Kerja praktek ini sangat bermanfaat bagi mahasiswa karena dengan ini mahasiswa dapat mengetahui perkembangan teknologi dan berbagai macam aplikasi.

Dalam penyusunan laporan ini penulis banyak menemui masalah, namun dengan bantuan berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung telah membantu penulis dalam mengatasi berbagai masalah sehingga laporan ini dapat diselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Usman Harahap, MT, selaku Ketua jurusan Teknik Elektro UMA
2. Bapak Teguh Hardiansayh, ST, selaku supervisor engineering PT. Multi Nusantara Karya dan sekaligus pembimbing penulisan laporan kerja praktek.
3. Ibu Fransiska Hutapea sebagai admin yang telah membantu mengumpulkan data.



5. Bapak Yudi dan Dedi sebagai ahli genset
6. Ibu Ir. Haniza, MT, selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
7. Bapak Burhanuddin Ritonga. ST selaku Chief Engineering PT. Multi Nusantara Karya.

Penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan dalam pembuatan laporan kerja praktek ini, untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis menerima kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan laporan kerja praktek ini. Akhirnya penulis kembali mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu dan semoga laporan kerja praktek ini bermanfaat bagi yang membacanya.

Medan, Nopember 2013

Penulis

# DAFTAR ISI

Halaman

<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang Kerja Praktek.....	1
1.2 Tujuan Kerja Praktek.....	2
1.3 Ruang Lingkup Kerja Praktek.....	3
1.4 Manfaat Kerja Praktek.....	3
1.5 Metode Pelaksanaan Kerja Praktek.....	4
<b>BAB 2 SISTEM KELISTRIKAN PT. MULTI NUSANTARA KARYA ( SUN PLAZA )</b>	
2.1 Umum.....	6
2.2 Sumber PLN.....	7
2.3 Sumber PLTD.....	8
2.3.1 Sistem 20kV.....	9
2.3.1.1 Transformator Step Up.....	9
2.3.1.2 VCB ( Vacuum Circuit Breaker ).....	10
2.3.1.3 Circuit Breaker Incoming.....	10
2.3.1.4 Circuit Breaker Outgoing.....	10
2.3.1.5 LVSS ( Low Voltage Substation ).....	12
2.3.1.6 Transformator Step-Down.....	12
2.3.1.7 LBS ( Low Break Switch ).....	13

2.3.2 Sistem 380 V.....	14
2.3.2.1 Generator.....	14
2.3.2.2 Isolated Phase Bus Duct.....	16

### **BAB III PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA DIESEL ( PLTD )**

3.1 Umum.....	17
3.2 Prinsip Kerja Generator.....	18
3.3 Konstruksi Generator.....	21
3.3.1 Bagian Diam ( Stator ).....	21
3.3.2 Bagian Bergerak ( Rotor ).....	22
3.4 Pemilihan Putaran.....	23
3.5 Frekuensi.....	23
3.6 Sistem Exitasi.....	24
3.6.1 Sistem Penguatan Sendiri.....	23
3.6.2 Sistem Penguatan Terpisah.....	24
3.7 Regulasi Tegangan Generator.....	26
3.8 Reaksi Jangkar.....	26

### **BAB IV GPC ( Generator Paralelling Controller )**

4. 1 Umum.....	28
4.2 Prinsip Alat Pembagi Beban Generator.....	29
4.3 Instalasi Teknis.....	30
4.4 Kontrol Fungsi.....	32
4.5 Fungsi Proteksi Generator.....	33

4.6 Operasi Paralel Generator.....	33
4.7 Kondisi Perancangan Panel Sinkronisasi Generator.....	34
4.8 Prinsip Kerja GPC (Generator Paralelling Controller).....	40

**BAB V PROTEKSI**

5.1 Umum.....	51
5.2 Fungsi dan Peranan Rele Proteksi.....	51
5.3 Syarat – Syarat Rele Pengaman.....	52
5.4 Prinsip Kerja Daya Balik (Reverse Power Relay).....	53
5.5 Prinsip Kerja Rele Arus Lebih (Over Current Relay).....	54
5.6 Prinsip kerja Rele Differensial.....	55
5.6.1 Kontruksi Rele Differensial.....	57
5.6.2 Rele Differensial Elektromekanik.....	57
5.6.3 Rele Solid (Rele Statis).....	57
5.7 Circuit Breaker (CB).....	58
5.7.1 Circuit Breaker Outgoing.....	59
5.7.2 Circuit Breaker Incoming.....	60

**BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN**

6.1 Kesimpulan.....	60
6.2 Saran.....	61

<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>62</b>
----------------------------	-----------

**LAMPIRAN**

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang kerja Praktek

Sejalan dengan majunya perkembangan zaman dan pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi ( IPTEK ) dewasa ini, dan di tambah dengan semakin luasnya jaringan informasi dan komunikasi dunia yang berkembang tanpa mengenal batas negara ataupun daerah sehingga dituntut tersedianya sumber daya manusia yang berkualitas dan professional dibidangnya untuk menghadapi era globalisasi.

Dengan demikian hal utama yang harus dihadapi untuk menyongsong era tersebut, diperlukan dunia pendidikan yang dapat menciptakan dan menghasilkan tenaga kerja yang kreatif, tampil dan juga siap pakai untuk dapat terjun langsung ke dunia kerja yang sesungguhnya dan mampu bersaing sesuai dengan kebutuhan dan tuntutan zaman. Oleh karena itu kerjasama lembaga – lembaga pendidikan dan dunia usaha perlu dijalin, sehingga keterpaduan yang sempurna antara unsure yang terkait dapat berperan sebagaimana yang diharapkan.

Universitas Medan Area, Fakultas Teknik, program studi Teknik Elektro adalah lembaga pendidikan tinggi yang diharapkan mampu menjembatani dan memadukan kurikulum pendidikan akademis dan kebutuhan dunia usaha. Mahasiswa / Mahasiswi keluaran dari lembaga ini diharapkan dapat tampil sebagai tenaga ahli dan professional dibidangnya yang selalu memiliki keahlian profesi yang handal juga mencerminkan sikap mental bangsa yang modern antara lain disiplin, mempunyai keinginan kerja yang tinggi, jujur, menghargai waktu



dan sebagainya sehingga pada gilirannya menjadi pelopor pembangunan Negara di masa kini dan di masa yang akan datang.

Sebagai perwujudanya Universitas Medan Area, Fakultas Teknik program studi Teknik Elektro membekali setiap mahasiswa dengan kemampuan teritis, inilah secara akademis dan memadukanya dengan kemampuan yang bersifat praktis dan aplikasi sesuai dengan bidangnya. Oleh karena itu untuk mewujudkan harapan tersebut maka Universitas Medan Area, Fakultas Teknik, program studi Teknik Elektro menyelenggarakan suatu kurikulum yang disebut Kerja Praktek sebagai salah satu diantara beberapa syarat yang harus dipenuhi oleh mahasiswa dalam menyelesaikan studinya. Kerja Praktek ini merupakan sarana latihan operasional untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan serta memperluas pengalaman mahasiswa yang melaksanakanya dalam mempraktekan teori yang diterima dengan keadaan sebenarnya di lapangan.

## **1.2 Tujuan Kerja Praktek**

Kerja Praktek lapangan merupakan suatu kewajiban bagi setiap mahasiswa program Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area, yang harus dilaksanakan sebaik – baiknya agar mahasiswa memperoleh pengetahuan praktis di lapangan sebelum menyelesaikan masa studinya.

Kerja Praktek merupakan bagian yang paling relevan dengan jurusan studi mahasiswa, maka diharapkan mahasiswa dapat lebih mencurahkan perhatian serta pikiranya pada bidang ini dengan sungguh – sungguh membuat perbandingan relevansi maupun aplikasi dari pelajaran yang telah didapatkan di bangku kuliah.

Hal ini dimaksudkan agar mahasiswa dapat memahami dan tidak  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
canggung menghadapi bentuk – bentuk yang ada dari peralatan yang digunakan



dalam sistem kelistrikan. Lebih dari itu agar dapat mengembangkan meskipun dalam tahap pengembangan ini adalah dalam bentuk studi. Dengan demikian setelah mahasiswa menyelesaikan studinya dapat menjadi sarjana yang siap pakai seperti yang diharapkan, terutama dalam menyiapkan Sumber Daya manusia yang berpotensi.

### **1.3 Ruang Lingkup Kerja Praktek**

Setiap mahasiswa yang telah memenuhi persyaratan dalam melaksanakan Kerja Praktek sesuai ketentuan Perguruan Tinggi dan Perusahaan / Instansi tempat kerja praktek. Kerja praktek ini merupakan dasar mahasiswa untuk mempelajari tentang pengetahuan – pengetahuan yang ada kaitanya dengan kelistrikan yang mencakup perlengkapan – perlengkapan pembangkit beserta peralatanya.

Kerja praktek bersifat latihan untuk melaksanakan pekerjaan dengan disiplin dan tanggung jawab serta mengajukan usulan perbaikan dari sitem kerja atau proses yang selama ini dilaksanakan perusahaan.

### **1.4 Manfaat Kerja Praktek**

#### **a. Bagi Mahasiswa**

1. Menerapkan secara langsung ilmu pengetahuan yang didapat selama perkuliahan dan membandingkan dengan kenyataan yang dijumpai di lapangan.
2. Menambah wawasan dan pengetahuan untuk mempersiapkan diri baik secara teoritis maupun praktis
3. Memperoleh pengalaman latihan – latihan dalam menghadapi suatu problem dalam pekerjaan sehingga dapat meningkatkan kemampuan

menganalisa masalah secara ilmiah, praktis dan efisien serta peningkatan wawasan berfikir.

4. Untuk membangun mental mahasiswa terhadap lapangan kerja sesungguhnya baik kesiapan menghadapi tugas – tugas yang diberikan perusahaan maupun kesiapan dalam membina hubungan kerja dengan lingkungan perusahaan.
5. Melatih mahasiswa agar tidak kaku, dalam hal ini diharapkan dapat memperbaiki sikap terutama dsalam berkomunikasi, penampilan, etika maupun sopan santun sevagaimana dalam suasana kerja yang sebenarnya.

**b. Bagi Perguruan Tinggi**

Mempererat kerjasama antara perusahaan dengan Universitas Medan Area khususnya program studi Teknik Elektro.

**c. Bagi Perusahaan**

1. Mengetahui keadaan perusahaan dari sudut pandang dunia akademis
2. Memudahkan perusahaan dalam mencari Sumber Daya Manusia yang professional

**1.5 Metoda Praktek Pelaksanaan kerja**

Kerja Praktek ini dilaksanakan di PT. Multi Nusantara Karya yang biasa dikenal SUN PLAZA.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

Kerja Praktek ini dilaksanakan dalam tiga metode yang lazim digunakan, yaitu :

### 1. Metode Diskusi

Metode ini dilaksanakan dalam tiga metode yang dipimpin oleh Chip Manager Engineering bapak Burhan Silitonga ST. Diskusi ini dilaksanakan antar mahasiswa dalam Kerja Praktek yang dilaksanakan dalam bentuk tanya jawab, penjelasan secara garis besar prinsip – prinsip kerja generator.

### 2. Metode Praktek Lapangan

Metode ini merupakan sinkronisasi aspek ke bentuk praktis seperti pengamatan secara langsung prinsip – prinsip memoeralelkan generator dan memperalelkan dengan jaringan PLN di sistem 20 KV, pemeliharaan peralatan listrik, pengamatan kontrol – kontrol panel dan lain sebagainya yang dilakukan / dilihat langsung di lapangan.

3. Metode ini merupakan metode yang umum dan sangat mudah dilakukan, karena metode ini lebih banyak dikerjakan di perpustakaan dengan membaca buku.

**BAB II**  
**SISTEM KELISTRIKAN**  
**PT. MULTI NUSANTARA KARYA**  
**(SUN PLAZA)**

**2.1 UMUM**

Pada hakikatnya PT. Multi Nusantara Karya (Sun Plaza) merupakan departemen store yang memiliki dua sumber dalam pemenuhan kebutuhan listrik pada perusahaan tersebut. Sumber yang dimaksud adalah sumber yang berasal dari PLN dan sumber yang berasal dari PLTD yang dimiliki dan dikelola oleh perusahaan itu sendiri. Perusahaan ini menjadikan sumber PLN menjadi sumber utama dalam pemenuhan kebutuhan listriknya, sedangkan sumber yang berasal dari PLTD digunakan hanya pada saat PLN mengalami beban puncak yakni mulai dari pukul 18.25 WIB – 21.57 WIB. Hal ini dilakukan agar tercapainya kontinuitas pelayanan untuk beban yang bekerja sepanjang hari.

Selain digunakan pada saat beban puncak, sumber PLTD juga digunakan sebagai *back up* apabila sumber PLN mengalami gangguan. Dimana apabila sumber PLN tiba-tiba mengalami gangguan, PLTD dapat mengambil alih pelayanan keseluruhan beban pada Sun Plaza. Sebagai sumber *back up*, generator dirancang dalam kondisi *standby*, agar dapat mengambil alih beban secara langsung. Dengan posisi *standby*, generator yang dioperasikan pada PLTD ini memerlukan waktu maksimal 20 detik untuk dapat bekerja dan langsung melayani beban. Hal ini dapat terjadi apabila sumber PLN mengalami gangguan.



