

**ANALISA KONDISI PERALATAN MTU (MATERIAL
TRANSMISI UTAMA) MENGGUNAKAN THERMOVISI PADA
BAY LINE PMT PGELI-GLUGUR 1 DI PT. PLN (PERSERO)
GARDU INDUK PAYA GELI**

SKRIPSI

OLEH :

CANDO SITUMORANG

188120002



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
2022**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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

Document Accepted 28/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)28/12/22

**ANALISA KONDISI PERALATAN MTU (MATERIAL
TRANSMISI UTAMA) MENGGUNAKAN THERMOVISI PADA
BAY LINE PMT PGELI-GLUGUR 1 DI PT. PLN (PERSERO)
GARDU INDUK PAYA GELI**

SKRIPSI

Diajukan Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area

OLEH :

CANDO SITUMORANG

188120002



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
2022**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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

Document Accepted 28/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)28/12/22

LEMBAR PENGESAHAN

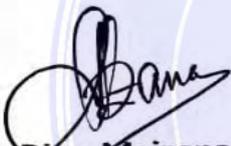
Judul Skripsi : Analisa kondisi Peralatan MTU (Material Trasmisi Utama) PMT Menggunakan Thermovisi pada line Pgeli – Glugur 1 di PT.PLN (Persero) Gardu Induk Paya Geli

Nama : Cando Situmorang

NPM : 188120002

Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh :
Komisi Pembimbing


Dr. Ir. Dina Maizana, MT
Pembimbing I


Habib Satria, S.Pd, MT
Pembimbing II

Mengetahui :


M. Adnan Syah, S.Kom, M.Kom
Dekan

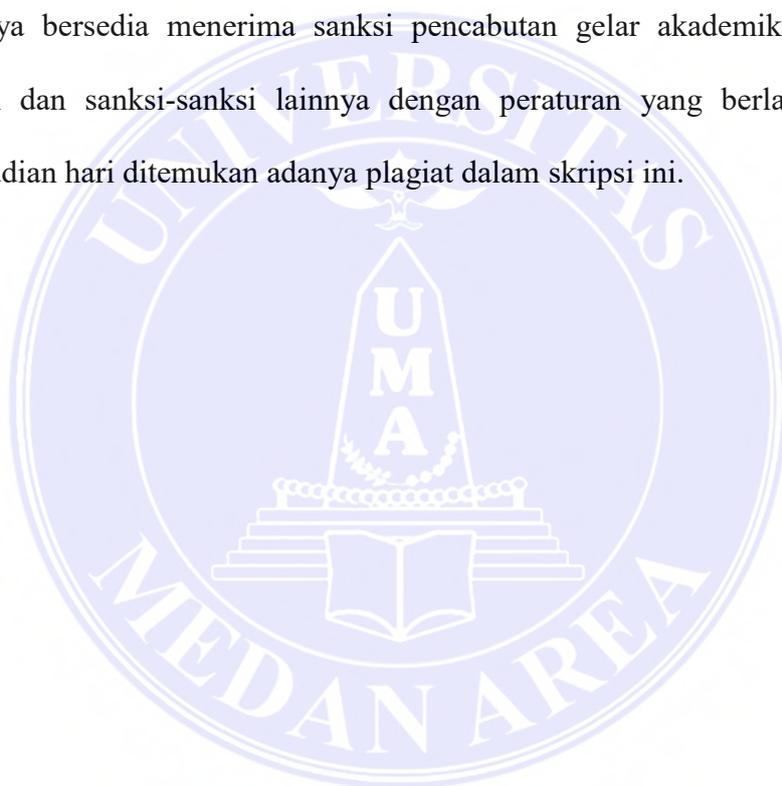

Habib Satria, S.Pd, MT
Ka. Program Studi

Tanggal Lulus :

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam skripsi ini yang saya kutip dari karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



Medan, 16 November 2022



Cando Situmorang

188120002

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR/SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Cando Situmorang

NPM : 188120002

Program Studi : Teknik Elektro

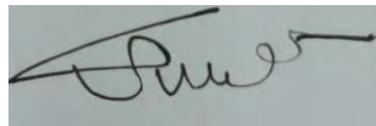
Fakultas : Teknik

Jenis karya : Tugas Akhir/Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul **“Analisa kondisi Peralatan MTU (Material Trasmisi Utama) PMT Menggunakan Thermovisi pada line Pgeli – Glugur 1 di PT.PLN (Persero) Gardu Induk Paya Geli”**. Dengan hak bebas royalti noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan mengalih media/format-kan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (database) merawat dan mempublikasikan tugas akhir selama saya tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan Sebenarnya,

Medan, 16 November 2022

Yang Menyatakan



Cando Situmorang

Abstract

The hot points that occur in the switchyard are caused by currents flowing in the conductor due to obstacles. The frequent heating part is the terminal and connection portion of the switchyard, especially between the two different metals, as well as the cross section of the conductor that shrinks due to corrosion. So that the part should be considered, by controlling or checking the temperature using Thermovisi. The heat temperature of the PMT (Circuit Breker) equipment at Bay line PGELI-GIUGUR1 Paya Geli substation is still at normal conditions in phase S and phase T where the temperature ranges from 2,69⁰C and 9,95⁰C. but attention is needed for an immediate repair plan in the R phase. The temperature difference between the phases is around 96,83⁰C. but there is a condition I and so it is necessary to carry out an investigation and a repair plan, to avoid short circuits between phases (R, S, T).

Keywords - substation, PMT , Thermovision.

Abstrak

Intisari -Pemanasan (hot point) yang terjadi pada peralatan Gardu Induk (switchyard) disebabkan oleh arus yang mengalir dalam konduktor akibat adanya hambatan. Bagian yang sering mengalami pemanasan adalah bagian terminal dan sambungan pada switchyard, terutama antara dua logam yang berbeda, serta penampang konduktor yang mengecil karena korosi. Sehingga bagian tersebut harus diperhatikan, dengan cara melakukan pengontrolan atau pengecekan suhunya menggunakan thermovisi. Suhu panas peralatan PMT (Circuit Breker) pada Bay line PGELI-GIUGUR1 Gardu Induk Paya Geli masih berada pada kondisi normal di fasa S dan di fasa T dimana suhunya berkisar $2,69^{\circ}\text{C}$ dan $9,95^{\circ}\text{C}$. namun perlu perhatian untuk rencana perbaikan segera di fasa R. Selisih suhu antar fase berkisar $96,83^{\circ}\text{C}$ peralatan PMT pada Bay line P.GELI-GLUGUR 1 Gardu Induk Paya Geli mencapai kondisi V (Kondisi Darut). namun ada terdapat kondisi I dan sehingga perlu dilakukan investigasi dan rencana perbaikan, untuk menghindari terjadinya hubung singkat antar fase (R,S,T).

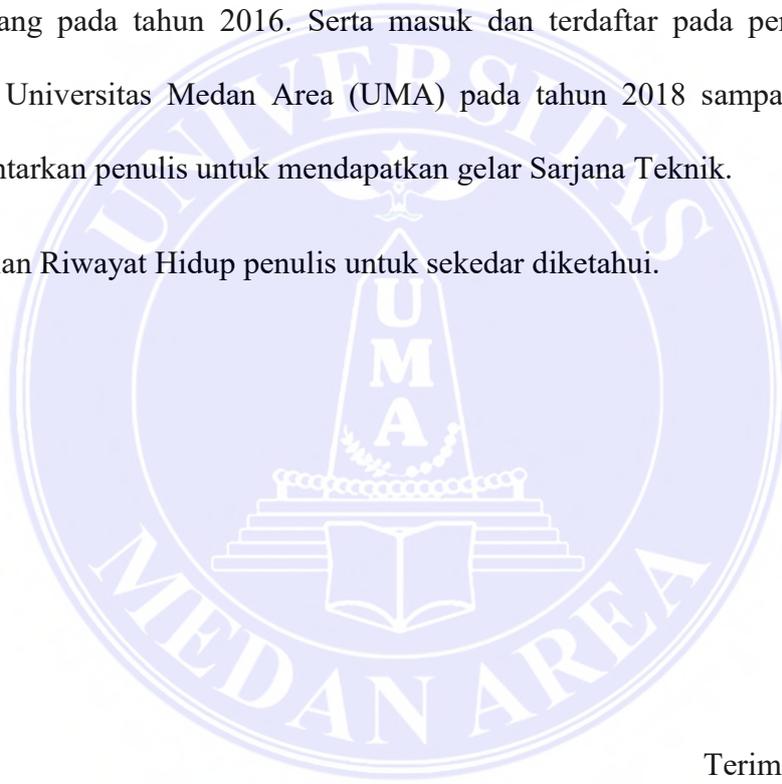
Kata Kunci - gardu induk, PMT , Thermovi

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama Cando Situmorang dilahirkan di Lumban Siregar pada tanggal 05 Agustus 1997 dari ayah yang bernama Hotlan Situmorang (+) dan Ibu Asnuli Siregar. Penulis anak ke 4 dari 4 bersaudara.

Menyelesaikan sekoah dasar di SDN.030384 Kanopan pada tahun 2010, SMP.N 2 Siempat nempu pada tahun 2013 dan SMA Swasta Y.P Bukit Cahaya Sidikalang pada tahun 2016. Serta masuk dan terdaftar pada perguruan tinggi swasta Universitas Medan Area (UMA) pada tahun 2018 sampai Tahun 2022 mengantarkan penulis untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik.

Demikian Riwayat Hidup penulis untuk sekedar diketahui.



Terimakasih

A rectangular box containing a handwritten signature in black ink, which appears to be 'Cando Situmorang'.

Cando Situmorang

(188120002)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, Atas segala kelimpahan berkat dan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis di berikan kesehatan, kekuatan, pengetahuan, dan kesempatan menyelesaikan tugas akhir ini baik dan tepat waktu.

Adapun judul yang saya angkat dalam memenuhi tugas akhir ini yakni **“Analisa kondisi Peralatan MTU (Material Trasmisi Utama) PMT Menggunakan Thermovisi pada Line Pgeli – Glugur 1 di PT.PLN (Persero) Gardu Induk Paya Geli”**. skripsi ini disusun guna menjadi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Strata 1 Program Studi Teknik Elektro Universitas Medan Area. Pada proses penulisan skripsi ini terdapat banyak sekali bantuan dan dukungan yang penulis dapatkan, baik berupa dukungan moral, moril dan doa. untuk itu padakeempatan ini penulis mengucapkan trimakasih banyak kepada :

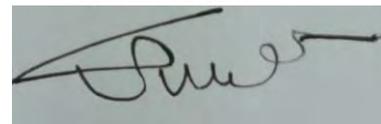
1. orang tua penulis yang selalu memberi doa dan dukungan secara moral maupun material.
2. Bapak Prof. Dadan Ramdan , M.Eng, M.sc, selaku Rektor Universitas Medan Area.
3. Bapak Dr. Rahmad Syah, S.Kom, M.Kom, selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
4. Bapak Habib Satria, S.Pd, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Eiektro Universitas Medan Area.
5. Ibu Dr.Ir Dina Maizana, MT selaku dosen peming 1 saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang telah membimbing, mengarahkan

dan membantu saya hingga selesai.

6. Bapak Habib Satria,S.Pd,MT selaku pembimbing 2 saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang telah membimbing serta memberikan ide masukan kepada saya.
7. Seluruh Staf pengajar Universitas Medan Area khususnya Program Studi Teknik Elektro.
8. Staf PT PLN (Persero) UIP3B Sumatera Unit Pelaksana Transmisi Medan yang telah mengizinkan saya Riset di GI Paya Geli.
9. Staf ULTG Binjai yang telah mengizinkan dan mengajari selama HAR di lapangan.
10. SPV.GI Paya Geli Bang Rhema Pragas Jatmiko atas Bimbingan dan motivasi dalam menyusun Skripsi hingga selesai.
11. OPR.GI Paya Geli Bang Dapit,Raju,Akbar,Roji yang selalu memberi masukan dan motivasi dalam menyusun Skripsi hingga selesai.

