

**LAPORAN KERJA PRAKTEK**  
**SISTEM PROTEKSI PADA JARINGAN DAN GARDU INDUK TANJUNG**  
**MORAWA UNIT PELAYAN TRANSMISI PT.PLN (PERSERO) UIP3B**  
**SUMATERA**

*Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk  
Menyelesaikan Program S-1*



**DISUSUN OLEH :**  
**DODY BANJARNAHOR 168120042**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MEDAN AREA**  
**2020**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**LAPORAN KERJA PRAKTEK**  
**SISTEM PROTEKSI PADA JARINGAN DAN GARDU INDUK TANJUNG**  
**MORAWA UNIT PELAYAN TRANSMISI PT.PLN (PERSERO) UIP3B**  
**SUMATERA**

Tanggal 06 Januari 2020 Sampai Dengan Tanggal 31 Januari 2020

Disusun Oleh

DODY BANJARNAHOR 168120042



**PT. PLN (PERSERO) UIP3B SUMATERA**  
**UNIT INDUK PENYALURAN DAN PUSAT PENGATURAN**  
**BEBAN (UIP3B) SUMATERA**  
**UNIT PELAYAN TRANSMISI (UPT) MEDAN**  
**2020**

**LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN KERJA PRAKTEK  
DI PT. PLN (PERSERO) UIP3B SUMATERA  
UNIT INDUK PENYALURAN DAN PUSAT PENGATURAN  
BEBAN (UIP3B) SUMATERA  
UNIT PELAYAN TRANSMISI (UPT) MEDAN**

**DI SUSUN OLEH:**

**NAMA : DODY BANJARNAHOR**  
**NPM : 16.812.0042**  
**PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO**  
**FAKULTAS : TEKNIK**  
**UNIVERSITAS : UNIVERSITAS MEDAN AREA**  
**JUDUL KERJA PRAKTEK : SISTEM PROTEKSI PADA JARINGAN  
DAN GARDU INDUK TANJUNG MORAWA  
UNIT PELAYAN TRANSMISI PT.PLN  
(PERSERO) UIP3B SUMATERA**  
**PERIODE PRAKTEK : 06 JANUARI 2020 – 31 JANUARI 2020**

**LAPORAN KERJA PRAKTEK INI DISETUJUI DAN DI SAHKAN**

**OLEH :**

**Dosen Pembimbing Kerja Praktek**



**Morahain Mungkin, ST, M.Si**

**Nilai**  
**A**

**Ketua Program Studi**



**Syarifah Muthia Putri ST, MT**



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan kerja praktek (KP) di PT PLN (Persero) Unit Induk Pelayan Transmisi (UPT) MEDAN, Jaringan Dan Gardu Induk Tanjung Morawa di Gardu Induk Tanjung Morawa, Laporan ini disusun sebagai hasil akhir Kerja Praktek yang dilaksanakan mulai tanggal 06 januari 2020 sampai dengan 31 januari 2020.

Laporan Kerja Praktek ini disusun sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan Program Studi S1 pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Melalui Kerja Praktek ini penulis dapat melihat langsung dunia pekerjaan yang sebenarnya.

PT. PLN (Persero) Unit Induk Penyaluran dan Pusat pengatur Beban (UIP3B) Sumatera, Unit Pelayan Transmisi (UPT) Medan, Jaringan dan Gardu Induk Tanjung Morawa sebagai salah satu perusahaan pengembangan industry dan kemajuan teknologi dan sumber daya manusia Indonesia yang merupakan salah satu latar belakang dalam pemilihan tempat kerja praktek ini.

Selama proses pelaksanaan Kerja Praktek, penulis banyak mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada yang telah membantu pelaksanaan dan penyusunan laporan kerja praktek ini, khususnya kepada:

1. Kedua orang tua saya yang telah memberi dukungan baik secara materi dan moril.
2. Ibu Syarifah Muthia, ST.MT selaku kaprodi jurusan teknik elektro.
3. Moranain Mungkin ST.MT dosen pembimbing Kerja Praktek.
4. Ibu Dr Grace Yuswita Harahap, ST.MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
5. Bapak Ardiansyah Nst selaku manejer ULTG Sei Rotan.

6. Bapak Nizrun selaku koordinator supervisor Jaringan dan Gardu Induk Tanjung Morawa.
7. Para Pegawai dan Operator senior Gardu Induk Tnajung Morawa yang telah memberi bimbingan kepada saya.
8. Seluruh karyawan/karyawati PT. PLN (Persero) UIP3B Sumatera UPT Medan.

Terima kasihyang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu penyusun dan mohon maaf atas kesalahan yang pernah saya lakukan selama mengikuti Kerja Praktek baik disengaja ataupun tidak sengaja.

Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan ini masih banyak kekurangan, Oleh karena itu diharapkan saran dan kritik pembanca untuk menyempurnakan laporan selanjutnya yang akan datang. Akhir kata, semoga laporan ini dapat menjadi sesuatu yang bermanfaat bagi penulis serta pembaca pada umumnya.

Medan, 06 januari 2020



Dodybanjarnahor

## ABSTRAK

Sistem proteksi adalah suatu sistem pengamanan yang dilakukan kepada peralatan peralatan listrik yang terpasang dalam instalasi gardu induk kondisi abnormal operasi sistem itu sendiri. Fungsi sistem pengamanan dalam suatu sistem tenaga listrik ialah merasakan dan mengukir adanya gangguan pada bagian sistem dan segera otomatis membuka pemutus beban untuk memisahkan peralatan atau bagian sistem yang terganggu dengan maksud untuk menghindarkan kerugian atau kerusakan yang lebih besar.

*Kata kunci : Sistem proteksi, Gardu induk*





## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN 1</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN 2</b> .....	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xi</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Umum.....	1
1.2. Latar Belakang.....	3
1.3. Tujuan Kerja Praktek.....	4
1.4. Metode Pelaksanaan Kerja Praktek.....	4
1.5. Tempat Kerja Praktek.....	5
1.6. Ruang Lingkup.....	5
1.6.1. Sejarah Umum PT.PLN (Persero).....	5
1.6.2. Sejarah Ringkas PT.PLN (Persero) Pusat Penyaluran Dan PengaturanBeban (P3B) Sumatera Unit Pelayan Transmisi (UPT)Medan Gardu Induk Tanjung Morawa.....	6
1.6.3. Struktur Organisasi PT.PLN (Persero) Pusat Penyaluran DanPengaturan Beban (P3B) Sumatera Unit Pelayan Transmisi (UPT)Medan.....	7

<b>BAB II. GARDU INDUK.....</b>	<b>8</b>
2.1 Umum.....	8
2.2. Klasifikasi Gardu Induk.....	9
2.2.1. Klasifikasi Berdasarkan Besaran Teganganya.....	9
2.2.2. Klasifikasi Berdasarkan Pemasangan Peralatan.....	9
2.2.3. Klasifikasi BerdasarkanFungsinya.....	11
2.2.4. Klasifikasi Berdasarkan Isolasi Yang Digunakan.....	11
2.3. Peralatan Dan Fasilitas Gardu Induk.....	12
2.4. Peralatan Gardu Induk Tanjung Moorawa Dan Fungsinya.....	12
2.4.1. Transformator Daya.....	12
2.4.2. Lighting Arrester (LA).....	22
2.4.3. Transformator Tegangan ( <i>Potential Transformator/PT</i> ).....	23
2.4.4. Transformator Arus ( <i>Current Transformator/CT</i> ).....	26
2.4.5. Pemutus Tenaga (PMT) / Circuit Breaker (CB).....	27
2.4.6. Saklar Pemisah (PMS).....	32
2.4.7. Power Line Carrier.....	36
2.4.8. Line Trap (Wave Trap).....	36
2.4.9. Busbar (Rel Daya).....	38
2.4.10. Isolator.....	40
2.4.11. Baterai.....	42
2.4.12. Panel Kontrol.....	43
2.4.13. Sistem Pentanahan Titik Netral.....	44
<b>BAB III. SISTEM PROTEKSI.....</b>	<b>45</b>
3.1. Umum.....	45



3.2. Fungsi Dan Peranan Sistem Pengaman.....	45
3.3. Persyaratan Untuk Sistem Pengaman.....	45
3.4. Jenis-jenis Relay Dan Cara Kerjanya.....	47
3.5. Proteksi Sistem Transmisi.....	48
3.6. Proteksi Busbar.....	51
3.7. Proteksi Transformator Daya.....	52
3.8. Proteksi Pada Penyulang (Feeder).....	53
3.9. Sistem Pembumian.....	55
<b>BAB IV KEGIATAN KERJA PRAKTEK.....</b>	<b>58</b>
4.1. Lembar Kegiatan kerja praktek.....	59
4.1.1. Fot Kegiatan Kerja Praktek.....	60
<b>BAB V. PENUTUP.....</b>	<b>61</b>
5.1. Kesimpulan.....	61
5.2. Saran.....	62
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>63</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>64</b>
Lampiran 1 Lembar Kegiatan.....	64
Lampiran 2 Copy Surat Lamaran Ke Perusahaan/Instansi.....	67
Lampiran 3 Copy Balasan Surat Lamaran dari Perusahaan/Instansi.....	68
Lampiran 4 Copy Lembar Penilaian.....	69
Lampiran 5 Lembar Kegiatan Kerja Praktek.....	70

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Struktur Organisasi PT.PLN (Persero) P3B UPT Medan.....	7
Gambar 2.1.	Transformator Daya 1 (TD1) di GI Tanjung Morawa.....	13
Gambar 2.2.	Transformator Daya 2 (TD2) di GI Tanjung Morawa.....	14
Gambar 2.3.	Transformator Daya 3 (TD3) di GI Tanjung Morawa.....	15
Gambar 2.4.	Inti Besi Dan Laminasi Yang Diikat Dengan Fiber Glass.....	16
Gambar 2.5	Kumparan Transformator Daya.....	16
Gambar 2.6	Bushing.....	17
Gambar 2.7	Bentuk Tangki Konservator Pada Trafo Daya.....	17
Gambar 2.8	Pendingin Trafo.....	18
Gambar 2.9.	OLTC.....	19
Gambar 2.10.	Alat Pernafasan Trafo.....	20
Gambar 2.11.	Indikator Suhu Minyak Trafo.....	21
Gambar 2.12.	Lighting Arrester.....	22
Gambar 2.13.	Trafo Tegangan.....	25
Gambar 2.14.	PMT Dengan Menggunakan Minyak.....	28
Gambar 2.15.	PMT Dengan Media Hembus Udara.....	29
Gambar 2.16.	PMT Dengan Menggunakan Media Hampa Udara.....	30
Gambar 2.17.	PMT Dengan Media Gas SF6.....	31
Gambar 2.18.	PMS Engsel.....	33
Gambar 2.19.	PMS Putar.....	33
Gambar 2.20.	PMS Siku.....	34
Gambar 2.21.	PMS Luncur.....	34

Gambar 2.22. PMS Pantograph.....	35
Gambar 2.23. Wafe Trap atau Line Trap.....	37
Gambar 2.24. Busbar Gardu Induk Tanjung Morawa.....	39
Gambar 2.25. Isolator Piring.....	40
Gambar 2.26. Susunan Isolator Piring.....	41
Gambar 2.27. Isolator Tonggak.....	41
Gambar 2.28. Panel Kontrol Penhantar dan Panel Kontrol Bay Couple Bus.....	43





## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Macam Macam Sistem Pendingin.....	19
-----------	-----------------------------------	----



## BAB I PENDAHULUAN

### I.1 Umum

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi telah menempatkan energi listrik sebagai salah satu sumber energi yang penting bagi kehidupan manusia. Sejalan dengan hal tersebut penyediaan energi listrik menjadi permasalahan yang sangat kompleks, salah satu usaha untuk memenuhi kebutuhan energi listrik guna meningkatkan taraf hidup dan kesejahteraan manusia. Penyediaan energi listrik tidak lepas dari suatu sistem tenaga listrik yang terdiri dari pusat pembangkit, sistem penyaluran atau sistem distribusi sampai pada konsumen yang membutuhkan listrik.

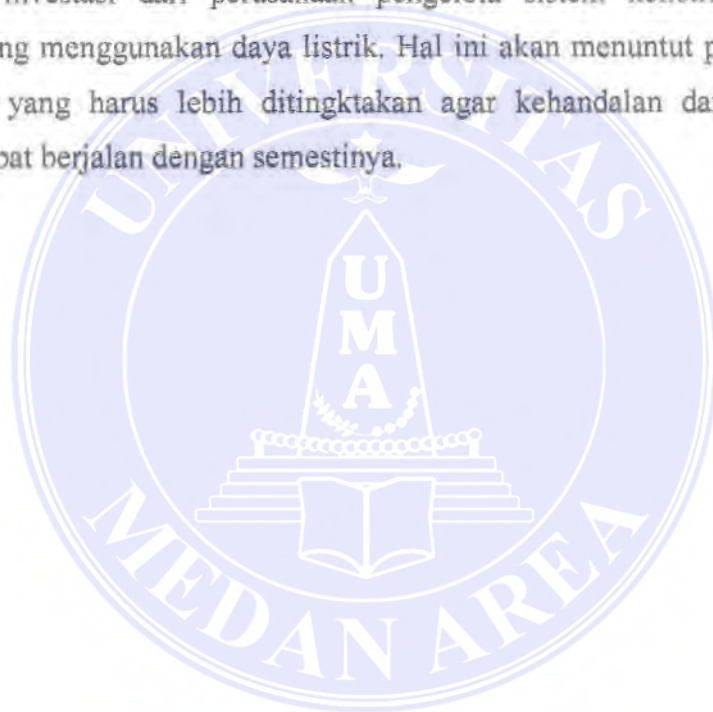
Dengan meningkatkan kebutuhan energi listrik, maka perlu diadakan penyesuaian suatu pembangkit dan penyaluran untuk mengatasi masalah-masalah yang timbul agar sistem tenaga tersebut dapat berjalan sesuai fungsinya. Permasalahan yang timbul dapat terjadi pada sistem maupun peralatan – peralatan pendukung sistem tenaga tersebut yang dapat menghambat penyaluran energi listrik sampai pada konsumen.