Dalam kesehariannya, PLN menjalin kerjasama yang baik dengan perusahaan ini. Kerjasama ini dimulai sejak tahun 2006-2007, dimana PLTD yang dikelola PT Manunggal Wiratama, menjual daya listrik ke PLN sebesar 5 MW.

Kerjasama yang dijalin antara PLN dengan perusahaan ini, dibuat dalam bentuk kontrak. Salah satu isi kontrak tersebut adalah bahwa PLN akan memberitahukan apabila akan terjadi gangguan yang berujung pada pemadam listrik. Apabila PLN mengalami gangguan dan terjadi pemadaman tanpa ada pemberitahuan terhadap pihak manajemen perusahaan, PLN harus mengganti kerugian yang diderita oleh perusahaan.

Apabila sumber PLN mengalami gangguan, PT. Multi Nusantara Karya telah membuat sarana pembantu guna menanggulangi pemadaman listrik secara tiba-tiba tersebut. Diantaranya adalah pemasangan UPS yang dapat bekerja 2 jam penuh pada setiap zona yang berfungsi untuk mensuplai lampu *emergency* apabila terjadi pemadaman listrik secara tiba-tiba dari PLN. Selain itu, pada lift juga dipasang LMED yang berfungsi sebagai sumber listrik pada lift apabila terjadi pemadaman listrik, dimana lift akan bergerak ke lantai terdekat dan membukakan pintu secara otomatis.

## **2.2 Sumber PLN**

PT. Multi Nusantara Karya (Sun Plaza) merupakan konsumen pada saluran distribusi primer berada pada tegangan menengah 20 kV, sehingga PLN mensuplai langsung dari saluran primer utama dari rel Gardu Induk, dalam pendistribusian tegangannya SUN PLAZA terkoneksi dengan dua rel gardu induk yaitu dari GG 5 dan GI Titi kuning namun dalam kesehariannya SUN PLAZA lebih sering disuplai dari GG 5 sedangkan dari GI Titi Kuning dalam keadaan

*standby*, dan pendistribusiannya terlebih dahulu melalui gardu PLN yang merupakan pusat beban untuk meningkatkan kualitas dan keamanan pelayan, di gardu tersebut telah dilengkapi CB, relay-relay dan alat proteksi lainnya, dan supply untuk peralatan-peralatan tersebut diambil dari tegangan yang 20 kV yang terlebih dahulu diturunkan dengan menggunakan trafo *step down* yang berada di gardu PLN tersebut. Dua masukan Sinkronisasi antara PLN dan PLTD akan dibahas berikutnya, dimana PLN digunakan pada LWBP (Luar Waktu Beban Puncak) dan PLTD digunakan pada WBP (Waktu Beban Puncak).

### **2.3 Sumber PLTD**

Semua keluaran dari generator pada PLTD (unit 1, 2, 3, 4, 5 dan 6) dihubungkan dengan transformator step-up berkapasitas 4 MVA untuk menaikkan tegangan keluaran 0,4 kV menjadi tegangan menengah 20 kV. Output dari transformator kemudian dihubungkan ke *primary substation* yang merupakan gardu induk 20 kV. Dalam *primary substation* daya yang berasal dari generator dihubungkan ke busbar melalui 3 buah VCB (vacuum circuit breaker) @ 630 A yang diaudit langsung oleh GPC (generator paralleling kontrol) dengan system kontrol PLC baik itu secara manual maupun otomatis. Dalam hal ini GPC dapat berperan sebagai system kontrol maupun system proteksi.

Pada *primary substation* terdapat 4 buah VCB @ 630 A; dimana salah satunya merupakan VCB yang digunakan untuk menghubungkan sumber PLN dengan beban apabila PLTD dijadwalkan tidak bekerja. Dalam hal ini keempat VCB tersebut dikontrol melalui GPC untuk memparalelkan antara PLTD dengan sumber PLN.



Dari bushbar, daya suplai ke empat zona beban melalui empat LVSS (*Low Voltage Substation*) dan beban motor listrik chiller melalui substansi yang berbeda pula. Dari LVSS, daya kemudian disuplai ke setiap zona beban melalui EPR (*Electrical Panel Room*) yang ditempatkan pada setiap lantai pada daerah beban. Pada beban utama yang merupakan departemen store, pemakaian beban dikontrol secara otomatis melalui BAS (*Building Automatic system*). BAS merupakan pusat control pada beban utama, sehingga BAS juga menangani banyak hal yang mencakup *fire alarm, escalator, lift*, dan lain-lain.

### 2.3.1 Sistem 20 kV

System ini dihubungkan langsung dengan pembangkit yang terdiri dari:

- 3 buah Transformator *Step-up* @ 4000 kVA
- VCB (*vacuum circuit breaker*)
- LVSS (*Low Voltage Substation*)

#### 2.3.1.1 Transformator *Step-Up*

Transformator *step-up* mempunyai hubungan DYn5 dengan daya 4000 kVA, 20 kV. Letak dari transformator *step-up* berada di lantai roof (atap gedung).

Fungsi dari transformator ini adalah untuk menaikkan tegangan keluaran Generator 380 V ke tegangan 20 kV dan langsung ke setiap LVSS (*Low Voltage Substation*) menggunakan kabel copper XLIPE 3 Nos.1C x 90 mm. Speck teknis trafo *step-up* yang digunakan:

- Produsen : UNINDO
- Tahun Pembuatan : 2003
- Daya Nominal : 4000 kVA baik primer maupun sekunder
- Hubungan : DYn5

- Arus Nominal : 115,5 A pada primer dan 5773,5 pada sekunder
- Tegangan hubungan singkat : 7%
- System Pendingin : Memakai mineral oil dengan kenaikan suhu 60<sup>0</sup>C
- Tingkat isolasi dasar : 125 kV
- Jumlah berat : 8480 kg



**Gbr 1.1 bentuk transformator step up ( trafo step up)**

### **2.3.1.2 VCB (*vacuum circuit breaker*)**

Circuit breaker ini dapat digunakan dengan breaking capacity yang sama untuk network system. Dimana kecepatan reclosing operation mempunyai jaminan dengan “dead time” 0.3 detik.

### **2.3.1.3 Circuit Breaker Outgoing**

Circuit harus tertutup secara sempurna dalam sebuah kotak (case)

- Penggunaan :

Sebagai pemutus dan penghubung tenaga yang dilengkapi dengan proteksi terhadap gangguan arus lebih dan arus hubung singkat.

- Jumlah Fasa : 4
- Tegangan System : 380 V
- Frekwensi pengenalan : 50 Hz
- Arus Normal Pengenal : 6000 A
- Arus Hubung Singkat : 100 KA
- Pentanahan System : solid
- Tegangan Kontrol : 220 VAC

#### 2.3.1.4 Circuit Breaker Incoming

Circuit breaker harus tertutup sempurna dalam sebuah kotak (*case*)

- Penggunaan :

Sebagai pemutus dan penghubung tenaga yang dilengkapi dengan proteksi terhadap gangguan arus lebih dan arus hubung singkat.

- Jumlah Fasa : 3
- Tegangan System : 380 V
- Frekwensi pengenalan : 50 Hz
- Arus Normal Pengenal : 3200 A
- Arus Hubung Singkat : 100 KA
- Pentanahan System : solid
- Tegangan control : 220 VAC

### 2.3.1.5 LVSS (*Low Voltage Substation*)

LVSS berada pada lantai atas (*roof*), tak jauh dari letak pembangkit. Kemudian letak panel LVSS berada pada ruangan yang sama dengan trafo distribusi. Hal ini dibuat untuk memperkecil biaya dan rugi-rugi pada system transmisi untuk pembagian beban. Pada LVSS terdapat komponen dan peralatan yang bekerja pada tegangan yang cukup rendah dan bersifat digital.

Dalam LVSS terdapat panel yang memiliki komponen hamper sama dengan GPC diantaranya standart panel GPC, cabinet, jenis circuit breaker yang digunakan, load shader (pembagi beban), dual current relay (pemanding arus) / *Load monitor, Annunicator, Busbar* (penghantar), sistem pertanahan, peralatan kontrol dan pengawatan, serta kontrol mutu.

### 2.3.1.6 Transformator *Step-Down*

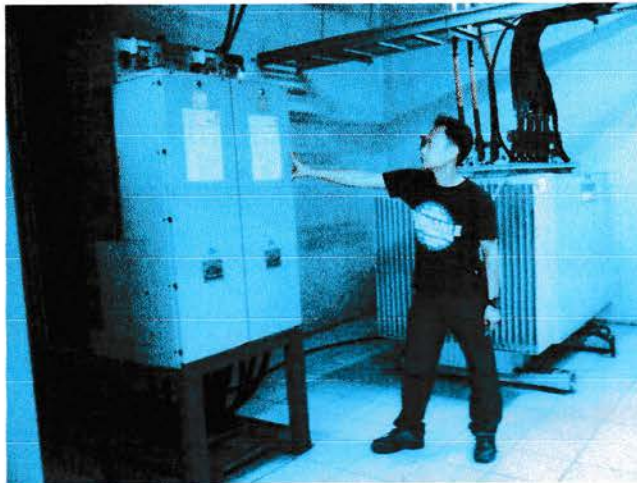
Transformator step-down mempunyai hubungan DYn5 dengan daya 1250 kVA dan 1600 kVA, 20 kV. Letak dari transformator *step-down* berada diatap gedung. Tegangan transformator ini dibutuhkan untuk memberikan tenaga dari system 20 kV langsung ke beban.

Spesifikasi teknis trafo *step-down* yang digunakan:

- Produsen : UNINDO
- Tahun Pembuatan : 2003
- Daya Nominal : 1250-1600 kVA baik primer maupun sekunder
- Hubungan : DYn5
- Arus Nominal : 115,5 pada primer dan 5773,5 pada sekunder
- Tegangan hubungan singkat : 7%



- System Pendingin : Memakai mineral oil dengan kenaikan suhu 600C
- Tingkat Isolasi Dasar : 125 kV
- Jumlah Berat : 8480 kg



Gbr 1.2 bentuk transformator step down dan LBS ( trafo step down)

### 2.3.1.7 LBS

Fungsi utama LBS adalah sebagai pemutus beban (*Load Break Switch*) pada system tegangan menengah/ tinggi. Ada juga yang menyebut DS (*Disconnecting Switch*) atau IS (*Isolating Switch*) atau PMS (Pemisah) istilah nasionalnya, sedangkan CB (*Circuit Breaker/ pemutus rangkaian*) disebut juga PMT (pemutus tenaga). Perbedaan LBS dan CB terletak pada system operasi dan ada/ tidaknya media pemadam busur api.

LBS hanya dioperasikan secara normal (CLOSE/OPEN) layaknya *switch* biasa namun pada kondisi tanpa beban, sedangkan CB (VCB, SF6 CB, OCB dll) bisa dioperasikan normal (kondisi berbeban maupun tidak). Juga secara otomatis CB akan OPEN atau TRIP jika feeder/ saluran yang diproteksi mengalami

gangguan misalnya karena overload, ground fault atau short circuit. Prinsip kerja VCB sama dengan MCB yang terpasang di instalasi listrik rumah anda.

Perbedaan lainnya adalah LBS tidak dilengkapi media pemadam busur api, sedangkan CB dilengkapi dengan media tersebut seperti Vacuum (pada VCB) atau gas SF6 (pada SF6 CB). Oleh karena itu tidak diijinkan switching LBS ketika saluran berbeban (apa lagi beban besar), karena akan timbul busur api yang beresiko merusak LBS itu sendiri. Jadi dalam hal ini LBS tidak boleh dipasang sendiri, karena *main protective device*-nya justru VCB.

Pemasangan LBS dan VCB secara bersamaan lebih cenderung untuk memenuhi syarat-syarat safety (anda tentu sudah tahu kalau factor safety adalah No. 1 dalam instalasi listrik). Tujuannya untuk meng-isolate power jika sewaktu-waktu ada pekerjaan maintenance CB (misalkan ganti CB). Letak pemasangan LBS: Jika tipe salurannya radial LBS diletakkan antara bus dan CB. Jika tipe salurannya ring atau ganda maka 2 LBS mengapit CB akan lebih safe.

### 2.3.2 Sistem 380 V

System 380 V ini terdiri dari peralatan-peralatan sebagai berikut: *steam driven generator*, GPC (*Generator Paralelling Control*), *isolated phase bus duct*. System ini merupakan output dari generator set yang hasil outputnya dihubungkan langsung ke transformator daya (transformator step-up) setelah melalui proses sinkronisasi oleh GPC.

#### 2.3.2.1 Generator

- Rating .....2000 kVA
- Active output.....1800 k VA



- Spesifikasi mesin dan data teknis.

Spesifikasi mesin dan data teknis sebelum mesin beroperasi dapat dilihat pada table data dibawah ini.

