



**ANALISA PERBANDINGAN HASIL PENGUJIAN CIRCUIT  
BREAKER MENGGUNAKAN BREAKER ANALYZER  
DAN TAN DELTA**

**Disusun Dan Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Ujian Akhir  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Dari Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Pembangunan Panca Budi**

**SKRIPSI**

**OLEH**

**NAMA : GILANG HARTAMA  
NPM : 1614210071  
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO  
PEMINATAN : TEKNIK ENERGI LISTRIK**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI  
MEDAN  
2020**

**ANALISAPERBANDINGANHASIL PENGUJIAN CIRCUIT  
BREAKER MENGGUNAKAN BREAKER ANALYZER  
DAN TAN DELTA**

**Disusun Dan Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Ujian Akhir  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Dari Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Pembangunan Panca Budi**

**SKRIPSI**

**OLEH :**

**NAMA : GILANG HARTAMA**  
**NPM : 1614210071**  
**PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO**  
**PEMINATAN : TEKNIK ENERGI LISTRIK**

**Diketahui dan Disetujui Oleh :**

**Dosen Pembimbing I**

  
**Dr Rahmaniar, S.T., M.T.**

**Dosen Pembimbing II**

  
**Pristisal Wibowo, S.T., M.T.**

**Diketahui dan Disahkan Oleh :**

**Dekan Fakultas Sains dan Teknologi**



**Hamdani, S.T., M.T.**

**Ketua Program Studi**

  
**Siti Anisah, S.T., M.T.**

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam skripsi ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.



10 Oktober 2020

Gilang Hartama  
1614210071

## PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Sebagai sivitas akademika Universitas Pembangunan Panca Budi, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Gilang Hartama  
NPM : 1614210071  
Program Studi : Teknik Elektro  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Panca Budi **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Analisis Perbandingan Hasil Pengujian Circuit Breaker Menggunakan Breaker Analyzer dan Tan Delta beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Pembangunan Panca Budi berhak menyimpan, mengalih-media/ alih formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

10 Oktober 2020



**Gilang Hartama**  
1614210071



# UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI

Jl. Jend. Gatot Subroto Km 4,5 Medan Fax. 061-8458077 PO.BOX : 1099 MEDAN

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI ARSITEKTUR	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI SISTEM KOMPUTER	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI PETERNAKAN	(TERAKREDITASI)

## PERMOHONAN JUDUL TESIS / SKRIPSI / TUGAS AKHIR\*

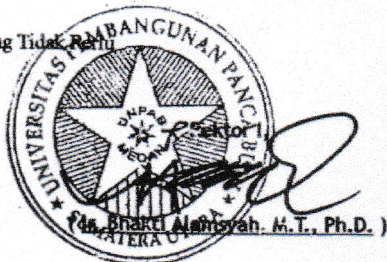
Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : GILANG HARTAMA  
 Tempat/Tgl. Lahir : PALUH MANIS / 21 September 1996  
 Nomor Pokok Mahasiswa : 1614210071  
 Program Studi : Teknik Elektro  
 Konsentrasi : Teknik Energi Listrik  
 Jumlah Kredit yang telah dicapai : 139 SKS, IPK 3.29  
 Nomor Hp : 082272805940  
 Dengan ini mengajukan judul sesuai bidang ilmu sebagai berikut :

No.	Judul
1.	Analisa Perbandingan Hasil Pengujian Circuit Breaker Menggunakan Breaker Analyzer dan Tan Delta0

Catatan : Diisi Oleh Dosen Jika Ada Perubahan Judul

\*Coret Yang Tidak Perlu



Medan, 22 Januari 2020

Pemohon,

(Gilang Hartama)

Tanggal : .....

Disahkan oleh:  
  
 (Hamdani, ST., MT.)

Tanggal : .....

Disetujui oleh:  
 Dosen Pembimbing I :  
  
 (Dr. Bahmanjar, ST., MT.)

Tanggal : .....

Disetujui oleh:  
 Ka. Prodi Teknik Elektro  
  
 (Hamdani, ST., MT.)

Tanggal : .....

Disetujui oleh:  
 Dosen Pembimbing II  
  
 (Pristisa Wibowo, ST., MT.)

No. Dokumen: FM-UPBM-18-02	Revisi: 0	Tgl. Eff: 22 Oktober 2018
----------------------------	-----------	---------------------------



YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI**

JL. Jend. Gatot Subroto KM 4,5 PO. BOX 1099 Telp. 061-30106057 Fax. (061) 4514808  
 MEDAN - INDONESIA

Website : [www.pancabudi.ac.id](http://www.pancabudi.ac.id) - Email : [admin@pancabudi.ac.id](mailto:admin@pancabudi.ac.id)

**LEMBAR BUKTI BIMBINGAN SKRIPSI**

Nama Mahasiswa : GILANG HARTAMA  
 NPM : 1614210071  
 Program Studi : Teknik Elektro  
 Jenjang Pendidikan : Strata Satu  
 Dosen Pembimbing : Pristisal Wibowo, ST., MT  
 Judul Skripsi : Analisa Perbandingan Hasil Pengujian Circuit Breaker Menggunakan Breaker Analyzer dan Tan Delta

Tanggal	Pembahasan Materi	Status	Keterangan
05 Agustus 2020	Perbaiki no halaman, sesuaikan dengan panduan	Revisi	
05 Agustus 2020	Perbaiki penulisan nama gambar dan tabel, sesuaikan dengan panduan. Sertakan sumber di bawah gambar dan tabel.	Revisi	
05 Agustus 2020	Tambahkan penjelasan materi di bab 2. Halaman laporan skripsi kamu belum sampai 60 halaman dari bab 1 sampai bab 5	Revisi	
05 Agustus 2020	Perbaiki format penulisan di bab 2, sesuaikan panduan	Revisi	
05 Agustus 2020	Perbaiki flowchart di bab 3, tambahkan penjelasan dibawah flowchart.	Revisi	
05 Agustus 2020	Perbaiki penulisan di bab 3, sesuaikan panduan. Masih ada beberapa penjelasan yang belum line spacing 2.0	Revisi	
05 Agustus 2020	Penulisan rumus untuk bab 4, seharusnya di tengah posisinya.	Revisi	
05 Agustus 2020	Perbaiki format penulisan di bab 4, sesuaikan dengan panduan	Revisi	
05 Agustus 2020	Perbaiki kesimpulan di bab 5.	Revisi	
05 Agustus 2020	Perbaiki penulisan daftar pustaka, sesuaikan dengan panduan	Revisi	
10 Agustus 2020	Saya belum lihat ada perubahan di skripsi kamu.	Revisi	
10 Agustus 2020	Jumpa di seminar hasil ya. ACC SEMINAR HASIL	Disetujui	
10 Oktober 2020	Belum terlihat perbaikan dari seminar hasil	Revisi	
10 Oktober 2020	Masih ada nama gambar yang belum di bold	Revisi	
10 Oktober 2020	Perbaiki format penulisan daftar pustaka	Revisi	
10 Oktober 2020	Flowchart belum diperbaiki	Revisi	
10 Oktober 2020	Acc sidang meja hijau	Disetujui	
15 November 2021	ACC JILID	Disetujui	

Medan, 21 November 2021  
 Dosen Pembimbing,



Pristisal Wibowo, ST., MT



YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI**

JL. Jend. Gatot Subroto KM 4,5 PO. BOX 1099 Telp. 061-30106057 Fax. (061) 4514808

MEDAN - INDONESIA

Website : [www.pancabudi.ac.id](http://www.pancabudi.ac.id) - Email : [admin@pancabudi.ac.id](mailto:admin@pancabudi.ac.id)**LEMBAR BUKTI BIMBINGAN SKRIPSI**

**Nama Mahasiswa** : GILANG HARTAMA  
**NPM** : 1614210071  
**Program Studi** : Teknik Elektro  
**Jenjang Pendidikan** : Strata Satu  
**Dosen Pembimbing** : Dr Rahmaniar, ST.,MT.  
**Judul Skripsi** : Analisa Perbandingan Hasil Pengujian Circuit Breaker Menggunakan Breaker Analyzer dan Tan Delta

Tanggal	Pembahasan Materi	Status	Keterangan
16 Mei 2020	seminar proposal	Revisi	
16 Mei 2020	perbaiki latar belakang permasalahan dengan merujuk dari beberapa penelitian sebelumnya	Revisi	
06 Agustus 2020	Pada latar belakang belum ada kutipan penelitian yang relevan	Revisi	
06 Agustus 2020	Manfaat penelitian merupakan jawaban dari tujuan penelitian.	Revisi	
06 Agustus 2020	Pada Bab 2 belum terlihat rujukan yang mendukung penelitian anda	Revisi	
06 Agustus 2020	gambar yang dapat digambar ulang, perbaiki, jangan crop	Revisi	
06 Agustus 2020	Penulisan persamaan, di tulis ulang, gunakan eqq.	Revisi	
06 Agustus 2020	ikuti kaidah penggambaran flowchat, dan blok diagram	Revisi	
19 Agustus 2020	Acc Seminar hasil	Disetujui	
07 Oktober 2020	ACC Meja Hijau	Disetujui	
25 Oktober 2021	ACC Jilid	Disetujui	

Medan, 21 November 2021  
Dosen Pembimbing,



Dr Rahmaniar, ST.,MT.



**YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA**  
**PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI**  
Jl. Jend. Gatot Subroto KM. 4,5 Medan Sunggal, Kota Medan Kode Pos 20122

**SURAT BEBAS PUSTAKA**  
**NOMOR: 2813/PERP/BP/2020**

---

Kepala Perpustakaan Universitas Pembangunan Panca Budi menerangkan bahwa berdasarkan data pengguna perpustakaan atas nama saudara/i:

Nama : GILANG HARTAMA  
N.P.M. : 1614210071  
Tingkat/Semester : Akhir  
Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI  
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Bahwasannya terhitung sejak tanggal 19 Agustus 2020, dinyatakan tidak memiliki tanggungan dan atau pinjaman buku sekaligus tidak lagi terdaftar sebagai anggota Perpustakaan Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.

Medan, 19 Agustus 2020  
Diketahui oleh,  
Kepala Perpustakaan,

Sugiarjo, S.Sos., S.Pd.I





YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI  
**LABORATORIUM ELEKTRO**  
Jl. Jend. Gatot Subroto Km 4,5 Sei Sikambang Telp. 061-8455571  
Medan - 20122

**KARTU BEBAS PRAKTIKUM**  
**Nomor. 1375/BL/LAKO/2021**

Yang bertanda tangan dibawah ini Ka. Laboratorium Elektro dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : GILANG HARTAMA  
N.P.M. : 1614210071  
Tingkat/Semester : Akhir  
Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI  
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Benar dan telah menyelesaikan urusan administrasi di Laboratorium Elektro Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.

Medan, 16 September 2020  
Ka. Laboratorium

[ Approve By System ]  
D T O  
Hamdani, S.T., M.T.



No. Dokumen : FM-LEKTO-06-01

Revisi : 01

Tgl. Efektif : 04 Juni 2015

## SURAT KETERANGAN PLAGIAT CHECKER

Dengan ini saya Ka.LPMU UNPAB menerangkan bahwa surat ini adalah bukti pengesahan dari LPMU sebagai pengesah proses plagiat checker Tugas Akhir Skripsi/Tesis selama masa pandemi *Covid-19* sesuai dengan edaran rektor Nomor : 7594/13/R/2020 Tentang Pemberitahuan Perpanjangan PBM Online.

Demikian disampaikan

NB: Segala penyalahgunaan/pelanggaran atas surat ini akan di proses sesuai ketentuan yang berlaku UNPAB



Prisni Muhandani Ritonga, BA., MSc

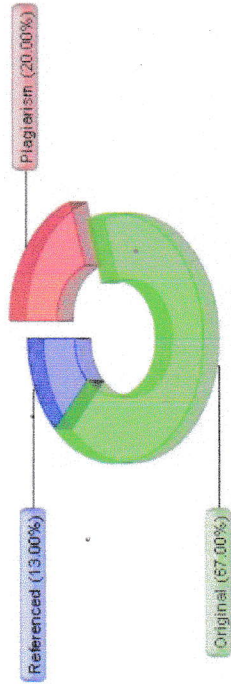
No. Dokumen	PM-UJMA-06-02	Revisi	00	Tgl Eff	23 Jan 2019
-------------	---------------	--------	----	---------	-------------

### Plagiarism Detector v. 1460 - Originality Report 02-Nov-20 08:58:37

Analyzed document: GILANG HARTAMA\_1614210071\_TEKNIK ELEKTRO (1).docx Licensed to: Universitas Pembangunan Panca Budi\_License03

Comparison Preset: Rewrite. Detected language: Indonesian

Relation chart:



Distribution graph:



Top sources of plagiarism:

- % 12** <https://ojs.ecampus.ut.ac.id/doi/10.24060/teknik-elektro.v3i1.11111>
  - % 8** <https://doi.org/10.24060/teknik-elektro.v3i1.11111>
  - % 6** <https://doi.org/10.24060/teknik-elektro.v3i1.11111>
  - % 6** <https://doi.org/10.24060/teknik-elektro.v3i1.11111>
- [Show other Sources.]

Processed resources details:

72 - Ok / 11 - Failed

[Show other Sources.]