Akhir kata semoga apa yang terkandung dalam skripsi ini dapat bermanfaat serta dapat menjadi referensi dalam lingkup pengembangan ilmu kedepan.Semoga Tuhan Yang Maha Esa selalu mencurahkan kebaikan serta kasih sayang-Nya kepada seluruh pihak yang turut membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi dan pendidikan ini

Hormat Penulis



Cando Situmorang

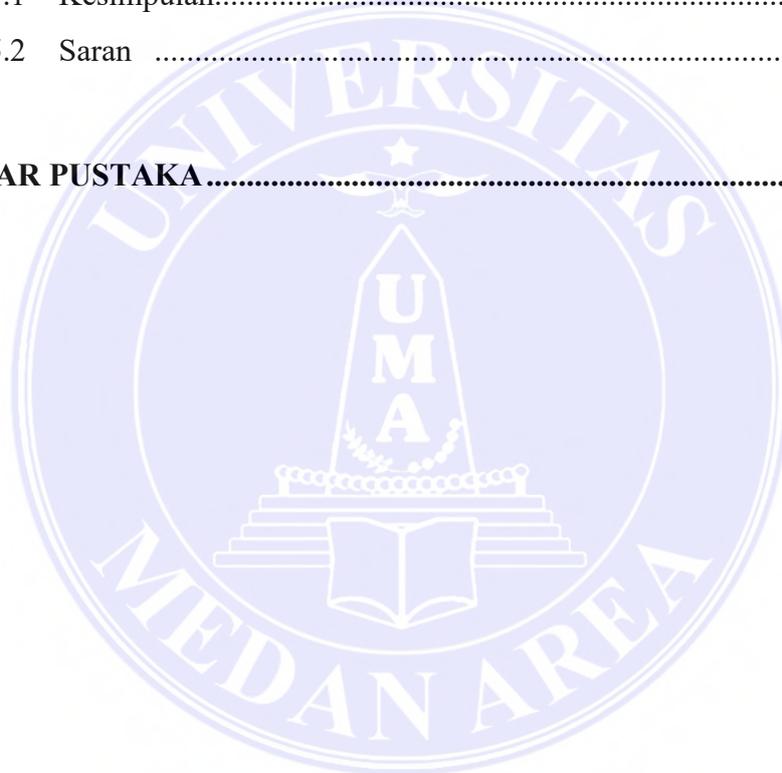
188120002

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRAK.....	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Beakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian	2
1.3.1 Tujuan.....	2
1.3.2 Manfaat.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Sistem Jaringan Tenaga listrik	5
2.2 Gardu Induk Gardu Induk	5
2.3 Peralatan Peralatan MTU Gardu Induk.....	7
2.4 Pengertian Pemutus Tegangan/Circuit Breaker (PMT)	13
2.5 Pemutus Tenaga (PMT) di Gardu Induk.....	15
2.6 Proteksi Gardu Induk Pemutus Tenaga (PMT).....	16
2.7 Penggunaan Gas Sulphur Hexa Fluorida (SF6).....	18
2.8 Bagian-Bagian Utama PMT Gas SF6	19
2.9 Fungsi Bagian Utama CB/PMT	19
2.10 Klasifikasi CB/PMT	21
2.10.1 Single Pole	21
2.10.2 Three Pole	22
2.11 Pengoperasian PMT Gas SF6.....	22
2.12 Cara kerja pemutus tenaga (PMT) dengan media.....	22
2.13 Gangguan Sistem Distribusi.....	24
2.13.1 Gangguan hubung singkat 3 fasa	25
2.13.2 Gangguan hubung singkat 2 fasa	25

2.14	Thermovisi	26
2.15	Jenis Thermovisi Yang Digunakan saat ini di Gardu Induk Paya Geli	27
2.16	Fungsi Dan Tujuan Kegiatan Thermovisi Dalam Melihat Hotspot	28
2.17	Titik Yang Perlu Untuk Di Thermovisi Pada CT/PMT	28
2.18	Kawat Penghantar (Konduktor)	31
2.18.1	Pengaruh Temperatur	34
2.18.2	Pengaruh Tekanan Angin	35
2.19.	Klem sambungan.....	36
2.19.1	Tembaga	36
2.19.2	Aluminium	37
2.20	Faktor yang mempengaruhi suhu Hotspot	38
2.21	Hal Penting Saat Melakukan Thermovisi.....	38
2.21.1	Beban peralatan	38
2.22	Cara Menggunakan Alat Thermovisi Gi Paya Geli	39
BAB III METODE PENELITIAN		40
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	40
3.2	Analisa kebutuhan	40
3.2.1	Metode Pengambilan Data	41
3.2.2	Studi literatur.....	41
3.2.3	Observasi.....	41
3.2.4	Wawancara	41
3.3	Variabel Penelitian	41
3.4	Perhitungan suhu klem dan suhu konduktor	45
3.5	Menghitung Emisivitas	46
3.6	Analisis dari Validasi Nilai Uji Presisi	46
3.7	Analisa Validasi Uji Nilai Akurasi.....	47
3.8	Diagram Alur Pengerjaan laporan Akhir	48
BAB IV HASIL PEMBAHASAN DAN ANALISA DATA		50
4.1	Peralatan yang dilakukan pengukuran.....	50
4.2	Pengukuran Thermovisi Peralatan Bay Penghantar.....	53

4.3	Perhitungan Selisih Suhu Klem dan Konduktor (ΔT).....	56
4.4	Perhitungan Nilai Emisivitas.....	56
4.5	Analisis Validasi	59
4.5.1	Uji Presisi	60
4.5.2	Uji Akurasi	61
4.6	Rekomendasi Tindak lanjut Hasil Pengukuran Thermovisi.....	62
BAB V KESIMPULAN		64
5.1	Kesimpulan.....	64
5.2	Saran	69
DAFTAR PUSTAKA.....		66



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 sistem Tenaga listrik	5
Gambar 2. 2 Gardu Induk Paya Geli.....	6
Gambar 2. 3 Transformator daya	8
Gambar 2. 4 Rangkaian CT (Current Transformer).....	8
Gambar 2. 5 Bagian-bagian VT (Voltage Transformer).....	9
Gambar 2. 6 Kapasitor Shunt.....	10
Gambar 2. 7 Fisik PMT / CB 150 kV	11
Gambar 2. 8 Fisik PMS / DS 150 kV.....	12
Gambar 2. 9 LA pada Gardu Induk.....	12
Gambar 2. 10 Macam Macam PMT.....	15
Gambar 2. 11 Jaringan sistem tenaga listrik	16
Gambar 2. 12 Sistem proteksi jaringan.....	17
Gambar 2. 13 Bagian bagian utama PMT gas sf6.....	19
Gambar 2. 14 Titik yang di Thermovisi pada PMT.....	28
Gambar 2. 15 Konduktor ACSR 1.....	32
Gambar 3. 1 Tampilan Thermovisi	43
Gambar 3. 2 Diagram Alir Pengerjaan laporan Akhir	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 STANDART NETA	26
Tabel 2. 2 Thermovisi	27
Tabel 2. 3 Jenis konduktor	32
Tabel 3. 1 Keterangan Bagian Bagian layar Thermovisi.....	44
Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran Thermovisi bay Penghantar GlugurPaya Geli 1.....	53
Tabel 4. 2 Hasil PerhitunganThermovisi bay Penghantar GlugurPaya Geli 1.	57
Tabel 4. 3 Hasil perhitungan nilai emisivitas.	59
Tabel 4. 4 Hasil perhitungan uji presisi	60
Tabel 4. 5 Tabel akurasi dan presisi bay penghantar Paya Geli-Glugur 1.....	62
Tabel 4. 6 Rekomendasi Tindak lanjut Hasil Pengukuran Thermovisi	63

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT PLN merupakan salah satu instrument pembangunan di Indonesia yang sangat penting, baik oleh pemerintah maupun juga oleh masyarakat luas. Seiring dengan perkembangan era digital pada berbagai bidang termasuk pada peralatan listrik, PT. PLN pun sudah menggunakan peralatan digital di Gardu Induk (GI) Payah Geli. Peralatan digital ini digunakan untuk pengecekan berbagai keadaan yang terjadi pada peralataan listrik, termasuk suhu pada PMT(Circiut Breaker).

Dalam pengoperasiannya,saat peralatan gardu induk (switchyard) menghantarkan arus listrik maka akan terjadi suhu panas atau hot point karena kerugian arus mengalir dalam konduktor yang disebabkan oleh adanya hambatan. Akibat banyaknya peralatan yang sudah berusia tua dan jarak antar-switchyar yang berdekatan, sering terjadinya gesekan sehingga rawan muncul hot point. bagian yang sering mengalami pemanasaan adalah bagian klem dan konduktor pada switchyard, terutama antara dua logam yang berbeda, serta penampang konduktor yang mengecil karena korosi .Sehingga bagian tersebut harus diperhatikan, yaitu dengan cara melakukan pengontrolan atau pengecekan. Peralatan digital yang digunakan untuk pengecekan hot point adalah thermovisi. Berdasarkan hal tersebut pengecekan hot point sangat penting untuk dilakukan, karena jika tidak dilakukan pengecekan akan terjadi hubung singkat. Pada penelitian ini penulis melakukan pengecekan untuk mengetahui kondisi hot point pada peralatan Bay Glugur 1 dengan menggunakan

thermovisi dengan metode menganalisa hasil penilaian beda temperatur dampingi fasa(Δ) bersumber pada Standar NETA MTS- 1997. Pengukuran dilakukan pada bagian konduktor dan bagian klem yang ada pada bay line Karena hal tersebut Penulis mengangkat judul “**Analisa Kondisi Peralatan MTU(Material Transmisi Utama Menggunakan Thermovisi pada Bay Line PMT PGEI-GLUGUR 1 di PT.PLN (Persero) Gardu Induk Paya Geli**”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan di atas peneliti dapat merumuskan masalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana cara menghitung selisih suhu klem terhadap konduktor ?
- b. Bagaimana cara menghitung emisivitas ?
- c. Bagaimana cara menghitung nilai hasil Uji Presisi dan nilai hasil Uji Akurasi ?
- d. Apakah hot spot yang berada di Gardu Induk Paya Geli sudah aman dan sesuai standart NETA MTS-1997 ?
- e. Tindak lanjut apa yang perlu dilakukan dengan hasil thermovisi peralatan

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Adapun Tujuan dan Manfaat dari penelitan ini adalah sebagai berikut

1.3.1 Tujuan

Penulis membuat laporan Akhir ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui perhitungan nilai selisih suhu yang didapatkan dari hasil pengukuran thermovisi di Gardu Induk Paya Geli.
2. Mengetahui prosedur perbaikan jika ditemukan hasil yang tidak memenuhi standar di Gardu Induk Paya Geli.
3. Memberikan rekomendasi tindak lanjut berdasarkan standart yang berlaku terhadap kondisi peralatan yang telah dilakukan pengukuran thermovisi.

1.3.2 Manfaat

Dari Laporan Akhir yang Penulis buat, diharapkan agar mendapat manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan gambaran informasi mengenai kondisi peralatan dan pedoman pemeliharaan melalui pengukuran dan pengamatan dengan metode thermovisi pada bay penghantar Paya Geli-Glugur 1.
2. Menjaga keandalan penyaluran bay penghantar Paya Geli-Glugur 1.
3. Mencegah terjadinya perluasan daerah padam terdampak.

1.4 Batasan Masalah

- 1 Dalam penelitian ini standar acuan yang digunakan adalah berdasarkan standar NETA MTS-1997.
2. Penelitian dilakukan sampai batas analisis saja.
3. Hanya membahas seputar hotspot di klem terhadap konduktor pada PMT yang berada di Gardu Induk Paya Geli.
4. Tidak membahas perhitungan pengaruh suhu terhadap klem dan konduktor.

5. Tidak membahas tentang simulasi PMT menggunakan software bantu.

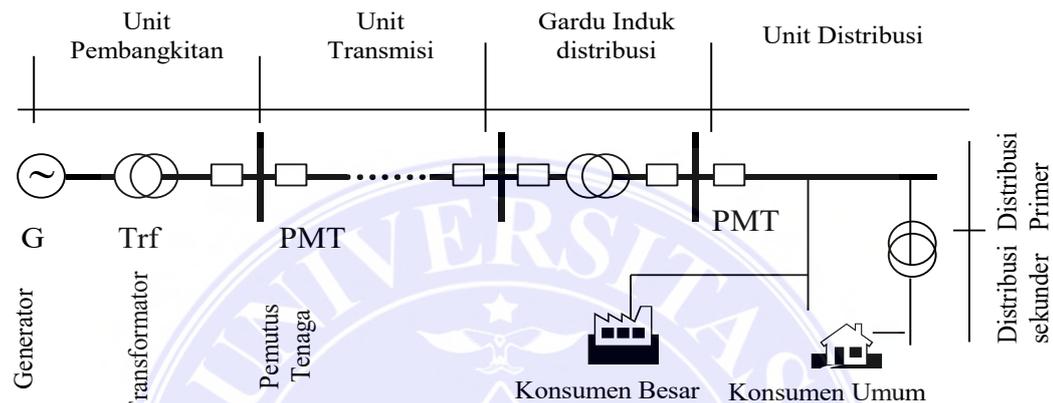


BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Sistem Jaringan Tenaga Listrik

Secara umum sistem tenaga listrik dapat di jelaskan sebagai berikut :



Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik
Sumber : PT PLN (Persero)

Dari blok diagram di atas dapat diketahui bahwa sistem jaringan distribusi berawal dari Unit Pembangkitan yang kemudian menyalurkan energi listrik tersebut melalui Unit Transmisi dan didistribusikan melalui Gardu Induk Distribusi yang menurunkan tegangan dari 275 kV atau 150 kV menjadi 20 kV, kemudian masuk pada distribusi primer, dan akhirnya menuju distribusi sekunder dan konsumen.

2.2 Gardu Induk Gardu Induk

Gardu induk ialah sub sistem dari sistem penyaluran(transmisi) energi listrik atau yakni satu kesatuan sistem peyaluran(transmisi). Saluran transmisi yakni sub sistem dari energi listrik.



