

SKRIPSI

ANALISA KELAYAKAN PMT 150 KV DI GARDU INDUK BULUKUMBA



JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2017

SKRIPSI

ANALISA KELAYAKAN PMT 150 KV DI GARDU INDUK BULUKUMBA

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Makassar**



JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2017



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: www.unismuh.ac.id, e_mail: unismuh@gmail.com

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **ANALISA KELAYAKAN PMT 150 kV di GARDU INDUK BULUKUMBA**

Nama : 1. M. Arham
2. Muhammad Isram

Stambuk : 1. 10582 00776 11
2. 10582 00922 11

Makassar, 13 Juli 2017

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing:

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Hj. Hafsah Nirwana, M.T

Ir. Abd Hafid, M.T

Mengetahui,

Ketua Jurusan Elektro

Umar Katu, S.T., M.T.

NBM : 990 410



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: www.unismuh.ac.id, e_mail: unismuh@gmail.com

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama **M. Arham** dengan nomor induk Mahasiswa 10582 00776 11 dan **Muhammad Isram** dengan nomor induk Mahasiswa 10582 00922 11, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 510/05/A.5-II/VI/28/2017, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Selasa tanggal 20 Juni 2017

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Makassar,

19 Syawal 1438 H

13 Juli 2017 M

Dr. H. Abdul Rahman Rahim, S.E., M.M.

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. -Ing. Ir. Wahyu H. Piarah, MSME

2. Penguji

a. Ketua : Dr.Eng.Ir. H. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng

b. Sekertaris : Rahmania, S.T.,M.T

3. Anggota : 1. Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

2. Suniyani, S.T., M.T

3. Mutmainnah, S.T.,M.T

Mengetahui :

Pembimbing I

Dr. Ir. Hj. Hafsa Nirwana, M.T

Pembimbing II

Ir. Abd Hafid, M.T

Dekan

Ir. Hamzah Al Imran, S.T., M.T.

NBM : 855 500

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayahnyalah sehingga penulis dapat menyusun skripsi ini, dan dapat kami selesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini di susun sebagai salah satu persyaratan akademik yang harus di tempuh dalam rangka menyelesaikan program studi pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Adapun judul tugas akhir kami adalah :”ANALISA KELAYAKAN PMT 150 KV DI GARDU INDUK BULUKUMBA”.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa di dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan – kekurangan,hal ini disebabkan penulis sebagai manusia tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan baik itu di tinjau dari segi teknis penulisan maupun dari perhitungan-perhitungan. Oleh karena itu penulis menerima dengan ikhlas dan senang hati segala koreksi serta perbaikan guna penyempurnaan tulisan ini agar kelak dapat bermamfaat.

Skripsi ini dapat terwujud berkat adanya bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala ketulusan dan kerendahan hati, kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak Hamzah Al Imran, S.T., M.T. Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

2. Bapak Umar Katu, S.T., M.T. Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Ibu Dr. ir.Hafsah Nirwana, M.T. selaku pembimbing I dan Bapak ir.Abd Hafid, M.T. selaku pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktu dalam membimbing kami.
4. Bapak dan ibu Dosen serta staf pegawai Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
5. Ayahanda dan Ibunda tercinta, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang, doa dan pengorbananya terutama bentuk materi dalam menyelesaikan kuliah.
6. Saudara-saudaraku dan rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik khususnya angkatan 2011 yang dengan keakraban dan persaudaraanya banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga semua pihak tersebut di atas mendapat pahala yang berlipat ganda disisi Allah SWT dan skripsi yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi penulis, rekan-rekan, masyarakat serta bangsa dan Negara. Amin

Makassar, Desember, 2016

Penulis

M.Arham',Muhammad Isram

'Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Unismuh Makassar'

Email: teknikarham@gmail.com

'Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Unismuh Makassar'

Email: iccanborro@ymail.com

ABSTRAK

Abstrak; M.Arham dan Muhammad isram; (2016) Analisa Kelayakan PMT 150 KV di Gardu Induk Bulukumba dibimbing oleh Ir.Abd.Hafid,M.T dan Dr.Ir.Hj.Hafsa Nirwana, M.T. Energi listrik merupakan salah satu faktor penunjang pembangunan suatu bangsa karena selain untuk penerangan, listrik juga di gunakan untuk kebutuhan konsumtif maupun produktif dan salah satu alat yang berperang dalam penyaluran listrik tersebut yaitu PMT 150 KV dan untuk mengetahui kelayakan PMT 150 KV pada gardu induk baik dari segi kehandalan maupun ketahanan maka salah satu bentuk untuk mendeteksi secara dini layak tidaknya PMT 150 KV untuk operasikan yaitu dengan melakukan pengujian, adapun langkah-langkah yang harus yang dilakukan yaitu melakukan pengujian tahanan isolasi, pengujian tahanan kontak, pengujian keserampakan dan pengujian tahanan pentanahan.Pada saat melakukan pengujian tersebut setiap pengujian harus memenuhi standar pengujian dari SPLN maupun dari masing masing pabrikan PMT itu sendiri sehingga dari hasil pengujian tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa PMT 150 KV dapat di nyatakan kelayakannya untuk dioperasikan.

Kata kunci: *PMT 150 KV, Pengujian, Kelayakan*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	2
C. Tujuan Penelitian.....	2
D. Manfaat Penelitian.....	2
E. Batasan Masalah.....	2
F. Sistematisasi penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Pengertian Pemutus Tenaga.....	4
B. Klasifikasi Pemutus Tenaga.....	6
a. Berdasarkan besar / kelas tegangan.....	6
b. Berdasarkan Jumlah Mekanik Penggerak.....	7
c. Pemutus Tenaga Berdasar Media Isolasi.....	8
d. Pemutus Tenaga Berdasarkan Berdasarkan Proses.....	

Pemadaman busur api.....	8
C. Bagian-Bagian Utama PMT Gas SF6.....	9
1. Penghantar Arus Listrik.....	9
2. Media Pemadam Busur Api.....	10
3. Bagian Penyangga.....	11
4. Mekanisme Penggerak.....	11
5. Control/Auxiliary Circuit.....	13
6. Struktur Mekanik.....	14
7. Sistem Pentanahan/Grounding.....	15
D. Pengoperasian PMT Gas SF6.....	15
a. Pengertian Gardu Induk.....	16
b. Jenis Dan Fungsi Gardu Induk.....	17
E. Komponen Utama Gardu Induk.....	20
1. Trafo Tenaga.....	20
2. Trafo Ukur.....	20
3. Saklar Pemisah.....	24
4. Pemutus Tenaga.....	25
5. <i>Lightning Arrester</i>	25
6. <i>Panel Control</i>	26
7. Baterai.....	28
8. <i>Cubicle</i>	29
9. Rel Daya.....	30
10. Sistem Pentanahan Titik Netral.....	30

11. Kompensator.....	31
12. Rele Proteksi Dan Papan Alarm.....	32
13. Peralatan Skada.....	32

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu Dan Tempat Penelitian.....	33
B. Metode Penelitian.....	33
C. Teknik Pengambilan Data.....	34
D. Analisis Pengambilan Data.....	34

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Pemutus Tenaga.....	36
1. Pengujian Tahanan Isolasi.....	36
a. Cara Pengujian.....	36
b. Hasil Pengujian Tahanan Isolasi.....	39
2. Pengujian Tahanan Kontak.....	40
a. Cara Pengujian.....	41
b. Hasil Pengujian Tahanan Kontak.....	43
3. Pengujian Keserampakan.....	45
a. Cara Pengujian Keserampakan.....	45
b. Hasil Pengujian Keserampakan.....	48
4. Pengujian Tahanan Pentanahan.....	50
a. Cara Pengujian Tahanan Pentanahan.....	51
b. Hasil Pengujian Tahanan Pentanahan.....	52

B. Evaluasi Hasil Pemeliharaan.....	54
1. Metode Evaluasi Hasil Pemeliharaan.....	54
2. Standar Hasil Pemeliharaan.....	55
a. Pengujian Tahanan Isolasi.....	56
b. Pengujian Tahanan Kontak.....	56
c. Pengujian Keserampakan.....	56
d. Pengujian Tahanan Pentanahan.....	57
C. Perbaikan PMT.....	58
1. Rekomendasi Hasil Pemeliharaan.....	58
a. Rekomendasi Hasil <i>shutdown Measurement</i>	58
b. Pengujian Pada <i>Inturupter chamber</i>	58
c. Pengujian Pada Sistem Pentanahan.....	59



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Macam - Macam PMT.....	4
Gambar 2.2 PMT <i>Single Pole</i>	6
Gambar 2.3 PMT <i>Three pole</i>	7
Gambar 2.4 <i>Interuping</i>	8
Gambar 2.5 Bagian-Bagian PMT.....	9
Gambar 2.6 Kontruksi RuangPemadam PMT Gas SF ₆	9
Gambar 2.7 Terminal Utama.....	10
Gambar 2.8 Isolator Penyangga.....	11
Gambar 2.9 Sistem Pegas Pilin.....	12
Gambar 2.10 Sistem Pegas Gulung.....	12
Gambar 2.11 Mekanik Penggerak Hidrolik.....	13
Gambar 2.12 Lemari Mekanik.....	14
Gambar 2.13 Terminal Dan <i>Wiring Control</i>	14
Gambar 2.14 Sistem Pentanahan.....	15
Gambar 2.15 Trafo Tenaga.....	20
Gambar 2.16 Trafo Tegangan.....	21
Gambar 2.17 Trafo Arus.....	23
Gambar 2.18 Sakelar Pemisah.....	24
Gambar2.19 Pemutus Tenaga (PMT).....	25
Gambar 2.20 <i>Lighting Arrester(LA)</i>	26
Gambar 2.21 Panel Control.....	27
Gambar 2.22 Panel Control Rele.....	28
Gambar 2.23 Baterai.....	28
Gambar 2.24 <i>Cubicle</i>	29
Gambar 2.25 <i>Netral Ground Resistant (NGR)</i>	31
Gambar 3.1 Lokasi tempat penelitian PT. PLN (persero) Tragi Bulukumba.....	33

Gambar 4.1 Flow chart Penelitian yang akan dilakukan.....	35
Gambar 4.2 Pemasangan Pentanahan Lokal IP/OP Klem.....	37
Gambar 4.3 Terminal Tempat Pengukuran Tahanan Isolasi.....	38
Gambar 4.4 Alat Ukur Tahanan Kontak Merek Programa.....	41
Gambar 4.5 Terminal Pentanahan Sebagai Langkah Utama.....	42
Gambar 4.6 Rangkaian Pengukuran Tahanan Kontak Paralel.....	42
Gambar 4.7 Cara Pengamanan Pada Saat Pengukuran Tahanan kontak Di Switcyard.....	43
Gambar 4.8 Rangkaian Uji Untuk PMT Tanpa <i>Closing Resistor</i>	46
Gambar 4.9 Alat Uji Discrepansi Circuit Breaker.....	47
Gambar 4.10 Penggunaan Alat Ukur Tahanan Tanah <i>KYORITSU</i>	50
Gambar 4.11 Alat Ukur Pentanahan Merek <i>KYORITSU</i> Model 4120.....	52
Gambar 4.12 <i>FLOW CHART</i> Metode Evaluasi.....	54



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Pengujian tahanan isolasi bay Bone GI Bulukumba.....	38
Tabel 4.2 Pengujian tahanan isolasi bay couple GI Bulukumba.....	38
Tabel 4.3 Pengujian tahanan isolasi trafo 20 MVA GI Bulukumba.....	38
Tabel 4.4 Pengujian tahanan isolasi bay Jeneponto GI Bulukumba.....	39
Tabel 4.5 Pengujian tahanan kontak trafo 20 MVA GI Bulukumba.....	42
Tabel 4.6 Pengujian tahanan kontak bay Bone GI Bulukumba.....	43
Tabel 4.7 Pengujian tahanan kontak couple 150 KV GI Bulukumba.....	43
Tabel 4.8 Pengujian tahanan kontak bay Jeneponto GI Bulukumba.....	43
Tabel 4.9 Pengujian keserampakan bay Jeneponto GI Bulukumba.....	47
Tabel 4.10 Pengujian keserampakan couple 150 KV GI Bulukumba.....	47
Tabel 4.11 Pengujian keserampakan trafo 20 MVA GI Bulukumba.....	48
Tabel 4.12 Pengujian keserampakan bay Bone GI Bulukumba.....	48
Tabel 4.13 Pengujian tahanan pentanahan trafo 20 MVA.....	51
Tabel 4.14 Pengujian tahanan pentanahan bay Bone GI Bulukumba.....	52
Tabel 4.15 Pengujian tahanan pentanahan couple 150 KV GI Bulukumba.....	52
Tabel 4.16 Pengujian tahanan pentanahan Jeneponto GI Bulukumba.....	53
Tabel 4.17 <i>Open time</i>	56
Tabel 4.18 Rekomendasi pengujian Pada <i>interrupter chamber</i>	58
Tabel 4.19 Rekomendasi pengujian pada system pentanahan.....	58

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu komponen terpenting bahkan merupakan salah satu faktor untuk menunjang pembangunan suatu bangsa. Energi listrik sudah termasuk kebutuhan pokok bagi masyarakat karena selain untuk penerangan, listrik juga digunakan untuk berbagai aktifitas, baik untuk kebutuhan konsumtif maupun produktif. Pemanfaatan secara optimal energi listrik oleh masyarakat dapat dibantu dengan kontinuitas penyaluran energi listrik.

