

**SKRIPSI**

**ANALISIS KELAYAKAN PMT 150 KV DI GI JENEPONTO**



**DI SUSUN OLEH:**

**MUQADDAM SYAM**

**105821107317**

**ALFIADI SANJAYA**

**105821106917**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**2022**



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Muqaddam Syam** dengan nomor induk Mahasiswa 105 82 11073 17 dan **Alfiadi Sanjaya** dengan nomor induk Mahasiswa 105 82 11069 17, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0006/SK-Y/20201/091004/2022, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu, 6 Agustus 2022.

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum Makassar, 10 Muharram 1443 H  
08 Agustus 2022 M
- a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar  
 Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag
- b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
 Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T
2. Penguji
- a. Ketua : Ir. Abdul Hafid, M.T
- b. Sekretaris : Adriani, S.T.,M.T
3. Anggota : 1. Andi Fajaruddin, S.T.,M.T  
 2. Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc  
 3. Dr. Eng. Ir. H. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng
- Mengetahui :

Pembimbing I

Suryani, S.T.,M.T

Pembimbing II

Rizal Ahdiyut Duyo, S.T.,M.T

Dekan



Dr. Ir. H. Nurnawaty, S.T., M.T.,IPM

NBM : 795 108

## ABSTRAK

Abstrak : Muqaddam Syam dan Alfiadi Sanjaya; (2022) Analisis Kelayakan PMT 150 kV Di Gardu Induk Jeneponto (Dibimbing oleh Suryani, S.T.,M.T dan Rizal A Duyo, S.T.,M.T). Pemutus Tenaga (PMT) adalah salah satu peralatan utama yang ada digardu induk. PMT merupakan peralatan saklar mekanis yang mampu menutup, mengalirkan dan memutuskan arus beban baik dalam kondisi normal maupun dalam kondisi abnormal. Kerusakan pada PMT sangat merugikan serta mengganggu bagi keseluruhan operasi sistem tenaga listrik, oleh karena itu perlu dilakukan pengujian secara berkala untuk memastikan PMT tersebut masih aman untuk dioperasikan. Adapun pengujian yang dilakukan diantaranya pengujian tahanan isolasi, tahanan kontak, dan pengujian keserempakan. Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan nilai hasil pengujian yang didapat dengan standar nilai masing-masing pengujian yang sudah tercantum di SK-DIR 0520 – 2014. Hasil pengujian tahanan isolasi yang didapat pada masing-masing fasa memiliki nilai diatas 150 M $\Omega$ . Sedangkan hasil pengujian tahanan kontak pada masing-masing fasa diperoleh nilai dibawah 100  $\mu\Omega$ . Pada pengujian keserempakan, hasil perhitungan *delta time* yang didapat baik pada saat *open* maupun *close* masing-masing dibawah 10 ms. Berdasarkan hasil pengujian tahanan isolasi, tahanan kontak, dan keserempakan kontak, PMT yang terpasang pada *bay line* Jeneponto – PLTB 1 masih dalam kondisi aman dan layak untuk dioperasikan sesuai dengan standar.

**Kata Kunci** : PMT, tahanan isolasi, tahanan kontak, keserempakan kontak

## ABSTRACT

Abstract : Muqaddam Syam dan Alfiadi Sanjaya; (2022) Analisis Kelayakan PMT 150 kV Di Gardu Induk Jeneponto (Dibimbing oleh Suryani, S.T.,M.T dan Rizal A Duyo, S.T.,M.T). Power breaker (PMT) is one of the main equipment in the substation. PMT is a mechanical switch equipment that is capable of closing, flowing and disconnecting the load current under normal and abnormal conditions. Damage to the PMT is very detrimental and disrupts the overall operation of the electric power system, therefore it is necessary to carry out periodic testing to ensure that the PMT is still safe to operate. The tests carried out include testing for insulation resistance, contact resistance, and testing simultaneously. This research was conducted by comparing the value of the test results obtained with the standard value of each test that has been listed in SK-DIR 0520 – 2014. The results of the insulation resistance test obtained in each phase have a value above 150 M $\Omega$ . While the results of the contact resistance test in each phase obtained values below 100 . In the simultaneous test, the results of the delta time calculation obtained both at open and close are below 10 ms, respectively. Based on the test results of insulation resistance, contact resistance, and simultaneous contact, the PMT installed on the Jeneponto – PLTB 1 bay line is still in a safe condition and feasible to operate according to standards.

**Keywords:** *PMT, isolation resistance, contact resistance, simultaneous contact*

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatu

Segala puji bagi Allah Subhanahu Wa Ta'ala. yang telah melimpahkan karunia, rahmat kepada umat manusia dengan sebaik-baik bentuk dan telah memberikan petunjuk kepada manusia dengan firman-Nya. Betapa besar cinta kasih dan sayang Allah kepada seluruh umat manusia walaupun terkadang kita lalai atau dengan sengaja kufur terhadap nikmat-Nya. Salam dan sholawat tak lupa juga kita kirimkan kepada baginda Nabi besar kita Muhammad Shallallahu Alaihi Wasallam. Serta kepada sahabat-sahabat dan keturunan beliau, yang telah membawa kita dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang-benderang seperti saat ini. Terima kasih banyak karena penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Analisis Kelayakan PMT 150 KV Di GI Jeneponto”**. Dalam penulisan Tugas Akhir ini penulis tidak bisa lepas bantuan banyak pihak, maka dengan segala hormat penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan nikmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal ini tepat pada waktunya.
2. Ayah, Ibu, Saudara dan segenap keluarga penulis yang telah memberikan motivasi, dukungan baik moril maupun materil dan juga kasih sayang kepada penulis.
3. Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag. sebagai Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Ibu Dr. Hj. Nurnawaty, S.T., M.T., IPM. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

5. Ibu Adriani, S.T., M.T dan Ibu Rahmania., S.T., M.T selaku ketua Program Studi dan sekretaris Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Makassar.
6. Ibu Suryani, S.T., M.T dan Bapak Rizal Ahdiyot Duyo, S.T., M.T selaku Pembimbing 1 dan Pembimbing 2 Tugas Akhir yang telah banyak memberikan masukan dan arahan dalam penulisan Tugas Akhir ini.
7. Seluruh karyawan dan staf tata usaha yang telah membantu dan memberikan bimbingan kepada penulis dalam menyelesaikan proses administrasi Tugas Akhir.
8. Seluruh Dosen Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Makassar yang telah memberikan dukungan dan ilmunya kepada penulis.
9. Seluruh Pegawai dan Staf ULTG Jenepono yang banyak membantu dan memberikan bimbingan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
10. Semua pihak yang tentunya tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis berharap skripsi ini bermanfaat untuk semua pihak. Kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan di kemudian hari. Terima kasih. Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatu.

Makassar, 11 Juni 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	2
C. Tujuan.....	3
D. Batasan Masalah.....	3
E. Manfaat Penelitian.....	3
F. Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Pengertian Gardu Induk.....	5
B. Pengertian Pemutus Tenaga (PMT).....	6
C. Klasifikasi Pemutus Tenaga (PMT).....	7
D. Prinsip Kerja PMT.....	14

E. Pengoperasian PMT Gas SF6.....	15
F. Komponen dan Fungsi PMT .....	16
G. Pengujian Tahanan Isolasi.....	21
H. Pengujian Tahanan Kontak.....	24
I. Pengukuran Keserempakan .....	26
J. <i>Insulation Tester</i> .....	27
K. ISA CBA 1000.....	29
 <b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
A. Waktu dan Tempat.....	30
B. Metode Penelitian .....	30
C. Teknik Pengumpulan Data .....	31
D. Analisis Pengelolaan Data.....	31
E. Alat Yang Digunakan.....	31
F. Langkah Peneliatian .....	33
 <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Pengujian Tahanan Isolasi .....	35
B. Pengujian Tahanan Kontak.....	41
C. Pengujian Keserempakan Kontak.....	45
 <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
A. Kesimpulan.....	49
B. Saran.....	50
 <b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	 51
 <b>LAMPIRAN</b> .....	 52



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Gardu Induk.....	5
<b>Gambar 2.2</b> PMT 150 KV .....	6
<b>Gambar 2.3</b> Macam-macam PMT .....	7
<b>Gambar 2.4</b> PMT <i>Single Pole</i> .....	8
<b>Gambar 2.5</b> PMT <i>Three Pole</i> .....	9
<b>Gambar 2.6</b> PMT <i>Line</i> PLTB 1 .....	11
<b>Gambar 2.7</b> <i>Name Plate</i> PMT 150 kV PLTB 1 .....	11
<b>Gambar 2.8</b> <i>Single Line</i> PLTB 1 .....	14
<b>Gambar 2.9</b> <i>Interrupter</i> .....	17
<b>Gambar 2.10</b> Terminal Utama.....	18
<b>Gambar 2.11</b> Lemari Mekanik PMT.....	21
<b>Gambar 2.12</b> <i>Insulation Tester</i> .....	28
<b>Gambar 2.13</b> ISA CBA 1000 .....	29
<b>Gambar 3.1</b> <i>Insulation Tester</i> Kyoritsu.....	32
<b>Gambar 3.2</b> CBA 1000 ISA.....	33
<b>Gambar 3.3</b> Bagan Alir Proses Penelitian .....	34
<b>Gambar 4.1</b> Rangkaian Pengukuran Atas-Ground.....	36
<b>Gambar 4.2</b> Rangkaian Pengukuran Bawah-Ground.....	37
<b>Gambar 4.3</b> Rangkaian Pengukuran Terminal Atas-Terminal Bawah.....	37
<b>Gambar 4.4</b> Terminal Tempat Pengukuran Tahanan Isolasi PMT.....	38
<b>Gambar 4.5</b> Rangkaian Pengujian Tahanan Kontak PMT .....	42
<b>Gambar 4.6</b> Rangkaian Pengujian Keserempakan Kontak PMT .....	46