**Gambar 2.2. Gardu Induk Paya Geli
(Sumber : PT PLN)**

Berarti gardu induk yakni sub - sub sistem dari sistem energi listrik. Gardu induk mempunyai peranan berarti, dalam pengoperasiannya tidak dapat dipisahkan dari sistem penyaluran(transmisi) dengan metode keseluruhan.

Gardu Induk memiliki sarana instalasi tenaga listrik terdiri dari peralatan- peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk:

- a. Mentransformasikan daya listrik pada titik berat yang berbeda, dari titik berat ekstra besar ke titik berat besar(500kV ataupun 150kV), titik berat besar ke titik berat besar yang lain(150kV ataupun 70kV), dari titik berat besar ke titik berat menengah(70kV ataupun 20kV), dengan gelombang tidak berubah- ubah.
- b. Pengukuran, pengawasan operasi serta pengaman dari sistem energi listrik.
- c. Pengaturan pelayanan berat ke gardu induk- gardu induk lain melampaui titik berat besar dan ke gardu- gardu distribusi sesudah melampaui metode depresiasi titik berat melampaui penyulang- penyulang(feeder- feeder) titik berat menengah yang ada di gardu induk.

- d. Perlengkapan telekomunikasi (pada umumnya untuk nternal PLN), yang kita ketahui dengan istilah SCADA.

3 Peralatan Peralatan MTU Gardu Induk

Pada Gardu Induk terdapat sebagian bagian ruangan, yakni ruang kubikel 20 kV, ruang pengawasan, ruang proteksi, ruang system AC ataupun DC, ruang PIC ataupun Komunikasi dan Switchyard. Switchyard sendiri ialah bagian dari gardu benih terbuka yang di jadikan berlaku seperti tempat untuk meletakkan perkakas listrik berupa MTU(Material Transmisi Berarti), dan peralatan-peralatan itu antara lain ialah:

- a. Transformator Daya

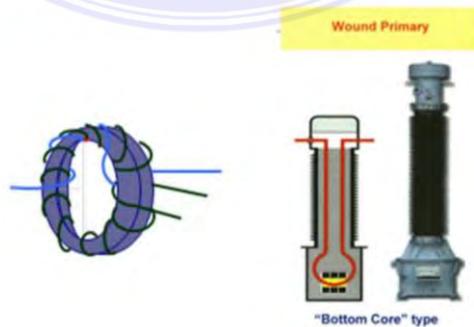
Trafo ialah perkakas statis dimana lapisan magnetik dan lilitan yang terdiri dari 2 atau lebih lilitan, dengan metode induksi elektromagnetik, mentransformasikan tenaga(arus dan titik berat) sistem AC ke sistem arus dan titik berat lain pada gelombang yang seragam(IEC 60076- 1 tahun 2011). Trafo mengenakan prinsip elektromagnetik yakni hukum hukum ampere dan induksi faraday, dimana pergantian arus atau zona listrik dapat membangkitkan zona besi berani dan pergantian zona besi berani ataupun fluks zona besi berani dapat membangkitkan titik berat induksi. Trafo Tenaga pada Gardu Benih berfungsi untuk mentransfromasikan tenaga dari titik berat 275 ataupun 150 kV ke titik berat 20 kV.



Gambar 2.3 Transformator daya
Sumber : PT PLN (Persero)

b. Current Transformer (CT)

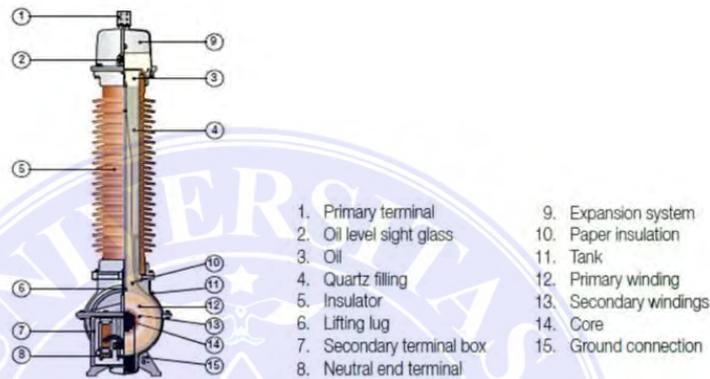
Trafo Arus (Current Transformator -CT) yakni perkakas yang digunakan untuk melakukan pengukuran besaran arus pada intalasi energi listrik disisi utama (TET, TT dan TM) yang berharga besar dengan melakukan ganti wujud dari besaran arus yang besar jadi besaran arus yang kecil dengan metode teliti dan teliti untuk keinginan pengukuran dan proteksi.



Gambar 2.4 Rangkaian CT (Current Transformer).
(Sumber : PT.PLN (Persero))

c. Voltage Transformer (VT)

Trafo tegangan ialah perkakas yang mentransformasi titik berat sistem yang lebih besar ke suatu titik berat sistem yang lebih kecil untuk kemauan perkakas indikator, perkakas ukur ataupun meter dan relai.



Gambar 2.5 Bagian-bagian VT (Voltage Transformer).
Sumber : PT PLN (Persero)

d. Kapasitor

Bank kapasitor (capacitor banks) ialah perkakas yang digunakan untuk membetulkan kualitas persediaan daya listrik antara lain membetulkan mutu titik berat di bagian berat, membetulkan pandangan tenaga ($\cos \phi$) dan mengurangi rugi - rugi transmisi. Kekurangan dari pemakaian bank kapasitor ialah menimbulkan harmonisa pada metode switching dan menginginkan rancangan istimewa PMT atau switching controller.



Gambar 2.6.Kapasitor Shunt.
Sumber : PT PLN (Persero)

e. Pemutus / Circuit Breaker (PMT / CB)

Berdasarkan IEV (International Electrotechnical Vocabulary) 441-14-20 dikatakan jika Circuit Breaker(CB) atau Pemutus Energi(PMT) yakni perkakas saklar ataupun switching mekanis, yang mampu menutup, mengalirkan dan menyudahi arus berat dalam suasana alami serta mampu menutup, mengalirkan(dalam bentang durasi lama spesial) dan menyudahi arus berat dalam suasana tidak wajar ataupun hambatan sejenis suasana hubung pendek(short circuit). Kebalikannya maksud PMT berasal pada IEEE C37. 100: 1992 (Standard definitions for power switchgear) ialah yakni perkakas saklar ataupun switching mekanis, yang mampu menutup, mengalirkan dan menyudahi arus berat dalam suasana alami sesuai dengan ratingnya serta mampu menutup, mengalirkan(dalam bentang durasi lama spesial) dan menyudahi arus berat dalam spesial suasana tidak wajar ataupun hambatan sesuai dengan ratingnya.



**Gambar 2.7 Fisik PMT / CB 150 kV.
Sumber : PT PLN (Persero)**

f. Pemisah / Disconnecting Switch (PMS / DS)

Disconnecting switch atau pemisah (PMS) suatu perkakas sistem energi listrik yang berfungsi berlaku seperti saklar pemisah lapisan listrik dalam suasana bertegangan atau tidak bertegangan tanpa arus berat. Penempatan PMS terpasang di antara dasar energi listrik dan PMT (PMS Bus) serta di antara PMT dan berat (PMS line ataupun kabel) dilengkapi dengan PMS Tanah (Earthing Switch). Untuk tujuan spesial PMS line ataupun Kabel dilengkapi dengan PMS Tanah. Umumnya antara PMS line ataupun Kabel dan PMS Tanah terdapat perkakas yang diucap interlock.



**Gambar 2.8. Fisik PMS / DS 150 kV.
Sumber : PT PLN (Persero)**

g. Lightning Arrester (LA)

Lightning Arrester (LA) yakni perkakas yang berfungsi untuk menghindari perkakas listrik lain dari titik berat surja (baik surja hubung atau surja petir). Surja dapat jadi merambat di dalam konduktor disaat kejadian kegagalan akhir perlindungan petir walhasil surja petir mengalir di dalam konduktor fasa, akibat nilai pentanahan yang besar baik di gardu benih ataupun di saluran transmisi, metode switching CB atau pun DS (surja hubung), dan Hambatan fasa- fasa, ataupun fasa- tanah baik di saluran transmisi atau di gardu benih.



**Gambar 2.9. LA pada Gardu Induk.
Sumber : PT PLN (Persero)**

Sistem kelistrikan gardu induk Paya Geli mempunyai interkoneksi dengan sebagian gardu induk yang lain dalam area tragi padang serta generator PLTG Jargi Binjai Gardu Induk itu lain:

1. Gardu Induk GIUGUR 1
2. Gardu induk GIUGUR 2
3. Gardu induk PAYA PASIR 1
4. Gardu induk PAYA PASIR 2
5. Gardu induk BINJAI 1
6. Gardu induk BINJAI 2
7. Gardu induk SEIAYANG 1
8. Gardu Induk SEIAYANG 2

2.4 Pengertian Pemutus Tegangan/Circuit Breaker (PMT)

Pemutus Tenaga (PMT) atau Circuit Breaker ialah suatu perkakas pemutus lapisan listrik pada suatu sistem energi listrik, yang mampu untuk membuka dan menutup lapisan listrik pada semua suasana, tertera arus hubung pendek, sesuai dengan ratingnya. Pula pada suasana titik berat yang alami ataupun tidak alami. Pemutus Energi(PMT) yakni suatau perkakas listrik yang berfungsi untuk menghindari sistem energi listrik apabila terangkai kelalaian atau hambatan pada sistem itu, terjadinya kelalaian pada sistem hendak menimbulkan berbagai akibat sejenis akibat termis, akibat magnetis dan aktif stability. Fungsi kuncinya ialah berlaku seperti perkakas pembuka atau penutup suatu lapisan listrik dalam suasana berbeban, serta mampu membuka atau menutup disaat terangkai arus hambatan (hubung pendek) pada jaringan atau peralatann lain.

Syarat-syarat yang wajib dipadati oleh sesuatu Pemutus Daya dalam system daya listrik merupakan selaku selanjutnya:

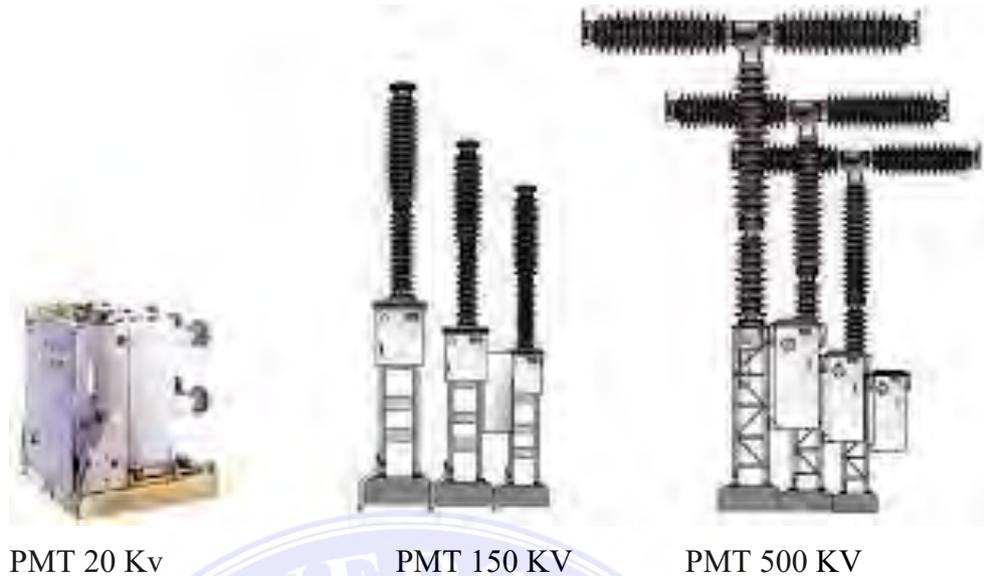
- a) Sanggup menuangkan arus maksimal sistem dengan cara selalu.

- b) Mampu mengakhiri dan menutup jaringan dalam situasi berbeban atau terhubung pendek tanpa menimbulkan kebangkrutan pada CB ataupun PMT itu sendiri.
- c) Dapat Mengakhiri arus hubung pendek dengan kecekatan besar biar arus hubung pendek tidak sampai mengusik perkakas sistem, membuat sistem kehilangan kemantapan, dan mengusik CB ataupun PMT itu sendiri.

