

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Pemisah (PMS)

Disconnecting Switch atau pemisah (PMS) suatu peralatan sistem tenaga listrik yang berfungsi sebagai saklar pemisah rangkaian listrik dalam kondisi bertegangan atau tidak bertegangan tanpa aris beban

Penempatan PMS terpasang di antara sumber tenaga listrik dan PMS (PMSBus) serta di antara PMS dan beban (PMSLine/Kabel) dilengkapi dengan PMS Tanah (Earthing Switch). Untuk tujuan tertentu PMSLine/Kabel dilengkapi dengan PMS Tanah. Umumnya antara PMSLine/Kabel dan PMS Tanah terdapat alat yang disebut interlock.

Pemisah adalah suatu alat untuk memisahkan tegangan pada peralatan instalasi tegangan tinggi ada dua macam fungsi PMS, yaitu:

- a. Pemisah Peralatan: Berfungsi untuk memisahkan peralatan listrik dari peralatan lain atau instalasi lain yang bertegangan. PMS ini boleh dibuka atau ditutup hanya pada rangkaian jaringan yang tidak berbeban.
- b. Pemisah Tanah (Pisau Pentanahan/Pembumian): Berfungsi untuk mengamankan dari arus tegangan yang timbul sesudah saluran tegangan tinggi diputuskan atau induksi tegangan dari penghantar atau kabel lainnya. Hal ini perlu untuk keamanan bagi orang-orang yang bekerja pada peralatan instalasi.



Gambar 2.1 Pemisah

2.2 Penempatan Posisi Pemisah

Sesuai dengan penempatannya di daerah mana Pemisah tersebut dipasang, PMS dapat dibagi menjadi:

1. Pemisah Penghantar/*Line*

Pemisah yang terpasang di sisi penghantar

2. Pemisah Rel/Bus

Pemisah yang terpasang di sisi rel

3. Pemisah Kabel

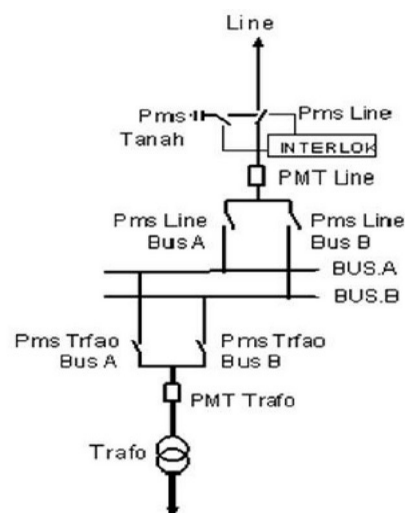
Pemisah yang terpasang di sisi kabel

4. Pemisah Seksi

Pemisah yang terpasang pada suatu rel sehingga rel tersebut dapat terpisah menjadi dua seksi

5. Pemisah Tanah

Pemisah yang terpasang pada penghantar/kabel untuk menghubungkan ke tanah



Gambar 2.2 Single Line Penempatan PMS

2.3 Komponen dan Fungsi Pemisah

Pemisah terdiri dari beberapa komponen yang masing-masing mempunyai fungsinya adalah sebagai berikut:

2.3.1 Dielektrik

Komponen subsistem pada peralatan pemisah adalah dielektrik/isolator. Isolator adalah alat yang berfungsi sebagai isolasi dan pemegang mekanis dari perlengkapan atau penghantar yang dikenai beda potensial. Jika isolator gagal dalam kegunaannya memisahkan antara dua saluran maupun saluran dengan pentanahan maka penyaluran energi tersebut akan gagal atau tidak optimal. Isolator berbentuk piringan-piringan yang terbuat dari bahan porselin atau komposit yang ukurannya disesuaikan dengan tegangan, jenis, ukuran penghantar, kekuatan mekanis dan konstruksi penopangnya.



