

**SKRIPSI**

**ANALISIS DAMPAK *HOTPOINT* PADA PENYULANG UNM PT PLN  
(PERSERO) ULP PANAKKUKANG**



**SLAMET CAHYADI**

**105821100120**

**DITA FADILAH TAUHID**

**105821106620**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**2023**



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## HALAMAN PENGESAHAN

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

Judul Skripsi : **ANALISIS DAMPAK HOTPOINT PADA PENYULANG UNM PT. PLN (PERSERO) ULP PANAKKUKANG**

Nama : 1. Slamet Cahyadi  
2. Dita Fadilah Tauhid

Stambuk : 1. 105821100120  
2. 105821106620

Makassar, 31 Agustus 2023

Telah Diperiksa dan Disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Andi Abd Halik Lateko TJ, S.T.,M.T.,Ph.D

Pembimbing II

Ir. Adriani, S.T.,M.T.,IPM

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Elektro



Ir. Adriani, S.T., M.T., IPM

NBM : 1044 202



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama Slamet Cahyadi dengan nomor induk Mahasiswa 105821100120 dan Dita Fadilah Tauhid dengan nomor induk Mahasiswa 105821106620, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0012/SK-Y/20201/091004/2023, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Rabu, 30 Agustus 2023.

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., ASEAN, Eng :

2. Penguji

a. Ketua : Rizal Ahdiyati Duyo, S.T.,M.T

b. Sekretaris : Ir. Rahmania, S.T.,M.T

3. Anggota

1. Dr. Umar Kato, S.T.,M.T

2. Ir. Abdul Hafid, M.T

3. Dr. Hj. Rossy Timur Wahyuningsih, S.T.,M.T

15 Shafar 1445 H

31 Agustus 2023 M

Mengetahui :

Pembimbing I

Andi Abd Halik Lateko Tj, S.T.,M.T.,Ph.D

Pembimbing II

Ir. Adriani, S.T.,M.T.,IPM



Dekan

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

NBM : 795 108

## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,*

*Alhamdulillah wa syukurillah*, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan judul “**Analisis Dampak Hotpoint Pada Penyulang UNM PT PLN (Persero) ULP Panakkukang**” dapat diselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini Penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

- 1) Allah SWT yang telah memberikan kesempatan bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi hingga selesai.
- 2) Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.
- 3) Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, S.T., M.T., IPM., selaku Dekan Fakultas Teknik.
- 4) Ir. Adriani, S.T.,M.T.,IPM., selaku Ketua Prodi Teknik Elektro.
- 5) Ir. Rahmania, S.T.,M.T., selaku Sekretaris Prodi Teknik Elektro.
- 6) Bapak Andi Abd Halik Lateko Tj, S.T.,M.T.,Ph.D sebagai Pembimbing 1 dan Ibu Ir. Adriani, S.T.,M.T.,IPM sebagai Pembimbing 2 yang telah mencurahkan waktu dan kesempatannya untuk mengarahkan penulis dalam menyelesaikan laporan skripsi ini.
- 7) Pihak PT PLN (Persero) UP3 Makassar Selatan ULP Panakkukang.
- 8) Dosen dan tenaga kependidikan.

- 9) Kedua orang tua tercinta kami dan keluarga yang selalu memberikan doa, semangat dan dorongan baik secara moril maupun materil.
- 10) Saudara-saudari Teknik Elektro yang bersama-sama telah melalui ini dengan suka-duka yang ada dan selalu memberikan bantuan, kerja sama, motivasi dan semangat.
- 11) Seluruh rekan-rekan mahasiswa Universitas Muhammadiyah Makassar yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bantuan dan motivasi.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, hal ini mengingat kemampuan dan pengalaman dalam penyusunan skripsi ini yang sangat terbatas. Untuk itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk perbaikan dan pengembangan penelitian selanjutnya.

Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan memberi tambahan ilmu bagi para pembaca. Semoga Allah SWT meridhoi kita semua, aamiin.

***Wassalamualikum Warahmatullahi Wabarakatuh.***

Makassar, 30 Agustus 2023

Penulis

## ABSTRAK

*Gangguan pada jaringan sirkulasi yang sering terjadi antara lain titik panas pada terminal-terminal dan sambungan-sambungan antara pemandu dan peralatan, khususnya pada sambungan pemandu aspans (ductile encasings) dan pemandu pertukaran perangkat keras (LBS/MRZ/Recloser). Pemeriksaan ini diselesaikan dengan menggunakan teknik yang menarik, untuk menguraikan keadaan hasil persepsi thermovision pada peralatan dispersi untuk mengenali keadaan perangkat keras jaringan sirkulasi dalam keadaan yang khas atau tidak biasa dan tingkat persetujuan hasil estimasi thermovision mengingat keakuratan dan ketepatan. strategi yang digunakan dalam memperkirakan suhu di Pengumpan UNM. Selain itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar daya yang hilang karena adanya titik panas. Keadaan yang terjadi karena persepsi thermovision pada alat angkut Feeder UNM dari 12 fokus contoh yang terdiri dari 60 fokus asosiasi menunjukkan bahwa 59 fokus asosiasi berada pada standar tinggi dan satu titik asosiasi berada pada tindakan yang merugikan (hotpoint), sehingga dilakukan tindakan segera. diperlukan sebagai perbaikan atau penggantian titik asosiasi. Di mana besarnya kerugian daya yang terjadi akibat pemuaiian suhu akibat adanya titik panas pada titik uji T tahap F9.064 adalah sebesar 120,427 W atau 17%. Tingkat validasi berbasis presisi untuk hasil pengukuran thermovision adalah 6,124 persen yang tergolong buruk. Perhitungan presisi dalam memperkirakan suhu dengan memanfaatkan thermovision pada UNM Feeder menunjukkan tingkat ketepatan sebesar 97%.*

***Kata kunci: Hotpoint, Rugi-Rugi Daya, Presisi, Akurasi***

## **ABSTRACT**

*Disturbances in the circulation network that often occur include hot spots at the terminals and connections between guides and equipment, especially at the ductile encasings guide connections and hardware exchange guides (LBS/MRZ/Recloser). This examination was completed using an interesting technique, to decipher the state of thermovision perception results on dispersion equipment to recognize the state of the circulation network hardware in typical or unusual circumstances and the degree of agreement of the thermovision estimation results considering the accuracy and precision. strategies used in estimating temperature at the UNM Feeder. Apart from that, the aim of this research is to find out how much power is lost due to hot spots. The situation that occurred due to thermovision perception on the UNM Feeder conveyance from 12 sample focuses consisting of 60 association focuses showed that 59 association focuses were at high standards and one association point was at a detrimental action (hotpoint), so immediate action was taken. required for repair or replacement of association points. Where the amount of power loss that occurs due to temperature expansion due to the hot spot at the F9.064 stage T test point is 120.427 W or 17%. The precision-based validation level for thermovision measurement results is 6.124 percent which is classified as poor. Precision calculations in estimating temperature using thermovision on the UNM Feeder show an accuracy level of 97%.*

**Keywords: Hotpoint, Power Loss, Precision, Accuracy**

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL .....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
1.6 Manfaat Penelitian .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Jaringan Tegangan Menengah.....	5
2.1.1 Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah .....	5
2.1.2 Komponen Utama Konstruksi .....	8
2.2 Pemeliharaan Jaringan Distribusi.....	19

2.3 <i>Hotpoint</i> .....	21
2.4 Thermovisi .....	23
2.5 Nilai <i>Emisivitas</i> .....	27
2.6 Metode Validasi .....	28
2.6.1 Presisi ( <i>Precision</i> ).....	28
2.6.2 Akurasi ( <i>Accuracy</i> ) .....	29
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>31</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	31
3.2 Alat & Bahan.....	31
3.3 Prosedur Penelitian.....	31
3.4 Teknik Pengumpulan data.....	32
3.4.1 Studi literatur .....	32
3.4.2 Observasi .....	32
3.4.3 Dokumentasi .....	33
3.4.4 Wawancara .....	33
3.5 Metode Penelitian.....	34
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>36</b>
4.1. Hasil Pengukuran.....	37
4.1.1 Nilai Standar Kelayakan Titik Sambung .....	39
4.1.2 Jumlah Kelayakan Titik Sambung.....	41
4.1.3 Dampak hotpoint pada Titik Sambungan Peralatan .....	42
4.2. Rugi Daya yang Terjadi Akibat <i>Hotpoint</i> .....	42
4.3. Tingkat Validasi Hasil Pengukuran Thermovisi.....	48

4.3.1	Perhitungan Nilai Emisivitas .....	48
4.3.2	Uji Presisi .....	51
4.3.3	Uji Akurasi .....	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		54
5.1.	Kesimpulan .....	54
5.2.	Saran .....	55
DAFTAR PUSTAKA .....		56
LAMPIRAN .....		58

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM).....	6
Gambar 2 Kabel Udara Tegangan Menengah (KUTM).....	7
Gambar 3 Kabel Tanah Tegangan Rendah (KTM).....	8
Gambar 4 Jenis - jenis Isolator Tumpu.....	12
Gambar 5 Jenis - jenis Isolator Tarik .....	12
Gambar 6 Contoh Penggunaan Joint Sleeve Connector.....	15
Gambar 7 Contoh Gangguan Hotpoint pada Sambungan .....	22
Gambar 8 Titik Sambung pada Aspan.....	23
Gambar 9 Titik Sambung pada Switching (LBS).....	23
Gambar 10 Flowchart Prosedur Kegiatan .....	34
Gambar 11 Kurva Beban Harian .....	37
Gambar 12 Grafik Kondisi Titik Sambung .....	41
Gambar 13 Segment Hotpoint.....	44
Gambar 14 Grafik Rugi-rugi Daya akibat Kenaikan Suhu .....	47
Gambar 15 Grafik Pengukuran Suhu pada Titik Sambung.....	49
Gambar 16 Grafik Emisivitas pada Titik Sambung .....	50

## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Ukuran konstruksi AAAC .....	10
Tabel 2 Ukuran konstruksi AAAC-S .....	11
Tabel 3 Ukuran konstruksi MVTIC .....	11
Tabel 4 Standar Thermovisi standar NETA .....	25
Tabel 5 Tindak Lanjut Hasil Pengukuran Thermovisi .....	26
Tabel 6 Hasil pengukuran titik sambungan menggunakan Thermovisi pada Penyulang UNM PT PLN (Persero) ULP Panakkukang .....	38
Tabel 7 Nilai $\Delta T$ hasil pengukuran titik sambung.....	39
Tabel 8 Kondisi dan rekomendasi perbaikan titik sambung .....	40
Tabel 9 Titik sambung yang hotpoint.....	43
Tabel 10 Spesifikasi Hantaran Segment Hotpoint.....	44
Tabel 11 Nilai emisivitas titik sambung pada Penyulang UNM .....	48
Tabel 12 Validasi Thermovisi Dengan Nilai Uji Presisi .....	51

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Gangguan pada jaringan distribusi yang sering terjadi salah satunya *hotpoint* (titik panas) pada bagian terminal dan sambungan antara konduktor dengan peralatan, serta perbedaan penampang pada konduktor seperti mengecil karena korosi, di mana Ketika peralatan dispersi yang ada saat ini berfungsi, sering kali terjadi pemanasan karena buruknya aliran arus dalam panduan yang disebabkan oleh oposisi dan banyaknya perangkat keras lama. Hal ini dapat berakibat fatal bagi peralatan jika hal ini dilakukan tanpa pemeriksaan yang lazim. *Hotpoint* berkaitan erat dengan keandalan sistem, dalam hal ini sistem distribusi. Sehingga bagian tersebut wajib diperhatikan dengan cara pengecekan suhu menggunakan thermovisi.

Selama ini, pemantauan peralatan pada jaringan distribusi 20 kV kebanyakan dilakukan dengan inspeksi, yaitu memantau jaringan secara visual tanpa menggunakan peralatan yang memadai. Hal ini memiliki keterbatasan, terutama terhadap *hotpoint* pada peralatan yang tidak kita ketahui mengalami anomali seperti asosiasi bebas atau keadaan peralatan yang rusak atau tua dengan cepat sehingga suhu menjadi tinggi/panas secara tidak terduga dan memerlukan perawatan perbaikan secepat waktu memungkinkan. Memandu asosiasi (*jointing*) kemampuan apa yang menghubungkan sisi SUTM ke sisi SUTM lain atau dengan perangkat keras penyebaran. Kejadian *hotpoint* pada peralatan yaitu pada sambungan/ *jointing* pernah terjadi di Penyulang ULP Panakkukang pada tahun 2022 sehingga dilakukan

perbaikan sebelum terjadinya gangguan sebagai bentuk pemeliharaan preventif. Maka untuk mengetahui *hotpoint* pada peralatan distribusi, pelaksanaan inspeksi perlu menggunakan thermovisi.

Berdasarkan hal tersebut inspeksi dengan thermovisi pada Penyulang yang dititik beratkan pada sambungan/*jointing* pada jaringan yaitu pada titik sambung konduktor pada aspan (isolator tarik) serta konduktor pada peralatan *switching* (LBS/MRZ/Recloser) akibat rentang mengalami gangguan *hotpoint*. Di mana pada penelitian ini diambil 12 titik sampel sambungan pada Penyulang. Untuk mempunyai pilihan dalam membedakan kondisi pada peralatan jaringan sirkulasi dalam keadaan tipikal atau tidak biasa, penting untuk mengetahui suhu perangkat keras dan menyetujui hasil pengujian dengan teknik persetujuan untuk memperoleh pengujian dengan akurasi dan presisi yang tinggi, selain itu juga menganalisis dampak rugi daya akibat adanya *hotpoint* pada Penyulang PT PLN (Persero) ULP Panakkukang.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kondisi hasil pengamatan thermovisi pada peralatan distribusi penyulang ?
2. Bagaimana menghitung dan menentukan besar rugi-rugi daya yang terjadi akibat adanya *hotpoint* di Penyulang ULP Panakkukang ?

3. Berapa besar tingkat validasi hasil pengukuran thermovisi berdasarkan presisi dan akurasi metode yang digunakan dalam pengukuran suhu dengan thermovisi pada penyulang ?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan :

1. Menganalisis kondisi hasil pengamatan thermovisi pada peralatan distribusi penyulang.
2. Menghitung dan menentukan besar rugi-rugi daya yang terjadi akibat adanya *hotpoint* di Penyulang ULP Panakkukang.
3. Menganalisis tingkat validasi hasil pengukuran thermovisi berdasarkan presisi dan akurasi metode yang digunakan dalam pengukuran suhu dengan thermovisi pada penyulang.

### **1.4 Batasan Masalah**

Agar permasalahan dapat dibicarakan secara jujur dan tidak melenceng jauh dari pokok permasalahan yang akan diteliti, maka dicatatlah dalam bentuk *hard copy* usulan ini pencipta menekankan bahwa yang hendak diteliti adalah tentang analisis dampak hotpoint pada penyulang UNM PT PLN (Persero) ULP Panakkukang

### **1.5 Ruang Lingkup**

Agar pembahasan penelitian menjadi terarah dan dapat mencapai hasil yang diharapkan maka ruang lingkup masalah pada penelitian ini difokuskan

pada validasi metode analisis untuk nilai akurasi dan presisi dari hasil perhitungan thermovisi pada bagian titik sambung konduktor pada aspan (isolator tarik) serta konduktor pada peralatan switching (LBS/MRZ/Recloser) dengan mengambil 4 sampel titik sambung pada aspan dan 8 titik sampel peralatan switching (LBS/MRZ/Recloser) yang posisi close/terhubung dengan jaringan distribusi kemudian membuat rekomendasi dari hasil pengukuran, selain itu juga menganalisis dampak rugi daya akibat adanya hotpoint pada penyulang UNM PT PLN (Persero) ULP Panakkukang.