Saluran Transmisi tegangan tinggi merupakan salah satu bagian utama dari sistem tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan daya listrik dari sisi pembangkit sebagai pengirim ke sisi beban (konsumen) sebagai penerima. Penyaluran daya listrik tersebut disalurkan melalui peralatan tegangan tinggi, yang sangat dibutuhkan kehandalan untuk memberi kontinuitas penyaluran tenaga listrik.

Salah satu peralatan tenaga listrik yang sangat berperan dalam penyaluran tenaga listrik adalah PMT (pemutus tenaga) atau CB (*circuit breaker*). Pemutus tenaga yang baik haruslah handal dan terpelihara dengan baik dapat memberikan kita jaminan tentang umur dari peralatan tersebut. Peralatan yang bekerja pada sistem tenaga listrik khususnya tegangan tinggi yang bekerja terus menerus seperti Pemutus tenaga tidak lepas dari permasalahan – permasalahan yang timbul. Untuk menghindari kejadian seperti kegagalan operasi yang terjadi pada pemutus tenaga yang dapat mengganggu stabilitas penyaluran tenaga listrik maka diperlukan rencana pemeliharaan yang baik. Setelah melakukan pemeliharaan maka kita dapat informasi berupa hasil pemeliharaan yang dapat dijadikan acuan penentuan umur peralatan tersebut.

Berdasarkan hasil pemeliharaan yang belum di analisa maka penulis coba mengangkat sebuah judul “*Analisa kelayakan PMT 150 KV di Gardu induk Bulukumba*”

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

- a. Bagaimana menentukan hasil pengujian tahanan isolasi, pengujian tahanan kontak, keserampakan dan pengujian pentanahan di gardu induk Bulukumba.
- b. Bagaimana menentukan kondisi PMT dengan menganalisa hasil pemeliharaan pada PT.PLN (Persero) UPT Sistem Sulselrabar di Gardu induk Bulukumba berdasarkan standarisasi yang digunakan?

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan:

- a. Melakukan pengujian untuk mengetahui nilai tahanan isolasi, tahanan kontak, keserampakan dan pentanahan.
- b. Melakukan analisa kelayakan PMT 150 KV di gardu induk Bulukumba berdasarkan standarisasi yang di gunakan

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dalam penelitian ini :

- a. Menambah pengetahuan penulis cara mendeteksi secara dini kegagalan yang terjadi pada PMT 150 KV
- b. Untuk mengetahui lebih dalam tentang PMT 150 KV
- c. Untuk mengetahui tentang cara pemeliharaan PMT 150 KV

E. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada tugas akhir ini yaitu :

- a. Pengambilan data - data hasil pemeliharaan pada sistem tenaga listrik PT. PLN(Persero) UPT Sistem Sulselrabar dikhususkan pada PMT 150 kV yang berada di Gardu induk Bulukumba.
- b. Sistem analisa yang digunakan berdasarkan standarisasi yang
- c. digunakan pada PT. PLN (persero) UPT Sistem Sulselrabar.

F. Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir ini disusun dengan menggunakan sistematika sebagai berikut:

BAB I : Menjelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metode penelitian, dan sistematika penulisan

BAB II : Membahas tentang pengertian Pemutus tenaga 150 KV, klasifikasi pemutus tenaga 150 KV, jenis-jenis pemutus tenaga, bagian-bagian utama pada pemutus tenaga 150 KV dan pengerian gardu induk, peralatan yang berada pada Gardu Induk.

BAB III : Memberikan gambaran waktu dan tempat penelitian, metode penelitian dan teknik pengambilan data.

BAB IV : Membahas mengenai pengujian tahanan isolasi, pengujian tahanan kontak, keserampakan, pengujian tahanan pentanahan dan hasil dari penelitian yang di lakukan.

BAB V : berisi tentang kesimpulan dan saran.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Pemutus Tenaga

Berdasarkan *IEV (International Electrotechnical Vocabulary)* 441-14-20 disebutkan bahwa Circuit Breaker (CB) atau Pemutus Tenaga (PMT) merupakan peralatan saklar / switching mekanis, yang mampu menutup, mengalirkan dan memutus arus beban dalam kondisi normal serta mampu menutup, mengalirkan (dalam periode waktu tertentu) dan memutus arus beban dalam spesifik kondisi abnormal / gangguan seperti kondisi short circuit / hubung singkat.

Fungsi utamanya adalah sebagai alat pembuka atau penutup suatu rangkaian listrik dalam kondisi berbeban, serta mampu membuka atau menutup saat terjadi arus gangguan (hubung singkat) pada jaringan atau peralatan lain.



Gambar 2.1. Macam – macam PMT

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh suatu PMT untuk proteksi saluran tenaga listrik adalah sebagai berikut:

1. Mampu menyalurkan arus maksimum sistem secara terus-menerus.
2. Mampu memutuskan dan menutup jaringan dalam keadaan berbeban maupun terhubung singkat tanpa menimbulkan kerusakan pada pemutus tenaga itu sendiri.

3. Dapat memutuskan arus hubung singkat dengan kecepatan tinggi agar arus hubung singkat tidak sampai merusak peralatan sistem, membuat sistem kehilangan kestabilan, dan merusak pemutus tenaga itu sendiri.

Setiap PMT dirancang sesuai dengan tugas yang akandipikulnya, ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam rancangan suatu PMT, yaitu:

- a. Tegangan efektif tertinggi dan frekuensi daya jaringan dimana pemutus daya itu akan dipasang. Nilainya tergantung pada jenis pentanahan titik netral sistem.
- b. Arus maksimum kontinu yang akan dialirkan melalui pemutus daya. Nilai arus ini tergantung pada arus maksimum sumber daya atau arus nominal beban dimana pemutus daya tersebut terpasang.
- c. Arus hubung singkat maksimum yang akan diputuskan pemutus daya tersebut.
- d. Lamanya maksimum arus hubung singkat yang boleh berlangsung. hal ini berhubungan dengan waktu pembukaan kontak yang dibutuhkan.
- e. Jarak bebas antara bagian yang bertegangan tinggi dengan objek lain disekitarnya.
- f. Jarak rambat arus bocor pada isolatornya.
- g. Kekuatan dielektrik media isolator sela kontak.
- h. Iklim dan ketinggian lokasi penempatan pemutus daya

Kegagalan PMT dalam memutuskan arus gangguan yang bisa disebabkan oleh arus gangguanya terlalu besar melampaui kemampuan pemutusan (*interrupting capability*), atau kemampuan pemutusannya telah menurun, atau karena ada kerusakan.

1. Kekurangsempurnaan rangkaian sistem proteksi antara lain adanya hubungan kontak yang kurang baik.
2. Kegagalan saluran komunikasi tele proteksi.
3. Trafo arus terlalu jenuh.

B. Klasifikasi Pemutus Tenaga

Klasifikasi Pemutus Tenaga dapat dibagi atas beberapa jenis, antara lain berdasarkan tegangan rating/nominal, jumlah mekanik penggerak, media isolasi, dan proses pemadaman busur api jenis gas SF₆.

1. Berdasarkan besar / kelas tegangan (Um)

PMT dapat dibedakan menjadi :

- a. PMT tegangan rendah (*Low Voltage*)
- b. Dengan range tegangan 0.1 s/d 1 kV (SPLN 1.1995 - 3.3).
- c. PMT tegangan menengah (*Medium Voltage*)
- d. Dengan range tegangan 1 s/d 35 kV (SPLN 1.1995 – 3.4).
- e. PMT tegangan tinggi (*High Voltage*)
- f. Dengan range tegangan 35 s/d 245 kV (SPLN 1.1995 – 3.5).
- g. PMT tegangan extra tinggi (*Extra High Voltage*)
- h. Dengan *range* tegangan lebih besar dari 245 kVAC (SPLN 1.1995 – 3.6).

2. Berdasarkan jumlah mekanik penggerak / tripping coil

a. Pemutus Tenaga Single Pole

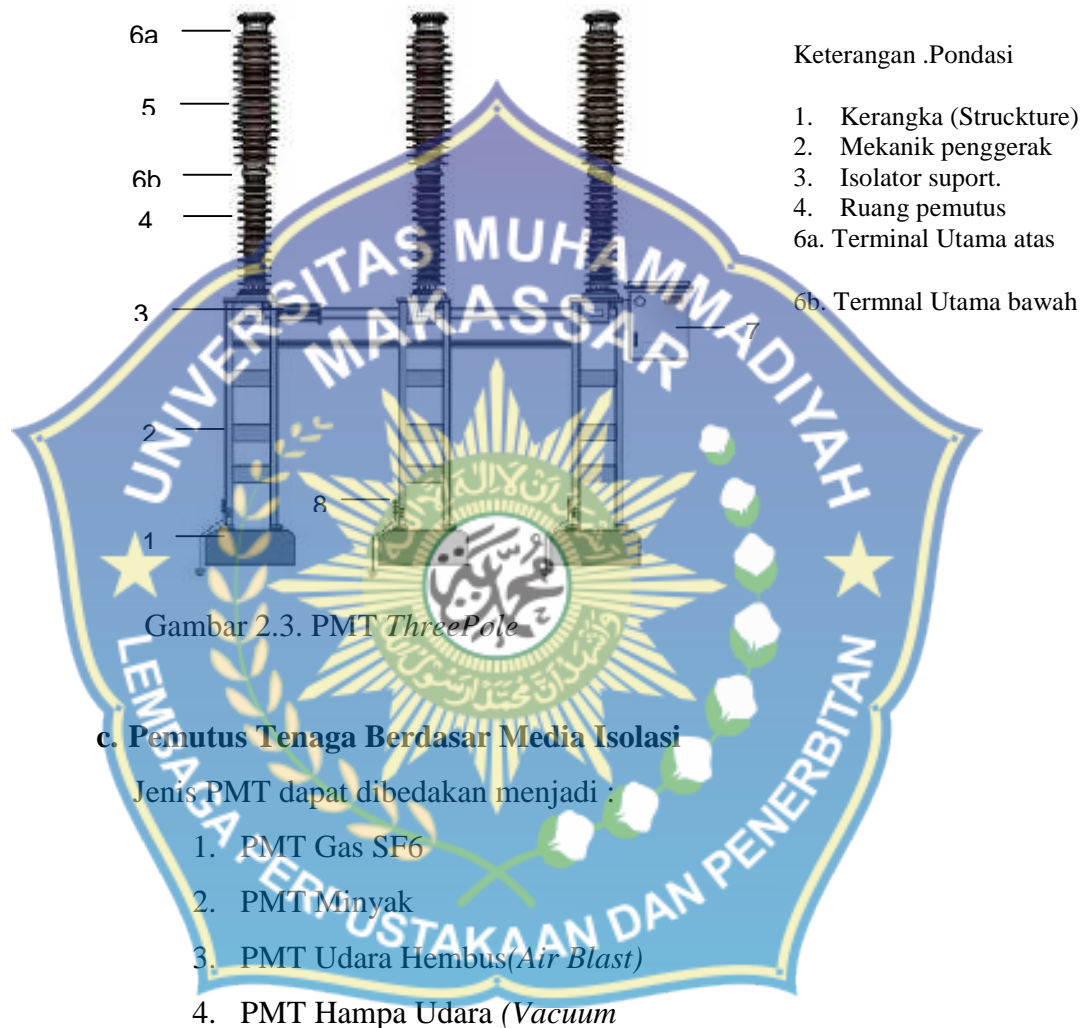
PMT type ini mempunyai mekanik penggerak pada masing-masing *pole*, umumnya PMT jenis ini dipasang pada bay penghantar agar PMT bisa *reclose* satu fasa.