Gambar 2.3 Isolator

2.3.2 Primary/Primer

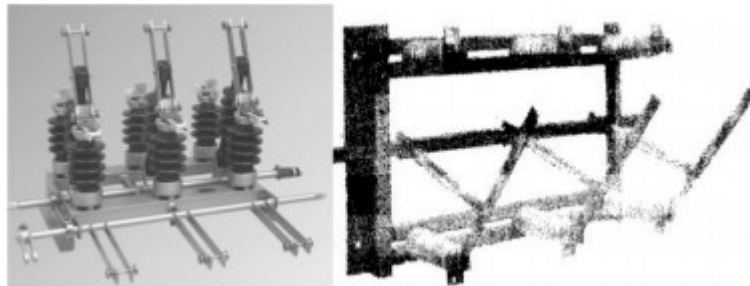
Subsistem primary merupakan bagian dari PMS yang bersifat konduktif dan berfungsi untuk menghantarkan/mengalirkan arus listrik. Subsistem primary terdiri dari dua bagian, yakni: terdiri dari pisau-pisau/Kontak PMS dan klem.

2.3.2.1 Pisau-pisau/ Kontak PMS

Menghubungkan atau memisahkan bagian yang bertegangan. Macam-macam pisau pemisah berdasarkan gerakan lengan/pisau pemisahannya antara lain:

1. Pemisah Engsel

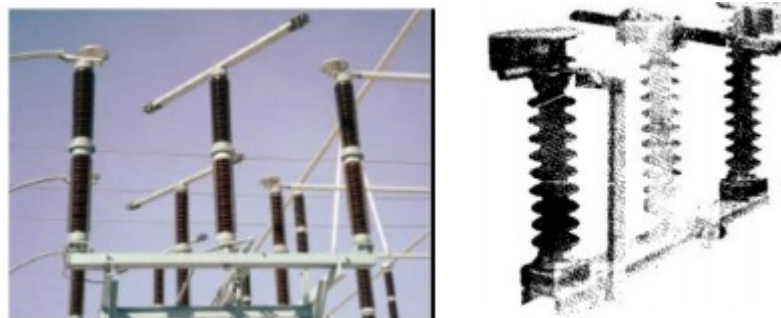
Dimana pemisah tersebut gerakannya seperti engsel



Gambar 2.4 Pemisah Engsel

2. Pemisah Putar

Dimana terdapat 2 (dua) buah kontak diam dan 2 (dua) buah kontak gerak yang dapat berputar pada sumbunya.



Gambar 2.5 Pemisah Putar

3. Pemisah Siku

Pemisah ini tidak mempunyai kontak diam, hanya terdapat 2 (dua) kontak gerak yang gerakannya mempunyai sudut 90 derajat



Gambar 2.6 Pemisah Siku

4. Pemisah Luncur

PMS ini gerakan kontaknya ke atas–ke bawah (vertikal) atau ke samping (horisontal). Banyak dioperasikan pada instalasi 20 kV. Pada PMS 20 KV type draw-out setelah posisi Off dan dilepas/dikeluarkan dari Cubicle maka pisau kontaktor penghubung dengan Busbar adalah berfungsi sebagai PMS.

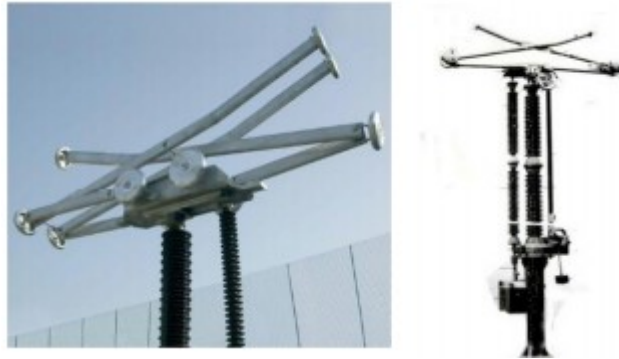
Untuk keperluan pemeliharaan, PMS ini dapat dikeluarkan dari kubikel/sel 20 KV dengan cara menarik keluar secara manual (draw-out). Selesai pemeliharaan, PMS dapat dimasukkan kembali (draw-in) dan pada posisi tertentu kontaktor (berfungsi PMS) akan berhubungan langsung dengan Busbar 20 KV. Namun harus dipastikan terlebih dulu sebelumnya bahwa PMS dalam posisi Off.