Important notes:

Hal : Permohonan Meja Hijau

Medan, 18 November 2020  
 Kepada Yth : Bapak/Ibu Dekan  
 Fakultas SAINS & TEKNOLOGI  
 UNPAB Medan  
 Di -  
 Tempat

Dengan hormat, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : GILANG HARTAMA  
 Tempat/Tgl. Lahir : PALUH MANIS / 21 SEPTEMBER 1996  
 Nama Orang Tua : GHAZALI HUSIN  
 N. P. M : 1614210071  
 Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI  
 Program Studi : Teknik Elektro  
 No. HP : 082272805940  
 Alamat : JL. PERJUANGAN DSN VII DESA PALUH MANIS

Datang bermohon kepada Bapak/Ibu untuk dapat diterima mengikuti Ujian Meja Hijau dengan judul **Analisa Perbandingan Hasil Pengujian Circuit Breaker Menggunakan Breaker Analyzer dan Tan Delta**, Selanjutnya saya menyatakan :

1. Melampirkan KKM yang telah disahkan oleh Ka. Prodi dan Dekan
2. Tidak akan menuntut ujian perbaikan nilai mata kuliah untuk perbaikan indeks prestasi (IP), dan mohon diterbitkan ijazahnya setelah lulus ujian meja hijau.
3. Telah tercap keterangan bebas pustaka
4. Terlampir surat keterangan bebas laboratorium
5. Terlampir pas photo untuk ijazah ukuran 4x6 = 5 lembar dan 3x4 = 5 lembar Hitam Putih
6. Terlampir foto copy STTB SLTA dilegalisir 1 (satu) lembar dan bagi mahasiswa yang lanjutan D3 ke S1 lampirkan ijazah dan transkripnya sebanyak 1 lembar.
7. Terlampir pelunasan kwintasi pembayaran uang kuliah berjalan dan wisuda sebanyak 1 lembar
8. Skripsi sudah dijilid lux 2 exemplar (1 untuk perpustakaan, 1 untuk mahasiswa) dan jilid kertas jeruk 5 exemplar untuk penguji (bentuk dan warna penjilidan diserahkan berdasarkan ketentuan fakultas yang berlaku) dan lembar persetujuan sudah di tandatangani dosen pembimbing, prodi dan dekan
9. Soft Copy Skripsi disimpan di CD sebanyak 2 disc (Sesuai dengan Judul Skripsinya)
10. Terlampir surat keterangan BKKOL (pada saat pengambilan ijazah)
11. Setelah menyelesaikan persyaratan point-point diatas berkas di masukan kedalam MAP
12. Bersedia melunaskan biaya-biaya uang dibebankan untuk memproses pelaksanaan ujian dimaksud, dengan perincian sbb :

1. [102] Ujian Meja Hijau	: Rp.	0
2. [170] Administrasi Wisuda	: Rp.	1,500,000
3. [202] Bebas Pustaka	: Rp.	100,000
4. [221] Bebas LAB	: Rp.	5,000
<b>Total Biaya</b>	<b>: Rp.</b>	<b>1,605,000</b>

Ukuran Toga : L

Diketahui/Disetujui oleh :



Hamdani, ST., MT  
 Dekan Fakultas SAINS & TEKNOLOGI

Hormat saya



GILANG HARTAMA  
 1614210071

Catatan :

- 1. Surat permohonan ini sah dan berlaku bila ;
  - a. Telah dicap Bukti Pelunasan dari UPT Perpustakaan UNPAB Medan.
  - b. Melampirkan Bukti Pembayaran Uang Kuliah aktif semester berjalan
- 2. Dibuat Rangkap 3 (tiga), untuk - Fakultas - untuk BPAA (asli) - Mhs.ybs.

# **ANALISA PERBANDINGAN HASIL PENGUJIAN CIRCUIT BREAKER MENGGUNAKAN BREAKER ANALYZER DAN TAN DELTA**

**Gilang Hartama**  
**Dr Rahmaniari, S.T., M.T.**  
**Pristisal Wibowo, S.T., M.T.**  
**Email : hartamag@gmail.com**  
**Teknik Elektro**

## **ABSTRAK**

*Circuit Breaker (CB) atau Pemutus Tenaga (PMT). Pemutus Tenaga adalah Alat yang terpasang di Gardu Induk yang berfungsi untuk menghubungkan dan memutus arus beban atau arus gangguan .Dalam kehidupan sehari-hari sering terjadi berbagai macam gangguan oleh karena itu untuk mencegah gangguan tersebut terjadi maka diperlukan circuit breker .Pemasngan circuit breaker digunakan untuk menghindari terjadinya kerusakan pada peralatan – peralatan Gardu Induk yang nantinya akan menyebabkan terhambatnya penyaluran tenaga listrik ke beban (konsumen). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kinerja circuit breaker . Dengan pengujian PMT menggunakan alat uji dapat disimpulkan PMT berkategori baik dapat dilihat dari setting waktu relai arus yang terpasang ,Faktor yang mempengaruhi kinerja dari PMT yaitu besarnya arus gangguan hubung singkat terjadi . Besar atau kecilnya arus gangguan itu dipengaruhi oleh jarak terjadinya gangguan . Dengan alat uji dapat melihat apakah waktu buka tutup PMT sesuai standart . Semakin cepat waktu kerja relai untuk memerintahkan PMT memutus rangkaian beban maka akan baik pula kinerjanya . Hasil pengujian Circuit Breaker pada saat Open maupun Close didapati dibawah 100 ms . Dan untuk  $\Delta t$  dibawah 10 ms.*

*Kata Kunci: Circuit Breaker, Pengujian , Relai Arus Lebih*

# **ANALISAPERBANDINGANHASIL PENGUJIAN CIRCUIT BREAKER MENGGUNAKAN BREAKER ANALYZER DAN TAN DELTA**

**Gilang Hartama**  
**Dr Rahmaniar, S.T., M.T.**  
**Pristisal Wibowo, S.T., M.T.**  
**Email : hartamag@gmail.com**  
**Electrical Engineering**

## ***ABSTRACS***

*Circuit Breaker (CB). Power Disconnecter is a device installed in the substation that functions to connect and disconnect the load current or fault current . In everyday life various types of disturbances often occur, therefore to prevent the disturbance from occurring, a circuit breaker is needed. Ciecuit breaker is used to avoid damage to the equipment – substation equipment which will later cause the discription of electricity to the load (consumers) . This study aims to analyze the performance of the circuit breaker . With PMT testing using test equipment, it can be concluded that good category PMT can be seen from the current relay time setting, the factor that influences the performance of the PMT is the magnitude of the short-circuit fault current. The amount of the interference current is affected by the distance of the disturbance. The test tool can see whether the opening and closing times of PMT are according to standard. The faster the relay's working time to order the PMT to cut the load circuit, the better the performance will be. Circuit Breaker test results at Open and Close were found to be below 100 ms. And for  $\Delta t$  under 10 ms.*

*Keywords : Circuit Breaker , Testing , Overcurrent Rel*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur Penulis panjatkan Kehadirat Allah SWT atas berkat, rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Adapun judul dari tugas akhir ini adalah “Analisis Perbandingan Hasil Pengujian Circuit Breaker Menggunakan Breaker Analyzer dan Tan Delta .Tugas akhir skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan kelulusan Tugas Akhir pada Program Studi Teknik Elektro dengan peminatan Teknik Elektro di Universitas Pembangunan Panca Budi.

Selesainya tugas akhir skripsi ini tidak terlepas dari bantuan serta dukungan dari berbagai pihak, untuk itu penulis menyampaikan ungkapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. H. Muhammad Isa Indrawan, S.E., M.M., selaku Rektor di Universitas Pembangunan Panca Budi.
2. Bapak Hamdani, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
3. Ibu Siti Anisah, S.T., M.T., selaku Kepala Program Studi Teknik Elektro.
4. Ibu Dr Rahmaniar, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing I.
5. Bapak Pristisal Wibowo, S.T, M.T., selaku dosen pembimbing II.
6. Rekan sejawat dan seperjuangan di kelas KK 2 DA TE J/S .
7. Keluarga penulis yang jauh disana namun tidak henti doa dan semangatnya untuk penulis.

Akhirnya, dengan segala kerendahan hati, saya menyadari masih banyak terdapat kekurangan pada tugas akhir skripsi ini sehingga saya mengharapkan adanya saran dan kritik yang bersifat membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Medan, Oktober 2020  
Penulis,

**Gilang Hartama**



## DAFTAR ISI

Halaman Judul	
PERNYATAAN ORISINALITAS .....	i
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	4
1.3. Batasan Masalah .....	4
1.4. Manfaat Penelitian .....	4
1.5. Metode Penelitian .....	5
1.6. Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB II LANDASAN TEORI .....</b>	<b>7</b>
2.1. Pengertian Circuit Breaker.....	10
2.2. Fungsi Utama Circuit Breaker.....	11
2.3. Klasifikasi Circuit Breaker.....	13
2.3.1. Berdasarkan Besar Atau Kelas Tegangannya.....	13
2.3.2. Berdasarkan Jumlah Mekanik Penggerak .....	14
2.3.3. Berdasarkan Media Isolasi.....	15
2.3.4. Berdasarkan Proses Pemadaman Busur Api.....	25
2.4. Sistem Penggerak.....	26
2.4.1. Penggerak Pegas .....	26
2.4.2. Penggerak Hidrolik .....	27

2.4.3. Penggerak Pneumatik .....	28
2.4.4. SF 6 Gas Dinamik .....	28
2.5. Pedoman Pemeliharaan.....	28
2.5.1. In Service Inspection .....	29
2.5.2. Pemeriksaan Harian .....	30
2.5.3. In Service Measurement.....	31
2.5.4. Pengukuran Breaker Analyzer .....	31
2.6. Evaluasi Hasil Pemeliharaan .....	32
2.7. Standar Evaluasi Hasil Pemeliharaan.....	33
2.7.1. Pengukuran Keserampakan Kontak PMT.....	34
2.8. Mekanisme Kerja Circuit Breaker.....	35
2.9. Tangen Delta .....	36
<b>BAB III METODELOGI PENELITIAN .....</b>	<b>42</b>
3.1. Rangkaian Dan Peralatan Pengujian.....	39
3.1.1. Rangkaian Pengujian.....	42
3.1.2. Peralatan Pengujian.....	43
3.2. Wiring Diagram.....	45
3.3. Tahapan Pengukuran Breaker Analyzer .....	45
3.4. Tahapan Pengukuran Tangen Delta.....	46
3.5. Diagram Alir .....	48
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>49</b>
4.1. Standar Nilai Breaker Analyzer.....	49
4.2. Data Pengujian Pengukuran Breaker Analyzer.....	49
4.3. Selisih Waktu Antar Fase.....	50
4.4. Analisis Nilai Breaker Analyzer.....	51
4.5. Hasil Pengukuran Tangen Delta.....	53
4.6. Analisis Pengukuran Tangen Delta.....	53

<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	56
5.1. Kesimpulan .....	56
5.2. Saran.....	57
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	58

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Standar Uji Tan $\delta$ Transformator.....	38
Tabel 4.1. Hasil Pengukuran Breaker Analyzer Operasi Titik- Titik Kontak.....	
Saat Pembukaan Atau Penutupan .....	46
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Breaker Analyzer Operasi Titik- Titik Kontak.....	
Saat Pembukaan Atau Penutupan .....	46
Tabel 4.3. Hasil Pengukuran Tangen Delta .....	50
Tabel 4.4. Data Hasil Perhitungan Tangen Delta .....	52

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.Macam-macam Circuit Breaker .....	10
Gambar 2.2.PMT Single Pole .....	13
Gambar 2.3.PMT Three Pole.....	14
Gambar 2.4.Proses Pemadaman Busur Api Media Minyak .....	15
Gambar 2.5.Oil Circuit Breaker .....	16
Gambar 2.6.Proses Pemadaman Burus Api Media Air Blast .....	18
Gambar 2.7.Air Blast Circuit Breaker .....	18
Gambar 2.8.Proses Pemadaman Busur Api Media Vacuum .....	19
Gambar 2.9. Vacuum Circuit Breaker.....	20
Gambar 2.10 SF6 Gas Circuit Breaker.....	21
Gambar 2.11 Proses Pemadaman Busur Api pada SF6.....	22
Gambar 2.12 Sistem Pegas Pilin( Helical ).....	24
Gambar 2.13 Sistem Pegas Gulung (Scroll ).....	24
Gambar 2.14Metode Evaluasi .....	29
Gambar 2.15 Rangkaian Listrik Ekuivalen Bahan Isolasi .....	35
Gambar 2.16 Rangkaian Ekuivalen Yang Disederhanakan.....	36
Gambar 2.17 Komponen Arus Menurut Rangkaian Gambar 2.16.....	37
Gambar 3.1. Rangkaian Pengujian.....	39
Gambar 3.2. Main Body Peralatan Alat Uji .....	40
Gambar 3.3. Measurement Cable.....	40
Gambar 3.4. Multimeter.....	41
Gambar 3.5. Wiring Internal PMT .....	42
Gambar 3.6. Diagram Alir Penelitian.....	45
Gambar 4.1. Diagram Skematis Fenomena Breaker Analyzer.....	49

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Teknologi dan ilmu pengetahuan sekarang ini mengalami perkembangan yang sangat modern dan pesat, terlebih untuk bidang hal yang berkenaan dengan kelistrikan, yang mana keperluan terhadap energi listrik telah jadi suatu keperluan yang mendasar, dengan demikian keperluan terhadap listrik terus mengalami peningkatan di masa yang akan datang.

Guna memenuhi persediaan kebutuhan terhadap tenaga listrik untuk para konsumen, dibutuhkan beberapa peralatan dalam hal kelistrikan. Beberapa peralatan listrik itu diperlukan keterkaitan hubungan satu dengan yang lainnya secara menyeluruh untuk membangun sebuah sistem dari tenaga listrik. Di dalam gardu listrik, ada peralatan yang berkenaan dengan listrik yang memainkan peranan yang sangat fundamental untuk menyalurkan tenaga dari listrik untuk membangkitkan listrik dan didistribusikan pada konsumen. Agar kontinuitas penyaluran tenaga listrik tetap baik maka diperlukan peralatan proteksi yang baik juga sehingga dapat melindungi peralatan-peralatan listrik tersebut. Salah satu peralatan proteksi yang digunakan yaitu PMT (Pemutus Tenaga).

PMT ialah suatu peralatan switching atau saklas mekanik yang dapat memutuskan, menutup dan juga mengalirkan arus beban pada keadaan yang normal dan juga dapat memutuskan, menutup dan juga mengalirkan arus dari listrik dan juga dapat memutuskan, menutup dan juga mengalirkan dalam keadaan gangguan atau abnormal, misalnya karena hubungan singkat atau short circuit. Kegunaan mendasarnya ialah sebagai peralatan yang dapat menutup atau

membukan serangkaian listrik di dalam keadaan yang memiliki beban dan juga menutup atau membuka pada waktu ada keadaan gangguan arus atau hubungan singkat yang terjadi pada peralatan atau jaringan yang lainnya.

PMT ialah salah satu peralatan yang sangat diperhatikan, dikarenakan jika PMT terjadi kerusakan maka pengaruh ke konsumen sangat besar dan merugikan masyarakat. Agar PMT mampu berfungsi secara bagus, dengan demikian dibutuhkan sebuah pemeliharaan atau maintenance yang bagus, oleh karena itu bila kapanpun terdapat permasalahan tertentu di dalam sistem tersebut, maka PMT bisa berfungsi dengan baik. Maka dilakukan pengujian PMT, Apakah PMT bekerja sesuai standarnya? Hasil Pengujian tersebut dapat menyimpulkan kondisi peralatan PMT. Kinerja PMT yang baik menandakan bahwa pemeliharaannya dilakukan dengan teratur dan dilakukan secara berkala.

