

LAPORAN KERJA PRAKTEK

DI

PT.PLN P3B SUMATERA

GARDU INDUK KUALANAMU

SISTEM PROTEKSI PADA PEMISAH TENAGA (PMS)

DISUSUN OLEH :

Freddy Silitonga

NPM :13.812.0008



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2018

LAPORAN KERJA PRAKTEK

DI

PT.PLN P3B SUMATERA

GARDU INDUK KUALANAMU

SISTEM PROTEKSI PADA PEMISAH TENAGA (PMS)

DISUSUN OLEH :

Freddy Silitonga

NPM :13.812.0008



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2018

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Kerja Praktek dengan judul “Sistem Proteksi Pada PMS”

Yang dipersiapkan dan disusun oleh
FREDDY SILITONGA
NIM : 138120008

Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Medan Area

Telah berhasil diperiksa dan diterima sebagai
bagian persyaratan yang diperlukan untuk Pelaksanaan Kerja Praktek
pada tanggal 21 Desember 2016.

Mengetahui
Kepala Program Studi Teknik Elektro



Syarifah Muthia Putri, ST,MT

Nilai

Bt.

Mengesahkan
Dosen Pembimbing



Mhd Fadlan Siregat, ST,MT

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuha Yang Maha Esa ayng telah melimpahkan rahmat dan karunianya yang penuh dengan ilmu kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan laporan kerja praktek di Gardu Induk Kualanamu.

Penulisan laporan kerja praktek ini syarat untuk mahasiswa dalam menyelesaikan studinya di Fakultas Teknik Program studi Teknik Elektro Universitas Medan Area. Pada saat penyelesaian laporan Kerja Praktek ini, penulis telah banyak memperoleh bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Maka pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terimakasih tulus kepada :

- a. Bapak Fadlan Siregar ST,MT, sebagai dosen pembimbing I yang telah memberikan waktu, bimbingan, pengarahan, masukan dalam penyelesaian Laporan Kerja Praktek.
- b. Teristimewa kepada kedua orang tua yang selalu memberi dukungan, doa, nasehat dan materi yang sangat membantu dalam penyelesaian laporan kerja praktek.
- c. Seluruh Staff Teknik Universitas Medan Area yang banyak memberi bantuan kepada penulis
- d. Rekan-rekan mahasiswa yang selalu memberi dukungan semangat kepada penulis.

Atas bantuan, bimbingan dari dosen pembimbing, Rekan-rekan, staff Universitas Medan Area, orang-orang yang telah banyak mendukung dalam pengerjaan laporan ini serta memberi masukanya dan fasilitas yang telah diberikan kepada penulis. Penulis mengharapkan didalam penyusunan laporan ini kritik dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan laporan ini. Semoga laporan Kerja Praktek ini dapat berguna bagi penulis dan pembaca yang memerlukanya.

Medan, 13 Agustus 2018

Freddy Silitonga

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Kerja Praktek	1
1.2. Tujuan Kerja Praktek	2
1.3. Sejarah Umum Perusahaan Listrik Negara	3
1.4. Sejarah Singkat PT. PLN (Persero) P3B SUMATERA	5
1.5. Struktur Organisasi PT. PLN (Persero)P3B Sumatera Gardu Induk Kuala Namu.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Pengertian Gardu Induk	7
2.2. Klasifikasi Gardu Induk	7
2.2.1. Menurut Pemasangan Peralatan	7
2.2.2. Menurut Tegangan	9
2.2.3. Menurut Fungsinya.....	9
2.3. Fasilitas dan Peralatan Gardu Induk	11
2.3.1. Transformator Daya	11
2.3.2. Alat Pengubah Phasa	13
2.3.3. Peralatan Penghubung	14
2.3.4. Panel hubung	16
2.3.5. Baterai	17
2.3.6. Alat Pelindung.....	18
2.3.7. Peralatan Lain-lain	18
2.3.8. Bangunan (Gedung) Gardu Induk	18
2.4. Transformator.....	19
2.4.1. Bagian Utama Transformator	19

2.4.2. Jenis-Jenis Transformator.....	22
2.5. Terjadinya Petir.....	22
2.5.1. <i>Initial leader</i> (Lidah Mula).....	23
2.5.2. <i>Return Stroke</i> (Sambaran Kembali).....	24
2.5.2. <i>Multiple Stroke</i> (Terkaman Yang berulang-ulang).....	24
2.6. Arrestor.....	26
2.6.1. Prinsip Kerja Arrestor	27
2.6.2. Jenis- Jenis Lightning Arrestor	29
2.7. Karakteristik Arrestor.....	34
2.7. Penempatan Arrestor	35
BAB III METODE PENELITIAN.....	36
3.1. Lokasi Kerja Praktek.....	36
3.2. Waktu dan Jadwal Kerja Praktek	36
3.2.1. Waktu Kerja Praktek	36
3.2.2. Jadwal Kerja Praktek	36
BAB IV PEMELIHARAAN PEMISAH.....	33
4.1. In Service/ Visual Inspection	45
4.2. In Service Measurement.....	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	54
5.1. Kesimpulan	69
5.2. Saran	70

DAFTAR PUSTAKA

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang Kerja Praktek

Sarana penyediaan listrik dilandaskan suatu penemuan dalam suatu pengembangan dari konversi energi mekanis menjadi listrik, fenomena listrik ini telah memasuki segi kehidupan manusia dan dianggap wajar bila manusia modern mengetahui prinsip-prinsip tenaga listrik.

Energi listrik merupakan salah satu bentuk energy yang mempunyai banyak kelebihan-kelebihan dari energy yag lain, yaitu antara lain :

- Dapat disalurkan dengan kecepatan sangat tinggi
- Dapat dikonversiakn kedalam bentuk energy lain dengan sangat efisien dan mudah

Oleh karena itu energy listrik sampai saat ini banyak memegang peranan yang dominan dalam memenuhi kebutuhan energy listrik untuk rumah tangga, usaha, industri, serta kegiatan social seperti rumah sakit, rumah ibadah, dan lainnya, dalam perannya mendorong kegiatan ekonomi, sebagai penunjang kemajuan pembangunan bangsa dan negara.

Pemakain energi listrik dari tahun ke tahun di Indonesia khususnya Sumatera Utara terus meningkat, sesuai dengan perkembangan beban dengan bertmbahnya konsumen listrik untuk perusahaan besar maupun kecil.Kesemuanya itu tidak terlepas dari peranan Gardu Induk sebagai subsistem system kelistrikan.

Peralatan-peralatan pada Gardu Induk dioperasikan sebagai penyaluran listrik, maka segala sesuatu yangn terjadi pada perlatan secara konvensional

akibatnya berpengaruh terhadap kehandalan kontinuitas pelayanan kepada konsumen (pemakai) tenaga listrik.

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta era globalisasi yang sedari dilakukan oleh bangsa-bangsa didunia dengan merubah aspek-aspek kehidupan dunia. Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi didunia telah bertukar informasi dalam waktu yang relative singkat, hal ini mengakibatkan manusia tidak mengenal batas negara, bangsa, social dan budaya.

Seiring dengan perkembangan zaman dan kemajuan teknologi, terutama didalam memasuki abad ke-21 ini, maka tuntutan-tuntutan akan sumber manusia yang berkualitas semakin meningkat. Tidak dapat dipungkiri bahwa perkembangan teknologi sangat mempengaruhi perekonomian bangsa dan juga dunia usaha pada saat ini.

Untuk mengimbangi perkembangan teknologi yang semakin hari semakin pesat, dibutuhkan sumber daya manusia yang tidak saja memiliki kemampuan/kecakapan yang baik tetapi juga memiliki karakter atau kepribadian yang baik, disiplin yang sangat tinggi dan intelektual yang baik.

Ilmu pengetahuan dan teknologi mendorong Negara-Negara di dunia menuju kearah Negara industri. Banyaknya industri yang bermunculan menuntut manusia untuk menguasai ilmu pengetahuan dan teknologi terutama dibidang elektro.

Universitas Medan Area jurusan Teknik Elektro, sebagai salah satu fakultas yang mengelola di bidang disiplin ilmu, mempersiapkan sarjana-sarjana elektro yang siap memasyarakatkan atau menerapkan ilmu pengetahuan dan

teknologi (IPTEK) untuk menyongsong era pembangunan sekarang ini terutama dalam sektor yang berhubungan dengan bidang elektro dan elektronika.

1.2. Tujuan Kerja Praktek

Penulisan laporan ini dibuat setelah melaksanakan Kerja Praktek, adapun tujuan kerja praktek ini adalah :

1. Secara teoritis bertujuan untuk membandingkan teori-teori dalam perkuliahan dengan praktek nyata di lapangan.
2. Mengetahui secara langsung pemisah (PMS).
3. Mempelajari dan mengamati jenis-jenis pemisah yang digunakan pada tegangan tinggi 150 kV.
4. Mengetahui cara pengoperasian pada pemisah (PMS)
5. Mengetahui sistem pengamanan pada pemisah (PMS)

1.3. Sejarah Umum Perusahaan Listrik Negara (PLN)

Sejarah Ketenagalistrikan di Indonesia dimulai pada akhir abad ke-19, ketika beberapa perusahaan Belanda mendirikan pembangkit tenaga listrik untuk keperluan sendiri. Pengusahaan tenaga listrik tersebut berkembang menjadi untuk kepentingan umum, diawali dengan perusahaan swasta Belanda yaitu NV. NIGM yang memperluas usahanya dari hanya di bidang gas ke bidang tenaga listrik. Masa Kolonial Hindia Belanda Kelistrikan di Hindia Belanda dimulai pada tahun 1897 ketika perusahaan listrik pertama yang bernama *Nederlandche Indische Electriciteit Maatschappij* (NIEM atau Perusahaan Listrik Hindia Belanda), yang merupakan perusahaan yang berada di bawah N.V. *Handelsvennootschap* yang sebelumnya bernama *Maintz & Co.*

Perusahaan ini berpusat di Amsterdam, Belanda. Di Batavia, NIEM membangun PLTU di Gambir di tepi Sungai Ciliwung. PLTU berkekuatan 3200+3000+1350 kW tersebut merupakan pembangkit listrik tenaga uap pertama di Hindia Belanda dan memasok kebutuhan listrik di Batavia dan sekitarnya. Saat ini PLTU tersebut sudah tidak ada lagi. NIEM berekspansi ke Surabaya dengan mendirikan perusahaan gas yang bernama Nederlandsche Indische Gas Maatschappij (NIGM) hingga akhir abad XIX. Pada tahun 1909, perusahaan ini diberi hak untuk membangun beberapa pembangkit tenaga listrik berikut sistem distribusinya ke kota-kota besar di Jawa. Selama Perang Dunia II berlangsung, perusahaan-perusahaan listrik tersebut dikuasai oleh Jepang dan setelah kemerdekaan Indonesia, tanggal 17 Agustus 1945, perusahaan-perusahaan listrik tersebut direbut oleh pemuda-pemuda Indonesia pada bulan September 1945 dan diserahkan kepada Pemerintah Republik Indonesia.

Pada tanggal 27 Oktober 1945, Presiden Soekarno membentuk Jawatan Listrik dan Gas, dengan kapasitas pembangkit tenaga listrik saat itu sebesar 157,5 MW. Tanggal 1 Januari 1961, Jawatan Listrik dan Gas diubah menjadi BPU-PLN (Badan Pimpinan Umum Perusahaan Listrik Negara) yang bergerak dibidang listrik, gas dan kokas. Tanggal 1 Januari 1965, BPU-PLN dibubarkan dan dibentuk 2 perusahaan negara yaitu Perusahaan Listrik Negara (PLN) yang mengelola tenaga listrik dan Perusahaan Gas Negara (PGN) yang mengelola gas.

Saat itu kapasitas pembangkit tenaga listrik PLN sebesar 300 MW. Tahun 1972, Pemerintah Indonesia menetapkan status Perusahaan Listrik Negara sebagai Perusahaan Umum Listrik Negara (PLN). Tahun 1990 melalui Peraturan Pemerintah No. 17, PLN ditetapkan sebagai pemegang kuasa usaha

ketenagalistrikan. Tahun 1992, pemerintah memberikan kesempatan kepada sektor swasta untuk bergerak dalam bisnis penyediaan tenaga listrik. Sejalan dengan kebijakan di atas, pada bulan Juni 1994 status PLN dialihkan dari Perusahaan Umum menjadi Perusahaan Perseroan (Persero).