**Table 2.1 Spesifikasi mesin dan data teknis sebelum mesin beroperasi**

Bore	Mm	170
Stroke	mm	180
Displacement	L	654
Pistor speed	m.sec	90
Compression ratio		14
Lubricating oil capacity	L	230
Coolant capacity radiator	L	170
Coolant pump external resistance	m water	50
Coolant pump flow rate	L/min	1650
Cooling fan airflow rate	M <sup>3</sup> /min	2040
Cooling fan air flow restriction	kPa	0.1
Ambient air temperature	°C	40
Allowable exhaust back pressure	kPa	6.0
Exhaust flange size (internal diameter)	mm	350

- Data pada saat mesin beroperasi

**Tabel 2.2 Spesifikasi mesin dan data teknis saat mesin beroperasi**

		STAND BY	PRIME
		2000kVA	1800 kVA
Gross Engine Power	kWm	1678	1523
Brake mean effective pressure	MPa	2.1	1.9
Regenerative absorption	kW	140	140
Noise Level at 1 m (excluding: intake, exhaust & fan)	dB (A)	111	109
Fuel consumption load 100%	L/hr	418	269
Fuel consumption load 75%	L/hr	304	275
Cumbustion air inlet flow rate	m <sup>3</sup> /min	143	127
Exhaust gas flow rate	m <sup>3</sup> /min	378	334
Exhaust gas temperature	°C	530	520
Heat rejection to coolant	kW	1041	919
Heat rejection to exhaust	kW	1293	1111
Heat rejection to atmosphere from engine	kW	127	110
Heat rejection to atmosphere from generator	kW	75	65

### **2.3.2.2 Isolated Phase Bus Duct**

Isolated phase bus duct berfungsi menghubungkan antara terminal generator dengan bushing tegangan rendah pada transformator step-up. Rated dari isolated phase bus duct adalah : 6300 A (main) 3000A (tap), dan insulator penyangga mempunyai insulation basic impulsive level sebesar 380 V.

## BAB III

### GENERATOR

#### 3.1. Umum

Salah satu bagian besar dari sistem tenaga listrik adalah stasiun pembangkit tenaga listrik. Stasiun pembangkit tersebut berupa generator yang digerakkan dengan tenaga gas, tenaga uap, tenaga air, tenaga diesel dan lain sebagainya. Pokok utama dalam pengadaan sistem tenaga listrik adalah bagian pembangkit atau generator. Apabila stasiun pembangkit terganggu maka seluruh sistem tenaga listrik akan terhenti pengoperasiannya.

Penyebab gangguan pada sistem pembangkit terdiri atas dua bagian yaitu :

1. Gangguan pada alat penggerak generator
2. Gangguan pada generator

Gangguan pada penggerak generator adalah gangguan yang dapat dipengaruhi oleh putaran generator dan besarnya moment yang diberikan kepada generator, sedangkan gangguan pada generator disebabkan beberapa hal antara lain :

1. Adanya beban lebih
2. Adanya gangguan hubung singkat, antara phasa ke phasa atau phasa dengan tanah
3. Adanya gangguan pada sisi penguata generator
4. Adanya gangguan beban tidak seimbang pada generator
5. Adanya gangguan pada generator yang bekerja paralel

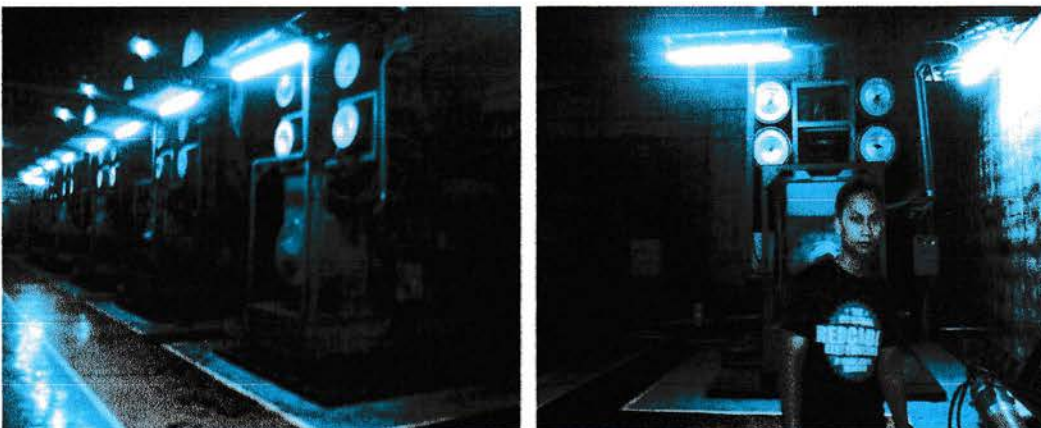
Terutama pada lima point di atas, bila salah satu generator yang bekerja secara paralel mengalami gangguan, maka kemungkinan besar generator yang sedang beroperasi tidak sanggup lagi memikul beban keseluruhannya. Oleh sebab itu

perlu diperhitungkan besarnya beban yang harus diputuskan secara tiba-tiba agar diperoleh stabilitas sistem. Pemutusan ini pun harus terjadi secara otomatis dengan waktu yang relatif singkat.

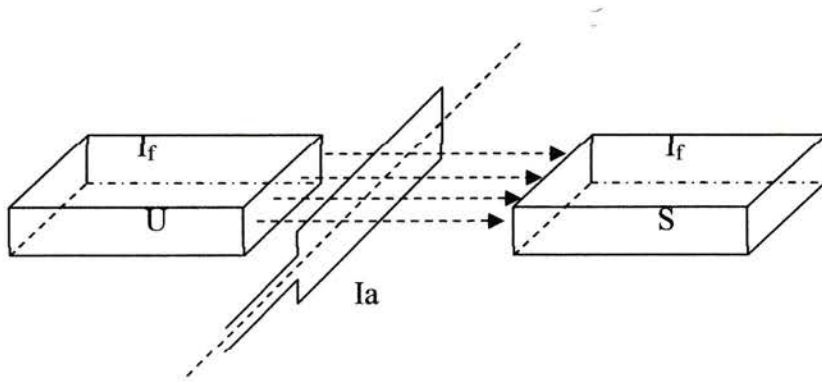
### 3.2. Prinsip Kerja Generator

Generator serentak (sinkron) akan menghasilkan tenaga listrik berdasarkan hukum Faraday. Jika sekeliling penghantar terjadi perubahan medan magnet, maka pada penghantar tersebut akan dibangkitkan suatu gaya gerak listrik (ggl) yang sifatnya menentang perubahan medan tersebut. Jadi untuk dapat terjadi gaya gerak listrik perlu ada dua kategori masukan yaitu : masukan tenaga mekanis yang akan dihasilkan oleh prime power (penggerak mula) serta adanya arus masukan ( $I_f$ ) yang dapat memacu arus searah yang menghasilkan medan magnet yang diatur secara mudah.

Dibawah ini akan dijelaskan secara sederhana cara pembangkitan dari sebuah generator.



Gbr 2.0 bentuk dari generator sun plaza



Gambar 2.1. Sistem pembangkitan generator sinkron

Dimana :

- If : Belitan arus medan
- S : Poros dari generator
- U.S : Kutub generator
- Ia : Arus jangkar

Apabila rotor generator diputar pada kecepatan nominalnya, dimana putaran diperoleh dari putaran prime movernya, kemudian pada medan rotor diberi arus medan ( $I_f$ ) maka garis-garis fluksi yang dipancarkan melalui kutub-kutub inti akan timbul tegangan induksi pada kumparan jangkar stator sebesar :

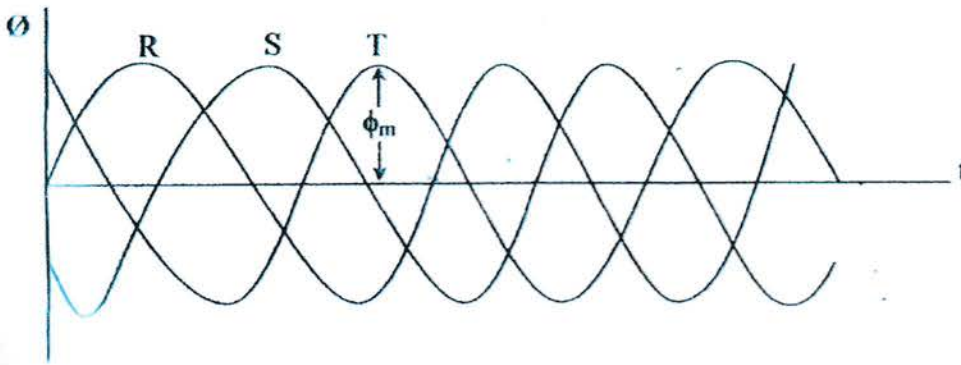
$$E_a = C.n. \Phi \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana :

- $E_a$  : Tegangan induksi yang dibangkitkan pada jangkar generator
- $n$  : Kecepatan putar
- $\Phi$  : Fluksi yang dihasilkan oleh arus penguat (kuat medan)
- $C$  : Konstanta



Apabila generator digunakan untuk melayani beban, maka pada kumparan jangkar generator akan mengalir arus. Untuk generator tiga fasa ( $3\phi$ ) setiap belitan jangkan akan berbeda fasa sebesar  $120^\circ$ , sehingga distribusi arus untuk masing-masing belitan dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.2. Distribusi arus tiga fasa

Prinsip kerja generator sesuai dengan hukum Lenz, yaitu arus listrik yang diberikan pada stator akan menimbulkan momen elektromagnetik yang bersifat melawan putaran rotor sehingga menimbulkan EMF pada kumparan rotor. Tegangan EMF ini akan menghasilkan arus jangkar. Jadi diesel sebagai Prime Over akan memutar rotor generator, kemudian rotor diberi eksitasi agar menimbulkan medan magnet yang berpotongan dengan konduktor pada stator dan menghasilkan tegangan pada stator. Karena ada dua kutub yang berbeda, utara dan selatan, maka tegangan yang dihasilkan pada stator adalah tegangan bolak – balik. Besarnya tegangan induksi memenuhi persamaan :

$$E = K_d \cdot K_s \cdot \dots \dots \dots (3.2)$$

$$E = 4,44 \cdot K_d \cdot K_s \dots \dots \dots (3.3)$$



Dimana :

$E = G\omega$  yang dibangkitkan (Volt)

$K_d =$  Factor kisar lilitan

= Kecepatan sudut dari rotor (rad / second )

$f =$  Frekuensi

= Fluks medan magnet

$N_c =$  Jumlah lilitan

$g =$  Jumlah kumparan per pasang kutub per pasang

Generator AC bekerja dengan prinsip induksi elektromagnetik. Generator AC terdiri dari stator yang merupakan elemen diam dan rotor yang merupakan elemen berputar dan terdiri dari belitan – belitan medan. Pada generator AC jangkanya diam sedangkan medan utamanya berputar dan lilitan jangkanya dihubungkan dengan dua cincin geser.

### 3.3. Konstruksi generator

Generator terdiri dari 2 (dua) bagian yang paling utama yaitu :

1. Bagian yang diam (stator)
2. Bagian yang bergerak (rotor)

#### 3.3.1. Bagian yang diam (Stator)

Stator terdiri dari :

1. Inti stator
2. Belitan stator
3. Alur stator
4. Rumah stator

**3.3.1.1. Inti stator** : Bentuk dari inti stator berupa cincin laminasi dan terikat secara rapat agar rugi-rugi Eddy current dapat dihindari, dan pada inti tersebut terdapat slot-slot sebagai tempat konduktor serta mengarahkan magnet.

**3.3.1.2. Belitan stator** : Terdiri dari beberapa batang konduktor yang terdapat di dalam slot-slot dan ujung-ujung kumparan dari setiap slot dihubungkan untuk mendapat tegangan induksi.

**3.3.1.3. Alur stator** : Merupakan tempat dimana belitan stator ditempatkan atau diletakkan

**3.3.1.4. Rumah stator** : Biasanya terbuat dari besi tuang yang berbentuk silinder, dimana bagian belakangnya terdapat sirip-sirip untuk membantu pendinginan

### **3.3.2. Bagian yang bergerak (rotor)**

Rotor adalah bagian yang bergerak atau berputar dimana keduanya (rotor dan stator) dipisahkan dengan celah udara.

- Rotor terdiri dari :
- Inti kutub
  - Kumparan medan

Pada bagian inti kutub terdapat poros inti yang berfungsi sebagai jalan terhadap fluks magnetik yang dibangkitkan oleh kumparan medan. Kumparan medan ini terdiri dari dua bagian, yaitu penghantar untuk jalannya arus pemacuan bagian yang diisolasi. Isolasi pada bagian ini harus benar-benar baik dalam hal kekuatan mekanis, ketahanan terhadap suhu yang tinggi dan tahan terhadap sentrifugal yang besar.

Konstruksi rotor generator putaran tinggi biasanya menggunakan konstruksi rotor dengan kutub silindris atau (cylenderica poles) dan jumlah kutubnya sedikit (2, 4, 6).

Konstruksi ini dirancang tahan terhadap gaya-gaya yang lebih besar akibat

Sedangkan untuk putaran rendah atau sedang (kurang dari 1000 rpm), dipakai konstruksi dengan kutub menonjol atau sering juga disebut dengan “Salient poles” dengan jumlah kutub banyak.

Pada prinsipnya salah satu dari penghantar atau kutub-kutub dibuat sebagai bahan yang tetap dan yang lainnya sebagai bagian yang berputar.