Untuk mengatasi masalah – masalah yang timbul perlu diadakan suatu penelitian yang bertujuan untuk meningkatkan kehandalan dan pelayanan dari sistem tenaga listrik tersebut yang dapat berupa penambahan kapasitas pusat pembangkit guna penyesuaian dengan pertumbuhan beban yang semakin meningkat, disamping peningkatan kehandalan sistem – sistem lainnya yang menjadi bagian dari suatu sistem tenaga listrik.

Untuk meningkatkan pelayanan perlu dibangun gardu – gardu induk sebagai tempat pengendalian operasi sistem tenaga mulai dari pusat pembangkit sampai pengendalian operasi sistem tenaga mulai dari pusat pembangkit sampai pada sistem distribusi untuk menyalurkan daya listrik pada konsumen. Sesuai dengan fungsi gardu induk,

peningkatan pelayanan mutlak menjadi prioritas utama agar operasi dari sistem tenaga dapat berjalan dengan baik. Hal ini akan didukung oleh kehandalan fasilitas dan peralatan = peralatan gardu induk yang bekerja sesuai dengan fungsinya terhadap gangguan n- gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga yang dapat mengakibatkan terhentinya supply daya listrik ke konsumen.

Penanggulangan gangguan = gangguan yang terjadi harus dilakukan sejak dini untuk menghindari terjadinya kerusakan pada peralatan maupun terhentinya pelayanan. Kerugian yang ditimbulkan akibat terhentinya pelayanan akan sangat menentukan investasi dari perusahaan pengelola sistem kelistrikan maupun konsumen yang menggunakan daya listrik. Hal ini akan menuntut pengoperasian gardu induk yang harus lebih ditingkatkan agar kehandalan dan kontinuitas pelayanan dapat berjalan dengan semestinya.





## **L.2. Latar Belakang**

Perguruan tinggi adalah lembaga pendidikan yang menyelenggarakan pendidikan formal untuk mendidik sumber daya manusia untuk menjadi tenaga – tenaga ahli yang diharapkan akan dapat menjadi generasi penerus pembangunan bangsa. Sementara itu perkembangan pembangunan dan perekonomian saat ini telah mengacu pada sektor – sektor yang berbasis teknologi tinggi. Oleh karena itu, perguruan tinggi sesuai fungsi dan posisinya berusaha menyediakan lulusan yang mampu menangani permasalahan – permasalahan yang mengacu pada teknologi yang tinggi.

Untuk menghasilkan lulusan yang berkualitas tinggi, tentu saja perguruan tinggi harus memenuhi berbagai persyaratan yang kompleks, mulai dari tenaga pengajar yang berkualitas sampai sarana latihan yang memadai sehingga lulusanya tidak hanya mempunyai kemampuan teoritis saja tetapi juga kemampuan aplikatif terhadap pengetahuan di UMA.

Untuk memenuhi program tersebut, Universitas Medan Area telah mewajibkan mahasiswanya untuk mengikuti mata kuliah Kerja Praktek (KP). Dalam mata kuliah seorang mahasiswa harus menggabungkan diri dalam dunia industri yang sesungguhnya, minimal setengah bulan untuk melihat secara langsung aplikasi teori yang telah diterima di bangku kuliah. Kerja Praktek ini amat perlu karena banyak aplikasi yang tidak dapat dilaksanakan dikampus. Pelaksanaan Kerja Praktek diluar kampus ini guna menambah wawasan pengetahuan dan keterampilan serta dapat menerapkan pengetahuanya yang diterima di bangku kuliah untuk dapat secara langsung mengetahui dan mencari suatu solusi terhadap permasalahan yang timbul dilapangan.

Selama mengadakan kerja praktek mahasiswa dapat melihat secara langsung mempelajari dan mengamati fasilitas dan peralatan- peralatan sistem tenaga listrik serta fungsi – fungsinya.

### **I.3 Tujuan Kerja Praktek**

Kerja Praktek (KP) merupakan salah satu syarat yang harus dilaksanakan oleh mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Universitas Medan Area sebelum menyelesaikan studinya.

Adapun tujuan dilakukan kerja praktek ini adalah :

1. Secara akademis kerja praktek merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan program pendidikan S-1,
2. Secara umum kerja praktek adalah untuk membandingkan dan memahami lebih lanjut mengenai teori-teori yang diperoleh di perkuliahan dan mengamati wujud nyata dari bentuk peralatan dan cara kerja dari sistem tersebut.
3. Dapat memahami fungsi dan bagian-bagian dan serta cara kerja peralatan-peralatan pendukung sistem tenaga listrik.

Untuk meningkatkan keahlian dan kreativitas para mahasiswa serta dapat mengatasi dan mencari suatu solusi terhadap permasalahan gangguan-gangguan yang timbul pada saat pengoperasian sistem tenaga listrik.

### **I.4 Metode Pelaksanaan Kerja Praktek**

Adapun metode yang dilakukan dalam kerja praktek ini adalah :

1. Metode Peninjauan Lapangan  
Metode ini dilaksanakan dilapangan secara langsung dengan seorang pembimbing dari tempat kerja dengan cara melihat mengamati secara langsung peralatan dan cara kerja serta pengoperasian dan sistem tenaga listrik tersebut.
2. Metode Diskusi  
Pengumpulan data dan informasi dilakukan dengan cara bertanya kepada pembimbing ataupun koordinator lapangan.
3. Metode Literatur



## 1.5.TempatKerjaPraktek

Tempat Kerja Praktek yang telah dilaksanakan adalah PT.PLN (Persero) UIP3B Sumatera Unit Pelayanan Transmisi (UPT) Medan Jaringan Dan Gardu Induk Tanjung Morawa, Yang dilaksanakan mulai tanggal 06 januari 2020 sampai dengan 31 januari 2020.

## 1.6.RuangLingkup

### 1.6.1. Sejarah Umum PT. PLN (Persero)

Perusahaan listrik negara (PLN) sudah berdiri sejak masa penjajahan Belanda, yang memberikan izin atau lisensi kepada pihak swasta untuk menggunakan tenaga listrik. Pihak swasta yang mendapatkan izin dan lisensi pada waktu itu adalah :

1. NV, OGEM, yang mengusahakan pembangkit listrik dikota Medan, Jakarta, Cirebon, Manado dan daerah lainnya.
2. NV, NIGEM, yang mengusahakan pembangkit listrik di Sibolga, Bukit Tinggi dan daerah lainnya.
3. NV, EMBP, yang mengusahakan pembangkit tenaga listrik di kota Balik Papan.

Namun akibat adanya konfrontasi antara Belanda dan Jepang yang dimenangkan oleh Jepang, maka pada akhirnya pihak Belanda menyerahkan kedaulatannya kepada Jepang. Pada zaman penjajahan Jepang perusahaan listrik milik swasta maupun pemerintah Belanda dikuasai oleh Jepang dinamakan *Denky Joga kasha*.

Setelah kekuasaan Jepang berakhir, maka berakhir pula permasalahan listrik milik Jepang. Oleh karena itu, para pegawai eks perusahaan tersebut menggantinya dengan nama Perusahaan Listrik dan Gas pada tanggal 28 september 1945.

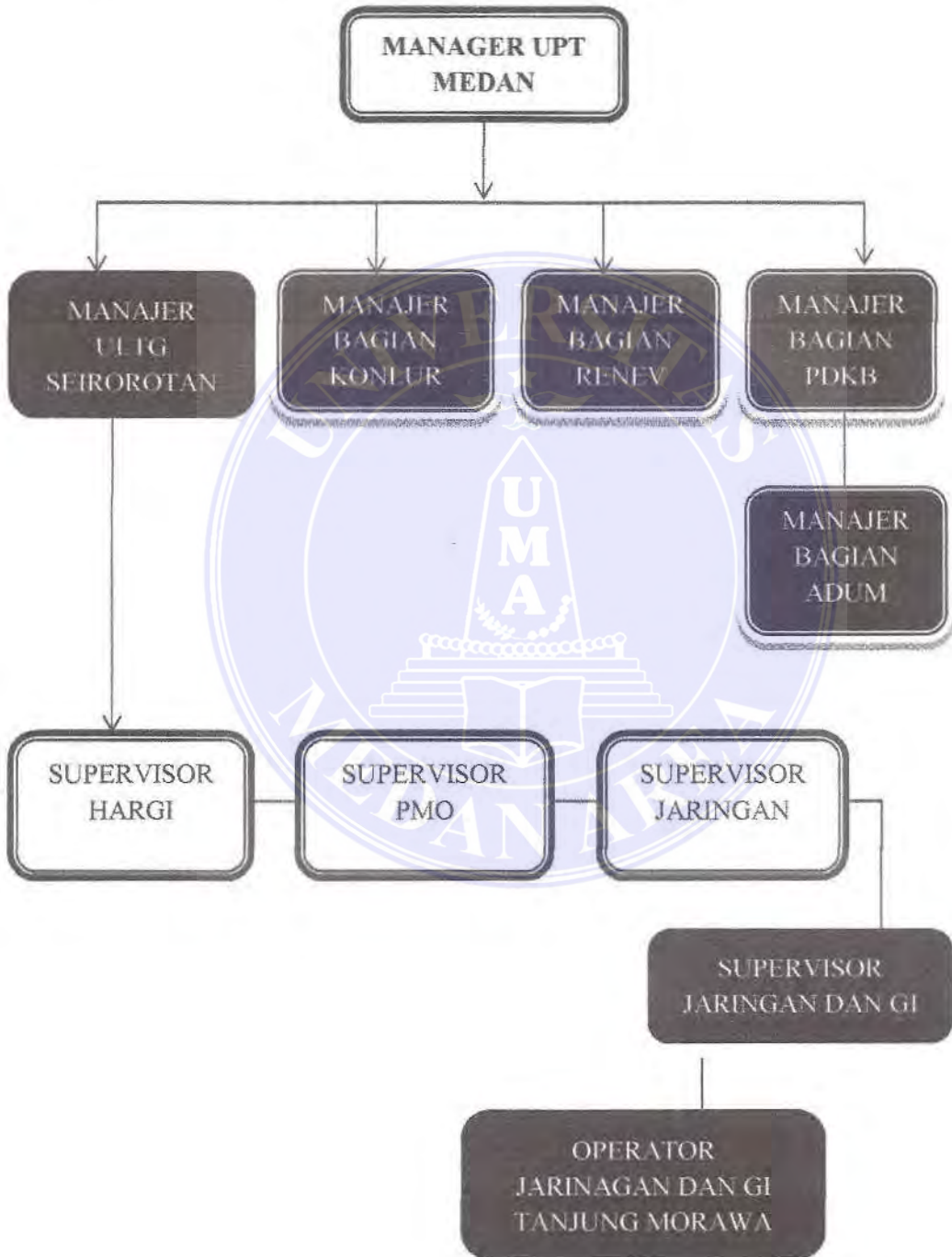


Kemudian berdasarkan Surat Keputusan Menteri Pekerjaan Umum dan Tenaga Kerja No. Ment 16/ 1 / 20 Maret 1961, maka pengumuman Perusahaan Listrik Negara untuk 14 daerah dieksploitasikan terdiri dari Jawa. Dengan demikian termasuk didalamnya PLN Eksploitasi Umum I sampai Sumatera Utara dan Aceh.

#### **I.6.2. Sejarah Singkat PT. PLN (Persero) UIP3B Sumatera Unit Pelayanan Transmisi (UPT) Medan Jaringan Dan Gardu Induk Tanjung Morawa**

Perusahaan Listrik Negara (PLN) UIP3B Sumatera UPT Medan, Gardu Induk Tanjung Morawa merupakan perusahaan jasa listrik yang melayani kebutuhan masyarakat dalam penyediaan kebutuhan energi listrik. Perkembangan akan kebutuhan listrik semakin pesat khususnya disektor industri yang ada di Sumatera Utara, sehingga pemerintah dalam hal ini PLN (persero) membangun beberapa Gardu Induk yang dekat dengan konsumen dengan tujuan memberikan pelayanan listrik yang lebih handal kepada konsumen.

### I.6.3. Struktur Organisasi PT. PLN (Persero) Unit Induk Pusat Penyaluran Dan Pengatur Beban (UIP3B) Sumatera Unit Pelayanan Transmisi (UPT) Medan



Gambar .1. Struktur Organisasi PT. PLN (persero) UIP3B UPT Medan

## BAB II

### GARDU INDUK (GI)

#### 2.1. Umum

Tegangan yang dibangkitkan generator terbatas dalam belasan kilovolt, sementara itu pusat pembangkit pada umumnya berada dilokasi yang jauh dari pusat – pusat beban sehingga untuk menyalurkan energi listrik dalam daya yang sangat besar pada tegangan yang rendah jelas akan menimbulkan rugi – rugi saluran yang sangat besar maka penyaluran daya menjadi tidak efisien. Di samping rugi – rugi listrik harus dipertimbangkan teknik pembuatan saluran transmisi dan sisi ekonomisnya. Untuk itu dalam penyalurannya energi listrik dilakukan dalam tegangan tinggi dengan demikian arus pada saluran jelas lebih kecil dan penghantar yang digunakan dapat dibuat dalam ukuran yang lebih kecil pula. Maka tegangan tersebut dinaikkan terlebih dahulu dengan menggunakan transformator daya step up. Sementara itu di pusat – pusat beban, peralatan listrik konsumen umumnya menggunakan tegangan menengah dan rendah. Pada sisi ini digunakanlah transformator step down untuk menurunkan tegangan. Kedua macam transformator yang disebutkan diatas bersama dengan peralatan – peralatan penunjang lainnya terhadap di Gardu Induk.