Gambar 2.7 Pemisah Luncur

5. Pemisah *Pantograph*

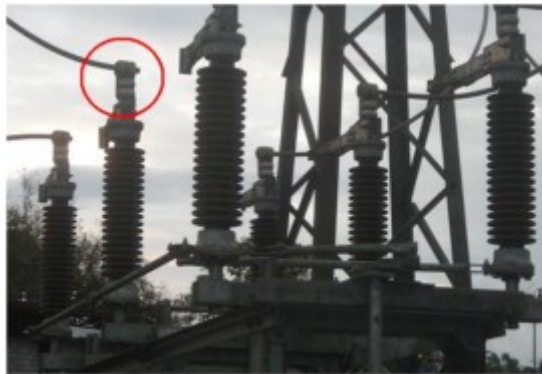
PMS ini mempunyai kontak diam yang terletak pada rel dan kontak gerak yang terletak pada ujung lengan pantograph. Jenis ini banyak dioperasikan pada sistem tegangan 500 KV.



Gambar 2.8 Pemisah Pantograph

2.3.2.2 Klem

Bagian dari PMS yang merupakan titik sambungan antara PMS dengan konduktor luar dan berfungsi untuk mengalirkan arus dari atau ke konduktor luar.



Gambar 2.9 Klem

2.3.3 *Drive mechanism/ Mekanik penggerak*

Memposisikan pisau/kontak PMS untuk membuka dan menutup yang terdiri dari Stang/Tuas Penggerak dan Tenaga Penggerak. Jenis tenaga penggerak PMS dapat dibedakan:

1. Secara Manual

Pengoperasian PMS ini (membuka /menutup) secara manual dengan memutar/ menggerakkan lengan PMS melalui fasilitas mekanik



Gambar 2.10 Penggerak Manual

2. Tenaga Peggerak Dengan Motor

Pengoperasian PMS ini (membuka/menutup) dengan memutar/menggerakkan lengan PMS melalui fasilitas penggerak dengan motor



Gambar 2.11 Penggerak Motor

3. Tenaga Penggerak Pneumatik (Tekanan Udara)

Pengoperasian PMS ini (membuka/menutup) dengan memutar/ menggerakkan lengan PMS melalui fasilitas penggerak dengan pneumatik (tekanan udara).



Gambar 2.12 Tekanan Udara

2.3.4 Secondary

Terdiri dari lemari mekanik, terminal dan *wiring* kontrol

1. Lemari Mekanik

Untuk melindungi peralatan tegangan rendah dan berbagai tempat sekunder equipment. Jenis lemari mekanik ada dua yaitu lemari dan box.



Gambar 2.13 Lemari Mekanik

2. Kontrol dan Auxillary

Pada lemari mekanik terdapat terminal dan *wiring* kontrol. Memberikan trigger pada subsystem mekanpenggerak untuk membuka dan menutup pisau/kontak PMS.



Gambar 2.14 Terminal dan Wiring Control

2.3.5 Pisau Pentanahan

Berfungsi untuk mentanahkan/membumikan tegangan induksi atau tegangan sisa sesudah jaringan diputus dari sumber tegangan. Pemisah tanah atau Earth Switch mempunyai sistem interlock dengan pemisah penghantar dimana jika pemisah dalam posisi masuk maka pemisah tanah posisi keluar, begitu pula sebaliknya.



Gambar 2.15 Pisau Pentanahan

2.4 *Failure Mode Effect Analysis*

Pemisah yang sedang beroperasi memiliki potensi mengalami kegagalan, gangguan/kerusakan. Penyebab dari kerusakan tersebut memiliki banyak kemungkinan. Setiap komponen pemisah memiliki potensi kerusakan/kegagalan fungsi yang akan mengarah kepada kerusakan/kegagalan dari seluruh sistem pemisah tersebut. Pola kerusakan pun memiliki banyak kemungkinan. Untuk mengetahui peluang kerusakan dari setiap komponen dan seperti apa jalur kerusakannya digunakanlah metoda Failure mode Effect Analysis (FMEA).