### 3.4. Pemilihan putaran

Putaran adalah salah satu faktor yang sangat penting untuk mempengaruhi besar tegangan (voltage) yang timbul pada arus bolak-balik (alternatif current) dan untuk menjaga putaran tetap konstan, maka pada prime mover akan dipasang governor. Governor yaitu peralatan yang mengatur agar putaran tetap konstan pada keadaan bervariasi. Untuk itu maka diambil frekuensi arus bolak-balik (AC) sebesar  $f = 50$  Hz dengan jumlah pasang kutub  $p = 2$  buah, maka besar putaran generator adalah sebagai berikut :

$$n = \frac{120 \cdot f}{p} \dots\dots\dots (3.4)$$

Dimana :

n : kecepatan putar (rpm)

f : frekuensi (Hz)

p : jumlah pasang kutub

### 3.5. Frekuensi

Tegangan dan arus bolak balik (AC) yang dihasilkan oleh generator mempunyai frekuensi yaitu  $f = 50$  Hz dan  $f = 60$  Hz. Untuk menentukan jumlah pasang kutub  $p$  atau kecepatan putar rpm, oleh karena itu besarnya frekuensi adalah pasang kutub dan kecepatan rotor.

Hal ini dapat diketahui dengan adanya rumus sebagai berikut :

$$f = \frac{p \cdot n}{120} \dots\dots\dots (3.5)$$

Dimana :

- f : Frekuensi (Hz)
- p : jumlah pasang kutub
- n : kecepatan putar (rpm)

### 3.6. Sistem Excitasi

Yang dimaksud dengan excitasi atau sistem penguatan adalah suatu perangkat yang memberikan arus penguat ( $I_f$ ) ke kumparan medan magnet generator arus bolak-balik (alternating current) dijalankan dengan cara membangkitkan medan magnetnya dengan arus searah.

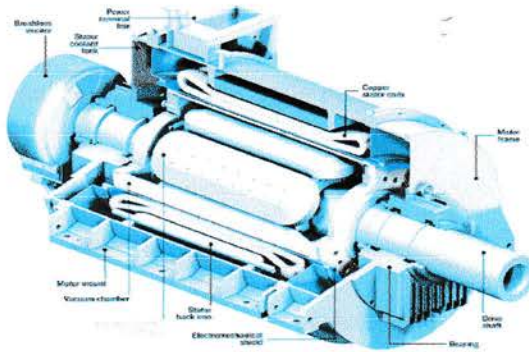
Sedangkan sistem penguatannya dapat digolongkan menurut cara penyediaan tenaganya. Sistem penguatan ini dibagi atas :

1. Sistem penguatan sendiri
2. Sistem penguatan terpisah

#### 3.6.1. Sistem penguatan sendiri

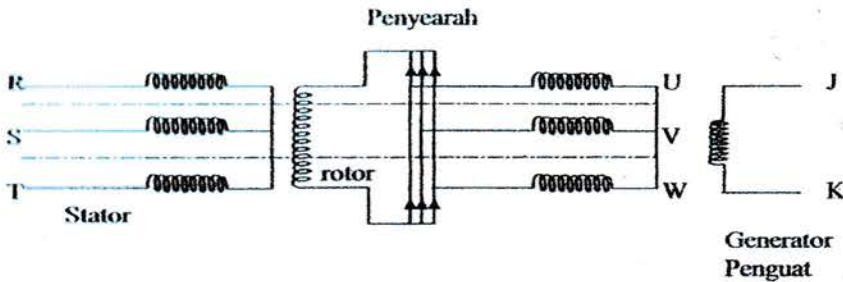
Sistem penguatan ini digunakan pada generator tanpa sikat (brushless alternator). Generator tanpa sikat ini mempunyai exciter yang kumparan jangkarnya pada rotor dan kumparan medan ( $I_f$ ) pada stator. Sistem penguatan sendiri





dipasang pada ujung poros generator utamanya seperti terlihat pada gambar 3.3.

**Gambar 2.3. Sistem penguatan sendiri**



**Gambar 2.4. Diagram generator dengan penguatan tanpa sikat**

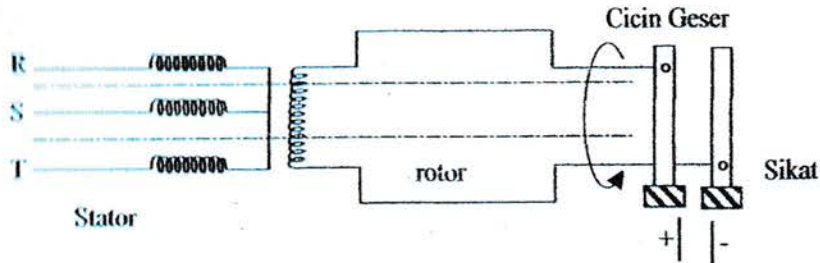
Gambar 3.4. memperlihatkan diagram generator sistem penguatan tanpa sikat. Disebelah kiri terlihat belitan arus putar R.S.T. yang merupakan bagian dari stator.

Di ujung kanan generator adalah kumparan penguat generator (exiter) U.V.W akan berputar. Sedangkan belitan medan (If) J.K. tidak berputar Arus putar yang dihasilkan oleh kumparan penguat (exiter) dirubah menjadi arus searah melalui suatu Rectifier (penyearah) yang ikut berputar (rotating rectifier) dan arus ini akan mengalir belitan medan dan menghasilkan medan magnit dan kutub generator.

### 3.6.2. Sistem penguatan terpisah

Pada generator yang mempunyai kapasitar daya yang besar, kutub-kutub yang berputar akan berputar. Sedangkan belitan medan (If) J.K. tidak berputar Arus putar yang dihasilkan oleh kumparan penguat (exiter) dirubah menjadi arus searah melalui suatu Rectifier (penyearah) yang ikut berputar (rotating rectifier) dan arus ini akan mengalir belitan medan dan menghasilkan medan magnit dan kutub generator.

Dengan demikian maka daya penguatan yang berupa arus searah melalui sikat dan cincin geser, seperti terlihat pada gambar 3.5.



**Gambar 2.5. Diagram generator sistem penguatan terpisah**

Belitan jangkar (R.S.T) terletak pada stator dan belitan medan pada rotor dan mendapat arus searah dari sistem penguatan secara terpisah.

Walaupun secara relative, daya penguatan tidak begitu besar, namun cincin geser senantiasa merupakan suatu titik lemah dari generator.

### 3.7. Regulasi tegangan generator

Tegangan generator sinkron dalam keadaan berbeban lebih rendah dari tegangan tanpa beban. Nilai relative, selisih tegangan dalam keadaan berbeban penuhnya disebut dengan tegangan regulasi (VR)

$$VR = \frac{E \text{ beban nol} - V \text{ beban penuh}}{V \text{ beban penuh}} \times 100\% \dots\dots\dots (3.6)$$

Generator-generator sekarang dirancang dan dibuat untuk tegangan yang bervariasi akibat dari adanya variasi arus jangkar atau variasi beban yang menimbulkan droop tegangan pada kumparan jangkar yang bervariasi pula.

Droop tegangan-tegangan impedansi tersebut tergantung kepada besar arus dan faktor daya beban.

### 3.8. Reaksi jangkar

Apabila generator sinkron (alternator) melayani beban, maka kumparan jangkar stator akan mengalir arus, dan arus ini akan menimbulkan fluks jangkar.

Fluks jangkar yang menimbulkan arus ( $\phi_A$ ) akan berinteraksi dengan yang dihasilkan kumparan medan rotor ( $\phi_f$ ). Dengan adanya interaksi ini dikenal sebagai reaksi jangkar.

Kondisi reaksi berbagai macam jenis beban adalah sebagai berikut :

Jenis beban tahanan (resistif) maka arus jangkar akan sephas dengan ggl (E) dan  $\phi_A$  tegak lurus terhadap  $\phi_f$ .

Jenis beban kapasitif maka arus jangkar ( $I_a$ ) akan terdahulu  $90^\circ$  dari ggl dimana  $\phi_A$  akan memperkuat  $\phi_f$  maka terjadi pengaruh kemagnitan.

Jika jenis bahan induktif maka arus jangkar ( $I_a$ ) akan terbelakang  $90^\circ$  dari ggl (E) maka  $\phi$  akan memperlemah  $\phi_f$ , maka akan terjadi pengaruh kemagnitan.

Terlihat bahwa jangkar pada alternator bergantung pada jenis beban yang dilayani, dengan perkataan lain bergantung pada sudut fasa antara arus jangkar ( $I_a$ ) dengan tegangan induksi (ggl). Generator sinkron sangat cocok untuk mesin – mesin dengan tegangan tinggi dan arus yang sangat besar.

Secara umum kutub magnet generator sinkron dibedakan atas :

1. Kutub magnet dengan bagian kutub menonjol ( salient pole ). Konstruksi seperti ini digunakan untuk putaran rendah, dengan jumlah kutub yang banyak. Diameter rotornya besar dan berporos pendek.
2. Kutub magnet dengan bagian kutub yang tidak menonjol ( non salient pole ) . konstruksi seperti ini digunakan untuk putaran tinggi (1500 rpm atau 3000 rpm), dengan jumlah kutub yang sedikit. Kira – kira 2/3 dari seluruh permukaan rotor dibuat alur – alur tempat lilitan penguat. Yang 1/3 bagian lagi merupakan bagian yang utuh, yang berfungsi sebagai inti kutub.



## BAB IV

### GPC (Generator Paralelling Controller )

#### 4.1 Umum

Pasokan listrik beban dimulai dengan menghidupkan generator, kemudian secara sedikit demi sedikit beban dimasukkan sampai dengan kemampuan generator tersebut, selanjutnya menghidupkan lagi generator berikutnya dan memparalelkan dengan generator pertama untuk memikul beban yang lebih besar lagi. Saat generator kedua diparalelkan dengan generator pertama yang sudah memikul beban diharapkan terjadinya pembagian beban yang semula ditanggung generator pertama, sehingga terjadi kerjasama yang meringankan sebelum beban-beban selanjutnya dimasukkan. Seberapa besar pembagian beban yang ditanggung oleh masing-masing generator yang bekerja paralel akan tergantung jumlah masukan bahan bakar dan udara untuk pembakaran mesin diesel, bila mesin penggerak utamanya mesin diesel atau bila mesin-mesin penggerak lainnya maka tergantung dari jumlah (debit) air ke turbin air, jumlah (entalpi) uap/gas atau debit aliran udara ke mesin baling-baling. Jumlah masukan bahan bakar/udara, uap air/gas atau aliran udara ini diatur oleh peralatan atau katup yang digerakkan governor yang menerima sinyal dari perubahan frekuensi listrik yang stabil pada 50 Hz, yang ekuivalen dengan perubahan putaran (rpm) mesin penggerak utama generator listrik. Bila beban listrik naik maka frekuensi akan turun, sehingga harus memperbesar masukan (bahan bakar/udara, air, uap/gas atau aliran udara) ke mesin penggerak utama untuk menaikkan frekuensinya sampai dengan frekuensi listrik kembali normalnya. Sebaliknya bila beban turun, *governor* mesin-mesin pembangkit harus mengurangi masukan bahan bakar/udara, air, uap air/gas atau



aliran udara ke mesin-mesin penggerak sehingga putarannya turun sampai normalnya atau frekuensinya kembali normal pada 50 Hz. Bila tidak ada *governor* maka mesin-mesin untuk penggerak utama generator akan mengalami overspeed bila beban turun mendadak atau akan mengalami overload bila beban listrik naik.

#### 4.2 Prinsip Alat Pembagi Beban Generator

Governor beroperasi pada mesin penggerak sehingga generator menghasilkan keluaran arus yang dapat diatur dari 0% sampai dengan 100% kemampuannya. Jadi masukan ke mesin penggerak sebanding dengan keluaran arus generatormya atau dengan kata lain pengaturan governor 0% sampai dengan 100% sebanding dengan arus generator 0% sampai dengan 100% pada tegangan dan frekuensi yang konstan. Governor bekerja secara hidrolis/mekanis, sedangkan sinyal masukan dari keluaran arus generator berupa listrik, sehingga masukan ini perlu diubah ke mekanis dengan menggunakan *electric actuator* untuk menggerakkan motor listrik yang menghasilkan gerak mekanis yang diperlukan oleh governor. Pada beberapa generator yang beroperasi paralel, setelah sebelumnya disamakan tegangan, frekuensi, beda fasa dan urutan fasanya, perubahan beban listrik tidak akan dirasakan oleh masing-masing generator pada besaran tegangan dan frekuensinya selama beban masih dibawah kapasitas total paralelnya, sehingga tegangan dan frekuensi ini tidak dapat digunakan sebagai sumber sinyal bagi governor. Untuk itu digunakan arus keluaran dari masing-masing generator sebagai sumber sinyal pembagian beban system paralel generator –generator tersebut. Saat diparalelkan pembagian beban generator belum seimbang/sebanding dengan kemampuan masing-masing generator. Alat pembagi beban generator UNIVERSITAS MEDAN AREA dipasang pada masing-masing rangkaian keluaran generator, dan masing-

masing alat pembagi beban tersebut dihubungkan secara paralel satu dengan berikutnya dengan kabel untuk menjumlahkan sinyal arus keluaran masing-masing generator dan menjumlahkan sinyal kemampuan arus masing-masing generator.