Gardu Induk terdapat seluruh sistem tenaga listrik, dimulai pada saat pembangkitan tenaga listrik dipusat pembangkitan yang kemudian dialirkan melalui transmisi sampai kepada transformator gardu induk. Pada transformator gardu induk diturunkan hingga beberapa puluh kv yang kemudian di distribusikan kepada konsumen.

Gardu induk adalah suatu sarana untuk mendistribusikan aliran daya dari pusat pembangkitan ke pusat beban. Gardu induk memiliki fungsi sebagai berikut :

1. Transformasi tenaga listrik tegangan tinggi ketegangan menengah.
2. Pengukuran, pengawasan operasi serta pengaturan pengamanan dari sistem tenaga listrik



## 2.2. Klasifikasi Gardu Induk (GI)

Gardu induk diklasifikasikan menjadi beberapa bagian, yakni :

1. Klasifikasi berdasarkan besaran tegaganya.
2. Klasifikasi berdasarkan pemasangan peralatan.
3. Klasifikasi berdasarkan lokasi dan fungsinya.
4. Klasifikasi berdasarkan isolasi yang digunakan.

### 2.2.1. Klasifikasi Berdasarkan Besaran Tegangannya, terdiri dari :

1. Gardu induk tegangan ekstra tinggi (GITET) 275 KV sampai 500 KV
2. Gardu induk tegangan tinggi (GI) 150 KV dan 70 KV

### 2.2.2. Klasifikasi Berdasarkan Pemasangan Peralatan

1. Gardu induk jenis pasang luar adalah Gardu Induk yang terdiri dari peralatan tinggi pasang luar, misalnya transformator, peralatan penghubung (switch gear) yang mempunyai peralatan control pasang dalam seperti meja penghubung (swicth board). Pada umumnya, gardu untuk transmisi yang mempunyai kondensator psangan dalam dan sisi tersier trafo utama dan trafo psangan dalam disebut juga sebagai psangan luar.
2. Gardu induk jenis pasang dalam adalah semua komponen yang berada pada gardu induk terpasang didalam, meskipun ada beberapa sejumlah kecil peralatan terpasang diluar. Gardu induk ini dipakai dipusat kota, dimana harga suatu lokasi sangat tidak relevan (mahal) dan bisa digunakan untuk menghindari kebakaran dan gangguan suara.
3. Gardu induk jenis pasang setengah pasang luar adalah gardu induk yang sebagian dari peralatan tegangan tingginya terpasang didalam gedung.
4. Gardu Induk jenis pasang bawah tanah dimana hampir semua peralatan terpasang dalam bangunan bawah tanah. Biasanya alat pendiginya terletak diatas tanah terletak dipusat kota seperti dijalan – jalan kota yang ramai dimana kebanyakan gardu induk ini dibangun dibawah jalan raya.

### 2.2.3. Klasifikasi Berdasarkan Fungsinya

Menurut dari spesifikasi fungsinya Gardu Induk di bagi menjadi beberapa bagian lagi yaitu:

#### a. Gardu Induk Penaik Tegangan

Merupakan gardu induk yang berfungsi untuk menaikkan tegangan, yaitu tegangan pembangkit (generator) dinaikkan menjadi tegangan sistem. Gardu induk ini berada dilokasi pembangkit tenaga listrik. Karena output voltage yang dihasilkan pembangkit listrik kecil dan harus disalurkan pada jarak yang jauh, maka dengan pertimbangan efisiensi , tegangannya dinaikkan menjadi tegangan ekstra tinggi atau tegangan tinggi.

#### b. Gardu Induk Penurun Tegangan

Merupakan gardu induk yang berfungsi untuk menurunkan tegangan , dari tegangan tinggi menjadi tegangan tinggi yang lebih rendah dan menengah atau tegangan distribusi. Gardu induk terletak didaerah pusat – pusat beban.

#### c. Gardu Induk Pengatur Tegangan

pada umumnya gardu induk jenis ini terletak jauh dari pembangkit tenaga listrik. Karena listrik disalurkan sangat jauh , maka terjadi tegangan jatuh (voltage drop) transmisi yang cukup besar. Oleh karena diperlukan alat penaik tegangan, seperti bank kapasitor, sehingga tegangan kembali kedalam keadaan normal.

#### d. Gardu Induk Pengatur Beban

Berfungsi untuk mengatur beban. Pada gardu induk ini terpasang beban motor, yang pada saat tertentu menjadi pembangkit tenaga listrik, motor berubah menjadi generator dan suatu saat generator menjadi motor atau menjadi beban, dengan generator berubah menjadi motor yang memompakan air kembali kekolam utama.

#### e. Gardu Induk Distribusi

Gardu induk yang menyalurkan tenaga listrik dari tegangan sistem ke tegangan distribusi. Gardu induk ini terletak didekat pusat – pusat beban.



#### 2.2.4. Klasifikasi Berdasarkan Isolasi Yang Digunakan

1. Gardu induk yang memenuhi isolasi udara : Adalah gardu induk yang menggunakan isolasi udara antara bagian yang bertegangan yang satu dengan bagian yang bertegangan lainnya. Gardu induk ini berupa gardu induk konvensional, dan gardu induk ini memerlukan tempat terbuka yang luas.
2. Gardu induk yang menggunakan isolasi gas SF<sub>6</sub> :  
Gardu induk yang menggunakan gas SF<sub>6</sub> sebagai isolasi antara bagian yang bertegangan yang satu dengan bagian yang lain bertegangan, maupun antara bagian yang bertegangan dengan bagian yang tidak bertegangan. Gardu induk ini disebut gas Insulated Substation atau Insulated Switchgear (GIS), yang merupakan tempat yang tidak luar (sempit).

#### 2.3. Peralatan dan Fasilitas Gardu Induk

Perlengkapandan peralatan yang terdapat pada Gardu Induk Tanjung Morawa adalah sebagai berikut :

- Instalasi transformator tenaga dan peralatan penyaluran tenaga listrik yang terdiri dari :
  1. Transformator daya
  2. Peralatan sisi tegangan tinggi (sisi primer), diantaranya sebagai berikut :
    - a. Lighting arrester
    - b. Pemutus tenaga (PMT)
    - c. Saklas pemisah (pemisah)
    - d. Trafo arus (CT)
    - e. Trafo tegangan (PT)
    - f. Switchgear
    - g. Isolator
    - h. Bus bar (rel daya)
  1. Peralatan sisi tegangan menengah (sisi sekunder)



## 2. Peralatan kontrol

Digunakan untuk mengontrol pelayan gardu induk dari suatu tempat dari dalam gedung control dimana terdiri dari :

- a. Panel kontrol
- b. Panel relay
- c. Meter – meter pengukuran
- d. Peralatan telekomunikasi
- e. Baterai, PLC dan Rectifier

### • Fasilitas gardu induk yang terdiri dari :

1. Gedung kontrol.
2. Ruang baterai
3. Bagunan tempat penyimpanan alat – alat serta komponen tegangan tinggi.

## 2.4. Peralatan Gardu Induk Tanjung Morawa dan Fungsinya

Gardu induk Tanjung Morawa dilengkapi dengan fasilitas dan peralatan yang disesuaikan dengan kebutuhannya yakni :

### 2.4.1. Transformator Daya

Transformator daya merupakan peralatan listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik dari tegangan tinggi 150 KV ke tegangan menengah 20 KV atau sebaliknya (mentransformasikan tegangan). Sesuai dengan kebutuhan pada gardu induk masing – masing dan 3 transformator daya tersebut ditanahkan pada titik netralnya sesuai dengan kebutuhan untuk sistem proteksinya.

Pada gardu induk Tanjung Morawa terdapat 3 buah transformator daya yang digunakan penyaluran daya dari tegangan 150 KV ke tegangan distribusi 20 KV dengan rating 60 dan 30 MVA. Berikut bentuk dari data data dari transformator daya pada GI Tanjung Morawa. Di bawah ini :

↳ Transformator daya 1 (TD-1)



Gambar 2.1. Transformator Daya 1 (TD-1) di GI Tanjung Morawa

Data – data pada transformator daya (TD-1) Pada gardu induk Tanjung morawa :

Merk	: PASTI
Serial Number	: 93P0035
Year of manufactured	: 1995
Standard	: IEC 76
Rated Power	: 60 MVA
Cooling	: ONAN/ONAF 70/100%
Freequency	: 50 Hz
Phasess	: 3
Insulation level	: LI 650 AC 275-LI – AC 38/ LI 125 AC 50/ LI – AC 38
Connection symbol	: Yyn0+d
Max Atitude	: 1000m
Tap Changer	: MR – MS III 300 - 72,5 + MAS
Contact no.	: 016. PJ93 / PI / 444 / 1994 / M
Temp. Rise Below 100 m altitude	: Top Oil Average wind 58 k
Vacuum withstand capabiliy	: Tank 100% Conservator 100 % Radiator 100%
Type Oil	: Shell Diala B
Mass	: Total 103.00 + : Oil 23.60 + : Untanking 59,65 +

➤ Transformator daya 2 (TD-2)



Gambar 2.2. Transformator Daya 2 (TD-2) di GI Tanjung Morawa  
 Data – data pada transformator daya 2 (TD-2) pada GI Tanjung Morawa :

Merk	: PAUWELS
Serial Number	: 3011100089
Year of manufactured	: 2011
Standard	: IEC 60076
Rated Power	: 36 / 60 MVA
Cooling	: ONAN / ONAF – 60 / 1000%
Freequency	: 50 Hz
Phasess	: 3
Insulation level	: LI 650 AC 274- LI 95 AC 38 / LI / LI 125 AC 50 / LI 125 AC 50
Connection symbol	: Ynyn0(d)
Max Atitude	: 100m
Tap Changer	: MR VV III 400 Y – 76 KV + ED ED 100
Temp. Rise Below 100 m altitude	: Top Oil 50 <sup>0</sup> C Average Wind 55 <sup>0</sup> C
Vacuum withstand capabiliy	: Tank 100 % Conservator 100% Radiator 100%
Type Oil	: NYNAS NITRO LIBRA
Mass	: Total 116200 kg Oil 20700 kg Untanking 75600 kg



↓ Transformator daya 3 (TD-3)



Gambar 2.3. Transformator Daya 3 (TD-3) di GI tanjung Morawa

Data – data pada transformator daya 3 (TD-3) pada GI Tanjung Morawa :

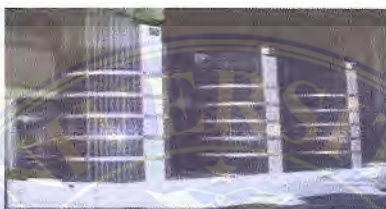
Merk	: UNINDO
Serial Number	: P060LEC824
Type	: STEP DOWN- POWER TRANSFORMER
Year of manufactured	: 2017
Standard	: IEC 60076
Rated Power	: 36 / 60 MVA
Cooling	: ONAN - ONAF
Freequency	: 50 Hz
Phasess	: 3
Insulation level	: HV : AC 275- LI 650
	HVN : AC 38 – LI 95
	LV : AC 50 – LV 125
	LVN : AC 50 – LI 125
	TV : AC 28
Temp. Rise Top Oil / Winding / Hot Spot	: 50 k / 55k / 68 k
Average Ambient / Altitude	: 30 °C
Tap Changer	: Fan
Approximate weights	: Untanking 67000 kg
	Tanking 18000 kg
	Oil 20000 kg
	Total 105000 kg

Transformator terdiri dari :

✦ Bagian Utama

1. Inti Besi

Inti besi berfungsi untuk mempermudah jalan fluksi yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melalui kumparan. Bagian dari inti besi terbuat dari lempengan – lempengan besi yang tipis dan berisolasi, tujuanya untuk mengurangi panas (rugi – rugi inti besi) yang ditimbulkan oleh arus edy. Bentuk inti besi laminasi yang diikat dengan *fiber glass* dapat dilihat pada gambar 2.4 :



Gambar 2.4. Inti besi dan laminasi yang diikat dengan *fiber glass*

2. Kumparan Transformator

Beberapa lilitan kawat berisolasi membentuk suatu kumparan. Kumparan tersebut didisolasi baik terhadap inti besi maupun terhadap kumparan lain, dengan isolasi padat seperti karton, pertinax dan lain- lain. Jika pada kumparan primer dihubungkan pada tegangan atau arus bolak balik maka pada kumparan akan timbul fluksi yang menginduksikan tegangan. Bentuk kumparan transformator daya dapt dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5. Kumparan Transformator daya

### 3. Minyak Transformator

Minyak transformator berfungsi untuk meredam kumparan di inti Transformator daya terutama yang berkapasitas besar. Karena minyak trafo berfungsi sebagai minyak pendingin yang bersifat disirkulasi atau pemindah panas sedangkan sebagai isolasi adalah untuk mengisolasi daya tembus tegangan tinggi.

### 4. Bushing

Hubungan antara kumparan trafo ke jaringan luar melalui sebuah bushing yaitu sebuah konduktor yang diselubungi oleh isolator, yang sekaligus berfungsi sebagai penyekat antara konduktor tersebut dengan tangki trafo.