Pada penelitian yang berjudul “Analisis Hasil Over Houl Pemutus Tenaga (PMT) 70KV Pada BAY Arjawinangun 2 di PT PLN PERSERO APP Cirebon GI Kadipaten”, oleh Nuryanto, Tahun 2018 didapatkan bahwa Pemutus tenaga (PMT) pada sistem transmisi berfungsi sebagai pemutus beban baik dalam keadaan normal maupun ketika terjadi gangguan. Pada bulan Juli 2017 diketahui terdapat rembesan Minyak pada (PMT) bay Arjawinangun 2 di GI Kadipaten. Dengan kondisi tersebut dilakukan Overhaul yang mana dalam pelaksanaannya ditemukan beberapa sumber penyebab rembesan seperti terdapat kerak dan korosi pada sambungan serta kondisi Packing yang sudah tidak fleksibel. Sebelum pelaksanaan dan sesudah pelaksanaan overhaul dilakukan pengujian pengujian diantaranya: pengujian tahanan kontak, pengujian keserempakan PMT, pengujian tahanan isolasi dan setelah dilakukan serangkaian pengujian, selanjutnya dilakukan analisis

hasil pengujian tersebut serta dilakukan simulasi drop tegangan menggunakan aplikasi etap 12.6.0, dari serangkaian kegiatan tersebut maka didapatkan hasil pengujian tahanan kontak, pengujian keserempakan PMT, pengujian tahanan isolasi yang baik sesuai standart yang ditentukan, sehingga disimpulkan bahwa PMT BAY Arjawinangun 2 dalam keadaan baik dan aman untuk di operasikan.

Pada Penelitian yang berjudul “ Analisis Hasil Uji PMT 150 KV Pada Gardu Induk Cilegon Baru BAY KS 1” Oleh Didik Aribowo , Tahun 2018 Didapatkan bahwa Pengukuran keserempakan PMT perlu dilaksanakan pemantauan dengan berkala dan rutin, sebab bila PMT tidak berlangsung trik dengan simultan, dengan demikian hal semacam ini bisa mengakibatkan permasalahan dan bahkan akan terjadi suatu ledakan yang tidak diharapkan, dengan demikian umumnya pemutus tenaga diperlengkapi dengan sistem pelindung (proteksi, yaitu sejenis proteksi relai yang menyediakan order trip pada phasa PMT tersebut. Dalam pengujian keserempakan tersebut didapatkanlah open time dan juga closing time. Closing time didefinisikan sebagai waktu yang diperlukan PMT agar dapat melaksanakan penutupan pada kontak, sementara itu Opening time didefinisikan sebagai waktu yang diperlukan PMT guna melaksanakan pembukaan kontak.

Pada Penelitian yang berjudul “Pemeliharaan Pemutus Tenaga Gardu Induk 150 KV Krapyak. Oleh Lukas Santoro .Tahun 2012. Didapatkan bahwa maintenance terhadap pemutusan tenaga berbentuk suatu pemantauan (*monitoring*) dan dilaksanakan petugas operator pada gardu utamanya. Pemeliharaan atau maintenance terhadap pemutus tenaga berbentuk pengujian, pemeriksaan, pengukuran dan dilaksanakan petugas pemelihara tenaga tiap tahunnya.



Berdasarkan pada standari dari SPLN 50 – 1982 seperti yang dijelaskan dalam IEC 76 (1976) menjelaskan bahwa hasil dari pemeliharaan pemutus tenaga atau circuit breaker ialah Merk AEG Nomor Seri 3000 731/2 yang dianggap memiliki kelayakan untuk dipergunakan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Merujuk pada uraian penjelasan dari latar belakang yang sudah peneliti jelas tersebut di atas, dengan demikian dihasilkan berbagai rumusan masalah sebagaimana di bawah ini:

1. Bagaimana cara menguji Circuit Breaker menggunakan Breaker Analyzer dan Tan Delta ?
2. Bagaimana cara menganalisis perbandingan hasil pengujian Circuit Breaker menggunakan Breaker Analyzer dan Tan Delta ?
3. Bagaimana hasil komparasi nilai pengujian Circuit Breaker ?

## **1.3 Batasan Masalah**

Di dalam pelaksanaan penelitian ini, penulis melaksanakan pembatasan terhadap berbagai permasalahan sebagaimana di bawah ini:

1. Membangun sistem pengujian ini dilakukan dengan hanya membandingkan waktu proses masuknya PMT.
2. Sistem pengujian pada PMT menggunakan alat uji Breaker Analyzer
3. Sistem pengujian pada PMT menggunakan alat uji Tan Delta
4. Sistem pengujian pada PMT pada saat Maintenance / Pemeliharaan

## **1.4. Manfaat Penelitian**

Berikut ini ialah manfaat dari hasil dari pelaksanaan penelitian ini:

1. Bagi pihak Universitas, bisa memahami dan juga mengetahui informasi tentang penyebab terjadinya perbedaan proses masuk nya PMT dan memberikan pengetahuan tentang penggunaan alat uji .
2. Bagi pihak Perusahaan, dapat mengetahui secara cepat terhadap PMT yang mengalami breakdown atau adanya anomali dalam peralatan yang dikarenakan ketidaksesuaian standart proses masuknya PMT.
3. Bagi Mahasiswa dapat mengetahui indikator dalam proses penyaluran energi listrik dan pentingnya peralatan yang handal secara sistem

#### **1.5. Metode penelitian**

Berikut ini ialah metode penelitian yang dipergunakan ialah:

1. Melakukan pengujian terhadap PMT yang telah terdapat sebelumnya guna diperjadikan sebagai referensi dan juga acuan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Mengumpulkan data-data yang berkaitan dengan pemeliharaan dan pengujian PMT yang terkait untuk digunakan sebagai acuan untuk melakukan penganalisan pada aliran daya listrik.

#### **1.6. Sistematika Penulisan**

Penulisan tugas ahir ini di sajikan dengan sistematika sebagai berikut :

### **BAB 1 : PENDAHULUAN**

Pada bab ini akan mengawali penulisan dengan menguraikan latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan

penelitian, manfaat penelitian, metodologi serta sistematika penulisan.

## **BAB 2 : LANDASAN TEORI**

Pada bab ini di dapati memuat tentang penjelasan tentang teori, pengertian dan definisi yang berkaitan dengan pembahasan skripsi.

## **BAB 3 : METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini menjelaskan tentang metodologi penelitian pengambilan data-data yang di perlukan untuk proses pengujian dan berisi tentang waktu dan tempat penelitian, dan alat-alat yang digunakan.

## **BAB 4 : HASIL DAN PAMBAHASAN**

Pada bab ini akan menjelaskan hasil dan pembahasan dari analisa hasil pengujian .

## **BAB 5 : PENUTUP**

Berisi tentang kesimpulan yang telah di dapat dari hasil penelitian serta saran untuk penelitian selanjutnya.

## **DAFTAR PUSTAKA**

Berisi tentang sumber data atau referensi baik itu buku, jurnal, jurnal internasional, e-book, buku pegangan. Isinya berupa nama penulis, judul tulisan, penerbit, identitas penerbit, tahun terbit, dan lain sebagainya.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Pengertian Circuit Breaker**

Merujuk pada IEV (*International Electrotechnical Vocabulary*) 441-14-20 dijelaskan bahwa Pemutus Tenaga (PMT) ataupun Circuit Breaker (CB) didefinisikan sebagai serangkaian alat switching atau saklas mekanik yang dapat memutuskan, menutup dan juga mengalirkan arus beban di dalam keadaan yang normal dan dapat memutuskan, menutup dan juga mengalirkan arus beban di dalam keadaan gangguan atau abnormal sebagaimana dalam keadaan hubungan singkat atau short circuit.

Switchgear ialah suatu alat yang memiliki fungsi untuk memutuskan tenaga listrik atau yang didefinisikan dengan Circuit Breaker yang memiliki fungsi guna melepaskan atau menghubungkan beban pada jaringan listrik dan juga melindungi atau mengamankan suatu alat yang memiliki hubungan di dalam rangkaian beban jika ada permasalahan di dalam sistem yang sedang dilaksanakan pelayanan.

Oleh karena itu, sebuah switchgear wajib untuk dilengkapi dengan suatu peralatan sistem interlock atau rele proteksi yang dapat terbuka dengan otomatis pada waktu gangguan sedang berlangsung, dengan demikian kerusakan yang lebih parah bisa dihindarkan.

Switchgear pada power station atau unit pembangkit listrik pada umumnya berbentuk single busbar type / tipe busbar tunggal ataupun metal clad, yang mana pemutus tenaga (circuit breaker) diletakkan pada bilik yang tertutup yang disebut dengan cubicle. Circuit breaker yang ada pada cubicle tersebut wajib untuk bisa

dimasukkan atau dikeluarkan kembali, khususnya demi kebutuhan untuk menjaga maintenance.

Tegangan kerja yang ada pada switchgear tersebut bergantung dengan tegangan kerja peralatan bantu dan juga kapasitas unit pembangkitnya, biasanya tegangan kerja yang diperlukan ialah antara 3.3 kV sampai dengan 11 kV.

Berdasarkan pada uraian penjelasan tersebut di atas, dengan demikian switchgear memiliki fungsi sebagaimana di bawah ini:

Dalam keadaan yang normal

1. Memiliki fungsi untuk memperhubungkan rangkaian listrik
2. Memiliki fungsi untuk membaca parameter dari listrik
3. Memiliki fungsi untuk melaksanakan pengaturan dari penyaluran dari listrik
4. Memiliki fungsi untuk mengetahui parameter dari listrik

Dalam keadaan yang bermasalah atau gangguan

1. Memiliki fungsi untuk memutuskan rangkaian dari listrik
2. Memiliki fungsi untuk membacakan parameter dari listrik
3. Memiliki fungsi untuk memberikan pengamanan pada komponen yang ada pada rangkaian dari listrik

Circuit Breaker (CB) didefinisikan sebagai suatu peralatan listrik yang memiliki kegunaan guna melaksanakan perlindungan pada sistem dari tenaga listrik bilamana berlangsung suatu gangguan atau kesalahan yang terjadi di dalam sistem itu, berlangsungnya suatu kesalahan atau gangguan yang ada di dalam sistem tersebut akan menyebabkan beberapa dampak, misalnya dampak dinamisstability, dampak termis dan juga dampak magnetis.

Circuit breaker ialah suatu saklar listrik yang dapat dilaksanakan pengoperasionalan dengan otomasi yang didesain guna menjaga sirkuit listrik dari kerusakan yang diakibatkan kelebihan beban (korsleting) atau kelebihan arus. Circuit breaker terdiri dari kontak, arc extinguishing system, mekanisme operasi, tripper, dan body. Kegunaan utamanya ialah guna menghentikan aliran arus sesudah gangguan ditemukan. Ketika terjadi korsleting, medan magnet yang dihasilkan oleh arus tinggi melewati pegas reaksi, pelepasan menarik mekanisme operasi untuk bergerak, dan sakelar bergerak secara instan. Ketika kelebihan beban terjadi, elektro reologi lebih besar dan nilai kalor meningkat, dan lembaran bimetal berubah bentuk sampai batas tertentu untuk mendorong aksi mekanisme.

Kegunaan utama ialah sebagai peralatan yang dapat menutup ataupun membuka sebuah rangkaian listrik dalam keadaan memiliki beban dan juga menutup ataupun membuka pada waktu berlangsung suatu hubungan singkat atau arus gangguan yang ada pada peralatan lainnya ataupun pada jaringan.

Persyaratan yang wajib dilaksanakan pemenuhan oleh sebuah Circuit Breaker (CB) supaya mampu melaksanakan fungsi-fungsi tersebut di atas ialah sebagaimana di bawah ini:

1. Agar bisa melaksanakan penyaluran arus yang maksimum pada sistem dengan kontinuitas
2. Agar bisa melaksanakan pemutusan dan penutupan jaringan yang ada pada kondisi memiliki beban atau yang terhubung secara pendek tanpa menyebabkan terjadinya kerusakan terhadap pemutus tenaganya
3. Agar bisa melaksanakan penghubungan atau pemutusan singkat secara kecekapan yang tinggi supaya hubungan yang singkat tersebut tidak

menyebabkan kerusakan pada alat sistem tersebut, dengan demikian tidak menyebabkan sistem tersebut menjadi tidak stabil atau rusak

Tiap circuit breaker didesain berdasarkan pada fungsinya, terdapat berbagai permasalahan yang wajib untuk dipertimbangkan pada rancangan dari circuit breaker tersebut sebagaimana di bawah :

1. Tegangan efektif yang paling tinggi serta frekuensi dari daya jaringan, yang mana pemutus daya tersebut hendak dilaksanakan pemasangan. Nilai dari tegangan tersebut bergantung dengan jenis dari pentahapan pada titik dari netral sistem itu sendiri.
2. Supaya berfungsi secara optimal, maka continue yang hendak dilaksanakan pengaliran tersebut melalui pemutusan daya. Nilai dari arus ini bergantung epada arus maksimum dari sumberdaya dan juga arus optimum beban yang mana pemutus dari daya ini terpasangkan.
3. Arus dari hubung tersebut singkat yang hendak dilaksanakan pemutusan oleh pemutus dari daya itu.
4. Durasi paling maksimal dari arus hubungan yang singkat yang dapat terjadi, permasalahan ini memiliki keterkaitan hubungan dengan waktu dari pembukaan kontak yang diperlukan.
5. Jarak bebas yang ada antara bagian yang memiliki tegangan yang tinggi terhadap objek yang lainnya
6. Jarak rambat dari arus yang bocor yang ada pada isolator tersebut
7. Kekuatan dari dielektrik yang ada pada media dari isolator pada selakontak
8. Ketinggian lokasi dan juga iklim dari penempatan pada pemutus daya tersebut

Gambar 2.1 Berikut merupakan macam-macam Circuit Breaker :



**Gambar 2.1. Macam-macam Circuit Breaker**

## 2.2 Fungsi Bagian Utama CB

Ruangan dari pemutus tenaga memiliki beberapa fungsi sebagai suatu ruangan yang ada pada pemadam busur dari api, yang tersusun diantaranya ialah:

- a. Unit pemutus utama yang berfungsi sebagai pemutus utama.

Unit pemutus semacam berbentuk suatu ruang yang dikelilingi bagian yang luar oleh isolator yang ada pada porselen serta pada bagian dalam ada ruang udara, kontak yang ada diperlengkapi dengan kontak tetap dan juga pegas penekan yang memiliki fungsi sebagai yang menghubungkan yang berada pada isolator dari porselen tersebut.

- b. Unit pemutus pembantu yang berfungsi sebagai pemutus arus yang melalui tahanan.

Unit pemutus semacam berbentuk suatu ruang yang dikelilingi bagian yang luar oleh isolator yang ada pada porselen serta pada bagian dalam ada ruang udara, kontak yang ada diperlengkapi dengan kontak tetap dan juga pegas penekan yang memiliki fungsi sebagai yang menghubungkan yang berada pada isolator dari porselen tersebut.



c. Katup kelambatan

Katup kelambatan memiliki kegunaan untuk melaksanakan pengaturan yang ada pada udara yang memiliki tekanan yang berasal dari pemutus yang utama pada unit pemutus pembantu, dengan demikian kontak yang ada pada unit dari pemutus pembantu ini akan menjadi terbuka sekitar 25ms (micro detik) sesudah kontak tersebut yang ada pada pemutus utama tersebut terbuka. Katup dari kelambatan semacam ini berbentuk bejana yang memiliki bentuk silinder yang memiliki rongga yang berguna untuk ruangan udara serta ada tempat katup, rumah perapat, katup pengatur, katup penahan, dan ruang pengatur.

d. Tahanan.