## **1.6 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini di antaranya mengetahui kondisi hasil pengamatan thermovisi dan dampak rugi daya akibat *hotpoint* pada sambungan peralatan distribusi sehingga dapat dilakukan tindakan preventif sebelum terjadinya gangguan agar pelanggan/masyarakat tidak mengalami padam. Selain itu, dapat diketahui tingkat validasi hasil pengukuran thermovisi berdasarkan presisi dan akurasi metode yang digunakan dalam pengukuran suhu dengan thermovisi pada Penyulang sebagai bentuk bahan evaluasi atas apa yang telah dilakukan untuk meningkatkan keandalan khususnya sistem distribusi PLN.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Jaringan Tegangan Menengah**

Lingkup Jaringan Tegangan Menengah pada sistem distribusi di Indonesia dimulai dari terminal keluar (*out-going*) pemutus tenaga dari transformator penurun tegangan Gardu Induk atau transformator penaik tegangan pada Pembangkit untuk sistem distribusi skala kecil, hingga peralatan pemisah/proteksi sisi masuk (*in-coming*) transformator distribusi 20 kV - 231/400V.

##### **2.1.1 Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah**

Konstruksi jaringan Tenaga Listrik Tegangan Menengah dapat dikelompokkan menjadi 3 macam konstruksi sebagai berikut :

###### **1) Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)**

Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) merupakan pembangunan yang paling murah untuk penyaluran tenaga listrik dengan daya yang sama. Pengembangan ini sebagian besar digunakan untuk pelanggan jaringan Tegangan Menengah yang digunakan di Indonesia. Inti dari organisasi ini adalah penggunaan pemandu terbuka yang ditegakkan oleh pemisah pada tiang besi/besar.

Pemanfaatan saluran yang tidak tertutup tentunya harus fokus pada faktor-faktor yang berhubungan dengan keamanan listrik seperti jarak aman dasar yang harus dipenuhi oleh pemandu dengan tegangan 20 kV antar tahap atau dengan struktur atau dengan tanaman atau dengan jangkauan manusia.

Ditambah lagi dengan kumpulan yang diberi nama SUTM ini juga menganggap guide yang digunakan adalah guide yang dilindungi half AAAC-S (half protected single center). Penggunaan panduan ini tidak menjamin kesehatan terhadap tegangan sentuh yang diharapkan, namun untuk mengurangi risiko gangguan sementara, terutama karena kontak dengan tanaman. SUTM dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)

(PT PLN (Persero), 2010)

## 2) Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM)

Untuk lebih meningkatkan keamanan dan mutu peruntukan tenaga listrik, penggunaan saluran terbuka atau konveyor semi terlindung dalam pembangunan jaringan Pembawa Tegangan Menengah 20 kV, juga dapat digantikan dengan pembangunan saluran melingkar yang terlindungi sempurna.

Panduan pengurangan setiap tahap tidak perlu dilindungi oleh keamanan mekanis. Beratnya link yang ditinggalkan merupakan gambaran penentuan kekuatan beban fungsional dari timbunan besar yang menopangnya. KUTM dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Kabel Udara Tegangan Menengah (KUTM)

(PT PLN (Persero), 2010)

### 3) Saluran Kabel Tanah Tegangan Menengah (SKTM)

Pembangunan SKTM ini merupakan pembangunan yang aman dan dapat diandalkan untuk menyalurkan tenaga listrik Tegangan Menengah, namun umumnya lebih mahal untuk penyebaran daya serupa.

Pemanfaatan Saluran Penghubung Bawah Tanah Tegangan Menengah (SKTM) sebagai jaringan penyalur tenaga listrik primer merupakan pekerjaan pokok dalam pengerjaan sifat alat angkut. Berbeda dengan SUTM, penggunaan SKTM akan membatasi pertaruhan kegagalan fungsional karena variabel luar/peningkatan kesejahteraan daya. Sebagai aturan umum, dalam kelompok SKTM ada:

- a) SKTM bawah tanah – *underground MV Cable*.
- b) SKTM laut – *Submarine MV Cable*.

Selain lebih aman, penggunaan SKTM lebih memakan biaya untuk pengangkutan tenaga sejenis, karena pembangunan saluran pengurangan penuh per Tahap dan jaminan mekanis yang diharapkan demi kesejahteraan tenaga listrik. KTM dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Kabel Tanah Tegangan Rendah (KTM)

(PT PLN (Persero), 2010)

### 2.1.2 Komponen Utama Konstruksi

Adapun komponen utama konstruksi, yaitu :

#### 1) Penghantar

Pemilihan kawat penghantar untuk jaringan berdasarkan besarnya beban yang dilayani, makin besar beban yang dilayani makin besar ukuran penampang kawat begitu pun sebaliknya. Kamalia (2018:13) mengemukakan bahwa “Penghantar merupakan bahan yang digunakan untuk menghantarkan tenaga listrik pada sistem saluran udara dari Pusat Pembangkit ke pusat–pusat beban (*load center*), baik langsung menggunakan jaringan distribusi ataupun jaringan transmisi terlebih dahulu.”

Tahanan jenis adalah salah satu elemen untuk menentukan seberapa besar hambatan ( $R$ ) dalam suatu pemancar, terlepas dari faktor luas penampang ( $A$ ) dan panjang kabel ( $l$ ) dalam konveyor organisasi.

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (1)$$

Di mana :

$R$  = besarnya tahanan kawat ( $\Omega$ )

$\rho$  = nilai tahanan jenis kawat (m/mm)

L = panjang kawat penghantar (m)

A = luas penampang kawat (mm<sup>2</sup>)

Selain itu berapa banyak hambatan pada kawat pengarah yang akan berubah karena pengaruh suhu. Apabila suatu aliran sedang berlangsung pada suatu pemandu, maka pada pemandu tersebut akan terjadi kehilangan intensitas energi karena terdapat penghalang pada pemandu tersebut. “Tahanan konduktor akan berubah sesuai dengan perubahan temperatur, di mana  $R_t$  adalah hambatan pada suhu T dan  $R_0$  adalah hambatan pada suhu  $T_0$ , sering kali diambil sebagai 0°C atau 20°C, koefisien suhu dari hambatan  $\alpha$  adalah konstanta yang sama” (Young dan Freedman, 2003;230), sesuai dengan persamaan berikut

$$R_t = R_0[1 + \alpha(T - T_0)] \quad (2)$$

Di mana:

$R_t$  = besarnya kenaikan pada suhu t°C ( $\Omega$ )

$R_0$  = besarnya tahanan pada suhu semula °C ( $\Omega$ )

$\alpha$  = koefisien suhu (/°C)

t = suhu sekarang (°C)

$t_0$  = suhu mula – mula (°C)

Adapun, besarnya tahanan pada suhu semula digunakan persamaan berikut:

$$R_0 = R_{t0} \times L \quad (3)$$

Di mana:

$R_0$  = besarnya tahanan pada suhu semula °C ( $\Omega$ )

$R_{t0}$  = besarnya tahanan resistansi penghantar ( $\Omega/\text{km}$ )

L= Panjang penghantar (km)

Adapun jenis-jenis penghantar sebagai berikut:

a) Penghantar Telanjang (BC : *Bare Conductor*)

Konduktor dengan bahan asli tembaga (Cu) atau aluminium (Al) yang berbentuk bulat kuat, sesuai dengan SPLN 42 - 10 : 1986 dan SPLN 74 : 1987 Pilihan saluran pengarah terbuka yang memenuhi dekade ini adalah AAC atau AAAC. Karena tingginya harga tembaga dunia, saat ini tidak mungkin untuk menggunakan konduktor yang terbuat dari tembaga sebagai keputusan yang tepat. Berdasarkan standar perusahaan umum listrik negara (SPLN) 41-8:1981 penghantar AAAC memiliki ukuran dan konstruksi seperti tabel 1.

Tabel 1 Ukuran konstruksi AAAC

Luas Penampang		Jumlah kawat diameter kawat n/d <sub>1</sub>	Diameter hantaran kira-kira	Berat hantaran kira-kira d <sub>2</sub>	Perbedaan berat maksimum	Tahanan DC, 20°C maksimum	Beban putus perhitungan
Nominal	Sebenarnya						
mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	n/mm	mm	Kg/Km		Ohm/Km	Kg
16	16,84	7/1,75	5,25	46	± 2,9	1,955	480
25	27,83	7/2,25	6,75	76	± 2,2	1,183	790
35	34,36	7/2,5	7,50	94	± 2,0	0,958	980
50	49,48	7/3,0	9,0	135	± 2,0	0,665	1410
	45,70	19/1,75	8,75	126	± 2,9	0,724	1300
55	58,07	7/3,25	9,75	160	± 2,0	0,567	1655
70	75,55	19/2,25	11,25	208	± 2,2	0,438	2150
95	93,27	19/2,5	12,5	256	± 2,0	0,355	2660
100	99,30	7/4,25	12,75	272	± 2,0	0,332	2830
120	112,85	19/2,75	13,75	310	± 2,0	0,293	3220
150	157,6	19/3,25	16,25	434	± 2,0	0,210	4490
	147,1	37/2,25	15,75	406	± 2,2	0,225	4190
185	181,6	37/2,5	17,5	501	± 2,0	0,183	5157
240	238,8	19/4,0	20,0	670	± 2,0	0,137	6805
	242,5	61/2,25	20,2	657	± 2,2	0,139	6910
300	299,4	61/2,5	22,5	827	± 2,0	0,111	8530
400	431,1	61/3,0	27	1191	± 2,0	0,077	12290
500	506,0	61/3,25	29,25	1398	± 2,0	0,066	14420
630	643,2	91/3,0	33,0	1782	± 2,0	0,052	18330
800	754,9	91/3,25	35,75	2091	± 2,0	0,044	21515
1000	1005,1	91/3,75	41,25	2784	± 2,0	0,033	28640

Sumber: (SPLN) 41-8:1981

b) Penghantar Berisolasi Setengah AAAC-S (*half insulated single core*)

Bahan dasar pedoman ini adalah aluminium, dilindungi dengan bahan XLPE (direct crosslink polietilen), dengan pemutusan tegangan 6 kV dan harus sesuai dengan SPLN No. 41-10 Tahun 1981. Berikut ukuran konstruksi AAAC-S.

Tabel 2 Ukuran konstruksi AAAC-S

Cross Sectional Area		Number and Diameter Wire	Approx. Cable Weight	DC. Resistance at 20°C	Current Carrying Capacity	Standard Length
Nominal Size	Actual Size					
mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	pcs/mm	kg/km	ohm/km	A	m
35	34.36	7/2.50	227	0.958	167	1,000
50	45.71	19/1.75	289	0.724	200	1,000
70	75.55	19/2.25	385	0.438	275	1,000
95	93.27	19/2.50	449	0.355	315	1,000
100	99.30	7/4.25	490	0.332	325	1,000
120	112.85	19/2.75	530	0.293	356	1,000
150	147.10	37/2.25	639	0.225	423	1,000
185	181.60	37/2.50	770	0.183	484	1,000
240	242.50	61/2.50	955	0.139	585	1,000
300	299.40	61/2.50	1,052	0.111	670	1,000
400	431.18	61/3.00	1,464	0.077	810	500
500	506.04	61/3.25	1,774	0.066	930	500
630	643.24	91/3.00	2,129	0.052	1,085	500
800	754.92	91/3.25	2,471	0.044	1,255	500
1,000	1,005.07	91/3.75	3,232	0.033	1,450	500

Sumber: *Catalogue* Sutrado Kabel. (SPLN) 41-10:1981

c) Penghantar Berisolasi Penuh (*Three single core*)

XLPE dan berselubung PVC berpenggantung penghantar baja dengan tegangan Pengenal 12/20 (24) kV Penghantar jenis ini khusus digunakan untuk SKUTM dan berisolasi penuh. SPLN 43-5-3:1995-Kabel. Jenis penghantar yang dipakai adalah kabel berisolasi seperti MVTIC (*Medium Voltage Twisted Insulated Cable*)/ NFA2XSY-T. Berikut ukuran konstruksi MVTIC.

Tabel 3 Ukuran konstruksi MVTIC

Nom Cross Section Area			Approx. Overall Diameter	Approx. Cable Weight	Conductor	Inductance	Max. (Amp) Current - Carrying Capacity at 30 °C	Max. Short Circuit Current at 1 Second	
					Max. DC Resistance at 20 °C			Conductor	Screen
mm <sup>2</sup>			mm	kg/km	ohm/km	mH/km	in air	kA	kA
3 x 35	x	+ 50	56.0	2,800	0,868	0,418	142	3,45	2,77
3 x 50	x	+ 50	58.0	3,100	0,641	0,400	165	4,89	2,92
3 x 70	x	+ 50	62.0	3,500	0,443	0,382	204	6,81	3,14
3 x 95	x	+ 50	66.0	3,900	0,320	0,365	247	9,19	3,38
3 x 120	x	+ 50	70.0	4,300	0,253	0,354	287	11,58	3,57
3 x 150	x	+ 50	73.0	4,800	0,206	0,346	326	14,43	4,66
3 x 185	x	+ 50	77.0	5,200	0,164	0,333	373	17,76	3,99
3 x 240	x	+ 50	83.0	6,000	0,125	0,323	435	22,98	4,31
3 x 300	x	+ 50	88.0	6,800	0,100	0,312	481	28,67	4,60

Sumber: *Catalogue Sutrado Kabel. (SPLN) 43-5-2:1995*

## 2) Isolator

Pada jaringan SUTM, Isolator pengaman penghantar bertegangan dengan tiang penopang/travers dibedakan untuk jenis konstruksinya adalah :

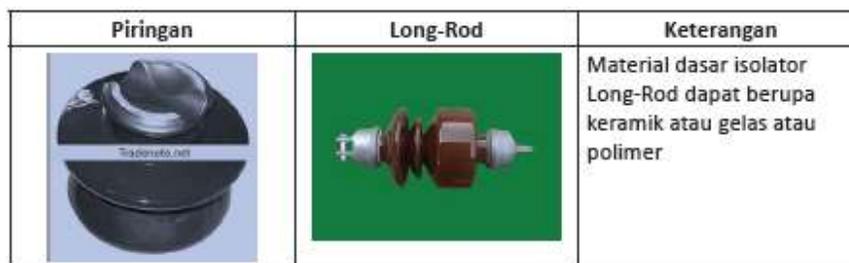
### a) Isolator Tumpu



Gambar 4 Jenis - jenis Isolator Tumpu

(PT PLN (Persero), 2010)

### b) Isolator Tarik



Gambar 5 Jenis - jenis Isolator Tarik

(PT PLN (Persero), 2010)

### 3) Peralatan Hubung (*Switching*)

Perlu diperkenalkan tentang perluasan atau pendistribusian wilayah dalam jaringan SUTM dengan tujuan akhir kesederhanaan kegiatan. Mengubah perangkat keras dapat mengisolasi segmen yang disalahkan dari area biasa dan dapat dimanfaatkan ketika perpindahan beban yang diperlukan terjadi. Pertukaran gear seperti LBS (Burden Break Switch) atau recloser yang sudah tergabung dengan SDA sering disebut dengan keypoint. Pertukaran perlengkapan, antara lain:

#### a) Pemutus Tenaga

Pemutus tenaga listrik atau PMT merupakan alat pengaman utama, pembatas dan pemutus yang dipasang pada jalur-jalur dasar di gardu induk yang mempunyai kemampuan sebagai pengaman utama organisasi yang dilengkapi dengan perpindahan asuransi yang ditetapkan berdasarkan arus pendek dan waktu-waktu tertentu serta berdasarkan estimasi koordinasi dengan peralatan lainnya. keamanan, misalnya, recloser. Alat ini dapat bekerja secara konsekuen dalam memutus atau menutup rangkaian pada segala keadaan, baik pada keadaan normal maupun pada kondisi short dan dapat menghantarkan aliran listrik secara terus-menerus. PMT dapat menghilangkan aliran beban dan dapat memutus arus lebih karena pengaruh-pengaruh meresahkan yang terjadi. Dalam keadaan tertentu, ia dapat membuka atau menutup rangkaian listrik. Dalam kondisi bermasalah, dengan bantuan transfer dapat membuka rangkaian listrik.