Gambar 2.6. Bentuk Bushing

### 5. Tangki Konservator

Akibat perubahan suhu pada minyak transformator maka minyak akan memuai, untuk menampung hasil pemuaian tersebut maka transformator dilengkapi dengan konservator yang terdiri dari gelas penduga yang dapat menentukan level dari gelas penduga yang dapat menentukan level dari minyak (level maksimum dan minimum). Bentuk bushing dan Tangki Konservator dapat dilihat pada gambar 2.7



Gambar 2.7. Bentuk Tangki Konservator Pda Trafo Daya



## 6. Pendingin

Pada inti besi dan kumparan akan timbul panas akibat rugi-rugi tembaga. Bila panas tersebut mengakibatkan kenaikan suhu yang berlebihan, akan merusak isolasi didalam trafo, maka untuk mengurangi kenaikan suhu yang berlebihan tersebut trafo perlu dilengkapi dengan sistem pendingin untuk menyalurkan panas keluar trafo. Media yang digunakan pada sistem pendingin dapat berupa udara/gas, minyak dan air. Sedangkan pengalirannya dapat dengan cara alamiah / natural dan tekanan / paksaan.



Gambar 2.8 Pendingin Trafo type ONAF

Pada cara alamiah / natural, pengaliran media sebagai akibat adanya perbedaan suhu media untuk mempercepat perpindahan panas yang lebih luas antara media minyak – udara/gas, dengan cara melengkapi trafo dengan sirip – sirip (radiaktor). Bila diinginkan penyaluran panas yang lebih cepat lagi, cara alamiah tersebut dapat dilengkapi dengan peralatan untuk mempercepat sirkulasi media pendingin dengan pompa – pompa sirkulasi minyak, udara dan air, dan cara ini disebut pendingin paksa (forced). Berikut adalah sistem pendingin transformator berdasarkan media dan cara pengalirannya diperlihatkan pada

Tabel 2.1 di bawah ini

No	Macam sistem pendingin *)	Media			
		Di Dalam Trafo		Di Luar Trafo	
		Sirkulasi Alamiah	Sirkulasi Paksa	Sirkulasi Alamiah	Sirkulasi Paksa
1	AN	-	-	Udara	-
2	AF	-	-	-	Udara
3	ONAN	Minyak	-	Udara	-
4	ONAF	Minyak	-	-	Udara
5	OFAN	-	Minyak	Udara	-
6	OFAF	-	Minyak	-	Udara
7	OFWF	-	Minyak	-	Air
8	ONAN / ONAF	Kombinasi 3 dan 4			
9	ONAN / OFAN	Kombinasi 3 dan 5			
10	ONAN / OFAF	Kombinasi 3 dan 6			
11	ONAN / OFWF	Kombinasi 3 dan 7			

### 7. Tap Changer

Tap Changer adalah perubahan perbandingan transformator untuk mendapatkan tegangan operasi sekunder sesuai yang diinginkan dari tegangan jaringan / primer yang berubah-ubah .Tap changer dapat dilakukan baik dalam keadaan berbeban (on-load) atau dalam keadaan tidak berbeban (off- load), dan tergantung jenisnya



Gambar 2.9 On Load Tap Changer (OLTC)

## 8. Alat Penapasan Trafo

Karena adanya pengaruh naik turunnya beban transformator maupun suhu udara luar ,maka suhu minyak akan berubah – ubah mengikuti keadaan tersebut. Bila suhu minyak tinggi, minyak akan memuai dan mendesak udara di atas permukaan minyak keluar dari dalam tangki, sebaliknya bila suhu minyak turun ,minyak menyusut maka udara luar akan masuk kedalam tangki. Kedua proses di atas disebut pernapasan transformator . Permukaan minyak transformator akan selalu bersinggungan dengan udara luar yang menurunkan nilai tegangan tembus pada minyak transformator ,maka untuk mencegah hal tersebut, pada ujung pipa penghubung udara luar dilengkapi tabung berisi kristal zat hygroscopicis.



Gambar 2.10 Alat Penapasan Trafo

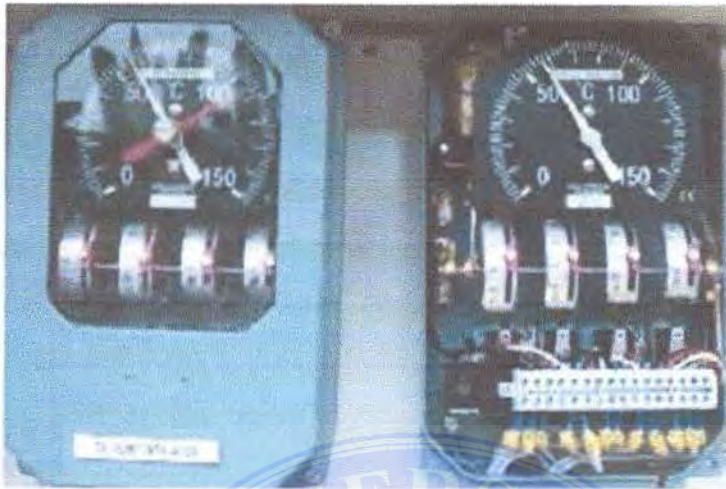
## 9. Indikator

Untuk mengawasi selama trafo beroperasi , maka perlu adanya indicator pada trafo sebagai berikut:

- Indikator suhu minyak
- Indikator permukaan minyak
- Indikator system pendingin

Indikator kedudukan tap. Thermometer adalah alat pengukur tingkat panas dari trafo baik panasnya kumparan primer dan sekunder juga minyak. Thermometer ini bekerja atas dasar air raksa (mercuri/Hg) yang tersambung dengan tabung pemuain dan tersambung dengan jarum indikator derajat panas.





**Keterangan :**

1. Trafo arus
2. Sensor suhu
3. Heater
4. Thermometer Winding
5. Thermometer oil

### 2.4.2. Lighting Aresster (LA)

*Lighting Aresster* (LA) merupakan alat proteksi bagi peralatan sistem tenaga listrik terhadap arus yang disebabkan oleh sambaran petir atau surja hubung (*switching surge*). Alat ini bersifat sebagai *by pass* di sekitar isolasi yang membentuk jalan dan mudah dilalui arus kilat ke system pentanahan sehingga tidak menimbulkan tegangan lebih yang tinggi dan tidak merusak isolasi peralatan listrik. *By pass* itu sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu aliran arus system frekuensi 50 hz. jadi dalam keadaan normal aresster berfungsi sebagai isolator dan apabila terjadi tegangan lebih maka alat ini akan berfungsi sebagai konduktor.

Bagian – bagian dari Lighting Aresster diantaranya adalah:

1. Elektroda

Elektroda – elektroda ini adalah terminal dari aresster yang dihubungkan dengan bagian atas dan bawah elektroda dihubungkan dengan tanah.

2. Sela percikan (*spark – gap*)

Apabila terjadi tegangan lebih boleh sambaran petir atau surja hubung pada aresster yang terpasang.

3. Tahanan Katup (*valve resistor*)

Tahanan yang digunakan dalam aresster ini adalah suatu jenis material yang sifat tahanannya dapat berubah bila mendapatkan perubahan tegangan bentuk *lighting aresster*.



Gambar 2.12. Lighting Aresster GI Tanjung Morawa

## 10. Prinsip Kerja Lighting Aresster

Prinsip kerja *lighting aresster* (LA) adalah dengan cara memotong tegangan lebih yang sampai pada terminal pelindung aresster untuk melindungi peralatan. Misalkan suatu petir merambat menuju transformator, jika petir tiba pada terminal pelindung LA, maka tegangan LA naik mengikuti kenaikan tegangan surja. Pada saat tegangan LA mencapai tegangan perciknya ( $V_a$ ), LA terpercik sehingga terjadi hubung singkat fasa ke tanah. Akibatnya tegangan di terminal pelindung LA menjadi nol dan arus surja mengalir ke tanah. Sedangkan sisa pemotongan tegangan lebih tersebut akan diteruskan ke transformator.

### 2.4.3. Transformator Tegangan (*potential transformer / PT*)

Transformator tegangan adalah transformator satu fasa step down yang mentransformasi tegangan sistem ke suatu tegangan rendah yang layak untuk keperluan indikator, alat ukur, rele dan alat sinkronisasi. Hal ini dilakukan atas pertimbangan harga dan bahaya yang dapat ditimbulkan tegangan tinggi bagi operator. Tegangan perlengkapan seperti indikator, meter dan rele dirancang sesuai dengan tegangan sekunder transformator tegangan.



Klasifikasi transformator tegangan terbagi berdasarkan type konstruksinya dan letak pemasangannya.

#### 11. Type konstruksi trafo tegangan

##### 1. Trafo Tegangan Induktif (*inductive voltage transformer*)

Transformator adalah alat listrik berfungsi menyalurkan daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya sesuai induksi magnet ( Listrik Statis).Terdiri dari lilitan primer dan lilitan sekunder dan tegangan pada lilitan primer akan menginduksikannya ke lilitan sekunder.

##### 2. Trafo Tegangan Kapasitif(*Capacitor Voltage Transformator*)

Terdiri dari rangkaian kondensator yang berfungsi sebagai pembagi tegangan pada sisi tegangan tinggi dari trafo pada tegangan menengah yang menginduksikan tegangan ke lilitan sekunder

#### 12. Bagian – bagian trafo tegangan

Bagian – bagian utama dari trafo tegangan umumnya adalah:

##### 1. Kumparan(lilitan)

Berfungsi untuk mentransformasikan besaran- besaran ukur tegangan listrik dari sisi tinggi ke sisi rendah

##### 2. Isolasi

Umumnya terdiri dari zat cair (minyak) yang berfungsi untuk mengisolasi bagian yang bertegangan dengan bagian yang tidak bertegangan.

##### 3. Porselen

Berfungsi sebagai isolasi antara bagian- bagian yang bertegangan dengan badanatau antara bagian tegangan dengan bagian bertegangan yang berlainan fasanya.

13. Hubungan Rangkaian Primer dan Sekunder Trafo Tegangan Umumnya rangkaian dari trafo tegangan terdiri dari 2 hubungan yaitu

1. Hubungan transformator tegangan biasa

Hubungan ini terdiri dari sebuah lilitan primer dan sebuah lilitan sekunder umumnya tegangan sekundernya adalah  $100/\sqrt{3}V$  atau  $110/\sqrt{3}V$ .

2. Hubungan fasa ke tanah

Hubungan ini digunakan untuk jaringan tegangan menengah dan tegangan tinggi dengan menghubungkan ke tanah sehingga tegangan sekundernya adalah tegangan fasa ke tanah.



Gambar 2.13. Transformator Tegangan (Voltage Transformer) pada GI Tanjung morawa

#### 2.4.4. Transformer Arus (*Current Transformer/CT*)

Transformasi arus (CT) digunakan untuk pengukuran arus yang besarnya ratusan ampere dan arus kecil yang mengalir pada jaringan tegangan tinggi. Di samping untuk pengukuran arus, transformator arus juga dibutuhkan untuk pengukuran daya dan energi, pengukuran jarak jauh dan rele proteksi

Prinsip kerja dari transformer arus adalah arus listrik dapat menimbulkan medan magnet dan selanjutnya medan magnet dapat menimbulkan arus listrik. Bila pada salah satu kumparan pada transformator di beri arus bolak balik maka jumlah garis gaya magnet berubah ubah akibatnya pada kumparan primer terjadi induksi. Kumparan sekunder menerima garis gaya magnet dari kumparan primer terjadi yang jumlahnya juga berubah ubah. Maka pada kumparan sekunder juga timbul induksi dan akibatnya antara dua ujung kumparan terdapat beda tegangan.

Bagian – Bagian Utama Trafo Arus (CT)

Bagian – bagian utama trafo arus umumnya adalah:

1. Kumparan

Berfungsi untuk mentransformasikan besaran-besaran ukur listrik dari sisi yang tinggi ke sisi yang rendah.

2. Isolasi

Umumnya terdiri dari zat cair (minyak) yang berfungsi untuk mengisolasi bagian yang bertegangan dengan bagian yang tidak bertegangan atau mengisolasi bagian bertegangan yang berlainan fasanya.

3. Porselen

Berfungsi sebagai isolasi antara bagian bagian yang bertegangan dengan badan atau antara bagian bertegangan dengan bagian bertegangan yang berlainan fasanya.



#### 2.4.5. Pemutus Tenaga (PMT)/ CircuitBreaker (CB)

Pemutus tenaga (PMT) adalah sklas yang dapat digunakan untuk menghubungkan atau memutuskan arus / daya listrik sesuai dengan ratingnya. Pada waktu memetuskan / menghubungkan arus ataupun daya listrik akan trjadi busur api pada waktu pemutusan dapat dilakukan oleh beberapa macam diantaranya;

- Minyak
- Udara
- Gas

Sebuah PMT harus mempunyai syarat – syarat sebagai berikut :

1. Rating tegangan PMT harus lebih besar dari pada tegangan sistem yang diamankananya.
2. Dapat memutuskan arus hubung singkat dengan kecepatan tinggi agar arus hubung singkat tidak smapai merusak peralatan sistem.
3. Mampui memutuskan da menutup jaringan dalam keadaan berbeda maupun terhubung singkat tanpa menimbulkan kerusakan pada pemutus daya itu sendiri
4. Harus tahan terhadap busur api .
5. Mempunyai jaminan kerja dan pelayan yang dapat dipercaya serta kehandalan terhadap semua gangguan
6. Mampu menyalurkan arus maksimum sistem secara continuie.