Tahanan semacam ini dilaksanakan pemasangan secara parallel dengan unit sebagai pemutus udara, yang memiliki kegunaan sebagai:

1. Meminimalisir terjadinya peningkatan harga yang berasal dari tegangan pukuhnya
2. Meminimalisir terjadinya suatu arus pukulan untuk waktu pemutusannya

e. Kapasitor

Kapasitor dilaksanakan pemasangan secara parallel dengan tambahan tahanan; unit pemutus bantuan dan utama yang memiliki fungsi guna memperoleh pembagian berkenaan dengan tegangan yang sejenis terhap tiap celah dari kontak, dengan demikian kapasitas dari pemutusan yang ada di dalam tiap celah yang sama besar dan juga massanya.

f. Kontak-kontak

1. Unit Pemutus utama kontak beregerak dilaksanakan pelapisan dengan mempergunakan perak, tersusun berdasarkan pada;
  - a. Kepala Kontak Bergerak
  - b. Silinder Kontak
  - c. Jari – Jari Kontak
  - d. Batang Kontak
  - e. Pegangan Kontak Tetap
2. Unit Pemutus Pembantu , terdiri dari :
  - a. Kontak Bergerak
  - b. Kontak Tetap ( Kontak Teteap dan juga Jari-Jari Kontak)

### **2.3. Klasifikasi Circuit Breaker**

Pengklasifikasian dari pemutus dari tenaga (circuit breaker) ini terbagi ke dalam berbagai jenis, diantaranya ialah merujuk pada pegangan nominal atau rating, media isolasi, jumlah mekanik dari menggerakkan, dan juga proses dari pemadam yang ada pada busur api yang berjenis gasSF<sub>6</sub>.

#### **2.3.1 Berdasarkan Besar Atau Kelas Tegangan**

PMT bisa diklasifikasikan ke dalam beberapa kelas tegangan:

1. CB Low Voltage atau tegangan yang rendah, yang memiliki kisaran tegangan dari 0.1 sampai dengan 1kV (SPLN 1.1995- 3.3) .
2. CB Medium Voltage atau tegangan yang medium, yang memiliki kisaran tegangan dari 1 sampai dengan 35 kV (SPLN 1.1995 -3.4).
3. CB High Voltage atau tegangan tinggi, yang memiliki kisaran tegangan

dari 35 sampai dengan 245 kV ( SPLN 1.1995 – 3.5).

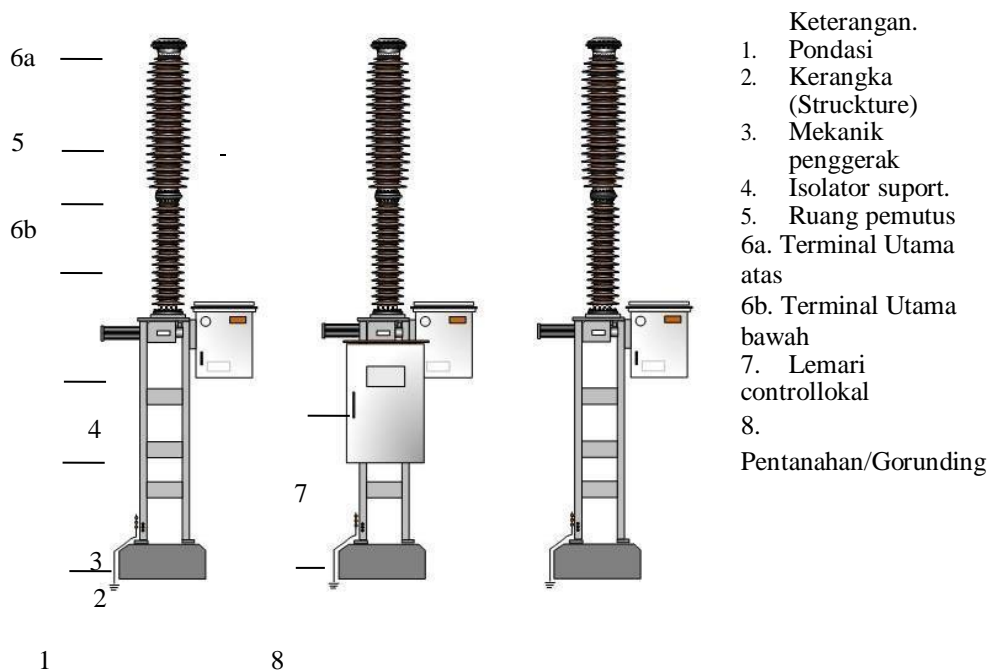
4. CB Extra High Voltage atau tegangan tinggi yang ekstrim, yang memiliki kisaran tegangan lebih tinggi dibanding pada 245 kVAC (SPLN 1.1995 – 3.6).

### 2.3.2 Berdasarkan jumlah mekanik penggerak / tripping coil

PMT dapat dibedakan menjadi :

#### 1. PMT Single Pole

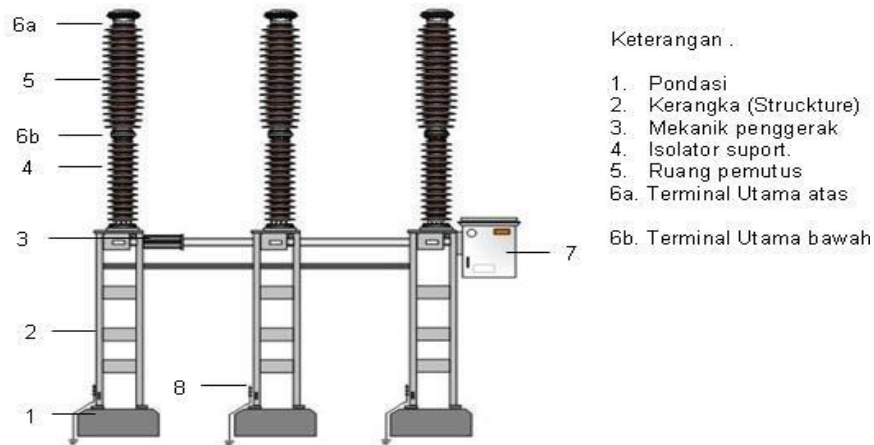
PMT tipe ini memiliki mekanisme yang menggerakkan yang terdapat pada tiap pole, biasanya PMT semaca ini dilaksanakan pemasangan pada bay yang dapat menghantarkan, supaya PMT dapat reclose untuk satu fase.



**Gambar 2.2. PMT Single Pole**

## 2. PMT ThreePole

Jenis PMT semacam ini memiliki mekanik penggerak yang tunggal pada tiga fase, yang memiliki kegunaan guna melaksanakan penghubungan satu fasa tertentu pada fasa yang lain yang diperlengkapai dengan kopel dari mekanik, jenis dari PMT semacam ini biasanya dilaksanakan pemasangan kepada PMT 20 kV, bay trafo dan bay kopel.



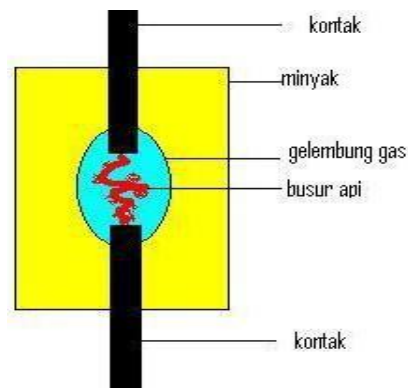
**Gambar-2.3. PMT Three Pole**

### 2.3.3 Berdasarkan media isolasi

#### 1. Pemutus Tenaga (PMT) Media Minyak.

Jenis dari sakelar PMT semacam ini bisa dipergunakan guna melaksanakan pemutusan yang ada pada arus dampai dengan pada 10kA dan juga serangkaian yang memiliki tenaga sampai dengan 500kV. Pada waktu kontak dilaksanakan pemisahan, busur dari api tersebut akan berlangsung di dalam minyak, dengan demikian minyak tersebut akan mengalami penguapan serta menyebabkan terjadinya gelombang gas yang memenuhi busur api, dikarenakan oleh panas api

yang diakibatkan oleh busur api tersebut, maka minyak tersebut akan terjadi suatu kejadian dekomposisi, serta menyebabkan gas hidrogen yang memiliki sifat penghambat untuk menghasilkan suatu pasangan ion. Dengan demikian, pemadaman yang ada pada busur api tersebut bergantung dengan pendinginan dan juga pemanjangan dari busur api serta juga bergantung terhadap jenis dari gas yang menghasilkan dekomposisi dari minyak, sebagaimana pada Gambar 2.4 di bawah ini



**Gambar 2.4. Proses Pemadaman Busur Api Media Minyak**

Gas yang ada yang disebabkan terjadinya dekomposisi dari minyak tersebut menyebabkan tekanan pada minyak, dengan demikian minyak tersebut menjadi dorongan ke bawah melewati leher dari bilik tersebut. Pada leher bilik tersebut, minyak ini melaksanakan kontak yang intens terhadap api yang ada pada busur. Kejadian semacam ini akan menyebabkan busur api menjadi dingin, menghambat proses dekomposisi serta membuat jauh partikel yang memiliki muatan yang ada pada lintasan dari busur api tersebut. Minyak yang ada pada kontak tersebut menjadi reaktif hingga menyebabkan arus menjadi terputus. Kekurangannya ialah bahwa minyak tersebut dapat terbakar dengan mudah serta kekentalan dari

minyak tersebut menjadikan pemisahan kontak tersebut melambat, dengan demikian tidak sesuai pada sistem yang memerlukan pemutusan yang cepat dari arus tersebut.



**Gambar 2.5. Oil Circuit Breaker**

Sakelar dari PMT minyak ini terklasifikasikan ke dalam dua jenis, diantaranya ialah sebagaimana di bawah ini:

1. Sakelar dari PMT yang mempergunakan banyak minyak (Bulk Oil Circuit Breaker), dalam jenis semacam ini, minyak memiliki fungsi untuk melaksanakan peredaman loncatan bunga dari api listrik untuk berlangsungnya pemutusan kontak serta berguna sebagai yang mengisolasi antara badan dengan bagian yang memiliki tegangan, jenis dari PMT semacam ini juga diperlengkapi oleh alat pembatas busur dari api listrik.
2. Sakelar dari PMT yang mempergunakan sedikit minyak (Low oil Content Circuit Breaker), pada jenis semacam ini, minyak digunakan untuk sakelar yang memiliki kegunaan untuk melaksanakan peredaman loncatan bunga yang ada pada api listrik, sementara itu untuk bahan yang

berguna untuk mengisolasi dari bagian yang memiliki tegangan dipergunakan suatu material isolasi ataupun porselen yang berjenis organic.

Kekurangan dari pemutus daya minyak semacam ini ialah sebagaimana di bawah ini:

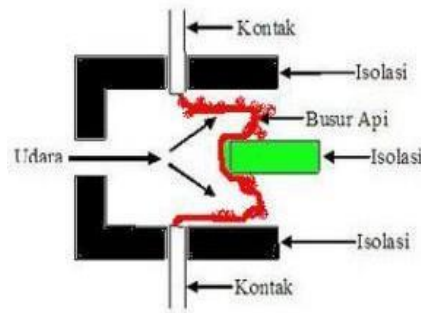
1. Minyak akan terbakar dengan mudah serta bilamana terdapat tekanan bisa meledak
2. Kekentalan dari minyak tersebut akan membuat lambat proses pemisahan kontak, dengan demikian tidak sesuai untuk dipergunakan sebagai sistem yang memerlukan pemutusan arus yang sangat cepat.
3. Hubungan interaksi dari minyak dengan busur api menyebabkan terdapatnya gas hidrogen dan karbonisasi. Bilamana karbonisasi terjadi begitu lama akan berlangsung suatu endapan yang ada pada karbon serta bilamana gas dari hidrogen tersebut tercapur pada udara, dengan demikian akan menyebabkan campuran eksplosif.
4. Minyak mengalami suatu degradasi bilamana tercampur dengan karbon dan juga air, dengan demikian memerlukan pemeriksaan secara berkala pada sifat dari kimia minyak serta elektrik.

## 2. PMT Media Udara Hembus (Air Blast CircuitBreaker)

Sakelar PMT semacam ini bisa dipergunakan guna melaksanakan pemutusan dari arus sampai dengan 40kA serta dalam rangkaian yang memiliki tegangan sampai dengan 765kV. PMT udara hembus didesain guna menyelesaikan permasalahan kurang yang ada dalam PMT minyak, yakni

dengan menciptakan media isolator kontak yang berbahan dasar yang tidak mengalami pemisahan kontak dan juga tidak dengan mudah terbakar, dengan demikian pemisahan dari kontak tersebut bisa dilakukan dengan tempot yang singkat.

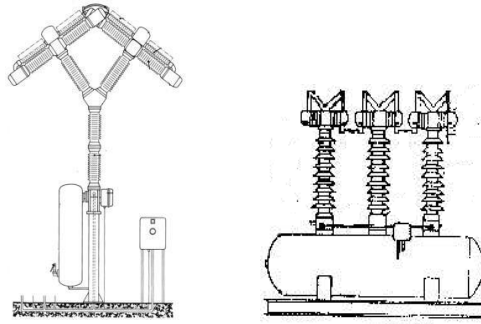
Pada waktu busur api tersebut muncul, dengan demikian udara yang memiliki tekanan yang tinggi akan terhembus menuju busur api yang akan terpadamkan karena hembusan dari udara tersebut memiliki tekanan yang tinggi serta menghilangkan partikel yang memiliki muatan sela kontak, udara tersebut juga memiliki kegunaan guna menghindari tegangan pukul ulang (*restriking voltage*).



**Gambar 2.6 Proses Pemadaman Busur Api Media Air Blast**

Kontak pemutus tersebut diletakkan di dalam suatu isolator serta katup dari hembusan udara. Di dalam sakelar PMT yang memiliki kapasitas yang kecil, isolator semacam ini ialah ada pada PMT, namun dengan kapasitas yang tidak besar.





**Gambar 2.7. Air Blast Circuit Breaker**

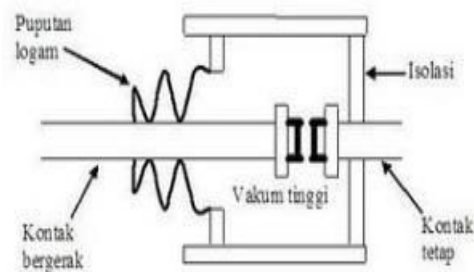
### 3. PMT Media Vakum (Vacuum Circuit Breaker)

Sakelar PMT semacam ini bisa dipergunakan guna melaksanakan pemutusan pada rangkaian yang memiliki tegangan 38kV. Ruang yang hampa udara yang ada di dalam Circuit Breaker semacam ini memiliki kekuatan dielektrik yang besar serta dipergunakan sebagai alat untuk memadamkan busur api yang bagus.