Tiap PMT didesain sesuai dengan peranan yang akan dipikulnya, ada sebagian

Mengenai yang memerlukan dipikirkan dalam rancangan suatu PMT yakni:

- 1 Tekanan berdaya guna sangat besar dan gelombang tenaga jaringan dimana pemutus dayanya akan dipasang. Nilainya terpaut pada jenis pentanahan titik seimbang sistem.
- 2 Arus maksimum kontinyu yang akan dialirkan melampaui CB ataupun PMT. Nilai arus ini terpaut pada arus maksimum dasar tenaga atau arus nominal berat dimana CB ataupun PMT dipasang.
- 3 Arus hubung pendek maksimum yang akan diputuskan CB ataupun PMT itu.
- 4 lamanya maksimum arus hubung pendek yang dapat berjalan. Mengenai ini berhubungan dengan lama dini kontak yang dibutuhkan.
- 5 Jarak lapang antara bagian yang bertegangan besar dengan poin disekitarnya.
- 6 Jarak berpanjang-panjang arus bocor pada isolatornya.
- 7 Daya dielektrik alat isolator tengah kontak



**Gambar 2.10 .Macam Macam PMT
Sumber : (Badruzzaman, 2021)**

2.5 Pemutus Tenaga (PMT) di Gardu Induk

Pemutus tenaga (PMT) yakni suatu perkakas otomatis yang mampu menyudahi menutup lapisan pada semua suasana yakni suasana hambatan atau suasana alami, atau dapat pula berlaku seperti perkakas yang dibutuhkan untuk mengatur jaringan energi listrik dengan membuka circuit dengan menutup circuit(berlaku seperti sakelar) dengan membawa berat dengan metode pengawasan petunjuk atau otomatis, kebalikannya apabila dalam situasi hambatan atau situasi tidak alami PMT dapat membuka dengan desakan relay yang mengenali, walhasil hambatan dapat dipisahkan.

Syarat-syarat yang wajib dipadati oleh sesuatu PMT buat perlindungan saluran daya listrik adalah selaku selanjutnya:

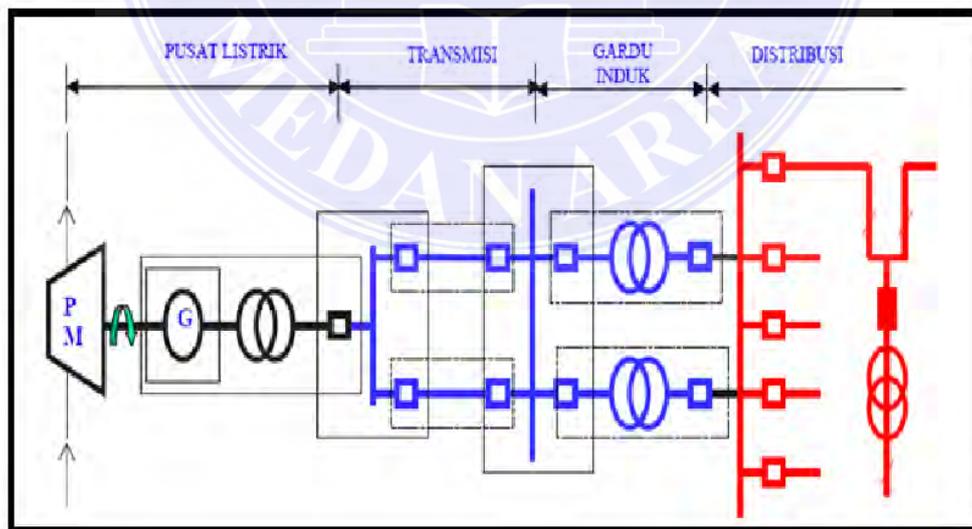
1. Sanggup menuangkan arus maksimal sistem dengan cara selalu.

2. Sanggup menyudahi dan menutup jaringan dalam kondisi berbeban ataupun tersambung pendek tanpa memunculkan kehancuran pada pemutus daya itu sendiri.
3. Bisa menyudahi arus sambung pendek dengan kecekatan besar supaya arus sambung pendek tidak hingga mengganggu perlengkapan sistem, membuat sistem kehabisan kuantitas, serta mengganggu pemutus daya itu sendiri.

2.6 Proteksi Gardu Induk dan Jaringan 150 kv Menggunakan Pemutus Tenaga (PMT) media Gas SF₆

A. Sistem Proteksi Jaringan

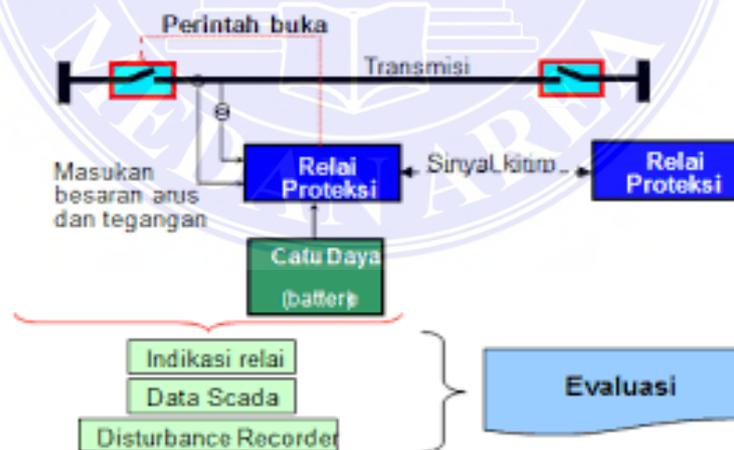
Jaringan energi listrik dengan metode garis besar terdiri dari pusat generator, jaringan transmisi, gardu benih dan jaringan distribusi. Jaringan energi listrik terdiri dari banyak perkakas yang berbeda jenis dan kepribadian dan dengan metode badan dipisahkan oleh pemutus energi(PMT).



Gambar 2.11 : jaringan sistem tenaga listrik
Sumber : (Fauzi,2011)

PMT berfungsi untuk memisahkan ataupun menyangkutkan satu bagian jaringan dengan bagian lain, baik jaringan dalam situasi alami atau dalam kondisi tersendat. Bagian- bagian jaringan itu dapat terdiri dari satu PMT atau lebih. Sistem jaringan 150 kV yakni sistem jaringan transmisi antara satu gardu lenih dengan gardu benih lain dengan pusat generator energi listrik.

Dalam usaha untuk meningkatkan keandalan penyediaan daya listrik, kemauan sistem proteksi yang memenuhi tidak dapat di hindarkan. Sistem proteksi terdiri dari perkakas CT, PT, PMT, peruntukan tenaga DC ataupun AC, relai proteksi, teleproteksi yang integrasikan dalam suatu lapisan wiring. Di bagian itu diperlukan pula perlengkapan pendukung untuk kelapangan operasi dan evaluasi sejenis sistem recorder, sistem scada dan pertanda relay(annunciator). Dengan metode biasa salah satu coretan sistem proteksi untuk jaringan berlaku seperti berikutnya:



Gambar 2.12 : sistem proteksi jaringan
Sumber : (Fauzi,2011)

Fungsi perlengkapan perlindungan ialah untuk mengidentifikasi hambatan dan memisahkan bagian jaringan yang tersendat dari bagian lain yang lagi fresh serta sekaligus mengamankan bagian yang lagi fresh dari kebangkrutan atau kehabisan yang lebih besar.

Sistem Proteksi harus memenuhi syarat sebagai berikut :

1. Sensitif ialah sanggup merasakan kendala sekecil apapun.
2. AndaI ialah hendak bertugas apabila dibutuhkan (dependability) serta tidak hendak bekerja apabila tidak dibutuhkan (security).
3. Berhati-hati ialah sanggup merelaikan jaringan yang tersendat saja.
4. Kilat ialah sanggup bertugas paling awal.

2.7 Penggunaan Gas Sulphur Hexa Fluorida (SF₆)

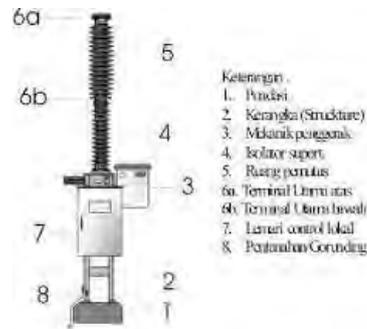
Sulphur Hexa Fluorida (SF₆) ialah sesuatu gas buatan antara faktor sulphur dengan fluor dengan respon eksotermis:



kilo kari. Gas SF₆ yakni gas terberat yang mempunyai massa jenis 6.139 kg ataupun m³ yakni dekat 5 kali berat hawa pada temperatur 0°C dan titik berat 1 atmosfer. Karakter gas SF₆ asli ialah tidak berbau, tidak bermotif, tidak beracun, tidak mudah terbakar, karakter tidak mengusik metal, plastik dan beraneka ragam modul yang umumnya digunakan dalam pemutus energi titik berat besar. Berlaku seperti isolasi listrik, gas SF₆ mempunyai energi dielektrik yang besar (2,35 kali hawa) dan energi dielektrik ini bertambah dengan pertambahan titik berat.

2.8 Bagian-Bagian Utama PMT Gas SF6

Penghantar Arus listrik (Electrical Current Carrying) Electrical current carrying



**Gambar 2.13 : bagian bagian utama PMT gas sf6
Sumber : (Johan Rahmat,2011)**

berfungsi untuk menghantarkan arus listrik. Penghantar arus listrik ini terdiri dari ruang pemutus energi dan stasiun berarti.

2.9 Fungsi Bagian Utama CB/PMT

Ruangan pemutus tenaga berfungsi sebagai ruangan pemadam busur api, yang terdiri dari :

1. Unit pemutus utama yang berperan selaku pemutus utama
2. Bagian pemutus ini berupa ruangan yang diselubungi bagian luar oleh isolator dari gelas dan disebelah dalamnya terdapat ruangan hawa, kontak- kontak beranjak yang dilengkapi oleh pegas penekan dan kontak tidak berubah- ubah selaku blantik yang ada melekat pada isolator gelas.
3. Unit pemutus pembantu berfungsi berlaku seperti pemutus arus yang melampaui tahanan Bagian pemutus pembantu ini berupa ruangan yang diselubungi bagian luar oleh isolator dari gelas dan disebelah dalamnya terdapat ruangan hawa, kontak- kontak- kontak beranjak yang

diengkapi oleh pegas penekan dan kontak tidak berubah- ubah berlaku seperti blantik yang ada melekat pada gelas

4. Katup

Berperan berlaku seperti pengatur hawa bertekanan ari pemutus utana ke bagian pemutus pembantu, walhasil kontak pada bagian pemutus pembantu akan terbuka kurang dari 25 ms (mikro detik) sesudah kontak-kontak pada pemutus berarti terbuka. Katup kelambatan ini berupa kolam berbentuk silinder yang bolong berlaku seperti ruang hawa dan pula terdapat ruang pengatur, katup penahan, katup pengatur, rumah perapat dan tempat katup.

5. Tahanan

Tahanan ini dipasang paralel dengan unit pemutus utama, yang berfungsi untuk mengurangi kenaikan harga dari tegangan pukul dan mengurangi arus pukulan pada waktu pemutusan.

6. Kapasitor

Kapasitor dipasang paralel dengan tahanan unit pemutus utama dan unit pemutus pembantu, yang berfungsi untuk mendapat kan pembagian tegangan yang sama pada setiap celah kontak, sehingga kapasitas pemutusan pada setiap celah sama besarnya.

7. Kontak-kontak

1. Unit pemutus utama k0ntak bergerak dilapisi dengan perak terdiri dari :

a.Kepala konta bergerak

b. Silinder kontak

c. Jari-jari kontak

- d. Batang kontak
 - e. Pegangan kontak-kontak tetap, terdiri dari kepala kontak dan Pegangan kontak
2. Unit pemutus pembantu
- a. Kontak bergerak
 - b. Kontak tetap, yang terdiri dari Jari-jari kontak dan Pegangan kontak

2.10 Klasifikasi CB/PMT

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

- 1. Tegangan rendah (Low Voltage), dengan range tegangan 0,1 - 1 kV.
 - 2. Tegangan menengah (Medium Voltage), dengan range tegangan 1 kV - 35 kV.
 - 3. Tegangan tinggi (High Voltage), dengan range tegangan 35 kV - 245 kV.
 - 4. Tegangan extra tinggi (Extra High Voltage), dengan range tegangan lebih dari 245 Kv.
- b) Berdasarkan Jumlah Mekanik Penggerak (Tripping Coil)

Berdasarkan jumlah mekanik penggerak, CB/PMT dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu :

2.10.1 Single Pole

Tipe ini mempunyai mekanik penggerak pada masing-masing pole
Umumnya tipe ini dipasang pada bay penghantar agar bisa reclose satu fasa.

2.10.2 Three Pole

Tipe ini mempunyai satu mekanik penggerak untuk tiga fasa, guna menghubungkan fasa satu dengan fasa lainnya di lengkapi dengan kopel mekanik, umumnya tipe ini dipasang pada bay trafo dan bay kopel serta CB/PMT 20 kV untuk distribusi

2.11 Pengoperasian PMT Gas SF6

Pemutus tenaga (PMT) Gas SF6 dioperasikan adalah 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 dinamakan manuver. Manuver dilaksanakan sesuai ijin dari pusat / region, dan akan dicatat SOP dari pengoperasian manuver tersebut. Pengoperasian PMT itu sendiri bisa diremote / dikendalikan dari pusat atau region oleh dispanser, ataupun bisa dilakukan manual dari gardu induk itu sendiri, tergantung dari kesepakatan komunikasi sebelum dilaksanakan proses manuver. Dalam proses manuver, PMT tidak bekerja sendiri tetapi ada peralatan yang dinamakan pemisah (PMS). PMS ini berfungsi untuk memisahkan peralatan yang ada di gardu induk dengan kondisi tidak berbeban. Berikut proses pengoperasian PMT gas SF6 yang terdiri dari pembukaan jaringan yang berarti pembebasan tegangan dan penutupan jaringan yang berarti pemberian tegangan.(Fauzi,2011)

1. Pembukaan Jaringan

Pembukaan jaringan atau pembebasan tegangan dilakukan apabila ada suatu gangguan yang terjadi pada peralatan di dalam maupun di luar gardu induk

atau dalam sistem transmisi, dan juga apabila akan diadakan proses pemeliharaan peralatan-peralatan di dalam maupun di luar lingkup gardu induk.