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Data PMT <i>Bay Line</i> Jeneponto – PLTB 1.....	10
<b>Tabel 2.2</b> Sifat Dan Guna Dari Jenis Bahan Isolasi Gas.....	22
<b>Tabel 2.3</b> Sifat Dan Guna Dari Jenis Bahan Isolasi Minyak .....	23
<b>Tabel 2.4</b> Bahan Isolasi Padat Jenis Serat Beserta Contohnya .....	23
<b>Tabel 4.1</b> Hasil Pengujian Tahanan Isolasi PMT 150 kV .....	39
<b>Tabel 4.2</b> Hasil Pengujian Tahanan Kontak PMT 150 kV .....	43
<b>Tabel 4.3</b> Hasil Pengujian Keserempakan Kontak PMT 150 kV .....	47



## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Gambar 1</b> Bay Penghantar 150 kV PLTB 1 .....	52
<b>Gambar 2</b> PMT 150 kV PLTB 1 .....	53
<b>Gambar 3</b> Pembersihan Isolator PMT 150 kV .....	54
<b>Gambar 4</b> Pengujian PMT 150 kV .....	55
<b>Gambar 5</b> Pengujian PMT 150 kV .....	56
<b>Gambar 6</b> <i>Name Plate</i> PMT 150 kV <i>Line</i> PLTB 1 .....	57
Lembar <i>Checklist</i> Pemeliharaan PMT 150 kV .....	58
Lembar Hasil Pemeliharaan Pengujian PMT 150 kV .....	59
Data Pemutus Tenaga (PMT) Tahun 2021 UIKL Sulawesi .....	61



# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang mempunyai kekayaan alam dan keanekaragaman sumber energi yang melimpah, diantaranya yaitu energi air, angin, matahari, minyak bumi gas, batubara, dan energi terbarukan. Dengan adanya kekayaan sumber energi yang melimpah dan dengan pengelolaan energi yang mandiri dan lestari, maka dapat dipastikan negara Indonesia ini tidak akan kekurangan energi, bahkan akan dapat mengekspor energi, salah satunya energi listrik. (Agus Irianto, 2013)

Energi listrik sangat dibutuhkan di kehidupan manusia mulai dari urusan perekonomian, rumah tangga, industri, pendidikan dan lain sebagainya. Energi listrik untuk memenuhi kebutuhan penerangan dan proses produksi yang melibatkan barang-barang elektronik dan alat-alat maupun mesin industri.

PLN (Perusahaan Listrik Negara) merupakan perusahaan milik negara yang mengatur dan memberikan pasokan energi listrik yang ada di Indonesia. Sumber energi listrik yang didapatkan oleh PLN berasal dari beberapa sumber seperti, PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel), PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air), PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap), PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya), dan lain-lain.

Gardu induk merupakan salah satu komponen sistem penyaluran energi listrik yang memiliki peran sangat penting karena sebagai penghubung pelayanan energi

listrik hingga sampai ke konsumen. Gardu induk mempunyai peralatan-peralatan sebagai pendukung kinerjanya. Salah satu peralatan utama yang ada di gardu induk yaitu PMT (Pemutus Tenaga) atau *Circuit Breaker*.

Pemutus Tenaga (PMT) merupakan peralatan saklar atau *switching* mekanis yang dapat menutup, mengalirkan, maupun memutuskan arus beban dalam kondisi normal, serta mampu menutup, mengalirkan dalam periode waktu tertentu dan memutus arus gangguan dalam kondisi abnormal seperti hubung singkat. Fungsi PMT sebagai alat pembuka atau penutup suatu rangkaian listrik dalam kondisi berbeban dan juga dapat membuka atau menutup ketika terjadi arus gangguan (hubung singkat). (Ari & Rudi, 2021)

Peralatan yang bekerja pada sistem tenaga listrik khususnya tegangan tinggi yang bekerja terus menerus seperti pada PMT tidak luput dari permasalahan permasalahan yang timbul. Untuk mencegah terjadinya kesalahan pada PMT yang dapat mengganggu stabilitas penyaluran maka diperlukan rencana pemeliharaan yang baik. Berdasarkan hasil pemeliharaan yang belum dianalisa maka penulis mengangkat sebuah judul “**Analisis Kelayakan PMT 150 kV Di GI Jeneponto**”.

## **B. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana melakukan pengujian tahanan isolasi, tahanan kontak, dan kerempakan kontak PMT di GI Jeneponto?
2. Bagaimana kondisi PMT dengan menganalisis hasil dari pemeliharaan pada ULTG Jeneponto berdasarkan standarisasi yang digunakan?

### **C. Tujuan**

1. Mengetahui hasil pengujian tahanan isolasi, tahanan kontak, dan kerempakan kontak PMT di GI Jeneponto.
2. Mengetahui kondisi PMT dengan menganalisa hasil dari pemeliharaan pada ULTG Jeneponto berdasarkan standarisasi yang digunakan.

### **D. Batasan Masalah**

1. Pengambilan data-data didapatkan dari hasil pemeliharaan pada sistem tenaga listrik di ULTG Jeneponto.
2. Analisa yang digunakan berdasarkan standarisasi PT. PLN (Persero).

### **E. Manfaat Penelitian**

1. Menambah pengetahuan penulis terkait PMT yang ada di GI Jeneponto.
2. Menambah pengetahuan penulis terkait cara pemeliharaan PMT pada GI Jeneponto.
3. Mengetahui standarisasi yang digunakan dalam pemeliharaan PMT di GI Jeneponto.

### **F. Sistematika Penulisan**

Sistematika pembahasan yang akan digunakan dalam hal ini terdiri dari bab-bab yang akan dibahas sebagai berikut:

## **BAB I. PENDAHULUAN**

Dalam bab ini berisikan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

## **BAB II. TINJAUAN PUSTAKA**

Dalam bab ini berisikan tentang pokok pembahasan teori atau materi yang mendasari dalam pelaksanaan penelitian ini.

## **BAB III. METODE PENELITIAN**

Dalam bab ini berisikan tentang tempat pelaksanaan penelitian serta metode yang digunakan dalam tugas akhir ini.

## **BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam bab ini akan dibahas tentang analisa hasil dari penelitian, serta hasil pengujian yang telah dilakukan.

## **BAB V. PENUTUP**

Dalam bab ini akan dibahas tentang kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

## **DAFTAR PUSTAKA**

Berisi tentang daftar referensi penulisan dalam memilih teori yang relevan dengan judul penelitian.

## **LAMPIRAN**

Berisi tentang dokumentasi hasil penelitian yang dilakukan.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Pengertian Gardu Induk

Gardu induk merupakan bagian dari sistem kelistrikan yang ada di Indonesia yang berfungsi mentransformasikan daya listrik. Gardu induk mempunyai peralatan-peralatan sebagai pendukung kinerjanya. Untuk tetap menjaga keadaan peralatan-peralatan tersebut, maka perlu adanya pemeliharaan secara berkala. Pemeliharaan merupakan salah satu hal penting yang harus diperhatikan dalam pengoperasiannya sistem transmisi tenaga listrik. Hal tersebut akan membuat kebutuhan energi listrik ke konsumen akan terlayani dengan baik, selain itu harga peralatan sistem energi tenaga listrik yang mahal mendorong perlunya pemeliharaan secara berkala. Salah satunya adalah PMT (Pemutus Tenaga). (Irwan, 2019).



**Gambar 2.1.** Gardu Induk



## B. Pengertian Pemutus Tenaga (PMT)

Pemutus Tenaga (PMT) adalah peralatan saklar atau *switching* mekanis, yang mampu menutup, mengalirkan dan memutus arus beban dalam kondisi normal, serta mampu menutup, mengalirkan (dalam periode tertentu) dan memutus arus beban dalam kondisi abnormal atau gangguan seperti kondisi hubung singkat (*short circuit*).



Gambar 2.2. PMT 150 kV

Fungsi utama PMT yaitu 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.

### C. Klasifikasi Pemutus Tenaga (PMT)

Klasifikasi pemutus tenaga dapat dibagi atas beberapa jenis antara lain berdasarkan tegangan rating atau nominal, jumlah mekanik penggerak, media isolasi, dan proses pemadaman busur api jenis gas SF<sub>6</sub>.