Vacuum circuit breaker kontak diletakkan di dalam sebuah bilik vacuum. Guna menghindari udara yang masuk menuju bilik tersebut, dengan demikian bilik tersebut wajib untuk dilaksanakan penutupan secara rapat serta kontak yang bergerak dilaksanakan pengikatan secara erat terhadap perapat dari logam tersebut.

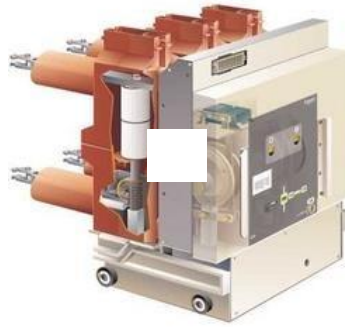
Bilaman kontak tersebut dilaksanakan pembukaan, dengan demikian yang ada pada kotoda kontak tersebut berlangsung suatu emisi termis serta medan tegangan yang besar yang menghasilkan electron yang bebas. Electron yang berasal dari hasil emisi ini mengalami pergerakan ke anoda, electron bebas ini tidak berjumpa pada molekul udara, dengan demikian tidak berlangsung suatu kejadian ionisasi. Sebagai hasilnya, tidak terdapat bertambahnya electron bebas

yang memulai membentuknya busur api. Oleh karena itu, busur api ini bisa dimatikan. Ruang dari kontak yang utama didesain dengan mempergunakan beberapa bahan, diantaranya ialah plat baja kedap udara, porcelain dan juga kaca. Ruang kontak utama tidak bisa dijaga serta umur dari kontak utama tersebut berkisar antara 20 tahun. Dikarenakan kapasitas dari ketegangan dilaksanakan pengelektrian yang sangat besar, dengan demikian bentuk dari fisik PMT yang berjenis semacam ini pada umumnya kecil.



**Gambar 2.8. Proses Pemadaman Busur Api Media Vacum**

Prinsip kerja dari busur api ini memiliki perbedaan dengan prinsip dasar dari busur yang lainnya, sebab tidak ada gas yang bisa melaksanakan ionisasi, jika kontak tersebut membuka, pada kontak pemutus tersebut dilaksanakan pembukaan di dalam ruang yang hampa, dengan demikian akan menyebabkan suatu percikan dari busur api, ion dan electron pada waktu melepasnya, meskipun hanya untuk sementara waktu, dengan demikian bisa dilaksanakan peredaman secara singkat yang disebabkan oleh ion, percikan dari busur api dan juga electron yang dimunculkan pada waktu proses pemutusan maka akan mengembun sesegera mungkin, di dalam ruang yang hampa, kapasitasnya hanya sekedar 30kV pada tengangan yang tinggi dari ini hanya bisa bila dipasang secara seri.



**Gambar 2.9 Vacuum Circuit Breaker**

Kelebihan kelebihan pemutus daya vacuum antara lain adalah:

1. Pembentukannya tahan lama, kompak dan juga handal
2. Tidak menyebabkan potensi terjadinya kebakaran
3. Pada waktu dioperasikan, tidak menghasilkan gas
4. Bisa membuat terputus arus hubungan yang singkat dengan tinggi
5. Penjagannya yang murah dan juga mudah
6. Dapat melaksanakan penahanan tegangan untuk impuls dari petir
7. Energi yang diperlukan oleh busur api tersebut rendah

#### 5. PMT Media Gas SF<sub>6</sub> (SF<sub>6</sub> Circuit Breaker)

Sakelar PMT semacam ini bisa dipergunakan guna melaksanakan pemutusan sampai dengan 40kA untuk rangkaian yang memiliki tegangan sampai dengan 765kV. Media gas yang dipergunakan untuk tipe semacam ini ialah gas SF<sub>6</sub> (*Sulphur hexafluoride*).

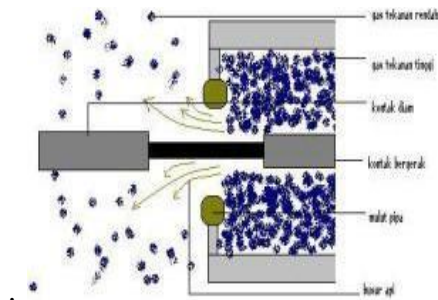
Sifat dari gas SF<sub>6</sub> murni ialah tidak mudah terbakar, tidak beracun, tidak berbau dan tidak berwarna. Untuk suhu yang berada di atas 150°C, gas dari SF<sub>6</sub> murni ini sifatnya tidak menghancurkan plastic, metal dan lain sebagainya yang pada biasanya dipergunakan dalam melaksanakan pemutusan tenaga yang

memiliki tegangan yang tinggi. Untuk isolasi listrik ini, gas SF<sub>6</sub> memiliki kekuatan dielektrik yang besar, yakni (2,35 kali udara), serta kekuatan dielektrik ini ditambahkan dengan pertambahan yang ada pada tekanan. Sifat lain yang ada pada gas SF<sub>6</sub> ini adalah dapat membalikkan kekuatan dielektrik secara cepat, tidak berlangsung karbonisasi selama berlangsungnya busur api serta tidak menghasilkan bunyi pada waktu pelaksanaan pembukaan atau penutupan tenaga.



**Gambar 2.10. SF<sub>6</sub> Gas Circuit Breaker**

Pada waktu pelaksanaan pengisian, gas dari SF<sub>6</sub> ini akan mengalami pendinginan bilamana keluar dari tangki untuk penyimpanan, serta akan mengalami pemanasan lagi bilamana dilaksanakan pemompaan untuk mengisi bagian ruang dari pemutus tenaga. Dengan demikian, gas dari SF<sub>6</sub> ini wajib untuk dilaksanakan pengaturan ulang terhadap tekanan selama beberapa jam sesudah dilaksanakan pengisian, pada waktu gas dari SF<sub>6</sub> ini ada pada suhu di lingkungan tersebut.



**Gambar 2.11 Proses pemadaman busur api pada SF<sub>6</sub>**

Gas SF<sub>6</sub> untuk perantara dari pemadam busur api untuk memutuskan daya ini dipilih dikarenakan mempunyai berbagai keunggulan, diantaranya ialah sebagaimana di bawah ini:

- Sifat kimia yang stabil, tidak gampang terbakar, tidak menyebabkan korosi yang ada pada berlogam, tidak berbau, tidak beracun dan juga tidak berwarna.
- Gas SF<sub>6</sub> ini bersifat elektronegatif, yakni memiliki sifat molekul yang aktif dalam melaksanakan penangkapan elektron bebas, dengan demikian molekul netral mengalami perubahan jadi ion negative. Sifat semacam ini yang menyebabkan SF<sub>6</sub> mempunyai kekuatan dielektrik yang besar. Sifat elektronegatif dari gas SF<sub>6</sub> ini membuat proses pemulihan dari kekuatan dielektrik medium pada sela kontak menjadi cepat, dengan demikian proses untuk memadamkan busur api terjadi dengan cepat.
- Dalam keadaan yang sama, kekuatan dielektrik yang ada ada gas SF<sub>6</sub> ini menjadi dua kali atau tiga kali lipat dibandingkan pada kekuatan didelektrik yang ada pada udara, bahkan untuk kondisi dari tekanan yang hampir sama pada minyak. Sifat semacam ini menyebabkan pemutusan daya dari gas SF<sub>6</sub> menjadi efektif untuk dipergunakan untuk sistem

tegangan yang besar serta dapat melaksanakan pemutusan arus yang sangat tinggi.

- Bilamana gas SF<sub>6</sub> ini mengalami kontaminasi dengan tanah, maka kekuatan dari elektrik tidak terjadi perubahan yang besar
- Kemampuan hantar panas yang ada pada gas SF<sub>6</sub> ini tidak lebih bagus dibandingkan pada udara, dengan demikian bisa dipergunakan guna mendinginkan proses konveksi.
- Hubungan interaksi antara gas SF<sub>6</sub> dengan busur api tidak menyebabkan terjadinya endapan karbon
- Ongkos untuk merawat yang tidak mahal
- Kontruksi dari pemutus daya dari SF<sub>6</sub> ringan dan sederhana, dengan demikian ongkos untuk pemroduksian pondasi juga tidak mahal

#### **2.3.4 Berdasarkan proses pemadaman busur api**

PMT SF<sub>6</sub> dapat dibagi dalam 2 (dua) jenis yaitu :

##### **1. PMT Jenis Tekanan Tunggal ( Single Pressure Type )**

PMT berisi gas SF<sub>6</sub> yang memiliki tekanan berkisar antara 5kg/cm, selama berlangsungnya proses dari pemisahan kontak, gas SF<sub>6</sub> ini dilaksanakan penekanan (peristiwa thermal over pressure) menuju pada cylinder / tabung yang ada pada kontak tersebut mengalami pergerakan pada waktu berlangsungnya pemutusan, gas dari SF<sub>6</sub> ini dilaksanakan penekanan melewati nozzle yang menyebabkan suatu tenaga tiupan atau hembusan yang disebut dengan istilah busur api.

##### **2. PMT Jenis Tekanan Ganda ( Double PressureType )**

PMT ini berisikan dengan SF<sub>6</sub> yang memiliki sistem tekanan yang sangat tinggi, taksirannya ialah 12kg/cm serta sistem yang memiliki tekanan rendah berkisar antara 2kg/cm, saat melaksanakan pemutusan busur api dari gas SF<sub>6</sub> dari sistem yang memiliki tekanan tinggi ini dilaksanakan pengaliran melewati nozzle pada sistem yang memiliki tekanan rendah. Gas yang ada di dalam sistem yang memiliki tekanan rendah lalu dilaksanakan pemompaan ulang ke sistem yang memiliki tekanan yang tinggi, sekarang ini PMT SF<sub>6</sub> yang bertipe ini telah tidak dilaksanakan pemroduksian ulang.

## **2.4. Sistem Penggerak**

Sistem penggerak memiliki fungsi untuk melaksanakan penggerakan kontak gerak atau yang dikenal dengan istilah moving contact guna melaksanakan penutupan ataupun pemutusan PMT. Ada berbagai jenis dari sistem dari penggerak ini di dalam PMT. Berikut ini diantaranya:

### **2.4.1 Penggerak Pegas (Spring Drive)**

Mekanik penggerak untuk PMT dengan mempergunakan spring atau pegas yang tersusun dari dua jenis, diantaranya ialah:

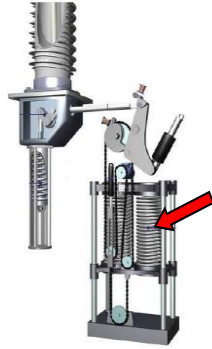
#### **1. Pegas pilin ( helical spring)**

PMT sejenis ini mempergunakan pegas pilin atau helical spring yang berfungsi sebagai sumber tenaga untuk menggerakkan yang diregangkan atau ditarik oleh oleh motor dengan mempergunakan rantai.

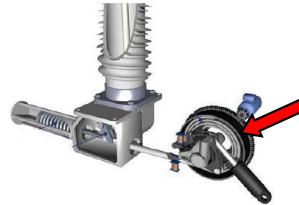
#### **2. Pegas gulung ( scroll spring)**

PMT sejenis ini mempergunakan pegas gulung atau scroll spring yang berfungsi sebagai sumber tenaga yang menggerakkan dengan cara dilaksanakan pemutaran

dengan menggunakan motor dengan roda gigi.



Gambar 2.12.  
Sistem Pegas Pilin (Helical)



Gambar 2.13.  
Sistem Pegas Gulung (Scroll)

#### 2.4.2 Penggerak Hidrolik

Penggerak mekanik dari PMT hidrolik ialah serangkaian penggabungan yang berasal dari berbagai hidrolik oil, komponen mekanik dan juga elektrik yang dilaksanakan perangkaian dengan rupa tertentu, dengan demikian bisa berguna untuk menggerakkan untuk penutupan atau pembukaan PMT.

Dalam keadaan PMT yang keluar atau membuka, sistem dari hidrolik yang memiliki tekanan yang tinggi akan tetap berada dalam keadaan sebagaimana disajikan di dalam gambar diagram, yang mana bahwa minyak hidrolik yang memiliki tekanan yang rendah atau berwarna biru yang memiliki tekanan yang sama pada tekanan atmosfer serta berwarna merah yang memiliki tekanan tinggi sampai dengan 360 bar.

#### 2.4.3 Penggerak Pneumatic

Penggerak mekanik dari PMT pneumatic ialah suatu serangkaian



penggabungan yang bersumber dari berbagai udara, komponen mekanik dan juga elektrik yang memiliki tekanan yang dilaksanakan perangkaian dengan bentuk tertentu, dengan demikian bisa berguna untuk menggerakkan penutupan dan juga pembukaan untuk PMT.

#### **2.4.4 SF6 Gas Dynamic**

PMT yang berjenis ini mempergunakan media tekanan gas SF<sub>6</sub> yang memiliki kegunaan ganda, selain sebagai media penggerak juga dipergunakan untuk pemadam tekanan dari gas. Tiap PMT terdiri dari tiga identik dari pole, yang mana tiap identik pole tersebut ialah unit yang sangat komplis, yang berasal dari power actuator, interrupter dan juga isolator tumpu yang dilaksanakan pergerakan dengan mempergunakan gas SF<sub>6</sub> untuk tiap pole yang ada pada cycle yang tertutup.

Energi yang diperlukan dalam melaksanakan pergerakan kontak utama karena terdapatnya perbedaan dari gas tekanan dari SF<sub>6</sub> yang diantaranya ialah:

- a. Volume yang dikonstruksikan di dalam isolator tumpu serta Interrupter
- b. Volume dalam enclosure mekanik penggerak

#### **2.5 Pedoman Pemeliharaan**

Merujuk pada fungsi serta keadaan dari peralatan yang memiliki tegangan ataupun tidak, jenis dari pemeliharaan yang ada di dalam pemutus tersebut bisa diklasifikasikan ke dalam kelompok sebagaimana di bawah ini:

1. In Service / Visual Inspection
2. In Service Measurement / On Line Monitoring

3. Shutdown Measurement / Shutdown Function Check
4. Overhaul
5. Pasca relokasi / Pasca Gangguan

In Service Inspection, In Service Measurement/On Line Monitoring, Shutdown Measurement / Shutdown Function Check dan Overhaul seperti yang dimaksudkan di dalam poin 1 sampai 4 tersebut ialah bagian dari uraian aktivitas dari pemeliharaan yang termaktub di dalam review SE.032/PST/1984 dan Suplemennya.

Hal yang ditinjau dari SE.032/PST/1984 diantaranya ialah bahwa perubahan periode untuk pemeliharaan untuk satu tahun jadi dua tahun serta penyesuaian terhadap item aktivitas dari pengujian ataupun pemeriksaan yang merujuk pada analisis efek dari modus gangguan untuk tiap komponen dari peralatan itu sendiri.