Hal yang perlu diperhatikan dalam pembukaan jaringan :

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

Urutan pembukaan jaringan adalah sebagai berikut :

- a. PMT dikeluarkan (1)
- b. PMS busbar dikeluarkan (2)
- c. PMS line dikeluarkan (3)
- d. PMS tanah dimasukkan (4)

1. Penutupan jaringan

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

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

Urutan penutupan jaringan adalah sebagai berikut:

- a. PMS tanah dikeluarkan (1)
- b. PMS busbar dimasukkan (2)
- c. PMS line dimasukkan (3)
- d. PMT dimasukkan (4)

(Fauzi,2011

2.12 Cara kerja pemutus tenaga (PMT) dengan media Gas SF6.

Gas SF6 memiliki sifat tidak berwarna, tidak berbau, tidak beracun dan tidak mudah terbakar. Pada temperatur diatas 150° C gas SF6 mempunyai sifat tidak merusak metal, plastik dan bermacam-macam bahan yang umumnya digunakan dalam pemutus tenaga tegangan tinggi. Sebagai isolasi listrik, gas SF6 mempunyai kekuatan dielektrik yang tinggi (2 - 3 kali dari udara) dan kekuatan dielektrik ini bertambah dengan pertambahan tekanan. Sifat lain dari gas SF6 ialah mampu mengembalikan kekuatan dielektrik dengan cepat, setelah arus bunga api listrik melalui titik nol. Pada PMT tipe tekanan tunggal, diisi gas SF6 dengan tekanan kira kira 5 Kg/cm². Selama pemisahan kontak-kontak, gas SF6 ditekan kedalam suatu tabung atau silinder yang menempel pada kontak bergerak. Pada waktu pemutusan gas SF6 ditekan melalui nozzle dan tiupan ini yang memadamkan busur api. Pada tipe tekanan ganda, gas dari sistem tekanan tinggi dialirkan melalui nozzle ke gas sistem tekanan rendah selama pemadaman busur api. Pada tipe tekanan tinggi tekanan gas kurang lebih 12 Kg/cm dan pada sistem gas tekanan rendah tekanan gas kurang tekanan tinggi. (Iman setiono,2018).

2.13 Gangguan Sistem Distribusi

Untuk dapat menghitung besarnya arus gangguan yang terjadi pada saluran Distribusi perlu diketahui data mengenai trafo tenaga yang terdapat pada Gardu Induk. Ada beberapa jenis gangguan yang terjadi pada saluran distribusi diantaranya, yaitu :

2.13.1 Gangguan hubung singkat 3 fasa

Hubung singkat tiga fasa adalah gangguan hubung singkat yang terjadi karena bersatunya semua ketiga penghantar fasa. Gangguan ini dapat diakibatkan Oleh tumbangnya pohon kemudian menimpa kabel jarigan.

Rumus dasar yang digunakan dalam perhitungan arus gangguan hubung singkat adalah :

1. Hubung singkat Tiga-Fasa

$$I_{1F} = I_F = \frac{E_{ai}}{Z_1} \dots \dots \dots (2.1)$$

2.13.2 Gangguan hubung singkat 2 fasa

Hubung singkat dua fasa adalah gangguan hubung singkat yang terjadi karena bersentuhannya antara penghantar fasa yang satu dengan satu penghantar fasa yang lainnya sehingga terjadi arus lebih (over current). Gangguan ini dapat diakibatkan oleh pohon- pohon yang cukup tinggi dan tertiuip oleh angin kencang. Jika terjadi gangguan hubung singkat dua fasa, arus hubung singkatnya biasanya lebih kecil dari pada arus hubung singkat fasa. Rumus dasar yang digunakan dalam perhitungan arus gangguan hubung singkat adalah :

Hubung singkat Dua-Fasa

$$I_{1F} = I_{2F} = \frac{E_{a1}}{Z_1 + Z_2}$$

$$I_F = \sqrt{3} \cdot I_{2F} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

I_h : Arus gangguan

Ep.u. : Tegangan Fasa

ZT : Impedansi

2.14 Thermovisi

Thermovisi adalah Pengukuran suhu dengan *Thermography* akan selalu memberikan nilai absolut dari objek terukur. Untuk menentukan dengan benar apakah suhu objek terlalu panas (*overheating*), ada dua pendekatan yang harus dilakukan dalam menyikapi hasil ukur yang didapat.

Tabel 2.1 : STANDART NETA

KATEGORI	HASIL UKUR (Δt)	KONDISI
I	<10°C	Kondisi normal, pengukuran (satu bulan sekali)
II	10°C -25°C	perlu dilakukan pengukuran satu bulan lagi
III	25°C -40°C	Perlu direncanakan perbaiki
IV	40°C -70°C	Perlu dilakukan perbaiki segera
V	>70°C	Kondisi darurat (emergency) harus di perbaiki

1. Sedangkan untuk peralatan dalam ruangan variasinya akan lebih besar.
2. Membandingkan hasil ukur dengan hasil ukur objek lain yang sama disekitarnya (objek tetangga). Pada suhu operasinya, peralatan listrik yang rusak atau bekerja dalam kondisi tidak normal akan memberikan hasil ukur

yang berbeda dengan peralatan listrik lain yang sama disekitarnya. Perbedaan hasil ukur ini (Δt), dikelompokkan menjadi 5 (lima) kategori

membandingkan hasil ukur dengan suhu operasi objek. Suhu operasi adalah suhu normal dengan mempertimbangkan faktor pembebanan pada objek dan pengaruh suhu lingkungan disekitarnya (suhu *ambient*). Untuk peralatan diluar Gardu Induk (GI)/GITET/GIS atau di saluran transmisi, suhu operasi objek umumnya hanya 1°C atau 2°C diatas suhu lingkungan (*ambient*)

2.15 Jenis Thermovisi Yang Digunakan saat ini di Gardu Induk Paya Geli

Ada beberapa jenis thermovisi yang biasa digunakan. Untuk Gardu Induk paya geli menggunakan alat thermovisi sebagai berikut:

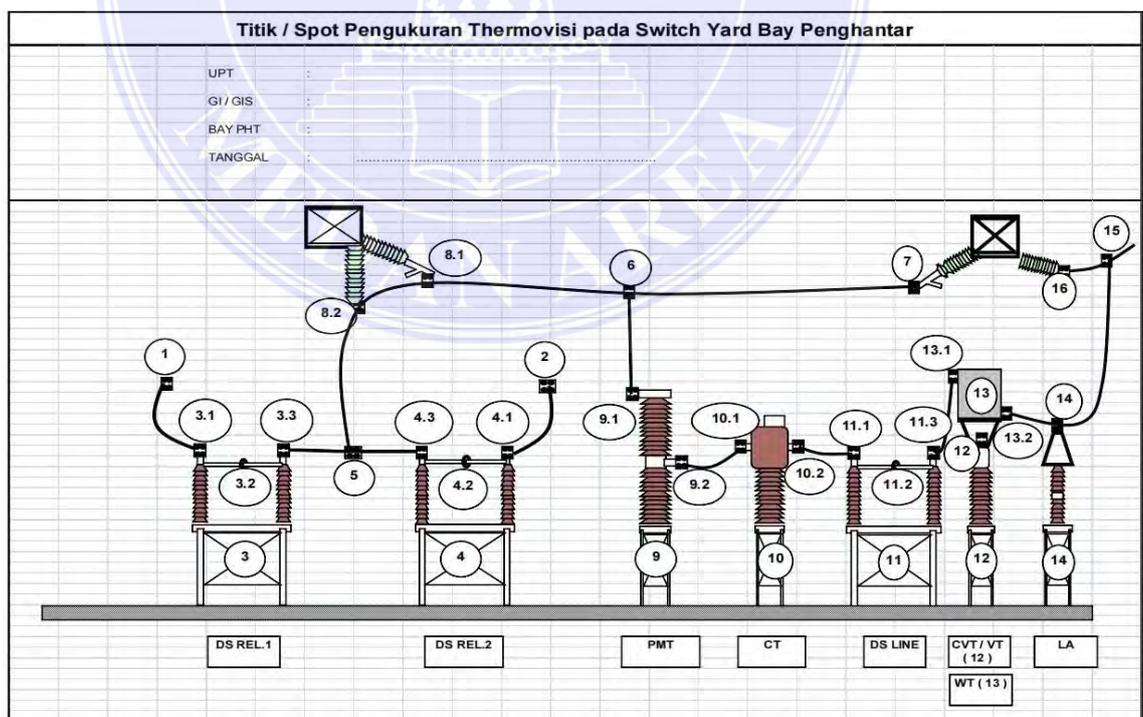
Tabel 2.2 :Thermovisi

Merk	FIIR	
Tipe	FIIR E64501	
Seri	5306A	

2.16 Fungsi Dan Tujuan Kegiatan Thermovisi Dalam Melihat Hotspot

Fungsi dari melakukan kegiatan Thermovisi adalah untuk melihat titik-titik hotspot pada Peralatan yang ada di Gardu Induk (switch yard). Teknik dari cara melakukannya adalah dengan melihat suhu dari jauh menggunakan infrared yang dimiliki Thermovisi, suhu dapat dilihat pada skala warna (Gradasi). Bila suhu tertinggi yang terekam masih dibawah yang diijinkan, maka evaluasi foto dianggap normal. Namun bila terjadi pemanasan lebih setempat, sehingga terdapat perbedaan suhu yang signifikan (dari gradasi warna) antar bagian peralatan, berapapun besarnya maka keadaan ini harus segera ditangani, karena pasti terjadi penyimpangan. Gradasi warna pada infrared yang ditemukan pada peralatan tersebut

2.17 Titik Yang Perlu Untuk Di Thermovisi Pada CT/PMT



**Gambar 2.14 : Titik yang di Thermovisi pada PMT
Sumber : PT PLN (Persero)**

Dalam melakukan thermovisi ada beberapa titik pada peralatan yang harus di thermovisi. Hal tersebut dilakukan karena pada titik-titik tersebut sering terdapat titik hotspot yang sangat tinggi. Berikut ini akan di lampirkan gambar dari titik-titik yang harus di thermovisi secara baik dan benar

Keterangan gambar :

1. Klem Busbar 1 arah rel 1
2. Klem busbar 2 arah rel 2
3. PMS rel 1
 - a. Klem arah Busbar 1
 - b. Pisau pada PMS
- c. Klem arah jumper rel 1 – rel 2
4. PMS rel 2
 - a. Klem arah Busbar 2
 - b. Pisau PMS bus 2
- c. Klem arah jumper rel 1 – rel 2
5. Klem jumper rel 1 – rel 2
6. Klem T arah PMT
7. Klem Gentry arah klem T arah PMT
8. Glagar / Jumper
 - a. Klem isolator tarik arah PMS rel 1 - rel 2
 - b. Klem isolator Gantung\arah PMS rel 1 – rel 2
9. PMT
 - a. Pole atas arah rel
 - b. Pole bawah arah arah CT/CVT

10. CT/CVT
 - a. Klem arah PMT
 - b. Klem arah LA
11. Klem LA
12. Klem Bushing 150 kV (Primer)
13. Klem Bushing 20 kV (Skunder)
14. Klem move kabel 20 kV/ klem isolator duduk 20 kV
15. Klem bushing Netral Primer
16. Klem bushing Netral Skunder
17. Klem bushing Tertier
18. Bushing 150 kV phasa R
19. Konvensator
20. Radiator
21. NGR (Netral Grounding Resistan)
22. Body Trafo Daya 60 MVA
23. Body OLTC (On Load Tap cangger)

Pemeriksaan thermovisi digunakan untuk melihat titik-titik sambungan pada instalasi yaitu konduktor dan klem, hal ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan suhu antara konduktor dan klem. Pada umumnya kegiatan Thermovisi dilakukan satu minggu sekali. Dalam melaksanakan kegiatan thermovisi ada dua hal yang harus di perhatikan dalam hasil ukurnya sesuai dalam standard yang ada. Yaitu:

1. Membandingkan hasil ukur, dengan suhu operasi objek.
2. Membandingkan hasil ukur dengan objek lain yang sama di sebelahnya.