#### a. PMT Berdasarkan Besar atau Kelas Tegangan

PMT dapat dibedakan menjadi:

1. PMT tegangan rendah (*Low Voltage*)  
Dengan range tegangan 0,1 s/d 1 kV
2. PMT tegangan menengah (*Medium Voltage*)  
Dengan range tegangan 1 s/d 35 kV
3. PMT tegangan tinggi (*High Voltage*)  
Dengan range tegangan 35 s/d 245 kV
4. PMT tegangan extra tinggi (*Extra High Voltage*)  
Dengan range tegangan lebih besar dari 245 kV



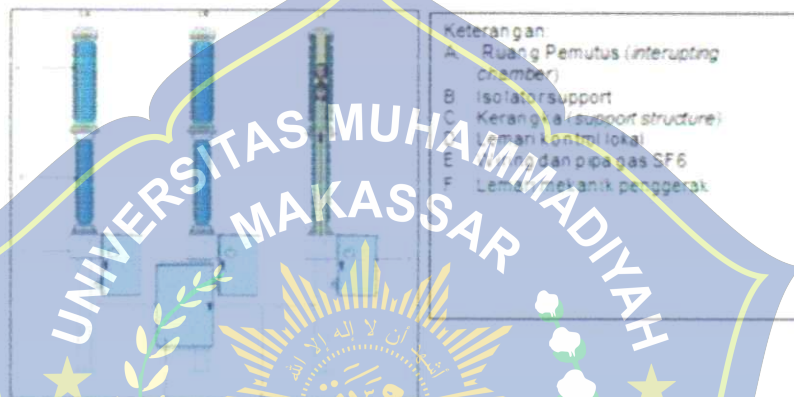
**Gambar 2.3.** Macam-macam PMT

## b. PMT Berdasarkan Jumlah Mekanik Penggerak atau *Tripping Coil*

PMT dapat dibedakan menjadi:

### 1. PMT *Single Pole*

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

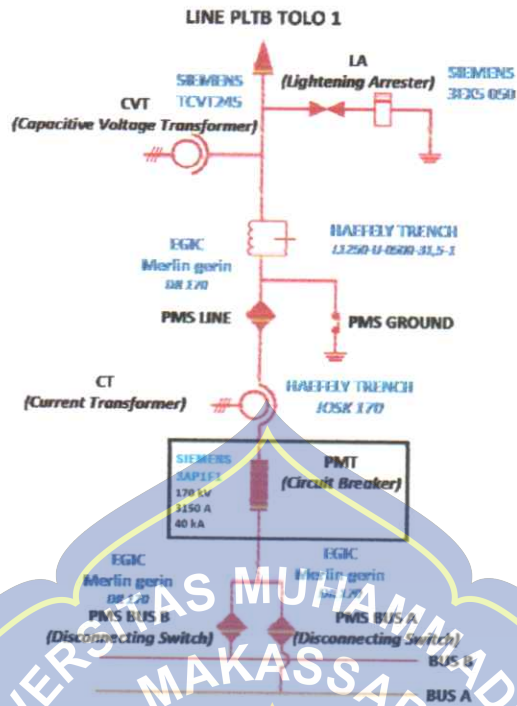


Gambar 2.4. PMT *Single Pole*

### 2. PMT *Three Pole*

PMT jenis ini mempunyai satu mekanik penggerak untuk tiga fase, berguna untuk menghubungkan fase satu dengan fase lainnya dilengkapi dengan kopel mekanik, umumnya PMT jenis ini dipasang pada bay trafo dan bay kopel serta PMT 20 kV untuk distribusi.

10. *Rated line – charging breaking current*  $I_{t}$  merupakan arus maksimal yang mampu dipikul PMT pada saat *line charging* atau pengisian arus putus.
11. *DC component* merupakan kemampuan PMT memutus aliran listrik dimana terdapat komponen DC pada system, semakin besar % komponen DC, maka semakin bagus.
12. *Rated operating sequence* merupakan kemampuan PMT untuk melakukan siklus pembukaan dan penutupan kontak PMT baik secara *single phasa* maupun 3 *phasa* dalam periode tertentu tanpa mengalami kerusakan. Setelah PMT *open*, maka 0,3 detik setelahnya baru bisa dilakukan kerja *close*, 3 menit waktu pengisian hidrolis agar PMT bisa *rectose* kembali.
13. *Rated pressure of SF 6 at 20°C* merupakan tekanan gas SF 6 pada suhu 20°C.
14. *Weight of SF 6 filling* merupakan berat volume gas yang mampu di tampung oleh PMT.
15. *Weight including SF 6 (Excluding structure)* merupakan berat PMT termasuk gas SF 6 yang terdapat pada PMT.
16. *Control voltage* merupakan tegangan kerja untuk peralatan kontrol.
17. *Operating mechanism voltage* merupakan tegangan kerja motor untuk mengisi *spring charge*.
18. *Heating voltage* merupakan tegangan kerja *heater*.



Gambar 2.8. Single line PLTB 1

PMT line PLTB 1 memiliki tegangan maksimum 170 kV, arus nominal operasi 3150 A dan arus hubung singkat maksimal 40 kA. Merk dari PMT tersebut adalah Siemens 3AP1F1.

#### D. Prinsip Kerja PMT

Pada kondisi normal PMT dapat dioperasikan lokal oleh operator untuk maksud switching dan perawatan. Pada kondisi abnormal atau gangguan, *current transformer* (CT) akan membaca arus lebih yang lewat apabila sudah ditentukan kemudian relay akan mendeteksi gangguan dan menutup rangkaian *trip circuit*, sehingga *trip coil energized*, lalu mekanis penggerak PMT akan dapat perintah buka relay dan beroperasi membuka kontak-kontak PMT, maka gangguan pun akan hilang.

## E. Pengoperasian PMT Gas SF<sub>6</sub>

Pemutus Tenaga (PMT) 150 kV bermediakan gas SF<sub>6</sub> dioperasikan untuk membebaskan peralatan gardu induk pada kondisi normal atau saat kondisi gangguan agar tidak bertegangan atau sebaliknya. Pembebasan atau pemasukan tegangan pada peralatan gardu induk disebut *mamuver*.

Dalam proses *mamuver*, PMT tidak bekerja sendiri tetapi ada peralatan yang dinamakan pemisah (PMS). PMS ini berfungsi untuk memisahkan peralatan yang ada digardu induk dengan kondisi tidak berbeban. Berikut proses pengoperasian gas SF<sub>6</sub> :

### 1. Pembukaan Jaringan

Pembukaan jaringan atau pembebasan tegangan dilakukan apabila ada suatu gangguan yang terjadi pada peralatan didalam maupun diluar gardu induk atau dalam system transmisi, dan juga apabila akan diadakan proses pemeliharaan pada peralatan-peralatan didalam maupun diluar lingkup gardu induk. Hal yang perlu diperhatikan dalam pembukaan jaringan:

- a. PMT dioperasikan terlebih dahulu, lalu kemudian pemisah-pemisahnya.
- b. Sebelum pemisah dikeluarkan atau dioperasikan harus diperiksa apakah PMT sudah terbuka sempurna, apakah amperemeter menunjukkan nol urutan pembukaan jaringan yaitu, pertama PMT, lalu PMS busbar dibuka, selanjutnya PMS line dibuka dan PMS tanah ditutup.

### 2. Penutupan Jaringan

Penutupan jaringan dilakukan setelah peralatan yang ada didalam maupun diluar gardu induk telah selesaidilaksanakan pemeliharaan ataupun jaringan

telah berada dalam kondisi siap diberi tegangan kembali. Hal yang perlu di perhatikan dalam penutupan jaringan:

- a. PMT dioperasikan setelah pemisah-pemisahnya dimasukkan.
- b. Setelah PMT dimasukkan diperiksa apakah terjadi kebocoran isolasi (missal kebocoran gas SF<sub>6</sub>) pada PMT. Urutan penutupan jaringan yaitu pertama PMS tanah dibuka, lalu PMS busbar ditutup, PMS line ditutup dan PMT ditutup.

#### F. Komponen dan Fungsi PMT

Sistem pemutus (PMT) terdiri dari beberapa subsistem yang memiliki beberapa komponen. Pembagian komponen dan fungsi dilakukan berdasarkan *Failure Modes Effects Analysis (FMEA)*, sebagai berikut:

##### 1. *Primary*

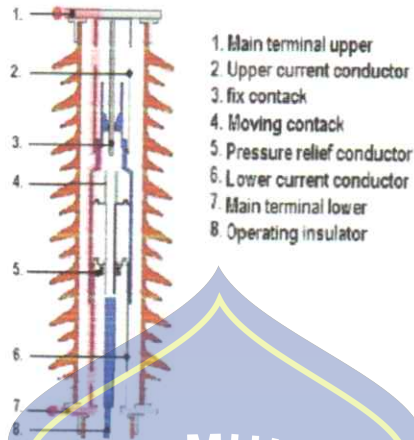
Merupakan bagian PMT bersifat konduktif dan berfungsi untuk menyalurkan energi listrik dengan nilai *losses* yang rendah dan mampu menghubungkan atau memutuskan arus beban saat kondisi normal atau tidak normal. Beberapa bagian dari *primary* antara lain:

##### a. *Interrupter*

Merupakan bagian terjadinya proses membuka atau menutup kontak PMT. Didalamnya terdapat beberapa jenis kontak yang berkenaan langsung dalam proses penutupan atau penutupan arus, yaitu:

- 1) Kontak bergerak (*moving contact*)

- 2) Kontak tetap (*fixed contact*)
- 3) Kontak arcing (*arcing contact*)



Gambar 2.9. Interrupter

b. Asesoris Dari *Interrupter* (Jika Ada)

Terdiri dari dua yaitu resistor dan kapasitor

1. Resistor atau tahanan dipasang paralel dengan unit pemutus utama (bekerja hanya pada saat terjadinya penutupan kontak PMT) dan berfungsi untuk:
  - a. Mengurangi kenaikan harga dari tegangan pukul (*restriking voltage*).
  - b. Mengurangi arus pukulan (*chopping current*) pada waktu pemutusan.
  - c. Meredam tegangan lebih karena mengoprasikan PMT tanpa beban pada penghantar panjang.



2. Kapasitor terpasang paralel dengan tahanan, unit pemutus utama dan unit pemutus pembantu yang berfungsi untuk:

a. Mendapatkan pembagian tegangan (*voltage distribution*) yang sama pada setiap celah kontak, sehingga kapasitas pemutusan (*breaking capacity*) pada setiap celah adalah sama besarnya.

b. Meningkatkan kinenerja PMT pada penghantar pendek dengan mengurangi frekuensi kerja.

c. Terminal Utama

Bagian dari PMT yang merupakan titik sambung atau koneksi antara PMT dengan konduktor luar dan berfungsi untuk mengalirkan arus dari atau ke konduktor luar.