b) *Load Break Switch (LBS)*

*Load Break Switch (LBS)* merupakan pemutus beban yang disertai dengan peredam busur api (medium minyak, gas SF<sub>6</sub>, *vacuum interrupter*, dan lain sebagainya) terhadap beban besar yang dapat dioperasikan dalam keadaan berbeban maupun tidak. Cara pengoperasian pemutus beban tidak sama dengan pemisah, biasanya melalui suatu kotak panel kontrol yang dapat ditombol sehingga pengoperasiannya lebih mudah dan aman. Tetapi, apabila panel kontrolnya tidak bisa maka dapat dioperasikan dengan menggunakan *shackle stick* untuk menarik tuas LBS. Setelah dimasukkan ataupun dilepas biasanya akan terdengar bunyi yang menandakan bahwa kondisi LBS telah berubah dari NO (*normally open*) menjadi NC (*normally close*) maupun sebaliknya. Peralatan ini juga dapat dioperasikan dengan kontrol jarak jauh (SCADA).

c) *Recloser*

*Recloser* merupakan alat pengaman, pembatas, atau pemecah beban yang banyak digunakan pada sistem sirkulasi tenaga listrik yang dipasang pada sistem dan bekerja secara alami untuk melepaskan beban yang dilengkapi dengan OCR (*Over Flow Hand-off*) dan GFR (*Ground Shortcoming*). Transfer keamanan yang telah ditetapkan oleh kondisi di lapangan. Perangkat keras ini berfungsi mengingatkan isu terkini yang terjadi. Alasan dibalik diperkenalkannya recloser adalah untuk mencegah meluasnya kerusakan peralatan sehingga perkembangan sistem tenaga listrik tetap terjaga. Kemampuan Recloser adalah sebagai hardware untuk memperkecil atau memperketat daerah pemadaman listrik karena adanya gangguan. Yang kedua mengakui adanya pengaruh-

pengaruh yang meresahkan di wilayah-wilayah tertentu mengingat adanya kekurangan arus, dan yang ketiga berfungsi sebagai pembelaan bagi jaringan-jaringan yang ada sebelum penutupan kembali.

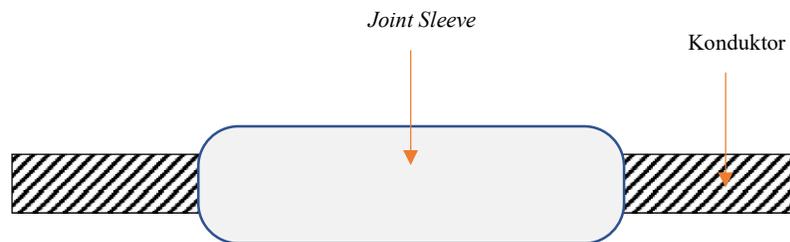
#### 4) Konektor

Konektor adalah roda gigi yang digunakan untuk mengaitkan kawat konveyor.

Ada beberapa jenis konektor yang digunakan, khususnya:

- a) *Joint Sleeve Connector* (Sambungan Lurus)
- b) *Paralel Groove Connector* (Sambungan Percabangan)
- c) *Live Line Connector* (Sambungan Sementara yang bisa dibuka pasang)

Pada Gambar 6 dapat dilihat contoh penggunaan *joint sleeve connector* sebagai sambungan pada konduktor.



Gambar 6 Contoh Penggunaan *Joint Sleeve Connector*

*Jointing* kabel merupakan proses penyambungan / terminasi ujung ekor kabel dengan ujung kepala kabel menggunakan Sarana Sambung Kabel (SSK) sehingga mutu efektris dan mekanis kabel pulih kembali seperti kabel tanpa sambungan.

Pada penyambungan ini diperlukan pengupasan dan pemotongan bagian-bagian kabel sesuai dengan proses pemasangan terminasi, seperti pemotongan pelindung tembaga dan pengupasan isolasi layar. Pengerjaan penyambungan listrik ini menyebabkan pendistribusian medan yang tidak homogen sehingga medan akan

memancarkan isolasi pada bagian ujung layar yang akan menimbulkan tekanan listrik (electric stress) yang dapat merugikan isolasi kabel. Apabila stres yang ditimbulkan sangat besar dan sampai isolasi, maka akan dapat merusak kabel isolasi yang kemudian dapat mengganggu penyaluran energi listrik. Maka dari itu diperlukan suatu cara untuk mereduksi tegangan listrik yang besar tersebut yaitu dengan menambahkan suatu bahan pengontrol tegangan (dielektrik) pada lapisan screen/shield. Bahan pengontrol tegangan tersebut berfungsi mengontrol distribusi tegangan yang ada pada bidang batas dielektrik dan mengakibatkan tegangan listrik yang diberikan pada bagian pelindung kabel akan berkurang. Material dan pengerjaan jointing yang sesuai standar secara keseluruhan bertujuan untuk:

- Mencegah terjadinya konsentrasi *stress* tegangan pada ujung *screen*/semi konduktif kabel.
- Mencegah terjadinya jejak konduktif karbon (*track*) pada isolasi luar terminal.
- Menyekat kabel secara sempurna terhadap pengaruh lingkungan sekeliling seperti sinar ultra violet, debu, polusi, hujan, surya, petir, kelembaban dan faktor alamiah lain.
- Stress tegangan pada kabel harus dikendalikan oleh material yang mempunyai sifat permitivitas dan resistensi yang tinggi.
- Material untuk isolasi luar harus tetap berfungsi dengan baik terhadap pengaruh ultraviolet, penjejakan karbon (sesuai standar EDF HN 26 E 20) dan juga harus dapat berfungsi dengan baik pada operasi lapangan dengan kondisi polusi lingkungan yang tinggi dan berkontaminasi keras.

- Terminasi harus disekat dengan material/perekat khusus yang tujuan utamanya untuk mencegah kemungkinan masuknya air, kelembaban udara dan kontaminasi.
- Terminal pasangan dalam harus secara sempurna terisolasi dan dilengkapi dengan sepatu kabel yang tepat dalam menghubungkan material konduktor kabel dengan busbar.

#### 5) Peralatan Proteksi Jaringan SUTM

##### a) Pemisah dengan pengaman lebur (*Fused Cut-Out*)

*Fuse Cut Out* adalah jaminan yang paling mudah dibandingkan dengan perangkat keamanan lainnya, namun kekurangan dari layanan semacam ini adalah terbatasnya penggunaan daya yang kecil. *Combine Cut Out* agak praktis, tidak memerlukan transfer atau trafo gigi dan dapat diandalkan. *Pola Intertwine* memiliki jangkauan yang luas dan dapat direncanakan sebagai gadget “sekali pakai” atau dapat digunakan kembali dengan sirkuit yang dapat diganti (gabungan).

##### b) Pemutus Balik Otomatis (*Automatic Recloser*)

Recloser terprogram adalah alat kesehatan arus berlebih yang direncanakan untuk dilepas dan ditutup kembali secara alami, terutama untuk terbebas dari pengaruh-pengaruh mengganggu yang bersifat sementara (tidak permanen), yang sering disebut juga dengan recloser. Recloser dilengkapi dengan metode tanda arus lebih, jam kerja, dan penutupan terprogram. Rencana recloser

memungkinkan untuk membuka kontak sepanjang waktu dan mengunci seperti yang ditunjukkan oleh program setelah beberapa tugas buka-tutup.

c) Saklar Seksi otomatis (*Automatic Sectionalizer*)

*Sectionalizer* sebagai alat pemutus rangkaian untuk dapat memisahkan jaringan utama dalam beberapa seksi secara otomatis, sehingga bila terjadi gangguan permanen maka luas daerah (jaringan) yang mengalami pemadaman akibat gangguan permanen dapat dibatasi sekecil mungkin.

d) Penghantar tanah (*Shield Wire*)

Disebut juga sebagai kawat pelindung (*shield wires*), untuk melindungi kawat penghantar/kawat fasa terhadap sambaran petir. Kawat tanah biasanya dipakai kawat baja (*steel wires*), karena lebih murah.

6) Tiang

a) Tiang Kayu

SPLN 115 : 1995 berisi tentang Poros Kayu untuk organisasi penyebaran, kekuatan, kadar dan pengamanan kayu dengan tujuan agar pada beberapa wilayah konsesi PT PLN Persero apabila timbunan kayu mengizinkan, sebaiknya dapat dimanfaatkan sebagai posting pendukung untuk panduan SUTM.

b) Tiang Besi

Merupakan jenis tiang yang terbuat dari pipa besi yang disambung untuk memperoleh kekuatan beban tertentu sesuai kebutuhan. Meski lebih mahal, pemilihan tiang besi untuk wilayah/wilayah tertentu tetap diperbolehkan karena

bobotnya lebih ringan dibandingkan tiang pancang beton. Pilihan utama juga dimungkinkan jika total biaya material dan transportasi lebih murah dibandingkan tiang pancang beton karena tidak terdapat pabrik tiang pancang beton di daerah tersebut.

c) Tiang Beton

Untuk kekuatan serupa, pilihan tiang jenis ini disarankan untuk digunakan di seluruh PLN karena lebih murah dibandingkan dengan jenis konstruksi poros lainnya termasuk kemungkinan menggunakan konstruksi besi profil seri.

## **2.2 Pemeliharaan Jaringan Distribusi**

Pemeliharaan jaringan distribusi dilaksanakan secara proaktif dengan mengutamakan tindakan preventif yang bertujuan mencegah terjadinya gangguan daripada tindakan represif mengatasi gangguan.

Pemeliharaan Jaringan Distribusi mempunyai tujuan:

- 1) Menjaga agar peralatan / komponen dapat dioperasikan secara optimal berdasarkan spesifikasi sehingga sesuai dengan umur ekonomisnya.
- 2) Menjamin bahwa jaringan tetap berfungsi dengan baik untuk menyalurkan energi listrik sampai ke sisi pelanggan.
- 3) Menjamin bahwa energi listrik yang diterima pelanggan selalu berada dalam tingkat keandalan dan mutu yang baik.

Dengan demikian akan dicapai suatu tingkat keamanan yang tinggi baik keamanan manusia, petugas dan penduduk sekitarnya maupun peralatan itu sendiri

serta dicapai keandalan, mutu dan kualitas serta efisiensi distribusi tenaga listrik yang optimal.

Perencanaan jadwal pemeliharaan harus memperhatikan tindakan pemeliharaan yang akan dilaksanakan yaitu preventif atau korektif. Adapun waktu pelaksanaannya sebagai berikut (Surat Edaran Direksi nomor 040.E/152/DIR/1999):

a) Pemeliharaan preventif

Pemeliharaan preventif adalah pemeliharaan untuk mencegah terjadinya kerusakan peralatan yang tiba – tiba dan mempertahankan unjuk kerja jaringan dengan keandalan dan efisiensi yang tinggi. Kegiatan pokok pemeliharaan preventif ditentukan berdasarkan periode / waktu pemeliharannya: triwulan, semesteran atau tahunan. Berdasarkan tingkat kegiatan pemeliharaan preventif dibedakan atas: pemeriksaan rutin dan pemeriksaan sistematis.

Jadwal pemeliharaan dilaksanakan berdasarkan faktor- faktor yang mempengaruhi, antara lain:

- Keandalan jaringan
- Program kerja pemeliharaan gardu induk atau pembangkit listrik yang isolated.
- Hari – hari penting nasional.
- Permulaan musim hujan
- Jadwal pemeriksaan / pengukuran rutin.

Secara periodik jadwal pemeriksaan rutin ditetapkan sebagai berikut:

- Gardu distribusi : sekurang-kurangnya 1 tahun sekali

- JTM dan peralatan : sekurang-kurangnya 1 tahun sekali
- JTR : sekurang-kurangnya 1 tahun sekali
- Sambungan rumah : 3-5 tahun sekali.

Sedangkan periode pemeriksaan sistematis ditetapkan sebagai berikut:

- gardu distribusi : 2 tahun sekali
- Jaringan Tegangan Menengah : 3 tahun sekali
- Peralatan pada JTM : 3 tahun sekali

#### b) Pemeliharaan Korektif

Jadwal pemeliharaan korektif yang terencana ditetapkan berdasarkan atau mempertimbangkan faktor – faktor yang mempengaruhi, antara lain:

- Perkiraan kondisi komponen jaringan
- Keandalan jaringan
- Diusahakan pelaksanaan pemeliharannya bersamaan dengan jadwal pemeliharaan preventif.

Sedangkan pemeliharaan korektif karena gangguan jadwalnya disesuaikan dengan gangguan yang terjadi.

### **2.3 Hotpoint**

*Hotpoint* adalah suhu panas yang terjadi dalam pengoperasian, saat peralatan menghantarkan arus listrik akibat kerugian arus yang mengalir dalam konduktor yang disebabkan oleh adanya hambatan (Rifka Andari, dkk., 2020). Jadi, *hotpoint* merupakan suhu panas yang terjadi pada titik sambung baik antara sisi SUTM ke sisi SUTM lainnya ataupun dengan peralatan distribusi yang berkategori kurang dan buruk berdasarkan standar pada Perdir No 0018.E/DIR/2014.

Temuan *hotpoint* itu terjadi di klem/ sambungan itu sendiri. Pengaruh yang sering terjadi adalah (Jhonson M. Siburian, dkk., 2020):

- 1) Karena sambungannya kendur.
- 2) Karena korosi.
- 3) Karena kotor.
- 4) Karena rusak.

Berdasarkan hal tersebut *hotpoint* sangat penting dilakukan, karena jika tidak dilakukan pengecekan akan terjadi hubung singkat sehingga dapat menyebabkan gangguan penyulang. Berikut gambaran kondisi peralatan yang mengalami *hotpoint*.



Gambar 7 Contoh Gangguan *Hotpoint* pada Sambungan  
(ULP Panakkukang, 2022)

Berdasarkan banyaknya gangguan yang terjadi pada titik sambung peralatan, maka pada skripsi ini membahas masalah thermovisi yang dilakukan pada sambungan aspan (isolator tarik) dan pada sambungan *switching* (LBS, MRZ, *Recloser*), Di mana titik sambung yang dimaksud dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 8 Titik Sambung pada Aspan  
(ULP Panakkukang, 2022)



Gambar 9 Titik Sambung pada *Switching* (LBS)  
(ULP Panakkukang, 2022)

## 2.4 Thermovisi

Definisi thermovisi dikemukakan oleh beberapa penulis, salah satu di antaranya adalah Baharuddin (2019:1) yang mengemukakan bahwa “Thermovisi ini adalah instrumen untuk memvisualisasikan dan mendeteksi suhu pada suatu objek yang ditangkap dan ditampilkan ke sebuah display dengan teknologi inframerah untuk mengetahui suhu panas pada sambungan terminal antar kabel konduktor dan mendapatkan nilai selisih suhu sambungan terhadap suhu konduktor”.

Pendapat yang hampir sama dikemukakan pula oleh Ramadhani (2018:19) yang menyatakan bahwa “thermovisi adalah instrumen untuk memvisualisasikan dan mendeteksi suhu pada suatu objek yang di tangkap dan di tampilkan ke sebuah

display dengan teknologi inframerah yang merupakan bagian spektrum radiasi gelombang elektromagnetik.”

Dari kedua kutipan di atas, maka dapat disimpulkan bahwa thermovisi adalah instrumen untuk memvisualisasikan dan mendeteksi suhu pada suatu objek yang ditangkap dan ditampilkan ke sebuah display dengan teknologi inframerah yang merupakan bagian spektrum radiasi gelombang elektromagnetik untuk mengetahui suhu panas pada sambungan terminal antar kabel konduktor dan mendapatkan nilai selisih suhu sambungan terhadap suhu konduktor.