Gambar 2.2. PMT *Single Pole*

b. Pemutus Tenaga Three Pole

PMT jenis ini mempunyai satu mekanik penggerak untuk tiga fasa, guna menghubungkan fasa satu dengan fasa lainnya di lengkapi dengan kopel mekanik, umumnya PMT jenis ini di pasang pada bay trafo dan bay kopel serta PMT 20 kV untuk distribusi.



c. Pemutus Tenaga Berdasar Media Isolasi

Jenis PMT dapat dibedakan menjadi :

1. PMT Gas SF₆
2. PMT Minyak
3. PMT Udara Hembus (*Air Blast*)
4. PMT Hampa Udara (*Vacuum*)

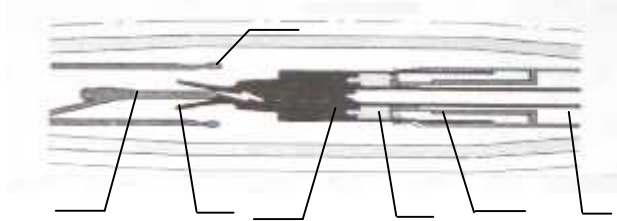
d. Pemutus Tenaga Berdasarkan proses pemadaman busur api

PMT SF₆ dapat dibagi dalam 2 (dua) jenis, yaitu :

1. PMT Jenis Tekanan Tunggal (*single pressure type*)

PMT terisi gas SF₆ dengan tekanan kira-kira 5 Kg / cm², selama terjadi proses pemisahan kontak – kontak, gas SF₆ ditekan (*fenomena thermal overpressure*) ke dalam suatu tabung/cylinder yang menempel pada kontak bergerak selanjutnya saat terjadi

pemutusan, gas SF₆ ditekan melalui *nozzle* yang menimbulkan tenaga hembus/tiupan dan tiupan ini yang memadamkan busur api.



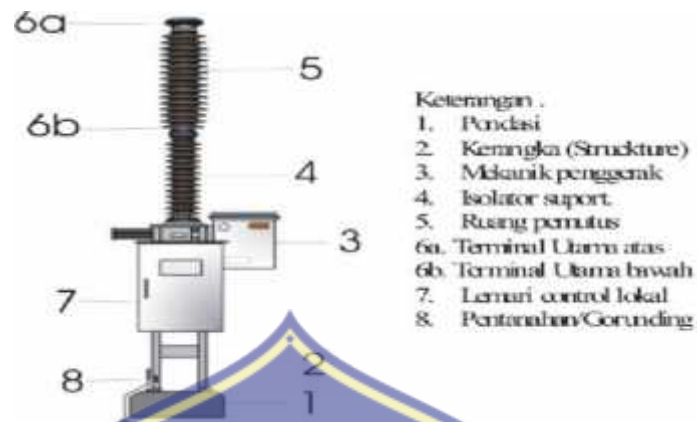
Gambar 2.4. Interrupting chamber PMT SF₆ saat proses pemutusan arus listrik

1. *Fixed contacts rod (Rod Kontak diam)*
 2. *Valve (katup)*
 3. *Main contacts (Kontak Utama)*
 4. *Insulating Nozle*
 5. *The Moving Contact suport*
 6. *Thermal Pressure*
- Vp. The Compression of the Volume*

2. PMT Jenis Tekanan Ganda (*double pressure type*)

PMT terisi gas SF₆ dengan sistem tekanan tinggi kira-kira 12 Kg / cm² dan sistem tekanan rendah kira-kira 2 Kg / cm², pada waktu pemutusan busur api gas SF₆ dari sistem tekanan tinggi dialirkan melalui *nozzle* ke sistem tekanan rendah. Gas pada sistem tekanan rendah kemudian dipompakan kembali ke sistem tekanan tinggi, saat ini PMT SF₆ tipe ini sudah tidak diproduksi lagi.

C. Bagian-Bagian Utama PMT Gas SF6



Gambar 2.5 Bagian-Bagian utama PMT SF6

1. Penghantar arus listrik (*electrical current carrying*)

Electrical current carrying berfungsi untuk menghantarkan arus listrik. Penghantar arus listrik ini terdiri dari ruang pemutus tenaga dan terminal utama.

a. Ruang Pemutus Tenaga (*Circuit Breaker Compartment*)

Ruang pemutus tenaga berfungsi sebagai tempat / ruang terjadinya proses membuka atau menutup kontak PMT



Gambar 2.6 Kontruksi ruang pemadaman PMT gas SF6

Di dalam ruangan ini terdapat kontak – kontak :

1. Kontak tetap (*fixed contact*)

Kontak tetap dibagi dalam dua bagian yaitu kontak tetap atas (*upper fixed contact*) yang terdiri dari bagian penyangga kontak tetap dan jari-jari kontak tetap dan kontak tetap bawah (*lower fixed contact*). Kontak tetap atas ini dihubungkan ke terminal atas. Kontak tetap bawah terletak di bagian dalam torak tetap juga terpasang torak tetap dan dihubungkan ke terminal bagian bawah.

2. Kontak bergerak (*moving contact*).

Kontak bergerak terdiri dari tabung kontak bergerak, silinder bergerak jari-jari kontak busur ujung kontak dan *nozzle* dari bahan isolasi.

b. Terminal utama

Terminal utama merupakan bagian dari PMT yang merupakan titik sambungan/koneksi antara PMT dengan konduktor luar dan berfungsi untuk mengalirkan arus dari atau ke konduktor luar.



Gambar 2.7 Terminal utama

2. Media Pemadam Busur Api

Berfungsi sebagai media pemadam busur api yang timbul pada saat PMT bekerja membuka atau menutup. Pada PMT gas SF₆ ini media pemadam busur apinya adalah gas *SulphurHexaFlourida* (SF₆).

3. Bagian Penyangga (*Supporting Compartment*)

Bagian penyangga terbuat dari bahan porselin yang dipasang vertikal pada rangka (*frame tank*) dan fungsinya sebagai penyangga dari ruangan pemutus tenaga. Di dalam bagian ini terdapat batang penggerak dari bahan isolasi (*isolating rod*) dari mekanis penggerak pemutus tenaga. Sedangkan gas SF₆ di dalam penyangga berfungsi untuk mengisolasi antara bagian-bagian yang bertegangan dengan badan (*body*)



Gambar 2.8 Isolator penyangga

4. Mekanisme Penggerak (*Operating Mechanism*)

Mekanisme penggerak berfungsi menggerakkan kontak bergerak untuk pemutusan dan penutupan dari PMT.

Pada PMT media gas SF₆ mekanisme penggeraknya terdiri dari :

a. Mekanisme penggerak PMT pegas (*spring*)

Mekanis penggerak PMT dengan menggunakan pegas (*spring*) terdiri dari 2 macam, yaitu :

1) Pegaspilin (*helical spring*)

PMT jenis ini menggunakan pegaspilin sebagai sumber tenaga penggerak yang di tarik atau di regangkan oleh motor melalui rantai.



Gambar 2.9 Sistem Pegas Pilin

2) Pegasgulung (*scroll spring*)

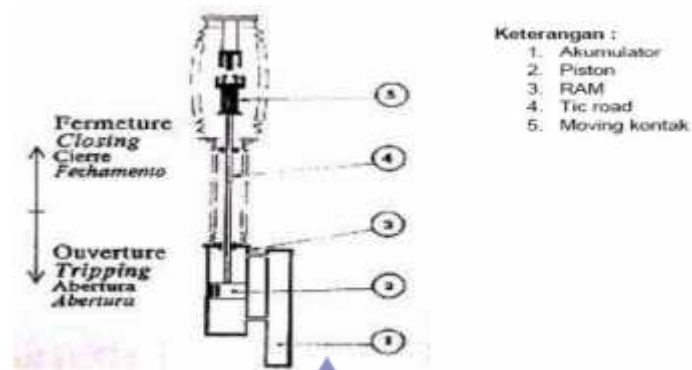
PMT ini menggunakan pegas gulung untuk sumber tenaga penggerak yang di putar oleh motor melalui roda gigi.



Gambar 2.10 Sistem Pegas Gulung

b. Mekanik Penggerak Jenis Hidrolik

Penggerak mekanik PMT hidrolik adalah rangkaian gabungan dari beberapa komponen mekanik, elektrik dan *hydraulic oil* yang dirangkai sedemikian rupa sehingga dapat berfungsi sebagai penggerak untuk membuka dan menutup PMT.



Gambar 2.11.Mekanik penggerak jenis hidrolis

c. Mekanisme Penggerak Jenis *Pneumatic*

Sistem *Pneumatic* pada pemutus tenaga (PMT) adalah merupakan salah satu sistem penggerak kontak (*moving contact*) dari PMT yang menggunakan media udara kempa sebagai energi penggerakannya. Pada beberapa PMT tekanan system udara ini mencapai 30 bar, akan tetapi tekanan udara nominal bisa lebih besar atau lebih kecil dari 30 bar bervariasi tergantung tipe dan merk PMT tersebut.

5. *Control / Auxiliary Circuit*

Control / Auxiliary Circuit terdiri dari :

a. Lemari mekanik / *control*

Lemari mekanik / *control* berfungsi untuk melindungi peralatan tegangan rendah dan sebagai tempat *secondary equipment*.



Gambar 2.12. Lemari mekanik / *control*

b. Terminal dan *Wiring control*

Terminal dan *Wiring control* berfungsi sebagai terminal *wiring* kontrol PMT serta memberikan *trigger* pada mekanik penggerak untuk operasi PMT.



Gambar 2.13. Terminal dan *Wiring control*

6. Struktur Mekanik

Terdiri dari struktur besi / beton serta pondasi sebagaiudukan struktur peralatan pemutus (PMT). Struktur Mekanik berfungsi sebagai tempat didudukannya PMT SF6. Struktur beton Struktur baja / besi Pondasi.

7. Sistem Pentanahan / *Grounding*

Sistem pentanahan atau biasa disebut sebagai *grounding* adalah system pengamanan terhadap perangkat-perangkat yang mempergunakan listrik sebagai sumber tenaga, dari lonjakan listrik, petir dan lain-lain. Fungsi pentanahan peralatan listrik adalah untuk menghindari bahaya tegangan sentuh bila terjadi gangguan atau kegagalan isolasi pada peralatan / instalasi dan pengaman terhadap peralatan.



Gambar 2.14. Sistem pentanahan PMT gas SF6

D. Pengoperasian PMT Gas SF6

Pemutus tenaga (PMT) Gas SF6 dioperasikan adalah untuk membebaskan peralatangardu induk pada kondisi normal atau saat kondisi gangguan agar tidak bertegangan atau sebaliknya. Pembebasan atau pemasukan tegangan pada peralatan gardu induk dinamakan *manuver*. *Manuver* dilaksanakan sesuai ijin dari pusat / region, dan akan dicatat SOP dari pengoperasian manuver tersebut. Pengoperasian PMT itu sendiri bisa diremote / dikendalikan dari pusat atau region oleh *dispanser*, ataupun bisa dilakukan manual dari gardu induk itu sendiri, tergantung dari kesepakatan komunikasi sebelum dilaksanakan proses *manuver*. Dalam proses *manuver*, PMT tidak

bekerja sendiri tetapi ada peralatan yang dinamakan pemisah (PMS). PMS ini berfungsi untuk memisahkan peralatan yang ada di gardu induk dengan kondisi tidak berbeban. Berikut proses pengoperasian PMT gas SF₆ yang terdiri dari pembukaan jaringan yang berarti pembebasan tegangan dan penutupan jaringan yang berarti pemberian tegangan.

1. Pembukaan Jaringan

Pembukaan jaringan atau pembebasan tegangan dilakukan apabila ada suatu gangguan yang terjadi pada peralatan di dalam maupun di luar gardu induk atau dalam system transmisi, dan juga apabila akan diadakan proses pemeliharaan peralatan-peralatan di dalam maupun di luar lingkup gardu induk.

Hal yang perlu diperhatikan dalam pembukaan jaringan :

- a. PMT dioperasikan terlebih dahulu, baru kemudian pemisah-pemisahnya.
- b. Sebelum pemisah dikeluarkan / dioperasikan harus diperiksa apakah PMT sudah terbuka sempurna.

2. Penutupan Jaringan

Penutupan jaringan dilakukan setelah peralatan yang ada di dalam maupun di luar gardu induk telah selesai dilaksanakan pemeliharaan ataupun jaringan telah berada dalam kondisi siap diberi tegangan kembali.