### **2.5.1 In Service Inspection**

In Service Inspection didefinisikan sebagai pemeriksaan atau inspeksi yang ada pada alat yang dipergunakan pada alat yang memiliki tegangan atau yang sedang bekerja (on-line), dengan mempergunakan lima indera serta metering dengan sederhana, untuk periode yang ditentukan, misalnya tahunan, bulanan, mingguan dan juga harian.

Inspeksi semacam ini dipergunakan guna memantau dan mengetahui keadaan dari pelatan dengan mempergunakan peralatan pengukuran yang umum atau sederhana, misalnya ialah thermo gun yang dilakukan oleh asisten supervisor atau petugas operator yang berada di dalam gardu induk (untuk Tragi/UPT PLN

P3B Sumatera/Wilayah) atau supervisor / petugas pemeliharaan untuk gardu induk (untuk UPT/Region PLN P3B JB).

### **2.5.2 Pemeriksaan Harian**

Berdasarkan FMEA/FMECA dan Inspeksi Level-1, meliputi :

1. Pemantauan terhadap kopel penggerak (khusus 3 *pole*)
2. Pemantauan terhadap keadaan kesiapan dari pegas
3. Keserasian antara penunjuk yang ada pada indikator pegas
4. Pemantauan dan juga penunjukkan yang ada pada tekanan hidrolis
5. Pemantauan dan juga penunjukkan yang ada pada counter kerja pompa
6. Pemantauan dan juga penunjukkan yang ada pada level minyak (hidrolis)
7. Pemantauan dan juga penunjukkan untuk sambungan / katup / pipa (hidrolis)
8. Pemantauan dan juga penunjukkan yang ada pada tekanan udara (pneumatik)
9. Pemantauan dan juga penunjukkan yang ada pada counter kerja pompa kompresor
10. Pemantauan yang ada pada level minyak kompresor
11. Pemantauan yang ada pada sambungan / katup / pipa (pneumatik)
12. Pemantauan dan juga penunjukkan yang ada pada tekanan gas SF6
13. Pemantauan pada manometer warna - tekanan gas SF6
14. Pemantauan pada instalasi gas SF6
15. Pemantauan dan juga penunjukkan yang ada pada level minyak (*bulk oil*)
16. Pemantauan dan juga penunjukkan yang ada pada tekanan N2

17. Pemantauan dan juga penunjukkan yang ada pada level minyak bushing (bulk oil)
18. Pemantauan dan juga penunjukkan yang ada pada sambungan / katup (valve) minyak
19. Pemantauan dan juga penunjukkan yang ada pada tekanan udara (air blast)
20. Pemantauan dan juga penunjukkan yang ada pada instalasi air blast

### **2.5.3 In Service Measurement / On Line Monitoring**

In Service Measurement / On Line Monitoring didefinisikan sebagai suatu pengukuran yang dilaksanakan untuk periode waktu yang tertentu yang ada dalam kondisi dari peralatan tersebut memiliki tegangan (On Line).

Pemantauan dan juga pengukuran dilaksanakan guna memantau dan mengukur keadaan dari peralatan dengan alat pengukuran yang disebut dengan Thermal Image thermovision yang dilaksanakan oleh petugas yang memelihara.

### **2.5.4 Pengukuran Keserempakan (Breaker Analyzer)**

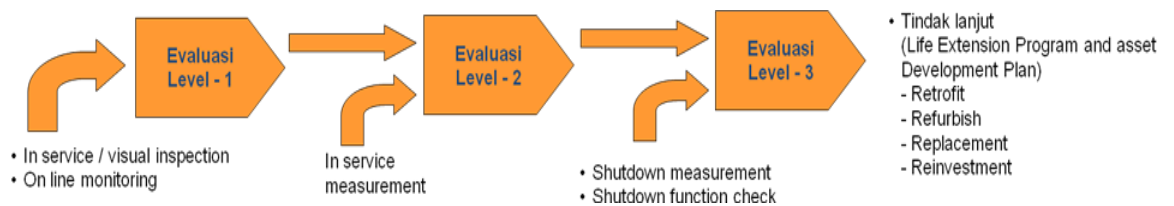
Orientasi dari pengukuran keserempakan dari PMT ialah guna memahami waktu kinerja dari PMT secara parsial serta memahami PMT secara serempak pada waktu melaksanakan pembukaan dan juga penutupan.

Merujuk pada mekanisme dari penggerak tersebut, dengan demikian PMT bisa didiferensiasikan dengan berdasarkan pada jenis dari penggerak PMT tiga fasa atau three pole dan juga penggerak PMT satu fasa atau single pole. Untuk T/L Bay biasanya PMT menggunakan jenis singlepole 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 singlepole 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.

## 2.6 Evaluasi Hasil Pemeliharaan



**Gambar 2.14 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.

## **2.7 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 diketemukan suatu nilai batasan pada manual dari pabrikan PMT tersebut.

### **2.7.1 Pengukuran / 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 :

- 500 kV ≤ 90 mili detik
- 275 kV ≤ 100 mili detik
- 150 kV ≤ 120 mili detik
- 70 kV ≤ 150 mili detik

Fault clearing time pengaman cadangan adalah 500 mili detik.

Kecepatan kontak PMT membuka dan atau menutup harus disesuaikan dengan referensi / acuan dari masing – masing pabrikan PMT (dikarenakan nilai ini dapat berbeda antar merk).

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  $\Delta t$  yang merupakan selisih waktu tertinggi dan terendah antar fasa R, S, dan T. Rekomendasi berdasarkan referensi dari pabrikan ALSTHOM untuk nilai  $\Delta t$  adalah  $< 10$  ms.

$$\Delta t = t_{maks} - t_{min} \dots\dots\dots(3.1)$$

**Dimana ;**

$\Delta t$  = Selisih waktu

$t_{maks}$  = Waktu tertinggi

$t_{min}$  = Waktu terendah

**2.8 Mekanisme Kerja *Circuit Breaker* (CB)**

Pemutus tenaga mempunyai dua posisi kerja, membuka dan menutup. Selama operasi penutupan, kontak-kontak penutup menutup melawan gaya-gaya saling berlawanan. Selama operasi pembukaan, kontak-kontak tertutup terpisah sedini mungkin.

Mekanisme kerja pemutus tenaga harus melakukan gaya-gaya yang besar pada kecepatan yang tinggi. Waktu operasi antara saat penerimaan sinyal trip dan akhir pemisahan kontak dalam orde 0,03 detik (1,5 cycle) dalam pemutus tegangan tinggi. Pada pemutus lambat yang digunakan dalam sistem distribusi, waktu ini sekitar 3 siklus. Ketika menutup, penutupan kontak harus cepat dengan tekanan kontak yang tepat pada akhir perjalanan kontak. Jika kondisi ini tidak terpenuhi, pengelasan kontak dapat terjadi. Mekanisme harus mampu memberikan tugas khusus pemutus tenaga, kerja pembukaan dan penutupan.

Secara normal, penutupan kontak-kontak pemutus tenaga dalam kondisi normal tidak menimbulkan persoalan. Mekanisme kerja harus mampu mengatasi gesekan dan mempercepat kontak gerak. Tetapi ketika pemutus tenaga menutup pada kondisi hubung singkat gaya elektromagnetik akan terlibat. Kapasitas penutupan pemutus tenaga tergantung atas gaya dan kecepatan pada waktu operasi penutupan dilakukan.

#### 1.. Pembukaan Jaringan

- a. PMT dioperasikan (dilepas) lebih dahulu, baru kemudian pemisah pemisahannya
- b. Sebelum pemisah dikeluarkan/dioperasikan harus diperiksa apakah PMT sudah terbuka sempurna, apakah amperemeter menunjukkan nol. Urutan pembukaan jaringan :

##### 1. PMT dibuka



2. PMS Bus dibuka
3. PMS Line dibuka
4. PMS Ground ditutup

Dalam operasi pembukaan, energi yang diperlukan untuk pembukaan dapat diperoleh dari salah satu metode tersebut :

1. Pegas yang terbuka
  2. Minyak hidrolik tekanan tinggi yang tersimpan dalam akumulator.
  3. Udara kompresif tekanan tinggi yang dalam penerima udara.
2. Penutupan Jaringan
- a. PMT dioperasikan setelah pemisah-pemisahnya dimasukkan
  - b. Setelah PMT dimasukkan/dihubungkan diperiksa apakah terjadi kebocoran isolasi pada PMT. Urutan penutupan jaringan :

1. PMS Ground dibuka
2. PMS Bus ditutup
3. PMS Line ditutup
4. PMT ditutup

## **2.9 Tangen Delta**

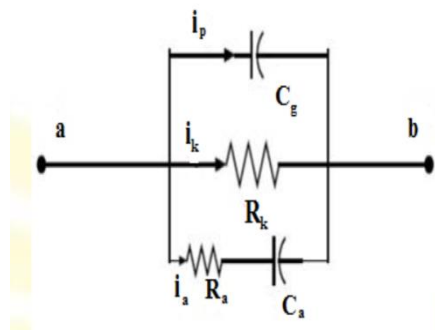
Tangen delta atau faktor rugi-rugi dielektrik merupakan pengujian yang dilakukan pada sistem isolasi transformator dengan tujuan untuk mengetahui kualitas isolasi atau kerugian dielektrik dalam sistem isolasi transformator. Isolasi yang baik akan bersifat kapasitif, tegangan dan arus fasa bergeser 90° dan arus yang melewati isolasi berupa kapasitif.

Jika dielektrik dikenai medan elektrik, maka elektron-elektron akan mengalami gaya yang arahnya berlawanan dengan arah medan elektrik sedang inti

atom yang bermuatan positif akan mengalami gaya searah dengan arah medanelektrik. Gaya ini akan memindahkan elektron dari posisinya semula, sehingga molekul-molekul berubah menjadi dipol-dipol yang letaknya sejajar dengan medan elektrik. Jika medan elektrik berubah arah, maka gaya pada muatanmuatan dipol akan berubah arah membuat dipol berputar 180o .

Ketika molekul-molekul yang terpolarisasi ini berubah posisi, maka terjadilah gesekan antar molekul. Jika medan elektrik berulang-ulang berubah arah, maka gesekan antar molekul juga akan berulang-ulang. Gesekan yang berulangulang ini akan menimbulkan panas pada dielektrik, dan panas inilah yang disebut dengan rugi-rugi dielektrik. Rugi-rugi dielektrik terjadi jika terdapat perubahan arah medan elektrik yang berulangulang. Oleh karena itu, rugi-rugi dielektrik hanya terjadi pada medan elektrik bolak-balik, yaitu medan yang ditimbulkan oleh tegangan bolakbalik, sehingga frekuensi gesekan antar molekul meningkat. Akibatnya rugi-rugi dielektrik yang dihasilkan semakin besar. Namun jika frekuensi yang diperoleh sangat tinggi, maka perubahan posisi dipol hanya sedikit, karena molekul harus segera kembali ke posisi semula

Tegangan yang diterapkan pada suatu bahan isolasi menimbulkan tiga komponen arus, yaitu pengisian, arus absorpsi dan arus konduksi.Oleh karena itu rangkaian listrik ekuivalen harus menampilkan adanya ketiga komponen arus ini.Pendekatan berupa rumus yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada



**Gambar 2.15 Rangkaian listrik ekuivalen bahan isolasi**

Keterangan :

$C_g$  = Kapasitansi geometris

$R_k$  = Resistansi bahan isolasi

$R_a$  = Resistansi arus absorpsi

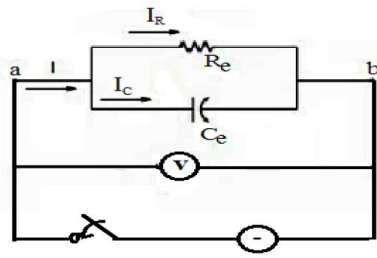
$C_a$  = Kapasitansi arus absorpsi

$I_p$  = Arus pengisian

$I_a$  = Arus absorpsi

$I_k$  = Arus konduksi.

Parameter pada Gambar 2.15 terdiri dari kapasitor dan resistor. Karena itu, impedansi ekuivalen dari semua parameter tersebut pada tegangan bolak-balik bersifat kaasitif. Sehingga rangkaian pada Gambar 1 dapat disederhanakan menjadi seperti gambar 2.16 Jika terminal a-b rangkaian dihubungkan ke sumber tegangan bolak-balik, maka arus pada tiap komponen adalah sebagai berikut;



**Gambar 2.16 Rangkaian ekuivalen yang disederhanakan**

Dari gambar 2.16 kita peroleh persamaan 3.2 dan 3.3 yakni :

$$I_R = \frac{V}{R_e} \dots\dots\dots 3.2$$

$$I_C = \omega C_e V \dots\dots\dots 3.3$$

Keterangan :

$I_R$  = arus resistif (Ampere);

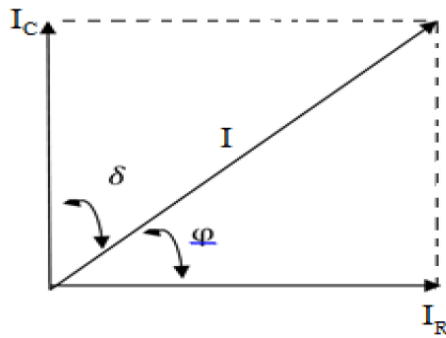
$V$  = tegangan (Volt);

$I_C$  = arus kapasitif (Ampere);

$R_e$  = resistansi (ohm);

$C_e$  = kapasitansi (Farad).