Fungsi thermovisi dalam Perdir No 0018.E/DIR/2014 yang menyatakan bahwa “thermovisi dengan istilah *Infrared Thermography* yaitu *Infrared Thermography* dipergunakan untuk mendapatkan informasi suhu/ temperatur dari peralatan-peralatan kritikal yang ada pada jaringan SUTM yang akan dibandingkan dengan ambang temperatur standar”.

Mayoritas setiap perangkat keras kelistrikan memiliki sifat konduktivitas listrik atau dapat menghantarkan listrik karena terbuat dari logam. Jika perangkat keras diisi dayanya, peralatan tersebut pasti akan menghasilkan panas. Suhu panas yang melebihi batas maksimum saat perangkat bekerja merupakan iritasi atau ketidakteraturan pada instrumen. Hal ini dapat menyebabkan kerugian lain jika tidak segera ditangani. Dengan cara ini, perhatian dan dukungan sesekali disampaikan, khususnya dengan memperhatikan suhu komponen menggunakan Termografi Inframerah atau Thermovision.

Aturan fungsi estimasi ini adalah untuk mengukur proporsi energi yang ditransmisikan oleh suatu benda (gelombang elektromagnetik) dengan energi yang

dipancarkan oleh benda gelap pada suhu dan gelombang yang sama. Radiasi adalah gelombang elektromagnetik yang diciptakan oleh intensitas suatu benda yang terdiri dari foton. Foton akan memperkuat elektron dari benda yang dipaparkannya sehingga mempunyai tingkat energi yang lebih tinggi.

Estimasi thermovision untuk menilai presentasi peralatan pada jaringan dispersi adalah dengan memperkirakan perbedaan suhu pada bagian asosiasi terhadap bagian pemeriksaan perbandingan atau perbedaan antara suhu pada asosiasi dengan suhu iklim sekitar Di mana nilai yang didapat dapat menjadi batasan untuk mencari tahu tindak lanjut apa yang harus segera diselesaikan.

Berdasarkan Perdir No 0018.E/DIR/2014, pada SUTM menggunakan *infrared themography* nilai standar yang digunakan ditunjukkan pada tabel 4. Nilai yang terdapat pada tabel tersebut mengikuti standar NETA (*InterNational Electrical Testing Association*). Berikut nilai yang terdapat pada tabel mengikuti standar NETA (*InterNational Electrical Testing Association*).

Tabel 4 Standar Thermovisi standar NETA

<b>Kriteria</b>	<b>Objek Diagnosa:</b> Connector/ Tension Joint, Fuse Cut Out, Terminasi dan Arrester	
	$\Delta T$ Terhadap Komponen Pemanding Sejenis	$\Delta T$ Terhadap <i>Ambient Temperature</i>
<b>Baik</b>	$\Delta T < 3^{\circ}\text{C}$	$\Delta T < 10^{\circ}\text{C}$
<b>Cukup</b>	$3^{\circ}\text{C} \leq \Delta T < 10^{\circ}\text{C}$	$10^{\circ}\text{C} \leq \Delta T < 20^{\circ}\text{C}$
<b>Kurang</b>	$10^{\circ}\text{C} \leq \Delta T < 15^{\circ}\text{C}$	$20^{\circ}\text{C} \leq \Delta T < 40^{\circ}\text{C}$
<b>Buruk</b>	$\geq 15^{\circ}\text{C}$	$\geq 40^{\circ}\text{C}$

Sumber: Perdir No 0018.E/DIR/2014

Kriteria hasil *follow up*/ rekomendasi dari hasil pengukuran thermovisi ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 5 Tindak Lanjut Hasil Pengukuran Thermovisi

No.	Kriteria	Rekomendasi
1.	<b>Baik, Cukup</b>	Mengikuti jadwal pemeliharaan periodik; Kondisi normal
2.	<b>Kurang, Buruk</b>	Tindakan segera (perbaikan / penggantian)

Sumber: Perdir No 0018.E/DIR/2014

Beberapa dampak antara lain disebabkan oleh hotpoint gangguan listrik pada kabel listrik, kemudian dapat menyebabkan pemancar rusak, dan merusak perangkat keras utama dalam organisasi pengangkutan. Untuk mencegah hal tersebut terjadi, melakukan inspeksi rutin sangatlah penting. Pengecekan ini disarankan pada saat peralatan kerja telah siap, karena suhu panas yang terjadi disebabkan oleh peralatan kerja. Oleh karena itu, kerugian sebenarnya dapat ditunjukkan dengan menggunakan kondisi berikut:

$$P = I^2 \cdot R \quad (4)$$

Keterangan:

P = Rugi-rugi daya (Watt)

$I^2$  = Arus saluran (Ampere)

R = Resistansi peralatan ( $\Omega$ )

## 2.5 Nilai *Emisivitas*

Emisivitas dari sebuah bahan ( $\epsilon$ ) merupakan rasio total energi yang dipancarkan oleh permukaan bahan terhadap energi yang dipancarkan oleh *black body* pada suhu dan panjang gelombang yang sama (Himma Firdaus, dkk., 2008). Pada dasarnya nilai emisivitas suatu bahan sudah mempunyai nilai emisivitas tersendiri, namun nilai emisivitas yang ada dapat berubah sesuai dengan keadaan bahan tersebut dan juga dapat disebabkan oleh kondisi alam dan pembiasan. Untuk itu, Alat ukur thermovisi juga digunakan melihat nilai emisivitas objek yang diukur. Metode pengukuran nilai emisivitas ini untuk memperoleh nilai emisivitas yang akurat dan baik, agar menyatakan bahwa nilai pengukuran suhu memiliki tingkat akurasi dan persisi yang baik. Adapun, nilai emisivitas berkisar antara 0 dan 1, dan akan dicari menggunakan rumus perpindahan radiasi hukum Stefan Boltzman. Rumus yang digunakan untuk perhitungan nilai emisivitas adalah sebagai berikut:

$$P = e \cdot \sigma \cdot T^4 \rightarrow e = \frac{P}{\sigma T^4} \quad (5)$$

Keterangan :

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

$e$  = Emisivitas

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

$T$  = Suhu mutlak (K)

Di mana pada praktiknya seluruh peralatan pada jaringan dispersi menggunakan material atau bahan yang terbuat dari aluminium, sehingga nilai

emisivitasnya teratasi dengan mempertimbangkan *Infrared Literature and Flir System* adalah sebesar 0,5.

## **2.6 Metode Validasi**

Metode Validasi adalah demonstrasi penilaian batas-batas tertentu, yang digunakan untuk menunjukkan apakah batas-batas tersebut sudah memiliki ketepatan dan keakuratan yang tinggi. Dengan cara ini, semua estimasi dan perhitungan yang dibuat seharusnya dapat digunakan. Beberapa petunjuk logis yang harus diperhatikan dalam persetujuan teknik ilmiah dicirikan dengan cara yang tidak sepenuhnya ditetapkan sebagai berikut:

### **2.6.1 Presisi (*Precision*)**

Uji presisi adalah suatu tindakan yang menunjukkan tingkat pemahaman antara hasil estimasi, yang ditentukan berdasarkan nilainya *Standard Reference Material* (SRM). Jadi, presisi adalah ukuran kedekatan serangkaian pengukuran antara variabel satu dengan variabel lain yang dihitung berdasarkan standar pengukuran dari faktor yang sama, sehingga dapat dilihat seberapa dekat dengan hasil yang lain. Misalnya hasil pengukuran pembumian 4 buah trafo dengan hasil ukur trafo 1 sebesar 5,4  $\Omega$ , trafo 2 sebesar 5,2  $\Omega$ , trafo ketiga sebesar 5  $\Omega$  dan trafo keempat sebesar 6,8  $\Omega$  dengan standar pembumian sebesar 5  $\Omega$ , maka nilai pembumian tersebut tidak presisi karena terdapat satu hasil pengukuran pembumian yang di bawah nilai pembumian trafo satu, dua dan tiga dan menyebabkan nilai pengukuran trafo berbeda atau tidak saling berdekatan.

Tingkat pemulihan akurasi dikomunikasikan dengan Coefisien Variasi (CV) dan Deviasi Standar Relatif (RSD). Apabila CV yang di estimasi < (di bawah) 2% cenderung dinyatakan bahwa strategi tersebut memiliki akurasi yang tinggi. Untuk situasi yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$CV = \frac{\text{Standard Deviation}}{\text{Nilai SRM}} \times 100\% \quad (6)$$

Sedangkan untuk *Standard Deviation* (SD) dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(x-\alpha)^2}{n-1}} \quad (7)$$

Keterangan :

SD = Standard Deviation (Simpangan baku)

$\sum (x-\alpha)^2$  = Jumlah total nilai pengukuran dikurangi rata-rata

n = Jumlah percobaan

x = Hasil percobaan

$\alpha$  = Rata-rata hasil percobaan

### 2.6.2 Akurasi (*Accuracy*)

Uji akurasi adalah suatu tindakan yang menunjukkan kedekatan akibat pemeriksaan terhadap Bahan Referensi Standar (SRM) yang asli.. Jadi, akurasi adalah ukuran seberapa dekat hasil pengukuran dengan nilai standar. Misalnya hasil pengukuran pembumian 4 buah trafo dengan hasil ukur trafo 1 sebesar 5,4  $\Omega$ , trafo 2 sebesar 5,2  $\Omega$ , trafo ketiga sebesar 5  $\Omega$  dan trafo keempat sebesar 6,8  $\Omega$  dengan standar pembumian sebesar 5  $\Omega$ , maka nilai pembumian tersebut akurat karena rata-rata hasil pengukuran trafo jika dibulatkan sama dengan standar pembumian.

Ketepatan juga disebut besarnya penyimpangan hasil tes terhadap nilai sebenarnya. Predisposisi hasil tes dari strategi tes yang dilakukan terhadap nilai SRM menguraikan seberapa tinggi ketepatan teknik tes tersebut. Ketepatan hasil pemeriksaan sangat bergantung pada beredarnya kesalahan-kesalahan yang tepat pada seluruh tahap penyidikan. Maka untuk mencapai ketelitian yang tinggi dapat dilakukan dengan mengurangi kesalahan-kesalahan yang sebenarnya tersebut, misalnya dengan menggunakan perangkat yang mempunyai tingkat legitimasi yang baik, dapat diandalkan (stabil), dilakukan dengan teknik, dan eksekusi yang baik. Berikutnya adalah persamaan kondisi yang digunakan:

$$\% \text{ bias} = \frac{(\alpha) - \text{nilai SRM}}{\text{Nilai SRM}} \times 100\% \quad (8)$$

Sehingga akurasi dapat dihitung sebagai berikut:

$$\% \text{ akurasi} = 100 \% - \% \text{ bias} \quad (9)$$

Keterangan:

% bias = Persentase Nilai Bias

$\alpha$  = Nilai rata-rata emisivitas

Nilai SRM = Nilai Standard Reference Material (SRM)

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

Pergerakan pemeriksaan ini selesai di PT PLN (Persero) UP3 (Unit Pelaksana Pelayanan Klien) ULP (Unit Pelayanan Klien) Makassar Selatan yang beralamat di Jl. Letjen Hertasning No.99, Kota Bonto Makio, Daerah Rappocini, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90222. No.telp. (0411) 447733. Eksplorasi ini dipimpin mulai Juli 2023.

#### **3.2 Alat & Bahan**

- Thermo imagers tipe THT70
- Multimeter
- Laptop

#### **3.3 Prosedur Penelitian**

Kegiatan ini berlangsung selama bulan Mei sampai dengan Agustus di PT PLN (Persero) UP3 (Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan) Makassar Selatan ULP (Unit Layanan Pelanggan) . Di ULP Panakkukang dilakukan pengambilan data Penting untuk mengurutkan informasi yang diharapkan dengan cara yang wajar sehingga setelah masa berlaku tindakan ditutup, tidak ada informasi yang terlewatkan.

Informasi yang diperoleh kemudian ditangani dengan persyaratan dalam definisi masalah. Rencana itu berupa nilai hasil pengukuran thermovisi, besarnya nilai rugi-rugi daya yang terjadi dan memvalidasi seberapa akurat dan presisi hasil

dari pengukuran dengan thermovisi sehingga dapat diketahui langkah yang tepat dalam meminimalisir gangguannya.

### **3.4 Teknik Pengumpulan data**

Untuk memperoleh informasi yang perlu dicatat dalam bentuk hard copy proposisi ini, dilakukan pengumpulan informasi dengan teknik penyertaan.

#### **3.4.1 Studi literatur**

Kajian penulisan dilakukan untuk mendapatkan referensi sebagai semacam sudut pandang atau premis dalam postulasi penelitian ini. Ada pula tulisan yang diperoleh dari buku dan Perdir PLN, catatan harian, dalil, internet, dan buku-buku lain yang berkaitan dengan permasalahan yang diteliti.

#### **3.4.2 Observasi**

Prosedur persepsi merupakan pendekatan pengumpulan informasi dengan menyebutkan fakta obyektif langsung di lapangan berkenaan dengan kerangka penyampaian di PT PLN (Persero) UP3 (Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan) ULP (Unit Layanan Pelanggan) Makassar Selatan. Informasi yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain; grafik satu garis ULP Panakkukang, informasi estimasi suhu dengan thermovision, informasi beban dan informasi sumber daya sebagai panjang pemandu dan jenis pemandu dari feeder.

### **3.4.3 Dokumentasi**

Dokumentasi merupakan teknik pengumpulan informasi yang dilakukan dengan mengambil informasi mendasar dari pekerja di PT PLN (Persero) UP3 (Unit Pelaksana Client Support) ULP (Client Care Unit) Makassar Selatan . Adapun data-data yang dikumpulkan adalah berupa data *Single Line Diagram* dari Penyulang ULP Panakkukang khususnya pada penyulang untuk melihat di daerah mana saja terdapat gardu-gardu trafo distribusi dan peralatan *switching* pada Penyulang ini. Serta data-data yang menunjang di dalam perhitungan seperti data panjang penghantar jaringan.

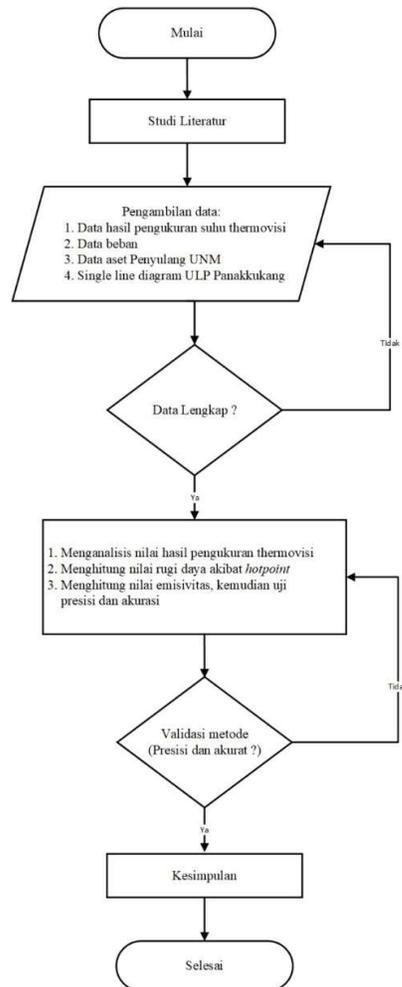
### **3.4.4 Wawancara**

Wawancara merupakan suatu strategi pengumpulan informasi yang diselesaikan dengan mengarahkan pertemuan (tanya jawab) dengan pihak-pihak yang terkait dengan permasalahan yang sedang dievaluasi.