Hal yang perlu diperhatikan dalam penutupan jaringan :

- a. PMT dioperasikan setelah pemisah-pemisahnya dimasukkan.
- b. Setelah PMT dimasukkan diperiksa apakah terjadi kebocoran isolasi (misal kebocoran gas SF₆) pada PMT.

E. Pengertian Gardu Induk

induk adalah bagian dari suatu sistem tenaga yang dipusatkan pada suatu tempat berisi saluran transmisi atau distribusi, perlengkapan hubung bagi, trafo, peralatan pengaman, peralatan kontrol, dan merupakan komponen utama dalam suatu proses penyaluran tenaga listrik dari

pembangkit kepada konsumen (beban). Fungsi utama dari gardu induk adalah sebagai pentransformasi tenaga listrik tegangan tinggi yang satu ke tegangan tinggi yang lainnya atau ke tegangan menengah dan sebagai pengukuran, pengawasan operasi serta pengaturan pengamanan dari sistem tenaga listrik.

F. Jenis dan Fungsi Gardu Induk

Gardu Induk yang terpasang di Indonesia bisa dibedakan menjadi beberapa bagian yaitu :

1. Berdasarkan Besaran Tegangannya, terdiri dari :
 - a. Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET) 275 KV, 500 KV.
 - b. Gardu Induk Tegangan Tinggi (GI) 150 KV dan 70 KV.

Dilihat dari jenis komponen yang digunakan, secara umum antara GITET dengan GI mempunyai banyak kesamaan. Perbedaan mendasar adalah pada GITET trafo daya yang digunakan berupa 3 buah transformator daya masing-masing 1 fasa (*bank transformer*) dan dilengkapi peralatan reaktor yang berfungsi mengkompensasikan daya reaktif jaringan. Sedangkan pada GI menggunakan trafo daya 3 fasa dan tidak ada peralatan reaktor.

2. Berdasarkan Pemasangan Peralatan
 - a. Gardu Induk Pasangan Dalam (*In Door Substation*).

GIPD adalah gardu induk yang hampir semua komponennya (*switchgear, busbar, isolator*, komponen kontrol, komponen kendali, *cubicle*, dan lain-lain) dipasang di dalam gedung. Kecuali trafo daya, pada umumnya dipasang di luar gedung. Gardu Induk semacam ini biasa disebut *Gas Insulated Substation (GIS)*. GIS merupakan bentuk pengembangan Gardu Induk, yang pada umumnya dibangun di daerah perkotaan atau padat pemukiman yang sulit untuk mendapatkan lahan

b. Gardu Induk Pasangan Luar (*Out Door Substation*)

GIPL adalah gardu induk yang terdiri dari peralatan tegangan tinggi pasang luar, misalnya trafo, peralatan penghubung (*switch gear*) yang mempunyai peralatan kontrol pasang dalam seperti meja penghubung (*switch board*). Pada umumnya, gardu induk untuk transmisi yang mempunyai kondensator pasangan dalam dan sisi tersier trafo utama dan trafo pasangan dalam disebut juga sebagai pasangan luar. Jenis gardu ini memerlukan tanah yang luas akan tetapi biaya konstruksinya murah dan pendinginnya mudah. Oleh karena itu biasanya gardu induk jenis ini dipasang dipinggiran kota.

c. Gardu Induk Sebagian Pasangan Luar (*Combined Out Door Substation*).

GISPL adalah gardu induk yang sebagian dari peralatan tegangan tingginya terpasang dalam gedung. Gardu ini juga dapat dikatakan sebagai jenis setengah pasang dalam. Biasanya jenis gardu ini bermacam-macam bentuknya dengan berbagai pertimbangan yang sangat ekonomis serta pencegahan kontaminasi garam.

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

GIPBT adalah gardu induk jenis pasang bawah tanah dimana hampir semua peralatan terpasang dalam bangunan bawah tanah. Biasanya alat pendinginnya terletak diatas tanah terletak dipusat kota seperti di jalan kota yang ramai dimana kebanyakan gardu induk ini dibangun dibawah jalan raya.

e. Gardu Induk Mobil (*Mobile Substation*)

GIM adalah gardu induk jenis mobil yang dilengkapi dengan peralatan diatas kereta hela (*trailer*). Gardu ini biasa digunakan jika ada gangguan disuatu gardu lain maka digunakan gardu jenis ini guna pencegahan beban lebih yang terjadi secara berkala dan juga

biasa digunakan pada pemakaian sementara dilokasi pembangunan tenaga listrik. Maka dapat dikatakan bahwa gardu ini tidak dijadikan sebagai gardu utama melainkan sebagai gardu induk cadangan (sebagai penghubung yang dapat berpindah-pindah).

3. Berdasarkan Isolasi yang digunakan

a. Gardu Induk Isolasi Udara (*Konvensional*).

GIU adalah gardu induk yang peralatan instalasinya berisolasi udara bebas, karena sebagian besar peralatannya terpasang diluar gedung (*switch yard*) dan sebagian kecil di dalam gedung, sehingga memerlukan area tanah yang relative luas.

Gardu Induk Isolasi Gas (*Gas Insulated Switchgear*). GIIS adalah suatu gardu induk yang semua peralatan switchgearnya berisolasi gas SF-6, karena sebagian besar peralatannya terpasang di dalam gedung dan dikemas dalam tabung.

4. Berdasarkan Fungsinya

- a. Pengaturan pelayanan beban ke gardu induk- gardu induk lain melalui tegangan tinggi dan ke gardu distribusi, setelah melalui proses penurunan tegangan melalui penyulang-penyulang (*feeder*) tegangan menengah yang ada di gardu induk
- b. Merubah daya listrik :
 1. Tegangan ekstra tinggi ke tegangan tinggi (500 KV/ 150 KV).
 2. Tegangan tinggi ke tegangan yang lebih rendah (150 KV/ 70 KV).
 3. Tegangan tinggi ke tegangan menengah (150 KV/ 20 KV, 70 KV/ 20 KV).
 4. Dengan frekuensi tetap (di Indonesia 50 Hertz).
- c. Untuk pengukuran, pengawasan operasi serta pengamanan dari sistem tenaga listrik.
- d. Untuk sarana telekomunikasi (pada umumnya untuk *internal* PLN), yang kita kenal dengan istilah SCADA.

G. Komponen Utama Gardu Induk

Gardu induk dilengkapi komponen utama sebagai fasilitas yang diperlukan sesuai dengan tujuannya serta mempunyai fasilitas untuk operasi dan pemeliharaan, komponen tersebut antara lain :

1. Trafo Tenaga

Trafo tenaga adalah suatu peralatan listrik yang termasuk dalam klasifikasi mesin listrik statis yang berfungsi sebagai pentransformasi harga arus dan tegangan pada harga daya dan frekuensi tetap (sama).



Gambar 2.15 Trafo Tenaga

2. Trafo Ukur (*Trafo Instrument*)

Trafo ukur didisain secara khusus untuk pengukuran dalam sistem daya. Trafo ini banyak digunakan dalam sistem daya karena mempunyai keuntungan dalam memberikan isolasi elektrik bagi sistem daya, tahan terhadap beban untuk berbagai tingkatan, tingkat keandalan yang tinggi, secara fisik lebih sederhana bentuknya, dan secara ekonomi lebih murah. Trafo Pengukuran terdiri dari :

a. Trafo Tegangan {*Voltage Trafo (VT)* atau *Potential Trafo (PT)*}.



Gambar 2.16. Trafo Tegangan

Trafo tegangan disebut juga potensial trafo adalah trafo yang berfungsi menurunkan tegangan tinggi menjadi tegangan menengah dan tegangan rendah, untuk sumber tegangan alat-alat ukur dan alat-alat proteksi.

1. Fungsi trafo tegangan (*potensial transformer*):
 - a. Memperkecil besaran tegangan pada sistem tenaga listrik menjadi besaran tegangan untuk sistem pengukuran atau proteksi.
 - b. Mengisolasi rangkaian sekunder terhadap rangkaian primer.
 - c. Memungkinkan standarisasi rating tegangan untuk peralatan sisi sekunder.
2. Penggunaan atau pemakaian tegangan sekunder *potensial transformer* antara lain:
 - a. Matering atau pengukuran : KV meter, MW meter, MVar meter, dan KWH meter.
 - b. Proteksi atau pengaman :
 - a) Rele jarak (*distance relay*).
 - b) Relesinkron (*synchron relay*).
 - c) Releberarah (*directional relay*).

d) Rele frekuensi (*frequency relay*).

e) Rele tegangan (*voltage relay*).

3. Prinsip kerja trafo tegangan :

Hampir sama dengan trafo-trafo pada umumnya memiliki kumparan yang dialiri arus bolak-balik kemudian mengalir mengelilingi suatu inti besi, maka inti besi itu akan berubah menjadi magnet dan apabila magnet tersebut dikelilingi oleh suatu belitan maka kedua ujung tersebut akan terjadi beda tegangan yang membedakan hanya dalam trafo tegangan, arus, dan daya nya kecil.

4. Klasifikasi trafo tegangan menurut tipe konstruksinya yaitu :

a. Trafo tegangan 1 fasa dan 3 fasa.

b. Trafo tegangan induktif (*inductive voltage transformer* atau *electromagnetic voltage transformer*) yang terdiri dari lilitan primer dan lilitan sekunder, dan tegangan pada lilitan primer akan menginduksikannya ke lilitan sekunder.

c. Trafo tegangan kapasitif (*capacitor voltage transformer*) terdiri dari rangkaian kondensator yang berfungsi sebagai pembagi tegangan pada sisi tegangan tinggi dari trafo pada tegangan menengah yang menginduksikan tegangan ke lilitan sekunder.

b. Trafo Arus {*Current Transformer (CT)*}.

Berfungsi untuk menurunkan arus besar pada tegangan tinggi menjadi arus kecil pada tegangan rendah untuk keperluan pengukuran dan pengamanan. Menurut tipe konstruksinya :

1) Tipe Cincin (*ring/ window tipe*).

2) Tipe Tangki Minyak.

3) Tipe cor- coran cast resin (*mounded cast resin tipe*).



Gambar 2.17. Trafo Arus {*Current Transformer (CT)*}.

c. Trafo Bantu (*Auxiliary Trafo*).

Trafo bantu adalah trafo yang digunakan untuk membantu beroperasinya secara keseluruhan gardu induk tersebut. Jadi merupakan pasokan utama untuk alat-alat bantu seperti motor 3 fasa untuk motor pompa sirkulasi minyak trafo beserta motor-motor kipas pendingin. Yang paling penting adalah sebagai pasokan sumber tenaga cadangan seperti sumber DC yang merupakan sumber utama jika terjadi gangguan dan sebagai pasokan tenaga untuk proteksi sehingga proteksi tetap bekerja walaupun tidak ada pasokan arus AC. Trafo bantu sering disebut sebagai trafo pemakaian sendiri sebab selain fungsi utama sebagai pemasuk alat-alat bantu dan sumber/ penyimpan arus DC juga digunakan untuk penerangan, sumber untuk sistim sirkulasi padaruangbaterai, sumber penggerak mesin pendingin. Beberapa proteksi yang menggunakan elektronika/ digital diperlukan temperatur ruangan dengan temperatur antara 20°C sampai 28°C. Untuk mengoptimalkan pembagian sumber tenaga dari trafo bantu adalah pembagian beban yang masing masing mempunyai proteksi sesuai dengan kapasitasnya. Juga diperlukan pembagi sumber DC untuk kesetiap fungsi dan bay yang menggunakan sumber DC sebagai penggerak utamanya. Untuk itu disetiap gardu induk tersedia panel distribusi AC dan DC

3. Sakelar Pemisah (PMS) {*Disconnecting Switch (DS)*}



Gambar 2.18. Sakelar Pemisah (PMS) {*Disconnecting Switch (DS)*}.

Sakelar pemisah adalah alat yang dipergunakan untuk menyatakan secara visual bahwa suatu peralatan listrik sudah bebas dari tegangan kerja. Oleh karena itu pemisah tidak boleh dihubungkan atau dikeluarkan dari rangkaian listrik dalam keadaan berbeban.

Adapun fungsi pemisah adalah menghubungkan atau memutuskan rangkaian dalam keadaan tidak berbeban. Cara pemasangan PMS dibedakan Atas pasangan dalam dan pasangan luar. Tenaga penggerak dari PMS adalah secara manual, motor, pneumatic atau angin dan hidrolis. Sesuai dengan fungsi dan kegunaannya maka pemisah dapat dibagi menjadi :

- a. Pemisah peralatan. Berfungsi sebagai pengamanan peralatan atau instalasi yang bertegangan saat dihubungkan dan melepaskan pemutus arus dalam keadaan tanpa beban.
- b. Pemisah tanah. Berfungsi sebagai pengamanan peralatan dari sisa tegangan yang timbul sesudah SUTT / SUTM diputuskan.