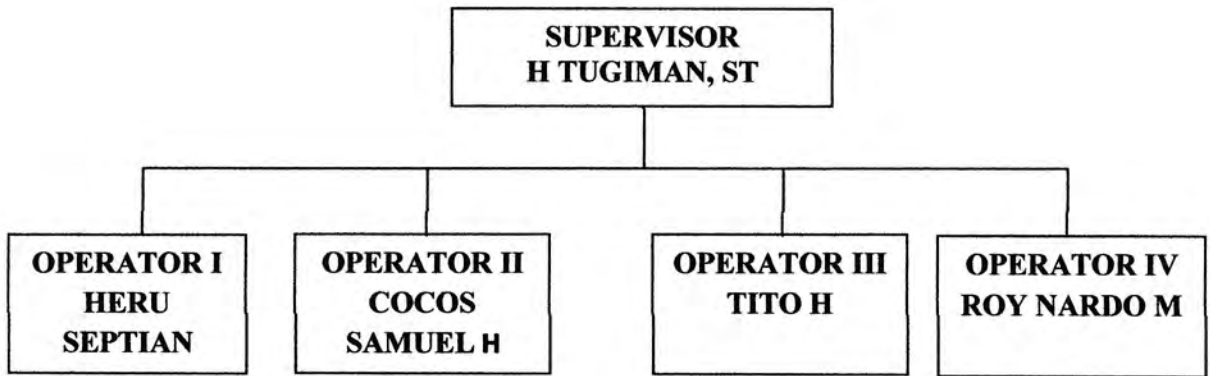
1.4 Sejarah Singkat PT PLN (PERSERO) P3B Sumatera

Perusahaan Listrik Negara Sumbagut Sektor Kualanamu merupakan suatu perusahaan jasa yang melayani kebutuhan masyarakat dalam menyediakan energy listrik. PLN kualanamu terbentuk akibat gabungan dengan beberapa perusahaan listrik swasta milik pemerintahan Belanda yang dinasionalisasikan sejak tahun 1945, serta berhasil diselesaikan pada tahun 1958.

Semakin berkembangnya dan luasnya pengusaha tenaga listrik di daerah Sumatera Utara, oleh Menteri Pekerjaan Umum dan Tenaga Kerja PLN Eksploitasi I dipecah menjadi PLN Eksploitasi XIII, mengusahaan tenaga listrik di daerah Aceh dan Eksploitasi mengusahaan di Sumatera Utara. Berdasarkan peraturan menteri no. 13/PK/1975 sebelum daerah Eksploitasi dirubah menjadi PT PLN (persero) kitlur Sumbagut Sektor Glugur, PLN pada umumnya menggunakan PLTD dan tahun 1982 di Sumatera Utara menggunakan PLTG.

1.5 Struktur Organisasi PT PLN (Persero) P3B Sumatera SUMATERA

GARDU INDUK KUALANAMU



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Gardu Induk

Gardu Induk merupakan suatu instalasi yang terdiri dari sekumpulan peralatan listrik yang disusun menurut pola tertentu dengan pertimbangan teknis, ekonomis serta keindahan.

Fungsi dari Gardu Induk adalah sebagai berikut :

- a. Mentransformasikan tenaga listrik tegangan tinggi yang satu ketegangan yang lainnya atau tegangan menengah.
- b. Pengukuran pengawasan operasi serta pengaturan pengamanan dari sistem tenaga listrik.
- c. Pengaturan daya ke gardu-gardu lainnya melalui tegangan tinggi dan gardu distribusi melalui feeder tegangan menengah.

Pada dasarnya gardu induk terdiri dari saluran masuk dan dilengkapi dengan transformator daya, peralatan ukur, peralatan penghubung dan lainnya yang salingmenunjang.

2.2. Klasifikasi Gardu Induk

Gardu induk dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam, yaitu :

2.2.1. Menurut Pemasangan Peralatan

Berdasarkan Pemasangan peralatan, Gardu induk dapat dibedakan menjadi 4 macam yaitu :

1. Gardu Induk Pasang Luar

Gardu induk jenis pasangan luar terdiri dari peralatan tegangan tinggi pasangan luar. Pasangan luar yang dimaksud adalah diluar gedung atau bangunan. Walaupun ada beberapa peralatan yang lain berada di dalam gedung, seperti peralatan panel kontrol, meja penghubung (*switch board*) dan baterai. Gardu Induk jenis ini ini memerlukan tanah yang begitu luas namun biaya konstruksinya lebih murah dan pendinginannya murah.

2. Gardu Induk Pasangan Dalam

Disebut Gardu induk pasangan dalam karena sebagian besarperalatannya berada dalam suatu bangunan. Peralatan ini seperti halnya pada gardu induk pasangan luar. Dari transformator utama, rangkaian switchgear dan panel kontrol sertabatere semuanya.

Jenis pasangan dalam ini dipakai untuk menjaga keselarasan dengan daerah sekitarnya dan untuk menghindari bahaya kebakaran dan gangguan suara.

3. Gardu Induk Setengah Pasangan Luar

Sebagian dari peralatan tegangan tingginya terpasang di dalam gedung dan yang lainnya dipasang diluar dengan mempertimbangkan situasi dan kondisi lingkungan. Karena konstruksi yang berimbang antara pasangan dalam dengan pasangan luar inilah tipe gardu induk ini disebut juga gardu induk semi pasangan dalam.

4. Gardu Induk Pasangan Bawah Tanah

Hampir semua peralatannya terpasang dalam bangunan bawah tanah. Hanya alat pendinginan biasanya berada diatas tanah, dan peralatan-peralatan yang tidak memungkinkan untuk ditempatkan di bangunan bawah tanah.

1. Gardu Induk Pasang Luar

Gardu induk jenis pasangan luar terdiri dari peralatan tegangan tinggi pasangan luar. Pasangan luar yang dimaksud adalah diluar gedung atau bangunan. Walaupun ada beberapa peralatan yang lain berada di dalam gedung, seperti peralatan panel kontrol, meja penghubung (*switch board*) dan baterai. Gardu Induk jenis ini ini memerlukan tanah yang begitu luas namun biaya konstruksinya lebih murah dan pendinginannya murah.

2. Gardu Induk Pasangan Dalam

Disebut Gardu induk pasangan dalam karena sebagian besarperalatannya berada dalam suatu bangunan. Peralatan ini sepertihalnya pada gardu induk pasangan luar. Dari transformator utama, rangkaian switchgear dan panel kontrol sertabatere semuanya.

Jenis pasangan dalam ini dipakai untuk menjaga keselarasan dengan daerah sekitarnya dan untuk menghindari bahaya kebakaran dan gangguan suara.

3. Gardu Induk Setengah Pasangan Luar

Sebagian dari peralatan tegangan tingginya terpasang di dalam gedung dan yang lainnya dipasang diluar dengan mempertimbangkan situasi dan kondisi lingkungan. Karena konstruksi yang berimbang antara pasangan dalam dengan pasangan luar inilah tipe gardu induk ini disebut juga gardu induk semi pasangan dalam.

4. Gardu Induk Pasangan Bawah Tanah

Hampir semua peralatannya terpasang dalam bangunan bawah tanah. Hanya alat pendinginan biasanya berada diatas tanah, dan peralatan-peralatan yang tidak memungkinkan untuk ditempatkan di bangunan bawah tanah.

Biasanya di bagian kota yang sangat ramai, di jalan-jalan pertokoan dan di jalan-jalan dengan gedung bertingkat tinggi. Kebanyakan gardu induk ini dibangun dibawah jalan raya.

2.2.2. Menurut Tegangan

Berdasarkan tegangan, gardu induk dapat dibedakan menjadi 2 macam yaitu :

1. Gardu induk transmisi

Yaitu gardu induk yang mendapat daya dari saluran transmisi untuk kemudian menyalurkannya ke daerah beban (industri, kota, dan sebagainya). Gardu induk transmisi yang ada di PLN adalah tegangan tinggi 150 KV dan tegangan tinggi 70 KV

2. Gardu distribusi

Yaitu gardu induk yang menerima tenaga dari gardu induk transmisi dengan menurunkan tegangannya melalui transformator tenaga menjadi tegangan menengah (20 KV, 12 KV atau 6 KV) untuk kemudian tegangan tersebut diturunkan kembali menjadi tegangan rendah (127/220 V) atau (220/380 V) sesuai dengan kebutuhan.

2.2.3. Menurut Fungsinya

Berdasarkan fungsinya, gardu induk dapat dibedakan menjadi 5 macam yaitu :

1. Gardu Induk Penaik Tegangan

Merupakan gardu induk yang berfungsi untuk menaikkan tegangan, yaitu tegangan pembangkit (generator) dinaikkan menjadi tegangan sistem. Gardu

Induk ini berada di lokasi 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.

2. 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 di daerah pusat-pusat beban, karena di gardu induk inilah pelanggan (beban) dilayani.

3. 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 dalam keadaan normal.

4. 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 ke kolam utama.

5. Gardu Distribusi

Gardu induk yang menyalurkan tenaga listrik dari tegangan sistem ketegangan distribusi. Gardu induk ini terletak di dekat pusat-pusat beban.

2.3. Fasilitas dan Peralatan Gardu Induk

Agar gardu induk dapat menjalankan fungsi dan tujuannya, maka gardu dilengkapi dengan peralatan serta fasilitas. Secara garis besar, peralatan-peralatan pada gardu induk tersebut adalah sebagai berikut :

2.3.1. Transformator Daya

a. Transformator Daya

Transformator Daya berfungsi untuk mentransformasikan daya listrik, dengan merubah besaran tegangannya sedangkan frekuensinya tetap. Transformator daya juga berfungsi sebagai pengatur tegangan. Trafo daya dilengkapi oleh trafo pentanahan yang berfungsi untuk mendapatkan titik netral dari trafo daya. Perlengkapan lainnya adalah pentanahan trafo yang disebut *Neutral Grounding Resistance (NGR)*



Gambar 2.1 Transformator daya



Gambar 2.2 Neutral Grounding Resistance

b. Neutral Grounding Resistance (NGR)

Neutral Grounding Resistance (NGR) adalah komponen yang dipasang antara titik netral trafo dengan pentanahan. *Neutral Grounding Resistance* (NGR) berfungsi untuk memperkecil arus gangguan yang terjadi.

c. Current Transformer (CT)

Transformator Arus (CT) berfungsi untuk merubah besaran arus, dari arus yang besar ke arus yang kecil. Atau memperkecil besaran arus listrik pada sistem tenaga listrik, menjadi arus untuk sistem pengukuran dan proteksi.



Gambar 2.3 Current Transformer

d. Potential Transformer (PT)

Transformator Tegangan (PT) berfungsi untuk merubah besaran tegangan dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau memperkecil besaran tegangan listrik pada system tenaga listrik, menjadi besaran tegangan untuk pengukuran dan proteksi.



Gambar 2.4 Potential Transformer

2.3.2. Alat Pengubah fasa

Alat pengubah fasa ini dipakai untuk mengatur jatuh tegangan pada saluran atau transformator dengan mengatur daya reaktif, atau untuk menurunkan rugi daya dengan memperbaiki faktor daya. Alat tersebut ada yang berputar, ada yang stationer. Yang berputar adalah kondensator sinkron dan kondensator asinkron. Sedangkan untuk stationer adalah kondensator statis dan reaktor shunt. Yang berputar dipakai untuk fasa terdahulu (*leading*) atau terbelakang (*lagging*) yang dapat diatur secara terus-menerus. Tetapi alat ini sangat mahal dan pemeliharaannya rumit. Alat yang stationer sekarang ini banyak dipakai menggantikan alat yang berputar, sebab teknik pembuatannya telah banyak

mengalami kemajuan pesat, tegangannya dapat diatur tanpa kesulitan dengan penyetelan daya reaktif secara bertingkat mengikuti sistem tenaga listrik.