Pertemuan akan diarahkan dengan berbagai saksi yang dianggap layak untuk memberikan data tentang barang yang diperiksa. Saksi yang ditunjuk dalam rapat tersebut adalah seseorang yang mempunyai pengetahuan mengenai sistem pengangkutan di PT PLN (Persero) UP3 Makassar Selatan ULP Panakkukang, dalam hal ini Bos yang disertai tanggung jawab untuk mendampingi dan membimbing analis dalam menyelesaikan pemeriksaan.

### 3.5 Metode Penelitian

Dalam menyelesaikan tindakan eksplorasi ini, ada tahapan-tahapan atau langkah-langkah yang harus dilakukan sebagaimana tercantum dalam diagram alur pemeriksaan terlampir:



Gambar 10 Flowchart Prosedur Kegiatan

Penjelasan dari tahapan – tahapan pada diagram alir di atas adalah:

1. Mengarahkan kajian penulisan dan pengumpulan informasi. Informasi tersebut diperoleh dari PT PLN (Persero) UP3 Makassar Selatan, ULP Panakkukang, data yang dimaksud di antaranya data penyulang berupa:

- a. Data hasil pengukuran suhu thermovisi.
  - b. Data beban penyulang.
  - c. Data aset Penyulang (panjang saluran, jenis penghantar)
  - d. *Single Line Diagram* penyulang
2. Selanjutnya, menganalisis nilai pengukuran thermovisi dengan cara sebagai berikut:
- 2.1 Menghitung selisih suhu/  $\Delta T$  (delta T) antara suhu titik sambung saat thermovisi dan *ambient temperatur*, dari hasil pengukuran  $\Delta T$  kondisi sambungan pada konduktor dan peralatan dapat terdeteksi apakah masih dalam keadaan normal atau tidak normal sesuai edaran direksi no 0018.E/DIR/2014 dan mengacu pada buku pedoman pemeliharaan No. 0520-2.K/DIR agar dapat ditentukan tindak lanjutnya.
  - 2.2 Selanjutnya menghitung besarnya rugi-rugi daya akibat adanya *hotpoint* pada titik sambung.
  - 2.3 Setelah itu, untuk memvalidasi hasil uji dari persepsi tersebut akan dicari estimasi dengan menggunakan teknik persetujuan untuk mendapatkan uji keakuratan dan ketepatan yang layak yaitu di bawah 2%, namun sebelumnya harus ditentukan terlebih dahulu nilai emisivitas dari hasil pengukuran suhu titik sambung .
3. Dengan asumsi seluruh tahapan telah dilakukan, maka penyelidikan informasi pemeriksaan telah selesai. Selanjutnya adalah mencapai penentuan dari pemeriksaan yang telah selesai. Setelah kesimpulan dibuat laporan skripsi dinyatakan selesai.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

ULP Panakukkang merupakan salah satu unit bisnis di bawah naungan PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan. ULP dan UP3 bertanggung jawab menjalankan proses bisnis utama di bidang distribusi, termasuk operasi dan pemeliharaan distribusi 20 kV untuk menjaga keandalan. Dalam pendistribusian listrik, ULP Panakukkang merupakan unit yang bertanggungjawab menjaga keandalan pangkal penyulang karena semua penyulang yang keluar dari GI Makassar melewati daerah kerja ULP Panakukkang. Di mana ULP Panakukkang ini memiliki 10 buah *feeder*/penyulang, di antaranya adalah F1 Boulevard, F2 Mongsidi, F3 Ikip, F4 Hertasning Baru, F5 Pa'Baeng-Baeng, F6 Alauddin, F7 Perumnas, F8 Wilayah, F9 UNM dan F10 Toddopuli.

ULP Panakukkang dengan jumlah gardu terpasang sebesar 333 buah dan jaringan distribusi sepanjang 175,847 kms meliputi hampir sebagian wilayah Makassar dengan kapasitas trafo terpasang sebesar 34.508 KVA. *Single line diagram* ULP Panakukkang dapat dilihat pada Lampiran 1.

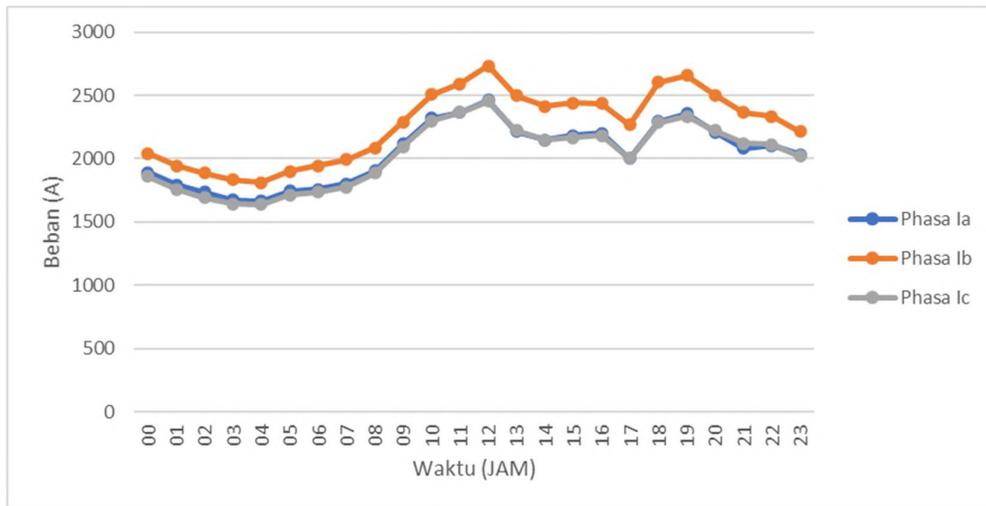
Berdasarkan *single line diagram* jaringan distribusi ULP Panakukkang, untuk penyulang UNM merupakan backup utama dari penyulang Panakukkang yang merupakan penyulang utama untuk melistriki objek vital yang ada di Makassar Selatan. Sehingga jalur ini harus andal.

#### 4.1. Hasil Pengukuran

Berdasarkan data hasil pengukuran thermovisi pada Penyulang UNM, didapatkan hasil pengujian dari 12 titik sampel di Penyulang UNM PT PLN (Persero) ULP Panakukkang, Kota Makassar dengan rincian sebagai berikut:

- 1) Titik aspan (isolator tarik): 4 titik sampel dengan jumlah 3 titik sambungan per titik sampel, sehingga jumlah total titik sambungan sebanyak 12 titik sambungan.
- 2) Titik *Switching*: 8 titik sampel dengan jumlah 6 titik sambungan per titik sampel, sehingga jumlah total titik sambungan sebanyak 48 titik.

Sehingga jumlah total titik sambungan yang diukur menggunakan thermovisi adalah 60 titik dengan waktu pengukuran pada malam hari yaitu pada waktu beban puncak (mulai sekitar pukul 18.00 dapat dilihat pada gambar 11). Berikut kurva beban harian Penyulang UNM pada bulan juli:



Gambar 11 Kurva Beban Harian

Hal ini dilakukan dengan asumsi bahwa semakin besar beban maka suhu sambungan pun akan tinggi, namun tentunya untuk mengetahui kondisi dari titik

sambung peralatan mengalami *hotpoint* atau tidak harus tetap mengacu pada peraturan yang ada. Adapun hasil pengukurannya adalah sebagai berikut:

Tabel 6 Hasil pengukuran titik sambungan menggunakan Thermovisi pada Penyulang UNM PT PLN (Persero) ULP Panakukkang

No	Nama Trafo		Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Hasil Pengukuran (°C)			Ambient temperature (°C)
				R	S	T	
1.	Tiang F9.064 (P. UNM)		3x150	22,8	25,3	63,8	29
2.	Tiang F9.104		3x70	29,3	32,0	29,4	29
3.	Tiang F9.118		3x70	30,3	30,4	29,8	29
4.	Tiang F9.128		3x70	29,3	24,4	30,1	29
5.	MRZ P9.UNM	In	3x150	28,2	26,8	28,2	29
		Out	3x150	28,9	29,0	27,9	29
6.	Rec.Boelevard	In	3x150	22,3	22,8	25,7	29
		Out	3x150	26,9	24,8	26,2	29
7.	LBS Boelevard	In	3x150	28,5	28,3	28,4	29
		Out	3x150	29,0	29,3	28,4	29
8.	LBS UNM	In	3x150	27,0	28,4	25,6	29
		Out	3x150	28,3	28,3	27,8	29
9.	LBS Todopuli	In	3x70	24,7	23,0	27,0	29
		Out	3x70	27,3	23,6	24,2	29
10.	MRZ Todopuli	In	3x70	26,5	23,2	28,5	29
		Out	3x70	25,3	28,0	27,0	29
11.	LBS Perumnas	In	3x70	29,3	29,5	29,3	29
		Out	3x70	29,3	29,0	28,2	29
12.	MRZ Hertasning	In	3x70	24,2	22,1	22,0	29
		Out	3x70	21,0	22,3	25,9	29

Sumber: PT PLN (Persero) ULP Panakukkang

Berdasarkan tabel data hasil pengukuran titik sambungan menggunakan *thermovisi*, maka dapat ditentukan nilai  $\Delta T$  yaitu selisih antara suhu saat pengukuran dan suhu lingkungan/ *ambient temperature*, untuk mengetahui kriteria dari hasil pengukuran thermovisi yang dilakukan dan menjadi parameter untuk menentukan tindak lanjut yang harus dilakukan selanjutnya. Maka hasil dari penentuan nilai  $\Delta T$  dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 7 Nilai  $\Delta T$  hasil pengukuran titik sambung

No	Nama Trafo		Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Hasil Pengukuran (°C)			Ambient temperature (°C)	$\Delta T$ (°C)		
				R	S	T		R	S	T
				1.	Tiang F9.064 (P. UNM)	3x150		22,8	25,3	63,8
2.	Tiang F9.104	3x70	29,3	32,0	29,4	29	0,3	3	0,4	
3.	Tiang F9.118	3x70	30,3	30,4	29,8	29	1,3	1,4	0,8	
4.	Tiang F9.128	3x70	29,3	24,4	30,1	29	0,3	-4,6	1,1	
5.	MRZ P9.UNM	In	3x150	28,2	26,8	28,2	29	-0,8	-2,2	-0,8
		Out	3x150	28,9	29,0	27,9	29	-0,1	0	-1,1
6.	Rec.Boelevard	In	3x150	22,3	22,8	25,7	29	-6,7	-6,2	-3,3
		Out	3x150	26,9	24,8	26,2	29	-2,1	-4,2	-2,8
7.	LBS Boelverad	In	3x150	28,5	28,3	28,4	29	-0,5	-0,7	-0,6
		Out	3x150	29,0	29,3	28,4	29	0	0,3	-0,6
8.	LBS UNM	In	3x150	27,0	28,4	25,6	29	-2	-0,6	-3,4
		Out	3x150	28,3	28,3	27,8	29	-0,7	-0,7	-1,2
9.	LBS Todopuli	In	3x70	24,7	23,0	27,0	29	-4,3	-6	-2
		Out	3x70	27,3	23,6	24,2	29	-1,7	-5,4	-4,8
10.	MRZ Todopuli	In	3x70	26,5	23,2	28,5	29	-2,5	-5,8	-0,5
		Out	3x70	25,3	28,0	27,0	29	-3,7	-1	-2
11.	LBS Perumnas	In	3x70	29,3	29,5	29,3	29	0,3	0,5	0,3
		Out	3x70	29,3	29,0	28,2	29	0,3	0	-0,8
12.	MRZ Hertasning	In	3x70	24,2	22,1	22,0	29	-4,8	-6,9	-7
		Out	3x70	21,0	22,3	25,9	29	-8	-6,7	-3,1

Sumber: PT PLN (Persero) ULP Panakukkang

#### 4.1.1 Nilai Standar Kelayakan Titik Sambung

Titik sambung yang memiliki nilai  $\Delta T < 10^{\circ}\text{C}$  yang berada pada kriteria baik dan nilai  $\Delta T \geq 10^{\circ}\text{C}$  atau  $\Delta T < 20^{\circ}\text{C}$  yang berada pada kriteria cukup. Kriteria baik dan cukup mengindikasikan bahwa kondisi titik sambung masih dalam kondisi normal, tindak lanjutnya mengikuti jadwal pemeliharaan periodik. Titik sambung yang memiliki nilai  $\Delta T \geq 20^{\circ}\text{C}$  atau  $\Delta T < 40^{\circ}\text{C}$  dengan kriteria kurang dan nilai  $\Delta T \geq 40^{\circ}\text{C}$  dengan kriteria buruk. Kriteria kurang dan buruk memperingatkan bahwa

kondisi titik sambung sudah menurun dan perlu tindakan segera baik itu perbaikan ataupun penggantian. Hal ini sesuai dengan Perdir No 0018.E/DIR/2014, yang dapat di lihat pada tabel 4 dan tabel 5 di atas.

Oleh karena itu, berdasarkan kriteria dari titik sambung dapat diketahui kelayakan dari 60 titik sambung yang berada di Penyulang UNM. Jika hasil pengukuran titik sambung berada pada kriteria **baik** atau **cukup**, maka titik sambung dinyatakan masih layak untuk digunakan atau dengan kata lain titik sambung dianggap masih kondisi normal.

Adapun jika hasil pengujian berada pada kriteria **kurang** atau **buruk**, maka titik sambung dinyatakan sudah tidak layak untuk digunakan atau dikatakan mengalami *hotpoint*. Sehingga perlu Tindakan segera berupa perbaikan atau penggantian titik sambung agar jaringan tidak mengalami gangguan akibat *hotpoint*. Berikut tabel informasi tentang kondisi dan rekomendasi perbaikan dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 8 Kondisi dan rekomendasi perbaikan titik sambung