Melaksanakan pengukuran pada temperatur akan menggunakan alat pengukur suhu thermovisi dilakukan antara dua titik pada setiap objek, titik ukur sebagai berikut :

Nilai Temperaturi dalam konduktor(T1)

Nilai Temperatur dalam klem (T2)

2.18 Kawat Penghantar (Konduktor)

Kawat penghantar (konduktor) adalah kawat yang berfungsi untuk menyalurkan tegangan dari satu titik ke titik lainnya. Kawat penghantar yang baik adalah kawat yang nilai resistansinya kecil, sehingga rugi-rugi yang dihasilkan akan kecil pula dan tegangan yang sampai ke beban dapat tersalurkan dengan maksimal. Bahan-bahan kawat penghantar yang dipergunakan untuk penyaluran energi listrik harus memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

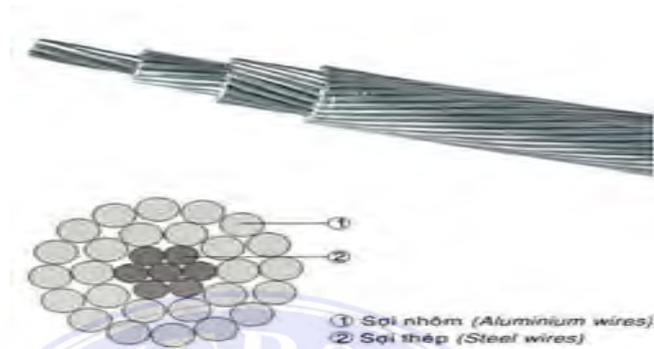
1. Konduktivitas tinggi
2. Kekuatan tarik mekanikal tinggi
3. Titik berat
4. Tidak mudah patah

Pengahantar yang lajim di digunakan antara lain :

1. Aluminium

Aluminium murni mempunyai massa jenis $2,7 \text{ g/cm}^3$, α nya $1,4.10^{-5}$, titik leleh 658°C dan tidak korosif. Daya hantar aluminium sebesar 35 m/ohm.mm^2 atau kira kira 61,4% daya hantar tembaga. Aluminium murni mudah di bentuk karena lunak,kekuatan tariknya hanya 9 kg/mm^2 . Untuk itu jika aluminium di gunakan sebagai penghantar yang di mensinya cukup besar, selalu diperkuat dengan baja atau paduan aluminium.pengunaan yang demikian misalnya :

ACSR (Aluminium Konduktor Steel Reinforced), ACAR (Aluminium Konduktor Aloy Reinforcet). Konstruksi penghantar-penghantar dari aluminium seperti terlihat pada gambar :



Gambar 2.15 Konduktor ACSR 1

Sumber ; <http://blog.unnes.ac.id/crowds/kawat-acsr/>

Menurut ASA (American Standart Asosiasi) Padauan alumium di beri penandaan sprerti ditunjukkan pada tabel

Tabel 2.3 jenis konduktor

Bahan	Penandaan
Aluminium, kemurnian minimum 99% Paduan yang mayoritas terdiri dari :	1XXX
Tembaga	2XXX
Mangan	3XXX
Silikon	4XXX
Magnesium	5XXX
Magnesium dan silikon	6XXX
Seng	7XXX
Lain lainnya	8XXX
Seri seri yang di gunakan	9XXX

2. Baja

Baja merupakan logam yang terbuat dri besi dengan campuran karbon,berdasarka campuran karbonya,baja dikategorika menjadi 3 yaitu :

Baja dengan karbon rendah (0 – 0,25 %),baja dengan kadar karbon menengah (0,25 hingga 0,55%) ,baja dengan kadar karbon tinggi (di atas 0,55%). Meskipun konduktivitas baja rendah yaitu $7,7 \frac{m}{\Omega.mm^2}$ tetapi digunakan pada penghantar transmisi yaitu ACSR , fungsi baja dalam hal ini adalah untuk memperkuat konduktor aluminium secara mekanis setelah digalvanis dengan seng. Keuntungan dipakainya baja pada ACSR adalah menghemat pemakaian aluminium. Berdasarkan pertimbangan tersebut dibuat penghantar bimetal seperti ditunjukkan pada gambar : (jangan dikacaukan dengan termal bimetal yang biadanya untuk pengaman).

Dua hal yang menguntungkan dari penghantar bimetal ,yaitu :

1. Pada arus bolak balik ada kecenderungan arus melalui bagian luar konduktor (efektif kulit)
2. Dengan melapisi baja penggunaan tembaga,maka baja sebagai penguat penghantar terhindar dari korosi.

Pemakai penghantar bimetal selain untuk kawat penghantar adalah untuk :
Busbar,pisau hubung.

Perhitungan kapasitas hantar arus pada saluran transmisi udara menurut IEEE Std.738 (1993) memenuhi persamaan keseimbangan panas yaitu panas yang dibangkitkan oleh konduktor (panas rugi-rugi listrik + panas penyerapan matahari) sama dengan panas yang dilepaskan konduktor secara konveksi dan radiasi

$$W_e + W_s = W_c + W_r$$

Untuk, $W_e = I^2 R$ (Watt/meter)

dengan :

W_e = rugi listrik

I = Arus penghantar (A)

R = Tahanan (Ohm/meter)

Panas yang diserap dari matahari W_s diberikan oleh :

$$W_s = \alpha \cdot E \cdot d_c \text{ (Watt/meter)}$$

dengan :

α = Koefisien serap matahari (1 untuk konduktor lama, 0,6 untuk konduktor baru).

E = Intensitas radiasi matahari (1000 – 1500 Watt/m²)

d = Diameter konduktor (meter)

2.18.1 Pengaruh Temperatur

Panjang konduktor bergantung kepada perubahan temperatur konduktor, apabila temperatur konduktor meningkat maka akan menyebabkan pemuluran (creep) konduktor Misalkan :

l_o = panjang kawat tidak ditegang pada 0°C.

l_t = panjang kawat tidak ditegang pada temperatur 0° C.

L_o = panjang kawat ditegang pada 0°C.

L_t = panjang kawat ditegang pada 0°C.

α = koefisien muai panjang.

H_t = perpanjangan ideal kawat δ karena tegangan pada 0°C.

E = modulus elastisitas kawat.

t = temperatur kawat 0°C

σ_t = tegangan spesifik kawat pada 0°C

Maka, $l_{t_1} = l_o (1 + \alpha t_1)$ dan

$$l_{t_2} = l_o (1 + \alpha t_2)$$

Perubahan panjang kawat karena perubahan temperatur,

$$l_{t_2} - l_{t_1} = l_o \cdot \alpha (t_2 - t_1)$$

Perubahan temperatur akan menyebabkan perubahan tegangan (stress) dalam kawat sesuai dengan hukum Hooke,

$$\begin{aligned} L_t &= l_t (1 + \epsilon_t) = l_t (1 + \delta_t/E) \\ &= l_o (1 + \alpha t') (1 + \delta_t/E) \end{aligned}$$

elektronik Jurnal Arus Elektro Indonesia (eJAEI)

Perubahan kawat yang ditegang perubahan temperatur dari t_1 ke t_2 adalah ;

$$L_{t_2} - L_{t_1} = l_o (1 + \alpha t_2) (1 + \sigma_{t_2}/E) - l_o (1 + \alpha t_1) (1 + \sigma_{t_1}/E)$$

$$L_{t_2} - L_{t_1} = l_o [\alpha (t_2 - t_1) + \frac{1}{E} (\sigma_{t_2} - \sigma_{t_1})]$$

Suku baris kedua dari persamaan terakhir ini kecil sekali sehingga dapat diabaikan. Jadi secara pendekatan,

$$L_{t_2} - L_{t_1} = l_o [\alpha (t_2 - t_1) + \frac{1}{E} (\sigma_{t_2} - \sigma_{t_1})]$$

2.18.2 Pengaruh Tekanan Angin

Tekanan angin akan mempengaruhi berat spesifik kawat. Berat sendiri kawat bekerja vertikal sedang tekanan angin dianggap seluruhnya bekerja horizontal. Jumlah vektoris kedua gaya ini menjadi berat total spesifik kawat .

Tekanan angin dinyatakan oleh :

$$P = f \cdot p \cdot F$$

dengan :

P = tekanan angin (kg)

f = factor bentuk.

$$p = \text{tekanan angin spesifik (kg/mm}^2) = V^2 / 16 \text{ kg/mm}^2$$

$$v = \text{kecepatan angin (m/dt)}$$

$$F = \text{Luas permukaan kawat yang tegak lurus arah angin (m}^2)$$

Karena tekanan angin tidak merata maka digunakan koefisien ketidaksamaan (d=0.75 di Indonesia) jadi :

$$P = f . d . p . F$$

dengan p bergantung dari tinggi kawat penghantar diatas permukaan tanah dan f bergantung dari diameter kawat penghantar, Nilai dari F diambil = panjang kawat dikalikan dengan diameter kawat konduktor. Sehingga berat total spesifik kawat penghantar (Kg/m/mm²) adalah sebagai berikut:

$$\delta_m = \sqrt{\delta^2 + \delta_w^2}$$

dengan : $\alpha \sigma \delta m$

$$\delta_w = \text{tekanan angin spesifik}$$

$$= P/q \text{ (kg.m}^{-1} \text{.mm}^2 \text{)}.$$

$$\delta = \text{berat sendiri spesifik kawat} = W/q \text{ (kg.m}^{-1} \text{.mm}^2 \text{)}.$$

$$\delta_m = \text{berat total spesifik kawat (kg.m}^{-1} \text{.mm}^2 \text{)}$$

2.19 Klem sambungan

Klem konduktor penghantar digunakan untuk memegang konduktor dan menopang. Umumnya terbuat dari campuran aluminium atau tembaga sesuai dengan kebutuhannya, dipergunakan untuk pengikat konduktor fasa.

2.19.1 Tembaga

Cu (Tembaga) merupakan salah satu unsur logam transisi yang berwarna coklat kemerahan dan merupakan konduktor panas dan listrik yang sangat baik. Di alam, tembaga terdapat dalam bentuk bebas maupun dalam bentuk senyawa-senyawa, dan terdapat dalam bentuk biji tembaga seperti (CuFeS₂), kuprit (Cu₂O), kalkosit (Cu₂S), dan malasit (Cu₂(OH)₂CO₃). Spesifikasi tembaga :

Massa jenis : 8,9 gr/cm³

Titik lebur : 1083°C

Kekuatan tarik : 160 N/mm²

Logam ini termasuk logam berat non besi (logam dan paduan yang tidak mengandung Fe dan C sebagai unsur dasar) yang memiliki sifat penghantar listrik dan panas yang tinggi, keuletan yang tinggi dan sifat tahanan korosi yang baik (Wikipedia, 2010). Sehingga produksi tembaga sebagian besar dipakai sebagai kawat atau bahan untuk menukar panas dalam memanfaatkan hantaran listrik dan panasnya yang baik. Biasanya dipergunakan dalam bentuk paduan, karena dapat dengan mudah membentuk paduan dengan logam – logam lain diantaranya dengan logam Pb dan logam Sn (Van Vliet, et.al., 1984).

2.19.2 Aluminium

Alumunium merupakan jenis logam tahan karat, aplikasi alumunium ini biasanya untuk keperluan benda yang digunakan pembuatan bahan makanan. Selain itu karena mempunyai sifat yang ringan dan tahan karat alumunium digunakan juga untuk perabotan rumah tangga seperti penggorengan dan alat masak lainnya. Titik lebur Alumunium sebesar 657°C, namun alumunium

mempunyai sebuah lapisan yang dinamakan Oksida Alumunium yang mempunyai titik lebur sebesar 2020 – 2050 °C.

2.20 Faktor yang mempengaruhi suhu Hotspot

Selama beroperasi, peralatan gardu induk (switchyard) yang menghantarkan arus listrik akan mengalami pemanasan, karena kerugian arus mengalir dalam konduktor yang disebabkan oleh hambatan. Banyaknya peralatan yang sudah berusia tua dan jarak switchyard berdekatan dengan perbatasan switchyard yang lain, jadi sering mengalami manuver sehingga rawan muncul suhu panas (hot point). Bagian terminal dan sambungan pada switchyard adalah bagian yang sering mengalami pemanasan, terutama antara dua metal yang berbeda, serta penampang konduktor yang mengecil karena korosi. Keadaan tahanan kontak di pengaruhi beberapa faktor yaitu, kebersihan bidang kontak sambung, kekencangan baut pengikat (untuk tipe baut), kerapatan pengepresan (untuk tipe press), dan perbedaan bahan pada bidang sambungan.