2.3.3. Peralatan Penghubung

Saluran transmisi dan distribusi dihubungkan dengan gardu induk. Jadi gardu induk ini merupakan tempat pemutusan dari tenaga yang dibangkitkan dari sistem interkoneksi, sistem transmisi, dan distribusi kepada pelanggan. Saluran transmisi dan distribusi ini dihubungkan pada ril (bus) melalui transformator utama, setiap saluran mempunyai pemutus beban (circuit breaker) dan pemisah (*disconnect switch*) pada sisi keluarannya. Pemutus beban ini dipakai untuk memutuskan atau menghubungkan beban bila terjadi gangguan pada saluran transmisi atau alat lain, pemutus beban itu dipakai untuk memutuskan hubungan secara otomatis. Pemutus beban dan pemisah dinamakan peralatan penghubung (*switchgear*).

Peralatan penghubung terbagi dua yaitu :

a. Pemutus Tenaga (PMT)

Berfungsi untuk memutuskan hubungan tenaga listrik dalam keadaangangguan maupun dalam keadaan berbeban dan proses ini harus dilakukan dengan cepat. Pemutus tenaga listrik dalam keadaan gangguan akan menimbulkan arus yang relatif besar, pada saat tersebut pemutus beban bekerja sangat berat. Bila kondisi peralatan pemutus tenaga menurun karena kurangnya pemeliharaan, sehingga tidak sesuai lagi kemampuan dengan daya yang diputuskannya, maka pemutus tenaga tersebut akan dapat rusak (meledak).



Gambar 2.5 Pemutus Tenaga (PMT)

b. Pemisah (PMS)

Pemilihan jenis pemisah (*disconnect switch*) ditentukan oleh lokasi, tatabangunan luar (*outdoor structure*) dan sebagainya. Pada umumnya pemisah tidak dapat memutuskan arus. Meskipun ia dapat memutuskan arus yang kecil, misalnya arus pembangkit Trafo, tetapi pembukaan atau penutupannya harus dilakukan setelah pemutus tenaga lebih dahulu dibuka. Untuk menjamin bahwa kesalahan urutan operasi tidak terjadi, maka harus ada keadaan saling mengunci (*interlock*), antara pemisah dengan pemutus bebannya.

Sesuai dengan fungsi dan kegunaannya, maka PMS dibagi menjadi 2 macam yaitu :

1. Pemisah Tanah, berfungsi untuk mengamankan peralatan dari sisi tegangan yang timbul sesudah SUTT / SUTM diputuskan.
2. Pemisah Peralatan, berfungsi untuk mengisolasi peralatan listrik dari peralatan yang bertegangan. Pemisah ini dioperasikan tanpa beban.



Gambar 2.6 Pemisah (PMS)

2.3.4. Panel Hubung

Panel hubung (meja, switch board) merupakan pusat syaraf sebagai suatu GI. Pada panel hubung inilah operator dapat mengamati keadaan peralatan, melakukan operasi peralatan serta pengukuran-pengukuran tegangan dan arus, daya dan sebagainya.

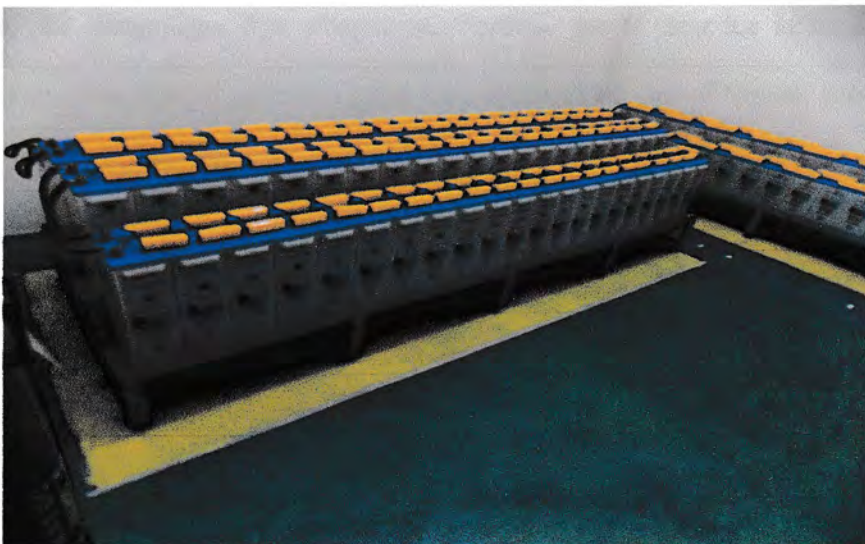
Bila terjadi gangguan, panel hubung ini membuka pemutus beban secara otomatis melalui rele pengaman dan memisahkan bagian yang terganggu. Karena tegangan dan arus tidak dapat diukur langsung pada sisi tegangan tinggi, maka transformator ukur (*instrument*) mengubah menjadi tegangan dan arus rendah, sekaligus memisahkan alat-alat tadi dari sisi tegangan tinggi. Adapun tiga jenis transformator ukur yaitu transformator tegangan, transformator arus, serta transformator tegangan dan arus.



Gambar 2.7 Panel Hubung

2.3.5. Baterai

Sumber tenaga untuk sistem kontrol dan proteksi selalu mempunyai keandalan dan stabilitas yang tinggi, maka baterai dipakai sebagai sumber tenaga kontrol dan proteksi pada gardu induk. Peranan dari baterai sangat penting karena pada saat gangguan terjadi, baterai sebagai sumber tenaga untuk menggerakkan alat-alat kontrol dan proteksi.



Gambar 2.8 Baterai

2.3.6. Alat Pelindung

Alat - alat pelindung (*protective device*) dalam arti luas, disamping pemutus beban dan relepengaman, adalah sebagai berikut :

- Arrester mengamankan peralatan gardu induk terhadap tegangan lebih abnormal yang bersifat kejutan, misalnya kejutan petir.
- Beberapa peralatan netral sering dipakai dititik netral transformator untuk pengamanan pada waktu terjadi gangguan tanah.
- Bila terjadi gangguan (hubung – singkat) tanah atau gangguan petir, potensial tanah dari gardu induk mungkin naik abnormal sehingga membahayakan orang dan binatang yang ada didekatnya atau menyebabkan rusaknya alat. Untuk menghindari resiko seperti ini, ditanamlah penghantar pengtanahan dengan tahanan tanah sekecil mungkin.

2.3.7. Peralatan Lain – Lain

Disamping peralatan diatas, ada peralatan bantu (*auxiliary tool*), seperti : alat pendingin, alat pencuci isolator, batere, pengisi batere, kompresor, sumber tenaga, alat penerangan dan sebagainya. Gardu – gardu yang tua kebanyakan dilengkapi pula dengan peralatan yang diperlukan untuk pemeliharaan, seperti : Ruang bongkar transformator, fasilitas untuk pemindahan transformator, bengkel dan sebagainya.

2.3.8. Bangunan (Gedung) Gardu Induk

Gedung G.I (gardu induk) berbeda – beda tergantung pada skala dan jenis G.I. Pada G.I pemasangan luar, disamping panel hubung dan sumber tenaga untuk kontrol, hanyalah peralatan komunikasi dan kantor yang harus ada di

dalam gedung. Oleh karena itu gedungnya lebih kecil bila dibandingkan dengan gardu induk jenis pemasangan dalam.

2.4 Transformator

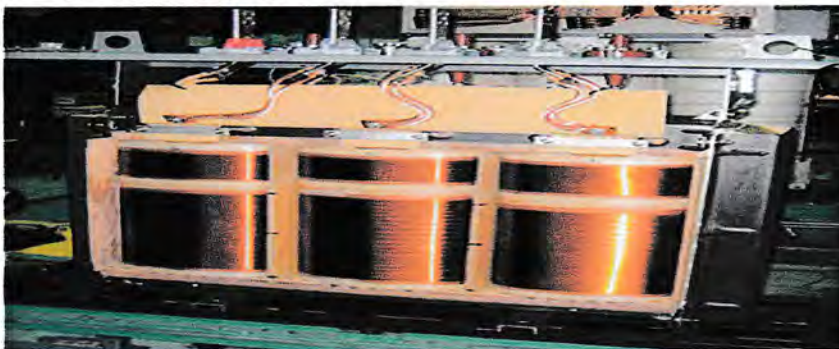
Transformator adalah alat listrik yang dapat memindahkan energi listrik dengan merubah tingkat tegangan dari suatu rangkaian listrik ke rangkaian listrik lain melalui prinsip induksi magnetik tanpa merubah frekuensi. Transformator bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Tegangan masukan bolak-balik yang membentangi primer menimbulkan fluks magnet yang idealnya semua bersambung dengan lilitan sekunder. Fluks bolak-balik ini menginduksikan gaya gerak listrik (ggl) dalam lilitan sekunder. Jika efisiensi sempurna, semua daya pada lilitan primer akan dilimpahkan ke lilitan sekunder.

2.4.1. Bagian Utama Transformator

Bagian utama transformator yaitu sebagai berikut :

1) Inti Besi

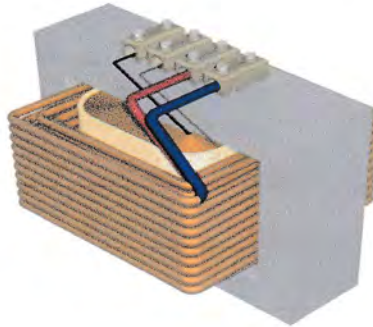
Inti besi berfungsi untuk mempermudah jalan fluksi, yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melalui kumparan. Pada transformator, inti besi dibuat dari lempengan-lempengan besi tipis yang berisolasi, untuk mengurangi panas (sebagai rugi-rugi besi) yang ditimbulkan oleh “Eddy Current”.



Gambar 2.9 Inti Besi Transformator

2) Kumparan

Beberapa lilitan kawat berisolasi akan membentuk suatu kumparan. Kumparan tersebut di-isolasi, baik terhadap inti besi maupun terhadap kumparan lain disebelahnya dengan isolasi padat, seperti karton, pertinax.



Gambar 2.10 Kumparan Transformator

3) Minyak Transformator

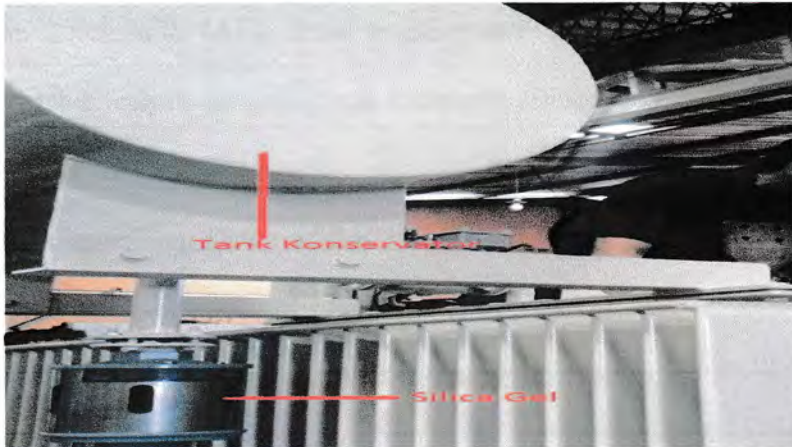
Sebagian besar trafo tenaga, kumparan-kumparan dan intinya direndam dalam minyak trafo, terutama trafo-trafo tenaga yang berkapasitas besar, karena minyak trafo mempunyai sifat sebagai media pemindah panas (di sirkulasi), dan bersifat sebagai isolasi (daya tegangan tembus tinggi), sehingga minyak trafo tersebut berfungsi sebagai media pendingin dan isolasi.



Gambar 2.11 Minyak Transformator

4). Tangki

Pada umumnya bagian-bagian dari trafo yang terendam minyak trafo berada (ditempatkan) dalam tangki. Untuk menampung pemuaian minyak trafo, tangki dilengkapi dengan konservator.



Gambar 2.12 Tangki Transformator

5) Bushing Transformator

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 2.13 Bushing Transformator

2.4.2. Jenis-jenis transformator

Transformator terbagi menjadi 2 jenis, yaitu :

1) Transformator Step Up

Transformator Step Up adalah transformator yang digunakan untuk menaikkan tegangan bolak-balik (AC). Pada transformator ini, jumlah lilitan kumparan sekunder lebih banyak daripada lilitan kumparan primer.

2) Transformator Step Down

Transformator Step Down adalah transformator yang digunakan menurunkan tegangan bolak-balik (AC). Pada transformator ini, jumlah lilitan kumparan primer lebih banyak daripada jumlah lilitan kumparan sekunder.