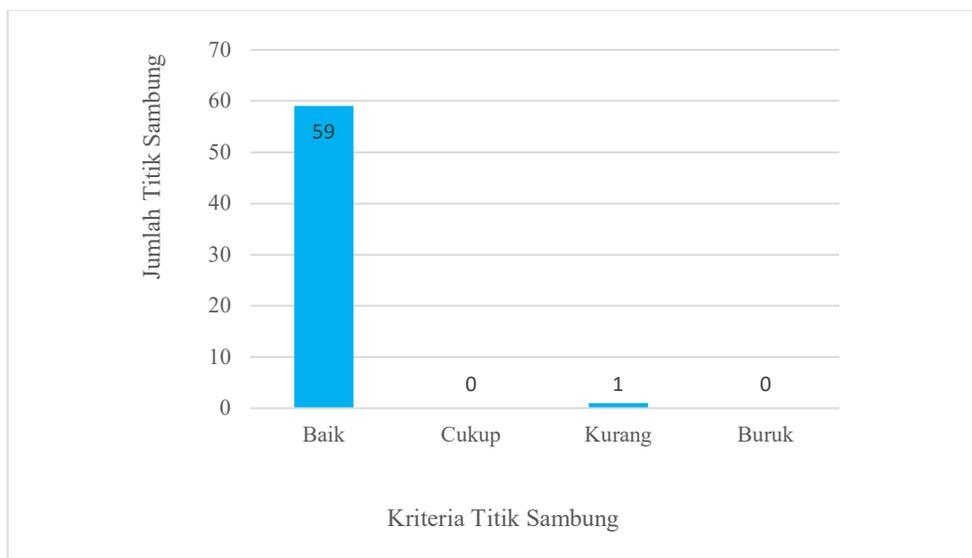
No	Nama Objek	Luas Penampang g (mm <sup>2</sup> )	Hasil Pengukuran (°C)			Ambient temperature (°C)	ΔT (°C)			KRITERIA			REKOMENDASI			
			R	S	T		R	S	T	R	S	T	R	S	T	
			1.	Tiang F9064	3x50		22.8	25.3	61.8	29	-6.2	-3.7	34.8	BAIK	BAIK	KURANG
2.	Tiang F9104	3x70	29.3	32	29.4	29	0.3	3	0.4	BAIK	BAIK	BAIK	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	
3.	Tiang F9118	3x70	30.3	30.4	29.8	29	1.3	1.4	0.8	BAIK	BAIK	BAIK	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	
4.	Tiang F9128	3x70	29.3	24.4	30.1	29	0.3	-4.6	1.1	BAIK	BAIK	BAIK	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	
5.	MRZ P9 UNM	In	3x50	28.2	26.8	28.2	29	-0.8	-2.2	-0.8	BAIK	BAIK	BAIK	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL
	MRZ P9 UNM	Out	3x50	28.9	29	27.9	29	-0.1	0	-1.1	BAIK	BAIK	BAIK	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL
6.	Rec Beulevard	In	3x50	22.3	22.8	25.7	29	-6.7	-6.2	-3.3	BAIK	BAIK	BAIK	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL
	Rec Beulevard	Out	3x50	26.9	24.8	26.2	29	-2.1	-4.2	-2.8	BAIK	BAIK	BAIK	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL
7.	LBS Beulevard	In	3x50	28.5	28.3	28.4	29	-0.5	-0.7	-0.6	BAIK	BAIK	BAIK	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL
	LBS Beulevard	Out	3x50	29	29.3	28.4	29	0	0.3	-0.6	BAIK	BAIK	BAIK	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL
8.	LBS UNM	In	3x50	27	28.4	25.6	29	-2	-0.6	-3.4	BAIK	BAIK	BAIK	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL
	LBS UNM	Out	3x50	28.3	28.3	27.8	29	-0.7	-0.7	-1.2	BAIK	BAIK	BAIK	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL
9.	LBS Todopuli	In	3x70	24.7	23	27	29	-4.3	-6	-2	BAIK	BAIK	BAIK	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL
	LBS Todopuli	Out	3x70	27.3	23.6	24.2	29	-1.7	-5.4	-4.8	BAIK	BAIK	BAIK	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL
10.	MRZ Todopuli	In	3x70	26.5	23.2	28.5	29	-2.5	-8.8	-0.5	BAIK	BAIK	BAIK	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL
	MRZ Todopuli	Out	3x70	25.3	28	27	29	-3.7	-1	-2	BAIK	BAIK	BAIK	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL
11.	LBS Perumas	In	3x70	29.3	29.5	29.3	29	0.3	0.5	0.3	BAIK	BAIK	BAIK	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL
	LBS Perumas	Out	3x70	29.3	29	28.2	29	0.3	0	-0.8	BAIK	BAIK	BAIK	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL
12.	MRZ Hertasing	In	3x70	24.2	22.1	22	29	-4.8	-6.9	-7	BAIK	BAIK	BAIK	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL
	MRZ Hertasing	Out	3x70	21	22.3	25.9	29	-8	-6.7	-3.1	BAIK	BAIK	BAIK	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL

Sumber: PT PLN (Persero) ULP Panakukkang

*Hotpoint* pada titik sambung yang terjadi secara terus menerus dapat mengakibatkan gangguan pada jaringan hingga terputusnya aliran listrik ke pelanggan. *Hotpoint* dapat terjadi karena sambungan mengalami *loose* kontak/kontak koneksi kendur, korosi, kotor, ataupun rusak, sehingga berdasarkan hal tersebut *hotpoint* sangat penting dilakukan, karena jika tidak dilakukan pengecekan akan terjadi hubung singkat sehingga dapat menyebabkan gangguan penyulang.

#### 4.1.2 Jumlah Kelayakan Titik Sambung

Berdasarkan tabel di atas, dari 60 titik sambung yang diukur, maka didapatkan hasil bahwa kondisi titik sambung yang kriteria baik adalah sebanyak 59 titik, titik sambung kriteria cukup adalah sebanyak nol titik, kriteria titik sambung kurang yang perlu direncanakan perbaikan adalah sebanyak satu titik, dan titik sambung kriteria buruk adalah sebanyak nol titik. Adapun rinciannya dapat dilihat pada gambar grafik berikut:



Gambar 12 Grafik Kondisi Titik Sambung

### **4.1.3 Dampak hotpoint pada Titik Sambungan Peralatan**

Selama proses penyaluran listrik pada jaringan distribusi salah satu gangguan yang terjadi adalah *hotpoint* pada titik sambungan peralatan. Di mana gangguan pada titik sambung peralatan menyebabkan terjadinya panas berlebih. Titik sambung tidak selamanya dalam kondisi yang bagus, karena dipengaruhi beberapa faktor di antaranya mengalami *loose* kontak/ kontak koneksi kendur, korosi, kotor, ataupun rusak, sehingga berdasarkan hal tersebut termovisi sangat penting dilakukan, karena jika tidak dilakukan pengecekan sambungan akan putus atau meleleh dan akan terjadi gangguan ke tanah sehingga dapat menyebabkan gangguan penyulang dan terjadinya padam yang meluas dan dapat memperburuk nilai dari keandalan jaringan.

Selain menjadi indikasi gangguan jaringan, disisi lain kenaikan suhu akibat *hotpoint* juga menyebabkan rugi daya, Di mana ketika temperatur suatu logam yang dialiri arus listrik meningkat maka ikatan atom semakin meningkat dan mengakibatkan aliran elektron (arus listrik tersebut) terhambat sehingga kenaikan temperatur menyebabkan kenaikan tahanan penghantar.

## **4.2. Rugi Daya yang Terjadi Akibat *Hotpoint***

Gangguan pada jaringan distribusi salah satunya diakibatkan karena *hotpoint* pada sambungan. Ketika temperatur suatu logam yang dialiri arus listrik meningkat maka ikatan atom semakin meningkat dan mengakibatkan aliran elektron (arus listrik tersebut) terhambat sehingga kenaikan temperatur menyebabkan kenaikan tahanan penghantar. Berdasarkan data pengukuran

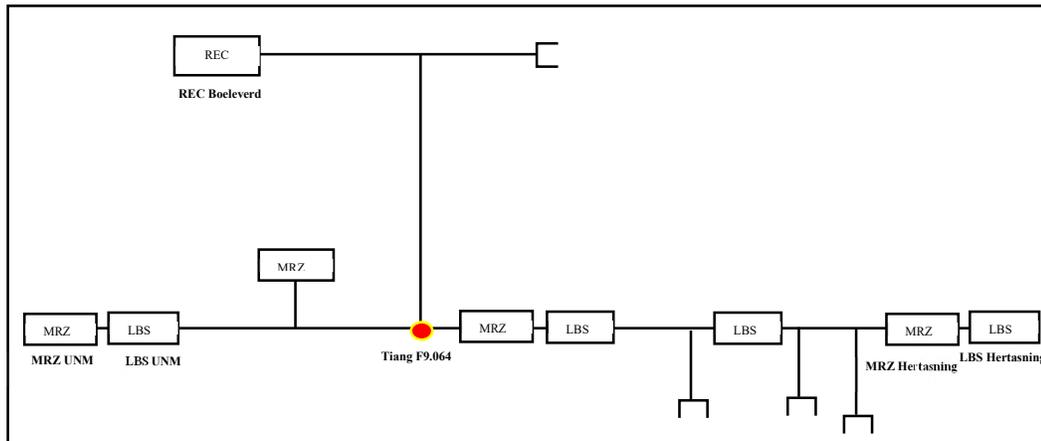
thermovisi yang telah dilakukan, berikut data titik sambung yang mengalami *hotpoint*:

Tabel 9 Titik sambung yang *hotpoint*

No	Nama Trafo	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Hasil Pengukuran (°C)		
			R	S	T
1.	Tiang F9.064 (P. UNM)	3x150	22,8	25,3	63,8

Sumber: PT PLN (Persero) ULP Panakukkang

Jenis penghantar dan diameter pada penghantar akan mempengaruhi besarnya nilai susut daya pada jaringan. Pada Tiang dengan nomor F9.064 menggunakan penghantar AAAC dengan diameter 150 mm<sup>2</sup> dengan diameter nilai sebenarnya sebesar 147,1 mm<sup>2</sup> dan berada pada *segment* antara segment Rec monginsidi – MRZ Kanni – LBS UNM dengan panjang penghantar sebesar 6,625 km dan pertemuan penyulang pada MRZ UNM dan LBS Kanni sehingga tegangan berujung pada peralatan *switching* tersebut dan posisinya dalam keadaan *open*. Karena berada pada *segment* yang mempunyai jenis penghantar dan luas penampang yang berbeda, maka untuk menghitung rugi daya terlebih dahulu harus mengetahui spesifikasi hantaran berdasarkan standar konstruksi penghantar yang ada sesuai pada tabel 1, tabel 2 dan tabel 3 dan berdasarkan data aset dari ULP Panakukkang. Adapun rincian segment yang mengalami *hotpoint* dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 13 *Segment Hotpoint*

Tabel 10 Spesifikasi Hantaran Segment *Hotpoint*

NO	Jenis Kabel	Bahan Kawat	Ukuran Kawat	Panjang Hantaran	Tahanan Maksimum
1	A3C	Aluminium	3x35	0,100	0,958
2	A3C	Aluminium	3x150	4,986	0,255
3	A3CS	Aluminium	3x70	1,074	0,438
4	A3CS	Aluminium	3x150	0,397	0,255
5	MVTIC	Aluminium	3x150	0,068	0,206

Sumber: PT PLN (Persero) ULP Panakukkang. (SPLN) 41-8:1981.

Sebelum menghitung rugi daya yang terjadi akibat *hotpoint* terlebih dahulu dapat harus mengetahui besarnya nilai tahanan pada suhu semula berdasarkan jenis penghantar dan luas penampang sesuai persamaan 3 sebagai berikut:

➤ Jenis kabel AAAC 3x35 mm<sup>2</sup>

$$R_{01} = R_{t0} \times L$$

$$R_{01} = 0,958 \Omega/km \times 0,100 km$$

$$R_{01} = 0,096 \Omega$$

➤ Jenis kabel AAAC 3x150 mm<sup>2</sup>

$$R_{02} = R_{t0} \times L$$

$$R_{02} = 0,225 \Omega/Km \times 4,986 Km$$

$$R_{02} = 1,271 \Omega$$

➤ Jenis kabel AAAC-S 3x70 mm<sup>2</sup>

$$R_{03} = R_{t0} \times L$$

$$R_{03} = 0,438 \Omega/Km \times 1,074 Km$$

$$R_{03} = 0,470 \Omega$$

➤ Jenis kabel AAAC-S 3x150 mm<sup>2</sup>

$$R_{04} = R_{t0} \times L$$

$$R_{04} = 0,225 \Omega/Km \times 0,397 Km$$

$$R_{04} = 0,101 \Omega$$

➤ Jenis kabel MVTIC 3x150 mm<sup>2</sup>

$$R_{05} = R_{t0} \times L$$

$$R_{05} = 0,206 \Omega/Km \times 0,068 Km$$

$$R_{05} = 0,014 \Omega$$

$$\text{Total } R_0 = R_{01} + R_{02} + R_{03} + R_{04} + R_{05}$$

$$R_0 = 0,096 + 1,271 + 0,470 + 0,101 + 0,014$$

$$R_0 = 1,953 \Omega$$

Setelah nilai  $R_0$  diperoleh, maka selanjutnya mencari  $R_t$ . Di mana diketahui nilai  $\alpha=0,0039/^\circ\text{C}$  (aluminium), dan nilai  $T_0$  sebesar  $20^\circ\text{C}$  sesuai dengan suhu terendah pada penghantar SUTM (SPLN 87,1991), untuk persamaannya sebagai berikut:

$$R_t = R_0[1 + \alpha(T - T_0)]$$

$$R_t = 1,953[1 + 0,0039(63,8 - 20)]$$

$$R_t = 1,953[1 + 0,0039(43,8)]$$

$$R_t = 1,953[1 + 0,171]$$

$$R_t = 1,953[1,171]$$

$$R_t = 2,286 \Omega$$

Setelah diperoleh nilai  $R_t$ , maka selanjutnya menghitung nilai rugi daya yang terjadi akibat *hotpoint*, Adapun nilai arus pada phasa T saat pengukuran sebesar 19A, untuk menghitung rugi-rugi daya dapat dihitung sesuai dengan persamaan 2.

Untuk nilai rugi daya saat kondisi awal adalah sebagai berikut:

$$P_0 = I^2 \cdot R_0$$

$$P_0 = 19^2 \cdot 1,953$$

$$P_0 = 361 \cdot 1,953$$

$$P_0 = 704,991 \text{ W}$$

Untuk nilai rugi daya saat kondisi *hotpoint* adalah sebagai berikut:

$$P_t = I^2 \cdot R_t$$

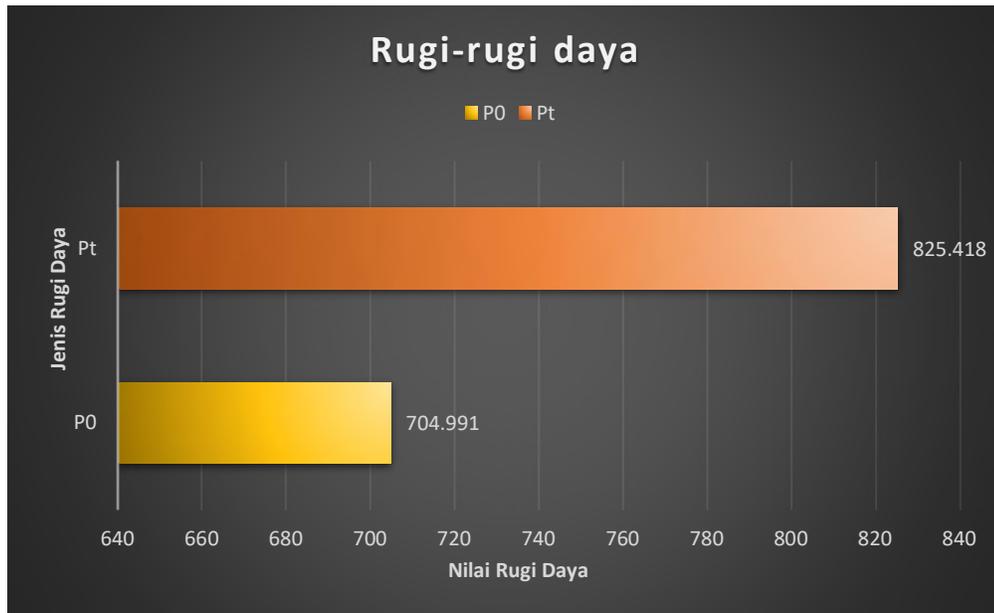
$$P_t = 19^2 \cdot 2,286$$

$$P_t = 361 \cdot 2,286$$

$$P_t = 825,418 \text{ W}$$

Untuk melihat nilai peningkatan rugi daya pada *hotpoint* dari suhu normal peralatan pada 20°C menjadi 63,8°C dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \text{Selisih rugi daya} &= P_t - P_0 \\ &= 825,418 - 704,991 \\ &= 120,427 \text{ W} \end{aligned}$$



Gambar 14 Grafik Rugi-rugi Daya akibat Kenaikan Suhu

Dari hasil perhitungan rugi daya yang telah dilakukan dan berdasarkan gambar 10, maka dapat dilihat bahwa peningkatan nilai rugi daya akibat *hotpoint* sebesar 120,427 W atau kenaikannya sebesar 17%, namun disisi lain perlu diketahui bahwa salah satu anomali gangguan yang terjadi pada jaringan distribusi adalah adanya *hotpoint* pada titik sambungan yang dapat menyebabkan sambungan ataupun peralatan menjadi rusak, apabila *hotpoint* terjadi secara terus menerus dampak terbesar yang akan terjadi pada sambungan yaitu sambungan akan putus atau meleleh dan terjadi gangguan ke tanah, sehingga mengganggu sistem kelistrikan yaitu menyebabkan padam yang meluas dan dapat memperburuk nilai dari keandalan jaringan. Untuk itu, inspeksi titik sambung pada peralatan sangat perlu dilakukan.