2.21 Hal Penting Saat Melakukan Thermovisi

hal yang harus kita ketahui untuk mendapatkan nilai yang akurat dan sebagai bahan evaluasi hasil Thermovisi, antara lain:

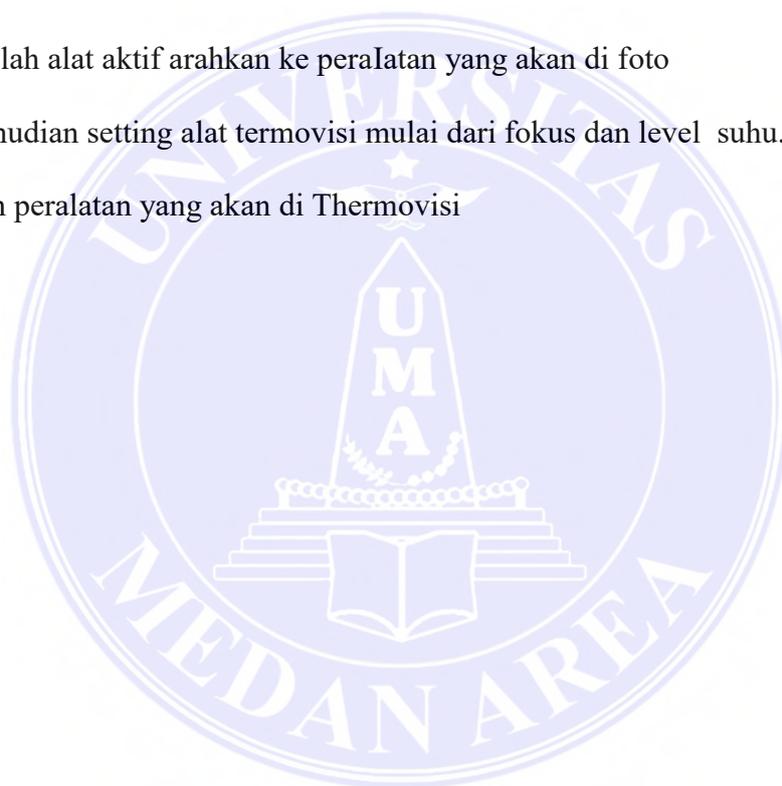
2.21.1 Beban peralatan

Beban peralatan adalah besaran arus atau tegangan yang di salurkan dalam peralatan yang akan kita Thermovisi. Karena jumlah dari beban sangatlah mempengaruhi hasil thermovisi yang kita lakukan. Pada prinsipnya apabila beban yang di alirkan semakin tinggi maka titik hotspot yang ada pasti juga akan tinggi

2.22 Cara Menggunakan Alat Thermovisi Gi Paya Geli

langkah-langkah :

- a. Siapkan alat Thermovisi
- b. Masukkan memori ke dalam alat thermovisi
- c. Pastikan bahwa batere pada alat thermovisi cukup untuk melakukan thermovisi
- d. Tekan tombol  (power) sedikit lama pada alat thermovisi tersebut hingga aktif
- e. Setelah alat aktif arahkan ke peralatan yang akan di foto
- f. Kemudian setting alat termovisi mulai dari fokus dan level suhu.
- g. Pilih peralatan yang akan di Thermovisi



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian : Semester Genap Tahun Ajaran 2022

Tempat penelitian : Switchyard PT. PLN (Persero) Gardu Induk Sei Paya Geli.

3.2 Analisa kebutuhan

Dalam proyek akhir Penulis akan melakukan mencari berbagai referensi penelitiannya, dan mengumpulkan data ilmiah dari penelitian pada lokasi, analisa serta hasil yang baik Pengumpulan nilai hasil yang akan dilakukan satu kali pada satu bulan yaitu bulan 2020 di (GI) atau Gardu Induk Paya Geli 150 KV. Pengumpulan data ini dilakukan dengan alat termovisi menggunakan alat suhu termovisi untuk mengukur suhu mendeteksi pada permukaan klem yang ada pada sambungan, ataupun konduktor. Alat ukur suhu termovisi juga akan digunakan untuk saat melihat nilai data emisivitas objek akan diukur untuk mencari rata-rata nilai emisivitasnya, lalu dengan metode uji perhitungannya maka kita akan dimasukkan ke metode yang disebut validasi untuk mendapatkan metode uji yang mempunyai nilai presisi dan nilai akurasi yang baik. Kerangka kerja ialah langkah-langkah pada saat dalam penyelesaian masalah yang demikian maka dapat kita uraikan pada pembahasan masing-masing tahap nilai dalam penelitian tersebut adalah sebagai berikut:

3.2.1 Metode Pengambilan Data

Dalam melakukan studi ini, tahapan- tahapan yang dicoba dengan metode berentetan dan disusun dengan metode analitis dengan tujuan mendapatkan keterhubungan antara data dan informasi yang diterima dengan hasil yang ingin diperoleh.

3.2.2 Studi Literatur

Studi Literatur adalah yaitu mempelajari literatur-literatur yang berkaitan dan sekaligus menjadi referensi sebagai penunjang topik permasalahan yang hendak diangkat bertujuan untuk menambah wawasan penulis.

3.2.3 Observasi

Observasi adalah melakukan survey lapangan dan pengambilan data yang diperlukan dalam menganalisa dan penyelesaian agar lebih mengetahui masalah yang sebenarnya terjadi dan untuk mendapatkan informasi tentang data yang dibutuhkan.

3.2.4 Wawancara

Wawancara dilakukan penulis untuk mendapatkan informasi dari supplier maupun narasumber tempat yang bersangkutan untuk menguatkan / memperdalam pemahaman akan masalah yang akan di bahas beserta data, sehingga informasi yang di dapat lebih akurat.

3.3 Variabel Penelitian

Data yang diperlukan untuk melakukan analisis terkait hot spot di Gardu Induk Paya Geli adalah sebagai berikut :

1. Single Line Diagram Gardu Induk Paya Geli.
2. Titik-titik peralatan yang akan di ukur.
3. Hasil pengukuran thermovisi.
4. Arus maksimum yang pernah dicapai bay penghantar Paya Geli-Glugur 1 (periode 1 bulan).
5. Arus bay penghantar Paya Geli-Glugur

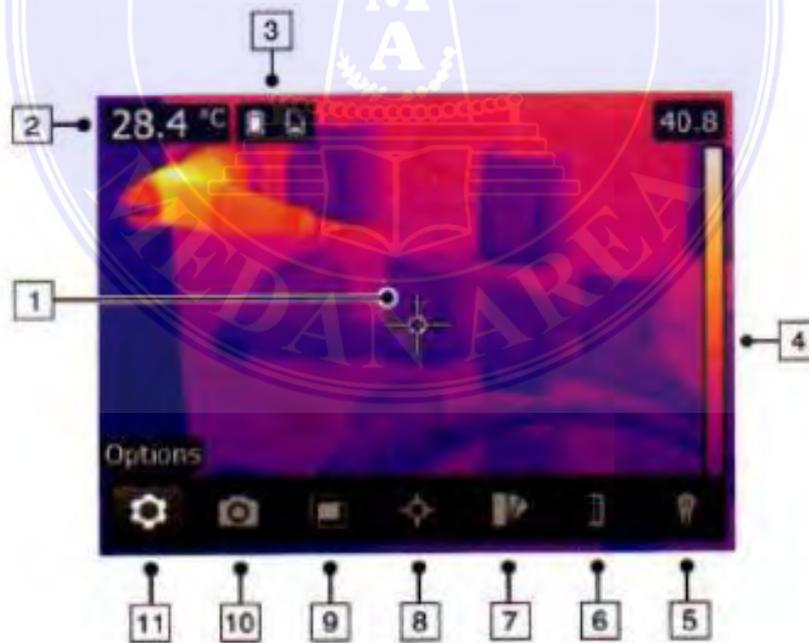
A. Langkah Pengambilan Gambar Thermal :

1. Masukkan baterai ke dalam kompartemen baterai di kamera
2. Masukkan kartu memori pada slot memori di kamera
3. Tekan tombol untuk menyalakan kamera
4. Tunggu sampai proses startup atau loading selesai
5. Atur nilai-nilai parameter sesuai dengan objek yang akan diamati dan kondisi lingkungan
6. Pilih alat pengukuran yang akan digunakan misalnya, spot atau box (area)
7. Arahkan kamera pada objek yang akan diamati
8. Mengatur fokus dengan memutar focus ring
9. Tekan tombol Save untuk menyimpan gambar
10. Jalankan perangkat lunak FLIR Tools pada komputer (Install jika belum ada di komputer)
11. Gunakan kabel USB untuk mengoneksikan kamera dengan komputer
12. Pindahkan gambar yang telah diambil ke FLIR Tools untuk kemudian dilakukan analisis dan membuat laporan

B. Tips dalam pengambilan Gambar Thermal :

1. Pastikan Anda aman
2. Fokus
3. Pilih range temperatur yang benar
4. Komposisi gambar atau penempatan objek pada layar
5. Minimalisir efek pantulan
6. Pilih latar belakang sederhana mungkin
7. Pilih sudut pengambilan yang benar
8. Pilih area yang memiliki emisivitas tinggi untuk melakukan
9. Pengukuran
10. Peganglah kamera dengan stabil

C. Bagian-bagian Layar pada thermovisi dapat dilihat pada



**Gambar 3.1 Tampilan Thermovisi
(Sumber : PT PLN (Persero))**

Tabel 3.1 : Keterangan Bagian Bagian layar Thermovisi

NO	Keterangan
1	Alat ukur
2	Hasil Pnegukuran
3	Ikon Status dan Pembritahuan
4	Skala Suhu
5	Tombol toolbar Lampu
6	Tombol toolbar skala suhu
7	Tombol tolbar warna
8	Tombol toolbar Pengukuran
9	Tombol toolbar model gambar
10	Tombol toolbar perekaman
11	Tombol toolbar pilihan

Catatan: Untuk menampilkan sistem menu, sentuh layar atau tekan tombol navigasi.

Dalam pengukuran menggunakan Thermovisi ada dua hal yang perlu diperhatikan berdasarkan pada STANDAR NETA, yaitu :

1. Membandingkan hasil ukur, dengan suhu operasi objek
2. Membandingkan hasil ukur dengan objek lain yang sama disekitarnya.

Objek lain yang sama yakni objek yang memiliki bentuk yang sama tetapi ukuran atau lokasi yang berbeda.

Standar yang digunakan untuk menentukan suhu objek adalah sebagai berikut:

Kondisi normal

- 0°C – 10°C : Kondisi baik
- 10°C - 25°C : Periksa saat pemeliharaan
- 25°C - 40°C : Rencana Perbaikan (max 30 hari)

Kondisi tidak normal

- 40°C – 70°C : Perbaiki segera
- 70°C : kondisi darurat

3.4 Perhitungan suhu klem dan suhu konduktor

Saat melakukan perhitungan dengan menggunakan rumus atau persamaan pendekatan dari kriteria ΔT (Delta –T). Sampel yang akan diambil yaitu fasa R,S,T, PMT BY GLUGUR 1 yang ada di Gardui Induk (GI) Paya Geli 150 kV, Rumus dari perbandingan suhu klem dengan suhu konduktor yaitu :

$$\Delta T = \left(\frac{I_{maks}}{I_{saat\ termovisi}} \right)^2 (T_{klem} - T_{konduktor}) \quad \dots\dots(3.1)$$

Keterangan :

- ΔT = Selisih suhu klem terhadap konduktor
- I_{maks} = Arus maksimal
- $I_{saat\ termovisi}$ = Arus saat thermovisi
- T_{klem} = Suhu klem
- $T_{konduktor}$ = Suhu konduktor

3.5 Menghitung Emisivitas

Cara mengitung nilai dari emisivitas yang akan dicari dengan menggunakan yaitu rumus perpindahan dari radiasi hukum Stefan Boltzman.

Rumusi yang akan digunakan pada perhitungani nilai emisivitas ini yaitu :

$$P = e \cdot \sigma \cdot T^4 \quad \rightarrow \quad e = \frac{P}{\sigma \cdot T^4} \quad \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan :

P = energi thermal conductivity (Alumunium =237 W/m.K)

e = Emisivitas (e=1)

σ = Konstanta Stefan Boltzman = $5,672 \times 10^{-8}$ Watt $m^{-2} K^{-4}$ T = Suhu mutlak (K)

3.6 Analisis dari Validasi Nilai Uji Presisi

Untuk melihat nilai tingkat dari presisi saat pengukuran maka dibutuhkan Coeffisieni Variation (CV) serta Relative Standard Deviation (RSD) Sampel akan digunakan yaitu fasa R,S,T CB/PMT pada bay GLUGUR 1 SD dan CV. Jika $CV < 2\%$ maka dapat dikatakan metode tersebut memberikan presisi yang baik. dapat cari dari rumus berikut :

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (x-a)^2}{n-1}} \quad \dots\dots\dots(3.3)$$

Keterangan yaitu :

SD = Standard devation (yang simpangan baku)

$\Sigma (x - a)^2$ = Jumlah total nilai emisivitas dikurangi rata-rata nilai emisivitas

n = Jumlah

$$cv = \left(\frac{SD}{\alpha}\right) \times 100\% \dots\dots\dots(3.4)$$

Keterangan :

- cv = Variasi dari ikoeffisien
- SD = Standardi dari deviation (simpang baku)
- α = Nilai saat rata-rata emisivitas

3.7 Analisa Validasi Uji Nilai Akurasi

yaitu sebuah hasil analisa terhadap Standardi Reference Material (RSM) bisa yang sesungguhnya Hasil dari nialai hitung dari metode validasi tersebut iterhadap penggunaan nilai yang sebenarnyai menggambarkan seberapa tinggi nilai akurasi uji tersebut.