Arus keluaran generator yang dideteksi oleh alat pembagi beban akan merupakan petunjuk posisi governor berapa persen atau arus yang lewat berapa persen dari kemampuan generator. Hasil bagi dari penjumlahan arus yang dideteksi alat-alat pembagi beban dengan jumlah arus kemampuan generator-generator yang beroperasi paralel dikalikan 100% merupakan nilai posisi *governor* yang harus dicapai oleh setiap mesin penggerak utama menghasilkan keluaran arus yang proporsional dan sesuai dengan kemampuan masing-masing generator. Bila ukuran generator sama, maka jumlah arus yang dideteksi oleh masing-masing alat pembagi beban dibagi jumlah generator merupakan arus beban yang harus dihasilkan oleh generator setelah *governornya* diubah oleh *electric actuator* yang menerima sinyal dari alat pembagi beban sesaat setelah generator dipararelkan.

### 4.3 Instalasi Teknis

Dalam prakteknya alat pembagi beban generator dipasang dengan bantuan komponen-komponen seperti berikut : trafo arus, trafo tegangan (sebagai pencatu daya), electric actuator, potensiometer pengatur kecepatan dan saklar-saklar bantu.

1. Trafo arus berfungsi sebagai transducer arus keluaran generator sampai dengan sebesar arus sinyal yang sesuai untuk alat pembagi beban generator (biasanya maksimum 5 A atau = 100% kemampuan

2. *Electric actuator* merupakan peralatan yang menerima sinyal dari alat pembagi beban sehingga mampu menggerakkan motor DC di *governor* sampai dengan arus keluaran generator mencapai yang diharapkan.

3. *Potensiomer pengatur kecepatan* adalah alat utama untuk mengatur frekuensi dan tegangan saat generator akan diparalelkan atau dalam proses sinkronisasi. Tegangan umumnya sudah diatur oleh AVR, sehingga naik turunnya tegangan hanya dipengaruhi oleh kecepatan putaran mesin penggerak. Setelah generator dioperasikan paralel atau sudah sinkron dengan yang telah beroperasi kemudian menutup CB generator, fungsi potensiometer pengatur kecepatan ini diambil alih oleh alat pembagi beban generator. Untuk lebih akuratnya pengaturan kecepatan dalam proses sinkronisasi secara manual, biasanya terdapat potensiometer pengatur halus dan pengatur kasar.

Pada sistem kontrol otomatis pamaralelan generator dapat dilakukan oleh SPM (modul pamaralelan generator) dengan mengatur tegangan dan frekuensi keluaran dari generator, kemudian mencocokkan dengan tegangan system yang sudah bekerja secara otomatis, setelah cocok memberikan sinyal penutupan ke CB generator sehingga bergabung dalam operasi paralel. Untuk mencocokkan tegangan dan frekuensi dapat dilihat dalam satu panel sinkron yang digunakan bersama untuk beberapa generator dimana masing-masing panel generator mempunyai saklar sinkron disamping SPM-nya.

4. *Saklar-saklar bantu* pada alat pembagi beban generator berfungsi sebagai alat manual proses pembagian (pelepasan dan pengambilan) beban oleh suatu generator yang beroperasi dalam system paralel. Setelah generator beroperasi secara paralel, generator-generator dengan alat pembagi bebannya selalu



merespon secara efektif segala tindakan kenaikan atau penurunan beban listrik, sehingga masing-masing generator menanggung beban dengan persentasi yang sama dari kemampuan masing-masing.

Dalam pembangkit yang digunakan pada system ini menggunakan alat pamaralel, pengontrol, dan memiliki multi fungsi lainnya yang disebut GPC (*Generator Paralelling Controller*).

GPC adalah sebuah unit (alat) yang berfungsi sebagai pengontrol dan proteksi terhadap sebuah generator. GPC akan mengeluarkan semua kebutuhan serta tugas untuk mengontrol dan memproteksi terhadap sebuah generator, tanpa memperhatikan pada penggunaan generator tersebut. Hal ini berarti bahwa GPC dapat digunakan untuk berbagi tipe aplikasi seperti:

- ❖ Satu generator (generator tunggal)
- ❖ Kontrol beragam beban generator
- ❖ Beban utama yang tetap / dasar beban

System pengukuran GPC adalah melalui tegangan 3 (tiga) phasa yang diukur pada tegangan generator, arus generator serta bus utama.

#### **4.4 KONTROL FUNGSI**

Fungsi kontrol generator dan beban pada GPC terdiri dari :

1. *Dynamic Synchronisasi.*
  - Perubahan frekuensi
  - Check tegangan
  - Kompensasi delay waktu breaker
  - Check urutan phasa



3. *Berjalannya frekuensi* yang tetap pada generator yang berdiri sendiri.
4. *Pembagian beban antar generator* dengan beban beragam serta sekaligus mengontrol frekuensi.
5. *Output relay* untuk speed governor.
6. *Output relay* untuk menutup dan membuka breaker generator.
7. Mengatur *Ramp up* dan *Ramp down* dari beban generator.
8. *Output relay* untuk start/stop untuk generator berikutnya (berdasarkan tinggi rendahnya beban).

#### **4.5 FUNGSI PROTEKSI GENERATOR**

Proteksi terhadap generator dapat dibagi atas tiga jenis yaitu :

1. *Reverse Power*
2. *Over Current (2 level)*
3. *Generator differential relay*

#### **IV. 6 OPERASI PARALEL GENERATOR**

Apabila suatu unit generator tidak mampu lagi memikul beban, maka sebagian beban tersebut haruslah dipikul oleh generator yang lain. Untuk hal tersebut terlaksana, maka diadakan kerja paralel antar generator. Untuk memparalelkan antar generator diperlukan syarat-syarat sebagai berikut :

- Tegangan terminal generator harus sama.
- Frekuensi generator harus sama.
- Fasa kedua generator harus ssama.
- Urutan fasa generator harus sama.

1. Mejalankan mesin primeover, kemudian tahan R diperkecil sampai diperoleh tegangan V dan frekuensi Hz yang dikehendaki.
2. Bila tegangan generator V dan frekuensi Hz sama dengan tegangan jala-jala V dan frekuensi Hz maka harus diperhitungkan lagi adalah membuat tegangan generator sephasa dengan tegangan bus jala-jala.
3. Dan untuk membuat tegangan generator sephasa dengan tegangan jala-jala maka putaran generator harus diubah sehingga tercapai beda phasa yang sama.
4. Bila indikator lampu dari PLN mati, generator sudah pararel (disinkronisasikan) dengan jaringan (jala-jala).

#### **4.7 KONDISI PERANCANGAN PANEL SINKRONISASI GENERATOR**

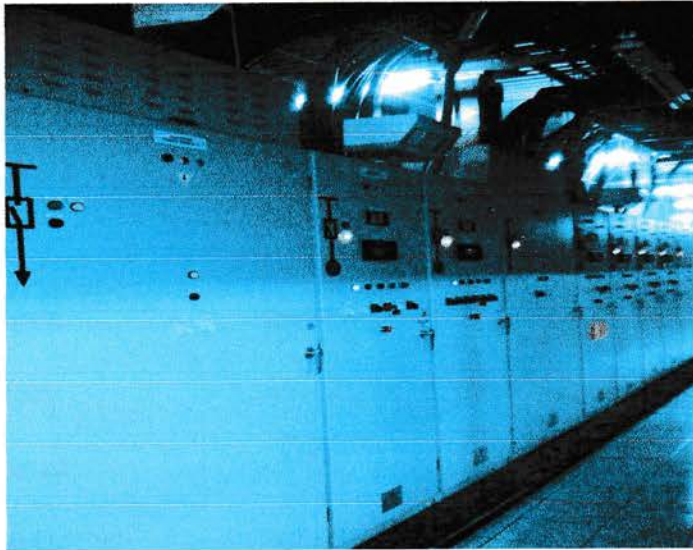
##### **1. Standard**

Dalam mendesain panel sinkronisasi generator harus memperhatikan beberapa persyaratan dalam standard yang telah dibakukan. Dalam hal ini PT.

Manunggal Wiratamamenggunakan standard berikut ini:

- PUIL : Peraturan Umum Instalasi Listrik Indonesia.
- PLN : Standard Umum Perusahaan Listrik Negara.
- IEC 185 : Current Transformer
- IEC 186 : Voltage Transformer
- IEC 337 : Control Switch
- IEC 255 : Noise and Radio interference immunity
- IEC 298 : AC Metal-Enclosedswitchgear and controlgear for rated voltage above 1 kV And up to and including 52 kV

- IEC 439 : Factory-built assemblies of low Voltage Switchgear and controlgear



Gbr. 3.0 Panel sinkron genset

## 2. Kabinet

- Kabinet disesuaikan dengan tipe dalam ruangan atau luar ruangan sesuai dengan kebutuhan
- Kabinet berdiri diatas lantai "*freestanding metal enclosures*"
- Kabinet terdiri dari beberapa seksi yang berisi bus dan pengawatan (*wiring*), CB, rangkaian kendali, dan lain-lain.
- Kabinet dilengkapi dengan pintu berengsel dan kunci.
- Setiap kabinet dilengkapi dengan *space heater* untuk mencegah kondensasi air dalam kabinet tersebut.
- Kabinet didesain dengan memiliki persyaratan untuk jalan masuk kabel baik dari atas atau bawah.
- Kabinet harus didesain sehingga unit yang akan datang dapat ditambah pada kedua sisinya.

### 3. Auto Synchronizer

- Penggunaan : Menyediakan proses sinkronisasi secara otomatis dari sebuah generator yang akan masuk paralel dengan singkat dengan cara mengontrol frekuensi melalui servo motor elektrik pada speed governor atau motorized potensiometer.
- Merk : DEIF
- Model : GPC
- Tegangan : maks 660 VAC
- Frekuensi : 35 – 70 Hz
- Konsumsi : 4VA
- Waktu Operasi : 20 – 200 ms
- Perbedaan frekuensi : 0.1 – 1.0 Hz
- Beda tegangan : 10%

### 4. Load Shader (Pembagi Beban)

- Penggunaan : Membagi beban dan mengatur frekuensi sistem secara otomatis Untuk paralel generator
- Prinsip kerja : Beban pada setiap generator akan dibandingkan dengan beban dari generator lainnya dan akan dikoreksi sampai keseimbangan tercapai. Pembagian bebandiperlukan setelah proses sinkronisasi untuk mengembalikan keseimbangan beban dan mendapatkan stabilitas beban dan frekuensi.
- Merk : DEIF
- Model : GPC



- Tegangan : Maks 660 VAC
- Frekuensi : 35 -75 Hz
- Konsusmsi Daya : 4VA
- Proportional band : +/- 50 s/d 250% dari beban, +/- 5 s/d 25% dari frekuensi
- Dead zone : +/- 2 s/d 10% dari beban, +/- 0.2 s/d 1.0% dari frekuensi
- Temperatur kerja : -20 s/d 70°C

## 5. Annunciator

- Penggunaan : Sebagai indikasi dan alarm dan kondisi kerja sistem
- Merk : DEEP SEA
- Model : 8 s/d 35 VDC Continuous
- Arus operasi maksimum : 340 mA pada 12 V, 15mA pada 24 V
- Rating tegangan alarm DC : Trip tegangan rendah minimum : 0 V  
 Trip tegangan tinggi maksimum : 40 V  
 Waktu tunda : 0 sec – 60 menit.

## 6. Busbar ( Penghantar )

- Arus kontinyu : 6000 Amp
- Bus utama, pentanahan dan koneksi utama antar peralatan dalam satu panel harus terbuat dari tembaga berkonduktifitas tinggi sesuai dengan IEC 28.
- Kenaikan temperature pada arus kontinyu diatas temperature ambient

- Busbar dilapisi dengan cairan silver dan diatas temperature  $65^{\circ}\text{C}$
- Kenaikan temperature antara koneksi busbar ke kabel berisolasi diatas temperatur  $45^{\circ}\text{C}$
- Bus pentanahan dari tembaga harus dipasang pada setiap struktur dan semua bagian dari sturuktur tersebut harus terhubung pada pentanahan.
- Bus utama dan sambungan – sambungan harus diberi tanda untuk mengindikasikan fasa – fasanya, dan harus tersusun dalam urutan R,S,T dari depan ke belakang, atas ke bawah atau kiri ke kanan, jika dilihat dari sisi mekanisme peralatn “*switching*”

## 7. Pentanahan

- Semua bagian yang terbuat dari metal selain daripada yang membentuk sirkit listrik harus terhubung pada “ *copper ground bars* “ dalam panel utama, panel kontrol dan sebagainya.
- Copper ground bars ini harus tidak lebih kecil dari  $7 \times 50 \text{ mm}^2$  untuk panel distribusi dan  $7 \times 25 \text{ mm}^2$  untuk panel control.

## 8. Peralatan Control dan Pengawatan

- Relay control, relay bantu dan peralatan kecil lainnya harus tertutup, terlindungi dan mudah dicapai untuk pemeliharanya, fuse control harus ditempatkan di daerah tidak akan berbahaya untuk menggantinya.
- Menggunakan “ *flexible connection* “ diantara bagian stasioner dan yang bisa bergerak ( seperti kucing ) dan harus dibuat sedemikian rupa agar memiliki flexibilitas tanpa merusak kawat – kawat.

- Semua “ *interanal wiring* “ harus terhubung pada satu fisis dari blok terminal, di sisi lainnya harus digunakan untuk external wiring.