Gambar 2.10. Terminal Utama

## 2. Dielectric

Berfungsi sebagai isolasi peralatan dan memadamkan busur api dengan sempurna pada saat *moving contact* bekerja. Beberapa bagian dalam *dielectric* antara lain:

- a. Isolator (*electrical insulation*) yang terdiri dari dua isolator, yang pertama isolator ruang pemutus dan isolator penyangga.
  - b. Media pemadam busur api berfungsi sebagai media pemadam yang timbul pada saat PMT bekerja membuka atau menutup. Berdasarkan media pemadam busur api, PMT dapat dibedakan menjadi beberapa macam antara lain:
    - 1) Pemadam busur api dengan gas *sulfur hexa fluoride* (SF<sub>6</sub>)
    - 2) Pemadam busur api dengan minyak
    - 3) Pemadam busur api dengan udara hembus atau *air blast*
    - 4) Pemadam busur api dengan hampa udara (*vacuum*)
3. *Driving Mechanism*
- Berfungsi menyimpan energi untuk dapat menggerakkan kontak gerak (*moving contact*) PMT dalam waktu tertentu sesuai dengan spesifikasinya. Terdapat beberapa jenis system penggerak pada PMT, antara lain:
- a. Penggerak pegas (*spring drive*) terdiri antara pegas pilin (*helical spring*) dan pegas gulung (*scroll spring*).
  - b. Penggerak hidrolik adalah rangkaian gabungan dari beberapa komponen mekanik, elektrik dan hidrolik *oil* yang dirangkai sedemikian rupa sehingga dapat berfungsi sebagai penggerak untuk membuka dan menutup PMT.
  - c. Penggerak *pneumatic* adalah rangkaian gabungan dari beberapa komponen mekanik, elektrik dan udara bertekanan yang dirangkai

sedemikian rupa sehingga dapat berfungsi sebagai penggerak untuk membuka dan menutup PMT.

- d. SF6 Gas *Dynamic*, jenis ini media memanfaatkan tekanan gas SF6 yang berfungsi ganda selain sebagai pemadam tekanan gas juga dimanfaatkan sebagai media penggerak.

#### 4. *Secondary*

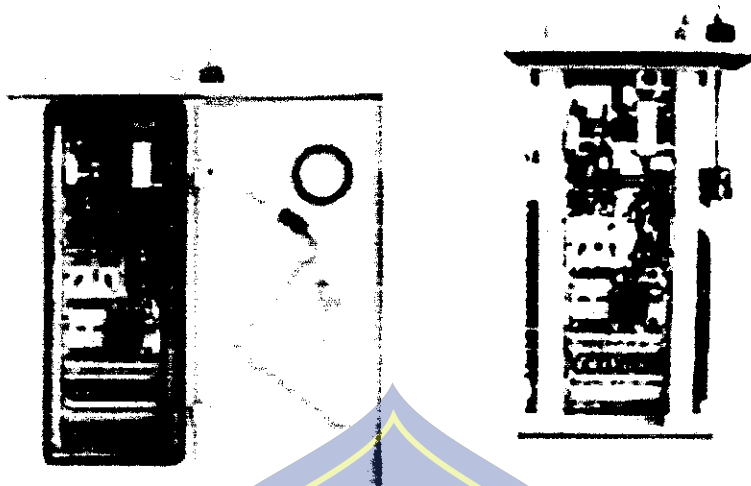
Sistem ini berfungsi mengirim sinyal control atau trigger untuk mengaktifkan subsistem mekanik pada waktu yang tepat, bagian subsistem *secondary* terdiri dari:

- a. Lemari mekanik atau kontrol

Berfungsi untuk melindungi peralatan tegangan rendah dan sebagai tempat *secondary equipment*.

- b. Terminal dan *wiring control*

Sebagai terminal *wiring control* PMT serta memberikan *trigger* pada mekanik penggerak untuk operasi PMT.



**Gambar 2.11.** Lemari Mekanik PMT

### **G. Pengujian Tahanan Isolasi**

Pengukuran Tahanan isolasi merupakan proses pengukuran dengan suatu alat untuk memproses nilai tahanan isolasi pemutus tenaga antara bagian yang diberi tegangan (*fase*) terhadap badan (*case*) yang ditanahkan maupun antara terminal atas dengan terminal bawah pada fase yang sama.

#### **a. Syarat Tahanan Isolasi**

Berdasarkan PUIL (Persyaratan Umum Instalasi Listrik) 1987 (pasal 220.B.1) syarat pengujian tahanan isolasi adalah :

1. Pada instalasi nilai resistansi minimal harus memiliki nilai sekurang-kurangnya sebesar 1000 ohm. Biasanya terletak sesudah pengaman harus yang terakhir dan dua pengaman arus lebih.
2. Bagian instalasi yang diukur terletak antara dua pengaman arus lebih dan yang terletak sesudah pengaman arus yang terakhir.

b. Bahan Isolasi

Bahan isolasi yaitu bahan listrik yang berfungsi sebagai memisahkan bagian bertegangan listrik dengan bagian konduktif terbuka maupun netral yang akan membahayakan jika tersentuh manusia atau benda lainnya. Bahan isolasi terdiri dari padat, gas, dan minyak.

1. Sifat bahan isolasi

Sifat-sifat pokok bahan isolator yaitu mampu menahan arus listrik lebih apabila terjadi gangguan. Resistansi volume bahan bisa menghambat arus bocor volume bahan.

2. Wujud bahan isolasi

Wujud bahan isolasi adalah gas, cair, dan padat.

**Table 2.2.** Sifat dan guna dari jenis Bahan Isolasi Gas

Bahan Isolasi	Sifat	Guna
Udara	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Memiliki kemampuan tahan panas</li> <li>2. Tidak eksplosif</li> <li>3. Mudah di cari dan tidak mahal</li> <li>4. Memiliki tegangan tembus sebesar 20 s/d 50 kV/cm</li> </ol>	Saluran udara tegangan tinggi, saklar, kondensor
Nitrogen	Tidak oksidan	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pengisi kabel tegangan tinggi</li> <li>2. Trafo daya yang pendinginnya minyak</li> </ol>
Hidrogen	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Konduktif thermal</li> <li>2. Kepadatan rendah/ringan</li> <li>3. 2,7 s/d 4,5 kV/cm</li> </ol>	Pendingin belitan listrik besar
Gas mulia	Tidak beroksidasi	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pengisi tabung elektronik</li> </ol>

		2. Bolam lampu
Halogen	Kekuatan dielektrik besar pada tekanan tinggi	Pengisi kabel tanah bertekanan
Gas SF	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tidak terbakar</li> <li>2. Konduktif thermal</li> <li>3. Bisa tetap walau di suhu 100° C</li> <li>4. Kuat dielektrik sangat besar pada tekanan tinggi</li> <li>5. 12 kV / cm</li> </ol>	Trafo daya besar <i>switching</i> daya besar

**Table 2.3.** Sifat dan guna dari jenis Bahan Isolasi Minyak

Bahan isolasi	Sifat	Guna
Minyak mineral	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dari minyak bumi</li> <li>2. Tidak menggumpal</li> <li>3. Tidak mudah terbakar</li> <li>4. 30 s/d 40 kV/cm</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pengisi kabel tanah, trafo, kondensor</li> <li>2. Pendingin saklar daya, starter</li> </ol>
Minyak sintesis	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Memiliki sifat tidak mudah terbakar</li> <li>2. Tidak oksidasi</li> <li>3. Tidak menggumpal</li> <li>4. Tidak degradasi kimia</li> <li>5. 40 kV/cm</li> <li>6. Bersifat racun</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pengisi kabel tanah, trafo, kondensor</li> <li>2. Pendingin saklar daya, starter</li> </ol>
Minyak tumbuhan	Sudah tidak digunakan	

**Table 2.4.** Bahan isolasi padat jenis serat beserta contohnya

Bahan isolasi	Contoh
BIP Serat	Kayu, kertas dan karton. Tekstik, asbes, katun, <i>fiberglass</i> , pita perekat, dan sutera.
BIPPS <i>Thyermoset</i>	<i>Melamin, polyester, epoxy, silicon.</i>
BIP Serat yang ditekan	Kertas tekan, tekstil tekan
BIPPS <i>Hermoplas</i>	<i>Bakelit (celulos acetate), Poly vinyl chloride (PVC), Celuloid (celulos</i>

	<i>nitrat), Polyamid / nylon, Polyethylene polythene, Poly carbonat, Polystyrene, Bitumen</i>
BIP Karet	Karet alam , Karet kloroprene/ neoprene, Karet ebonite ,Karet silikon, Karet buatan/ sintetis
BIP Mineral/anorganik	Mika, marmer, mikanit, sabak
BIP Keramik/porcelain	Produk tanah dan refaktori
BIP Gelas	<i>Quart, fiber dan pyrex</i>
BIP Non-resin	Malam/was dan aspal
BIP <i>Laminasi &amp; Adhesif</i> (pelapis & perekat)	<i>Laminat, enamel, adhesive, varnis</i>

### H. Pengujian 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/aenergi 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 kontaknya tinggi. Sambungan antara konduktor dengan PMT atau peralatan lain merupakan tahanan kontak yang syarat tahanannya memenuhi kaidah Hukum Ohm sebagai berikut:

$$E = I \times R$$

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

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

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

Keterangan:

W = Daya Tahanan Kontak

I = Arus

R = Tahanan Kontak

Perinsip dasarnya adalah sama dengan alat ukur tahanan murni , 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.

Alat ukur tahanan kontak 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). Digunakan arus sebesar 100 Amp karena pembagi dengan angka 100 akan memudahkan dalam menentukan nilai tahanan kontak dan lebih cepat. Dalam melakukan pengukuran skala yang digunakan harus diperhatikan jangan sampai arus yang dibangkitkan sama dengan batasan skala sehingga kemungkinan akan terjadi *overload* dan hasil penunjukan tidak sesuai dengan kenyataannya.