Untuk arus total  $I$ , yaitu arus yang diberikan sumber tegangan pada rangkaian adalah jumlah vektori kedua komponen arus di atas, yaitu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.17



Gambar 2.17 Komponen arus menurut rangkaian Gambar 2.16

Maka didapat persamaan 3.4 .

$$\sqrt{I_R^2 + I_C^2} \dots\dots\dots 3.4$$

Arus IR menimbulkan rugi-rugi daya  $P_d$  pada resistor  $R_e$ . Rugi-rugi ini disebut rugi-rugi dielektrik. Rugi-rugi dielektrik ini adalah perkalian antara V dengan IR atau seperti pada persamaan 3.5 .

$$P_d = VI_R = VI \cos \varphi = VI \sin \delta \dots\dots\dots 3.5$$

Menurut Gambar 2.17 ,  $\cos \delta = I_C/I$  , sehingga arus sumber dapat dituliskan pada persamaan 3.6 .

$$I = \frac{I_C}{\cos \delta} \dots\dots\dots 3.6$$

Kemudian Substitusi dari Persamaan 3.3 dengan Persamaan 3.5 menghasilkan :

$$I = \frac{\omega C e V}{\cos \delta} \dots\dots\dots 3.7$$

Rugi-rugi dielektrik tergantung pada frekuensi tegangan sumber. Oleh karena itu, rugi-rugi dielektrik tidak terjadi pada bahan isolasi yang dihubungkan ke sumber tegangan searah. Rugi-rugi dielektrik sebanding dengan faktor rugi-rugi dielektrik ( $\tan \delta$ ), faktor yang tergantung pada jenis bahan isolasi. Jika  $\tan \delta$  suatu bahan isolasi besar, maka rugi-rugi dielektrik bahan isolasi tersebut akan besar. Untuk standar pengujian tahanan delta transformator yang baik menurut *ANSI C 57.12.90* terdapat pada tabel 2.1

**Tabel . 2.1 Standar uji  $\tan \delta$  transformator**

<i>&lt; 0,5 %</i>	<b>Baik</b>
<i>&gt; 0,5% but &lt; 0,7%</i>	<b>Kualitas Isolasi Menurun</b>
<i>&gt; 0,5% but &lt; 1,0% &amp; increasing</i>	<b>Perbaikan Transformator</b>
<i>Greater than 1.0%</i>	<b>Buruk</b>

Untuk menginterpretasikan hasil uji sesuai standar *ANSI C 57.12.90* adalah sebagai berikut :

- Kurang dari 0,5% → baik
- 0,5% s/d 0,7% → kualitas isolasi memburuk  
atau menurun
- 0,5 s/d 1,0% → investigasi

## BAB III

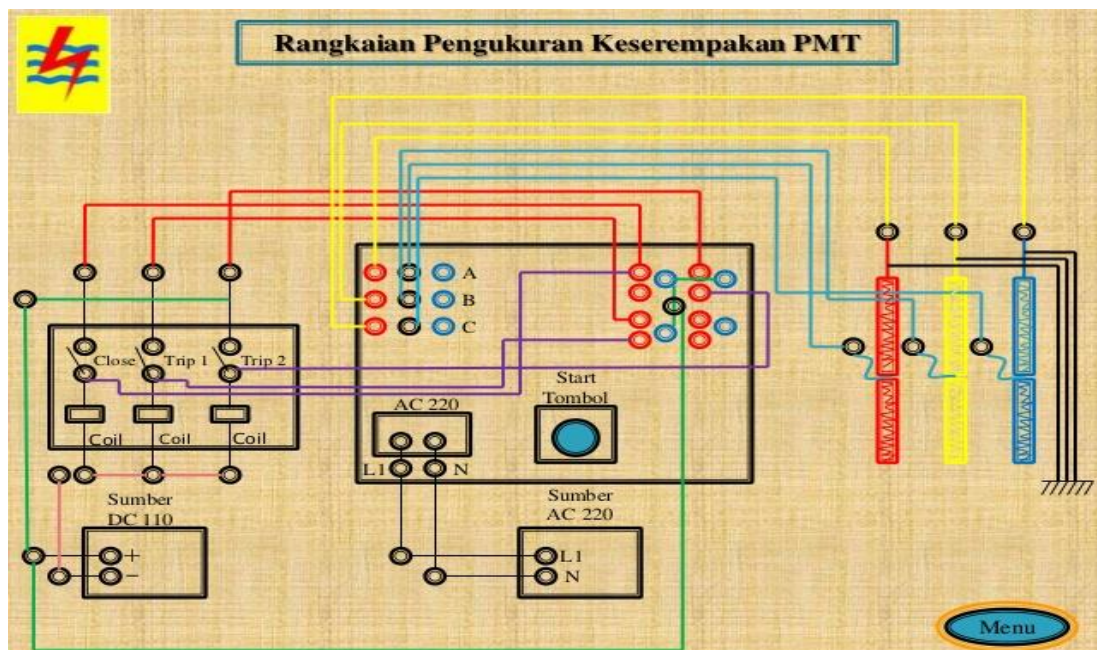
### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Rangkaian dan Peralatan Pengujian

Dalam penulisan ini dilakukan penelitian tugas akhir pada PT.PLN ( Persero ) UPT Pematang Siantar Gardu Induk Berastagi. Secara umum, pengujian terbagi atas 2 macam pengujian yakni pengujian dilakukan dengan menggunakan Breaker Analyzer dan pengujian dengan Omicron.

##### 3.1.1 Rangkaian Pengujian

Gambar 3.1 Berikut merupakan gambar rangkaian pengujian :



**Gambar 3.1 Rangkaian Pengujian**

Dilihat dari gambar 3.1 bahwasanya terdapat rangkaian untuk melakukan penelitian kepada Circuit Breaker .

### 3.1.2 Peralatan Pengujian

Butuh beberapa peralatan untuk merangkai rangkaian di atas, agar proses pengujian Circuit Breaker dapat berjalan , berikut daftar peraltan yang dibutuhkan :

1. Breaker Analyzer ( Megger )



**Gambar 3.2 Main Body Peralatan Alat Uji**

Dari gambar 3.2.Berikut adalah Main Body Megger, tipe alat tes Circuit Breaker . Dari alat ini kita mengetahui waktu kerja PMT secara individu serta untuk mengetahui keserempakan PMT pada saat menutup (close) ataupun membuka (open).

2. Measurement Cable



**Gambar 3.3 Measurement Cable**



*Measurement Cable* ini berfungsi untuk menghantar tegangan DC ke alat uji agar alat uji dapat bekerja. Bagian suatu kabel listrik pada umumnya terbuat dari bahan tembaga atau aluminium. Alat uji ini memerlukan tegangan DC 120 Volt.

### 3. Multimeter ( Fluke)

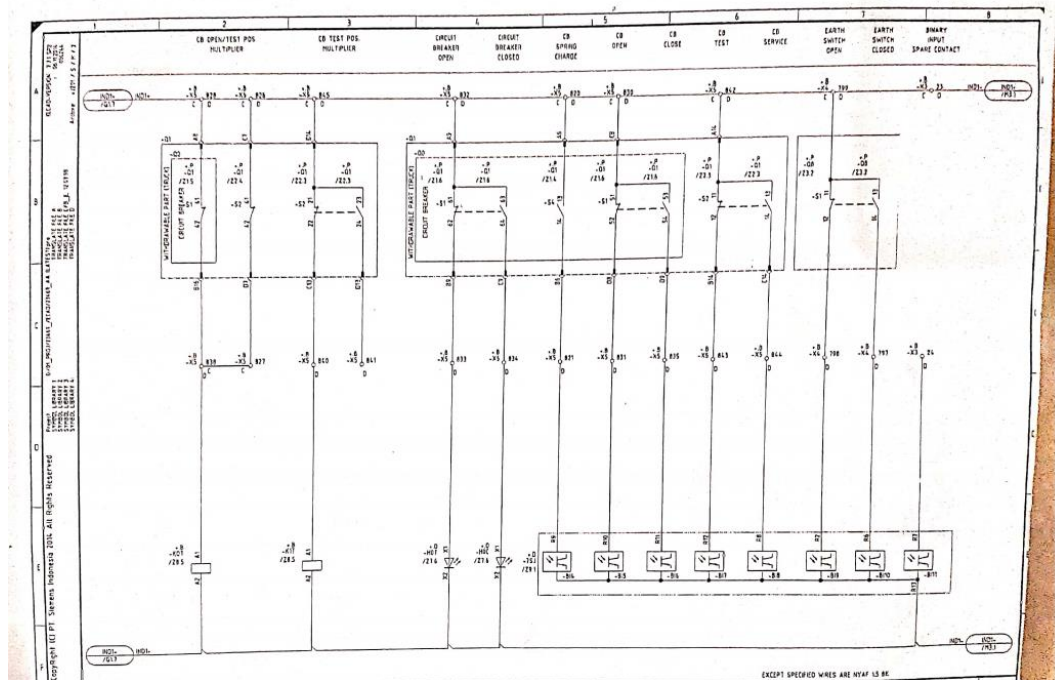


**Gambar 3.4 Multi Meter**

Multi Meter berfungsi untuk mengecek tegangan AC ataupun DC pada rangkaian PMT yang terpasang pada panel .

### 3.2 Wiring Diagram

Wiring Internal ini berfungsi untuk mengetahui Rangkaian Trip. Gambar 3.5 berikut merupakan Wiring Internal



Gambar 3.5 Wiring Internal PMT

### 3.3 Tahapan Pengukuran Breaker Analyzer

1. Mematikan atau melepas PMT .
2. Memastikan PMT tidak bertegangan dengan melihat indikator atau status PMT .
3. Melepas DS bus 1 dan DS Line .
4. Memasang tanda pengaman (tagging) dan memasang grounding. Selanjutnya mulai pemeliharaan.
5. Melepas kabel konduktor yang menghubungkan sisi bawah PMT.
6. Konduktor sisi atas PMT harus di ground untuk menghilangkan induksi tegangan sisa.

7. Membersihkan mekanik dan terminal dari kotoran atau karat menggunakan kain lap yang sudah dibasahi dengan alcohol dan vacuum cleaner.
8. Hubungkan kabel kontak CB Analyzer fasa R ke pole PMT atas pole PMT bawah.
9. Hubungkan kabel kontak CB Analyzer fasa S ke pole PMT dan pole PMT bawah.
10. Hubungkan kabel kontak CB Analyzer fasa T ke pole PMT atas dan pole PMT bawah.
11. Hubungkan Closing Coil dari CB Analyzer ke tombol Closing control PMT.
12. Hubungkan Tripping Coil satu dari CB Analyzer ke tombol Tripping Coil Kontrol PMT.
13. Hubungkan Tripping Coil dua dari CB Analyzer ke tombol Tripping Coil Control PMT.
14. Tekan tombol start pada CB CB Analyzer untuk memulai pengukuran Analyzer Breaker PMT saat posisi close maupun open dan Catat Hasilnya.

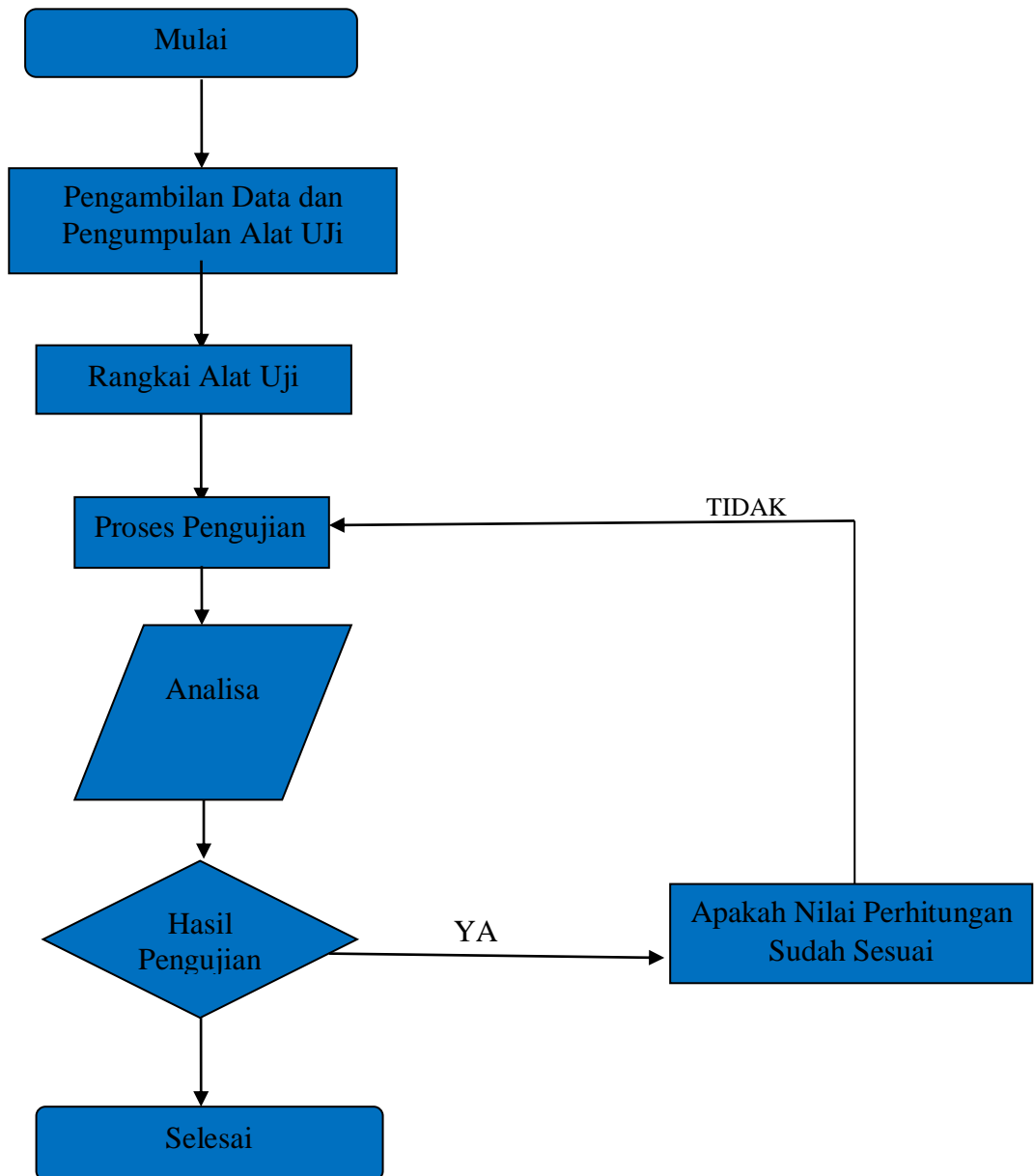
#### **3.4 Tahapan Pengukuran Tangen Delta**

1. Pastikan objek uji tidak bertegangan.
2. Sebelum pengukuran tahanan belitan transformator, energi yang tersimpan pada objek uji harus dibuang terlebih dahulu dengan cara mentanahkan terminal bushing.
3. Untuk keamanan alat ukur, salah satu terminal transformator harus diground.
4. Bersihkan permukaan yang akan diukur

5. Pastikan kontak antara kabel pengukuran dengan alat tersambung dengan baik.
6. Pilih skala yang sesuai.
7. Bila tidak dapat memperkirakan besarnya tahanan alat uji pada skala tertinggi.
8. Jalankan.

### 3.5 Diagram Alir Pengukuran

Gambar 3.6 Berikut merupakan diagram alir dari penelitian



Gambar 3.6 Diagram Alir Penelitian

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Standar Nilai Breaker Analyzer

Berdasarkan standar SPLN No 52-1 1984 waktu maksimum membuka dan menutup kontak PMT untuk sistem 150 kV selama 120 mili detik. Waktu kerja kontak PMT pada saat open lebih cepat daripada waktu kerja PMT pada saat *close*. Kemudian untuk Breaker Analyzer kotak dapat dihitung dengan membandingkan selisih nilai tertinggi dengan nilai terendah. Berdasarkan standar yang telah ditetapkan selisih waktu yang diijinkan adalah  $< 10$  mili detik.