### 9. Pengecatan

- Kabinet harus dicat dengan bahan yang anti korosi ( karat ) dan anti gores
- Warna cat disesuaikan dengan permintaan dari pembeli
- Prosedure cat adalah “ *Powder Coating* “

### 10. Pengetesan

- Tes harus dilakukan secara keseluruhan sesuai dengan test yang dispesifikasi dalam standard IEC terkait untuk menentukan kinerja desain dan karakteristik operasinya.
- Sesudah instalasi di “ *site* “ semua peralatan harus mengalami test dielektrik dan harus dioperasikan untuk membuktikan bahwa “ *operating gears* “ , “ *stater* “ , “ *protective gear* “ , dan “ *interlock* “ bekerja dengan baik dan tes injeksi primer serta sekunder harus dilaksanakan pada semua peralatan proteksi.

### 11. Kontrol Mutu

- Setelah dilakukan pengetesan di pabrik maka persyaratan kontrol mutu harus dilaksanakan.
- Adapun prosedur kontrol mutu sebagai berikut :
  - a. Sertifikat dari masing – masing komponen
  - b. Tes urutan wiring
  - c. Tes isolasi dan “ *HiPot*” (*High Potential* )
  - d. Tes mekanik

- e. Tes fungsi
- f. Pengepakan dan pengiriman
- g. Tes sambungan antar busbar dan kabinet
- h. Tes pengecatan dan pembersihan kabinet

## 12. Dokumentasi

Pembuatan dokumentasi kontrol mutu yang meliputi sebagai berikut :

- Cara pengoperasian ( instruksi manual )
- Cara pemeliharaan ( instruction maintenance )

## 5. 8 Prinsip Kerja GPC ( *Generator Paralelling Controller* )

Sistem panel sinkronisasi generator dibagi menjadi beberapa sub sistem panel yaitu :

- a. Panel Outgoing  
Panel ini berfungsi untuk mensuplai dan mendistribusikan tegangan 380 VAC ke sub distribusi.
- b. Panel Kontrol Generator ( *GCP = Generator Control Panel* )  
Panel ini berfungsi sebagai pengontrol sisi generator
- c. Panel DC  
Panel ini berfungsi untuk mensuplai tegangan searah. Hal ini diperlukan karena tegangan kerja dari rele – rele proteksi dan PLC menggunakan tegangan 24 VDC.
- d. Panel PLC  
Panel ini digunakan untuk tempat pemograman, monitoring, dan mengontrol sistem.



Sistem ini dapat dioperasikan secara manual maupun otomatis. Kita bisa memilih jenis pengoperasian yang akan kita kehendaki, yaitu dengan cara memutar switch yang telah disediakan. Berikut ini adalah simbol dan fungsinya dari beberapa tombol dan lampu sesuai dengan desain di panel sinkronisasi generator, yaitu sebagai berikut :

- H4 = Indikasi untuk ACB OFF
- H5 = Indikasi untuk ACB ON
- S9 = Speed adjuster, switch yang berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan frekuensi generator.
- S10 = Voltage adjuster, switch yang berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan tegangan generator.
- S1 = Synchronizing switch, Switch ini dilengkapi dengan kunci. Hal ini dimungkinkan untuk mencegah pengoperasian oleh sembarang orang. Switch ini berfungsi untuk memerintahkan proses terjadinya sinkronisasi secara manual.
- S03 = Selector Switch Auto – Manual, switch ini berfungsi untuk mengoperasikan sistem dengan pemilihan secara manual atau otomatis.
- S4 = Switch CB OPEN – CLOSE, switch ini berfungsi untuk mengoperasikan dan mematikan CB secara manual.

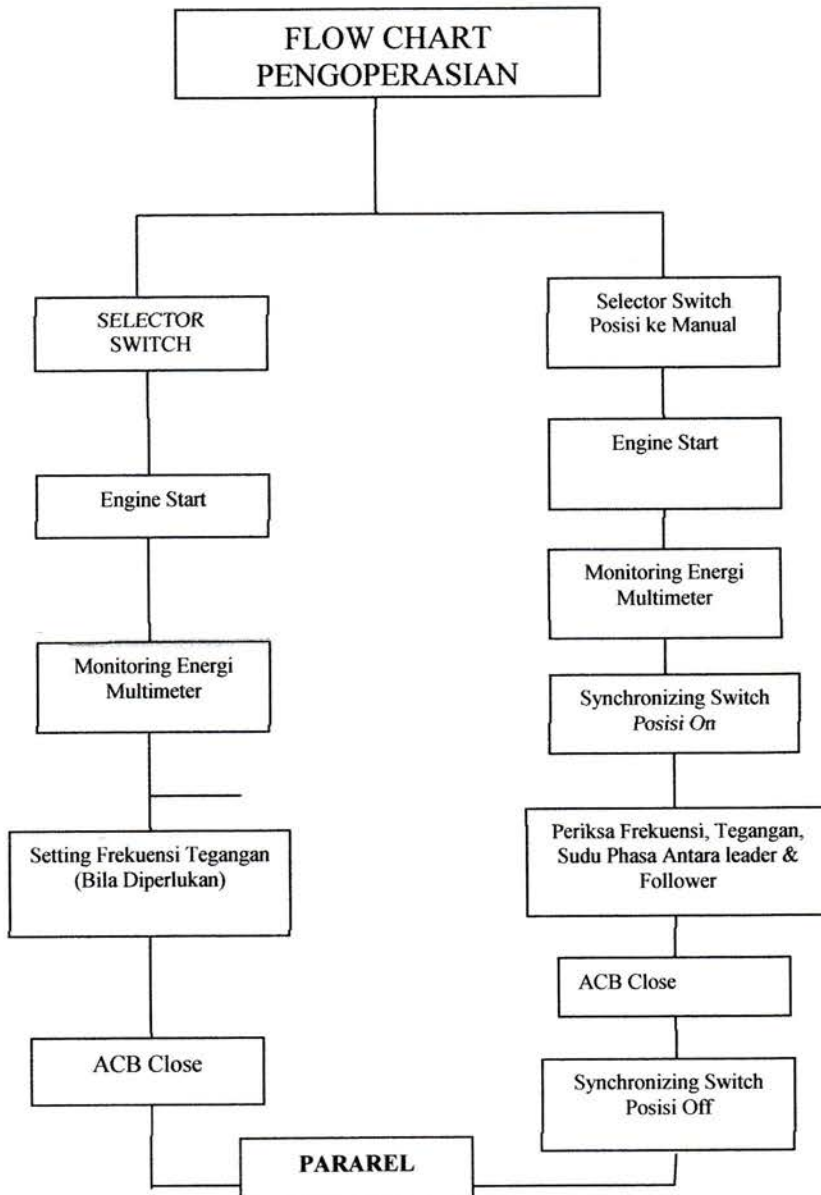
- S2 = Emergency stop, apabila dalam kondisi darurat dan sistem dalam keadaan beroperasi, maka tekan tombol ini dan sistem akan OFF.
- S5 = Reset, tombol ini berfungsi untuk mengembalikan sistem ke keadaan normal setelah terjadinya gangguan atau fault.
- S8 = Switch Engine start stop, switch yang berfungsi untuk menstart dan menstopkan mesin generator secara manual.
- S7 = Manual Unloading, apabila kita menghendaki jumlah generator yang diparalel, maka tekan saklar ini. Beban akan dialihkan ke generator yang lain dan apabila generator tidak menanggung beban maka CB akan OFF maka generator siap untuk di matikan.

### **Pengoperasian Secara Manual**

Pengoperasian secara manual ada dua bagian :

- A. Pengoperasian manual untuk menjalankan secara paralel ( paralel start operation )

Diagram blok dibawah ini memperlihatkan urutan kerja dari pengoperasian manual untuk menjalankan secara paralel.



**Gambar 4.1 : Diagram blok dari pengoperasian manual untuk menjalankan secara paralel**

### A.1 Panel Leader

Panel leader disebut juga sebagai panel referensi generator atau slack bus. Karena sistem ini yang digunakan untuk pertama kali dioperasikan. Adapun petunjuk pengoperasiannya adalah sebagai berikut :

1. Tentukan posisi selector switch ( S3 ) ke posisi manual

2. Tekan switch engine start ( S8 )

3. Perhatikan monitor pada alat meter ( Energi Multimeter ) apakah tegangan, frekuensi, dan sudut fasa sudah sesuai.
4. Settinglah frekuensi ( S9 ) dan tegangan ( S10 ) apabila diperlukan untuk mendapatkan nilai yang dikehendaki.
5. Tentukan posisi selector switch ( S4 ) ke posisi CLOSE untuk menstart CB.

#### A.2. Panel Follower

Panel follower adalah pengoperasian yang diikuti oleh satu atau lebih panel generator terhadap slack bus untuk menjadikan proses sinkronisasi.

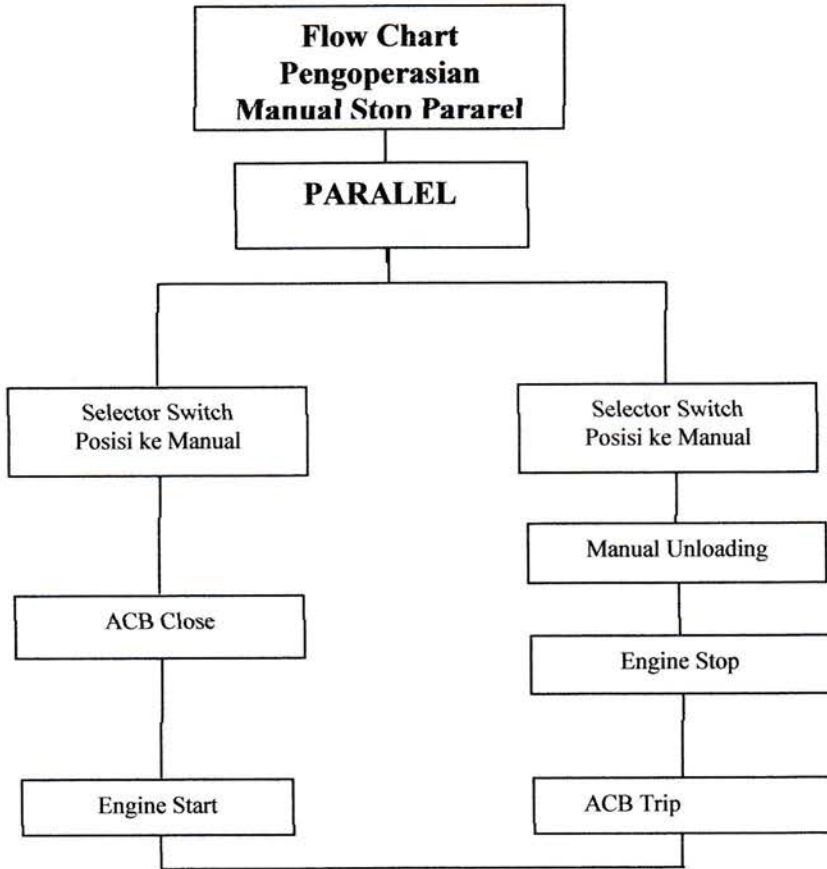
Adapun petunjuk untuk pengoperasiannya adalah sebagai berikut :

1. Tentukan posisi selector switch ( S3 ) ke posisi manual
2. Tekan tombol engine start ( S8 )
3. Perhatikan monitor pada alat meter ( Energi Multimeter ) apakah tegangan, frekuensi, dan sudut fasa sudah sesuai.
4. Tentukan posisi synchronizing switch ( S1 ) ke ON untuk memproses terjadinya sinkronisasi.
5. Perhatikan metering pada bus, apakah tegangan, ferkuensi, dan sudut fasa sudah sama antara sisi leader dan follower.
6. Tentukan posisi selector switch ( S4 ) ke posisi CLOSE untuk menstart CB.
7. Tentukan posisi sychronizing swich ( S1 ) ke OFF setelah proses sinkronisasi terpenuhi.

B. Pengoperasian Manual Untuk mematikan Secara Pararel (Paralel Stop Operation)



Diagram blok dibawah ini memperlihatkan urutan kerja dari pengoperasian manual untuk mematikan secara paralel.



**Gambar 4.2: Diagram blok Leader /Slack Bus**

Diagram blok di atas memperlihatkan urutan kerja pengoperasian manual untuk mematikan secara paralel.

**Note: Setelah ACB Open/Trip, tunggu generator sampai dingin (cooling down) selama 3 s/d 5 menit sebelum generator dimatikan.**

B.1. Panel Follower  
UNIVERSITAS MEDAN AREA

1. Tentukan posisi selector switch ( S3 ) ke posisi manual.

2. Tekan tombol unloading ( S7 ) sampai CB trip, ( CB trip jika kondisi tanpa beban atau sesuai setting minimal beban yang dikehendaki ).
3. Generator OFF.

## B.2. Panel Leader 2

1. Tentukan posisi selector switch ( S3 ) ke posisi manual.
2. Tentukan posisi selector switch ( S4 ) ke posisi OPEN untuk menstop CB.
3. Geneator OFF.

## Pengoperasian Sistem Secara Otomatis

Pengoperasian sistem secara otomatis yang dimaksud disini adalah pengoperasian yang dikendalikan PLC.

### A. Supply Power dari PLN ( ON )

PLC akan menerima status PLN ( ON ) dari voltage relay.