Menurut tegangan kerja, PMT dapat dibedakan atas :

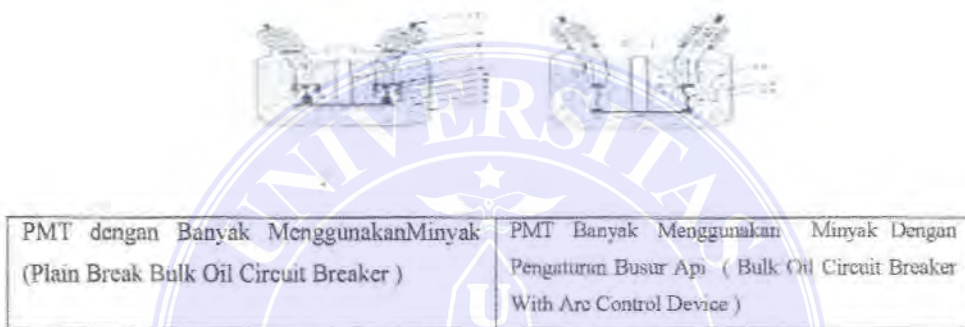
1. PMT tegangan rendah.
  - Untuk tegangan arus bolak – balik hingga mencapai 1500 V.
2. PMT tegangan menengah  
Melayani tegangan diatas 1500 V untuk pelayanan da;am ruangan (indoor service), yang bertegangan 1,5- 30 KV dan rating Interruptingnya.
3. PMT tegangan tinggi.  
Digunakan untuk tegangan diatas 30 KV

✦ Jenis – jenis PMT Berdasarkan peredam Busur Api

1. PMT dengan Media Minyak

- ❖ PMT dengan menggunakan minyak (Bulk Oil Circuit Breaker)

Pada PMT ini minyak berfungsi sebagai isolasi antara bagian – bagian yang bertegangan dengan beban dan juga berfungsi sebagai peredam Loncatan bunga api. Bentuk PMT menggunakan banyak minyak dapat Dilihat pada gambar dibawah ini



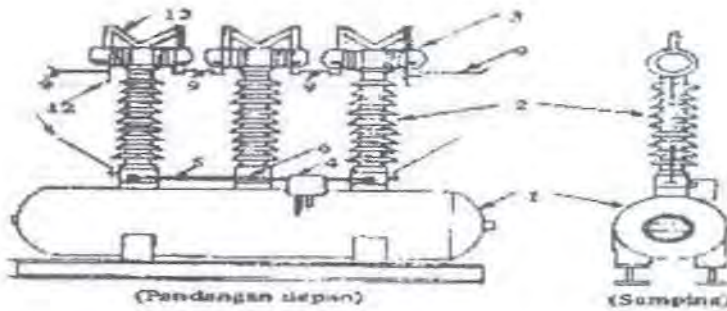
Gambar 2.14. PMT dengan menggunakan minyak

Prinsip kerja PMT dengan menggunakan minyak untuk membuka dan menutup dari PMT jenis ini dengan menggerakkan batang penggerak turun untuk membuka kontak – kontak dan naik untk menutup kontak – kontak, batang penggerak digerakkan oleh mekanisme penggerak, hal ini dapat dilakukan sistem mekanik, elektrik, pneumatic, hidrolis.

2. PMT dengan media udara

PMT dengan media udara dibagi atas macam diantaranya adalah :

- ❖ PMT Udara Hembus, uadar tegangan tinggi di hembuskan kebusur api melalui nozzle pada kontak ionisasi media diantara kontak dipadamkan oleh udara.



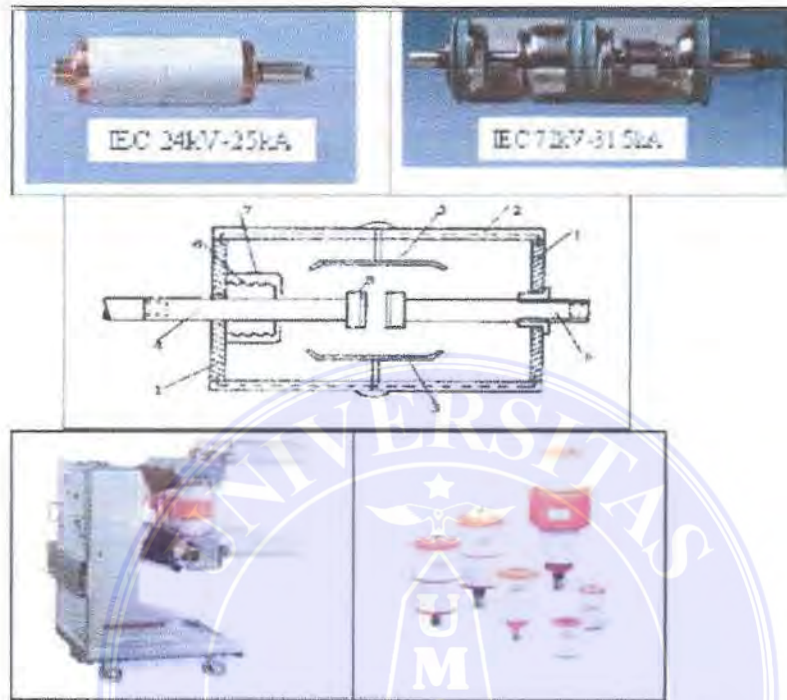
Gambar 2.15.PMT dengan media udara hembus

Prinsip kerja PMT dengan media udara hembus pada keadaan plemlutu tenga masuk, arus mengalir dari terminal pemutus pembantu yang selanjutnya terus melewati kontak tetap pemutus pembantu, kontak bergerak, kotak jari – jari pemutus, penyangga pemutus pembantu, kontak tetap pemutus utama, kontak bergerak pemutus utama, penyangga pemutus utama yang kemudian menuju kontak gerak, kotak tetap pemutus pada sisi berikutnya terus ke penyangga pemutus pembantu, kontak jari – jari pemutus pembantu dan terus keterminal pemutus pembantu. Seperti pada PMT lainnya proses penutupan dan pelepasan PMT adalah dengan cara membuka kontak – konta dari kontak – kontak tetap dengan adanya perubahan tekanan udara didalam ruangan pemutus.

❖ PMT dengan hampa udara (Vacum Circuit Breaker)

PMT jenis hampa udara (vacum circuit breaker) belum banyak digunakan. Kontak – kontak pemutus dari PMT terdiri dari kontak tetap dan kontak bergerak yang ditempatkan didalam ruang hampa udara.ruangan hampa udara ini mempunyai kekuatan dielektrik yang tinggi dan media pemadam busur api yang baik. Bentuk dari PMT hampa udara dapat dilihat pada gambar 2.16.





Gambar 2.16. PMT dengan menggunakan media hampa udara

Prinsip kerja dari PMT hampa udara adalah cara pemutusan busur listrik dilakukan dengan cara memperpanjang busur listrik yang terjadi hingga padam dengan sendirinya. Kontruksi PMT vakum menghindari adanya celah udara sehingga pergeseran bagian yang bergerak dengan bagian yang tetap (statis) yang dapat menimbulkan celah udara dapat dihindari dan sebagai penggantinya digunakan logam fleksibel berbentuk logam.

Pada celah diantara kedua kontak timbul arus berbentuk lingkaran. Kemudian dibangkitkan suatu medan magnet radial. Bersamaan dengan arus yang mengalir melalui busur listrik berputar pada ring kontak dan tertarik keluar sampai akhirnya padam.

### 3. PMT Dengan Media Gas

Media gas yang digunakan pada tipe PMT ini adalah SF<sub>6</sub> (Sulphur Hexaflorida) dimana sifat – sifat dari jenis gas ini adalah tidak berwarna, tidak berbau, tidak beracun dan tidak mudah terbakar. Pada temperatur diatas 150<sup>0</sup>C gas SF<sub>6</sub> mempunyai sifat tidak merusak tenaga pada tegangan tinggi. Sebagai isolasi litrik, gas SF<sub>6</sub> mempunyai kekuatan dielektrik yang tinggi (2,35 kali udara) dan kekuatan dielektrik ini bertambah seiring dengan bertambahnya tekanan. Selain sifat itu sifat dari gas SF<sub>6</sub> adalah mampu mengendalikan kekuatan dielektrik dengan kecepatan, setelah arus hubungan api listrik melalui titi nol.

Pada PMT tipe tekanan tunggal, PMT diisi gas SF<sub>6</sub> dengan tekanan kira-kira 5 Kg/cm<sup>2</sup>. Selama pemisahan kontak – kontak, gas SF<sub>6</sub> ditekan kedalam suatu tabung silinder yang menempel pada kontak – kontak yang bergerak. Pada waktu pemutusan gas SF<sub>6</sub> ditekan melalui nozzle dan tiupan ini akan mematikan busur api.

Fungsi PMT dengan media gas SF<sub>6</sub>

- Pemadam loncatan bunga api
- Isolasi antara bagian bagian yang bertegangan dan bagian bertegangan dengan badan.



Gambar 2.17. Pemutus Tenaga (PMT) pada Gardu Induk Tanjung Morawa Yang menggunakan media pemadam busur api gas SF<sub>6</sub>

#### 2.4.6. Saklar Pemisah (PMS)

Pemisah (PMS) adalah alat yang dipergunakan untuk menyatakan secara visual bahwa suatu peralatan listrik sudah bebas dari tegangan kerja. Oleh karena itu pemisah tidak diperbolehkan dimasukkan ataupun dilepaskan dalam keadaan berbeban. Untuk tujuan tertentu pemisah penghantar atau kabel dilengkapi dengan pemisah tanah. Umumnya antara pemisah penghantar atau kabel dan pemisah tanah terdapat alat yang disebut dengan intercloak. Dengan terpasangnya intercloak ini maka kemungkinan kesalahan operasi dapat dihindarkan.

##### ↓ Macam – macam pemisah

Sesuai dengan fungsinya pemisah dapat dibagi antara lain :

##### 1. Pemisah tanah

Befungsi untuk mengamankan peralatan dari sisa tegangan yang timbul sesudah SUTT diputuskan atau induksi tegangan dari penghantar atau kabel lain.

##### 2. Pemisah peralatan

Berfungsi untuk mengisolasi peralatan listrik dari peralatan lain yang bertegangan. Pemisah ini harus dimasukkan atau dibuka dalam keadaan tanpa beban.

##### ↓ Penempatan pemisah

Sesuai dengan penempatannya didaerah mana pemisah tersebut di pasang.

PMS dapat dibagi menjadi :

##### 1. Pemisah penghantar / line

Pemisah yang dipasang disisi penghantar

##### 2. Pemisah Rel / Bus

Pemisah yang terpasang disisi rel

##### 3. Pemisah Kopel

Pemisah yang terpasang untuk mengkopel Bus I dengan Bus II

##### 4. Pemisah Bay Capacitor

Pemisah yang terpasang pada Bay Capacitor, untuk menghantarkan atau memutus tegangan Suplay dari Bay Capacitor.



#### 14. Gerakan lengan – lengan Pemisah

Sistem gerakan lengan – lengan pemisah terbagi menjadi beberapa bagian :

##### 1. Pemisah engsel

Dimana gerakanya seperti engsel, bentuk pemisah engsel dapat dilihat pada gambar 2.18



Gambar 2.18. Pemisah Engsel

##### 2. Pemisah putar

Dimana terdapat dua buah kontak diam dan dua buah kontak gerak yang dapat berputar pada sumbunya. Bentuk pemisah putar dapat dilihat pada gambar 2.19



Gambar 2.19. Pemisah putar

##### 3. Pemisah siku

Pemisah ini tidak mempunyai kontak diam, hanyatedapat dua buah kontak gerak yang gerakanya mempunyai sudut  $90^{\circ}$ . bentuk pemisah siku dapat dilihat pada gambar 2.20

Dua kontak gerak



mekanik penggerak  
Gambar 2.20. Pemisah siku

#### 4. Pemisah luncur

Dimana gerakan kontakannya adalah keatas dan kebawah . bentuk pemisah luncur dapat dilihat pada gamabr 2.21



Kontaktor berfungsi sebagai PMS

Tabung PMT

Gambar 2,21, Pemisah luncur 20 KV draw – out

Untuk keperluan pemeliharaan , PMT ini dapat dikeluarkan dari kubikel/sel 20 KV dengan cara menarik keluar secara manual(draw-out).Selesai pemeliharaan , PMT dapat dimasukkan kembali (draw-in) dan pada posisi tertentu kontaktor (berfungsi PMS) akan berhubungan langsung dengan Busbar 20 KV . Namun harus dipastikan terlebih dulu sebelumnya bahwa PMT posisi **Off**.

### 5. Pemisah pantograph

Mempunyai kontak yang terletak pada rel dan kontak gerak yang terletak pada ujung lengan – lengan pantograph. Bentuk pemisah pantograph dapat dilihat pada gambar 2.22



Gambar 2.22. pemisah pantograp

- Tenaga penggerak

Tenaga penggerak pemisah dapat dibagi atas penggunaannya :

#### 1. Secara Manual

Pengoperasian PMS ini (mengeluarkan / memasukkan) secara manual dengan memutar / menggerakkan lengan yang sudah terpasang permanen.

Mekanik penggerak secara manual



PMS 150 KV posisi masuk



### 2.4.7. Power Line Carrier

Power Line Carrier adalah suatu saluran telekomunikasi yang biasanya dipergunakan PLN dimana saluran udara tegangan tinggi adalah sebagai sarana pembawa dari suatu carrier frekuensi tinggi, dengan kata lain bahwa carrier frekuensi tinggi ditumpang[angkan pada penghantar yang bertegangan tinggi seolah – olah penghantar tersebut berfungsi sebagai antenna disamping tugasnya yang pokok untuk mentransfer daya / tenaga listrik dari suatu tempat ketempat lain.