Uji akurasi bisa dihitung dengan persamaan berikut :

$$\% \text{ nilai recovery} = \left(\frac{(a) - x \text{ benar}}{x \text{ benar}}\right) \dots\dots\dots(3.5)$$

Keterangan :

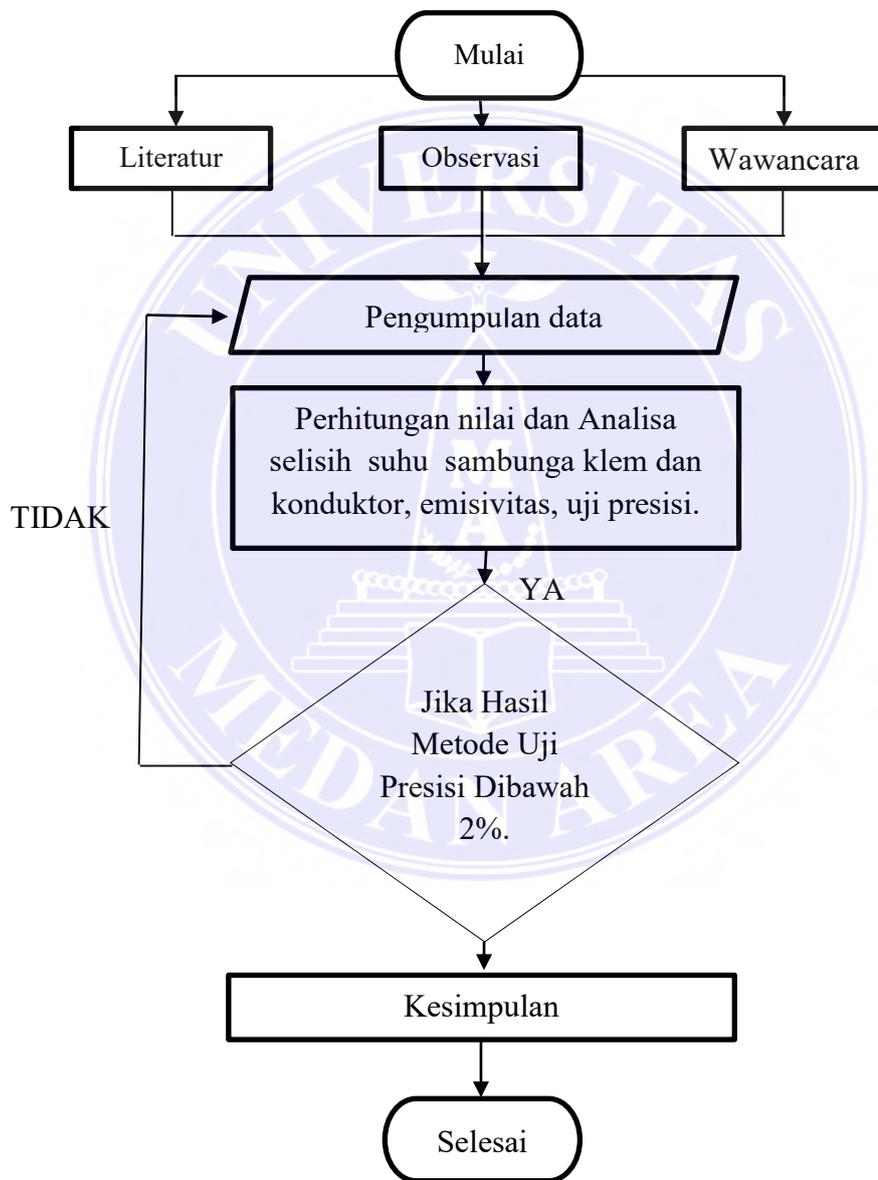
- % nilai recoveryi = Presentasei nilai saat bias
- α = Nilai perataan dari emisivitas
- x benar = Merupakan nilai yang benar

Thermovisi memiliki standard kondisi dalam menentukan suhunya sesuai rekomendasi buku PLN SK DIR 520 2014 sebagai berikut :

- 1. 0 – 10 : kondisi baik
- 2. > 10 – 25 : periksa saat pemeliharaan
- 3. > 25 – 40 : rencana perbaikan (maksimal 30 hari)
- 4. > 40 – 70 : perbaikan segera
- 5. 70 : kondisi darurat

3.8 Diagram Alur Pengerjaan Laporan Akhir

Tahapan – tahapan yang dilakukan dalam pembuatan laporan Akhir ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3.2 Diagram Alur Pengerjaan Iaporan Akhir

Berikut adalah penjelasan dari diagram alir penelitian :

- 1 Pengerjaan Skripsi dimulai dengan melakukan konsultasi dan identifikasi masalah yang akan diangkat sebagai topik pembahasan.
- 2 Langkah kedua yaitu melakukan survey lapangan untuk melakukan pendekatan-pendekatan studi literatur, observasi, dan wawancara untuk memperjelas masalah yang akan diangkat serta mencari celah solusi yang dapat diambil sebagai topik bahasan Skripsi.
- 3 Langkah ketiga yaitu melakukan observasi pengumpulan data untuk melengkapi data-data yang dibutuhkan dalam analisis yang akan dilakukan.
- 4 Langkah keempat yaitu melakukan perhitungan resistansi pembumian grid pada Gardu Induk Paya Geli.
- 5 Langkah kelima melakukan perhitungan tegangan senuth dan tegangan Langkah dari system pembumian yang berada di Gardu Induk Paya Geli.
- 6 Langkah keenam melakukan analisis perbandingan nilai yang didapat dengan standar IEEE Std 80-2013. Jika hasil sesuai, maka dilanjutkan dengan melakukan analisis lebih lanjut dan membuat kesimpulan. Jika hasil tidak sesuai dengan standar, maka akan dilakukan perhitungan kembali untuk mendapatkan hasil sesuai standar yang diharapkan.
- 7 Menarik kesimpulan dan memberi saran serta melakukan Penulisan Skripsi.
- 8 Selesai.

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan.

- a. Perhitungan selisih dari suhu klem dan konduktor (ΔT) yang telah tertera pada tabel 4.1 didapatkan dari perhitungan sesuai formula (2), (diambil sampel perhitungan pada 3 titik fasa R,S,T) dimana nilai dari fasa R adalah $96,83^{\circ}\text{C}$, fasa S adalah $2,69^{\circ}\text{C}$ sedangkan fasa T adalah $9,95^{\circ}\text{C}$.
- b. Nilai emisivitas akan dicari menggunakan rumus perpindahan kalor radiasi (hukum *Stefan Boltzman*). PMT/CB 3 fasa sampel suhu peralatan pada Bay Penghantar Paya Geli – Glugur dengan menggunakan persamaan (3.2) dimana hasil pengukuran Fasa R adalah 0,2483 Fasa S adalah 0,4883 Fasa T adalah 0,469.
- c. Uji akurasi dihitung dengan persamaan (3.5), Pengukuran thermovisi peralatan bay penghantar Paya Geli-Glugur 1 memiliki tingkat akurasi dan presisi yang baik, dengan masing-masing hasil hitungannya adalah 80,4% dan 1,5%.
- d. Terdapat 1 titik peralatan yang terdapat hotspot, yaitu CB Pole bawah arah CT (fasa R), ΔT -nya adalah $96,83^{\circ}\text{C}$ yang bisa mengurangi unjuk kerja material tersebut, yang belum sesuai standar NETA MTS 1997.
- e. Pada peralatan yang terdapat hotspot (berada pada kondisi 5), maka kondisi darurat.

5.2 Saran

- a. Peralatan yang sudah terindikasi *hotspot* sebaiknya segera dilakukan

perbaiki sebelum bay penghantar beroperasi satu line saja yang mungkin diakibatkan oleh adanya jadwal pemeliharaan ataupun kondisi emergency pada bay lainnya.

- b.** Gunakan APD dan ikuti SOP K3 yang berlaku ketika melakukan pekerjaan di daerah berbahaya dan rawan.
- c.** Agar data yang di dapat lebih valid, maka pengukuran thermovisi harus dilakukan diwaktu beban puncak.



DAFTAR PUSTAKA

(Andari et al., 2020)

Andari, R., Amalia, S., & Azhari, E. (2020). Analisa Pengecekan Peralatan Arrester Menggunakan Thermovisi pada Bay Indarung 1 Gardu Induk Pauh limo. *Majalah ilmiah Teknologi Elektro*, 19(1), 101. <https://doi.org/10.24843/mite.2020.v19i01.p15>

Aziis & Umar (2019)

Aziis, A. A., & Umar, S. T. (2019). *Analisa Sistem Proteksi PMT dengan Relay CB (Circuit Breaker) di Gardu Induk 150 kV Gondangrejo*. <http://eprints.ums.ac.id/id/eprint/76957>

Buku Pemeliharaan Peralatan Utama Gardu Induk (PMT, PMS dan IA), PT PLN (Persero) Pusdiklat, 2009.

Buku Petunjuk operasi dan Pemeliharaan Peralatan Penyaluran Tenaga listrik, SE N0.032/PST/1984, Perusahaan listrik Negara, 1984.

Buku manual PMT merk ABB tipe EIF SI.

Buku manual PMT merk Magrini tipe MHMe (1P).

Buku manual kamera thermovisi merk FLIR.

Fauzi, J. R. (2011)

Fauzi, J. R. (2011). *Sistem Proteksi Gardu Induk dan Jaringan 150 kV Menggunakan Pemutus Tenaga (PMT) Media Gas SF₆ Di Gardu Induk 150 kV Kebasen PT.PIN (Persero) P3BJB UPT TegaI. 12.*

Harunanda, 2021

Harunanda, P., & Fauziah, D. (2021). *Analisis Pengaruh Tekanan Gas SF₆ terhadap Iaju Busur listrik pada PMT di Gardu Induk Cilegon PT PLN (Persero) Transmisi Jawa Bagian Barat*. 354–361.

[http://www.scribd.com/doc/25300537/Makalah -Aluminium](http://www.scribd.com/doc/25300537/Makalah-Aluminium), 2010.

IEC 62271 – 100 edition 1.1: 2003-05, High-Voltage switchgear and controlgear-part 100:High-Voltage alternating-current circuit-breakers, 2003.

IEEE C37.10-1995, Guide for diagnostics and failure investigation of power circuit breaker, 1995.

Iman setiono,2018

Setiono, I. (2018). Gas SF₆ (Sulfur Hexa Fluorida) Sebagai Pemadam Busur Api Pada Pemutus Tenaga (PMT) Di Saluran Transmisi Tegangan Tinggi. *Metana*, 13(1), 1. <https://doi.org/10.14710/metana.v13i1.14676>

Iman setiono,2018

(Setiono, 2018) Fauzi, J. R. (2011). *Sistem Proteksi Gardu Induk Dan Jaringan 150 kV Menggunakan Pemutus Tenaga (PMT) Media Gas SF₆ Di Gardu Induk 150 kV Kebasen PT.PIN (Persero) P3BJB UPT Tegal*. 12

International Electrical Testing Association (NETA) – NETA MTS-1997, Maintenance Testing Specification, 1997.

Jakubiak,1889

Jakubiak, E. A., and J. S. Matrusz. "High temperature tests of ACSR conductor hardware." *IEEE Transactions on Power Delivery* 4.1 (1989): 524-531.

Noor Zjulfa Helmy,2021

Noor Zjulfa Helmy, Diah Arie W.K, D. E. (2021). *Analisis emisivitas klem sambung transmission line bay 150 kv menggunakan thermal imager*. 1(1), 46–54.

Nurdiana, N. (2017)

Nurdiana, N. (2017). Studi Keandalan Sistem Distribusi 20 Kv Gardu Induk

Talang Ratu Palembang. *Jurnal Ampere*, 2(1).

Nyoman PIN , (2014) *Buku Pedoman Pemeliharaan, N0. 0520-2.K/DIR. PT PLN (PERSERO)*.

Putra, R. 2018

Putra, R. R. (2018). Thermovisi Dalam Melihat Hots Point Pada Gardu Induk 150 kV Palur. *Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 15.

(Siswanto et al., 2021)

Siswanto, A., Alfian, R., & Subyanta, E. (2021). Analisis Kinerja PMS Rel 2 Bay Trafo 6 Menggunakan Thermovision Metode di Gardu Induk Sunyaragi. *Foristek*, 11(2), 114–121. <https://doi.org/10.54757/fs.v11i2.113>

Suplemen Surat Edaran N0.032/PST/1994 edisi Desember 2000, PT.PLN (persero), 2000.

(Thaha, 2015)

Thaha, S. (2015). Analisis Switching Capacitor Bank Tegangan Tinggi terhadap Kinerja Pemutus Tenaga. *Analisis Switching Capacitor Bank Tegangan Tinggi Terhadap Kinerja Pemutus Tenaga*, 19–25.

Wiwin A. Oktaviani, 2021

Wiwin A. Oktaviani, T. B. dan M. A. S. (2021). Uji Akurasi Dan Uji Presisi Pengukuruhu Penghantar Dengan Metode Thermovisi. 2(1), 107–115.

(Noor Zulfah Helmy, Diah Arie W.K, 2021)

BUKU Petunjuk operasi dan Pemeliharaan Peralatan Penyaluran Tenaga listrik, SE N0.032/PST/1984, Perusahaan listrik Negara, 1984