#### 4.2 Data pengujian pengukuran Breaker Analyzer

Hasil Pengukuran ke 1 ada pada Tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.1 Hasil pengukuran Breaker Analyzer operasi titik-titik kontak saat pembukaan atau penutupan

Posisi	Fase R	Fase S	Fase T
A	29,5 ms OPEN	29,6 ms OPEN	28,4 ms OPEN
B	341,8 ms CLOSE	342,1 ms CLOSE	343,1 ms CLOSE
C	50,5 ms OPEN	49,3 ms OPEN	47,2 ms OPEN

Hasil Pengukuran ke 2 ada pada Tabel 4.2 berikut :

Tabel 4.2 Hasil pengukuran Breaker Analyzer operasi titik-titik kontak saat pembukaan atau penutupan

Posisi	Fase R	Fase S	Fase T
A	45,5 ms OPEN	41,3 ms OPEN	40,7 ms OPEN
B	381,8 ms CLOSE	379,5 ms CLOSE	381,6 ms CLOSE
C	44,1 ms OPEN	42,5 ms OPEN	45,8 ms OPEN

### 4.3 Selisih Waktu Antar Fase

Berdasarkan Hasil pengukuran keserempakan operasi titik-titik kontak saat pembukaan atau penutupan, seperti ditunjukkan pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 maka selisih waktu antar fase dapat dihitung dengan persamaan 3.1 .

Untuk Pengukuran ke -1

$$\Delta t = t_{maks} - t_{min}$$

$\Delta t_{-1}$  = selisih waktu tertinggi dan terendah antara fase R dan T saat PMT dengan operasi buka kontak .

$$\begin{aligned} &= 29,6 - 28,4 \\ &= 1,2 \text{ ms} \end{aligned}$$

$\Delta t_{-2}$  = Selisih waktu tertinggi dan terendah antara fase R dan S saat PMT dengan operasi tutup kontak .

$$\begin{aligned} &= 343,1 - 341,8 \\ &= 1,3 \text{ ms} \end{aligned}$$

$\Delta t_{-3}$  = Selisih waktu tertinggi dan terendah antara fase R dan S saat PMT dengan operasi tutup kontak .

$$\begin{aligned} &= 50,5 - 47,2 \\ &= 3,3 \text{ ms} \end{aligned}$$

Untuk Pengukuran ke - 2

$$\Delta t = t_{maks} - t_{min}$$

$\Delta t_{-1}$  = selisih waktu tertinggi dan terendah antara fase R dan T saat PMT dengan operasi buka kontak .

$$\begin{aligned} &= 45,5 - 40,7 \\ &= 4,8 \text{ ms} \end{aligned}$$

$\Delta t_{-2}$  = Selisih waktu tertinggi dan terendah antara fase R dan S saat PMT dengan operasi tutup kontak .

$$\begin{aligned} &= 343,1 - 341,8 \\ &= 2,3 \text{ ms} \end{aligned}$$

$\Delta t_{-3}$  = Selisih waktu tertinggi dan terendah antara fase R dan S saat PMT dengan operasi tutup kontak .

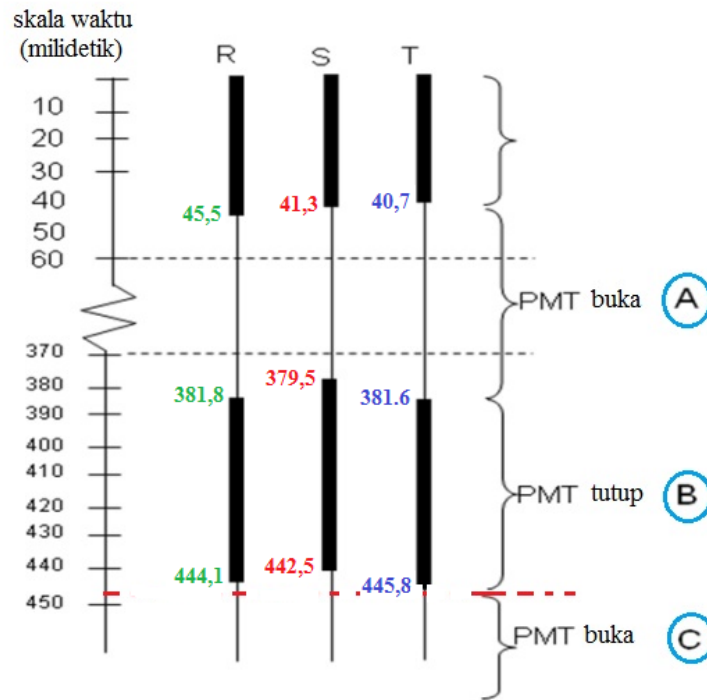
$$\begin{aligned} &= 50,5 - 47,2 \\ &= 1,7 \text{ ms} \end{aligned}$$

#### 4.4 Analisis Nilai Breaker Analyzer

Standar PLN yang diadopsi dari rekomendasi Alstom disebutkan, bahwa  $\Delta t$  yang diizinkan kurang dari 10 ms ( $\Delta t < 10$  milidetik), sehingga Breaker Analyzer operasi titik-titik kontak PMT saat pembukaan atau penutupan masih sesuai syarat, lebih lanjut pengoperasian PMT tersebut masih tetap dapat dilaksanakan. Penjelasan lebih lanjut, dibuat diagram skematis fenomena



keserempakan operasi kontak bebas PMT saat pembukaan atau penutupan. Diagram skematis fenomena Breaker Analyzer kontak bebas saat operasi pembukaan atau penutupan, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Diagram skematis fenomena Breaker Analyzer kontak bebas saat operasi pembukaan atau penutupan

Berdasarkan Gambar 4.1 ditunjukkan, bahwa Posisi A merupakan pengukuran keserempakan untuk operasi PMT buka, posisi B saat operasi PMT tutup, dan posisi C saat operasi PMT buka, sehingga metode yang digunakan dalam pengukuran keserempakan, adalah “ open-close-open “ (O-C-O).

#### 4.5 Hasil Pengukuran Tangen Delta

Hasil Pengukuran ada pada Tabel 4.3 berikut :

Tabel 4.3 Hasil pengukuran Tangen Delta

Mode	C diukur	Tegangan (kV)	Arus (mA)	Daya (watt)	Cap (pF)
UST A	CHL	10	37,276	1,146	9000
UST B	CHT	10	32,264	0,3420	12000
UST A+B	CHL+CHT	10	22,587	0,784	20000
GST A+B	CHG+CHL+CHT	10	55,851	1,746	7000
GSTg A	CHT+CHG	10	48,890	0,548	9000
GSTg B	CHL+CHG	10	35,735	1,873	6000
GSTg A+B	CHG	10	17,764	0,230	4000

#### 4.6 Analisis Pengukuran Tangen Delta

Setelah data diperoleh, maka perhitungan yang dilakukan adalah sebelum mengetahui nilai tangen delta, maka dicari terlebih dahulu nilai Ir dan Ic, karena rumus yang digunakan untuk mengetahui nilai tangen delta adalah  $\tan \delta = IR/IC$ . Untuk perhitungan, misalkan kita ambil untuk mode UST A adalah sebagai berikut .

$$\sin \delta = \frac{W}{VI}$$

$$\sin \delta = \frac{1,146 \text{ W}}{10000V \times 37,276 \times 10^{-8}A}$$

$$\sin \delta = \frac{1,146}{372,76} = 0,003074$$

$$\sin^{-1} 0,003074 = 0,17612^\circ$$

Untuk mengetahui arus Ic, dapat dihitung :

$$I_c = I \times \cos \delta$$

$$I_c = 37,276 \times \cos 0,17612$$

$$I_c = 37,275823 \text{ mA}$$

Sedangkan untuk mengetahui arus  $I_r$  dapat dihitung :

$$I_R = \sqrt{I^2 - I_C^2}$$

$$I_R = \sqrt{(37,276)^2 + (32,275823)^2}$$

$$I_R = 0,114872$$

Dengan diketahuinya besar arus  $I_c$  dan  $I_R$ , maka nilai tangen delta dapat dihitung menjadi :

$$\text{Tangen Delta } (\delta) = \frac{0,114872}{37,275823}$$

$$\text{Tangen Delta } (\delta) = 0,003081$$

Karena standar tangen delta menggunakan satuan persen (%) maka nilai tangen delta dalam satuan persen adalah:

$$\begin{aligned} \text{Tan } \delta (\%) &= 0,003081 \times 100\% \\ &= 0,3 \% \end{aligned}$$

Setelah melakukan perhitungan untuk semua mode pengukuran berdasarkan tabel 4.3 di atas, maka untuk keseluruhan perhitungan dapat ditunjukkan dengan tabel 4.4 seperti berikut :

Tabel 4.4 Data hasil perhitungan tangen delta

<b>No</b>	<b>Sin <math>\delta</math></b>	<b><math>\delta</math></b>	<b><math>I_R</math></b>	<b>IC</b>	<b>Tan <math>\delta</math> (%)</b>
1	0,003074	0,17612	0,114872	37,2758	0,30
2	0,00106	0,60733	0,0359	32,2639	0,11
3	0,003471	0,19887	0,07952	22,5868	0,35
4	0,003126	0,17910	0,174626	55,8507	0,31
5	0,001120	0,06641	0,098	48,889	0,2
6	0,005241	0,30028	0,189	35,7345	0,05
7	0,001294	0,07414	0,05960	17,7639	0,33
Rata- rata	0,002626	0,22889	0,751518	35,7663	0,29

Berdasarkan tabel 7, diperoleh total perhitungan dan rata-rata untuk nilai sin  $\delta$ ,  $\delta$ ,  $I_R$ , IC dan nilai tangen delta, karena untuk standar tangen delta menggunakan satuan persen (%).

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Setelah melaksanakan penelitian dengan judul Analisa Perbandingan Hasil Pengujian Circuit Breaker Menggunakan Breaker Analyzer Dan Tan Delta. Maka dapat kesimpulan sebagai berikut ini

Nilai Breaker Analyzer pada dua PMT pada “Gardu Induk Beratagi” setelah dianalisa bernilai paling kecil 1,2 ms dan yang terbesar adalah 4,8 ms , masih jauh lebih baik jika dibandingkan dengan standar yang ditentukan pada standar PLN yang diadopsi dari rekomendasi Alsthom disebutkan, bahwa  $\Delta t$  yang dizinkan kurang dari 10 ms ( $\Delta t < 10$  milidetik).

Pemeliharaan Pemutus Tenaga (Circuit Breaker) adalah proses kegiatan yang dilakukan terhadap Pemutus Tenaga (Circuit Breaker) sehingga didalam operasinya Pemutus Tenaga (Circuit Breaker) dapat memenuhi fungsi yang dikehendaki secara terus menerus sesuai karakteristiknya. Pemeliharaan Pemutus Tenaga berupa monitoring dan dilakukan oleh petugas operator setiap hari untuk Gardu Induk.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan juga , maka dapat disimpulkan bahwa kondisi isolasi transformator berdasarkan perhitungan data transformator yang diperoleh dari pemeliharaan di GarduBerastagi , telah memenuhi standar yang ditentukan. Setelah dilakukan analisis menggunakan metode tangen delta, diperoleh hasil bahwa kondisi isolasi transformator daya 150/20 kV dalam keadaan baik dan tidak beroperasi melebihi batas pembebanan

transformator selama dua tahun, yaitu mengacu pada standar ANSI C 57.12.90, selama nilai tangen delta tidak melebihi 0,5%, yakni dengan nilai terkecil 0,11% dan nilai maksimal 0,35% , serta nilai rata- rata 0,29 % maka dapat dikatakan bahwa kondisi transformator tersebut adalah baik dan masih layak beroperasi.

## **5.2 Saran**

1. Mekanik Pemutus Tenaga (Circuit Breaker) harus selalu dibersihkan agar tidak terjadi korosi akibat kelembapan udara.
2. Pengecekan alarm harus dilakukan setiap hari agar dapat dipastikan peringatan gangguan berfungsi saat terjadi gangguan.
3. Dengan Melakukan pemeliharaan yang baik maka akan meningkatkan kehandalan PMT

## DAFTAR PUSTAKA

A. Goeritno, B.I. Syaputra, 2014. —*Kelayakan Operasi Pemutus Tenaga (PMT) Tegangan Ekstra Tinggi Bermedia Gas Sulphur Hexaflourite (Sf6) Berdasarkan Kualitas Gas, Keserempakan Titik Titik Kontak, dan Parameter Resistans. JUTEKS (Jurnal Teknik Elektro dan Sains)*, Vol.1, No.1, hlm. 1-7.

Aryza, S., Irwanto, M., Lubis, Z., Siahaan, A. P. U., Rahim, R., & Furqan, M. (2018). A Novelty Design Of Minimization Of Electrical Losses In A Vector Controlled Induction Machine Drive. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 300, No. 1, p. 012067). IOP Publishing.

*Buku Petunjuk Batasan Operasi dan Pemeliharaan Peralatan Penyaluran Tenaga Listrik Pemutus Tenaga (PMT)*, No.Dokumen : 7-22/HARLUR-PST/2009, PT. PLN (Persero), 2010.

Didik Aribowo .2018 *.Analisis Hasil Uji PMT 150 KV Pada Gardu Induk Cilegon Baru BAY KS 1* .Seminar FORTEI 2018. Jakarta

Hamdani, H., Tharo, Z., & Anisah, S. (2019, May). Perbandingan Performansi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Antara Daerah Pegunungan Dengan Daerah Pesisir. In Seminar Nasional Teknik (Semnastek) Uisu (Vol. 2, No. 1, pp. 190-195).

Indramila, Venditya.2012. *.Tugas Instalasi Tegangan Menengah, Jenis PMT Berdasarkan Media Pemadam Busur Api*. Semarang: Program Diploma Teknik Elektro Politeknik Negeri Semarang.

M. Emmy .2016. “*Eksplorasi TanDelta Koreksi Suhu.*”PLN P3B Region Jawa Bali.

Nuryanto.2018 *.Analisis Hasil Over Houl Pemutus Tenaga (PMT) 70KV Pada BAY Arjawinangun 2 di PT PLN PERSERO APP Cirebon GI Kadipaten* . Seminar Nasional Hasil Riset . Malang.

Putri, M., Wibowo, P., Aryza, S., & Utama Siahaan, A. P. Rusiadi.(2018). An implementation of a filter design passive lc in reduce a current harmonisa. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 9(7), 867-873.

PT. PLN (PERSERO). 2014. *Buku Pedoman Pemeliharaan Transformator Tenaga*".Surat Keputusan Direksi PT PLN (Persero) No. 0520-2.K/DIR/2014, Jakarta.

Rahmaniar, R. (2019). Model flash-nr Pada Analisis Sistem Tenaga Listrik (Doctoral Dissertation, Universitas Negeri Padang).

Tobing, Bonggas, L, 2012, "*Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi*", Edisi kedua, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan.