

**SISTEM PROTEKSI PENYULANG TEGANGAN MENENGAH
DI PT. PLN (Persero) GARDU INDUK PAYA PASIR
MEDAN**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Ujian Sarjana**

Oleh :

**BAHTRA SEMBIRING
N I M : 00 812 0052**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2006**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/9/23

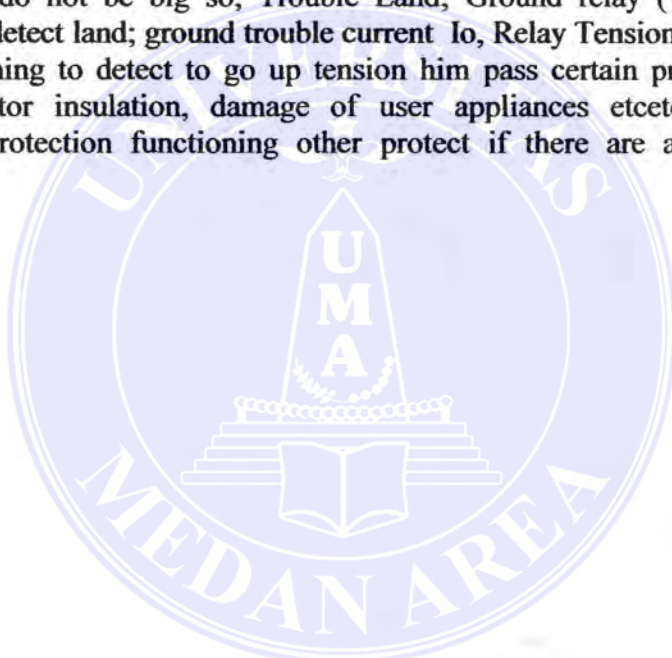
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

ABSTRAK

Peningkatan proteksi (perlindungan) dari suatu gardu distribusi adalah salah satu cara menunjang aktifitas, efisiensi dan keandalan dalam mencapai suatu tujuan. Peningkatan mutu produksi dalam hal ini adalah tenaga listrik yang sangat penting dan harus, karena tenaga listrik ini dipergunakan oleh orang banyak. Penyulang tegangan menengah merupakan penyulang tenaga listrik yang berfungsi untuk mendistribusikan tenaga tegangan menengah. Pada Penyulang tegangan menengah sering terjadi gangguan, untuk itu diperlukan adanya sistem proteksi yang handal untuk mengatasi gangguan-gangguan yang terjadi pada penyulang tegangan menengah, seperti untuk mencegah atau membatasi daerah - daerah kerusakan SUTM, SKTM beserta peralatannya terhadap gangguan hubung singkat, membatasi daerah yang terganggu sekecil mungkin sehingga pelayanan pada konsumen penyulang lainnya ,masih dapat berlangsung. Selain pada penyulang tegangan menengah proteksi juga dipasang pada peralatan – peralatan dan fasilitas yang ada ada gardu distribusi seperti Relai Arus Lebih (Over Current relay)) ialah suatu relay yang bekerja berdasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi suatu nilai pengaman tertentu didalam jangka waktu tertentu, Relai beban Lebih (Over Load relay) yang diatur bekerja untuk kelebihan arus yang tak begitu besar, Relai gangguan Tanah (ground fault relay)yang berfungsi untuk mendeteksi arus gangguan tanah (Io), Relay Tegangan lebih (Over Voltage relay)yang berfungsi untuk mendeteksi naiknya tegangan sampai melewati batas harga tertentu yang dapat merusak isolasi generator, merusak alat-alat pemakai dan sebagainya dan alat – alat proteksi lainnya yang berfungsi mengamankan bila adanya gangguan yang terjadi.

ABSTRACT

Make-Up of protection from an distribution watchman station is one of the way of supporting activity, reliability and efficiency in reaching an target. Make-Up of quality of production in this case is very important electric power and have to, because this electric power is utilized by throng. Feeder average tension represent feeder of functioning electric power to distribute average tension energy. At feeder average tension often happened trouble, is for that needed by the existence of system of protection reliable to overcome trouble- trouble that happened at feeder of average tension, like to prevent or limit area - area damage of SUTM, SKTM along with its equipments to trouble link to shorten, limiting annoyed area as small as possible so that service at consumer of feeder other, admit of to take place. Besides at feeder of average tension of protection is also attached by at equipments - existing facility and equipments there is distribution watchman station like Relay Current More (Over Current relay) is an laboring relay pursuant to existence of increase of current exceeding a[n certain peacemaker value in a given time period, Burden relay More (Over Load relay) arranged to work for excess of current which do not be big so, Trouble Land; Ground relay (relay fault ground) functioning to detect land; ground trouble current I_0 , Relay Tension more (Over Voltage relay) functioning to detect to go up tension him pass certain price boundary able to destroy generator insulation, damage of user appliances etcetera and appliance - appliance of protection functioning other protect if there are any trouble him that happened.



DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penulisan.....	2
1.3. Metode Penulisan.....	2
1.4. Pembatasan masalah	3
1.5. Sistematika Penulisan	3
BAB II. LANDASAN TEORI	
2.1 Jaringan Distribusi Secara Umum	5
2.2. Aspek Hubungan Antara Sumber Pengisian Dengan Konsumen	8
2.3. Macam-macam Sistem Jaringan Tegangan Menengah	9
2.3.1 Sistem Eropa.....	9
2.3.2 Sistem Amerika Serikat.....	10
2.3.3 Sistem Indonesia.....	10
2.4 Penggunaan Jaringan Distribusi Saluran Udara Dan Saluran Bawah Tanah	11
2.4.1 Jaringan Udara	12

2.4.2 Jaringan Bawah Tanah.....	12
2.5 Jenis-jenis Peralatan Jaringan Tegangan Menengah	13
2.6 Transformator	14
2.7 Penarikan Kabel Fungsi Dan Persyaratan Sistem	
Pengaman Jaringan Tegangan menengah	15
2.7.1 Kepekaan Atau Sensitivitas	16
2.7.2 Kecermatan Atau Selektivitas	16
2.7.3 Keandalan Atau Reability	17
2.7.4 Kecepatan Bereaksi	18

BAB III. GARDU INDUK

3.1. Gardu Induk.....	19
3.1.1. Fungsi Gardu Induk Pada Sistem Tenaga Listrik	19
3.1.2. Klasifikasi Gardu Induk.....	20
3.1.3. Klarifikasi Gardu Induk Menurut Isolasi Yang Dipakai.....	21
3.1.4. Peralatan dan Fasilitas Gardu Induk.....	21
3.2. Spesifikasi Transformator daya Pada Gardu Induk Paya Pasir Sektor Glugur.....	28

BAB IV. SISTEM PROTEKSI JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV PADA GARDU INDUK PAYA PASIR

4.1. Tinjauan Umum	33
4.1.1. Proteksi Didalam Transformator.....	34
4.1.2. Proteksi Saluran Transformator	34
4.2. Sistem Proteksi Penyulang Tegangan Menengah.....	36

4.3.	Tujuan Sistem Proteksi Penyulang Tegangan Menengah....	36
4.4.	Sistem Pentanahan Tegangan Menengah	37
4.5.	Relai Pada Penyulang Tegangan Menengah.....	39
4.5.1.	Relai Arus Lebih (Over Current relay).....	39
4.5.2.	Relai Beban Lebih.....	42
4.5.3.	Relai Gangguan Tanah (Ground fault Realy).....	42
4.5.4.	Relai Tegangan Lebih (Over Voltage Relay)...	43
4.5.5.	Pemutus Balik Otomatis.....	43
4.6.	Studi Kasus.....	44
BAB V. PENUTUP		
5.1.	Kesimpulan.....	45
5.2.	Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA		47

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam pembangunan yang semakin pesat, serta era industrialisasi yang semakin maju, maka sangat membutuhkan sumber energi listrik. Dimana tenaga listrik sangat memegang peranan yang sangat penting dalam kehidupan sehari – hari. Kebutuhan tenaga listrik tidak hanya terbatas untuk penerangan dan kebutuhan rumah tangga saja, tetapi juga dibutuhkan oleh industri – industri. Perkembangan industri ini sangat ditentukan oleh tersedianya tenaga listrik dalam menjalankan proses perindustrian tersebut.

Untuk memungkinkan penyediaan tenaga listrik kepada para pelanggan/konsumen dengan mutu yang baik serta keandalan yang tinggi dan juga mempertahankan keadaan peralatan selama mungkin guna kepentingan perusahaan itu sendiri, maka diperlukan sistem proteksi penyulang tegangan menengah dengan baik dan terencana.

PT. PLN (PERSERO) Gardu Induk Paya Pasir Sektor Glugur merupakan suatu penyalur energi listrik ke industri – industri dan masyarakat. Dalam pendistribusian tenaga listrik tersebut selalu mengalami atau sering terjadi gangguan – gangguan baik dari peralatan maupun dari luar peralatan . Oleh sebab itu PT.PLN (Persero) Gardu Induk Paya Pasir Sektor Glugur bagian seksi proteksi mempunyai peranan yang sangat penting, yang bertugas untuk

mengamankan jaringan tegangan menengah saluran udara maupun saluran bawah tanah.

1.2. Tujuan Penulisan

Pada penulisan tugas akhir ini adalah bertujuan untuk mengetahui manfaat dan penggunaan Proteksi jaringan tegangan menengah 20 KV di PT. PLN (Persero) Gardu Induk Paya Pasir sektor Glugur dan guna untuk mengetahui Spesifikasi komponen jaringan tegangan menengah 20 KV di PT PLN Paya Pasir Sektor Glugur, dimana penulis dapat memperdalam pengetahuan, khususnya tentang Penyulang Tegangan menengah Gardu Induk Paya Pasir Sektor Glugur Medan.

1.3. Metode Penulisan

Dalam penulisan Tugas Akhir ini penulis menggunakan metode penulisan sebagai berikut:

1. Studi Teoritis, Dimana penulis mengumpulkan bahan dari buku – buku yang berkaitan dengan judul dari Skripsi ini, baik referensi dari pustaka , diklat PLN maupun buku – buku lain yang mendukung dengan permasalahan yang di bahas dalam skripsi ini.
2. Observasi Lapangan , Pengamatan atau observasi langsung dilakukan untuk memperoleh data – data yang diperlukan dalam pembahasan tugas akhir ini.

3. Diskusi , Hal ini dilakukan untuk mendapatkan suatu kesimpulan dari permasalahan yang dihadapi.

1.4.Pembatasan Masalah

Dari banyaknya permasalahan mengenai sistem proteksi jaringan tegangan menengah yang terdapat dalam gardu induk, maka masalah dibatasi hanya membahas tentang pemakaian sistem proteksi penyulang tegangan menengah 20 KV . Adapun komponen jaringan tegangan menengah itu adalah :

- Tiang jaringan tegangan menengah
- Transformator
- Pengaman

1.5.Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran umum tentang penulisan Tugas Akhir ini, maka secara garis besar sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

a. Pendahuluan

Berisikan tentang latar belakang permasalahan, tujuan penulisan, metode penulisan batasan masalah, sistematika penulisan.

b. Landasan Teori atau Teori Umum

Berisikan tentang jaringan Distribusi secara umum. Aspek hubungan antara sumber pengisian dengan konsumen , macam – macam sistem peralatan

jaringan tegangan menengah dan fungsi dan persyaratan sistem pengamanan jaringan tegangan menengah.

c. Gardu Induk

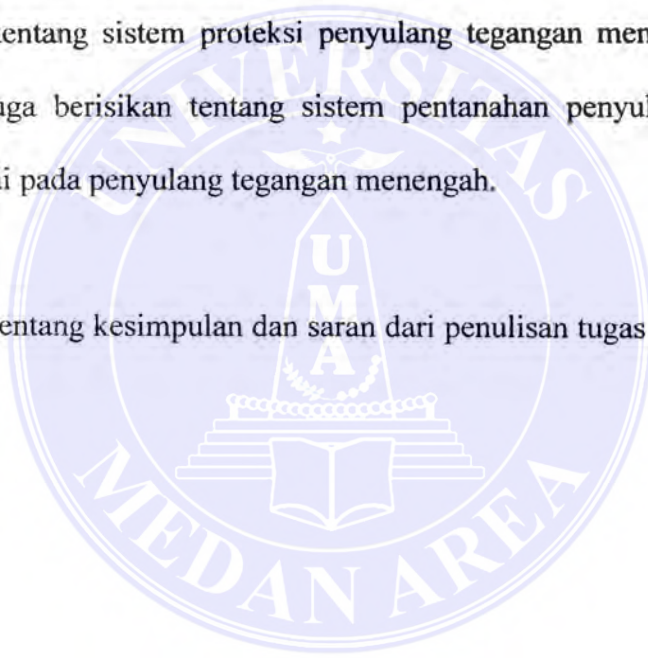
Berisikan tentang teori umum Gardu Induk, Spesifikasi Transformator daya pada Gardu Induk Paya Pasir Sektor Glugur dan sistem Pengaman (Proteksi)

d. Sistem Proteksi Tegangan Menengah

Berisikan tentang sistem proteksi penyulang tegangan menengah, tujuan sistem proteksi juga berisikan tentang sistem pentanahan penyulang tegangan menengah dan relai pada penyulang tegangan menengah.

e. Penutup

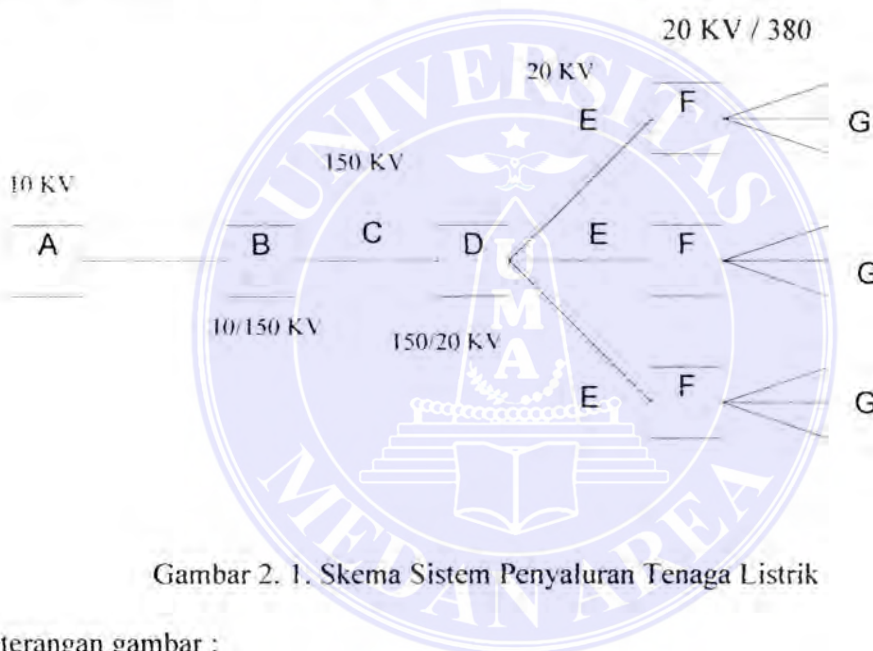
Berisikan tentang kesimpulan dan saran dari penulisan tugas akhir / skripsi ini.



LANDASAN TEORI

2.1. Jaringan Distribusi Secara Umum

Jaringan Distribusi berfungsi untuk menyalurkan dan mendistribusikan daya yang diterima dari saluran transmisi kepada berbagai pemakai tenaga listrik tegangan. Gambar dibawah ini adalah menunjukkan suatu skema sistem penyaluran tenaga listrik dari mulai pembangkitan sampai pada jaringan distribusi sekunder.



Gambar 2. 1. Skema Sistem Penyaluran Tenaga Listrik

Keterangan gambar :

A. Pusat pembangkitan tenaga listrik (Mesin penggerak mula)

Pembangkit yaitu produksi tenaga listrik. dilakukan dalam tenaga listrik atau sentral. dengan mempergunakan penggerak mula dan generator. Tenaga listrik kini merupakan landasan bagi kehidupan modern. dan tersedianya dalam jumlah dan mutu yang cukup menjadi syarat bagi suatu masyarakat yang memiliki taraf

hidupan yang baik dan perkembangan industri yang maju. Pusat pembangkitan tenaga listrik ini memakai generator 3 fasa 50 HZ.

b. *Transformator Step up*

Transformator step up yaitu transformator yang menaikkan tegangan dari 10 KV menjadi 150 KV. Besar tegangan transformator step up ini adalah sebesar 10/150 KV.

c. *Jaringan Transmisi*

Jaringan transmisi adalah memindahkan tenaga listrik dari pusat tenaga listrik secara besar-besaran ke gardu induk, yang terletak berdekatan suatu pusat pemukiman berupa kota atau industri besar. Besar tegangan jaringan transmisi adalah sebesar 150 KV.

d. *Gardu Induk*

Gardu induk adalah suatu instalasi, terdiri dari peralatan – peralatan yang berfungsi sebagai :

- Transformator tenaga listrik pada suatu tingkat tegangan kepada tegangan lain.
- Pengukuran, pengawasan operasi serta pengaturan pengamanan sistem tenaga listrik
- Pengaturan daya ke gardu induk lain atau ke gardu- gardu distribusi melalui feeder- feeder tegangan menengah

e. *Jaringan distribusi primer*

Jaringan distribusi primer adalah menyalurkan dan mendistribusikan daya pada level tegangan menengah ke transformator distribusi di daerah pelanggan tenaga listrik. Besar tegangan jaringan distribusi primer (saluran tegangan menengah) sebesar 20 KV

F. *Transformator step down*

Transformator step down adalah transformator yang menurunkan tegangan dari 20 KV/380 V menjadi 220 V. Besar tegangan transformator step down sebesar 20KV/380 V antar fasa dan 220 antar fasa dan sentral.

G. *Jaringan distribusi sekunder*

Jaringan distribusi sekunder adalah saluran tegangan rendah yang fungsinya sebagai sambungan pelayanan kepada konsumen (pemakai tenaga listrik). Besar tegangan jaringan distribusi sekunder sebesar 380/220 V.

Jaringan distribusi primer atau primeri distribution adalah menyalurkan dan mendistribusikan daya pada level tegangan menengah ke transformator distribusi di daerah pelanggan tenaga listrik. Jaringan distribusi primer tersusun atas :

- a. Saluran utama atau primery feeder
- b. Saluran cabang atau lateral
- c. Saluran ranting atau sub lateral
- d. Transformator distribusi

Jaringan distribusi sekunder atau secondary distribution adalah saluran tegangan rendah yang fungsinya sebagai sambungan pelayanan kepada konsumen

Dari segi keandalan yang ingin dicapai, ada dua pilihan struktur jaringan yaitu

1. Jaringan dengan satu sumber pengisian

Jaringan dengan satu sumber pengisian ialah : suatu cara penyaluran tenaga listrik yang merupakan paling sederhana, dimana gangguan yang timbul akan mengakibatkan pemadaman.

2. Jaringan dengan beberapa sumber pengisian

Jaringan dengan beberapa sumber pengisian adalah : suatu keadaan yang lebih tinggi, secara ekonomis lebih mahal karena menggunakan perlengkapan

penyaluran yang lebih banyak namun pemadaman akibat adanya gangguan dapat diminimalkan.

Selain hal diatas struktur jaringan juga ditentukan oleh aspek-aspek yang lain yaitu:

a. Aspek penggunaan hantaran

1. Jaringan udara (Over head network)
2. Jaringan bawah tanah (Under ground network

b. Dari segi fasa saluran

1. Saluran dengan satu fasa
2. Jaringan tiga fasa, terdiri dari :
 - Saluran tiga fasa tiga kawat
 - Saluran tiga fasa empat kawat
 - Saluran tiga fasa dengan satu kawat tanah

2.2. Aspek Hubungan Antara Sumber Pengisian Dengan Konsumen

❖ Sistem Radial (Radial Network)

Sistem radial adalah : suatu sistem dimana gardu induknya dihubungkan langsung dengan pusat listrik. Gardu-gardu transformator dihubungkan langsung dengan salah satu gardu induk. Sistem ini digunakan kalau letak gardu induk saling berjauhan dan jauh dari pusat listrik.

❖ Sistem Lingkaran (Ring atau loop network)

Sistem lingkaran adalah : Suatu sistem yang gardu induknya dihubungkan berderet sehingga membentuk lingkaran dan juga gardu transformatornya dihubungkan berderet membentuk lingkaran dengan salah satu gardu induk.

- ❖ **Sistem Jala** adalah : Suatu sistem dimana gardu induk dihubungkan langsung dengan pusat listrik, selain itu gardu yang satu dihubungkan dengan gardu yang lain. Dibandingkan dengan sistem yang lainnya sistem ini paling dapat diandalkan.

2.3. Macam- macam Sistem Jaringan Tegangan Menengah

Macam – macam jaringan tegangan menengah di tiap- tiap negara berbeda namun mempunyai persamaan juga, seperti dibawah ini ada tiga sistem yang mempunyai sistem persamaan Yaitu :

2.3.1 Sistem Eropa

Pada Jaringan distribusi tegangan menengah (5-30 KV) dihubungkan kedaerah industri berukuran menengah, daerah perumahan kota besar, daerah pedesaan ke jaringan tegangan tinggi lewat trafo gardu induk. Tegangan biasanya (380-220 V) digunakan untuk mensuplay perumahan dan daerah industri ringan di kota – kota dan pedesaan menggunakan transformator- transformator distribusi

Tegangan standart (antara fasa dengan fasa) untuk jaringan distribusi adalah : 125,220,380,500 V untuk tegangan rendah, sedangkan untuk tegangan menengah adalah : 5,10,15,20,30 KV, sedangkan frekuensi yang digunakan adalah 50 Hz.

Konstruksi dan bentuk saluran di kota-kota besar, pemakaian saluran bawah tanah lebih disukai dari pada saluran udara, saluran udara lebih digunakan untuk daerah pedesaan atau pinggiran kota, hal ini berlaku untuk jaringan distribusi primer umumnya memakai sistem tiga kawat tiga fasa, sedangkan untuk jaringan distribusi sekundernya menggunakan sistem tiga fasa empat kawat. Konsumen fasa tunggal di

suplay dari jaringan 3 fasa 4 kawat melalui salah satu fasa dan netralnya jaringan sekunder.

2.3.2 Sistem Amerika Serikat

Di Amerika Serikat sistem distribusi tenaga listrik biasanya diawali dengan sistem sub transmisi bertegangan antara 13-66 KV yang menghubungkan sistem transmisi dan distribusi. Dengan adanya sistem sub transmisi ini, maka variasi jaringan distribusi menjadi bertambah sebab dimungkinkan di pakai aspek hubungan radial tertutup dan jaringan

Tegangan standart yang direkomendasikan oleh IEEE (Insituti OF Electrical and Elektrinik Engness) untuk distribusi tegangan rendah adalah :P 120, 120/240,200/120,240/220,480/277,480/660. Sedangkan frekwensi yang dipakai adalah 60 Hz, walaupun ada beberapa perusahaan memakai frekwensi 50 Hz.

2.3.3 Sistem Indonesia

Di Indonesia telah dibuat standarisasi tegangan berdasarkan Keputusan Direktorat Jenderal Tenaga dan Listrik No. 8/K/1970 dan No. 9/K/1970 serta No. 39/K /1970. Menurut Keputusan Dirjen Gatrik No. 8/K/1979, tegangan distribusi primer yang diperbolehkan pada tegangan nominal sampai tegangan tertinggi pada sistem fasa kefasa (KV) adalah 60 – 70; 10 – 12; 20 – 24; KV. Sedangkan tegangan untuk disribusi sekunder menurut Keputusan Dirjen Gatrik No. 9/K/1979 adalah :

- a) 220 V sebagai tegangan nominal untuk intalasi distribusi sekunder 1 fasa
- b) 220/380 V sebagai tegangan nominal distribusi sekunder sistem 3 fasa 4 kawat

Dengan adanya standart ini sangat menguntungkan ditinjau dari segi teknik

dan ekonomi. Dari segi teknik yaitu standarisasi lebih memudahkan dalam perencanaan, pemasangan, pengoperasian serta pemeliharaan. Dari segi ekonomi keuntungan yang diperoleh adalah penyederhanaan macam-macam peralatan sehingga akan dicapai pembiayaan yang murah.

2.4. Penggunaan Jaringan Distribusi Saluran Udara dan Saluran Bawah Tanah

Sistem distribusi dapat dilakukan baik dengan saluran maupun saluran bawah tanah. Biasanya saluran udara walaupun untuk kepadatan beban yang lebih besar dikota-kota atau distribusi daerah-daerah metropolitan digunakan saluran bawah tanah. Pilihan antarsaluran udara dan bawah tanah bergantung pada faktor yang sangat berlainan, antara lain adalah pentingnya kontinuitas pelayanan, arah perkembangan daerah, biaya pemeliharaan tahunan yang sama, biaya modal dan umur manfaat sistem tersebut (AS. Pabla : 1981).

Di kawasan perkotaan dimana diperlukan keamanan dan pengoperasian tentu menggunakan saluran udara kurang memenuhi syarat, meskipun biaya pemasangannya murah. Sebaliknya di daerah pedesaan yang sangat luas dan tersebar penggunaan kabel tanah tentu sangat berlebihan dari segi investasi, disamping itu ditemui juga kesulitan-kesulitan inspeksi. Secara garis besarnya perbedaan antara kedua macam jaringan diperlihatkan pada Tabel 2.1 :

Tabel 2.1. Perbedaan antara Jaringan Saluran Udara dan Saluran Bawah Tanah

Masalah	Saluran Udara	Saluran Bawah Tanah
1. Biaya penyaluran	Murah	Lebih mahal *
2. Perluasan	Cepat, mudah	Lebih sulit
3. Pengoperasian	Mudah, tetapi harus	Kabelnya praktis dan

	lebih sering diinspeksi	tidak perlu diinspeksi
4. Pemeliharaan	Mudah	Lebih sulit
5. Perbaikan kerusakan	Mudah	Sulit
6. Gangguan	Lebih banyak	Sedikit
7. Pengaruh lingkungan	Besar	Kecil
8. Keamanan terhadap lingkungan	Rawan	Aman
9. Estitika (Keindahan)	Kurang	Baik

2.4.1. Jaringan Udara

Jaringan udara direncanakan untuk kawasan dengan kepadatan beban rendah, misalnya pinggiran kota, kota kecil dan tempat- tempat yang jauh serta luas dengan beban terbesar. Sering juga digunakan untuk melayani daerah yang sedang berkembang sebagai tahapan sementara.

Ciri-ciri penting dari jaringan udara ialah :

- Menggunakan gardu tiang yang berkapasitas kecil
- Semua peralatan adalah dari jenis pasangan luar (out dorr type)
- Keamanan penyaluran lebih kecil dibanding saluran bawah tanah

2.4.2. Jaringan bawah tanah

Sebaliknya, jaringan bawah tanah direncanakan untuk kawasan padat beban tinggi atau sangar tinggi, misalnya kota-kota besar sampai kota metropolitan. Ciri-ciri penting dari jaringan bawah tanah adalah :

UNIVERSITAS MEDAN AREA utamanya adalah jenis gardu beton dengan kapasitas besar

- Peralatan yang digunakan jenis pasangan dalam (in door type)

2.5. Jenis-jenis Peralatan jaringan Tegangan Menengah

Telah dijelaskan bahwa menurut konstruksinya, jaringan distribusi memiliki dua macam jaringan yaitu : jaringan bawah tanah dan jaringan udara. Secara umum peralatan jaringan tersebut juga dikelompokkan sehingga kita mengenal adanya peralatan tiap jaringan baik jaringan bawah tanah maupun jaringan udara.

❖ Jaringan bawah tanah

Peralatan jaringan bawah tanah yang pertama adalah :

- Kabel
- Trafo in door type
- Saklar-saklar : Pmt, Pms, Pmb
- Kapasitor
- Peralatan pengaman
- Peralatan kontrol/ otomatis
- Trafo instrumen
- Peralatan tegangan rendah

❖ Peralatan untuk jaringan udara

Peralatan jaringan terdiri dari komponen-komponen Yaitu ;

- Kawat penghantar
- Isolasi
- Trafo out door type
- Arester

- Recloser

2.6. Transformator

Sebuah transformator berasal dari transformasi yang artinya perubahan. Transformator adalah suatu pesawat elektromagnetik statis yang bekerja berdasarkan induksi saling (mutual induction). (Sihombing. H.G, Pasaribu Abner, Pardosi.R. dkk : 1992), Transformator menstrafomasikan tenaga listrik dari suatu rangkaian kerangkaian lain dengan frekuensi yang sama dan tegangan serta arus berubah, meskipun ada juga transformator-transformator yang meneruskan tegangan dan arus yang sama (Pasaribu abner, 1997). Transformator terdiri dari :

- Inti atau kern yang terbuat dari besi atau plat yang berlapis-lapis
 - Gulungan primer yang terbuat dari tembaga berlapis email
 - Gulungan sekunder yang terbuat dari tembaga berisolasi tetapi penampang dari kawat ini lebih besar dari penampang gulungan primer
- ❖ Penggunaan transformator dalam jaringan tegangan menengah yaitu :
- Transformator distribusi digunakan untuk mentransformasikan tenaga listrik dari tegangan menengah ketegangan rendah
 - Transformator tenaga digunakan untuk mentransformasikan tenaga/daya listrik dari tegangan tinggi ketegangan menengah dan sebaliknya bisa ditempatkan dipusat pembangkit tenaga listrik.
- ❖ Transformator tenaga dipasang pada dua tempat yaitu :
- Pasangan didalam (in door type)
 - Pasangan diluar (out door type)

❖ Pemasangan transformator-transformator jaringan tegangan menengah

Pemasangan transformator dapat dibagi dua bagian yaitu : pasangan luar dan pasangan dalam. Pasangan luar ialah pasangan tanpa perlindungan dari tembok jadi transformator nampak jelas. Sedangkan pasangan dalam adalah pemasangan yang dilakukan didalam rumah transformator yang dipasang cukup luas agar bebas masuk dari setiap sisi dan terhindar dari jangkauan manusia

2.7. Penarikan Kabel Fungsi Dan Persyaratan Sistem Pengaman Jaringan Tegangan Menengah

Sistem proteksi (Pengaman) sangat diperlukan hampir disetiap sistem pembangkit tenaga listrik, dan tidak ada satupun bagian dari sistem tenaga listrik yang dapat dibiarkan tanpa di proteksi

Disain dari peralatan proteksi untuk maksud tersebut diatas haruslah memenuhi kriteria seperti dibawah ini:

- Memenuhi syarat sensitifitas untuk mendeteksi gangguan
- Perbedaan perlakuan yang wajar terhadap peralatan yang terganggu dan peralatan yang aman
- Waktu kerja yang cepat dan konsisten (tetap) dengan hasil kerusakan yang minimum pada peralatan, resiko ketidak stabilan yang minimum dan pengamanan terhadap personalia yang minimum dan pengamanan terhadap personil operasi pada tingkat yang maksimum.
- Dapat dipercaya dengan sepenuhnya sehingga tidak mengganggu peralatan yang aman.

Sebegitu jauh, keidealan syarat-syarat tersebut dapat juga ditinjau dari segi

UNIVERSITAS MEDAN AREA

teknis dan ekonomis serta
 © Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
 Access From (repository.uma.ac.id)11/9/23

Untuk suatu susunan sistem proteksi, disamping rele dan circuit-breaker, ada

beberapa komponen penting lain yang diperlukan agar sistem proteksi tersebut dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan

Komponen-komponen tersebut antara lain adalah :

Trafo arus dan trafo tegangan, rele proteksi, rele tunda waktu, rele pembantu, jaringan sekunder, jaringan trip, peralatan pembantu (auxiliary) peralatan tambahan (accessories) dan lain-lain.

Sistem proteksi adalah merupakan kerjasama dari komponen-komponen tersebut diatas.

Pemilihan sistem proteksi tergantung pada beberapa aspek yaitu : tipe dan rating dari peralatan yang diproteksi, kepentingannya, lokasinya, berbagai kemungkinan tipe gangguan yang ditemui berdasarkan analisa statistik biaya dan lain-lain.

2.7.1. Kepekaan Atau Sensitivitas

Sensitivitas adalah kemampuan rele proteksi untuk bekerja dengan andal pada kondisi yang sebenarnya sehingga cenderung untuk menciptakan kerja yang serendah mungkin.

Tingkat Sensitivitas suatu rele ditentukan dengan faktor Sensitivitas. Faktor Sensitivitas di definisikan sebagai perbandingan dari besaran ukur minimum pada kondisi hubungan singkat ke tanah (misalnya gangguan tiga fasa ke tanah) didalam daerah proteksi, dengan harga pick-up utama (primer) pada rele proteksi.

2.7.2. Kecermatan Atau Selektivitas

Selektivitas adalah kemampuan rele proteksi untuk mendeteksi bentuk/wujud dari gangguan pada titik yang tepat dari suatu peristiwa gangguan, dan untuk

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)11/9/23

menyeleksi pemutus yang akan bekerja, agar hanya pemutus pada bagian yang terganggu saja yang membuka. Dimana hal ini akan menghilangkan gangguan dalam waktu yang minimum dan praktis tidak ada kerusakan yang serius dalam sistim.

Untuk menjamin tingkatan selektifitas yang wajar dan dapat diterima, maka sistem tenaga listrik biasanya dibagi menjadi beberapa daerah proteksi yang berbeda.

Pembagian daerah (zone) proteksi dalam sistem tenaga listrik adalah :

- a. Generator atau unit generator-transformer
- b. Transformator
- c. Bus
- d. Saluran transmisi, subtransmisi dan distribusi
- e. Motor-motor dan seperangkat alat-atat yang membutuhkan daya yang besar.

2.7.3. Keandalan Atau Reability

Keandalan berarti bahwa rele harus siap siaga bereaksi (bekerja), andal dan bekerja dengan tepat pada semua tipe dari kondisi tidak normal.

Keandalan suatu sistem proteksi dinilai dengan persentase dari kerja yang benar (correct operation) rele. Untuk sistem yang modern, persentase ini mencapai 99%. Kesederhanaan konstruksi dan kualitas yang baik dari rele, disain dan pemasangan yang benar, pemeliharaan dan pengawasan yang baik adalah merupakan faktor utama untuk keandalan yang baik.

Karena, elemen-elemen dari sistem proteksi acapkali bekerja lebih sedikit daripada peralatan yang diproteksi, maka keandalan yang baik sering ditentukan oleh perawatan yang teliti, pengetesan langsung di lapangan dan tatihan yang teratur untuk personil perawatan dan pengetesan sistem tenaga. Keandalan erat sekali hubungannya

dengan kesederhanaan dan oleh sebab itu salah satu kebutuhan pokok dari teknik proteksi adalah kesederhanaan (simplicity)

2.7.4. Kecepatan Bereaksi

Tujuan pokok dari sistem proteksi adalah untuk memisahkan bagian yang terganggu secepat mungkin. Kecepatan pemisahan bagian yang terganggu dari bagian yang aman, mempunyai keuntungan antara lain :

- a. Memperbaiki stabilitas sistem tenaga
- b. Mengurangi kualitas dan kuantitas kerusakan pada sistem.



BAB III

GARDU INDUK (GI)

3.1. Gardu Induk

Gardu Induk adalah suatu instalasi dari tegangan extra tinggi (TET), Tegangan menengah, biasanya terdiri dari atas bangunan, gedung dan peralatan lain yang menyangkut kelistrikan. Dengan perkataan lain Gardu Induk ialah tempat persinggahan saluran transmisi guna menstabilkan tegangan yang mungkin terjadi akibat rugi-rugi tegangan/ daya dan sebagai tempat pemasangan alat-alat ukur yang diperlukan dan juga tempat pemasangan alat-alat proteksi serta tempat pemasangan alat-alat transformator daya untuk keperluan penyaluran daya ke distribusi saluran menengah.

Gardu Induk merupakan bagian dari sistem listrik yang mutlak diperlukan, untuk itu tidak dapat dirancang terpisah dari bagian kebutuhan energi listrik yang telah diramalkan dan kemudian dihubungkan dengan perencanaan sistem tenaga listrik secara menyeluruh.

Gardu induk dapat dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu :

- Menurut penempatan peralatan utamanya.
- Menurut jenis isolasi yang dipakai.

3.1.1 Fungsi Gardu Induk Pada Sistem Tenaga Listrik

Adapun fungsi Gardu Induk adalah sebagai berikut :

1. Mentransformasikan atau merubah besaran tenaga listrik pada suatu tingkat tegangan ketinggian tegangan yang diinginkan.

2. Sebagai pusat pengaturan daya listrik ke Gardu Distribusi atau Gardu Induk lainnya.
3. Sebagai pusat pengukuran, pengawasan operasional serta pengaturan dalam mengamankan sistem jaringan tenaga listrik.

3.1.2 Klasifikasi Gardu Induk

Gardu induk di klasifikasikan menurut lokasi/penempatannya dapat dibagi

a. Gardu Induk Pasangan Dalam (Indoor Substation)

Gardu Induk ini ruang kontrol, peralatan Gardu Induk seperti rel, pemisah, pemutus Tenaga, transformator tenaga, CT, PT, Arester dan isolator dipasang di suatu ruangan tertutup.

b. Gardu Induk Pasangan Luar (Outdoor Substation)

Semua peralatan Gardu Induk diatas dipasang diluar bangunan kecuali ruang kontrol alat pengukuran dan alat bantu lainnya.

c. Gardu Induk sebagai Pasang Luar (Combine Outdoor Substation)

Biasanya sebagian peralatan Gardu Induk dipasang didalam ruangan tertutup dan sebagian lainnya dipasang diluar dengan mempertimbangkan situasi dan kondisi.

d. Gardu Induk Pasangan Bawah Tanah (Under Ground Substation)

Gardu Induk ini biasanya di dalam kota, karena diatas tanah tidak mungkin di pasang lagi Gardu Induk disebabkan keterbatasan tempat.

3.1.3 Klarifikasi Gardu Induk Menurut Isolasi Yang dipakai

a. Gardu Induk Isolasi Udara

Garduk Induk ini yang menggunakan udara guna untuk mengisolasi bagian-bagian yang bertegangan baik antar Phasa maupun tanah.

b. Gardu Induk Isolasi Gas

Gardu Induk yang menggunakan gas untuk mengisolasi bagian-bagian yang bertegangan antar phasa maupun dengan tanah.

3.1.4 Peralatan dan Fasilitas Gardu Induk

Gardu Induk adalah suatu instalasi listrik yang terdiri dari peralatan dan fasilitas utama yang terdiri dari :

a. Lighting Arrester (LA)

Lighting Arrester ini berfungsi untuk mengamankan instalasi dan peralatan listrik dari gangguan tegangan lebih yang disebabkan oleh sambaran petir.

Adapun Bagian-bagian Lighting Arrester adalah :

- Elektroda

Elektroda merupakan terminal dari Lighting Arrester yang dihubungkan ke bagian yang bertegangan diatas dan bagian elektroda bawah yang dihubungkan dengan tanah.

- Spark Gap (Sela Percikan)

Pada Spark Gap akan timbul busur api jika terjadi sambaran petir yang akan ditiup busur api tersebut oleh tegangan gas yang ditimbulkan oleh tabung Fiber yang terbakar.

- Valve Resister (Tahanan katup)

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)11/9/23



Gambar 3.2. Potensial Transformator

d. Saklar Pemisah (PMS)

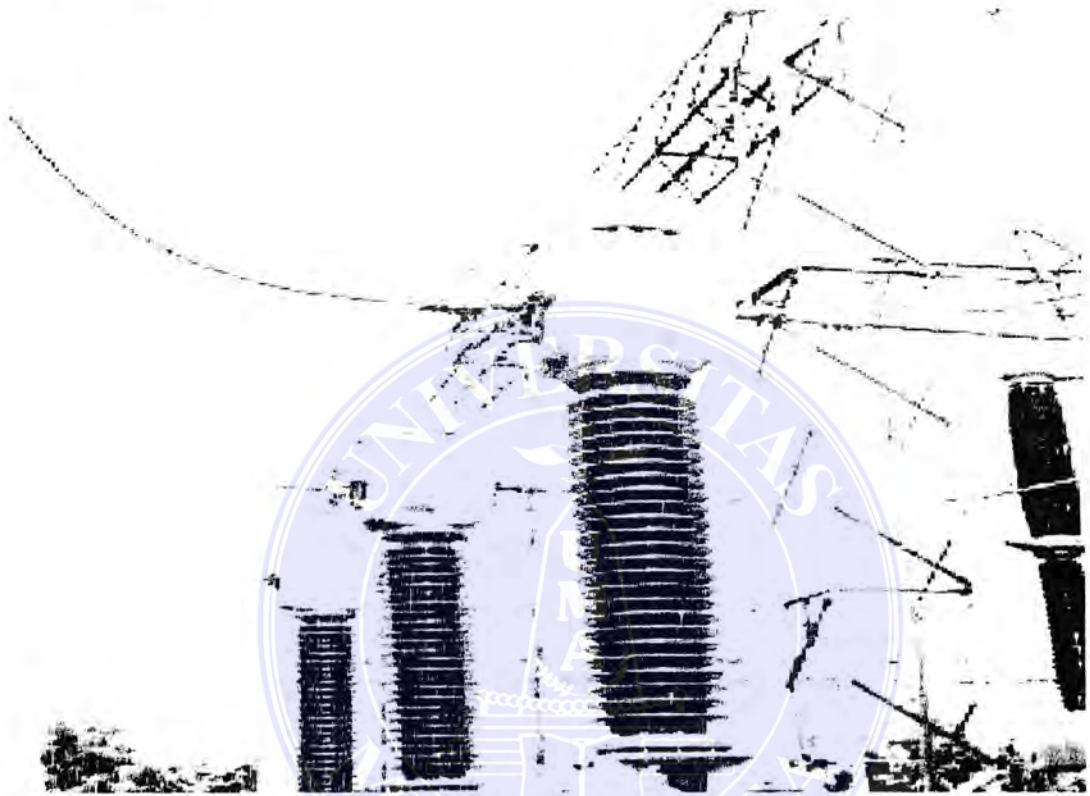
PMS adalah alat yang digunakan untuk menyatakan secara visual bahwa suatu peralatan listrik sudah bebas dari tegangan kerja.



Gambar 3.3. Pemisah (PMS)

e. Transformator Arus (CT)

Berfungsi untuk menurunkan arus yang besar pada tegangan yang tinggi menjadi arus kecil pada tegangan rendah untuk keperluan pengukuran dan proteksi.



Gambar 3.4. Transformator Arus

f. Pemutus Tenaga (PMT)

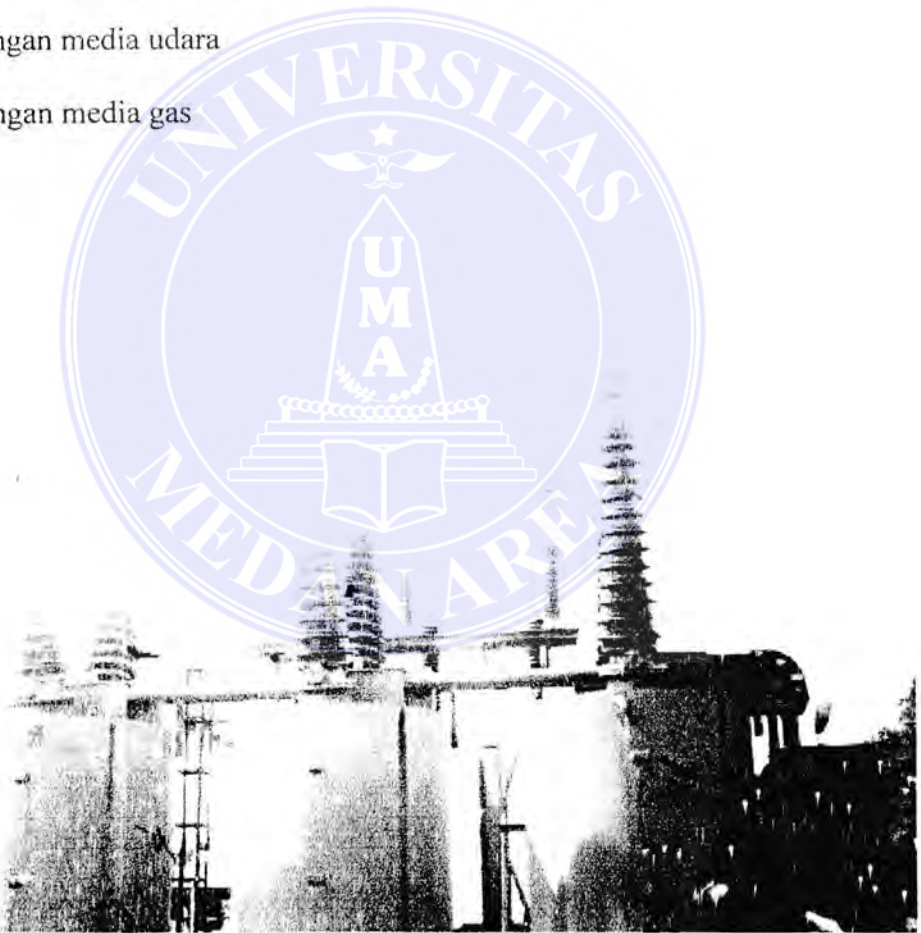
PMT berfungsi sebagai pemutus hubungan tenaga listrik dalam keadaan gangguan dan dalam keadaan berbeban. Proses pemutusan harus dapat dilakukan dengan cepat dalam keadaan gangguan, arus relatif besar sehingga operasi kerja PMT sangat berat jika PMT kurang pemeliharaannya sehingga tidak sesuai lagi kemampuan dengan daya yang diputuskannya maka PMT tersebut akan rusak/meledak.