- ❖ Breaker PLN kondisi service ( ON ).
- ❖ Breaker generator feeder kondisi tak bekerja ( OFF )
- ❖ Breaker ke beban kondisi service ( ON )
- ❖ Breaker incoming gebset 1 sampai 6 kondisi tak bekerja ( OFF )

### B. Kondisi PLN Failure ( Ada gangguan )

B.1. Jika suplai power dari PLN ( OFF ) maka PLC akan menerima status PLN ( OFF ) dari voltage relay. Adapun prosesnya adalah sebagai berikut :

2. Remote Local Switch Selection di outgoing panel.
3. Auto manual switch selection di GCP.
4. Breaker PLN kondisi tak bekerja ( OFF ).
5. Breaker ke beban kondisi tak bekerja ( OFF ).

B.2 Jika Suplai Power dari PLN ( OFF ) maka PLC akan menerima status PLN ( OFF ) dari voltage relay. Adapun prosesnya adalah sebagai berikut :

1. Starting genset satu sampai dengan enam ( kira – kira 5 second ) melalui PLC. Selain itu PLC akan menerima status starting failure dari genset satu sampai dengan enam. Kondisi ini terindikasi juga pada masing – masing anunciatornya.
2. Jika starting genset sukses maka engine run, ( berlaku untuk genset satu sampai enam ) kondisi ini teridikasi juga pada masing – masing anunciatornya.
3. Setelah engine run terjadi proses pengontrolan terhadap voltage dan frekuensi.
4. Setelah kondisi steady terjadi maka status akan diterima oleh PLC.
5. Kemudian PLC telah siap proses untuk sinkronisasi antara genset 1 sampai 6 yang dikoordinasi penyeleksiannya oleh PLC dengan inputan dari genset lead selector switch.
6. PLC akan mengeluarkan status generator 1 sebagai leader, generator 2 sampai 6 sebagai follower.
7. PLC akan mengirimkan status CB lead Command, akan memberikan

8. Kemudian PLC akan mengirimkan status synch command ke auto synch, di samping itu juga menerima signal tegangan dan frekuensi juga sudut fasanya dari bus dan generator 2.
9. Kemudian auto synch akan menerima perintah ON ke CB di incoming genset 2 sampai 6.
10. Kondisi 2.8 dan 2.9 terjadi juga pada PLC 3 – 6.
11. Setelah masing –masing breaker CB 1 – 6 ON maka pada PLC akan menerima status ON tersebut.
12. Kemudian incoming genset 2 dan incoming genset 6 akan memerintahkan auto synch untuk OFF.
13. Incoming genset 1 – 6 akan memerintahkan masing – masing load sheder untuk kondisi ON dari LOAD SHEDERNYA akan memerintahkan generator paralel yang diinformasikannya ke PLC.
14. Dari PLC akan memberikan status ON pada CB OUTGOING TRAF0 1, 2, 3.
15. OUTGOING TRAF0 1, 2, 3 akan memberikan status CB ON pada PLC.
16. PLC akan memberikan CB LOAD untuk ON pada masing – masing OUTGOING dengan perbedaan waktu ON nya yaitu 5 second dari masing – masing CB LOAD tersebut.
17. Dari kondisi CB di atas maka statusnya akan diterima PLC sebagai LOAD CONTROL ON.
18. Dari PLC akan memerintahkan LOAD CONTROL ON.



### C. PLN Recovery

- Suplai Power PLN recovery maka saat tegangan normal kontak akan CLOSE pada voltage relaynya.
- Status voltage PLN tersebut diterima oleh PLC dan kemudian PLC akan mengaktifkan auto synchro ( GPC ) PLN.
- Setelah PLN dan genset no 1 -6, maka PLC akan mengaktifkan unloading pada masing – masing generator.
- GPC menerima perintah unloading dari PLC, kemudian GPC akan memerintahkan beban generator ke PLN.
- GPC merasakan beban sudah kosong, kemudian GPC meng-OFF kan CB generator tersebut.
- PLC menerima signal dari CB OFF, dan kemudian PLC akan mematikan engine setelah melalui proses cooling down.
- Setelah engine mati, maka PLC akan selalu standby auto untuk monitoring keadaan CB PLN di beban – beban.

### D. Saat Beban Puncak.

- Pada saat beban puncak yang diterima PLC, dari masukan waktu atau jam, PLC akan memulai proses menghidupkan engine nomor 1 -6.
- PLC menghidupkan engine nomor 1 – 6, engine yang sebagai leader CB nya akan di CLOSE terlebih dahulu oleh PLC setelah mendapat input dari voltage.
- Engine yang lain akan diperintahkan sinkron oleh PLC dengan reference generator leader yang sudah distop di bus.

- Setelah keenam generator paralel, PLC akan memerintahkan CB OUTGOING untuk CLOSE.
- PLC menerima inputan dari sensing tegangan dari GPC generator di sisi 20 kV dan PLC langsung memerintahkan GPC tersebut untuk proses sinkron dengan bus atau PLN.
- Setelah PLC menerima inputan dari status breaker bahwa PLN dengan generator sudah paralel, maka PLC akan memerintahkan GPC PN untuk proses, unloading / pemindahan beban dari PLN ke generator, setelah beban nomor satu, GPC PLN akan meng-OFF kan CB PLN dan PLC akan menerima status tersebut sebagai PLN stanby.

#### E. Lewat Waktu Beban Puncak

- Pada saat lewat waktu beban puncak PLC menerima input dari waktu atau jam, maka PLC akan mengecek status dari GPC PLN, apakah kondisi tegangan PLN stanby normal atau tidak.
- Bila PLC menerima signal bahwa tegangan PLN masuk, PLC akan memerintahkan GPC PLN untuk proses unloading.
- Setelah proses sinkron berhasil dengan signal CB PLN CLOSE yang diterima PLC, maka PLC akan memerintahkan GPC generator untuk proses unloading / pemindahan beban dari generator ke PLN.
- Setelah unloading berhasil dan beban sudah pindah ke PLN, GPC akan meng-OFF kan CB nya.
- Dengan OFF nya CB genset tersebut, PLC akan mengaktifkan waktu cooling down genset dan selanjutnya PLC akan mematikan genset.

## **BAB V**

### **PROTEKSI**

#### **5.1 Umum**

Rele proteksi pembangkitan adalah suatu rele yang digunakan untuk mengamankan peralatan listrik seperti generator, transformator, motor - motor listrik, dan peralatan listrik lainnya. Rele proteksi adalah suatu peralatan listrik yang ditempatkan diantara peralatan listrik utama dan pemutus rangkaian. Tugas rele proteksi adalah membedakan gangguan - gangguan yang pada dasarnya adalah tidak normal yang terjadi pada sistem - sistem di dalam daerah proteksinya. Proteksi terhadap generator dapat dibagi atas tiga jenis yaitu :

1. Rele Daya Balik ( Reverse Power Relay )
2. Rele Arus Lebih ( Over Current Relay )
3. Rele Differensial ( Differential Relay )

#### **5.2 Fungsi dan Peranan Rele Proteksi**

Nilai investasi peralatan listrik pada suatu pembangkit sedemikian besarnya sehingga perhatian khusus harus diutamakan agar setiap peralatan listrik tidak hanya beroperasi dengan efisien, tetapi juga harus teramankan dari gangguan atau kerusakan yang fatal.

Untuk menghindari kerusakan yang fatal maka rele proteksi sangat diperlukan pembangkit. Fungsi rele proteksi adalah sebagai berikut:

- Memberikan sinyal alarm atau melepas pemutus tenaga dengan tujuan mengisolir gangguan yang tidak normal.
- Melepas peralatan yang berfungsi tidak normal untuk mencegah timbulnya

- Melepas peralatan yang terganggu dengan cepat dengan tujuan mengurangi kerusakan akibat gangguan.
- Melokalisir kemungkinan dampak akibat gangguan dengan memisahkan peralatan yang terganggu dari sistem.
- Melepas bagian yang terganggu secara cepat dengan maksud menjaga stabilitas sistem. Kontinuitas pelayanan dan unjuk kerja sistem.

### 5.3 Syarat - syarat Rele Pengaman

Rele pengaman yang digunakan harus memenuhi syarat - syarat sebagai berikut:

#### 1. Andal

Andal berarti adanya jaminan bahwa sistem pengamanan akan selalu bekerja apabila terjadi gangguan dari dalam maupun gangguan dari luar.

#### 2. Selektif

Selektif berarti adanya jaminan bahwa sistem pengamanan akan memberikan reaksi yang benar terhadap ketidaknormalan yang terjadi pada daerah tertentu. Berarti memberikan pemutus pelayanan yang maksimum dalam penyaluran energi listrik.

Jadi sistem rele pengaman harus dapat mendeteksi dengan tepat daerah mana yang mengalami gangguan.

#### 3. Sensitive

Rele pengaman yang digunakan harus sensitive sehingga rele dapat bekerja dengan pasti dan peka setiap gangguan baik gangguan internal maupun gangguan eksternal sehingga kerusakan yang timbul akibat keadaan tidak normal dapat dihindari atau setidaknya dengan kerusakan minimal.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

#### 4. Cepat



Rele pengamanan harus dapat bekerja dengan kecepatan yang diperlukan dan umumnya pemutusan pada saat terjadi gangguan semakin cepat semakin baik, sebab sistem berada dalam keadaan yang tidak normal akan cepat terisolasi.

Secara umum suatu rele pengaman memiliki tiga komponen, yaitu:

a. Elemen perasa ( Sensing Elemen )

Yang memberikan respon terhadap besaran kualitas listrik. seperti: arus, tegangan, dan lainnya.

b. Elemen Pembanding ( Comparison Elemen )

Yang berfungsi membandingkan nilai besaran kuantitas listrik terhadap setting rele yang ditentukan sebelumnya.

c. Elemen Pengandali ( Control Elemen )

Yang mengendalikan apakah rele bekerja atau tidak bekerja.

#### **5.4. Prinsip Kerja Rele Daya Balik ( Reverse Power Relay )**

Rele Daya Balik mengukur tegangan fasa ke netral dan arus line to line pada fasa yang sama. Pengukuran daya dan penentuan aliran daya didasarkan pada mengalikan arus line to line dengan faktor daya atau  $I \cos \Phi$  Rele mengasumsikan bahwa tegangan konstan dan perubahannya hanya pada level tegangan hanya mempengaruhi ketepatan pengukuran  $I \cos \Phi$ . Nilai pengoperasian rele diset sebagai nilai relative terhadap rating daya, yaitu P/PN dalam persen. Settingannya ditetapkan, selama tegangan diberikan sama dengan rating tegangan rele. Jika tegangan yang diberikan berbeda dengan rating tegangan rele, settingan P/PN dalam persen sama dengan faktor k.

Start rele, ketika daya melebihi level start yang ditentukan dan daya yang mengalir melalui rele atau:

Saat penggerak mula generator terganggu, daya mengalir dengan berlawanan arah, yaitu generator berubah jadi motor. Jika daya yang demikian melebihi settingan rele, maka rele daya balik akan bekerja

### 5. 5 Prinsip Kerja Rele Arus Lebih ( Over Current Relay )

Rele memonitor masukan arus, yang mana membawa arus lebih dari settingan yang ditetapkan. Jika salah satu dari masukan arus melebihi level yang di set, rele diaktifkan.

- penggunaan : sebagai perbandingan antara kedua arus relay, dimana arus relay yang pertama berfungsi untuk menjalankan generator dengan arus yang dikehendaki. Sedangkan arus rele yang kedua berfungsi untuk menghentikan generator dengan arus minimum tertentu. Sebagai contoh : suatu generator mempunyai tegangan 380 VAC dan arus tertulis 795 A. CT yang terpasang adalah 1000/5 Amp. Arus yang dikendaki pada waktu starting adalah 90% dan waktu stop 40 %.