4. Pemutus Tenaga (PMT) { *Circuit Breaker* (CB)}

Pemutus tenaga adalah peralatan atau saklar untuk menghubungkan atau memutuskan suatu rangkaian/ jaringan listrik sesuai dengan ratingnya. PMT memutuskan hubungan daya listrik bila terjadi gangguan, baik dalam keadaan berbeban maupun tidak berbeban dan proses ini dilakukan dengan cepat. Pada saat PMT dalam keadaan gangguan menimbulkan arus yang relatif besar. Pemutus tenaga (PMT) dibedakan menjadi tiga, yaitu :

- a. PMT dengan menggunakan udara sebagai pemadam busur api.
- b. PMT dengan menggunakan minyak sebagai pemadam busur api.
- c. PMT dengan menggunakan gas sebagai pemadam busur api.



Gambar 2.19. Pemutus Tenaga (PMT)

5. *Lightning Arrester* (LA)

Berfungsi sebagai pengamanan peralatan listrik di gardu induk dari tegangan lebih akibat terjadinya sambaran petir (lightning surge) pada kawat transmisi, maupun disebabkan oleh surya hubung (switching surge). Dalam keadaan normal (tidak terjadi gangguan), LA bersifat isolatif atau tidak bisa menyalurkan arus listrik. Dalam keadaan terjadi gangguan LA bersifat konduktif yang bekerja atau menyalurkan arus listrik ke bumi.



Gambar 2.20. *Lightning Arrester (LA)*.

6. Panel Kontrol

Jenis-jenis panel kontrol yang ada dalam suatu gardu induk terdiri dari panel kontrol utama, panel relay.

a. Panel kontrol utama; Yang terdiri dari panel *instrument* dan panel operasi. Pada panel *instrument* terpasang alat-alat ukur dan indikator gangguan, dari panel ini alat-alat tersebut dapat diawasi dalam keadaan sedang beroperasi. Indikator indikator yang ada pada rel kontrol antara lain:

1. 400 V AC *fault*.
2. 24 V DC *charger*.
3. 110 V DC *charger*.
4. *Low pressure*.
5. *Distance protective trip*.
6. *Isolating switch on load control*.
7. *Auto recloser*.
8. *PLC equipment fault*.
9. *Breaker failure protection trip*.
10. *Motor over run*.
11. 150 KV *apparatus motor fault*.
12. *Busbar protection fault*.
13. *Busbar VT secondary MCB fault*.
14. *Busbar breaker failure protection trip*.

Pada panel operasi terpasang saklar operasi pemutus tenaga, pemisah serta lampu indikator posisi saklar dan diagram ril. Diagram ril (*mimic bus*), saklar dan lampu indikator diatur letak dan hubungannya sesuai dengan rangkaian yang sesungguhnya sehingga keadaan dapat dilihat dengan mudah.



Gambar 2.21. Panel Kontrol.

b. Panel *rele*.

Pada panel linierature pada rele pengamanan untuk trafo dan sebagainya rele differensial trafo dan sebagainya bekerja rele dapat diketahui dari penunjukkan pada rele itu sendiri dan pada indikator gangguan dipanel kontrol utama. Pada gardu induk ada yang memanfaatkan sisi depan dari panel dipakai sebagai panel utama dengan *instrument* dan saklar, kemudian sisi belakangnya dipakai sebagai panel rele. Pada gardu induk yang rangkaiannya rumit, maka panel rele terpasang pada panel tersendiri.



Gambar 2.22. Panel Kontrol Rele.

7. Baterai



Gambar 2.23. 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. Bentuk fisik baterai yang digunakan pada gardu induk menurut bahan elektrolit yang digunakan maka baterai dapat dibedakan atas dua, yaitu:

- a. Baterai timah hitam (*lead acid storage battery*) yang bahan elektrolitnya larutan asam belerang. Baterai timah hitam ada dua macam yaitu :
 1. *Lead-antimony.*
 2. *Lead-calcium.*
- b. Baterai alkali (*alkali storage battery*) yang bahan elektrolitnya larutan alkali (*potassium hydroxide*). Baterai alkali ada dua macam yaitu :
 1. *Nickel-iron-alkaline storage battery (NI-Fe battery).*
 2. *Nickel-cadmium battery (Ni-Cd battery).*

8. *Cubicle*



Gambar 2.24. *Cubicle*.

Cubicle adalah sistem *switchgear* untuk tegangan menengah (20KV) yang berasal dari output trafo daya, yang selanjutnya diteruskan ke konsumen melalui penyulang yang tersambung dengan *cubicle* tersebut. Dari penyulang inilah listrik disalurkan ke pusat-pusat beban. Komponen dan rangkaian *cubicle*, antara lain :

- a. Panel penghubung (*couple*).
 - b. *Incoming cubicle*.
 - c. *Circuit Breaker* (CB) dan *Current Transformer* (CT).
 - d. Komponen proteksi dan pengukuran.
 - e. *Bus sections*.
 - f. *Feeder* atau penyulang.
9. Rel Daya (*Busbar*)

Rel daya adalah titik pertemuan trafo-trafo tenaga, SUTT, SKTT, dan peralatan listrik lainnya untuk menerima dan menyalurkan tenaga listrik/ daya listrik. Berdasarkan sistem rel (*busbar*). Gardu induk dibagi menjadi 2 jenis, yaitu :

- a. Gardu induk dengan Sistem *ring busbar* yaitu gardu induk yang busbar-nya berbentuk ring yaitu semua rel/ *busbar* yang ada tersambung satu samalain dan membentuk *ring/cincin*.
- b. Gardu induk dengan *Busbar* tunggal adalah gardu induk yang semua peralatan listriknya dihubungkan hanya pada satu dan

umumnya gardu dengan system ini terdapat pada gardu induk di ujung atau diakhir dari suatu transmisi.

- c. Gardu induk dengan *busbar* ganda (*double busbar*) adalah gardu induk yang memiliki dua / *doublebusbar*. System ini sangat umum, hampir semua gardu induk menggunakan system ini karena sangat efektif untuk mengurangi pemadaman beban pada saat melakukan perubahan system.
- d. Gardu induk dengan satu setengah (*one half busbar*). Gardu induk pembangkitan dan gardu induk yang sangat besar menggunakan system ini karena sangat efektif dalam segi operasional dan dapat mengurangi pemadaman beban pada saat melakukan perubahan system (*maneuver system*). System ini menggunakan 3 buah PMT didalam suatu diagonal yang terpasang secara seri.

10. Sistem pentanahan titik netral.

Pentanahan titik netral atau disebut juga *Netral Ground Resistant* (NGR) adalah suatu sistem yang melalui kumparan petersen, tahanan (resistor) atau langsung (*solidly*) yang berfungsi untuk menyalurkan arus gangguan fasa pada sistem. Arus yang melalui pentanahan merupakan besaran ukur alat proteksi. Pada trafo yang sisi primernyaditanahkan dan sisi sekundernya juga ditanahkan, maka gangguan fasaketanah disisi primer selalu dirasakan pada sisi sekunder dan sebaliknya.



Gambar 2.25. *Netral Ground Resistant (NGR)*.

Sakelar ini berfungsi menghubungkan kawat konduktor dengan tanah/ bumi yang berfungsi untuk menghilangkan/ mentanahkan tegangan induksi pada konduktor pada saat akan dilakukan perawatan atau pengisolasian suatu sistem. Sakelar Pentanahan ini dibuka dan ditutup hanya apabila sistem dalam keadaan tidak bertegangan (PMS dan PMT sudah membuka).

11. Kompensator

Kompensator didalam sistem penyaluran tenaga listrik disebut pula alat pengubah fasa yang dipakai untuk mengatur jatuh tegangan pada saluran transmisi atau trafo, dengan mengatur daya reaktif atau dapat pula dipakai untuk menurunkan rugi daya dengan memperbaiki faktor daya. Alat tersebut ada yang berputar dan ada yang stationer, yang berputar adalah kondensator sinkron dan kondensator asinkron, sedangkan yang stationer adalah kondensator statis atau kapasitor shunt dan reaktor shunt.

12. Rele Proteksi dan Papan Alarm (*Annunciator*).

Rele proteksi adalah alat yang bekerja secara otomatis untuk mengamankan suatu peralatan listrik saat terjadi gangguan, menghindari atau mengurangi terjadinya kerusakan peralatan akibat gangguan dan membatasi daerah yang terganggu sekecil

mungkin. Kesemua manfaat tersebut akan memberikan pelayanan penyaluran tenaga listrik dengan mutu dan keandalan yang tinggi. Sedangkan papan alarm (*annunciator*) adalah sederetan nama-nama jenis gangguan yang dilengkapi dengan lampu dan suara sirine pada saat terjadi gangguan, sehingga memudahkan petugas untuk mengetahui rele proteksi yang bekerja dan jenis gangguan yang terjadi.

13. Peralatan SCADA dan Telekomunikasi;

Data yang diterima SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) *interface* dari berbagai masukan (sensor, alat ukur, rele, dan lain lain) baik berupa *data digital* dan *data analog* dan dirubah dalam bentuk data frekuensi tinggi (50 kHz sampai dengan 500 kHz) yang kemudian ditransmisikan bersama tenaga listrik tegangan tinggi. Data frekuensi tinggi yang dikirimkan tidak bersifat kontinyu tetapi secara paket per satuan waktu. Dengan kata lain berfungsi sebagai sarana komunikasi suara dan komunikasi data serta tele proteksi dengan memanfaatkan penghantarnya dan bukan tegangan yang terdapat pada penghantar tersebut. Oleh sebab itu bila penghantar tak bertegangan maka *Power Line Carrier* (PLC) akan tetap berfungsi asalkan penghantar tersebut tidak terputus. Dengan demikian diperlukan peralatan yang berfungsi memasukkan dan mengeluarkan sinyal informasi dari energi listrik di ujung-ujung penghantar.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

a. Waktu

Pembuatan tugas akhir ini dilakukan selama 5 bulan, mulai dari bulan Februari 2016 sampai dengan Juni 2016.

b. Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di PT. PLN (persero) Tragi Bulukumba.

B. Metode Penelitian

Adapun metode penelitian yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Studi literature yaitu dengan mempelajari buku manual, buku referensi yang terkait, dan bahkan kuliah yang berkaitan dengan topik tugas akhir ini dan Melakukan penelitian dan pengambilan data yang akurat.
2. Wawancara/diskusi langsung dengan pimpinan serta beberapa karyawan perusahaan yang berkompeten dalam mengumpulkan data-data dan informasi yang diperlukan terkait kelayakan PMT 150 KV di GI Bulukumba.

C. Teknik Pengambilan Data

a. Data

Data primer dan sekunder diperoleh dari berbagai literatur untuk mendukung penelitian ini.

b. Teknik Pengumpulan Data

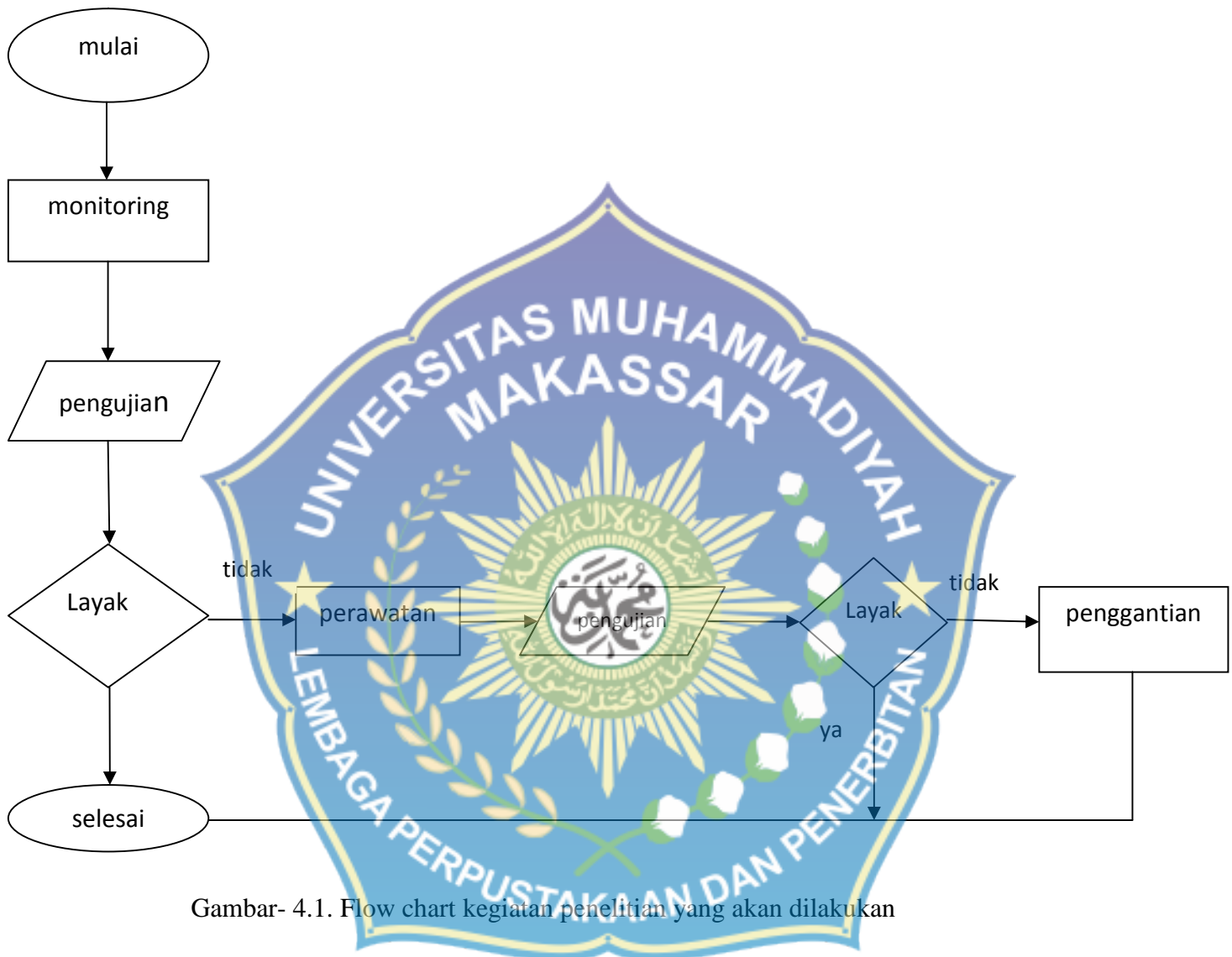
Adapun teknik pengumpulan data yang dipergunakan dalam penelitian ini, yaitu:

- a. Untuk data primer, pengumpulan datanya dilakukan dengan teknik pengujian / penukuran di PT.PLN (persero) unit Tragi Bulukumba.
- b. Untuk data sekunder, pengumpulan datanya dilakukan dengan membaca literature, baik dari buku maupun dari internet yang ada relevansinya dengan objek yang diteliti.

D. Analisis Pengolahan Data

Data yang berhasil dikumpulkan, baik data primer (data kasus) maupun data sekunder (teori), akan dianalisa secara kualitatif kemudian disajikan dalam bentuk dskriptif. Data kualitatif yaitu, data yang bersifat mendeskripsikan data yang diperoleh dalam bentuk kalimat logis, selanjutnya diberi penafsiran dan kesimpulan





Gambar- 4.1. Flow chart kegiatan penelitian yang akan dilakukan

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Pemutus Tenaga

1. Pengujian Tahanan Isolasi

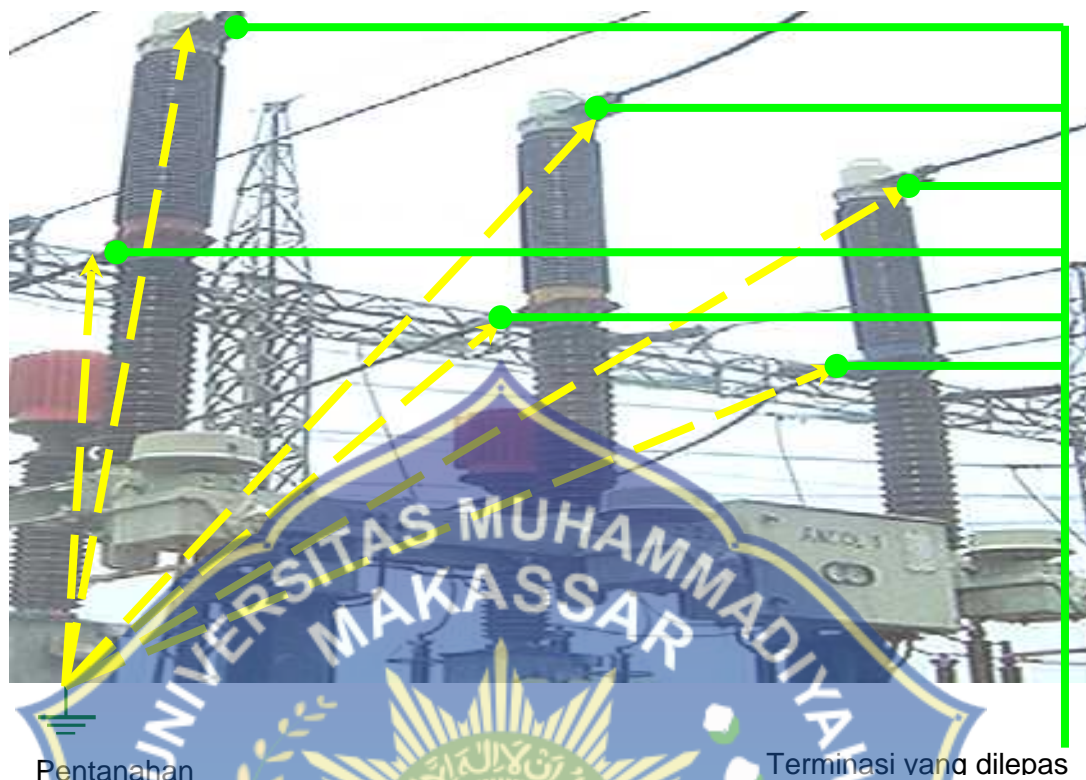
Pengukuran tahanan isolasi pemutus tenaga (PMT) ialah proses pengukuran dengan suatu alat ukur *Insulation Tester* untuk memperoleh hasil (nilai/besaran) tahanan isolasi pemutus tenaga antara bagian yang diberi tegangan (fasa) terhadap badan (*case*) yang ditanahkan maupun antara terminal atas dengan terminal bawah pada fasa yang sama.

Insulation tester banyak jenis, merk dan typenya masing-masing memiliki spesifikasi yang berbeda antara yang satu dengan yang lainnya. yang digunakan pada pengujian PMT di GI, Bulukumba adalah merk HYOKI.

Kesiapan obyek yang diukur adalah merupakan kegiatan yang tujuannya membebaskan obyek PMT dari tegangan sesuai Prosedur Pelaksanaan Pekerjaan Pada Instalasi Listrik dan dilanjutkan dengan melepas konektor atas dan bawah.

Kesiapan obyek yang akan diukur dilakukan dengan urutan sebagai berikut

- Pemasangan pentanahan lokal (*Local Grounding*) disisi input dan output dengan tujuan membuang Induksi Muatan (*Residual Current*) yang masih tersisa.
- Membuka konektor atas dan bawah
- Pembersihan permukaan porselin bushing memakai material cleaner + lap kain yang halus dan tidak merusak permukaan isolator dengan tujuan agar pengukuran memperoleh nilai (hasil) yang akurat.



Gambar- 4.2. Pemasangan pentanahan lokal dan pelepasan I/P dan O/P klem

- Melakukan pengukuran tahanan isolasi PMT kondisi terbuka (*open*) antara :
 - a. Terminal atas (R_a, S_a, T_a) terhadap *Cashing* (body) / tanah.
 - b. Terminal bawah (R_b, S_b, T_b) terhadap *cashing* (body) / tanah.
 - c. Terminal fasa atas – bawah ($R_a-R_b, S_a-S_b, T_a-T_b$)
- Melakukan pengukuran tahanan isolasi PMT kondisi tertutup (*closed*):
 - a. Terminal fasa R / merah (R_a+R_b) terhadap tanah.
 - b. Terminal fasa S / Kuning (S_a+S_b) terhadap tanah.
 - c. Terminal fasa T / Biru (T_a+T_b) terhadap tanah.



Gambar- 4.3. Terminal tempat pengukuran tahanan isolasi PMT

Keterangan :

R_a = Terminal atas fasa R (Merah).

R_b = Terminal bawah fasa R.

S_a = Terminal atas fasa S (Kuning).

S_b = Terminal bawah fasa S.

T_a = Terminal atas fasa T (Biru).

T_b = Terminal bawah fasa T.

- Mencatat hasil pengukuran tahanan isolasi serta suhu / temperatur sekitar.
- Hasil pengukuran ini merupakan data terbaru hasil pengukuran dan sebagai bahan evaluasi pembandingan dengan hasil pengukuran

sebelumnya. Contoh blangko adalah terlampir (“lembar hasil pengukuran tanahan isolasi pemutus tenaga”).

- Memasang kembali konektor atas dan bawah seperti semula.
- Melepaspentanahan lokal sambil pemeriksaan final untuk persiapan pekerjaan selanjutnya.

a. Hasil Pengujian Tahanan Isolasi

Tabel 4.1 Bay Bone GI BULUKUMBA

Tanggal 3 maret 2016

TITIK UKUR	Standard	FASA: R		FASA: S			FASA: T		
		2015	2016	Standard	2015	2016	Standard	2015	2016
a. Atas- Bawah (M)PmtOFF	1kV/1M	247000	188000	1kV/1M	154000	147000	1kV/1M	205000	155000
b. Atas- Tanah (M)PmtOFF		141000	141000		110000	110000		104000	104000
c. Bawah- Tanah(M)PmtOFF		415000	415000		391000	391000		258000	258000

Tabel 4.2. Bay Couple 150 GI Bulukumba

Tanggal 3 maret 2016

TITIK UKUR	Standard	FASA:R		FASA:S			FASA:T		
		2015	2016	Standard	2015	2016	Standard	2015	2016
a. Atas-Bawah (M) PmtOFF	1kV/1M	118000	153000	1kV/1M	125000	154000	1kV/1M	143000	149000
b. Atas-Tanah (M) PmtOFF		164000	140000		148000	156000		150000	152000
c. Bawah-Tanah(M) PmtOFF		156000	141000		156000	148000		287000	144000
d. Fasa-Tanah (M) PmtON		282000	155000		302000	165000		284000	157000

Tabel 4.3 Trafo 20 MVA GI Bulukumba

Tanggal 3 maret 2016

TITIK UKUR	Standard	FASA:R		FASA:S			FASA:T		
		2015	2016	Standard	2015	2016	Standard	2015	2016
a. Atas-Bawah (M) PmtOFF	1kV/1M	154000	265000	1kV/1M	206000	244000	1kV/1M	221000	253000
b. Atas-Tanah (M) PmtOFF		266000	253000		308000	287000		275000	243000
c. Bawah-Tanah(M) PmtOFF		281000	196000		266000	244000		240000	252000
d. Fasa-Tanah (M) PmtON		187000	141000		206000	226000		195000	188000

Tabel 4.4 Bay Jeneponto GI Bulukumba

Tanggal 3 maret 2016

TITIK UKUR	FASA:R			FASA:S			FASA:T		
	Standard	2015	2016	Standard	2015	2016	Standard	2015	2016
a. Atas - Bawah (M) Pmt OFF	1kV/1M 180000	45600	251000	1kV/1M	72400	288000	1kV/1M	56000	302000
b. Atas - Tanah (M) Pmt ON			1,5T			958000			1,2T
c. Bawah - Tanah (M) Pmt OFF									

2. Pengukuran Tahanan Kontak

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 kontakannya tinggi.

Sambungan antara konduktor dengan PMT atau peralatan lain merupakan tahanan kontak yang syarat tahanannya memenuhi kaidah Hukum Ohm sebagai berikut :

$$E = I \cdot R$$

Jika didapat kondisi tahanan kontak sebesar 1 Ohm dan arus yang mengalir adalah 100 Amp maka ruginya adalah :

$$W = I^2 \cdot R$$

$$W = 10.000 \text{ watts}$$

Prinsip dasarnya adalah sama dengan alat ukur tahanan murni (Rdc), tetapi pada tahanan kontak arus yang dialirkan lebih besar I=100 Amperemeter.

Kondisi ini sangat signifikan jika jumlah sambungan konduktor pada salah satu jalur terdapat banyak sambungan sehingga kerugian teknis juga menjadi besar, tetapi masalah ini dapat dikendalikan dengan cara menurunkan tahanan kontak dengan membuat dan memelihara nilai tahanan kontak sekecil mungkin. Jadi

pemeliharaan tahanan kontak sangat diperlukan sehingga nilainya memenuhi syarat nilai tahanan kontak.

a. Cara Pengukuran

Alat ukur tahanan kontak yang kita gunakan untuk menguji di Unit Tragi Bulukumba adalah merk Programa ISA CB test 2000 yang mana semua terdiri dari sumber arus dan alat ukur tegangan (drop Tegangan pada obyek yang diukur). Dengan system elektronik maka pembacaan dapat diketahui dengan baik dan ketelitian yang cukup baik pula (digital).

Menggunakanya arus sebesar 100 amp karena pembagi dengan angka 100 akan memudahkan dalam menentukan nilai tahanan kontak dan lebih cepat.

Harus memperhatikan skala yang digunakan jangan sampai arus yang dibangkitkan sama dengan batasan skala sehingga kemungkinan akan terjadi *overload* dan hasil penunjukan tidak sesuai dengan kenyataannya.



Gambar- 4.4. Alat Ukur Tahanan Kontak Merk PROGRAMA



Gambar 4.5. Terminal Pentanahan Sebagai Langkah Utama

1. Menghubungkan obyek yang akan diukur ketanah
2. Menyambungkan terminal (+) dan (-) ke terminal kekedua sisi alat yang akan diukur (obyek).
3. Menghubungkan kabel ukur mVolt sedekat mungkin dengan obyek yang akan diukur.
4. Memosisikan saklar on/off ke posisi on.
5. Memilih saklar pada skala 200 ampere dan hasilnya 2x.
6. Mengatur pembangkit arus sehingga display menunjuk angka 100 ampere.
7. Menekan saklar pengubah dari ampere ke ohm.
8. Mencatat penunjukan dan dikalibrasikan terhadap skala pembatas.



Gambar- 4.6. Rangkaian Pengukuran Tahanan Kontak Paralel

3. Pengujian Keserempakan

Tujuan dari pengujian keserempakan PMT adalah untuk mengetahui waktu kerja PMT secara individu serta untuk mengetahui keserempakan PMT pada saat menutup ataupun membuka .

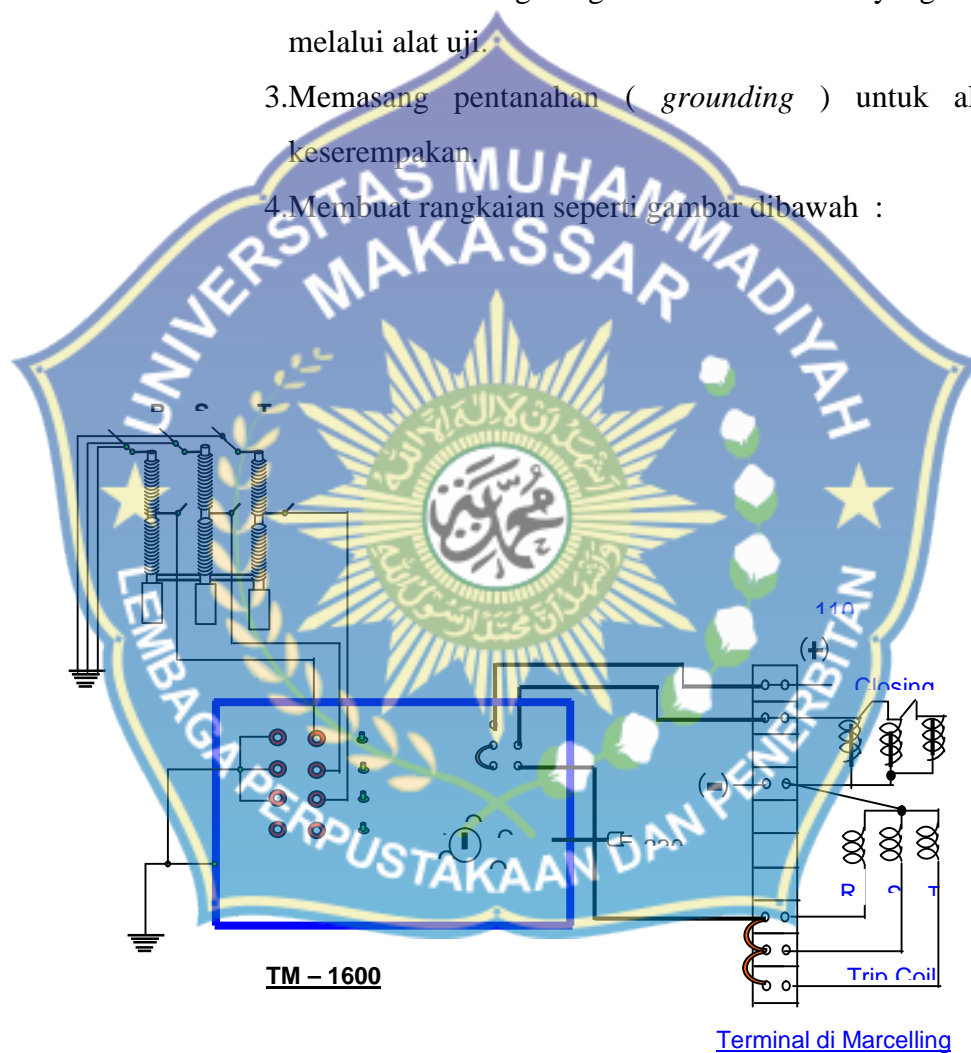
Berdasarkan cara kerja penggerak, maka PMT dapat dibedakan atas jenis *three pole* (penggerak PMT tiga fasa) dan *single pole* (penggerak PMT satu fasa). Untuk T/L Bay biasanya PMT menggunakan jenis *single pole* dengan maksud PMT tersebut dapat trip satu fasa apabila terjadi gangguan satu fasa ke tanah dan dapat reclose satu fasa yang biasa disebut SPAR (*Single Pole Auto Reclose*). Namun apabila gangguan pada penghantar fasa – fasa maupun tiga fasa maka PMT tersebut harus trip 3 fasa secara serempak. Apabila PMT tidak trip secara serempak akan menyebabkan gangguan, untuk itu biasanya terakhir ada sistem proteksi namanya *pole discrepancy* relai yang memberikan order trip kepada ketiga PMT pahasa R,S,T.

Hal yang sama juga untuk proses menutup PMT maka yang tipe *single pole* ataupun *threepole* harus menutup secara serentak pada fasa R,S,T, kalau tidak maka dapat menjadi suatu gangguan didalam system tenaga listrik dan menyebabkan system proteksi bekerja. Pada waktu PMT trip akibat terjadi suatu gangguan pada system tenaga listrik diharapkan PMT bekerja dengan cepat sehingga *clearing time* yang diharapkan sesuai standard *SPLN No 52-1 1983* untuk system 70 KV = 150 milli detik dan *SPLN No 52-1 1984* untuk system 150 kV = 120 milli detik, dan final draft *Grid Code 2002* untuk system 500 kV = 90 milli detik dapat terpenuhi.

a. Cara Pengujian Keserempakan Dan Waktu Kerja PMT

Pengujian keserempakan PMT dilakukan dalam keadaan tidak bertegangan antara lain:

1. Memasukkan (ON) PMT yang akan diuji.
2. Memasang pentanahan (*Grounding*) pada sisi atas kontak hal ini untuk mengurangi resiko arus induksi yang mengalir melalui alat uji.
3. Memasang pentanahan (*grounding*) untuk alat uji keserempakan.
4. Membuat rangkaian seperti gambar dibawah :



Gambar- 4.8. Rangkaian Uji Untuk PMT Tanpa *Closing Resistor*

- Perhatikan Switch (SW) pada alat uji ada 3 posisi :
 - a. *Closing Resistor*
 - b. *Main Contact*
 - c. *Source DC*

Cara Pengujian

1. *ClosingTime (Kondisi PMT Off / Open)*
 - (a) Posisikanswitch *Squence* pada (*C / Close*)
 - (b) Nyalakanswitch *power*
 - (c) Tekan tombol *ready* hingga lampu LED *ready* menyala
 - (d) Putar *switch start*
 - (e) Tunggu beberapa saat hingga printer mencetak
2. *Opening Time (Kondisi PMT On / Close)*
 - (a) Posisikanswitch *squence* pada (*O / Open*)
 - (b) Nyalakan switch *power*
 - (c) Tekan tombol *ready* hingga lampu LED *ready* menyala
 - (d) Putar *switch start*
 - (e) Tunggu beberapa saat hingga printer mencetak



Gambar- 4.9. Alat Uji DiscrepansiCircuit Breaker

b. Hasil Pengujian Keserempakan

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Keserempakan

Bay	:Jeneponto	Merk	:Magrini Galileo
Lokasi	:GI.Bulukumba	Type	: SB6170
No.Seri	: 156778		

Tanggal 3 maret 2016

R	S	T
55,000 ms CLOSE	53,000 ms CLOSE	53,000 ms CLOSE
29,000 ms OPEN	29,500 ms OPEN	29,500 ms OPEN

Tabel 4.10 Hasil Pengujian Keserempakan

Bay	:Couple150KV	Merk	: ABB
Lokasi	:GI Bulukumba	Type	:LTB17001/B
No.Serie	:1HSB01211059-A1		

Tanggal 3 maret 2016

R	S	T
29,000 ms CLOSE	29,500 ms CLOSE	29,500 CLOSE
23,000 ms OPEN	22,500 ms OPEN	23,000 OPEN

Tabel 4.11 Hasil Pengujian Keserempakan

Bay : Trafo 20MVA Merk :MagriniGalileo
 Lokasi : GI Bulukumba Type :SB6170
 No.Serie :156780

Tanggal 3 maret 2016

R	S	T
55,000 ms CLOSE	53,000 ms CLOSE	53,000 ms CLOSE
29,000 ms OPEN	29,500 ms OPEN	29,500 ms OPEN

Tabel 4.12 Hasil Pengujian Keserempakan

Bay :Bone Merk :MagriniGalileo
 Lokasi :GI.Bulukumba Type :SB6170
 No.Serie :156782

Tanggal 3 maret 2016

R	S	T
53,500 ms CLOSE	52,500 ms CLOSE	53,000 ms CLOSE
29,000 ms OPEN	29,000 ms OPEN	30,500 ms OPEN

4. Pengukuran Tahanan Pentanahan.

Peralatan ataupun titik netral sistem tenaga listrik yang dihubungkan ke tanah dengan suatu pentanahan yang ada di Gardu Induk dimana sistem penanahan tersebut dibuat didalam tanah dengan struktur bentuk mesh. Nilai tahanan Pentanahan di Gardu Induk bervariasi besarnya nilai tahanan tanah dapat ditentukan oleh kondisi tanah itu sendiri, misalnya tanah kering tanah cadas, kapur, tahanan tanah cukup tinggi nilainya jika dibanding dengan kondisi tanah yang basah. Semakin kecil nilai pentanahannya maka akan semakin baik.

Alat ukur tahanan tanah yang dipergunakan di Unit Tragi Bulukumba adalah type KYURITSU Model 4120

- Cara Penggunaan Alat Ukur Tahanan Tanah KYURITSU Model 4102

Rangkai kabel warna merah, kuning, hijau pada terminal C, P dan E yang ada di alat ukur tersebut, kemudian ujung kabel dirangkai ke alat Bantu pentanahan 2 [dua] batang besi yang diberi code C1 dan P1, sedangkan ujung kabel warna hijau disambung pada kaki tower, kawat tanah ditanam segaris lurus (seperti pada gambar di bawah).



Gambar- 4.10. Penggunaan Alat Ukur Tahanan Tanah *KYORITSU*

1. Periksa Tegangan Tanah

Tekan tombol AC.V pada alat ukur dan pastikan tegangan terbaca tidak lebih dari 10 V AC. Jika tegangan yang diukur lebih dari 10 V AC, maka pengukuran tahanan tanah tidak akurat dan hasilnya tidak bisa digunakan sebagai acuan.

2. Periksa Tegangan battere dan alat bantu hubung tanah.
3. Periksa Tegangan Battere :

4. Tegangan Batterie baik apabila jarum meter memenuhi daerah yang tertulis GOOD arah kanan, jika tidak maka batterie tersebut perlu diganti.
5. Periksa alat bantu hubung tanah dari terminal P dan terminal C.
Jika lampu menyala, pengukuran tahanan tanah bisa digunakan dan apabila lampu tidak menyala ini dapat diindikasikan tidak ada hubungan kabel (terputus) atau terlalu tingginya tahanan tanah dari alat bantu tanah.

Cara Mengatasi :

Periksa hubungan terminal P1 dan C1, atau posisikan skala perkalian tahanan tanah yang terendah untuk pengukuran tahanan tanah dan pindahkan alat bantu hubung tanah ke lokasi lain atau buat sendiri ground dari air kita dapatkan sampai lampu menyala.

a. Cara pengujian Tahanan Tanah

- 1). Sebelum pengukuran, lampu harus menyala, hal ini untuk mengindikasikan terminal C dan terminal E hubungan kabel baik, kondisi tidak normal apabila lampu tidak menyala, dan cek lagi hubungan terminal C dan terminal E.
- 2). Pertama – tama tekan tombol $\times 10$ dan kemudian tekan tombol $\overline{\text{MEAS}}$ ketika jarum meter menunjukan seluruh skala terus kembali,
- 3). Kemudian tekan tombol $\times 100$ Dan bacalah, apabila nilai tahanan tanah setelah diukur dibawah 10 Ohm , tekan tombol $\times 1$ dan hasilnya dibaca. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan nilai tahanan yang akurat



Gambar- 4.11. Alat Ukur Pentanahan Tipe KYORITSU Model 4120

b. Hasil Pengujian Tahanan Pentanahan

Tabel 4.13 Hasil Pengujian Tahanan Pentanahan

Bay : Trafo 20MVA Merk : Magrini Galileo
 Lokasi : GI Bulukumba Type : SB6170
 No.Serie : 156780

Tanggal 3 maret 2016

Hasil ukur tahanan pentanahan	FASA : R			FASA : S			FASA : T		
	standart	2015	2016	standart	2015	2016	standart	2015	2016
		0,16	0,16		0,16	0,16		0,16	0,16

Tabel 4.14 Hasil Pengujian Tahanan Pentanahan

Bay :Bone Merk :Magrini Galileo
 Lokasi :GIBulukumba Type :SB6 170
 No.Serie : 156782

Tanggal 3 maret 2016

	FASA : R			FASA : S			FASA : T		
	standart	2015	2016	standart	2015	2016	Standart	2015	2016
Hasi ukur tahanan pentanahan			0,8			0,8			0,8

Tabel 4.15 Hasil Pengujian Tahanan Pentanahan

Bay :Couple150KV Merk :ABB
 Lokasi :GI Bulukumba Type :LTB17001/B
 No.Serie :1HSB01211059-A1

Tanggal 3 maret 2016

	FASA : R			FASA : S			FASA : T		
	standart	2015	2016	standart	2015	2016	standart	2015	2016
Hasil ukur tahanan pentanahan			0,081			0,081			0,081

Tabel 4.16 Hasil Pengujian Tahanan Pentanahan

Bay	:Jeneponto	Merk	:Magrini Galileo
Lokasi	:GI.Bulukumba	Type	:SB6 170
No.Serie	: 156778		

Tanggal 3 maret 2016

Hasil ukur tahanan pentanahan	FASA : R			FASA : S			FASA : T		
	standart	2015	2016	standart	2015	2016	standart	2015	2016
			0,055			0,055			0,054

B.Evaluasi Hasil Pemeliharaan

1. Metode Evaluasi Hasil Pemeliharaan

Metode Evaluasi Hasil Pemeliharaan



Gambar- 4.12. Flow chart metode evaluasi

Metode evaluasi untuk pemeliharaan PMT mengacu pada flow chart / alur seperti pada gambar diatas. Secara umum meliputi 3 (tiga) tahapan evaluasi pemeliharaan, yaitu :

A. Evaluasi Level – 1

Pelaksanaan tahap awal ini berdasarkan pada hasil *In Service / Visual Inspection* yang sifatnya berupa harian, mingguan, bulanan atau tahunan, serta dapat juga dengan menambahkan hasil on line monitoring. Tahapan ini menghasilkan kondisi awal (*early warning*) dari PMT.

B. Evaluasi Level – 2

Hasil akhir serta rekomendasi pada tahap pertama menjadi inputan untuk dilakukannya evaluasi level – 2, ditambah dengan pelaksanaan *In Service Measurement*. Tahapan ini menghasilkan gambaran lebih lanjut untuk justifikasi kondisi PMT, serta menentukan pemeliharaan lebih lanjut.

C. Evaluasi Level – 3

Merupakan tahap akhir pada metode evaluasi pemeliharaan. Hasil evaluasi level – 2 ditambah dengan hasil *shutdown measurement* dan *shutdown function check*, menghasilkan rekomendasi akhir tindak lanjut yang berupa *Life extension program* dan *Asset development plan*, seperti *retrofit, refurbish, replacement* atau *reinvestment*.

2. Standar Evaluasi Hasil Pemeliharaan

Standar evaluasi adalah acuan yang digunakan dalam mengevaluasi hasil pemeliharaan untuk dapat menentukan kondisi peralatan PMT 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. Dikarenakan dapat berbeda antar merk / pabrikan, maka acuan yang diutamakan adalah manual dari pabrikan PMT tersebut. Dapat digunakan acuan

yang berasal dari standar internasional maupun nasional, apabila tidak ditemukan suatu nilai batasan pada manual dari pabrikan PMT tersebut.

a. Pengukuran / pengujian Tahanan Isolasi

Batasan tahanan isolasi PMT sesuai Buku Pemeliharaan Peralatan SE.032/PST/1984 dan menurut standard VDE (catalogue 228/4) *minimum* besarnya tahanan isolasi pada suhu operasi dihitung “ **1 kilo Volt = 1 M (Mega Ohm)** “.

Dengan catatan 1 kV = besarnya tegangan fasa terhadap tanah, kebocoran arus yang diijinkan setiap kV = 1 mA.

b. Pengukuran / pengujian Tahanan Kontak

Nilai tahanan kontak PMT yang normal harus (acuan awal) disesuaikan dengan petunjuk / manual dari masing – masing pabrikan PMT (dikarenakan nilai ini dapat berbeda antar merk), sebagai contoh adalah sebagai berikut :

- standard G.E. 100 – 350 μ
- standard ASEA 45 μ
- standard MG 35 μ

atau apabila di petunjuk / manual dari pabrikan tidak mencantumkan nilai tersebut, maka dapat dengan mengadap ketentuan umum tahanan kontak dengan menggunakan nilai standar $R < 100 \mu$ (sesuai dengan P3B O&M PMT/001.01).

c. Pengujian Kecepatan dan Keserempakan Kontak PMT

Pada saat terjadi gangguan pada sistem tenaga listrik, diharapkan PMT bekerja dengan cepat. *Clearing Time* sesuai dengan standart SPLN No 52-1 1983 untuk sistem dengan tegangan :

- o 500 kV \leq 90 mili detik
- o 275 kV \leq 100 mili detik
- o 150 kV \leq 120 mili detik
- o 70 kV \leq 150 mili detik

Fault clearing *time* pengaman cadangan adalah 500 milidetik. Kecepatan kontak PMT membuka dan atau menutup harus disesuaikan dengan referensi / acuan dari masing – masing pabrikan PMT (dikarenakan nilai ini dapat berbeda antar merk), sebagai contoh adalah sebagai berikut :

Tabel- 4.17 *Opening Time*

PMT 150 kV	<i>Openingtime</i>	<i>Breakingtime</i>	<i>Closingtime</i>
ABB	(38 \pm 10%) ms	(50 \pm 10%)ms	(70 \pm 10%)ms
Magrini Galileo	39 \pm 4 ms	39 \pm 4 ms	69 \pm 7 ms

Toleransi perbedaan waktu pada pengujian keserempakan kontak PMT, yang terjadi antar fasa R, S, dan T pada waktu PMT beroperasi (Open / Close) ditentukan dengan melihat nilai t yang merupakan selisih waktu tertinggi dan terendah antar fasa R, S, dan T. Rekomendasi berdasarkan referensi dari pabrikan ABB untuk nilai t adalah < 10 ms.

d. Pengukuran / Pengujian Tahanan Pentanahan

Nilai tahanan pentanahan di Gardu Induk bervariasi besarnya. Nilai tahanan pentanahan dapat ditentukan oleh kondisi tanah itu sendiri, misalnya tanah kering tanah cadas, atau berkapur.

Semakin kecil nilai pentanahannya maka akan semakin baik. Menurut IEEE std 80 : 2000 (*guide for safety in ac substation - grounding*), besarnya nilai tahanan pentanahan untuk switchgear adalah ≤ 1 ohm.

C. Perbaikan PMT

1. Rekomendasi Hasil Pemeliharaan

Rekomendasi hasil pemeliharaan merupakan tindak lanjut yang harus dilaksanakan sebagai hasil evaluasi hasil pemeliharaan yang telah dilakukan. Rekomendasi berpedoman kepada *instruction manual* dari pabrik dan pengalaman serta observasi / pengamatan operasi di lapangan.

a. Rekomendasi Hasil *Shutdown Measurement*

Adalah tindak lanjut dari hasil *Shutdown Measurement* yang juga merupakan tindakan pemeliharaan yang dilakukan dalam periode tertentu (dapat ditentukan berdasarkan kondisi hasil asesmen).

b. Pengujian Pada *Interrupter Chamber*

Tabel- 4.18 Rekomendasi Pengujian pada *Interrupter Chamber*

PENGUJIAN	HASIL UKUR/UJI	REKOMENDASI
Tahanan Isolasi	1 kV = 1 MΩ	Dilakukan uji ulang Pembersihan isolator Perbaikan / penggantian (overhaul)
Tahanan kontak (statis)	batasan pada manual atau 100 μΩ (umum)	Dilakukan uji ulang Pembersihan kontak Perbaikan / penggantian (overhaul)

Kecepatan Kontak buka PMT	$T > 55 \text{ ms}$	Dilakukan uji ulang Perbaikan / penggantian
Kecepatan Kontak tutup PMT	$T > 77 \text{ ms}$	
Keserempakan Kontak PMT	$t > 10 \text{ ms}$	

c. Pengujian pada Sistem Pentanahan (*Grounding*)

Tabel- 4.20 Rekomendasi Pengujian pada Sistem Pentanahan

PENGUJIAN	HASILUKUR / UJI	REKOMENDASI
Tahanan pentanahan	1Ω	Dilakukan uji ulang Perbaikan / penggantian



BAB V

PENUTUP

Kesimpulan

Setelah melakukan analisa kelayakan PMT 150 KV di Gardu induk Bulukumba maka dapat di simpulkan bahwa :

- a. PMT 150 KV di Gardu induk Bulukumba kelayakan pengoperasiannya masih 75 % karena PMT untuk line Jeneponto pada saat dilakukan pengujian tahanan isolasi nialainya mencapai 1,5 T(tera)untuk pengujian tahanan isolasinya sedangkan standar yang digunakan adalah $1 \text{ KV} = 1 \text{ M}$ (Mega ohm)
- b. Dari hasil pengujian 4 PMT 150 KV yang berada di Gardu induk bulukumba dan melakukan pengujian tahanan isolasi,tahanan kontak,keserampakan dan tahanan pentanahan salah satu dari PMT tersebut memiliki masalah pada saat dilakukan pengujian tahanan isolasinya yaitu untuk PMT line Jeneponto.

Saran

1. Dengan melakukan pemeliharaan yang baik maka meningkatkan kehandalan pemutus tenaga (PMT)
2. Dengan pemeliharaan yang rutin baik pembersihan isolator maupun pengujian tepat waktu maka kita akan tahu layak atau tidaknya pemutus tenaga (PMT) untuk dioperasikan dan untuk menghindari hal-hal yang tidak di inginkan.

DAFTAR PUSTAKA

Arismunandar, A . 1994. *Teknik Tegangan Tinggi*. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama

Buku Petunjuk Operasi dan Pemeliharaan Peralatan Penyaluran Tenaga Listrik. SE No.032/PST/1984, Perusahaan Umum Listrik Negara, 1984

Buku Petunjuk Operasi dan Pemeliharaan Peralatan kepdir No.0309.K/DIR/2013.

Hutahuruk,T.S 1985 *Transmisi Daya Listrik*. Jakarta:Erlangga.

Tobing,Bonglas L.2003.*Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi*. Jakarta PT.Gramedia Pustaka utama

Standar Perusahaan Umum Listrik Negara. *SPLN 39-1*.Jakarta.Perusahaan Umum Listrik Negara