## I. Pengujian Keserampakan Kontak

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

Berdasarkan cara kerja penggerak, maka PMT dapat dibedakan atas jenis *three pole* (penggerak PMT tiga fase) dan *single pole* (penggerak PMT satu fase). Untuk dapat trip satu fase apabila terjadi gangguan satu fase ke tanah dan dapat *reclose* satu fase yang biasa disebut SPAR (*single pole auto reclose*). Namun apabila gangguan pada penghantar fase-fase maupun tiga fase maka PMT tersebut harus trip 3 fase secara serempak. Apabila PMT tidak trip secara serempak akan menyebabkan gangguan, untuk itu biasanya terakhir ada proteksi namanya *pole discrepancy relay* yang memberikan order trip kepada ketiga PMT paha R,S,T. Hal yang sama juga untuk proses menutup PMT maka yang tipe *single pole* ataupun *three pole* harus menutup secara serentak pada fase R,S,T, kalau tidak maka dapat menjadi suatu gangguan didalam sistem tenaga listrik dan menyebabkan sistem proteksi bekerja.

Pada pengujian keserempakan akan di dapat *closing time* dan *open time*. *Closing time* yaitu waktu yang dibutuhkan oleh PMT untuk menutup kontak. Sedangkan *Opening time* adalah waktu yang di butuhkan oleh PMT untuk membuka kontak. Langkah-langkah pengujian keserempakan pada PMT:

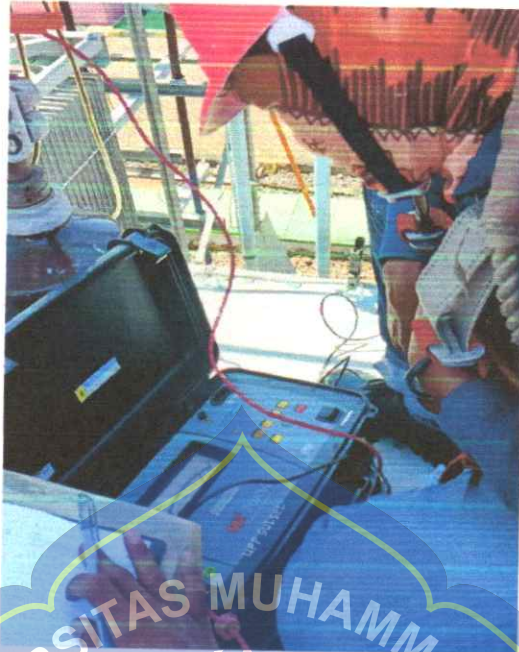
1. Pasang kabel grounding pada konektor ground, kabel harus dipasang paling pertama dan dilepas paling akhir.

2. Pasang kabel main *contacts* set dari alat uji kontak fase R, S, T yaitu 1 di pole atas dan 2 di pole bawah pada PMT.
3. Hubungkan kabel coil control ke channel coil control lalu ke terminal *close/open coil* pada PMT.
4. Aktifkan alat uji *Breaker Analyzer* dengan menekan saklar *on*.
5. Catat hasil yang di dapat

### **J. Insulation Tester**

*Insulation tester* adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur tahanan isolasi dari suatu instalasi atau untuk mengetahui apakah penghantar dari suatu instalasi terdapat hubung langsung, apakah antara fase dengan fase atau dengan nol (netral). Alat ukur ini juga dapat digunakan pada peralatan listrik seperti mesin listrik, alat rumah tangga dan sebagainya. Output dari alat ukur ini umumnya adalah tegangan tinggi arus searah. Pengujian tersebut dimaksudkan untuk mengetahui apakah peralatan tersebut memenuhi persyaratan PUIL (Persyaratan Umum Instalasi Listrik) yang telah ditentukan.

*Insulation tester* mempunyai satuan mega ohm. Dengan demikian, maka sumber tegangan *insulation tester* yang dipilih tidak hanya tergantung dari batas pengukur, akan tetapi juga terhadap tegangan kerja (sistem tegangan) dari peralatan ataupun instalasi yang akan diuji isolasinya.



Gambar 2.12. *Insulation Tester*

Adapun untuk mengetahui standar nilai minimal tahanan isolasi suatu peralatan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$R = \frac{(1000 \times U)}{Q} U \times 2,5$$

Dimana:

R = Tahanan isolasi minimal

U = tegangan kerja

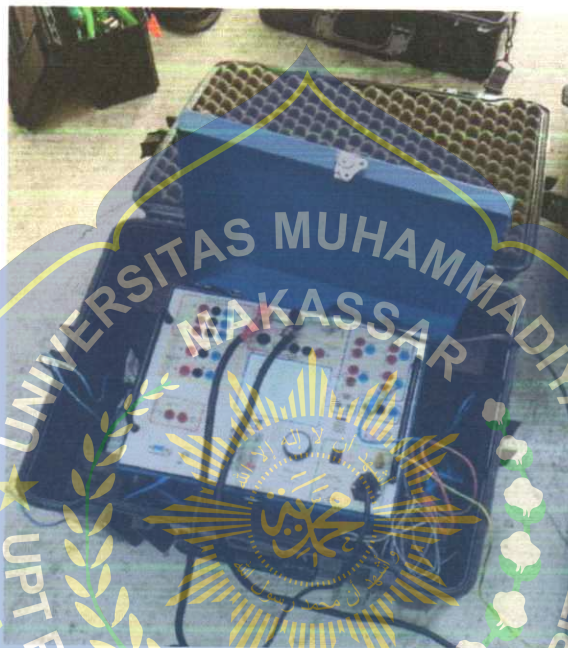
Q = Tegangan *insulation tester*

1000 = Bilangan tetap

2,5 = Faktor keamanan (apabila baru)

### K. ISA CBA 1000

ISA CBA (*Circuit Breaker Analyzer*) 1000 merupakan perangkat pengujian yang cukup lengkap untuk melakukan pengujian seperti pengujian tahanan kontak dan pengujian keserempakan kontak. Alat ini dapat menginjeksikan arus 2000 A dan tegangan hingga 12 kV.



Gambar 2.13. ISA CBA 1000

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Waktu dan Tempat**

##### **a. Waktu**

Pembuatan skripsi ini memerlukan waktu kurang lebih selama 5 bulan, dimulai dari bulan Februari 2022 sampai dengan Juni 2022.

##### **b. Tempat**

Pelaksanaan penelitian ini bertempat di ULTG Jenepono.

#### **B. Metode Penelitian**

Metode penelitian yang digunakan dalam pembuatan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Studi literature, dimana pada metode ini mempelajari dengan menggunakan buku manual, buku referensi yang terkait, dan bahkan mata kuliah yang berkaitan dengan topik tugas akhir ini serta melakukan penelitian dan pengambilan data yang akurat.
- b. Wawancara ialah salah satu metode pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini dimana melalui tatap muka dengan cara menggunakan tanya jawab antara peneliti dengan narasumber.

### C. Teknik Pengumpulan Data

#### a. Data

Data primer dan sekunder yang diperoleh dari berbagai literatur sebagai media pendukung penelitian ini.

#### b. Teknik pengumpulan data

Berikut teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Data primer, pengumpulan data primer dilakukan dengan menggunakan teknik pengujian/pengukuran di ULTG Jeneponto.
2. Data skunder, pengumpulan data skunder dilakukan dengan membaca literatur, baik dari buku maupun internet yang berkaitan dengan penelitian ini.

### D. Analisis Pengelolahan Data

Data yang telah dikumpulkan, baik data primer maupun data skunder akan dianalisa secara kualitatif kemudian disajikan dalam bentuk diskriptif. Dimana data kualitatif yaitu, data yang mendeskripsikan penelitian yang telah diperoleh dalam bentuk kalimat yang mudah di pahami, lalu diberi penafsiran dan kesimpulan.

### E. Alat yang Digunakan

#### a. *Insulation Tester* (Kyoritsu)

Alat ukur yang digunakan untuk mengukur atau menguji tahanan isolasi pada PMT adalah *insulation tester* (kyoritsu). Adapun prinsip kerja dari alat ini

adalah memberikan tegangan dari alat ukur ke isolasi peralatan yaitu sebesar 5 kV sampai dengan 10 kV, lalu diukur nilai arus bocornya. Maka akan didapatkan nilai tahanan isolasinya yaitu dengan cara tegangan uji dibagi dengan arus bocor yang terbaca.



Gambar 3.1. Insulation Tester Kyoritsu

b. CBA 1000 ISA

CBA 1000 ISA merupakan alat ukur yang digunakan dalam pengujian tahanan kontak dan keserempakan kontak. Adapun prinsip kerja dari alat ini untuk mengukur tahanan kontak yaitu pada kontak yang menutup atau sambungan dialiri arus listrik DC yakni sebesar 100 sampai 200 A, kemudian diukur berapa besar tegangan kontak atau sambungan tersebut, dari hasil tegangan yang diperoleh maka akan didapatkan nilai tahanan kontak. Dan adapun prinsip kerja dari alat ini untuk mengukur keserempakan kontak

adalah ketika pole 1, pole 2, dan pole 3 *close* diujung kabel masing-masing terdapat tegangan yang nantinya menjadi *trigger* kondisi pole tersebut sudah tertutup atau tidak.

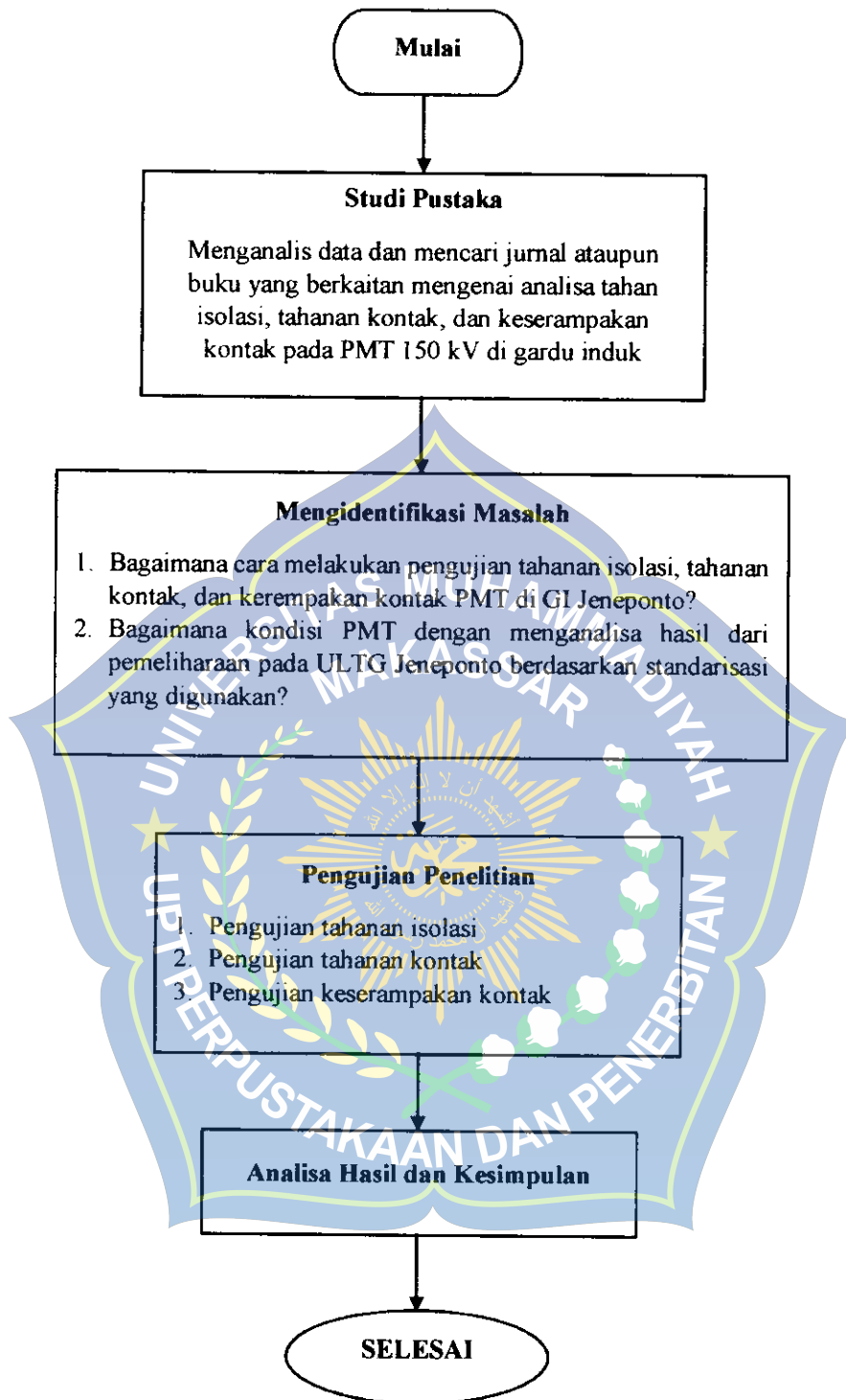


Gambar 3.2. CBA 1000 ISA

#### **F. Langkah Penelitian**

Berikut adalah tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian ini pada bagan alir sebagai berikut:





**Gambar 3.3.** Bagan Alir Proses Penelitian

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Pengujian Tahanan Isolasi

Pengukuran tahanan isolasi pemutus tenaga merupakan proses pengukuran dengan suatu alat ukur untuk memperoleh nilai tahanan isolasi pemutus tenaga antara bagian yang diberi tegangan (*fase*) terhadap badan (*case*) yang ditanahkan maupun antara terminal atas dengan terminal bawah pada fase yang sama.

Pada dasarnya pengujian tahanan isolasi pemutus tenaga adalah untuk mengetahui besar nilai kebocoran arus yang terjadi pada terminal atas, terminal bawah dan *ground*. Posisi PMT pada saat pengujian tahanan isolasi adalah dalam keadaan *open*.

Pada pengujian tahanan isolasi terdapat 3 titik ukur pengujian yaitu titik ukur antara terminal atas dengan bawah, titik ukur antara terminal atas dengan *ground* dan titik ukur antara terminal bawah dengan *ground*.

Kebocoran arus yang menembus isolasi peralatan listrik memang tidak dapat dihindari. Oleh karena itu, salah satu cara meyakinkan bahwa PMT cukup aman untuk diberi tegangan adalah dengan mengukur tahanan isolasinya. Kebocoran arus yang memenuhi ketentuan yang ditetapkan akan memberikan jaminan bagi PMT itu sendiri sehingga terhindar dari kegagalan isolasi.

Proses pengukuran meliputi kesiapan alat ukur dan kesiapan obyek yang diukur. Kesiapan alat ukur dapat mengacu pada instruksi kerja masing-masing peralatan uji. Sedangkan kesiapan obyek yang diukur adalah merupakan kegiatan

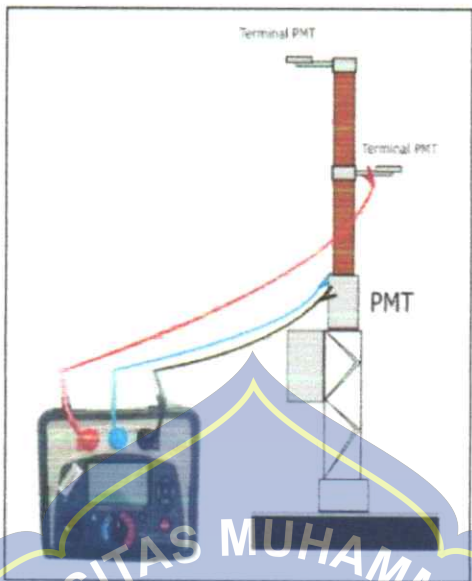
yang tujuannya membebaskan obyek PMT dari tegangan sesuai Prosedur Pelaksanaan Pada Instalasi Listrik Tegangan Tinggi/Extra Tinggi dan dilanjutkan dengan pelepasan klem-klem terminal atas dan terminal bawah.

Adapun kesiapan PMT yang akan diukur dilakukan dengan urutan sebagai berikut :

1. Pemasangan pentanahan lokal (*local grounding*) disisi terminal atas dan terminal bawah dengan tujuan membuang tegangan sisa yang masih ada.
2. Pembersihan permukaan *porcelain bushing* memakai material *cleaner* dan lap kain yang halus dan tidak merusak permukaan isolator dengan tujuan agar hasil pengukuran memperoleh nilai yang akurat.
3. Melakukan pengukuran tahanan isolasi PMT kondisi terbuka (*open*) antara :
  - a. Terminal atas (Ra, Sa, Ta) terhadap *casing* / tanah.
  - b. Terminal bawah (Rb, Sb, Tb) terhadap *casing* / tanah.
  - c. Terminal fase atas terhadap terminal fase bawah (Ra-Rb, Sa-Sb, Ta-Tb).



**Gambar 4.1.** Rangkaian pengukuran terminal atas – *ground*



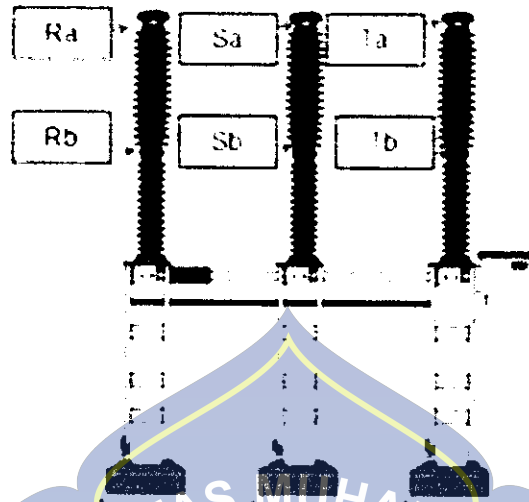
Gambar 4.2. Rangkaian pengukuran terminal bawah – ground



Gambar 4.3. Rangkaian pengukuran terminal atas – terminal bawah

- 4. Melakukan pengukuran tahanan isolasi PMT kondisi tertutup (*closed*) :
  - a. Terminal fase R/merah ( $R_a+R_b$ ) terhadap tanah.
  - b. Terminal fase S/kuning ( $S_a+S_b$ ) terhadap tanah.

c. Terminal fase T/biru ( $T_a+T_b$ ) terhadap tanah.



**Gambar 4.4.** Terminal tempat pengukuran tahanan isolasi PMT

**Keterangan :**

Ra = Terminal atas fase R (merah)

Rb = Terminal bawah fase R

Sa = Terminal atas fase S (Kuning)

Sb = Terminal bawah fase S

Ta = Terminal atas fase T (Biru)

Tb = Terminal bawah fase T

5. Mencatat hasil pengukuran tahanan isolasi
6. Hasil pengukuran ini merupakan data terbaru hasil pengukuran dan sebagai bahan evaluasi pembandingan dengan hasil pengukuran sebelumnya.
7. Memasang kembali terminasi atas bawah seperti semula

8. Melepas pentanahan lokal sambal pemeriksaan final untuk persiapan pekerjaan selanjutnya.

Batasan tahanan isolasi PMT minimal besaran tahanan isolasi pada suhu operasi dihitung  $1 \text{ kV} = 1 \text{ M}\Omega$  dan kebocoran arus yang diizinkan setiap  $\text{kV} = 1 \text{ mA}$ . (Berdasarkan Buku Pedoman Pemeliharaan PMT dan standar VDE *catalogue* 228/4)

Berikut adalah hasil dari pengujian tahanan isolasi PMT 150 kV pada *bay line* Jeneponto – PLTB I:

**Table 4.1.** Hasil Pengujian Tahanan Isolasi PMT 150 kV Bay Line Jeneponto-PLTB I

Titik Ukur	Standar	Tegangan Ukur	Hasil Pengukuran ( $\text{M}\Omega$ )		
			Fase R	Fase S	Fase T
Line Atas-Line Bawah	1 kV / $1\text{M}\Omega$ (Buku Pedoman Pemeliharaan PMT)	5000 V	2000 $\text{M}\Omega$	5000 $\text{M}\Omega$	1800 $\text{M}\Omega$
Line Atas - Ground			2000 $\text{M}\Omega$	1500 $\text{M}\Omega$	1200 $\text{M}\Omega$
Line Bawah- Ground			200000 $\text{M}\Omega$	200000 $\text{M}\Omega$	200000 $\text{M}\Omega$

Setelah diperoleh nilai tahanan isolasinya maka dapat dihitung arus bocornya dengan cara tegangan ukur dibagi dengan tahanan isolasi.

1. Perhitungan arus bocor titik ukur terminal atas – bawah

a. Fase R :

$$\text{Arus bocor (I)} = \frac{5000 \text{ V}}{2000 \text{ M}\Omega} = 2,5 \text{ mA}$$

b. Fase S :

$$\text{Arus bocor (I)} = \frac{5000 \text{ V}}{5000 \text{ M}\Omega} = 1 \text{ mA}$$

c. Fase T :

$$\text{Arus bocor (I)} = \frac{5000 \text{ V}}{1800 \text{ M}\Omega} = 2,77 \text{ mA}$$

2. Perhitungan arus bocor titik ukur terminal atas – *ground*

a. Fase R :

$$\text{Arus bocor (I)} = \frac{5000 \text{ V}}{2000 \text{ M}\Omega} = 2,5 \text{ mA}$$

b. Fase S :

$$\text{Arus bocor (I)} = \frac{5000 \text{ V}}{1500 \text{ M}\Omega} = 3,33 \text{ mA}$$

c. Fase T :

$$\text{Arus bocor (I)} = \frac{5000 \text{ V}}{1200 \text{ M}\Omega} = 4,16 \text{ mA}$$

3. Perhitungan arus bocor titik ukur terminal bawah – *ground*

a. Fase R :

$$\text{Arus bocor (I)} = \frac{5000 \text{ V}}{200000 \text{ M}\Omega} = 0,025 \text{ mA}$$

b. Fase S :

$$\text{Arus bocor (I)} = \frac{5000 \text{ V}}{200000 \text{ M}\Omega} = 0,025 \text{ mA}$$

c. Fase T :

$$\text{Arus bocor (I)} = \frac{5000 \text{ V}}{200000 \text{ M}\Omega} = 0,025 \text{ mA}$$

Dari data hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa disetiap fase memiliki nilai kemampuan isolasi yang berbeda-beda. Hal ini dapat terjadi akibat dipengaruhi oleh kondisi pada masing-masing isolator. Jika pada isolator terdapat

banyak kotoran atau debu-debu yang menempel maka akan mempengaruhi kemampuan pada isolasinya. Akan tetapi perbedaan nilai tersebut tidak berpengaruh pada PMT selama hasil atau nilai yang didapatkan masih diatas standar yang telah ditentukan.

Hasil pengujian tahanan isolasi PMT yang diperoleh pada *bay line* Jeneponto – PLTB 1 baik fase R, S, dan T masing-masing berada diatas 150 M $\Omega$ .

Adapun hasil perhitungan kebocoran arus pada *bay line* Jeneponto – PLTB 1 rata-rata nilai yang diperoleh jauh dibawah nilai kebocoran arus yang diizinkan yaitu 1 kV = 1 mA.

Dari hasil nilai tahanan isolasi yang diperoleh dan nilai kebocoran arus yang didapatkan, maka dapat dipastikan bahwa material isolasi yang diuji pada PMT tersebut masih dalam kondisi baik dan sesuai standar VDE (*catalogue 228/4*). Dengan nilai tahanan isolasi yang berada jauh diatas standar maka nilai kebocoran yang terjadi antara terminal atas, terminal bawah, dan *ground* dapat diminimalisir sekecil mungkin. Jika nilai yang diperoleh dibawah dari 150 M $\Omega$  (tidak memenuhi standar) maka dilakukan pengujian ulang, dan apabila nilai yang diperoleh masih juga dibawah standar maka disarankan untuk mengganti PMT tersebut dengan PMT yang baru dengan kemampuan isolasi yang lebih baik.

## **B. Pengujian Tahanan Kontak**

Sebagian besar rangkaian tenaga listrik terdiri dari beberapa titik sambungan. Yang mana sambungan merupakan dua atau lebih permukaan dari beberapa jenis konduktor yang bertemu secara fisik sehingga arus atau energi listrik dapat



tersalurkan tanpa hambatan yang berarti. Pertemuan dari beberapa konduktor inilah yang menyebabkan suatu hambatan atau resistansi 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 tahananannya memenuhi kaidah Hukum Ohm sebagai berikut :

$$E = I \times R$$

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

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

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



**Gambar 4.5.** Rangkaian Pengujian Tahanan Kontak PMT

Langkah-langkah pengujian tahanan kontak :

1. Pastikan PMT dalam keadaan *On / close*
2. Menghubungkan kabel alat ukur tahanan kontak pada *pole* PMT
3. Alat ukur diatur dalam posisi *On* dan diinjeksikan arus sebesar 100 A atau 200 A, sehingga besaran arus dan tegangan yang dihasilkan tersebut akan memberikan hasil berupa tahanan kontak yang telah diuji.
4. Mencatat hasil pengujian.
5. Mengembalikan PMT pada posisi *Open / Off* setelah pengukuran selesai

Batasan nilai tahanan kontak PMT berdasarkan standar IEC 60694 nilai  $R \leq 100 \mu\Omega / 120 \%$  nilai pabrikan atau nilai pengujian FAT.

Berikut adalah hasil dari pengujian tahanan kontak PMT 150 kV pada *bay line* Jeneponto – PLTB 1:

**Table 4.2.** Hasil Pengujian Tahanan Kontak PMT 150 kV *Bay Line* Jeneponto-PLTB 1

Titik ukur	Standar	Arus Injeksi	Hasil Pengukuran ( $\mu\Omega$ )		
			Fase R	Fase S	Fase T
<i>Line Atas - Line Bawah</i>	$\leq 100 \mu\Omega$ (Buku Pedoman Pemeliharaan PMT)	100 A	52 $\mu\Omega$	36 $\mu\Omega$	23 $\mu\Omega$
		200 A	53 $\mu\Omega$	22 $\mu\Omega$	7 $\mu\Omega$

Setelah nilai tahanan kontak diperoleh dan diketahui nilai arus injeksinya sebesar 100 A atau 200 A, maka rugi-ruginya adalah

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Fase R : } W &= (100 \text{ A})^2 \times 52 \mu\Omega \\
 &= 10000 \times (52 \times 0,000001\Omega) \\
 &= 10000 \times 0,000052 \Omega \\
 &= 0,52 \text{ W}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ Fase S : } W &= (100 \text{ A})^2 \times 36 \mu\Omega \\
 &= 10000 \times (36 \times 0,000001\Omega) \\
 &= 10000 \times 0,000036 \Omega \\
 &= 0,36 \text{ W}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \text{ Fase T : } W &= (100 \text{ A})^2 \times 23 \mu\Omega \\
 &= 10000 \times (23 \times 0,000001\Omega) \\
 &= 10000 \times 0,000023 \Omega \\
 &= 0,23 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian tahanan kontak PMT 150 kV yang diperoleh pada *bay line* Jeneponto – PLTB 1 baik pada fase R, S, dan T semuanya bernilai dibawah 100  $\mu\Omega$ , artinya alat kontak PMT yang terpasang pada *bay line* Jeneponto PLTB 1 masih dalam kondisi baik sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Apabila nilai yang diperoleh melebihi standar yang telah ditentukan yaitu diatas 100  $\mu\Omega$ , maka perlu diadakan perbaikan pada klem-klem jepitan dan membersihkan permukaan kontak, lalu lakukan pengujian ulang. Jika dipaksakan untuk beroperasi, dikhawatirkan terjadi kerusakan pada PMT tersebut akibat panas yang ditimbulkan oleh alat kontak.

Dari hasil perhitungan rugi-rugi daya yang diperoleh dapat dilihat bahwa kerugian yang diakibatkan adanya titik-titik sambungan pada kontak sangat kecil.

Hal ini dikarenakan hasil pengujian tahanan kontak yang didapatkan sudah memenuhi standar yang telah ditentukan. Semakin kecil nilai tahanan kontak yang dihasilkan maka semakin kecil pula rugi-rugi yang ditimbulkan.

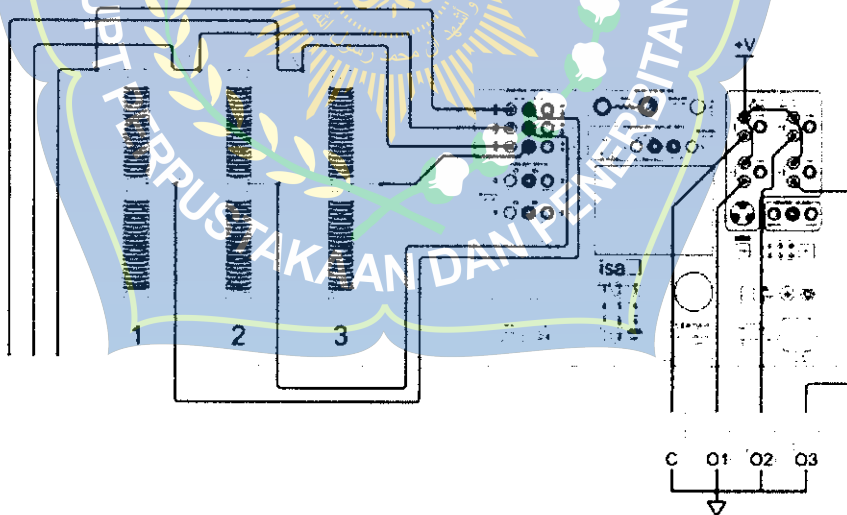
### C. Pengujian Keserempakan Kontak

Langkah pengukuran keserempakan beserta konfigurasi alat uji dengan PMT dapat mengacu pada intruksi kerja alat uji keserempakan PMT. Perbedaan waktu yang terjadi antara fasa R, S, T pada waktu PMT membuka dan menutup kontak dapat diketahui dari hasil pengukuran. Sehingga pengukuran keserempakan pada umumnya sekaligus meliputi pengukuran waktu buka tutup PMT. Nilai yang dapat diketahui dalam pengukuran keserempakan adalah  $\Delta t$  yang merupakan selisih waktu tertinggi dan terendah antar fasa R, S, T sewaktu membuka atau menutup kontak.

Langkah-langkah pengujian keserempakan :

1. Memasang *grounding* local pada PMT, untuk mengurangi resiko arus induksi.
2. Memasang *grounding* pada alat uji.
3. Memasang rangkaian alat uji dengan beberapa kabel dari alat uji ke terminal utama PMT.
4. Untuk pengujian *close* :
  - a. Memosisikan *swicth* pemilih ke posisi 'C'.
  - b. Menekan tombol *ready* sampai *display* terbaca / lampu merah menyala.

- c. Memutar sesaat *swiath start* sehingga PMT *close* (masuk).
  - d. Menunggu hasil pengujian selesai.
  - e. Mencatat hasil pengujian (*close*).
5. Untuk pengujian *open* :
- a. Memposisikan *swiath* pemilih ke posisi 'O'.
  - b. Menekan tombol *ready* sampai *display* terbaca / lampu merah menyala.
  - c. Memutar sesaat *swiath start* sehingga PMT *open* (buka).
  - d. Menunggu hasil pengujian selesai.
  - e. Mencatat hasil pengujian (*open*).
6. Pengujian selesai.



**Gambar 4.6.** Rangkaian pengujian keserempakan PMT

Batasan nilai selisih waktu keserempakan berdasarkan standar SK DIR 114 yaitu  $\Delta t \leq 10$  ms atau nilai standar pabrikan.

Adapun hasil dari pengujian keserempakan PMT 150 kV pada *bay line* Jeneponto – PLTB 1:

**Table 4.3.** Hasil Pengujian Keserempakan Kontak PMT 150 kV *Bay Line*

Jeneponto-PLTB 1

Pengukuran	Standar	Hasil Pengukuran (ms)		
		Fase R	Fase S	Fase T
Kondisi Terbuka (Open)	$\Delta t \leq 10$ ms (Buku	34 ms	34 ms	35,5 ms
Kondisi Tertutup (Close)	Pedoman Pemeliharaan PMT)	75,6 ms	70,5 ms	74,5 ms

$\Delta t_{Open} = \text{waktu tertinggi} - \text{waktu terendah}$

$$= 35,5 \text{ ms} - 34 \text{ ms}$$

$$= 1,5 \text{ ms}$$

$\Delta t_{Close} = \text{waktu tertinggi} - \text{waktu terendah}$

$$= 75,6 \text{ ms} - 70,5 \text{ ms}$$

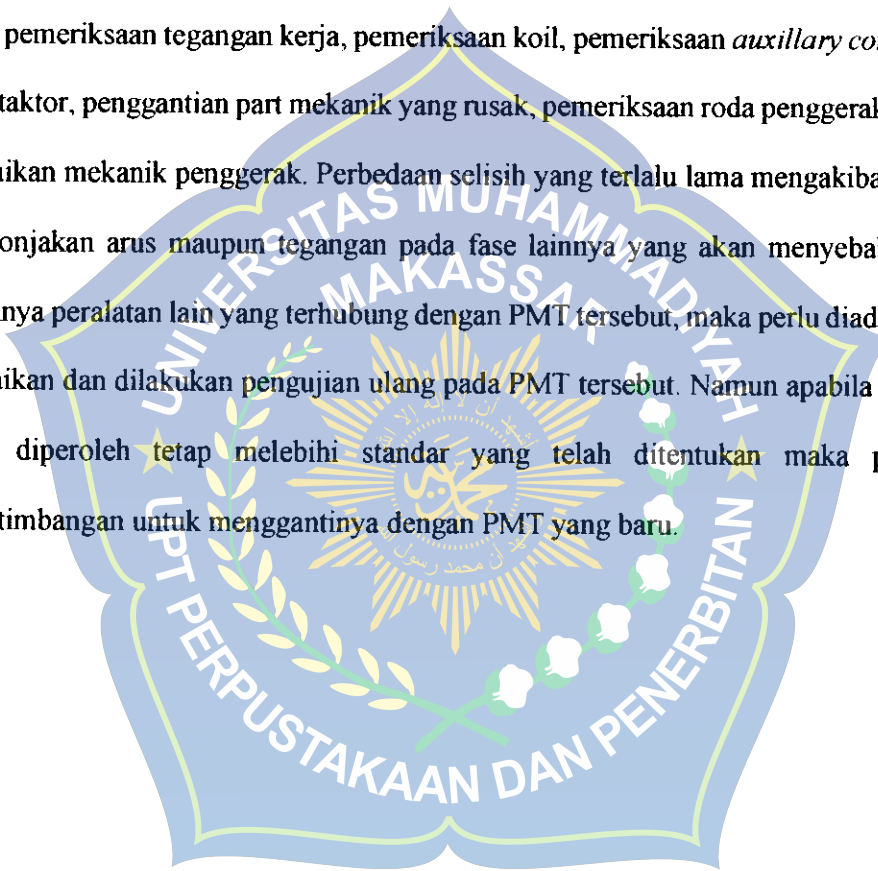
$$= 5,1 \text{ ms}$$

Dari hasil pengujian keserempakan kontak pada *bay line* Jeneponto – PLTB 1, diperoleh hasil perhitungan *delta time* atau selisih waktu pada saat PMT *open* yaitu sebesar 1,5 ms dan pada saat PMT *close* sebesar 5,1 ms.

Dari hasil perhitungan yang diperoleh dapat dilihat bahwa nilai *delta time* pada saat PMT *open* dan *close* dibawah dari 10 ms, artinya nilai yang didapatkan

sudah memenuhi standar batasan nilai selisih waktu yaitu  $\Delta t \leq 10$  ms atau nilai standar pabrikan. Sehingga PMT tersebut dapat melakukan *trip* sesuai dengan kinerja keserempakan yang normal. Apabila nilai *delta time* yang diperoleh diatas 10 ms maka untuk kerja keserempakan PMT kurang dapat diandalkan.

Apabila terdapat nilai yang tidak memenuhi standar yang telah ditentukan, perbaikan dapat dilakukan dengan melakukan beberapa pemeriksaan, diantaranya yaitu pemeriksaan tegangan kerja, pemeriksaan koil, pemeriksaan *auxillary contact* / kontaktor, penggantian part mekanik yang rusak, pemeriksaan roda penggerak dan perbaikan mekanik penggerak. Perbedaan selisih yang terlalu lama mengakibatkan ada lonjakan arus maupun tegangan pada fase lainnya yang akan menyebabkan rusaknya peralatan lain yang terhubung dengan PMT tersebut, maka perlu diadakan perbaikan dan dilakukan pengujian ulang pada PMT tersebut. Namun apabila nilai yang diperoleh tetap melebihi standar yang telah ditentukan maka perlu dipertimbangan untuk menggantinya dengan PMT yang baru.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pada Pemutus Tenaga 150 kV *bay line* Jeneponto – PLTB 1 di Gardu Induk Jeneponto, maka dapat disimpulkan bahwa :

- a. Nilai minimal tahanan isolasi pada tegangan 150 kV adalah 150 M $\Omega$ .

Adapun hasil pengujian tahanan isolasi PMT 150 kV pada *bay line* Jeneponto – PLTB 1 baik pada fase R, S, dan T sudah memenuhi standar yang telah ditentukan, nilai yang diperoleh diatas 150 M $\Omega$  (berdasarkan Buku Pedoman Pemeliharaan PMT), artinya kondisi isolasi masih dalam keadaan baik dan aman.

Hasil pengujian Tahanan Kontak PMT 150 kV pada *bay line* Jeneponto – PLTB 1 baik pada fase R, S, dan T sudah memenuhi standar yang telah ditentukan yaitu dibawah dari 100  $\mu\Omega$  (berdasarkan Buku Pedoman Pemeliharaan PMT), artinya alat kontak pemutus tenaga yang terpasang masih dalam kondisi baik dan aman.

Pada pengujian keserempakan, *Delta time* atau selisih waktu yang diperoleh pada saat *open* dan *close* pemutus tenaga pada *bay line* Jeneponto – PLTB 1 sudah memenuhi batasan nilai selisih waktu keserempakan yaitu  $\leq 10$  ms (berdasarkan Buku Pedoman Pemeliharaan PMT), artinya pada pemutus tenaga tersebut dapat melaksanakan atau melakukan *trip* sesuai dengan kinerja keserempakan yang normal atau masih dapat diandalkan.