Solusi:

Penyetelan Arus rele - 1 ( starting )

$$= 90\% \times 795 \text{ A} = 715 \text{ A}$$

$$= 715 / 1000 = 0.715$$

Penyetelan Arus rele - 2 ( stoping )

$$= 40 \% \times 795 = 318 \text{ A}$$

$$= 318 / 1000 = 0.318 \text{ A}$$

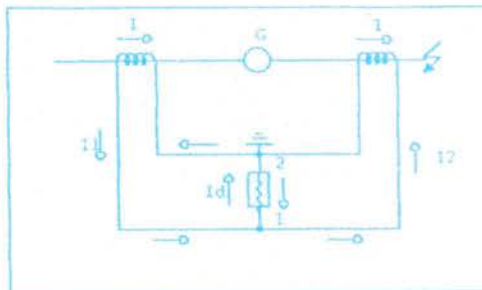
UNIVERSITAS MEDAN AREA

- Merek : DEIF

- Model : GPC
- tegangan kontak : 380 VAC , 35 VDC
- tegangan toleransi : 10% s/d 40%
- frekuensi : 45-65 Hz
- arus kontiniu : 2 x In
- konsumsi daya : 5VA

### 5. 6 Prinsip Kerja Rele Differensial

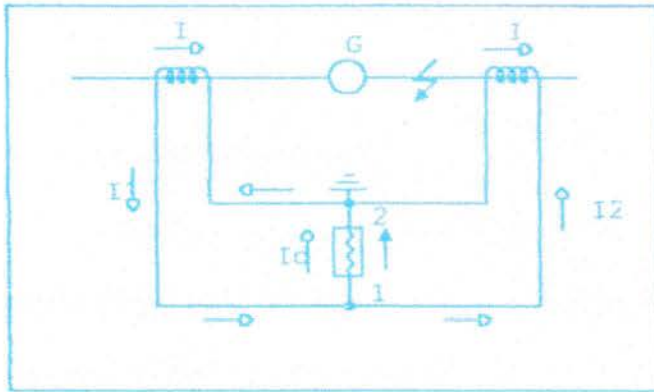
Prinsip kerja rele differensial berdasarkan pola keseimbangan yaitu membandingkan arus - arus sekunder dari trafo arus yang terpasang pada terminal peralatan proteksi. Untuk jelasnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



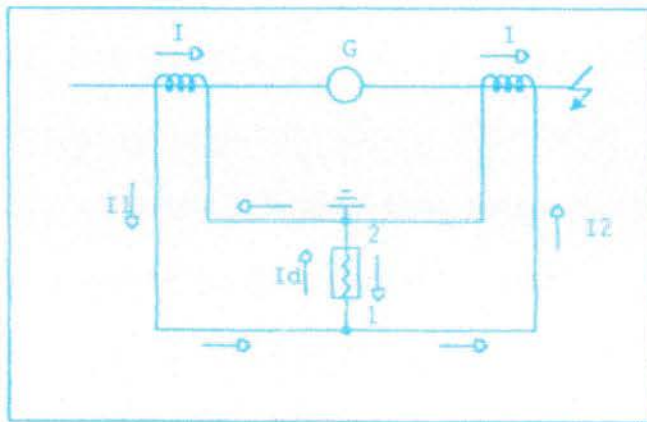
Gambar 5.1.: Diagram dasar rele differensial

Jika rele differensial dipasang diantara terminal 1 dan 2, maka dalam kondisi beban normal tidak ada arus yang mengalir melalui rele. Bila terjadi gangguan diluar daerah proteksinya ( gangguan eksternal ) maka arus akan tetap seimbang. sehingga rele tidak akan bekerja. Bila terjadi gangguan di daerah proteksinya ( gangguan eksternal), maka arah sirkulasi arus di salah satu sisi akan terbalik dan menyebabkan keseimbangan pada kondisi normal akan terganggu, akibat arus Iop

lebih besar daripada settingnya, maka rele akan bekerja, Gangguan internal dan eksternal dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



(a)



(b)

**Gambar 5.2: Rele Differensial, (a) gangguan eksternal, (b) gangguan internal**

Secara sistematis prinsip operasional dari rele adalah:

Dalam keadaan beroperasi normal,  $I_{op\ ideal} = I_1 - I_2 = 0$

Untuk gangguan di dalam zona proteksinya,  $I_{op} = I_1$  ( rele bekerja )

Untuk gangguan di luar zona proteksinya,  $I_{op} = I_1 - I_2 = 0$  ( rele tidak bekerja)



### 5.6.1 Kontruksi Rele Differensial

Konstruksi rele differensial menurut keberadaan elemen - elemen penyusunnya dibedakan antara lain mekanis dengan rele statis. Rele mekanis/bergerak dinamakan elektrodinamik ( elektromekanik relay) , dan statis dinamakan rele statis ( statis relay ).

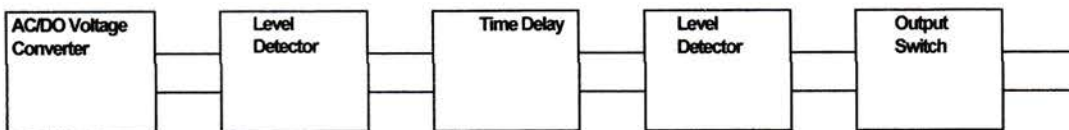
### 5.6.2 Rele Differensial Elektromekanik

Rele Elektromekanik terdiri dari rangkaian listrik yang menggerakkan suatu mekanisme yang pada akhirnya arus mentriapkan PMT dengan jalan menutup arus kumparan trip (trip oil) dari PMT.

### 5.6.3 Rele Solid ( Rele Statis )

Rele solid state mempunyai konstruksi yang lebih praktis, tidak memerlukan banyak pemeliharaan jika dibandingkan dengan rele elektromagnetik. Komponen rele differensial statis disusun oleh elemen - elemen semiknduktor seperti : resistor, kapasitor, dioda dan lainnya.

Diagram blok dari rele statis diperlihatkan pada gambar di bawah ini



Gambar 5.3: Diagram Blok Rele Statis

Arus bolak - balik akan disearahkan menjadi tegangan searah yang sebanding dan kemudian dibandingkan terhadap tegangan searah yang tetap besarnya, yang berfungsi sebagai tegangan referensi. Hal ini berlangsung pada Level detector 1, apabila tegangan

yang dibandingkan in melampaui tegangan referensi maka sebuah timer akan mulai bekerja dan setelah waktu yang diinginkan tercapai maka level detector

mulai bekerja untuk selanjutnya mengerjakan output switch yang akan meneruskan ke rangkaian trip coil dan PMT. Generator differensial relay bekerja atas dasar perbandingan arus antara sisi bus dan generator

- penggunaan : mencegah terjadinya gangguan terhadap cncuit breaker dan

mencegah gangguan generator terhadap gulungan stator, pentanahan, keluaran pasa.

- merk : D E I F

- model : RMC-131-D

- tegangan : RMC-131-D

- kontak : 250 V - 8A - 2000VA (AC ) dan 24 V - 8A- 200W (DC)

- frekuensi : 40, 45, 65, 70 Hz

- arus sekunder : 5 A atau 1 A

- konsumsi daya : 4 VA dimana  $I_s = 5 A$ , 0,1 VA dimana  $I_s = 1 A$

- waktu kerja kontak : < 50 ms

## 5.7 Circuit Breaker (CB )

### 5.7.1 Circuit Breaker Outgoing

CB harus tertutup secara sempurna dalam sebuah kotak ( *Case* )

- Penggunaan : Sebagai pemutus dan penghubung tenaga yang dilengkapi proteksi terhadap gangguan arus lebih dan arus hubung singkat

- jumlah fasa : 4

- tegangan sistem : 380 Volt

- frekuensi pengenal : 50 Hz arus normal pengenal : 6000 A

- arus hubung singkat : 100kA –
- pentanahan sistem : solid
- tegangan control : 220 VAC

### 5.7.2 Circuit Breaker Incoming

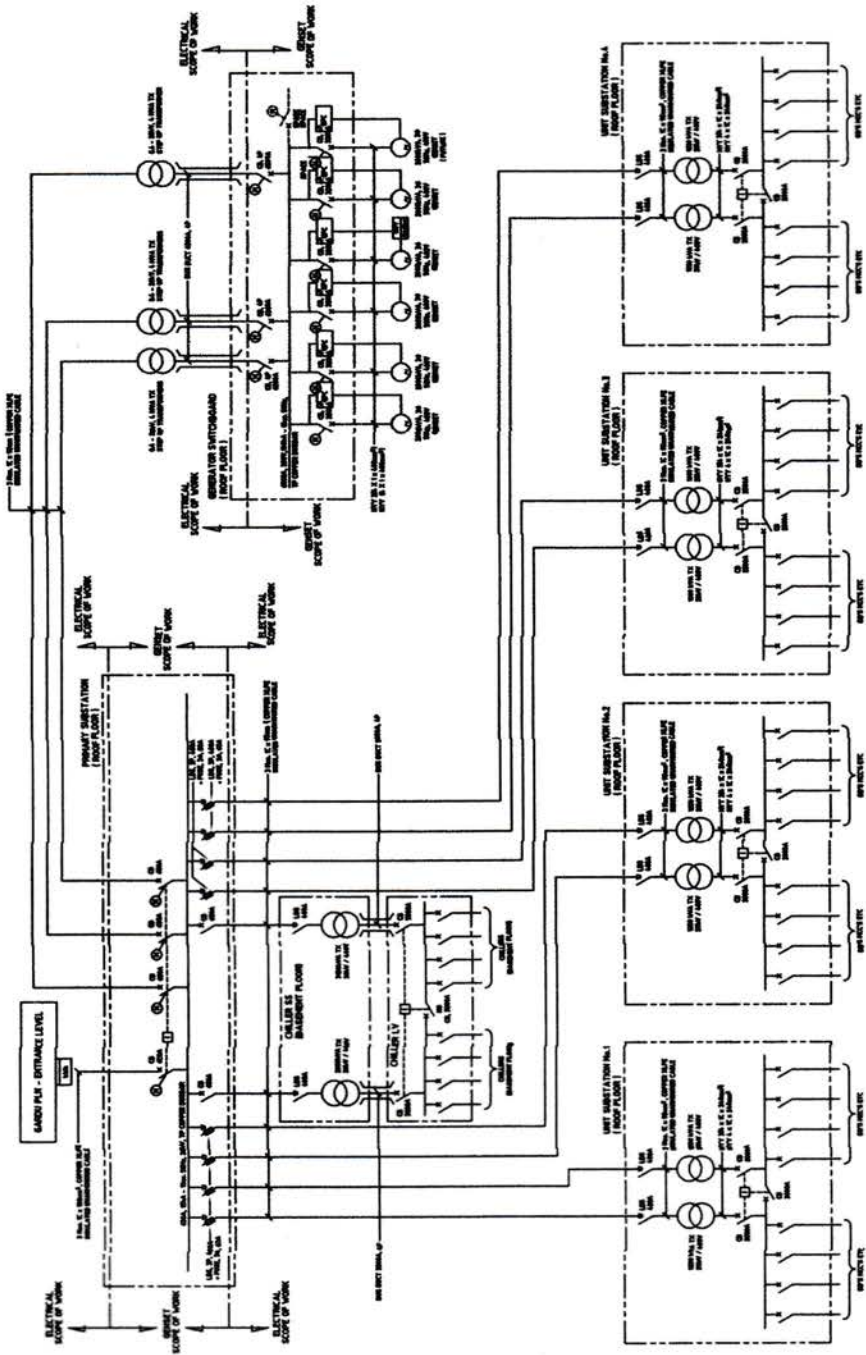
CB harus tertutup secara sempurna dalam kotak (*case*)

- Penggunaan : Sebagai pemutus dan penghubung tenaga yang dilengkapi dengan proteksi terhadap gangguan arus lebih dan arus hubung singkat
- jumlah fasa : 3
- tegangan sistem : 380 Volt frekuensi pengenal : 50 Hz
- arus normal pengenal : 3200 A
- arus hubung singkat : 100kA
- pentanahan sistem : solid
- tegangan control : 220 VAC

### 5.7.3 Sistem Distribusi.

Sistem distribusi di Sun Plaza menggunakan tegangan 20 kv yang di supply dari PLN dan diturunkan dengan transformator step down menjadi 380 V. dan di supplay ke panel – panel DB, setelah masuk ke panel – panel DB maka akan di salurkan kembali ke panel – panel kecil seperti panel Lighting, AHU ( Air Handling Unit), Sumpit dan lain sebagainya. Sedangkan untuk tenan – tenant langsung diambil dari panel DB langsung.

Untuk lebih jelasnya maka saya lampirkan gambar diagram sistem pendistribusian mulai dari 20 kv sampai ke 220 v.





## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

1. Apabila terjadi gangguan pada generator yang bekerja secara paralel, maka sebagian beban harus dilepaskan guna menjaga stabilitas sistem pada stasiun pembangkit agar kelangsungan operasional listrik tetap berlangsung dan untuk menjaga supaya generator yang bekerja tidak memikul beban secara berlebihan yang akhirnya merusak generator tersebut.
2. Beban – beban yang dilepas hendaknya dipilih pada beban – beban yang dianggap kurang penting dan pada beban yang sangat peka terhadap frekuensi.
3. Perencanaan pelepasan harus diusahakan secara otomatis dengan menggunakan alat –alat yang cepat dan tepat, serta dapat melindungi sistem dengan cepat apabila terjadi gangguan pada salah satu generator yang bekerja secara paralel.
4. Pelepasan sebagian beban dilakukan agar frekuensi sistem tidak melewati suatu batas minimum tertentu untuk sistem pembangkit.
5. Pelepasan sebagian beban pada PT. Multi Nusantara Karya dilakukan dengan menggunakan GPC sebagai alat pembaca dari turunnya frekuensi yang diinterkoneksi dengan PLC untuk memutuskan CB pada beban yang dianggap tidak terlalu penting, dalam hal ini memutuskan CB Chiller SS2.

## 6.2 Saran

1. Kepada PT. Multi Nusantara Karya diharapkan agar lebih melengkapi fasilitas – fasilitas berupa buku – buku panduan yang dapat berguna untuk karyawan pada khususnya dan mahasiswa yang melakukan riset paada umumnya.
2. Para dosen diharapkan mampu mensosialisasikan kepada mahasiswa / i tentang perlunya teori dalam bentuk praktikum di laboratorium.

## DAFTAR PUSTAKA

Malvino, Albert Paul Ph.D 1999. **Prinsip – Prinsip Elektronika jilid 1 Dan 2**

Erlangga, Jakarta.

Kadarisman, Imam. **Kerja Paralel Generator Sinkron.**

<http://dunia-listrik.blogspot.com/2009/04/>. **Metode-Paralel-Generator-**

**Sinkron.html.**

<http://dunia-listrik.blogspot.com/2009/06/>. **AVR-Automatic-Voltage-**

**Regulator.html.**