Selain keuntungan dari Power Line Carrier terdapat juga kerugian diantaranya:

1. Frekuensi spectrum terbatas
2. Terpengaruh oleh noise dari power line

Oleh karena itu adanya kerugian diatas maka Power Line Carrier memerlukan beberapa peralatan yang menunjang kinerja agar dapat beroperasi dengan baik, adapun peralatan tersebut adalah:

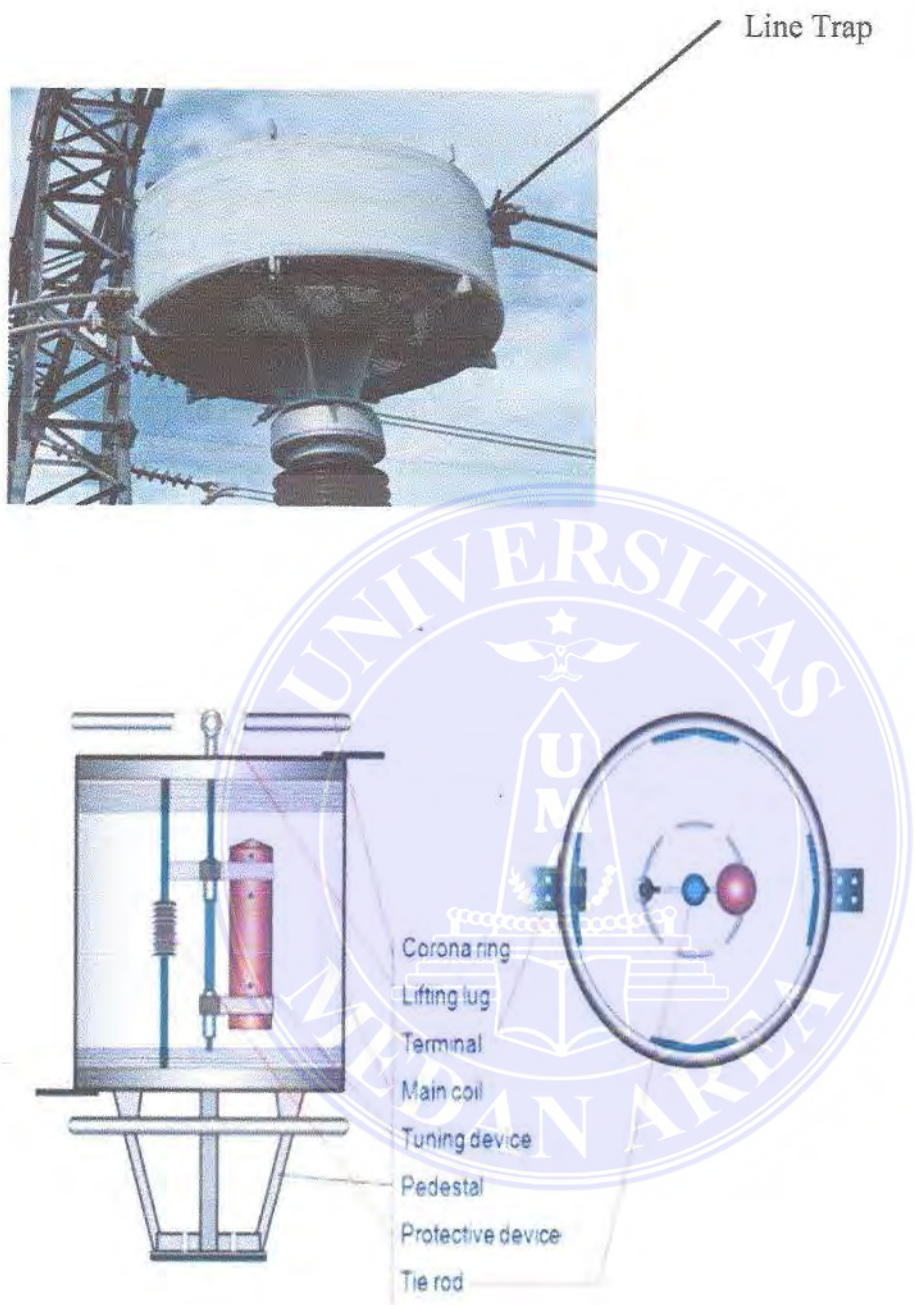
1. *Wave Trap*
2. *Coupling Capacitor*

### 2.4.8. Line Trap (Wave Trap)

Wave trap disebut juga dengan Line trap atau Blocking coil. Wave trap dipasang secara seri dengan saluran transmisi .

Adapun fungsi utamanya adalah untuk memblokir untuk sedemikian rupa frekuensi tinggi baik yang dipancarkan oleh PLC terminal maupun frekuensi yang datang dari stasiun lawannya, agar tidak mengalir ke peralatan gardu induk atau pembangkit transformator, alat- alat pengukur ke panel kontrol yang dihubungkan ke tanah .

Wave trap terbuat dari suatu kumparan yang mampu menahan energi pada High Frequency (HF), tetapi harus mampu dilewati oleh Low Frequency (LF) yang mana dapat membentuk resonansi parallel yang akan mempunyai impedansi maksimum pada frekuensi resonansinya. bentuk wave trap dapat dilihat pada gambar 2.2



Gambar 2.23. Wave trap atau Line trap



### 2.4.9. Busbar (Rel Daya)

Energi listrik yang dihasilkan generator ke suatu rel daya yang di namakan busbar, dari sisi daya tersebut didistribusikan dan disalurkan ke setiap beban melalui rel pembagi dengan kata lain busbar merupakan tempat penghubung dari pembangkit ke saluran transmisi atau beban. Jenis dan rel daya yang digunakan Gardu Induk Tamora adalah *single busbar* sistem dan *double busbar* sistem.

Beberapa tipe busbar dalam sistem tenaga listrik adalah:

#### 1. Single busbar system (sistem busbar tunggal)

Pada sistem ini semua transformator, generator dan feeder yang ada dalam pembangkit dihubungkan pada busbar rel daya tunggal adalah sistem rel daya tunggal adalah sistem rel daya yang paling sederhana, karena menggunakan satu rel saja.

Keuntungan rel daya tunggal adalah :

- Bentuk sederhana
- Kebutuhan peralatan dan ruang sederhana
- Harganya murah

Kelemahan rel daya tunggal adalah:

- Pada saat pemeliharaan dan perbaikan rel daya akan mengakibatkan terjadinya pemutusan total saluran rangkaian yang terhubung pada rel daya tersebut.
- Pada saat pemeliharaan dan perbaikan pemutus daya akan terjadi pemutus daya bersangkutan.

#### 2. Double Busbar Sistem ( Sistem Rel Daya Ganda)

Rel daya ganda terdiri dari dua rel, tetapi yang terpakai terdiri dari suatu rel daya saja, yaitu rel daya pertama sebagai rel utama dan rel daya kedua sebagai cadangan, dimana masing-masing saluran masuk dan salurankeluar dihubungkan pada kedua rel melalui daya pemutus saklar pemisah. Pada operasi normal hanya satu rel saja yang digunakan atau kedua rel beroperasi pada saat yang terpisah. Di Gardu Induk Tanjung Morawa menggunakan sistem rel daya ganda karena mempunyai beberapa keuntungan.



#### Keuntungan rel daya ganda:

- Pada saat pemeliharaan, perbaikan atau perluasan salah satu rel tidak terjadi pemutusan pelayanan.
- Mempunyai beberapa variable operasi.
- Pemulihan pelayanan makin cepat bila terjadi gangguan pada rel daya.

#### Kerugian rel daya ganda:

- Adanya kemungkinan salah operasi.
- Kebutuhan peralatan dan ruang yang banyak.
- Membutuhkan biaya yang lebih banyak.

#### 3. Rel daya ring

Instalasi rel daya ring mempunyai rel yang ujung – ujungnya bersambung , sehingga membentuk ring dan kedua rangkaian dihubungkan dengan pemutus daya bagian.

#### Keuntungan rel daya ring:

- Membutuhkan ruang yang lebih kecil dari rel daya ganda.
- Memiliki keandalan yang lebih tinggi dari rel daya ganda.
- Memiliki factor keamanan dan fleksibilitas yang lebih baik dari rel daya tunggal.

Bentuk busbar (rel daya) Gardu Induk Tanjung Morawa dapat di lihat pada gambar 2.24.



Gambar 2.24. Busbar (Rel Daya) Gardu Induk Tanjung Morawa

#### 2.4.10. Isolator

Isolator saluran udara merupakan isolasi yang memisahkan konduktor daya dari bumi. Isolator dipasang atau di gantung pada bim (travess cross arm) struktur pendukung sedangkan konduktor daya dipasang pada jepit isolator. Isolator pada umumnya dibuat dari porselen, glass dan plastic. Pada umumnya berfungsi sebagai isolasi tegangan titik antara kawat penghantar dengan tiang.

Pada isolator gantung umumnya dilengkapi dengan:

- Tanduk busbar  
Berfungsi untuk melindungi isolator dari dari tegangan surja.
- Cincin perisai (Grading ring)  
Fungsi dari pada cincin perisai yaitu meratakan( mendistribusikan) medan listrik dan distribusi tegangan yang terjadi pada isolator.

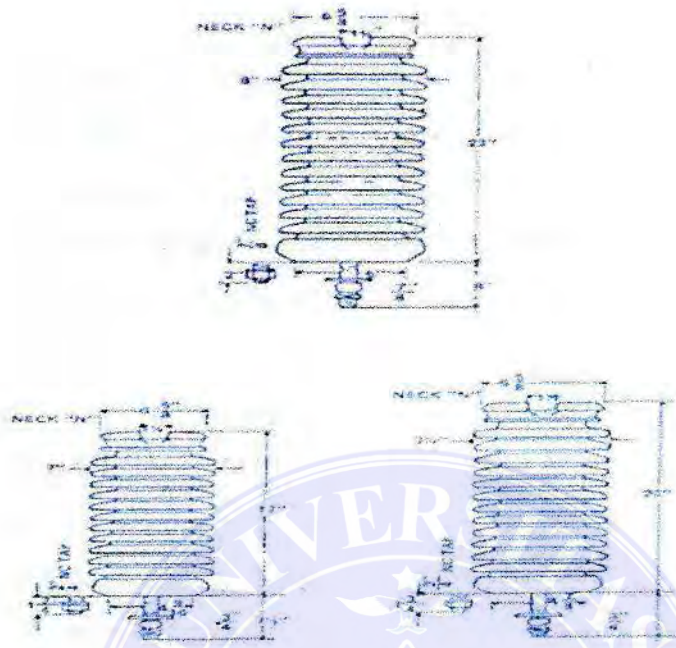
Macam – macam isolator yang dipergunakan pada Saluran Udara tegangan Tinggi (SUTT) adalah sebagai berikut:

- Isolator piring  
Dipergunakan untuk isolator penegang dan isolator gantung, dimana jumlah piringan isolator disesuaikan dengan sistem pada saluran udara tegangan tinggi (SUTT) tersebut. Bentuk isolator piring dapat di lihat pada gambar 2.25.

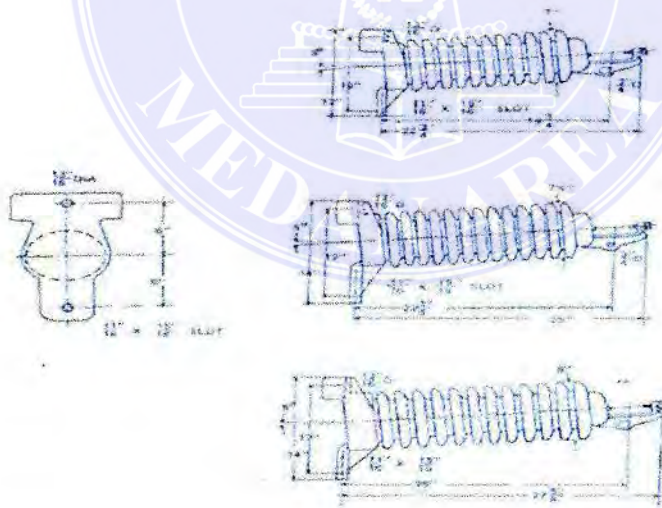


Gambar 2.25. Isolator Piring type Ball dan Socke

- Isolator tonggak saluran vertical  
Bentuk isolator tonggak saluran vertical dapat di lihat pada gambar 2.26.



Gambar 2.26. Isolator tonggak saluran vertical



Gambar 2.27. Isolator Tonggak Saluran Horizontal



### 2.4.11. Baterai

Penggunaan baterai pada gardu induk adalah untuk sistem control dan proteksi. Baterai adalah suatu alat yang menghasilkan energi listrik dengan proses kimia, dimana berupa susunan dari sel atau hanya satu sel saja. Tiap sel terdiri dari elektroda positif dan elektroda negative serta zat elektrolit.

Sumber arus searah digunakan untuk sistem kontrol dan proteksi untuk menjamin kontinuitas dalam keadaan normal dan keadaan gangguan. Bateriaio yang digunakan di gardu induk adalah :

- Baterai timah hitam
- Baterai alkalin

ada dua macam sumber tenaga untuk kontrol diddalam gardu induk yaitu sumber arus searah da sumber arus bolak – balik. Sumber tenaga yang untuk kontrol selalu harus mempunyai keandalan stabilitas yang tinggi. Karena peryaratan ilmiah dipakai baterai sebagai sumber arus searah. Kapasitas baterai ditentukan dengan memperhitungkan semua faktor yang menyangkut penurunnya selama dipakai, perubahanya olejh perubahan suhu dan jatu tegangan, keperluan kapasitas yang diperlukan dengan memperkiraan beban terputus – putus (continious intermittent load) yang harus dilayani selama terputusnya pelayanan normal, serta lamanya pemutusan pelayanan ( biasanya 1-3 jam).

Dalam kondisi normal, batteray berfungsi sebagai back up dari rectifier (batteray charger) untuk supply tegangan dc pada perlatan di Gardu Induk. Bila terjadi gangguan pada rectifier kehilangan tegangan supply AC, maka batteray berperan sebagai pensupply tegangan DC sesuai dengan waktu dari persentase Kapasitas Batteray, artinya batteray mempunyai kapasitas 200 Ah dan mempunyai persentase kemampuan kapasitas 100% maka dalam kondisi battteray tidak charging, mamapu memberikan supply DC selama 5 (lima) jam dengan besaran arus beban 40 Ampere.