Bagian-bagian utama PMT :

- Tangki
- Kontak-kontak
- Pengaturan busur Api
- Mekanik penggerak
- Bushing

Macam-macam PMT pada umumnya adalah :

1. PMT dengan media minyak
2. PMT dengan media udara
3. PMT dengan media gas



Gambar 3.5. PMT dengan Menggunakan Minyak

g. Rel Daya (Busbar)

Rel adalah tempat titik temu saluran-saluran tenaga (sumber keluaran) antara trafo-trafo tenaga, SUUT (Saluran Udara Tegangan Tinggi) atau dengan kata lain tempat menerima dan menyalurkan daya listrik.

Rel terbuat dari :

- Tembaga, alumunium yang bisa berbentuk bar atau hollow kondensor
- ACSR (Salah satu jenis alumunium).

Yang perlu diperhatikan dalam keadaan operasi adalah :

- Apakah timbul suara berisik yang tidak normal
- Apakah ada sambungan yang membara
- Apakah ada kotoran-kotoran yang melekat seperti sarang laba-laba, sarang tawon, sarang barang burung.



Gambar 3.6. Rel Daya (Busbar)

h. Trafo tenaga

Trafo Tenaga berfungsi untuk menyalurkan daya/tenaga dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya. Pada Gardu Induk Paya Pasir Trafo Tenaga berfungsi untuk menyalurkan daya yang akan didistribusikan kekonsumen dengan lebih dahulu mengubah besar tegangan dari tegangan sisi primer (150 KV ke tegangan distribusi 20 KV). Trafo ini step down, karena pada tegangan distribusi diperlukan 20 Kvsebab jaringannya tidak terlalu panjang.

i. Panel-panel Kotrol

Jenis Panel Kontrol yang ada pada Gardu Induk adalah Panel Kontrol Utama, panel Relay, dan Panel pemakaian sendiri.

j. Baterai

Baterai adalah suatu alat yang menghasilkan energi listrik dengan proses kimia.

Di gardu Paya Pasir baterai ini berfungsi sebagai :

1. Sumber tenaga alat kotrol, pengawasan, tanda-tanda isyarat.
2. Sumber tenaga motor-motor untuk PMT, PMS, Tap Charging Trafo tenaga.
3. Sumber tenaga penerangan darurat.
4. Sumber tenaga untuk rele Proteksi
5. Sumber tenaga untuk peralatan proteksi.

3.2. Spesifikasi Transformator daya Pada Gardu Induk Paya Pasir Sektor Glugur

Transformator tenaga merupakan suatu peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga/daya listrik dari tegangan tinggi ketegangan rendah atau sebaliknya. Untuk operasi pada umumnya titik netral ditanahkan sesuai dengan kebutuhan untuk sistem pengamanan (proteksi), misalnya seperti transformator 150/70 KV dan transformator 70/20 K.V ditanahkan dengan tahanan sisi netralnya ke 20 KV.

Klasifikasi Transformator

Transformator tenaga dapat diklasifikasikan menurut beberapa pembagian, yaitu

Diantaranya :

- a. Menurut Penempatan :
 - Pasangan Indoor dalam ruangan
 - Pasangan Outdoor (luar ruangan)
- b. Menurut Pemakaian/Fungsinya :
 - Transformator mesin
 - Transformator Gardu Induk
 - Transformator Distribusi
- c. Menurut Pendingin

Tabel 3.1. Menurut Pendingin Transformator

NO	Macam Sistem Pendingin	MEDIA			
		Di dalam Transformator		Di luar Transformator	
		Sirkulasi Alamiah	Paksa	Sirkulasi Alamiah	Paksa
1	AN	-	-	Udara	-
	AF	-	-	-	Udara
	ONAN	Minyak	-	Udara	-
	ONAF	Minyak	-	-	Udara
	OFAN	-	Minyak	Udara	-
	AFAF	-	Minyak	Udara	-
	OFWF	-	Minyak	-	-
	ONAN/ONAF	Kombinasi	Kombinasi 3 dan 4		
	ONAN/ANAF	Kombinasi	Kombinasi 3 dan 5		
	ONAN/ANAF	Kombinasi	Kombinasi 3 dan 6		
	ONAN/OFWF	Kombinasi	Kombinasi 3 dan 7		

Bagian-bagian Utama Transformator

Bagian-bagian utama Transformator Yaitu :

a. Inti Besi

Inti Besi berfungsi untuk mempermudah jalan fluksi yang ditimbulkan oleh arus listrik melalui kumparan, Bagian dan inti besi terbuat dari lempengan-lempengan besi yang tipis dan berisolasi, tujuannya untuk mengurangi panas

(rugi-rugi) yang ditimbulkan oleh rugi-rugi panas

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

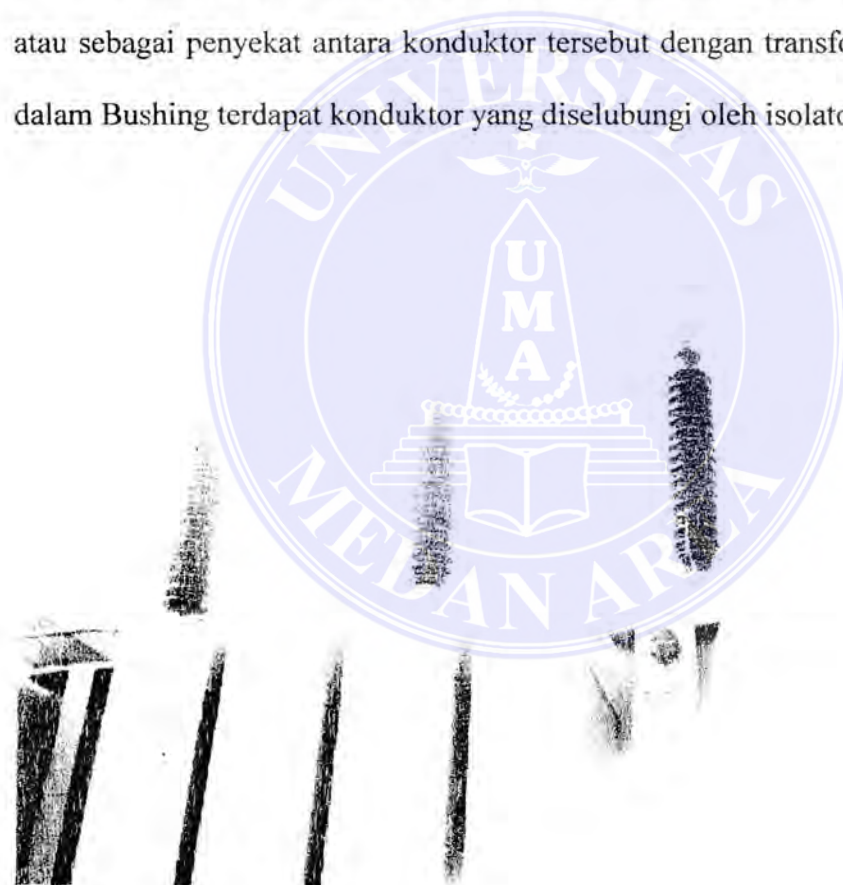
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)11/9/23

b. Minyak Transformator

Minyak Transformator berfungsi meredam kumparan dan inti dari pada transformator tenaga, terutama yang berkapasitas besar. Karenanya minyak transformator berfungsi sebagai media pendingin dan isolasi sebagai media pendingin bersifat disirkula atau pemindah panas, sedangkan sebagai isolasi daya tembus tegangan tinggi.

c.. Bushing

Bushing merupakan perantara kumparan transformator ke jaringan luar atau sebagai penyekat antara konduktor tersebut dengan transformator. Karena di dalam Bushing terdapat konduktor yang diselubungi oleh isolator.