### 4.3. Tingkat Validasi Hasil Pengukuran Thermovisi

Untuk menyatakan bahwa nilai pengukuran suhu yang dilakukan memiliki tingkat akurasi dan persisi yang baik, maka perlu menggunakan metode uji yang akurat dan baik yaitu melalui metode validasi. Namun terlebih dahulu harus diketahui nilai emisivitas.

#### 4.3.1 Perhitungan Nilai Emisivitas

hampir keseluruhan peralatan pada jaringan distribusi memakai bahan atau material yang terbuat dari bahan aluminium, sehingga nilai emisivitas yang ditetapkan berdasarkan *Infrared Literature and Flir System* adalah sebesar 0,5. Berikut perhitungan untuk nilai emisivitas:

$$e = \frac{P}{\sigma T^4}$$

$$e = \frac{237}{5,672 \times 10^{-8} \cdot 295,95^4} = 0,544$$

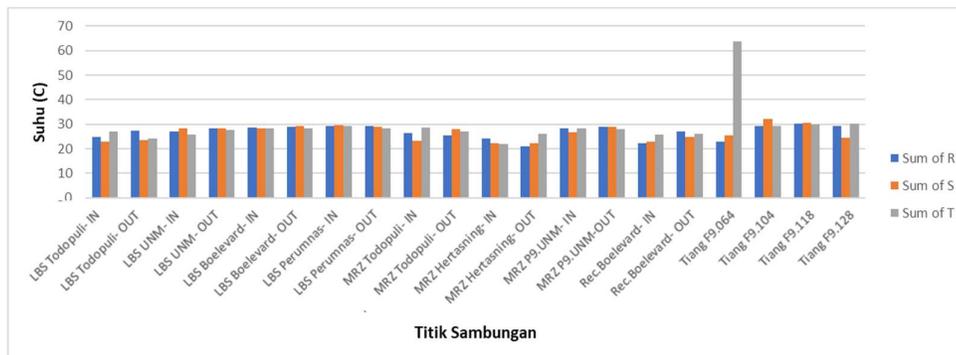
Adapun untuk perhitungan emisivitas pada titik sambung lainnya dapat dilakukan dengan cara dan rumus yang sama. Berikut hasil perhitungan nilai emisivitas dari masing-masing titik sambung:

Tabel 11 Nilai emisivitas titik sambung pada Penyulang UNM

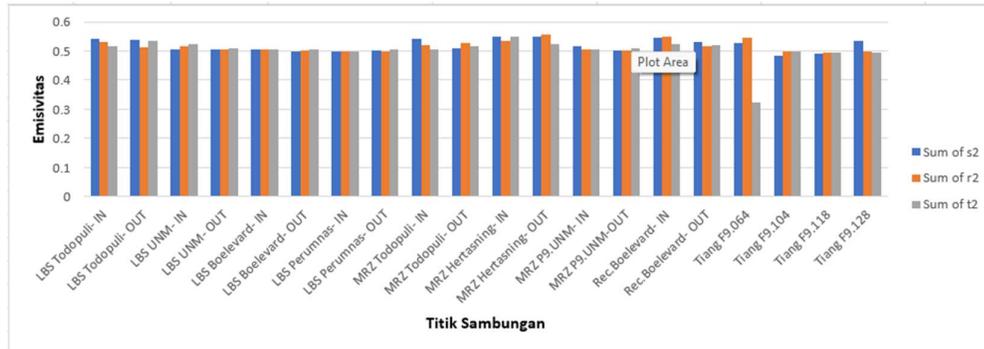
No	Nama Objek		Hasil Pengukuran (°C)			EMISIVITAS		
			R	S	T	R	S	T
1.	Tiang F9.064		22,8	25,3	63,8	0,5447	0,5267	0,3242
2.	Tiang F9.104		29,3	32	29,4	0,4993	0,4819	0,4987
3.	Tiang F9.118		30,3	30,4	29,8	0,4928	0,4921	0,4961
4.	Tiang F9.128		29,3	24,4	30,1	0,4993	0,5331	0,4941
5.	MRZ P9.UNM	In	28,2	26,8	28,2	0,5067	0,5162	0,5067
		Out	28,9	29	27,9	0,5020	0,5013	0,5087
6.	Rec.Boelevard	In	22,3	22,8	25,7	0,5484	0,5447	0,5238
		Out	26,9	24,8	26,2	0,5155	0,5302	0,5203
7.	LBS Boelverad	In	28,5	28,3	28,4	0,5047	0,5060	0,5053
		Out	29	29,3	28,4	0,5013	0,4993	0,5053
8.	LBS UNM	In	27	28,4	25,6	0,5148	0,5053	0,5245
		Out	28,3	28,3	27,8	0,5060	0,5060	0,5094
9.	LBS Todopuli	In	24,7	23	27	0,5309	0,5432	0,5148
		Out	27,3	23,6	24,2	0,5128	0,5388	0,5345
10.	MRZ Todopuli	In	26,5	23,2	28,5	0,5183	0,5417	0,5047
		Out	25,3	28	27	0,5267	0,5080	0,5148
11.	LBS Perumnas	In	29,3	29,5	29,3	0,4993	0,4980	0,4993
		Out	29,3	29	28,2	0,4993	0,5013	0,5067
12.	MRZ Hertasing	In	24,2	22,1	22	0,5345	0,5499	0,5506
		Out	21	22,3	25,9	0,5581	0,5484	0,5224
Rata - rata						0,5125		

Sumber: Perhitungan manual

Dari perhitungan emisivitas di atas, rata-rata emisivitas dari 60 sampel titik sambung, yaitu sebesar 0,5125. Adapun grafik nilai suhu dan emisivitas dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 15 Grafik Pengukuran Suhu pada Titik Sambung



Gambar 16 Grafik Emisivitas pada Titik Sambung

Pada tabel 11 di atas menunjukkan bahwa suhu tertinggi dari pengukuran yang dilakukan adalah sebesar 63,8°C dengan nilai emisivitasnya yaitu 0,3242 terdapat pada titik pengukuran Tiang F9.064. Sedangkan suhu terendahnya adalah sebesar 21°C dengan nilai emisivitasnya sebesar 0,5581 yang terdapat pada titik pengukuran MRZ Kanni OUT fasa R. Akan tetapi dari semua hasil nilai emisivitas yang telah dilakukan analisa perhitungan, jika dilakukan pembulatan maka terdapat nilai emisivitas di bawah rentan suhu yang sesuai dengan *Standard Reference Material (SRM)* (emisivitas aluminium 0,5), yaitu pada titik yang mengalami *hotpoint*.

Sedangkan pada grafik suhu pada gambar 11 dan grafik emisivitas gambar 12 di atas, dapat disimpulkan kondisi yang terjadi adalah apabila suhu dari peralatan semakin tinggi, maka nilai emisivitas dari peralatan tersebut semakin rendah. Begitu juga sebaliknya, ketika suhu peralatan rendah, maka nilai emisivitasnya akan meningkat.

Maka dapat dinyatakan bahwa ketika suhu peralatan semakin tinggi, kemampuan untuk meradiasikan sinar inframerah dari alat ukur semakin

berkurang, karena bahan tersebut tidak dapat menyerap sinar inframerah dengan baik. Hal ini disebabkan oleh suhu permukaan peralatan yang panas.

#### 4.3.2 Uji Presisi

Uji presisi merupakan analisa perhitungan yang hasilnya menunjukkan derajat keakuratan terhadap hasil pengukuran, yang dihitung berdasarkan nilai *Standard Reference Material (SRM)*. Pada analisa ini, SRM yang digunakan adalah nilai emisivitas dari aluminium yang memiliki nilai sebesar 0,5. Nilai ini merupakan nilai emisivitas standard yang dikeluarkan oleh *Infrared Training Center of Flir System Inc.* Presentase presisi *recovery* dinyatakan dengan *Coefficient of Variation (CV)* dan *Relative Standard Deviation (RSD)*. Jika nilai CV pada perhitungan  $< 2\%$  maka dapat dinyatakan bahwa metode tersebut mempunyai presisi yang baik.

Pada analisa perhitungan CV, sampel yang digunakan berjumlah 60 titik sambung. CV akan diperoleh melalui persamaan pada tabel di bawah ini:

Tabel 12 Validasi Thermovisi Dengan Nilai Uji Presisi

No	Nama Objek	x			a	(x-a)			(x-a) <sup>2</sup>			
		R	S	T		R	S	T	R	S	T	
1.	Tiang F9.064	0,5447	0,5267	0,3242	0,5125	0,0321	0,0141	-0,1884	0,0010	0,0002	0,0355	
2.	Tiang F9.104	0,4993	0,4819	0,4987	0,5125	-0,0132	-0,0306	-0,0139	0,0002	0,0009	0,0002	
3.	Tiang F9.118	0,4928	0,4921	0,4961	0,5125	-0,0198	-0,0204	-0,0165	0,0004	0,0004	0,0003	
4.	Tiang F9.128	0,4993	0,5331	0,4941	0,5125	-0,0132	0,0205	-0,0185	0,0002	0,0004	0,0003	
5.	MRZ P9.UNM	In	0,5067	0,5162	0,5067	0,5125	-0,0059	0,0037	-0,0059	0,0000	0,0000	0,0000
		Out	0,5020	0,5013	0,5087	0,5125	-0,0106	-0,0112	-0,0038	0,0001	0,0001	0,0000
6.	Rec.Boelevard	In	0,5484	0,5447	0,5238	0,5125	0,0358	0,0321	0,0113	0,0013	0,0010	0,0001
		Out	0,5155	0,5302	0,5203	0,5125	0,0030	0,0177	0,0078	0,0000	0,0003	0,0001
7.	LBS Boelverad	In	0,5047	0,5060	0,5053	0,5125	-0,0079	-0,0065	-0,0072	0,0001	0,0000	0,0001
		Out	0,5013	0,4993	0,5053	0,5125	-0,0112	-0,0132	-0,0072	0,0001	0,0002	0,0001
8.	LBS UNM	In	0,5148	0,5053	0,5245	0,5125	0,0023	-0,0072	0,0120	0,0000	0,0001	0,0001
		Out	0,5060	0,5060	0,5094	0,5125	-0,0065	-0,0065	-0,0032	0,0000	0,0000	0,0000
9.	LBS Todopuli	In	0,5309	0,5432	0,5148	0,5125	0,0184	0,0307	0,0023	0,0003	0,0009	0,0000
		Out	0,5128	0,5388	0,5345	0,5125	0,0002	0,0263	0,0219	0,0000	0,0007	0,0005
10.	MRZ Todopuli	In	0,5183	0,5417	0,5047	0,5125	0,0057	0,0292	-0,0079	0,0000	0,0009	0,0001
		Out	0,5267	0,5080	0,5148	0,5125	0,0141	-0,0045	0,0023	0,0002	0,0000	0,0000
11.	LBS Perumnas	In	0,4993	0,4980	0,4993	0,5125	-0,0132	-0,0145	-0,0132	0,0002	0,0002	0,0002
		Out	0,4993	0,5013	0,5067	0,5125	-0,0132	-0,0112	-0,0059	0,0002	0,0001	0,0000
12.	MRZ Hertasing	In	0,5345	0,5499	0,5506	0,5125	0,0219	0,0373	0,0381	0,0005	0,0014	0,0014
		Out	0,5581	0,5484	0,5224	0,5125	0,0456	0,0358	0,0099	0,0021	0,0013	0,0001
Total									0,0553			

$\sum (x - a)^2$	0,055312
$SD = \sqrt{\frac{\sum (x - a)^2}{n - 1}}$	0,0306
$CV = \frac{\text{Standard Deviation}}{\text{Nilai SRM}} \times 100\%$	6,124 %

Sumber: Perhitungan manual

Pada tabel 12 di atas, yaitu validasi thermovisi dengan uji presisi memiliki nilai rata-rata emisivitas sebesar 0,5125 dan nilai tersebut sudah sangat mendekati SRM dari peralatan yaitu 0,5. Hasil dari CV pada analisa perhitungan ini adalah sebesar 6,124%, Di mana hasil ini dapat dinyatakan tidak baik dan menunjukkan bahwa pengukuran yang dilakukan memiliki tingkat presisi yang tidak baik, karena standar presisi yang baik harus memiliki nilai < 2%. Hal ini disebabkan karena adanya anomali *hotpoint* pada salah satu titik sambung yaitu pada phasa T Tiang F9.064, yang mana nilai suhu pada sambungan tersebut tinggi mencapai 63,8°C sehingga emisivitas pada sambungan tersebut rendah senilai 0,3242 dan tidak mencapai nilai SRM material aluminium sebesar 0,5. Oleh karena itu, nilai presisinya menjadi tidak baik.

#### 4.3.3 Uji Akurasi

Uji akurasi adalah ukuran yang menunjukkan kedekatan hasil analisis dengan *Standard Reference Material* (SRM) yang sebenarnya. Akurasi disebut juga besarnya penyimpangan data hasil uji dengan nilai sebenarnya. Bias hasil uji dari metode uji yang dilakukan terhadap nilai SRM menggambarkan seberapa tinggi

akurasi dari metode uji tersebut. Berikut ini adalah perhitungan %bias sesuai persamaan 8.

$$\% \text{ bias} = \frac{(\alpha) - \text{nilai SRM}}{\text{Nilai SRM}} \times 100\%$$

$$\% \text{ bias} = \frac{0,512543 - 0,5}{0,5} \times 100\%$$

$$\% \text{ bias} = 3\%$$

Sehingga akurasi dapat dihitung sesuai persamaan 9 sebagai berikut:

$$\% \text{ akurasi} = 100 \% - \% \text{ bias}$$

$$\% \text{ akurasi} = 100 \% - 3\%$$

$$\% \text{ akurasi} = 97\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan persentase akurasi di atas, pengukuran dengan thermovisi pada titik sambung Penyulang UNM memiliki tingkat akurasi 97%.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis mengenai dampak *hotpoint* pada Penyulang UNM PT PLN (Persero) ULP Panakukkang, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Keadaan akibat persepsi thermovision pada perangkat keras pengalokasian Feeder UNM dari 12 tempat sampel yang terdiri dari 60 titik sambung diperoleh 59 titik sambung dalam kriteria baik, sehingga titik sambung dalam kondisi normal, pengukuran berikutnya dilakukan sesuai jadwal dengan nilai  $\Delta T < 10^{\circ}C$  dan satu titik sambung dalam kriteria kurang, sehingga perlu tindakan segera berupa perbaikan atau penggantian titik sambung dengan nilai  $\Delta T < 34,8^{\circ}C$ .
2. Pengaruh dari adanya *hotpoint* pada titik sambung peralatan adalah menimbulkan panas berlebih dan menyebabkan kenaikan tahanan penghantar. Sehingga panas yang berlebih ini menyebabkan terjadinya rugi-rugi daya. Di mana besarnya rugi daya yang terjadi dari kenaikan suhu akibat *hotpoint* pada titik sampel F9.064 fasa T sebesar 120,427 W atau sebesar 17%, Jika bersifat fatal dan dibiarkan akan mengakibatkan trip dan pemadaman listrik.
3. Persetujuan hasil estimasi thermovisi mempunyai nilai emisivitas tipikal sebesar 0,5125 dan nilai tersebut sudah mendekati SRM aluminium yaitu 0,5. Besarnya tingkat validasi hasil pengukuran thermovisi berdasarkan presisi sebesar 6,124%, Di mana hasil ini dinyatakan tidak baik. Hal ini disebabkan

karena adanya anomali *hotpoint* pada salah satu titik sambung yaitu pada phasa T Tiang F9.064, yang mana nilai suhu pada sambungan tersebut tinggi mencapai 63,8°C sehingga emisivitas pada sambungan tersebut rendah senilai 0,3242 dan tidak mencapai nilai SRM material aluminium sebesar 0,5. Oleh karena itu, nilai presisinya menjadi buruk. Sedangkan estimasi presisi estimasi suhu dengan thermovision pada feeder UNM menunjukkan laju ketepatan sebesar 97% Penanganan Masalah hotpoint ini jika dikarenakan oleh bahan yang sudah tua maka di lakukan penggantian material titik sambung berikut .