2.5. Terjadinya Petir

Petir, kilat, atau halilintar adalah gejala alam yang biasanya muncul pada musim hujan di saat langit memunculkan kilatan cahaya sesaat yang menyilaukan. Beberapa saat kemudian disusul dengan suara menggelegar yang disebut guruh. Perbedaan waktu kemunculan ini disebabkan adanya perbedaan antara kecepatan suara dan kecepatan cahaya.

Petir merupakan gejala alam yang bisa kita analogikan dengan sebuah kondensator raksasa, dimana lempeng pertama adalah awan (bisa lempeng negatif atau lempeng positif) dan lempeng kedua adalah bumi (dianggap netral).

Seperti yang sudah diketahui kapasitor adalah sebuah komponen pasif pada rangkaian listrik yang bisa menyimpan energi sesaat (*energy storage*). Petir juga dapat terjadi dari awan ke awan (*intercloud*), dimana salah satu awan bermuatan negatif dan awan lainnya bermuatan positif.

Petir terjadi karena ada perbedaan potensial antara awan dan bumi atau dengan awan lainnya. Proses terjadinya muatan pada awan karena dia bergerak terus menerus secara teratur, dan selama pergerakannya dia akan berinteraksi dengan awan lainnya sehingga muatan negatif akan berkumpul pada salah satu sisi (atas atau bawah), sedangkan muatan positif berkumpul pada sisi sebaliknya.

Jika perbedaan potensial antara awan dan bumi cukup besar, maka akan terjadi pembuangan muatan negatif (elektron) dari awan ke bumi atau sebaliknya untuk mencapai kesetimbangan. Pada proses pembuangan muatan ini, media yang dilalui elektron adalah udara. Pada saat elektron mampu menembus ambang batas isolasi udara inilah terjadi ledakan suara. Petir lebih sering terjadi pada musim hujan, karena pada keadaan tersebut udara mengandung kadar air yang lebih tinggi sehingga daya isolasinya turun dan arus lebih mudah mengalir. Karena ada awan bermuatan negatif dan awan bermuatan positif, maka petir juga bisa terjadi antar awan yang berbeda muatan.

2.5.1. *Initial leader* (Lidah Mula)

Leader dari suatu kilat didahului oleh aliran pengemudi (*pilot streamer*), yang menentukan arah perambatan muatan dari awan ke udara yang ionisasinya rendah. Karena cahayanya lemah, tidak dapat tertangkap oleh *bois camera*. Sesudah *pilot streamer* ini terjadi, akan diikuti oleh titik cahaya yang bergerak secara melompat- lompat, dinamakan *stepped leader*. Kecepatan *stepped leader* kira-kira 105m/detik. Arah tiap-tiap langkah dari *stepped leader* berubah-ubah, sehingga jalannya tidak lurus dan patah-patah.

Ketika lidah kilat menuju bumi, cabang-cabang dari lidah utama akan terbentuk. Bial stepped leader telah dekat dengan bumi, akan terjadi saluran muatan positif dari bumi keawan, karena ada beda potensial yang tinggi.

Saluran muatan positif ini bertemu dengan ujung stepped leader, titik pertemuan ini disebut point of strike, berada 20-70 m diatas permukaan bumi. Waktu dari stepped leader untuk sampai ke permukaan bumi kira-kira.

2.5.2. Return stroke (sambaran kembali)

Ketika lidah kilat mengenai bumi, suatu sambaran kembali yang sangat terang bergerak keatas melalui jalan yang sama. *Return stroke* terjadi karena aliran muatan positif dari bumi ke awan atau aliran muatan negatif dari awan ke bumi.

Sesudah *return stroke* yang pertama, biasanya terjadi sambaran-sambaran berikutnya karena ada bagian lain dari awan mempunyai cukup banyak muatan. Arus pada setiap sambaran rata-rata 20 kA. Arus kilat ini merupakan arus impuls dimana harga puncak dicapai dalam beberapa mikro detik. Tempat-tempat di permukaan bumi yang kena smbaran kilat tergantung dari gradient potensial di bumi, dibawah perjalanan dari stepped leader, disamping tinggi dari tempat tersebut.

2.5.3. Multiple stroke (terkaman yang berulang-ulang)

Sesudah *return stroke* yang pertama, biasanya masih ada pusatmuatan yanglaindiawanuntuk memulaisambaranpetirberikutnya.

Sambaran ini dimulai dengan "*leader*" yang mengikuti jalan yang dilalui oleh *return stroke* sebelumnya.

Adapun ciri-cirinya sebagai berikut:

1. Tidak ada percabangan,
2. Tidak dapat dilihat dengan boys camera,
3. Kecepatannya amat cepat, kira-kira 3% kecepatan cahaya ($C=1000 \text{ rf/udt}$)

Karena ciri-cirinya tidak ada percabangan, ia disebut juga lidah panah (*dart leader*). Dart leader memerlukan waktu 1 mili detik untuk mencapai bumi. Dart leader ini kemudian akan diikuti dengan *returnstroke* berikutnya. Interval antara *return stroke* sebelumnya dengan *dartleader* adalah 40-50 milidetik. Biasanya suatu sambaran petir terdiri dari 4 atau 10 *return stroke*.

Kecepatan dari *stepped leader* kira-kira 0,01-0,7% kecepatan cahaya. Sedang *dart leader* kira-kira 0,13-10% kecepatan cahaya. Pada saat satu pusat muatan, mulai terjadi *stepped leader* yang bergerak menuju bumi. *Stepped leader* hampir mencapai bumi, sementara itu di bumi terjadi saluran muatan positif yang bergerak keatas. Saluran ini akan bertemu dengan *stepped leader* di titik pukulan (*point of strike*). *Return stroke* terjadi, muatan positif bergerak keatas dengan cepat sekali.

Pusat muatan pertama telah terdischarge. Saluran muatan positif berkembang menuju pusat muatan kedua. Discharge antara pusat muatan pertama dengan yang kedua. Dart leader bergerak menuju bumi melalui jalan yang telah dilalui oleh *return stroke* tadi. Terjadi *return stroke* yang kedua. Discharge terjadi antara bumi dengan muatan negatif dibagian bawah dari awan.

2.6. Arrester

Arrester adalah suatu peralatan listrik yang berfungsi untuk melindungi peralatan listrik terhadap tegangan lebih akibat surja petir dan surja hubung serta mengalirkan arus surja ke tanah.

Pada umumnya pusat pembangkit tenaga listrik menyalurkan energinya melalui saluran transmisi udara dimana saluran transmisi tenaga listrik yang terpasang di udara ini sangatlah rentan terhadap gangguan yang disebabkan oleh sambaran petir. Sambaran petir ini akan menghasilkan gelombang berjalan (Surja Tegangan) pada saluran transmisi dan pada akhirnya dapat masuk kepusat pembangkit tenaga listrik.

Gelombang berjalan (surja tegangan) selain dihasilkan oleh gangguan petir, juga dapat terjadi karena adanya pembukaan dan penutupan pemutus tenaga listrik (*Open Closing Circuit Breaker*) atau adanya *switching* pada jaringan tenaga listrik. Pada sistem Tegangan Ekstra Tinggi (TET) yang besarnya di atas 350 kV-500 kV untuk standar tranmisi udara tegangan ekstra tinggi/SUTET di Indonesia), surja tegangan ini lebih banyak disebabkan oleh *switching* tenaga listrik pada jaringan dibandingkan yang disebabkan oleh gangguan petir.

Saluran udara yang keluar dari pusat pembangkit listrik merupakan bagian instalasi pusat pembangkit listrik yang paling rawan sambaran petir dan karenanya harus diberi lightning arrester. Selain itu, lightning arrester harus berada di depan setiap transformator dan harus terletak sedekat mungkin dengan transformator.

Hal ini perlu karena pada petir yang merupakan gelombang berjalan menuju ke transformator akan melihat transformator sebagai suatu ujung terbuka

(karena transformator mempunyai isolasi terhadap bumi/tanah) sehingga gelombang pantulannya akan saling memperkuat dengan gelombang yang datang. Berarti transformator dapat mengalami tegangan surja dua kali besarnya tegangan gelombang surja yang datang. Untuk mencegah terjadinya hal ini, lightning arrester harus dipasang sedekat mungkin dengan transformator.

Arrester ini akan bekerja pada tegangan tertentu di atas dari tegangan operasi yang berfungsi untuk membuang muatan listrik dari surja petir dan berhenti beroperasi pada tegangan tertentu di atas tegangan operasi agar tidak terjadi arus pada tegangan operasi. Perbandingan dua tegangan ini disebut juga rasio proteksi arrester. Tingkat isolasi bahan arrester harus berada di bawah tingkat isolasi bahan transformator agar apabila sampai terjadi *flashover*, maka *flashover* diharapkan terjadi pada arrester dan tidak pada transformator.

Rating arus arrester ditentukan dengan mempelajari statistik petir setempat. Misalnya di suatu tempat mempunyai data statistik yang menyatakan probabilitas petir yang terbesar adalah 15 kA, maka rating arrester yang dipilih adalah 15 kA.

2.6.1. Prinsip Kerja Arrester

Pada prinsipnya arrester membentuk jalan yang mudah dilalui oleh petir, sehingga tidak timbul tegangan lebih yang tinggi pada peralatan. Pada kondisi normal arrester berlaku sebagai isolasi tetapi bila timbul surja, arrester berlaku sebagai konduktor yang berfungsi melewatkan aliran arus yang tinggi ke tanah. Setelah itu hilang arrester harus dengan cepat kembali menjadi isolator.

Batas atas dan bawah dari tegangan percikan ditentukan oleh tegangan sistem maksimum dan oleh tingkat isolasi peralatan yang dilindungi. Sering kali masalah ini dapat dipecahkan hanya dengan menerapkan cara – cara khusus pengaturan tegangan (*voltage control*) oleh karena itu sebenarnya arrester terdiri dari tiga unsur diantaranya yaitu :

1. Sela api (*spark gap*)
2. Tahanan kran atau tahanan katup (*valve resistor*)
3. Sistem pengaturan atau pembagian tegangan (*grounding system*)

Jika hanya melindungi isolasi terhadap bahaya kerusakan karena gangguan dengan tidak memperdulikan akibatnya terhadap pelayanan, maka cukup dipakai sela batang yang memungkinkan terjadinya percikkan pada waktu tegangannya mencapai keadaan bahaya.

Dalam hal ini, tegangan sistem bolak – balik akan tetap mempertahankan busur api sampai pemutus bebannya dibuka. Dengan menyambung sela api ini dengan sebuah tahanan, maka mungkin apinya dapat dipadamkan. Tetapi bila tahanannya mempunyai harga tetap, maka jatuh tegangannya menjadi besar sekali sehingga maksud untuk meniadakan tegangan lebih tidak terlaksana, dengan akibat bahwa maksud melindungi isolasi pun gagal.

Oleh sebab itu dipakailah tahanan kran (*valve resistor*), yang mempunyai sifat khusus bahwa tahanannya kecil sekali bila tegangannya dan arusnya besar. Proses pengecilan tahanan berlangsung cepat sekali yaitu selama tegangan lebih mencapai harga puncaknya. Tegangan lebih dalam hal ini mengakibatkan penurunan drastic dari pada tahanan sehingga jatuh tegangannya dibatasi meskipun arusnya besar.

Bila tegangan lebih habis dan tinggal tegangan normal, tahanannya naik lagi sehingga arus susulannya dibatasi kira – kira 50 ampere. Arus susulan ini akhirnya dimatikan oleh sela api pada waktu tegangan sistemnya mencapai titik nol yang pertama sehingga alat ini bertindak sebagai sebuah kran yang menutup arus, dari sini didapatkan nama tahanan kran.

Pada arrester modern pemandangan arus susulan yang cukup besar (200 – 300 A) dilakukan dengan bantuan medan magnet. Dalam hal ini, maka baik amplitude maupun lamanya arus susulan dapat dikurangi dan pemadamannya dapat dilakukan sebelum tegangan system mencapai harga nol.

Dapat ditambahkan bahwa arus susulan tidak selalu terjadi tiap kali arrester bekerja, ada tidaknya tergantung dari saat terjadinya tegangan lebih. Hal ini dapat dimengerti karena arus susulan itu justru dipadamkan pada arus nol yang pertama atau sebelumnya.¹⁰

2.6.2. Jenis-Jenis Lightning Arrester

Berdasarkan Letak Pemasangan, Arrester dibagi menjadi 3 bagian yaitu:

a. Arrester GIS (*Gas Insulated Switchgear*)

Gardu Induk GIS (*Gas Insulated Switchgear*) adalah suatu gardu induk yang semua peralatan - peralatan switchgearnya berisolasikan gas SF-6 , karena sebagian besar peralatannya terpasang di dalam gedung.