Gambar. 3.7. Bushing

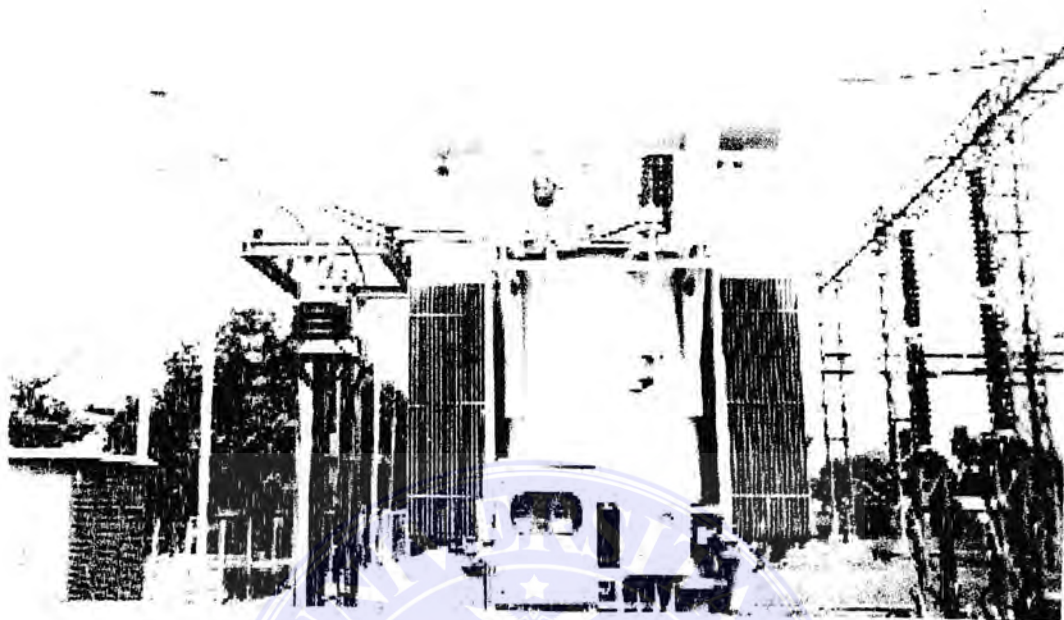
d. Tangki Dan Konservator

Tangki merupakan tempat penumpangan bagian transformator yang terendam dalam minyak. Untuk menampung pemuatan minyak transformator, tangki dilengkapi dengan konservator.

Transformator Daya Pada Gardu Induk Paya Pasir

Pada Gardu Induk Paya Pasir digunakan satu buah transformator daya yang terdiri dari beberapa feeder yang mensuply daerah Paya Pasir dan sekitarnya. Adapun data-data transformator tersebut adalah :

- Type	: ORF 60/275
- Daya	: 60 MVA
- Merek	: PASTI
- Hubungan Belitan	: Ynyno
- Nomor Seri	: 3 Fhasa
- Pendingin	: ONAN/ONAF
- Suhu Minyak	: 53 ⁰ C
- Suhu Belitan	: 58 ⁰ C
- Status	: oPERASI
- Frekuensi	: 50 Hz
- Type Minyak	: IEC 296
- Massa Total	: 93,01
- Massa Minyak	: 23,01
- Untuk Height	: 7,6 m
- Waktu Hubung Singkat	: 3 second



Gambar 3.8. Gardu Induk Paya Pasir

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pengamatan (supervisi) yang telah dilaksanakan pada PLTG Paya Pasir, dan membaca beberapa literatur yang mendukung untuk penulisan tugas akhir ini penulis menarik beberapa kesimpulan dan saran sebagai berikut:

5.1. Kesimpulan

Untuk menjamin keamanan maupun keandalan suatu sistem pembangkit tenaga listrik, kenaikan tegangan yang dibangkitkan (tegangan abnormal) sangat perlu diamankan sampai batas yang diizinkan (120 %) dan tegangan nominal, agar peralatan sistem tidak sampai mengalami kerusakan akibat kenaikan tegangan tersebut.

Rele tegangan lebih adalah salah satu jenis pengaman yang dapat mengamankan sistem pembangkitan dunia terjadi over voltage, biasanya rele over voltage ini ditempatkan pada sisi pengaman generator (CB), karena gangguan tegangan lebih yang permanen biasanya diakibatkan oleh gangguan pada pembangkit itu sendiri.

Gangguan kenaikan tegangan yang permanen biasanya terjadi akibat adanya gangguan dari penggerak mula (prime mover) generator atau gangguan pada arus penguat medan (aksitasi). Dengan demikian peralatan proteksi tegangan lebih ditempatkan pada sisi generator atau pada panel rele.

Pada pembangkit listrik tenaga Gas (PLTG) Paya Pasir, proteksi kenaikan tegangan (over voltage) dideteksi oleh rele over voltage jenis VAU yang

mentrip ACB generator, dimana rele ini dilengkapi dengan time relay (rele penunda waktu), untuk pemutusan kontakannya. Hal ini dilakukan untuk menjaga kestabilan pembangkitan agar setiap terjadi gangguan tegangan lebih diharapkan inengatur arus penguat medan (eksitasi) atau pengatur kecepatan putar generator yang bekerja terlebih dahulu mengembalikan tegangan pada harga nominalnya. Dan jika kedua pengatur ini gagal melaksanakan fungsinya atau memerlukan waktu yang relatif lama, maka rele arus lebih dapat dengan segera mentrip ACB, agar suplay daya ke beban terputus.

Untuk pengaman tegangan lebih akibat gangguan dari luar generator, misalnya akibat adanya gelombang sambaran petir, dibuat suatu pengaman yang disebut Lightning Arrester (LA) pada pembangkit tenaga listrik.

5.2. Saran

Dalam hal ini penulis merasa perlu menuliskan saran kepada PT. PLN (Persero) PLTG Paya Pasir.

PLN Perlu banyak lagi mengadakan studi kelayakan pembangunan PLTG Paya Pasir mengingat masih banyak potensi tenaga Gas di Indonesia yang belum termanfaatkan sejalan dengan krisis energi listrik Indonesia.

Sistem kontrol dan operasional PLTG Paya Pasir jarak jauh tanpa operator seperti yang sudah ada di negara - negara maju seperti Jepang, Amerika perlu dicontoh dan dipelajari sehingga penggunaan manusia lebih sedikit dan menguntungkan dari segi ekonomis.

DAFTAR PUSTAKA

1. Arismunandar, Prof.DR. Teknik Tegangan Tinggi, Edisi Ketiga, PT. Pradaya Paramita, 1994
2. Anonim. 2005. Buku-buku Milik PLN Gardu Induk Paya Pasir Medan
3. AS Pabla, Ir. Abdul Hadi. Sistem Distribusi Daya Listrik, Penerbit Erlangga, 1994
4. Drs. Sumanto, Teosri transformator, Penerbit andi Offset, Jogjakarta, 1991
5. Hutauruk, TS, Pertanahan Netral Sistem Tenaga dan Pentanahan Peralatan, Edisi Kedua, Erlangga, 1991.
6. PLN Wil. II Sektor Glugur, Pertanahan Peralatan Gardu Induk, 1989.
7. PLN Pusat, Relay Proteksi dan Peralatan Pembangkit Diktat PLN Pusat Jakarta, 1990.
8. Rao. Sunil. 1983. Swichgear And Protection