## 5.2. Saran

Adapun saran-saran yang dapat diberikan dari penelitian yang telah dilakukan ini adalah sebagai berikut:

1. Sebelum menyelesaikan latihan thermovision, Anda harus menggunakan dan mengubah pengaturan thermovision seperti yang ditunjukkan oleh pedoman peralatan yang akan diukur dan juga sesuai dengan *manual book* peralatan, agar hasil pengukuran yang dihasilkan lebih baik.
2. Selain itu pemeriksaan ini juga dapat dijadikan sebagai informasi kepada pihak PT PLN (Persero) ULP Panakukkang agar titik sambungan yang mengalami *hotpoint* agar segera dilakukan perbaikan dan memasukkan anomali gangguan lain yang butuh pemadaman agar tidak terjadi padam berulang disegmen yang sama sehingga pemeliharaan dan jadwal padam yang dilakukan lebih efektif.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, Sitti, Rafika Andaria, Ezi Azhari. 2020. “Analisa Pengecekan Peralatan Arrester Menggunakan Thermovisi Pada Bay Indarung 1 Gardu Induk Pauh Limo”. *Jurnal Teknik Elektro, (Online)*, Vol.9 No.1: 1 – 5, (ejournal.itp.ac.id, diakses 13 Januari 2021).
- Anwar, Baharuddin. 2019. “Penentuan Hot Point Dengan Menggunakan Metode Thermovisi Pada Gardu Induk 150 Kv Purwodadi”. Fakultas Teknik, University Muhammadiyah Surakarta.
- Baharsyah, Furqan, Syahrizal, Mansur Gapy. 2018. “Analisa Pengaruh Suhu Lingkungan Terhadap Kapasitas Pembawa Arus Pada Kabel Tegangan Menengah”. *Jurnal Teknik Elektro, (Online)*, Vol.3 No.2: 9 – 16, (Jurnal.unsyiah.ac.id, diakses 13 Januari 2021).
- Fazawi, Muhammad Lutfi. 2020. “Analisis Penentuan *Hotpoint* pada Monitoring Peralatan dengan Metode Thermovisi pada GI 150 kV Glugur”. Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.
- Firdaus, Himma, dkk. 2008. “Metode Pengukuran Emisivitas Bahan Dengan Menggunakan Kamera Inframerah”. *Jurnal Teknik Elektro, (Online)*, ISSN 1907-7459: 71 – 80, (researchgate.net, diakses 12 Januari 2021).
- Harmita. 2004. “Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode Dan Cara Perhitungannya”. *Majalah Ilmu Kafarmasi, (Online)*, Vol.1 No.3: 117 – 135, (psr.ui.ac.id, diakses 12 Januari 2021).
- HT Italia. 2014. “*User Manual THT 70*”. Itali: HT Italia Corp.
- Huchet L. 2017. “CDTI-3C-24-T3 Armoured”. *Katalog Prysmian Group, (Online)*, Part number: 114361R, (<http://mulyajatra.com/service/jointing.php>, diakses 10 September 2021).
- Kamalia, Dhiva Feneranda. 2018. “Analisis Susut Energi (*Losses*) Jaringan Tegangan Menengah (20 kV) di PT PLN (Persero) Rayon Klakah Area Jember”. Fakultas Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Nana. 2019, Fisika Sekolah 3 Berbasis Karakter Dengan Model POE<sub>2</sub>WE untuk Menghadapi Abad Ke 21. Klaten: Lakeisha.
- PT PLN (Persero). 1999. Edaran Direksi 040.E, “Manajemen Pemeliharaan Distribusi”. Jakarta: PT PLN (Persero).
- PT PLN (Persero). 1981. SPLN 41-10, “Pengahantar Aluminium Paduan Berselubung Polietilen Ikat Silang (AAAC-S)”. Jakarta: PT PLN (Persero).

- PT PLN (Persero). 1981. SPLN 41-8, “Hantaran Aluminium Campuran (AAAC)”. Jakarta: PT PLN (Persero).
- PT PLN (Persero). 1991. SPLN 87, “Standar Konstruksi Listrik Pedesaan”. Jakarta: PT PLN (Persero).
- PT PLN (Persero). 1995. SPLN 43-5-3, “Kabel Tanah Inti Tunggal Berisolasi XLPE dan Berselubung PE/PVC dengan atau Tanpa Perisai Tegangan Pengenal 3,6/6 (7,2 kV) s/d 12/20 (24 kV)”. Jakarta: PT PLN (Persero).
- PT PLN (Persero). 2010. “Buku 5 Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik”. Jakarta : PT PLN (Persero).
- PT PLN (Persero). 2014. Edaran Direksi 0017, “Metode Pemeliharaan Trafo Distribusi Berbasis Kaidah Manajemen Aset”. Jakarta: PT PLN (Persero).
- PT PLN (Persero). 2014. Edaran Direksi 0018, “Metode Pemeliharaan Saluran Udara Tegangan Menengah Berbasis Kaidah Manajemen Aset”. Jakarta: PT PLN (Persero).
- Putra, Ramadhani Roni. 2018. “Thermovisi Dalam Melihat Hot Point Pada Gardu Induk 150 kV Palur”. Fakultas Teknik, University Muhammadiyah Surakarta.
- S Dias Wahyu Afianto. 2019. “Bab II Tinjauan Pustaka”. *Eprintis Undip, (Online)*, 30 – 42, ([http://eprints.undip.ac.id/77701/8/13.\\_BAB\\_II.pdf](http://eprints.undip.ac.id/77701/8/13._BAB_II.pdf), diakses 10 September 2021).
- Siburian, Jhonsom M., Thamrin Siahaan, Johannes Sinaga. 2020. “Analisis Peningkatan Kinerja Jaringan Distribusi 20kv Dengan Metode Thermovisi Jaringan Pt. Pln (Persero) Ulp Medan Baru”. *Jurnal Teknik Elktro, (Online)*, Vol.9 No.1: 8 – 19, ([jurnal.darmaagung.ac.id](http://jurnal.darmaagung.ac.id), diakses 13 Januari 2021).
- Sutrakabel Intimandiri. “Sutrado Kabel Catalogue”. Raya Bogor: PT Sutrakabel Intimandiri.
- Triandi, Rudy. 2010. “Analisis Pengaruh Temperatur Terhadap Penghantar Listrik NFA2X 2x10 mm rm 0,6/1 kV”. Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- Young dan Freedman. 2003, Fisika Universitas Edisi Kesepuluh Jilid 2. Jakarta: Erlangga.

**LAMPIRAN**  
**Data Hasil Pengukuran Thermovisi**



**BLANKO PENGUKURAN THERMOVISI ULP PANAKKUKANG  
 BULAN: JULI 2023**

No	Nama Objek		Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Hasil Pengukuran (°C)			Ambient temperature (°C)	ΔT (°C)			KRITERIA			REKOMENDASI		
				R	S	T		R	S	T	R	S	T	R	S	T
1.	Tiang F9.064		3x150	22.8	25.3	63.8	29	-6.2	-3.7	34.8	BAIK	BAIK	KURANG	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	TINDAKAN SEGERA
2.	Tiang F9.104		3x70	29.3	32	29.4	29	0.3	3	0.4	BAIK	BAIK	BAIK	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL
3.	Tiang F9.118		3x70	30.3	30.4	29.8	29	1.3	1.4	0.8	BAIK	BAIK	BAIK	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL
4.	Tiang F9.128		3x70	29.3	24.4	30.1	29	0.3	-4.6	1.1	BAIK	BAIK	BAIK	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL
5.	MRZ P9.UNM	In	3x150	28.2	26.8	28.2	29	-0.8	-2.2	-0.8	BAIK	BAIK	BAIK	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL
	MRZ P9.UNM	Out	3x150	28.9	29	27.9	29	-0.1	0	-1.1	BAIK	BAIK	BAIK	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL
6.	Rec.Beulevard	In	3x150	22.3	22.8	25.7	29	-6.7	-6.2	-3.3	BAIK	BAIK	BAIK	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL
	Rec.Beulevard	Out	3x150	26.9	24.8	26.2	29	-2.1	-4.2	-2.8	BAIK	BAIK	BAIK	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL
7.	LBS Beulevard	In	3x150	28.5	28.3	28.4	29	-0.5	-0.7	-0.6	BAIK	BAIK	BAIK	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL
	LBS Beulevard	Out	3x150	29	29.3	28.4	29	0	0.3	-0.6	BAIK	BAIK	BAIK	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL
8.	LBS UNM	In	3x150	27	28.4	25.6	29	-2	-0.6	-3.4	BAIK	BAIK	BAIK	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL
		Out	3x150	28.3	28.3	27.8	29	-0.7	-0.7	-1.2	BAIK	BAIK	BAIK	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL
9.	LBS Todopuli	In	3x70	24.7	23	27	29	-4.3	-6	-2	BAIK	BAIK	BAIK	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL
		Out	3x70	27.3	23.6	24.2	29	-1.7	-5.4	-4.8	BAIK	BAIK	BAIK	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL
10.	MRZ Todopuli	In	3x70	26.5	23.2	28.5	29	-2.5	-5.8	-0.5	BAIK	BAIK	BAIK	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL
		Out	3x70	25.3	28	27	29	-3.7	-1	-2	BAIK	BAIK	BAIK	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL
11.	LBS Perumnas	In	3x70	29.3	29.5	29.3	29	0.3	0.5	0.3	BAIK	BAIK	BAIK	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL
		Out	3x70	29.3	29	28.2	29	0.3	0	-0.8	BAIK	BAIK	BAIK	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL
12.	MRZ Hertasing	In	3x70	24.2	22.1	22	29	-4.8	-6.9	-7	BAIK	BAIK	BAIK	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL
		Out	3x70	21	22.3	25.9	29	-8	-6.7	-3.1	BAIK	BAIK	BAIK	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL	KONDISI NORMAL



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR  
UPT PERPUSTAKAAN DAN PENERBITAN

Alamat kantor: Jl.Sultan Alauddin NO.259 Makassar 90221 Tlp.(0411) 866972,881593, Fax.(0411) 865588

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

**SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIAT**

**UPT Perpustakaan dan Penerbitan Universitas Muhammadiyah Makassar,  
Menerangkan bahwa mahasiswa yang tersebut namanya di bawah ini:**

Nama : Slamet Cahyadi / Dita Fadilah Tauhid  
Nim : 105821100120/105821106620  
Program Studi : Teknik Elektro

Dengan nilai:

No	Bab	Nilai	Ambang Batas
1	Bab 1	10 %	10 %
2	Bab 2	15 %	25 %
3	Bab 3	8 %	10 %
4	Bab 4	10 %	10 %
5	Bab 5	3 %	5 %

Dinyatakan telah lulus cek plagiat yang diadakan oleh UPT- Perpustakaan dan Penerbitan Universitas Muhammadiyah Makassar Menggunakan Aplikasi Turnitin.

Demikian surat keterangan ini diberikan kepada yang bersangkutan untuk dipergunakan seperlunya.

Makassar, 01 September 2023  
Mengetahui,

Kepala UPT- Perpustakaan dan Penerbitan,



Jl. Sultan Alauddin no 259 makassar 90222  
Telepon (0411)866972,881 593,fax (0411)865 588  
Website: [www.library.unismuh.ac.id](http://www.library.unismuh.ac.id)  
E-mail : [perpustakaan@unismuh.ac.id](mailto:perpustakaan@unismuh.ac.id)



BAB I Slamet Cahyadi / Dita  
Fadilah Tauhid 105821100120/  
105821106620

*by Tahap Tutup*

---

**Submission date:** 24-Aug-2023 08:43AM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2150250169

**File name:** BAB\_I\_-\_2023-08-24T095158.352.docx (18.73K)

**Word count:** 661

**Character count:** 4410

ORIGINALITY REPORT

10%

SIMILARITY INDEX

8%

INTERNET SOURCES

2%

PUBLICATIONS

4%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

repository.ub.ac.id  
Internet Source

3%

2

Submitted to Kuala Lumpur Infrastructure  
University College  
Student Paper

2%

3

123dok.com  
Internet Source

2%

4

repository.uksw.edu  
Internet Source

2%

5

repository.upi.edu  
Internet Source

2%

Exclude quotes On

Exclude matches < 2%

Exclude bibliography On

# BAB II Slamet Cahyadi / Dita Fadilah Tauhid 105821100120/ 105821106620

*by Tahap Tutup*

---

**Submission date:** 24-Aug-2023 08:44AM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2150250571

**File name:** BAB\_II\_-\_2023-08-24T095159.563.docx (1.28M)

**Word count:** 3923

**Character count:** 25227

ORIGINALITY REPORT

15%

SIMILARITY INDEX

16%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

13%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

repository.umy.ac.id  
Internet Source

3%

2

www.slideshare.net  
Internet Source

3%

3

makalahcentre.blogspot.com  
Internet Source

3%

4

eprints.umm.ac.id  
Internet Source

3%

5

eprints.undip.ac.id  
Internet Source

2%

6

stt-pln.e-journal.id  
Internet Source

2%

Exclude quotes On

Exclude matches < 2%

Exclude bibliography On

# BAB III Slamet Cahyadi / Dita Fadilah Tauhid 105821100120/ 105821106620

*by Tahap Tutup*

---

**Submission date:** 24-Aug-2023 08:44AM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2150250797

**File name:** BAB\_III\_-\_2023-08-24T095159.867.docx (116.66K)

**Word count:** 683

**Character count:** 4483

ORIGINALITY REPORT

8%

SIMILARITY INDEX

8%

INTERNET SOURCES PUBLICATIONS

0%

0%

STUDENT PAPERS



PRIMARY SOURCES

1

eprints.unm.ac.id  
Internet Source

2%

2

core.ac.uk  
Internet Source

2%

3

docplayer.info  
Internet Source

2%

4

eprints.unisnu.ac.id  
Internet Source

2%

Exclude quotes On

Exclude bibliography On

Exclude matches < 2%

BAB IV Slamet Cahyadi / Dita  
Fadilah Tauhid 105821100120/  
105821106620

by Tahap Tutup

---

**Submission date:** 23-Aug-2023 07:02PM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2149920553

**File name:** BAB\_IV\_-\_2023-08-23T200707.782.docx (116.07K)

**Word count:** 2694

**Character count:** 15372

ORIGINALITY REPORT

10%

SIMILARITY INDEX

100%

INTERNET SOURCES



0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

repository.unsu.ac.id  
Internet Source

8%

2

repository.umy.ac.id  
Internet Source

2%

Exclude quotes On  
Exclude bibliography On

Exclude matches < 2%

BAB V Slamet Cahyadi / Dita  
Fadilah Tauhid 105821100120/  
105821106620

by Tahap Tutup

---

**Submission date:** 24-Aug-2023 08:45AM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2150251179

**File name:** BAB\_V\_-\_2023-08-24T095200.545.docx (20.8K)

**Word count:** 845

**Character count:** 5504

BAB V Slamet Cahyadi / Dita Fadilah Tauhid 105821100120/  
105821106620

ORIGINALITY REPORT

3%

SIMILARITY INDEX

3%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

digilib.unimed.ac.id  
Internet Source

3%



Exclude quotes

On

Exclude bibliography

On

Exclude matches

< 2%