#### 2.4.12. Panel Kontrol

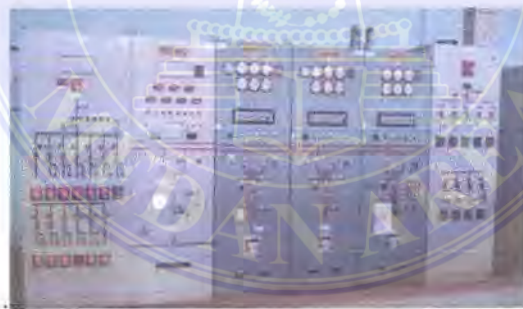
panel kontrol terdiri dari panel instrument dan panel operasi, pada panel instrument terpasang alat – alat ukur indicator. Pada panel operasi terpasang saklar operasi dari PMT dan PMS serta lampu – lampu indicator posisi saklar dan diagram sel.

Jenis – jenis panel :

##### 1. Panel Utama

Terdiri dari panel instrument dan panel operasi. Pada panel instrument terpasang alat – alat ukur indicator gangguan, dari ini alat – alat tersebut dapat diawasi dalam keadaan beroperasi.

Pada panel operasi terpasang saklar operasi dari pemutus tenaga, pemisah serta lampu indikator posisi saklar dan diagram rail. Diagram rail (mimic bus), saklar dan lampu indikator diatur letak dan hubungannya sesuai dengan rangkaian yang sesungguhnya sehingga keadaannya dapat dilihat dengan mudah. Bentuk panel utama / panel operasi dapat dilihat pada gambar 2.28.



Gambar 2.28. Panel kontrol penghantar 150 kv dan Panel kontrol Bay Couple Bus 150 kv

##### 2. Panel Rele

Panel – panel ini terpasang rele – rele untuk proteksi, indicator gardu induk transformator dan lain – lain. Bekraja rele dapat diidentifikasi dari bendera rele dan indicator panel rele. Dengan mencatat rele yang bekerja dan indikasi yang muncul dapat diidentifikasi gangguan yang terjadi.

### 2.4.13.Sistem Pentanahan Titik Netral

Pentanahan titik netral suatu sistem dapat melalui kumparan petersen.

Tahanan atau langsung yang berfungsi untuk menyalurkan arus gangguan phas ketanah yang berfungsi untuk menyalurkan arus gangguan phasa ketanah pada sistem. Arus yang melalui pentanahan merupakan besaran ukur untuk alat proteksi. Pada trafo sisi primernya yang ditanahkan dan sisi sekundernya juga ditanahkan maka gangguan fhas ke tanah disisi primer selalu dirasakan dan begitu juga sebaliknya. Sistem yang digunakan di Gardu Induk Namorambe adalah sistem pentanahan titik netral.





## **BAB III**

### **SISTEM PROTEKSI**

#### **3.1. Umum**

Gardu induk dalam suatu sistem tenaga sangat penting perannya, karena itu untuk menjaga kelangsungan kerja dari peralatan tersebut maka diperlukan proteksi peralatan. Proteksi peralatan gardu induk adalah suatu sistem pengamanan yang dilakukan kepada peralatan peralatan listrik yang terpasang didalam instalasi gardu induk kondisi abnormal operasi sistem itu sendiri. Kondisi abnormal dapat berupa antara lain :

1. Hubung singkat
2. Tegangan lebih
3. Beban lebih
4. Frekuensi sistem rendah

Didalam usaha untuk meningkatkan keandalan penyediaan energi listrik, maka keberadaan sistem pengamanan yang memadai tidak dapat dihindari.

#### **3.2. Fungsi Dan Peranan Sistem Pengaman**

Fungsi sistem pengamanan dalam suatu sistem tenaga listrik ialah merasakan dan mengukur adanya gangguan pada bagian sistem dan segera otomatis membuka pemutus beban untuk memisahkan peralatan atau bagian sistem yang terganggu dengan maksud untuk menghindarkan kerugian atau kerusakan yang lebih besar.

Relay bekerja secara membandingkan besaran – besaran yang diterimanya (yaitu arus, tegangan, daya, sudut fasa, frekuensi, impedansi, dan sebagainya) terhadap besaran – besaran yang telah ditetapkan. Kemudian mengambil keputusan untuk seketika ataupun dengan perlambatan waktu membuka pemutus beban, ataupun hanya memberi tanda tanpa membuka pemutus tenaga.

### 3.3.Persyaratan Untuk Sistem Pengaman

Dalam hal terjadinya gangguan sistem pengaman dan menghindarkan kerugian yang lebih besar, tetapi dapat juga terjadi sebaliknya bila siste pengaman bekerja tidak benar misalnya bila sistem tersebut tidak merasakan bahwa ada gangguan pada jaringan tenaga listrik, sehingga sebagai pengaman sistem tersebut gagal bekerja. Sistem pengaman yang bekerja terlalu cepat tetapi tidak mengetahui lokasi terjadinya gagguan juga dapat menimbulkan kerugian karena bagian yang semestinya tidak padam akan menjadi paham.

Relay pengaman sebagai bagian dari sistem pengaman, harus dapat merasakan adanya gangguan berapa pun kecilnya gangguan serta dapat bekerja dengan cepat. Dalam keadaan jaringan tenaga listrik beroperasi normal, sistem pengaman tidak boleh bekerja karena tidak dibutuhkan untuk bekerja. Namun dapat saja sistem tersebut bekerja sendiri oleh sebab – sebab yang tidak dikehendaki. Hal yang sedemikian tidak boleh terjadi.

Sebagai pengaman yang andal relay harus memenuhi syarat – syarat relay, yaitu :

1. Dapat diandalkan (reliable)

Bila terjadi gangguan, maka relay tidak boleh gagal kerja dan tidak boleh salah kerja.

2. Selektive

Relay dapat mendeteksi lokasi gangguan dalam daerah pengamanya dan memberi perintah untuk memisahkan hanya daerah yang terganggu saja.

3. Cepat kerja

Relay harus cepat bekerja untuk mencegah kerusakan peralatan listrik yang diamankanya. Relay tidak boleh bekerja melebihi *critical clearing time*, untuk mencegah ketidakstabilan system.

4. Peka

Relay harus dapat membedakan antara gangguan dan beban



maksimum dan harus dapat membedakan antara arus gangguan dan ayunan beban. Relay harus dapat mendeteksi gangguan pada awal terjadinya gangguan.

5. Ekonomis

Biarpun dengan biaya yang sekecil – kecilnya diharapkan relay proteksi mempunyai kemampuan pengaman yang sebesar- besarnya.

6. Sederhana

Perangkat relay proteksi di syaratkan memmpunyai bentuk yang sederhana dan fleksibel.

### 3.4. Jenis – Jenis Reley dan Cara Kerjanya

#### 1. Reley Arus Lebih

Reley arus lebih itu reley yang berfungsi untuk melindungi sistem dari gangguan arus leib, misalnya arus hubung singkat. Rele baru bekerja setelah arus yang mengalir melebihi setting relenya. Relay arus lebih diset lebih tinggi supaya tidak melebihi arus beban lebih (over load). Penyetelan (setting) waktunya untuk dikoordinasikan dengan reley lebih pada bagian yang lain, misalnya rele arus lebih pada feeder. Rele arus lebih dapat dipasang pada sisi tegangan tinggi, sisi tegangan rendah atau pada keduanya sekaligus. Rele arus lebih mempunyai bermacam – macam karakteritik kerja arus waktu.

#### 2. Rele Tegangan Kurang

Rele ini berfungsi untk melindungi sistem serta mendeteksi turunya sistem tegangan sampai dibawah harga yang di izinkan (relay ini bekerja apabila sebelum rele loss of field bekerja).

#### 3. Rele Tegangan Lebih

Rele ini berfungsi untuk melindungi sistem dari tegangan lebih. Dan terpasang di titik netral generator atau trafo tegangan yang dihubungkan segetiga



terbuka untuk mendeteksi gangguan stator hubungan tanah Proteksi dengan rele tegangan lebih dipakai terutama pada generator dimana untuk mendeteksi tegangan lebih yang dapat terjadi akibat beban hilang secara mendadak.

#### 4. Rele Differential

Rele ini bekerja berdasarkan perbandingan antara arus masuk dan arus keluar pada daerah yang dilindunginya. Rele ini digunakan untuk mengamankan peralatan listrik seperti generator, transformator daya, penghantar atau feeder yang pendek, dan busbar terhadap gangguan hubung singkat antara fasa.

Untuk sistem dimana arus hubung singkat satu fasa ke tanah cukup besar dapat juga diamankan oleh rele differensial.

#### 5. Rele Jarak

Relai jarak atau distance relay digunakan sebagai pengamanan utama (main protection) pada suatu sistem transmisi, baik SUTT maupun SUTET, dan sebagai cadangan ataupun backup untuk seksi didepan. Relai jarak bekerja dengan mengukur besaran impedansi ( $Z$ ), dan transmisi dibagi menjadi beberapa daerah cakupan pengamanan yaitu Zone -1, Zone -2, dan Zone -3, serta dilengkapi juga dengan teleproteksi (TP) sebagai upaya atau agar proteksi bekerja selalu cepat dan selektif didalam daerah pengamannya. Rele jarak ini terdiri dari tiga zone yaitu zone 1, zone 2 dan zone 3. Zone – zone ini mencakup :

1. Zone 1 mencakup 80% pertama dari panjang saluran.
2. Zone 2 mencakup 20% dari panjang Zone 1. Waktu tundanya setelah 0,5 sampai 1 detik.

Syarat utama bagi rele jarak agar rele dapat bekerja dengan baik, maka secara keseluruhan harus mempunyai sifat – sifat khusus sebagai berikut :

1. Dapat menentukan arah letak gangguan yang terjadi .
2. Dapat menentukan daerah letak gangguan apakah didalam atau diluar daerah proteksi.

3. Dapat membedakan antara gangguan atau ayunan daya. Misalnya pada gagguan hubung singkat, umumnya terdapat tahanan yang bersifat resistif.
  4. Dapat mencegah masuknya beban maksimum.
- Data reley jarak yang digunakan pada gardu induk Titi kuning yaitu :

### 6. Reley Bucholz

Rele ini dipasang diantara tangki transformator dan konservator. Rele ini memberikan indikasi alarm kalau terjadi gangguan didalam transformator yang relatif kecil dan akan memberikan sinyal *tripping* kalau gangguan yang terjadi didalam transformator cukup serius. Rele ini terdiri dua elemen pada ruang kecil yang terletak dipipa hubung antara konservator dan tangki transformator. Pada saat terjadi gangguan, maka timbul apans yang diakibatkan oleh arus gangguan. Sebagian minyak transformator pada tangki menguap dan menghasilkan gas. Gas tersebut kemudian berkumpul diruang bagian atas dan mengalir ke konservator. Apabila besarnya gas mencapai suatu harga tertentu, maka gas menekan pengapung rele sehingga kontak air raksa bagian atas akan terhubung. Akibatnya alarm akan berbunyi memberikan tanda bahwa didalam transformator terjadi gangguan.

Rele bucholz berfungsi untuk mendeteksi gangguan didalam transformator yang menimbulkan gas yang diakibatkan oleh :

- a. Hubung singkat antara lilitan dalam phasa.
- b. Hubung singkat anantara phasa
- c. Hubung singkat anantara phaa ke tanah.
- d. Busur api listrik antara laminasi.
- e. Busur api listrik karena kontak yang kurang baik.

### 7. Reley Suhu

Rele suhu digunakan unutup mengamankanya transformator dari kerusakan akibat adanya suhu yang berlebihan. Ada dua macam rele suhu pada transformator, yaitu :

- Rele Suhu Minyak

Rele ini dilengkapi dengan sensor yang dipasang pada minyak isolasi transformator.



Pada saat transformator bekerja memindahkan daya dari sisi primer ke sisi sekunder, maka akan timbul panas pada minyak isolasi, akibat rugi daya maupun danya gangguan pada transformator. Rele ini mendeteksi adanya panas tersebut dan apabila panas yang ditimbulkan mencapai harga tertentu, maka rele akan memberi sinyal operasi pada sistem pendingin.

- Rele Suhu Kumparan

Rele ini hampir sama dengan rele suhu minyak. Perbedaanya terletak pada sensornya. Sensor rele suhu yang dipasang pada kumparan – kumparan transformator.

### 8.Reley Penutup Balik (*Auto Recloser*)

*Recloser* mulai bekerja saat mendapat tegangan positif dari rele, yaitu ketika rele bekerja memberikan perintah trip ke CB. Elemen yang start adalah DT (*Dead Time Delay Elemen*). Setelah beberapa waktu elemen DT menutup kontaknya dan memberi perintah mauk ke CB dan menggerakkan elemen BT (*Blocking Time Delay Relay*). Elemen BT segera membuka rangkain kumparan penutup CB coil bias recluse. Setelah beberapa waktu sesuai dengan settingnya elemen BT akan reset yang berarti DT dapat bekerja kembali siap unrtik nmelakukan reclosing kembali.

Bedasarkan atas perintah reclosing ke PMT dapat dibedakan atas dua jenis reclosing relay, yaitu :

1. *Single shot recclosing relay*

Relay hanya dapat memberikan perintah reclosing relay ke PMT satu kali baru dapat melakukan reclosing setelah waktu reclosing berakhir.

2. *Multi shot recclosing relay*

Relay hanya dapat memberi perintah reclosing pada PMT lebih dari satu kali. Dead Time antara reclosing berbeda – beda.



### 3.5 Proteksi Sistem Transmisi

Perlindungan saluran transmisi mempunyai peranan penting dalam perlindungan sistem daya, karena saluran transmisi merupakan elemen vital suatu jala – jala yang menghubungkan stasion pembangkit pada pusat – pusat beban. Juga karena panjangnya jarak yang harus direntangi saluran transmisi diatas daerah terbuka, saluran transmisi merupakan sasaran utama dari sebagian gangguan yang terjadi pada sistem daya. Sistem perlindungan paling sederhana pada tegangan sistem daya. Sistem perlindungan paling sederhana pada sistem yang terendah terdiri dari sekering yang berperan sebagai kombinasi pemutus rangkaian.

### 3.6. Proteksi Busbar

Busbar merupakan salah satu bagian yang penting pada sistem tenaga listrik dimana seluruh daya yang disupply dari pusat pembangkitan terlebih dahulu harus melalui busbar dan seterusnya disalurkan keluar.

Jadi busbar memerlukan proteksi untuk melindungi peralatan dari segala macam gangguan yang dapat merusak peralatan listrik yang ada pada busbar.

Jenis busbar yang dipakai yaitu :

- Single busbar
- Double busbar

Gangguan yang sering terjadi pada busbar adalah hubung singkat ket6anah satu fasa hal ini disebabkan karena pecahnya isolator pendukung busbar. Pada gardu induk Namorambe memiliki proteksi busbar.

Adapun rele – rele yang digunakan antara lain :

1. Rele arus lebih
2. Rele gangguan tanah

### 3.7. Proteksi Transformator Daya

Transformator sebagai peralatan yang paling utama dalam gardu induk, sangat memerlukan sistem proteksi yang benar – benar baik, sehingga transformator dapat selalu bekerja dalam kondisi yang aman dan normal terhindar dari kerusakan akibat gangguan baik dalam maupun dari luar jenis – jenis sistem proteksi yang terdapat pada transformator daya adalah :

#### 1. Rele Bucloz

Rele ini berfungsi untuk mendeteksi dan mengamankan terhadap gangguan didalam trafo yang menimbulkan gas. Gas yang timbul diakibatkan oleh :

- a. Hubung singkat antar lilitan dalam phasa,
- b. Hubung singkat antara phasa,
- c. Hubung singkat anantara phasa ke tanah,
- d. Busur api listri antar laminasi,
- e. Busur api listrik karena kontak yang kurang baik.

#### 2. Pengaman Tekanan lebih (eksplolive membrane / pressure relief vent)

Alat ini berupa membrane yang dibuat dari kaca, plastik, tembaga atau katub berpegas, berfungsi sebagai pengaman tangki trafo terhadap katup berpegas, berfungsi sebagai pengaman tangki (yang pecah pada tekanan tertentu) dan kekuatannya lebih rendah dari kekuatan tangki trafo.

#### 3. Rele Tekanan lebih (sudden pressure relay)

Rele ini berfungsi hampir sama seperti rele bucholz, yakni pengaman terhadap gangguan didalam trafo. Bedanya rele ini hanya bekerja oleh kenaikan tekanan gas yang tiba – tiba dan langsung menjatuhkan PMT.

#### 4. Rele differensial

Berfungsi mengamankan trafo dari gangguan didalam trafo antara lain flashover antara kumparan dengan kumparan atau kumparan dengan tangki atau belitan dengan belitan didalam kumparan ataupun beda kumparan.



5. Rele arus lebih

Berfungsi mengamankan trafo dari arus yang melebihi dari arus yang telah diperkenankan lewat dari trafo tersebut dan arus lebih ini dapat terjadi oleh karena beban lebih atau gangguan hubung singkat.

6. Rele tangki tanah

Berfungsi untuk mengamankan trafo bila ada hubung singkat antara bagian yang bertegangan dengan bagian yang tidak bertegangan pada trafo.

7. Rele hubung tanah

Berfungsi untuk mengamankan trafo bila terjadi gangguan satu fasa ke tanah.

8. Rele termis

Berfungsi untuk mencegah / mengamankan trafo dari kerusakan isolasi kumparan, akibat adanya panas lebih yang ditimbulkan oleh arus lebih. Besaran yang diukur didalam rele adalah kenaikan computer.

### 3.8. Proteksi Pada Penyulang (Feeder)

Penyulang merupakan jaringan distribusi yang langsung berkaitan dengan konsumen. Maka agar kontinuitas pelayanan pada konsumen tetap terjaga. Proteksi pada feeder – feeder sangat menentukan. Apalagi persentase gangguan pada jaringan distribusi tergolong cukup besar.

Sumber gagguan pada saluran distribusi 20 KV sebagian besar karena pengaruh luar. Sumber gagguan pada saluran distribusi berurutan menurut intensitasnya adalah disebabkan oleh :

- Petir, pohon
- Kegagalan isolasi atau kerusakan peralatan dan saluran.
- Hujan dan cuaca.
- Binatang dan benda – benda asing.
- Dan lain – lain.



Macam – macam gangguan pada saluran distribusi 20 KV ini dapat dibagi atas dua kelompok :

1. Gangguan yang bersifat, yang dapat hilang dengan sendirinya atau dengan memutuskan sesaat bagian yang terganggu dari sumber tegangan.
2. Gangguan yang bersifat permanen, dimana untuk membebaskan diperlukan tindakan perbaikan dengan gangguan lainnya misalnya gangguan yang disebabkan oleh kerusakan alat.

Dari gambaran fisik diatas, maka gangguan pada saluran distribusi yang disebabkan oleh alam antara lain :

1. Gangguan hubung tanah (antara kawat fasa biasanya disebabkan oleh petir, pohon). Gangguan tanah pada saluran distribusi ini paling sering dan kejadiannya sekitar 80% dari total gangguan lainnya. Gangguan yang disebabkan oleh petir biasanya bersifat tempore / tidak permanen, kecuali bila petir tersebut menimbulkan kerusakan pada alat.
2. Gangguan hubung ingkat dua fas atau lebih gangguan ini dapat terjadi sebagai akibat dari gangguan yang pertama diatas.

Jenis – jenis Rele pada penyulang tegangan menengah.

- Untuk proteksi gangguan
- Rele arus lebih (over current relay)
  - Ground fault relay (over voltage relay)
  - Rele beban lebih (over load relay)
  - Rele arus lebih dengan arah (directional over current relay)
    - Untuk Keandalan Sistem
    - Rele frekuensi kurang (under frequency relay)
    - Rele penutup balik (reclousing relai )
    - Ground fault relay yang berfungsi untuk memproteksi SUTM/SKTM dari gangguan hubung singkat antara fasa ke tanah

- Rele beban lebih (over load relay) berfungsi untuk memproteksi SKTM dari kondisi beban lebih.
- Rele arus lebih berarah (directional OCR) berfungsi untuk memproteksi SUTM terhadap gangguan anatra fasa atau tiga fasa dan hanya bekerja pada satu arah saja karena rele ini dapat membedakan arah arus gangguan.
- Rele frekuensi rendah (under frekuensi relay) berfungsi untuk melepas SUTM/SKTM bila terjadi penurunan frekuensi.
- Rele penutup balik (reclousing relay) berfungsi untuk menormalkan kembali SUTM akibat gangguan hubung singkat yang temporer.

### 3.9. Sistem Pembumian

Fungsi dari pembumian gardu induk adalah untuk membatasi tegangan yang timbul antara peralatan dengan tanah dan meratakan gradien tegangan yang timbul pada permukaan tanah akibat arus gangguan. Batas tegangan yang didizinkan adalah tegangan yang cukup aman bagi operator yang berada diukur sekitar atau didalam gardu induk.

Faktor – faktor yang menentukan suatu sistem pembumian gardu induk adalah

1. Besar arus gangguan satu fasa ketanah.
2. Luas tanah yang dipergunakan untuk pembangunan gardu induk.
3. Tahanan jenis tanah dimana gardu induk tersebut dibangun.
4. Bentuk, ukuran dan jenis konduktor yang digunakan sebagian konduktor pembumian.

Sistem pembumian pada gardu induk biasanya menggunakan konduktor yang ditanam secara horizontal dan grid. Konduktor pembumian terbuat dari bahan tembaga yang mempunyai konduktivitas yang tinggi, terbuat dari kawat tembaga dengan luas penampang 150 mm dan mempunyai kemampuan arus hubung singkat ke tanah sebesar 25 KA selama satu detik.



Konduktor ditanam sedalam kira –kira 30 sampai 80 cm.

Pembumian netral sistem umumnya dilaksanakan dengan beberapa metode antara lain :

1. Pembumian melalui tahanan (resistance grounding)

Bila dibandingkan dengan pembumian melalui induktansi, nilai resistansi yang dipakai guna pembumian adalah tinggi. Hal ini adalah guna mengurangi rugi – rugi ohms yang terjadi pada resistansi itu. Nilai resistansi biasanya diatur sedemikian rupa, sehingga arus hubung singkat dibatasi lebih kurang 25% dari arus beban penuh. Pembumian dengan resistansi mengurangi masalah masalah yang timbul dengan arus – arus busur yang terjadi dan memungkinkan untuk secara langsung memutuskan arus gangguan gangguan tanah.

2. Pembumian melalui induktansi

Untuk menghindari terjadinya arus – arus busur bumi pada gangguan tanah, titik netral dihubungkan dengan bumi melalui suatu induktansi. Nilai induktansi ini diatur sedemikian rupa sehingga harga  $I_g = I_1$ , sehingga busur bumi akan dinetralisir. Misalkan  $V_f$  merupakan tegangan fasa yang sehat selama terjadinya gangguan akan memiliki nilai sebesar  $V_f \times \sqrt{3}$ , jika  $C$  merupakan nilai kapasitansi tiap fasa terhadap bumi, maka arus yang terjadi akan berjumlah  $3V_f \omega C$ . Bila  $L$  merupakan induktansi antara titik netral dengan bumi maka :

$$I_f = 3V_f \omega C \text{ atau } L = \frac{1}{3} \omega^2 C$$

Penggunaan pembumian induktansi akan mengurangi interupsi yang disebabkan gangguan – gangguan fasa ke bumi yang transien. Juga akan berkurang kecendrungan gangguan fasa – fasa tunggal ke bumi untuk berkembang menjadi gangguan dua fasa atau tiga fasa. Pembumian melalui induktansi tidak boleh dipergunakan bilamana :

- a. Dipergunakan transformator dengan titik netral yang tidak sepenuhnya terisolasi.



- b. Otot transformator dengan rasio tegangan yang melebihi 0,95
3. Pembumian tanpa impedansi (solid grounding)
- Suatu sistem tenaga listrik dengan titik netral yang dihubungkan langsung secara solid dengan bumi terlihat pada gambar. Misalkan terjadi hubungan tanah pada fasa t ditempat A sebagaimana terlihat digambar. Titik nol dan apitan fasa t berada pada potensial bumi. Vektor terbalik dari  $V_t$  terlihat pada diagram fasor gambar. Tegangan dari fasa ke fasa yang sehat tidak berubah sebagaimana tampak pada diagram phasor.



## BAB IV KEGIATAN KERJA PRAKTEK

### 4.1.Lembar Kegiatan

#### 4.1.1. Foto Kegiatan Kerja Praktek









Pekerja tengah memasang Trafo



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Setelah menyelesaikan kerja praktek di PT. PLN (Persero) UIP3B Sumatera Unit Pelayanan Transmisi (UPT) Medan Jaringan Dan Gardu Induk Tanjung Morawa, diperoleh kesimpulan:

1. Untuk keandalan dan keselamatan dalam pengoperasian Gardu Induk, maka didalam instalasi Gardu Induk dilengkapi dengan peralatan keamanan (proteksi) yang handal dan efektif, sehingga gangguan yang terjadi dapat diisolasi atau dipisahkan dari bagian jaringan listrik yang tidak terganggu.
2. Tipe pemutus tenaga dengan media gas SF<sub>6</sub> mempunyai sifat pemadaman yang baik dibandingkan pemutus tenaga lainnya, karena sifatnya yang tidak berwarna, tidak berbau, tidak mudah terbakar, dan tidak beracun.
3. Dari setiap pemutusan tenaga listrik dengan tegangan dan arus operasi yang besar selalu diikuti dengan terjadinya busur api. Besar busur api tergantung pada besar arus yang diputuskan, dan hal ini dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada kontak-kontak pemutus tenaga, untuk itu busur api yang terjadi harus dipadamkan dilengkapi dengan komponen busur api dengan media-media pemadaman tertentu.

#### **5.2. Saran**

1. Pemeliharaan secara berkala pada seluruh peralatan gardu induk gunakepentingan kerja optimal daripada gardu induk itu sendiri.
2. Pengecekan sistem pembumian secara berkala merupakan langkah yang baik dalam menjaga keamanan dan keselamatan di gardu induk.

3. Kabel tanah : hal ini perlu digunakan untuk menghindari saat terjadi petir
4. Sistem jaringan listrik yang baik: hal ini baik digunakan pada saat terjadinya arus singkat maka akan dapat dengan segera diketahui akar masalah dalam pnenagananya.





## DAFTAR PUSTAKA

Sarimun .N.MT.,Wahyudi. *Proteksi System Distribusi Tenaga Listrik*.Depok, Garamond.2012

Sitompul S.T.,M.T., Carlos,Rumiasih ST.,MT., *Praktikum Sistem Poteksi TL 122610*.Polsri. 2012.

Tim penyusun.*Buku Petunjuk Batasan Operasi Dan Pemeliharaan Peralatan Penyaluran Tenaga Listrik, Jakarta*. PT.PLN (PERSERO).2009

<http://arrester.wordpress.com/2011/06/03/klaasifikasi-tenaga-circuit-breaker/>(diakses 05 april 2014 pukul: 13.30 WIB)

<http://ilmulistrik.com/media/pemadam-busur-api-pada-pemutus-tenaga-circuit-breaker.html>(diakses 05 april 2014 pukul : 13.30 WIB)

Arismunandar, A.,dan Kuwara,S.,*Teknik Tegangan Tinggi jilid II*. Jakarta.PT.Pradnya.1993.