Gambar 2.14 Arrester di GIS

b. Arrester Saluran Transmisi

Arrester ini dipasang baik parallel dengan insulator pada tower (umumnya disertai dengan spark gap) atau dipasang pada konduktor sebagai pengganti damper dilengkapi dengan *disconnector switch*.



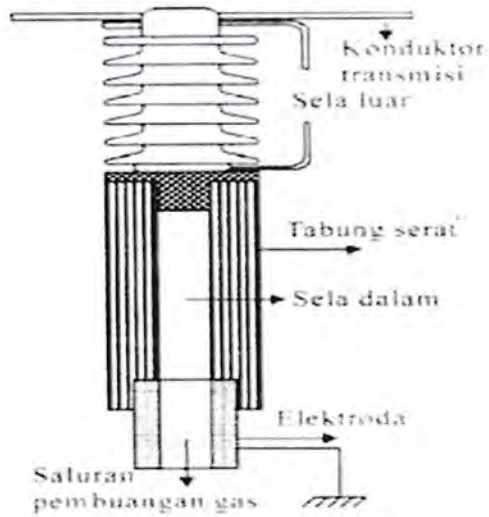
Gambar 2.15 Arrester di Saluran Transmisi

Sementara untuk arrester tanpa spark gap, dipasang pada konduktor terhubung ke ground, dilengkapi dengan *disconnector switch* yang akan bekerja bila telah terjadi arus di atas nilai nominalnya, arrester line jenis ini juga dilengkapi dengan counter sehingga memudahkan proses monitoring.

c. Arrester Gardu Induk

Merupakan Arrester kebanyakan yang terpasang di Gardu Induk, menurut material penyusun housing, material Gardu Induk dibedakan menjadi:

1. insulator porselen
2. insulator polimer



Gambar 2.16 Lightning Arrester di Gardu Induk

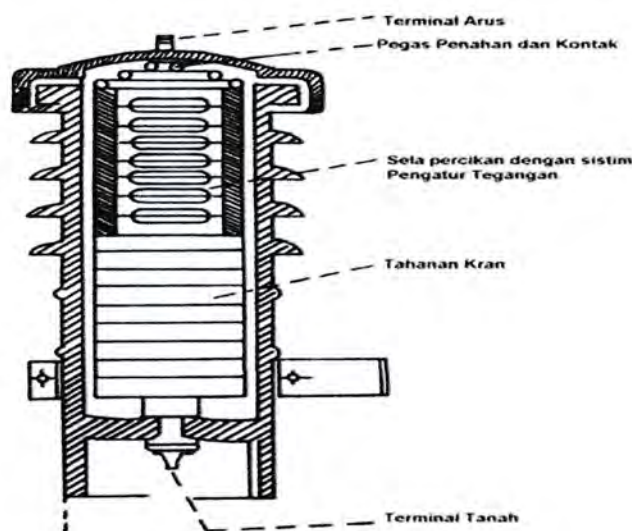
Adapun jenis-jenis arrester dikelompokkan menjadi dua yaitu sebagai berikut:

1) Arrester jenis ekspulsi atau tabung pelindung (*Protector Tube*)

Pada prinsipnya terdiri dari sela percik yang berada dalam tabung serat dan sela percik yang berada diluar diudara atau disebut juga sela seri. Bila ada tegangan surja yang tinggi sampai pada jepitan arrester kedua sela percik, yang diluar dan yang berada didalam tabung serat, tembus seketika dan membentuk jalan penghantar dalam bentuk busur api. Jadi arrester menjadi konduktor dengan impedansi rendah dan melalukan surja arus dan arus daya sistem bersama – sama. Panas yang timbul karena mengalirnya arus petir menguapkan sedikit bahan tabung serat, sehingga gas yang ditimbulkannya menyembur pada api dan mematikannya pada waktu arus susulan melewati titik nolnya.

Arus susulan dalam arrester jenis ini dapat mencapai harga yang tinggi sekali tetapi lamanya tidak lebih dari 1 (satu) atau 2 (dua) gelombang, dan biasanya kurang dari setengah gelombang. Arrester jenis ekspulsi ini mempunyai

karakteristik volt – waktu yang lebih baik dari sela batang dan dapat memutuskan arus susulan. Tetapi tegangan percik impulsnya lebih tinggi dari arrester jenis katup. Arrester jenis ini banyak juga digunakan pada saluran transmisi untuk membatasi besar surja yang memasuki gardu induk. Dalam penggunaan yang terakhir ini arrester jenis ini sering disebut sebagai tabung pelindung.

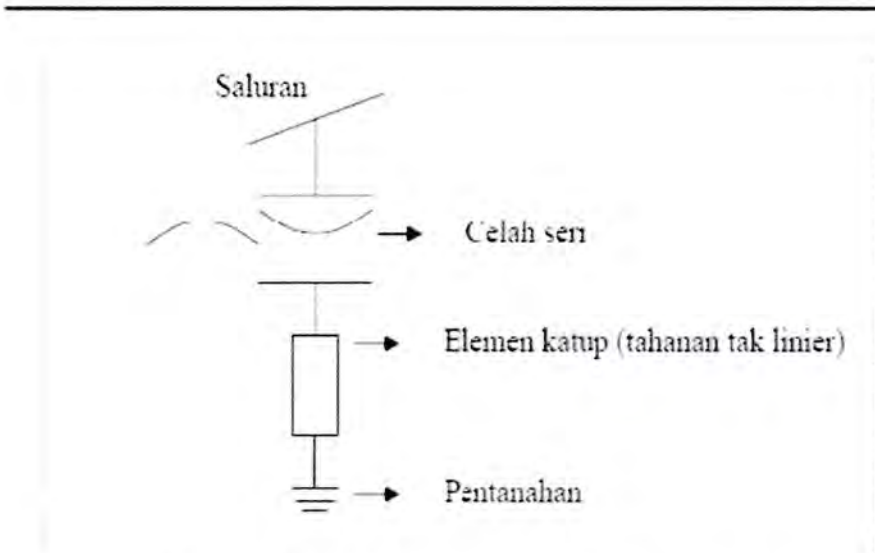


Gambar 2.17 Arrester jenis ekspulsi

2) Arrester jenis katup (*valve type*)

Arrester jenis katup ini terdiri dari sela pecik terbagi atau sela seri yang terhubung dengan elemen tahanan yang mempunyai karakteristik tidak linier. Tegangan frekuensi dasar tidak dapat menimbulkan tembus pada sela seri. Apabila sela seri tembus pada saat tibanya suatu surja yang cukup tinggi, alat tersebut menjadi penghantar. Sela seri itu tidak bias memutuskan arus susulan. Dalam hal ini dibantu oleh tak linier yang mempunyai karakteristik tahanan kecil

untuk arus besar dan tahanan besar untuk arus susulan dari frekuensi dasar terlihat pada karakteristik volt ampere.



Gambar 2.19 Konstruksi Valve Type Arrester

Arrester jenis katup ini dibagi dalam tiga jenis yaitu :

a. Arrester katup jenis gardu (*station*)

Arrester katup jenis gardu ini adalah jenis yang paling efisien dan juga paling mahal. Perkataan “ gardu “ disini berhubungan dengan pemakaiannya secara umum pada gardu induk besar. Umumnya dipasang pada sistem tegangan 3 kV – 312 kV dan dirancang untuk mengalirkan arus petir diatas 100 kA. Dan digunakan untuk melindungi gardu induk dan transformator dayai

b. Arrester katup jenis saluran (*intermediate*)

Arrester jenis saluran ini lebih murah dari arrester jenis gardu. Kata “saluran” disini bukanlah berarti untuk saluran transmisi. Arrester jenis saluran ini dipasang pada sistem 20 kV – 73 kV dan dirancang untuk mengalirkan arus petir 65 – 100 kA. Dan digunakan untuk melindungi transformator distribusi, transformator kapasitas rendah dan gardu kecil.

c. Arrester katup jenis distribusi untuk mesin – mesin (*distribution*)

Arrester jenis gardu ini khusus untuk melindungi mesin – mesin berputar. Pemakaiannya untuk tegangan 2,4 kV sampai 15 kV. Arrester jenis distribusi ini khusus melindungi mesin – mesin berputar seperti diatas dan juga melindungi transformator dengan pendingin udara tanpa minyak.

2.7. Karakteristik Arrester

Adapun karakteristik dari Arrester adalah sebagai berikut :

- a. Arrester juga mempunyai karakteristik yang dibatasi oleh tegangan (*voltage - limiting*) bila dilalui oleh berbagai macam arus petir.
- b. Arrester mempunyai batas termis.
- c. Pada sistem tegangan normal, arrester tidak boleh bekerja.
- d. Arrester harus mampu melakukan arus terpa ke tanah tanpa merusak arrester itu sendiri.

Pada keempat karakteristik ini, cirri arrester yang kedua sering kurang mendapat perhatian yang cukup yaitu batas termisnya. Batas termis yang dimaksud adalah kemampuan untuk melakukan arus surja yang berwaktu lama dan terjadi berulang-ulang. Misalnya surja hubung, tanpa menaikkan suhunya. Meskipun kemampuan arrester untuk menyalurkan arus sudah mencapai kisaran 65.000 – 100.000 ampere, tetapi kemampuannya untuk melakukan surja hubung, terutama bila saluran menjadi panjang dan berisi tenaga besar adalah lebih penting lagi.

2.8. Penempatan Arrester

Meskipun yang paling baik adalah menempatkan arrester sedekat mungkin dengan alat yang dilindungi, tetapi dalam praktek kadang-kadang hal ini tidak memungkinkan. Arrester ditempatkan sedekat mungkin dengan peralatan yang dilindungi dengan tujuan sebagai berikut :

1. Untuk mengurangi peluang tegangan impuls merambat pada kawat penghubung arrester dengan peralatan yang dilindungi. Saat arrester bekerja, gelombang tegangan impuls sisa merambat pada kawat penghubung transformator dengan arrester. Setelah gelombang tegangan itu tiba pada terminal transformator, gelombang tegangan tersebut akan dipantulkan, sehingga total tegangan pada terminal arrester dua kali tegangan sisa. Peristiwa ini dapat dicegah jika arrester dipasang langsung pada terminal

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Kerja Praktek

Tempat : PT.PLN(Persero) p3b Sumatera Gardu Induk
Kualanamu
Alamat : Jl.Dusun Bali ,Desa Sidodadi Ramunia, Beringin,
Deliserdang

3.2 Waktu dan Jadwal Kerja Praktek

3.2.1 Waktu Kerja Praktek

Waktu pelaksanaan kerja praktek ini dilaksanakan \pm 30 hari yang dimulai tanggal :

Pelaksanaan : 21 Desember 2016 - 21 Januari 2017

Jam : 08.00 WIB s/d 17.00 WIB

3.2.2 Jadwal Kerja Praktek

Adapun jadwal kerja praktek yakni setiap hari mulai dari jam **08:00 WIB** melakukan briefing pagi dan pada jam **17:00 WIB** selesai kerja praktek.

No.	Hari dan Tanggal	Waktu	Kegiatan
1	Rabu 21 Desember 2016	Pukul 08.00 - 08.30 WIB	Briefing pagi dan Perkenalan dengan supervisor dan para operator
		Pukul 09.15 -11.30 WIB	Pengenalan mengenai Gardu Induk

		Pukul 12.00 – 13.00 WIB	Isoma
		Pukul 13.00 – 14 – 16.00 WIB	Touring lapangan pekerjaan kerja praktek
		Pukul 16.00 - 16.30 WIB	Istirahat
		Pukul 17.00 WIB	Pulang
2	Kamis 22 Desember 2016	Pukul 08.00-09.00 WIB	Briefing pagi serta pembagian kelompok tugas selama kerja praktek
		Pukul 09.00 – 11.30WIB	Pengenalan terhadap transformator
		Pukul 11.30 -13.00 WIB	Isoma
		Pukul 13.00 – 16.30 WIB	Pengenalan PMS,PMT,CT
		Pukul 17.00 WIB	Pulang
3	Jumat 23 Desember 2016	Pukul 08.00 – 09.00	Briefing pagi
		Pukul 09.00 – 11.30	Pengukuran objek menggunakan thermovision
		Pukul 12.00 – 13.00 WIB	Isoma

		Pukul 13.00 -16.00 WIB	Kegiatan bebas
		Pukul 17.00 WIB	Pulang
4	Senin 26 Desember 2018	Pukul 08.00 -09.00 WIB	Briefing pagi
		Pukul 09.00 – 11.00 WIB	Pengukuran baterai
		Pukul 12.00 – 13.00 WIB	Isoma
		Pukul 14.00 - 16.00 WIB	Mempelajari modul PMS
		Pukul 17.00 WIB	Pulang
5	Selasa 27 Desember 2016	Pukul 08.00 – 09.00	Briefing pagi
		Pukul 09.00 – 11.30 WIB	Melakukan riset dan pengambilan data pada PMS
		Pukul 12.00 – 13. 00	Isoma
		Pukul 13.00 – 16.00	Pembuatan laporan
		Pukul 17.00 WIB	Pulang
6	Rabu 28 Desember 2016	Pukul 08.00 – 09.00 WIB	Briefing pagi
		Pukul 09.00 – 11.30 WIB	Melakukan riset dan pengambilan data pada PMS
		Pukul 12.00 – 13.00 WIB	Isoma

		Pukul 13.00 – 15.00	Pembuatan laporan
		Pukul 17.00	Pulang
7	Kamis 29 Desember 2016	Pukul 08.00 – 09.00 WIB	Briefing pagi
		Pukul 09.00 – 11.00 WIB	Pengukuran dan pengecekan baterai
		Pukul 12.00 – 13.00 WIB	Isoma
		Pukul 13.00 – 16.00 WIB	Kegiatan bebas
		Pukul 17.00	Pulang
8	Jumat 30 Desember 2016	Pukul 08.00 – 09.00 WIB	Briefing pagi
		Pukul 09.00 – 11.30 WIB	Pengambilan data
		Pukul 12.00 – 13.00 WIB	Isoma
		Pukul 13.00 – 15.00 WIB	Kegiatan bebas
		Pukul 15.00 – 16.30 WIB	Pembuatan laporan
		Pukul 17.00 WIB	Pulang
9	Senin 2 January 2017	Pukul 08.00 – 09.00 WIB	Briefing pagi
		Pukul 09.00 – 11.00 WIB	Terjun kelapangan melihat kondisi PMS
		Pukul 12.00 – 13.00 WIB	Isoma

		Pukul 13.00 – 16.00 WIB	Pembuatan laporan
		Pukul 17.00	Pulang
10	Selasa 3 Januari 2017	Pukul 08.00 – 09.00 WIB	Briefing pagi perawatan gardu induk secara keseluruhan tahap I
		Pukul 09.00 – 11.45 WIB	Pemadaman listrik pada gardu induk
		Pukul 12.00 13.00 WIB	Isoma
		Pukul 13.00 – 17.00 WIB	Pemasangan rantai disekeliling area pekerjaan, Pemasangan stick grounding, dan pembersihan isolator.
		Pukul 17.30	Pulang
11	Rabu 4 januari 2017	IZIN	-
		Pukul 08.00 – 09.00 WIB	Briefing pagi

12	Kamis 5 Januari 2017	Pukul 09.00 – 12.00 WIB	Riset dan pengambilan data pada PMS
		Pukul 12.00 – 13.00 WIB	Isoma
		Pukul 13.00 - 16.00 WIB	Pembuatan laporan
13	Jumat 6 Januari 2017	Pukul 08.00 09 – 09.00 WIB	Briefing pagi
		Pukul 09.00 – 12.00 WIB	Pengecekan peralatan di gardu induk
		Pukul 12.00 – 13.00 WIB	Isoma
		Pukul 13.00 – 15.00 WIB	Pembuatan laporan
		Pukul 17.00 WIB	Laporan
14	Senin 9 Januari 2017	Pukul 08.00 – 09.00 WIB	Briefing pagi
		Pukul 09.00 – 11.30 WIB	Bincang-bincang 4 mata dengan pihak supervisor
		Pukul 12.00 – 13.00 WIB	Isoma
		Pukul 13.00 – 16.00 WIB	Kegiatan bebas
		Pukul 17.00 WIB	Pulang
		Pukul 08.00 – 09.00 WIB	Briefing pagi
		Pukul 09.00 – 11.30 WIB	Melakukan

15	Selasa 10 januari 2017		pengambilan data proteksi
		Pukul 12.00 – 13.00 WIB	Isoma
		Pukul 13.00 15.00 WIB	Evaluasi
		Pukul 17.00 WIB	Pulang
16	Rabu 11 januari 2017	Pukul 08.00 – 09.00 WIB	Briefing pagi perawatan gardu induk secara keseluruhan tahap akhir
		Pukul 09.00 – 11.45 WIB	Pemadaman listrik pada gardu induk
		Pukul 13.00 – 17.00 WIB	Pemasangan rantai disekeliling area pekerjaan, Pemasangan stick grounding, dan pembersihan isolator.
		Pukul 17.30	Pulang
17	Kamis 12 januari 2017	Pukul 08.00 – 09.00 WIB	Briefing pagi
		09.00 – 12.00 WIB	Tidak ada kegiatan

		Pukul 12.00 – 13.00 WIB	Isoma
		Pukul 13.00 - 16 WIB	Kegiatan bebas
		Pukul 17.00 WIB	Pulang
18	Jumat 13 Januari 2017	Pukul 08.00 – 09.00 WIB	Briefing pagi
		Pukul 09.00 – 11.00 WIB	Ikut serta dalam pengecatan halaman belakang gudang
		Pukul 12.00 13.00 WIB	Isoma
		Pukul 13.00 – 16.00 WIB	Pembenahan halaman depan kantor gardu, pengecatan pot bunga
		Pukul 17.00 WIB	Pulang
19	Senin 16 Januari 2017	Pukul 08.00 WIB	Briefing pagi
		Pukul 09.00 – 11.00 WIB	Tanya jawab selama kerja praktek
		Pukul 12.00 – 13.00 WIB	Isoma
		Pukul 13.00 - 16 WIB	Sharing-sharing bersama operator gardu
		Pukul 17.00 WIB	Pulang

20	Selasa 17 Januari 2017	Pukul 08.00 – 09.00 WIB	Briefing pagi
		Pukul 09.00 – 12.00 WIB	Pengambilan data terakhir
			Pukul 12.00 – 13.00 WIB
		Pukul 13.00 – 16.00 WIB	Pembuatan laporan akhir
		Pukul 17.00 WIB	Pulang
21	Rabu 18 Januari 2017	Pukul 08.00 WIB	Briefing pagi, hari terakhir kerja praktek
			Pukul 09.00 – 12.00 WIB
		Pukul 12.00 – 13.00	Isoma
		Pukul 13.00 – 16.00	Tanya jawab tentang data yang diambil
			Pukul 17.00
22	Kamis 19 Januari 2017	Pukul 09.00 WIB	Makan bersama operator dan supervisor
		Pukul 13.00 WIB	Perpisahan dengan pihak supervisor dan operator

BAB IV

PEMELIHARAAN PEMISAH

4.1 In Service/ Visual Inspection

In service inspection merupakan inspeksi/pengecekan yang dilakukan dengan menggunakan panca indera dengan pelaksanaan periode tertentu dalam keadaan peralatan bertegangan. Inspeksi/pengecekan bertujuan untuk mengetahui/memonitor kondisi komponen peralatan. Untuk periode pelaksanaan inspeksi pada pemisah adalah mingguan, bulanan dan tahunan. *In Service/Visual Inspection* dilaksanakan dengan menggunakan alat ukur sederhana/umum (*thermovisi thermal imager*) oleh petugas pemeliharaan atau Supervisor Gardu Induk.

Adapun komponen–komponen dari pemisah yang harus diperhatikan untuk *in service/ visual inspection* adalah:

- I. *Dielektric*
 - a. Isolator PMS
- II. *Primary*
 - a. Pisau/kontak PMS
 - b. Terminal utama (klem) PMS
- III. *Drive Mechanism*
 - a. Engkol PMS
 - b. Sistem *lock* mekanik PMS
 - c. Rod Penggerak PMS
 - d. Rod gigi

IV. *Secondary*

1. Lemari

- a. Lampupenerangan
- b. *Heater*(Pemanas)
- c. *TerminalWiring*
- d. Kabelkontrol
- e. Sekring/MCB
- f. Bau-bauan
- g. Pintulemari
- h. Kondisi dalam lemari
- i. *Door sealent*
- j. Lubang Kabelkontrol

2. *Box*

- a. Tutup *Box*mekanik

V. PisauPentanahan

- a. *Lockpin*
- b. Kontak diam pisaupentanahan
- c. Kabel fleksibel PMSTanah
- d. *Grounding* pemisahtanah

**Tabel 1.1 Pemeliharaan Tahunan pada tanggal 3 januari 2017
dan 11 januari 2017**

No	PERALATAN YANG DIPERIKSA	SASARAN PEMERIKSAAN
I	Lemari Kontrol	
1	Sekring/MCB	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Periksa kondisi sekring apakah normal, tidak terpasang ataupun putus. ▪ Periksa kondisi MCB apakah tombol ON dan OFF nya dapat berfungsi dengan baik. ▪ Periksa Terminal MCB / Fuse apakah bersih atau kotor atau berkarat.

**Tabel 1.2 Pemeliharaan Tahunan pada tanggal 3 januari 2017 dan 11 januari
2017**

No	PERALATAN YANG DIPERIKSA	SASARAN PEMERIKSAAN
I	Lemari Kontrol	
1	Heater	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Periksa kondisi heater apakah berfungsi atau rusak

Tabel 1.3 Pemeliharaan Tahunan pada tanggal 3 januari 2017

dan 11 januari 2017

No	PERALATAN YANG DIPERIKSA	SASARAN PEMERIKSAAN
I	<i>Dielektric</i>	
1	Isolator	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Periksa kebersihan piring isolator (pelaksanaanya khusus pada lingkungan dengan polutan tinggi (pabrik semen,dsb)
II	<i>Secondary</i>	
A	Lemari Kontrol	

No	PERALATAN YANG DIPERIKSA	SASARAN PEMERIKSAAN
1	<i>Door sealent</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Periksaapakah terpasang sempurna, putus atau sudah retak(rapu)
2	Lubang kabel control	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Apakah terpasang kabel glen dengan rapat /rusak, ▪ Apakah ada lubang kabel kontrol yangterbuka

3	Bau-bauan	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Periksa apakah ada bangkai binatang diruang lemari kontrol ▪ Periksa apakah ada isolasi kabel kontrol yang terbakar ▪ Periksa apakah ada isolasi terminal kabel yang terbakar
4	Kondisi dalam lemari	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Periksa kondisi box bersih, kotor atau lembab
5	Kondisi Pintu	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Periksa apakah pintu dapat tertutup rapat, korosi atau tidak dapat terkunci
6	Kondisi Box Mekanik	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Periksa Pintu box bisa tertutup sempurna , atau tidak ▪ Periksa engsel pintu dapat terkunci sempurna atau tidak ▪ Periksa kondisi box bersih, korosi atau lembab.

**Tabel 1.4 Pemeliharaan Tahunan pada tanggal 3 januari 2017 dan 11 januari
2017**

No	PERALATAN YANG DIPERIKSA	SASARAN PEMERIKSAAN
I	<i>Dielektric</i>	
1	Kondisi fisik Isolator	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Periksa kondisi isolator apakah normal, rumpil atau retak
2	Kondisi kebersihan isolator	<p>Periksa kondisi isolator apakah bersih, berdebu atau berlumut. (untuk daerah dengan polutan tinggi dilaksanakan dalam periode triwulanan. Cth :</p> <p>Kawasan pabrik semen, kawasan PLTU batu bara, kawasan peleburan besi, dll)</p>
II	<i>Secondary</i>	

No	PERALATAN YANG DIPERIKSA	SASARAN PEMERIKSAAN
A	Lemari Kontrol& Box	
1	Terminal <i>wiring</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Periksa terminal <i>wiring</i> apakah normal atau korosi, bekasterbakar ▪ Periksa isolasi kabel kontrol cacat (terkelupas atau rapuh) ▪ Periksa terminal terhadap benda asing (sarang semut, uap air, bangkaibinatang).
2	Kabel control	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Periksa apakah dalamkeadaanbaik, terkelupas atau bekasterbakar.
III	<i>Drive Mechanism</i>	
1	Rod Penggerak PMS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Periksa kondisi rod penggerak apakah normal, bengkok, patah

		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Periksa sambungan rod penggerak apakah normal, longgar ataulepas.
2	Sistem <i>lock</i> mekanik	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Periksa kondisi <i>system lock</i> mekanik apakah normal, tidak terpasang atau tidaknormal.
3	Engkol	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Periksa kelengkapan engkol PMS tersedia atau tidak.
4	Roda gigi	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Periksa kondisipelumasan ▪ Periksa kondisi <i>bearing</i> kondisi baik atau berkarat atapecah. ▪ Periksa kondisi stop limiter apakah baik atapecah.
IV	Pisau Pentanahan	
1	Kabel fleksibel PMS tanah	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Periksa kondisi konreksi terpasang baik, longgar ataulepas
2	Lock –Pin	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Periksa kondisi <i>lock pin</i> apakah terpasang normal, tidak terpasang ataulepas.

3	Kontak Diam Pisau Pentanahan	▪ Periksa kondisi apakah baik, berkarat atau bengkok
4	Grounding pemisah tanah	▪ Periksa grounding terpasang baik, lepas atau hilang.

Tabel 1.5 Pemeliharaan Kondisional pada tanggal 3 Januari dan 11 Januari 2017

No	PERALATAN YANG DIPERIKSA	SASARAN PEMERIKSAAN	Kondisi
I.	<i>Dielektric</i>		
I.	Isolator	▪ Periksa kondisi isolator apakah normal, rompel, retak atau patah	▪ Pasca gempa bumi ▪ Pasca ledakan peralatan lain yang dapat berimbas kePMS
II.	<i>Primary</i>		

I.	Terminal Utama	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Periksa kondisi terminal utama terhadap benda asing (layang-layang, binatang, dedaunan, dll) ▪ Periksa kondisi kesimetrisan pisau-pisau kontakPMS 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pascabadaai ▪ Pasca gempabumi ▪ Pasca ledakan peralatan lain yang dapat berimbas kePMS ▪ Pasca ada bendaasing terbang dan jatuh kearahPMS
----	----------------	--	--

4.2 In Service Measurement

In service measurement merupakan pengukuran yang dilakukan dengan alat ukur yang yaitu *thermovision Thermal Imager* dengan pelaksanaan periode bulanan yang dilakukan oleh petugas pemeliharaan/Supervisor Gardu Induk dalam keadaan peralatan bertegangan.

Pengukuran Thermovision

Metode *thermovision thermal imager* pada pemisah bertujuan untuk memantau kondisi pemisah saat berbeban. Dimana akan dilihat pola temperatur pada bagian-bagian pemisah yang akandiukur.



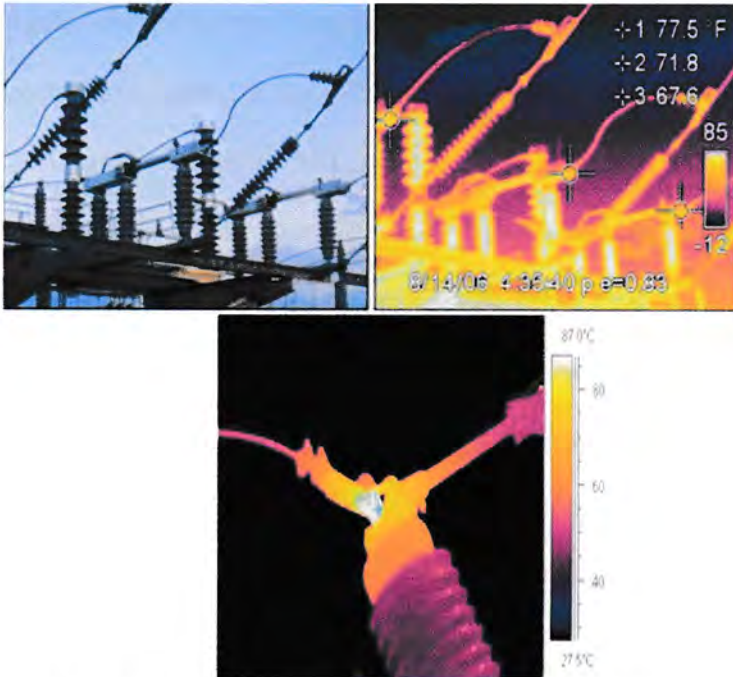
Gambar 2.1 Alat Ukur Thermovision

Dari pola temperatur tersebut, akan dilihat bagian mana pada pemisah yang diukur tersebut yang terdapat ketidaknormalan. Dari hasil pengukuran tersebut akan dievaluasi kembali apa permasalahan yang terjadi pada bagian yang teridentifikasi mengalami ketidaknormalan tersebut, sehingga kerusakan yang fatal dapat dihindarkan.

Adapun bagian-bagian pada pemisah tersebut adalah:

1. Pisau/kontak pemisah
2. Terminal utama/klem pemisah





Gambar 2.2 Contoh Pengukuran Thermovision

Shutdown Measurement

Shutdown measurement merupakan pengukuran yang dilakukan dengan alat ukur dengan periode 2 tahunan. Umumnya peralatan PMS yang baru selesai pemasangan sebelum dioperasikan maupun yang sudah jatuh tempo pemeliharaan, perlu dilakukan pengujian – pengujian untuk mendapatkan unjuk kerja dari peralatan tersebut. dalam keadaan peralatan tidak beroperasi. Selama pengujian posisi *switch* harus dalam posisi *local* dan *mini circuit breaker* (MCB) motor dalam posisi *off*.

Pengukuran tahanan isolasi pemisah (PMS) ialah proses pengukuran dengan suatu alat ukur untuk memperoleh nilai tahanan isolasi PMS antara terminal utama tiap fasa terhadap *body* (*base plat*) yang ditanahkan. Pengukuran tahanan isolasi dimaksudkan untuk mengetahui secara dini kondisi isolasi/isolator pemisah dan

mengetahui nilai tahanan isolasi. Pengukuran tahanan isolasi dilakukan

Pengukuran tahanan isolasi dilakukan dengan menggunakan alat ukur tahanan isolasi (insulation tester 5 kV, 10 kV).

Langkah untuk menetralkan tegangan induksi maupun muatan residual adalah dengan menghubungkan bagian tersebut ke tanah beberapa saat sehingga induksinya hilang. Untuk mengamankan alat ukur terhadap pengaruh tegangan induksi maka peralatan tersebut perlu dilindungi dengan *Sangkar Faraday* dan kabel-kabel penghubung rangkaian pengujian sebaiknya menggunakan kabel yang dilengkapi pelindung (*Shield Wire*). Jadi untuk memperoleh hasil yang valid maka obyek yang diukur harus betul - betul bebas dari pengaruh induksi. Kesiapan obyek yang akan diukur dilakukan dengan urutan sebagai berikut:

- 1) Pemasangan pentanahan lokal (*Local Grounding*) di kedua terminal utama tiap fasa dengan tujuan membuang tegangan sisa (*Residual*) yang masih ada.
- 2) Lepas koneksi konduktor dari kedua sisi terminal utama
- 3) Bersihkan permukaan *porcelain bushing* memakai material *cleaner* + lap kain yang halus dan tidak merusak permukaan isolator dengan tujuan agar pengukuran memperoleh nilai (hasil) yang akurat.
- 4) Melakukan pengukuran tahanan isolasi PMS kondisi tertutup (*closed*) antara terminal utama (R, S, T) terhadap *body/baseplat*
- 5) Mencatat hasil pengukuran tahanan isolasi serta suhu/temperatur sekitar.

- 6) Hasil pengukuran ini merupakan data terbaru hasil pengukuran dan sebagai bahan evaluasi pembandingan dengan hasil pengukuran sebelumnya.
- 7) Memasang kembali terminasi di kedua sisi seperti semula

Pengukuran Tahanan Kontak Pisau -Pisau

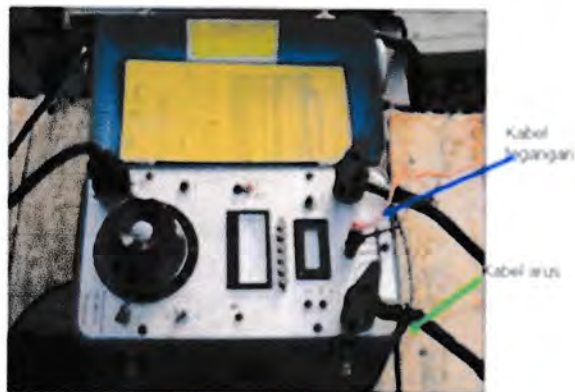
Rangkaian tenaga listrik sebagian besar terdiri dari banyak titik sambungan. Sambungan adalah dua atau lebih permukaan dari beberapa jenis konduktor bertemu secara fisik sehingga arus/energi listrik dapat disalurkan tanpa hambatan yang berarti. Pertemuan dari beberapa konduktor menyebabkan suatu hambatan/resistan terhadap arus yang melaluinya sehingga akan terjadi panas dan menjadikan kerugian teknis. Rugi ini sangat signifikan jika nilai tahanan kontaknyatinggi.



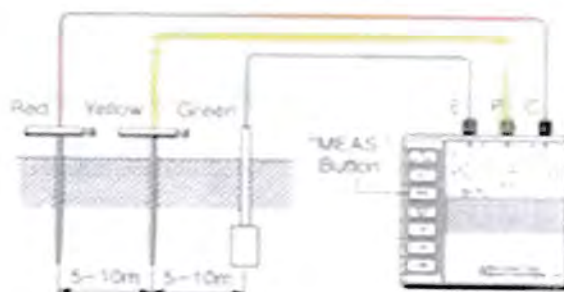
Gambar 2.3 Alat Uji Tahanan Kontak

Pengukuran Tahanan Pentanahan

Pengukuran tahanan pentanahan bertujuan untuk menentukan tahanan antara besi atau plat tembaga yang ditanam dalam tanah yang digunakan untuk melindungi peralatan listrik terhadap gangguan petir dan hubung singkat. Dengan demikian pelat tersebut harus ditanam hingga mendapatkan tahanan terhadap tanah yang sekecil-kecilnya. Untuk mengukur tahanan pentanahan digunakan alat ukur tahanan pentanahan (*Earth Resistance Tester*).



Gambar 2.4 Alat Uji Tahanan Pentanahan(1)



Gambar 2.5 Pengujian Tahanan Pentanahan(1)

Pengukuran Tegangan AC/DC

Pengukuran tegangan dan arus AC maupun DC dilakukan untuk

mengetahui tegangan suplai pada MCB/sekring. Tegangan yang diukur dibandingkan dengan tegangan sistem peralatan tersebut. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat ukur AVO meter.

Pengujian Sistem Mekanik Penggerak

Motor Penggerak

Motor listrik yang dipergunakan bisa menggunakan sumber AC atau DC, yang merupakan tenaga penggerak untuk proses penutupan ataupun pembukaan pemisah. Motor akan menggerakkan roda transmisi pada batang penggerak pemisah. Berputarnya roda transmisi, mengakibatkan batang penggerak menutup atau membuka pisau pemisah. Pada saat pisau pemisah menutup atau membuka secara penuh, maka motor penggerak akan berhenti secara otomatis. Pengujian fungsi pada motor penggerak antara lain:

- Pengujian fungsi buka dan tutup oleh motor penggerak
Untuk mengetahui proses kerja menutup atau membuka pisau pemisah yang dilayani oleh motor penggerak secara lokal ataupun remote.
- Pengujian waktu kerja membuka dan menutup pisau pemisah
Waktu kerja pada saat membuka dan menutup pisau pemisah untuk mengetahui waktu yang diperlukan dalam melakukan proses membuka maupun menutup pisau pemisah.

Transmisi Penggerak

Transmisi penggerak adalah bagian pemisah yang berfungsi menggerakkan pisau pemisah oleh stang penggerak melalui roda gigi baik secara manual ataupun

menggunakan motor. Untuk pengujian fungsi pada transmisi penggerak

- Kesempurnaan proses buka tutup pisau pemisah

Kesempurnaan proses membuka dan menutup sangat penting untuk mengetahui posisi pisau pada saat membuka dan menutup, dikarenakan jika tidak sempurna dalam proses penutupan maka akan timbul *lose contact* pada pisau pemisah. Untuk proses buka tutup penutup ini juga dilakukan dengan cara motor penggerak dan manual dengan menggunakan engkol.

Pemeriksaan Fungsi Lemari Mekanik

- Pengujian fungsi tombol *close* dan *open (local dan remote)*

Dilakukan uji fungsi tombol *on/off* pada saat kondisi local maupun remote. Dari uji fungsi tersebut dapat diketahui apakah tombol tersebut berfungsi normal atau tidak.

- Pengukuran *tegangan* dan arus AC dan DC

Pengukuran tegangan dan arus AC maupun DC dilakukan untuk mengetahui tegangan pada MCB/sekring. Tegangan yang diukur dibandingkan dengan tegangan sistem peralatan tersebut. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat ukur volt meter.

Pengujian fungsi status pemisah

Pengujian fungsi status pemisah dilakukan untuk mengetahui apakah kondisi pisau pemisah status pemisah tersebut ada yang menggunakan lampu indikator atau bendera/semapur.

- Pengujian fungsi *interlock*

Pada PMS terdapat mekanisme *interlocking* yang berfungsi untuk

mengamankan pembukaan dan penutupan PMS. Mekanisme *interlocking* tersebut adalah:

- PMS tidak dapat ditutup/dibuka ketika PMT dalam posisi tertutup.
- Pemisah tanah (*Earthing Switch*) dapat ditutup hanya ketika PMS dalam keadaan terbuka.
- PMS dapat ditutup hanya ketika PMT dan ES terbuka.

Treatment

Merupakan kegiatan pemeliharaan yang dilakukan untuk mempertahankan ataupun mengembalikan kondisi peralatan kedalam kondisi dapat berfungsi dengan baik

Tabel 1.6 Item Pekerjaan perawatan pada PMS tanggal 11 januari dan 3 januari 2017

No	PERALATAN	Tindakan
1	Isolator	▪ Pembersihan
2	Pisau-pisau PMS	▪ Pembersihan ▪ Pelumasan
3	Terminal utama	▪ Pembersihan

		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pengencangan bautklem
4	Lemari mekanik	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pembersihan
5	Pentanahan	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Perbaiki pentanahan yang nilai pengukurannya melebihi standar
6	Motor penggerak	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Perbaiki/penggantian bagian-bagian yang mengalami kerusakan.
7	Mekanik penggerak	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pelumasan rodagigi ▪ Resetting bila buka / tutup pisau PMS tidak sempurna ▪ Pengencangan baut-baut
8	Terminal kabel	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pembersihan terminal kabel terhadap kotoran, karat,

No	PERALATAN	Tindakan
		uap air, <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pengencangan baut terminal kabel kontrol.

9	Interlock	▪ Pembersihan / perbaikan interlock
---	-----------	-------------------------------------

Standar Evaluasi Hasil Pemeliharaan Pemisah

Standar adalah acuan yang digunakan dalam mengevaluasi hasil pemeliharaan untuk dapat menentukan kondisi pemisah yang dipelihara. Standar yang ada berpedoman kepada: *instruction manual* dari pabrik, standar-standar internasional maupun nasional (IEC, IEEE, CIGRE, ANSI, SPLN, SNI dll) dan pengalaman serta observasi / pengamatan operasi di lapangan.

Pengujian Tahanan Isolasi

Nilai hasil pengukuran tahanan isolasi dibandingkan dengan batasan dari tahanan isolasi sesuai Buku Pemeliharaan Peralatan SE.032/PST/1984 adalah: menurut standard *VDE (catalogue 228/4)* minimum besarnya tahanan isolasi pada suhu operasi dihitung “ 1 kilo Volt = 1 MΩ (Mega Ohm) “. Dengan catatan 1 kV = besarnya tegangan fasa terhadap tanah, kebocoran arus yang diijinkan setiap kV = 1 mA.

Pengujian Tahanan Kontak

Nilai hasil pengukuran tahanan kontak ≤ 120 % nilai standar pabrikan atau Nilai Pengujian FAT dan nilai saat pengujian komisioning. Khusus untuk PMS yang tidak memiliki data awal dapat menggunakan nilai standar PMS tipe sejenis atau nilai pengukuran terendah PMS tersebut mengacu pada *history* pemeliharaan (trend 3 kali periode pemeliharaan sebelumnya).

Pengujian Tahanan Pentanahan

Nilai tahanan Pentanahan di Gardu Induk bervariasi besarnya nilai tahanan tanah dapat ditentukan oleh kondisi tanah itu sendiri, misalnya tanah kering, tanah cadas atau kapur. Semakin kecil nilai pentanahannya maka akan semakin baik. Menurut IEEE STD 80-2000 tentang *guide for safety in ac substation grounding* besarnya nilai tahanan pentanahan untuk *switchgear* adalah ≤ 1 ohm.

Pengukuran Thermovision

Pengukuran suhu dengan thermography selalu memberikan nilai *absolut* dari objek terukur. Untuk menentukan dengan benar apakah suhu objek terlalu panas (*overheating*). Terdapat 2 (dua) macam pelaksanaan *thermovision* dengan masing – masing standar/pedoman yang dapat dipakai, yaitu:

- **Pemeriksaan pada Terminal utama**

Dilakukan dengan melihat perbedaan/selisih suhu pada 2 (dua) titik dengan komponen/material yang berbeda. Contohnya selisih suhu antara klem dan konduktor.

- **Pemeriksaan pada Pisau pemisah**

Dilakukan dengan membandingkan suhu pisau pemisah antar fasa (dengan phasalainnya).

Berdasarkan standar dari *International Electrical Testing Association (NETA) Maintenance Testing Specification (NETA MTS-1997)* terdapat 2 (dua) macam ΔT yang dapat dipakai sebagai acuan justifikasi kondisi, yaitu:

- $\Delta T1$: merupakan perbedaan/ selisih suhu antar fasa (dengan phasa lainnya).
 - o Kondisi I : $1^{\circ}\text{C} < \Delta t \leq 3^{\circ}\text{C}$
 - o Kondisi II : $4^{\circ}\text{C} < \Delta t \leq 15^{\circ}\text{C}$

- o Kondisi IV : $\Delta t > 15^{\circ}\text{C}$
- ΔT_2 : merupakan perbedaan/ selisih suhu diatas suhu lingkungan (*over ambient temperature*).
- o Kondisi I : $1^{\circ}\text{C} < \Delta t \leq 3^{\circ}\text{C}$
- o Kondisi II : $11^{\circ}\text{C} < \Delta t \leq 20^{\circ}\text{C}$
- o Kondisi III : $21^{\circ}\text{C} < \Delta t \leq 40^{\circ}\text{C}$
- o Kondisi IV : $\Delta t > 40^{\circ}\text{C}$

Pengujian Fungsi Sistem Mekanik Penggerak

Motor penggerak

- Pengujian waktu kerja pisau pemisah

Hasil pengujian waktu kerja pisau pemisah saat membuka dan menutup dibandingkan dengan batasan yang umumnya dicantumkan pada *instruction manual* dari pabrikan atau pada *name plate* pemisah tersebut . Sebagai contoh dari buku *instuction manual* merk COELME disebutkan bahwa *Operating time* < 20 s.

Transmisi Penggerak

Ketahanan mekanis pemisah tergantung dari ketahanan mekanis pemisah tersebut yang diwujudkan dalam jumlah operasi penutupan-pembukaan yang bisa dilakukan pemisah tanpa kerusakan sehinggah menjamin kerja normal. Standar mensyaratkan jumlah minimal operasi sebagaiberikut:

- Untuk PMS tegangan menengah sampai 35kV :2000 kali operasi*
- Untuk PMS tegangan tinggi 110kV keatas :1000 kali operasi*

*Pemeliharaan peralatan utama Gardu Induk , PT PLN (Persero)
Pusdiklat

Pemeriksaan Fungsi Lemari Mekanik

- Pengukuran tegangan AC dan DC

Pengukuran tegangan dan arus ini untuk mengetahui kerja motor penggerak. Batasan tegangan yang di iijinkan sebesar 85% dan 110 % dari tegangan nominal, SPLN 9c 1978.

Batas nilai tegangan *supply* untuk motor penggerak mekanik PMS mengacu *IEC std 56 - 2* klausal 17 (disertakan pula batasan sesuai dengan referensi pabrikan) adalah sebagai berikut:

Tabel 1.1 Tabel Tegangan AC dan DC Sumber Tegangan

Referensi	V _{nominal} AC / DC	V _{min}	V _{max}
IEC std 56-2 klausal 17	110 / 220	85 % V _n	110 % V _n
Siemens	110 / 220	85 % V _n	110 % V _n
Areva	110 / 220	85 % V _n	110 % V _n

Untuk *supply* tegangan DC, tegangan *ripple* (yang merupakan besaran nilai *peak-to-peak* komponen AC dari tegangan *supply* pada beban normal / *rated*

) dibatasi pada limit $\leq 5\%$ dari komponen DC.

Standar IEC 60694 ed.2.2: 2002-01 (*Common Specifications for high-voltage switchgear and controlgear standards*) pada bab *Motor Charging*: merekomendasikan batasan relatif toleransi untuk *supply* tegangan AC dan DC yang diukur pada input dari *auxiliary* peralatan adalah sebesar 85% - 110% dari tegangan normal / rated, pada *frequency rated* (50Hz – untuk *supply* tegangan AC).

Untuk *supply* tegangan DC, tegangan *ripple* (yang merupakan besaran nilai peak-to-peak komponen AC dari tegangan *supply* pada beban normal / rated) dibatasi pada limit $\leq 5\%$ dari komponen DC.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. KESIMPULAN

Adapun beberapa kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan pengamatan dilapangan selama kerja praktek di PT.PLN (Persero) Kitlur Sumbagut Sektor Namorambe, sebagaimana telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya, maka data diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Gardu induk kwalanamu mempunyai dua trafo daya dan satu trafo pemakaian sendiri, dimana trafo daya masing-masing mempunyai kapasitas yang sama yaitu 60 MVA dari titi kuning dan paya geli.
2. Gardu induk merupakan suatu instalasi dari peralatan listrik yang fungsinya mentransformasikan tenaga listrik pada suatu tingkat tegangan ke tingkat tegangan lain, melakukan pengukuran, pengawasan operasi serta pengaturan pengamanan system tenaga listrik dan pengaturan daya ke feeder-feeder tegangan menengah.
3. Pemeliharaan system penyaluran daya listrik pada Gardu Induk Namorambe dilakukan secara berkala sesuai dengan jadwal pemeliharaannya agar peralatan-peralatannya terawat dengan baik sehingga keandalan penyaluran daya listrik kekonsumen lebih terjamin.
4. Untuk pemeliharaan pemisah (PMS) perlu dipertahankan demi menjaga keandalan pemisah dalam kondisi
5. Untuk menjaga keandalan sistem maka pada pemeliharaan saklar pemisah (PMS) harus dilakukan secara rutin sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan. Untuk pemeliharaan pemisah (PMS)

V.2 SARAN

Maintenance sebaiknya pada saat kondisi peralatan off untuk memaksimalkan pekerjaan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Chapman stephen j electrical machinery fundamental.mc graw hill internasional edition new York 1991
2. Buku Pemeliharaan Peralatan Utama Gardu Induk (PMT , PMS dan LA), PT PLN (Persero)Pusdiklat,2009.
3. IEC std 56-2 klausal 17, *High Voltage alternating current circuitbreakers*
4. Standard VDE, *Catalouge228/4IEC std 56-2 klausal 17, High Voltage alternating current circuitbreakers*
5. Buku Petunjuk Operasi dan Pemeliharaan Peralatan SKDIR 114.K/DIR/2010 No. Dokumen:08-22/HARLUR-PST/2009*International Electrical Testing Associatio (NETA)–NETA MTS-1997, Maintenance Testing Spesification,1997.*
6. ABB, *Outdoor Disconnectors typeONIII*
7. Standard VDE, *Catalouge228/4IEC std 56-2 klausal 17, High Voltage alternating current circuitbreakers*
8. Theraja, B.L., dan Theraja, A.K., 2007, *a Textbook of Electrical Technology*
9. IEC, 60076-2, *Temperature Rise Test Power Transformer, 1993, Switzerland.*