Adapun langkah dalam pembuatan FMEA ini adalah dengan mengelompokkan komponen pemisah berdasarkan fungsinya, tiap kelompok ini disebut Subsystem, yakni:

- *Dielektrik*
- *Primary*
- *Drive mechanism* / Mekanik Penggerak
- *Secondaru*
- Pisau Pentanahan

2.5 *Pedoman pemeliharaan Pemisah*

2.5.1 *In Service/ Visual Inspection*

In service inspection merupakan inspeksi/pengecekan yang dilakukan dengan menggunakan panca indera dengan pelaksanaan periode tertentu dalam keadaan peralatan bertegangan. Inspeksi/pengecekan bertujuan untuk mengetahui /memonitor kondisi komponen peralatan. Untuk periode pelaksanaan inspeksi pada pemisah adalah mingguan, bulanan dan tahunan. In service/visual inspectio dilaksanakan dengan menggunakan alat ukur sederhana oleh petugas pemeliharaan atau Supervisor Gardu Induk.

Adapun komponen-komponen dari pemisah yang harus diperhatikan untuk in service/visual inspectioom adalah:



1. Dielektrik
 - a. Isolator PMS
2. Primary
 - a. Pisau/kontak PMS
 - b. Terminal utama (klem) PMS
3. Drive mechanism
 - a. Engkol PMS
 - b. Sistem lock mekanik PMS
 - c. Rod penggerak PMS
 - d. Roda gigi
4. Secodary
 - a. Lemari
 - o Lampu penerangan
 - o Heater
 - o Terminal wiring
 - o Kabel kontro
 - o Sekring/ MCB
 - o Bau-bauan
 - o Pintu lemari
 - o Kondisi dalam lemari
 - o Door selaent
 - o Lubang kabel kontrol
 - b. Box
 - a. Tutup Box mekanik
5. Pisau pentanahan
 - a. Lock pin
 - b. Kontak diam pisao petanahan
 - c. Kabel fleksibel PMS tanah
 - d. Grounding pemisah tanah

In service measurement merupakan pengukuran yang dilakukan dengan alat ukur yang yaitu thermovision thermal imager dengan pelaksanaan periode bulanan yang dilakukan oleh petugas pemeliharaan/Supervisor Gardu induk dalam keadaan peralatan bertegangan.

2.5.1.1 Pengukuran Thermovision

Merode thermovision thermal imager pada pemisah bertujuan untuk memantau kondisi pemisah saat berbeban. Dimana akan dilihat po;a temperatur pada bagian-bagian pemisah yang akan diukur.

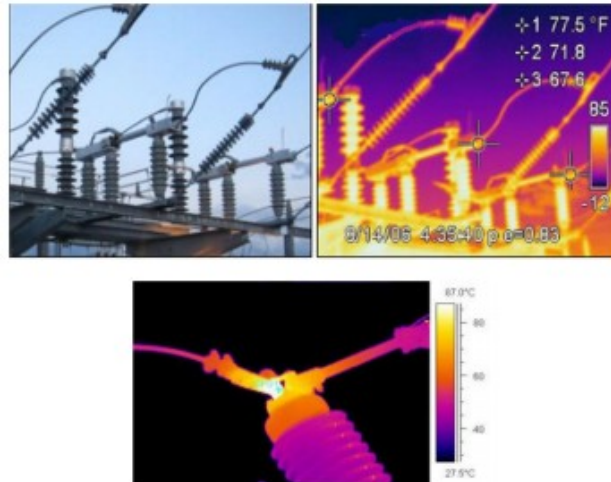
Dari pola temperatur tersebut, akan dilihat bagian mana pada pemisah yang diukur tersebut yang terdapat ketidaknormalan. Dari hasil pengukuran tersebut akan dievaluasi kembali apa permasalahan yang terjadi pada bagian yang teridentifikasi mengalami ketidaknormalan tersebut, sehingga kerusakan yang fatal dapat dihindarkan.

Adapun bagian-bagian pada pemisah tersebut adalah:

1. Pisau/kontak pemisah
2. Terminal utama/klem pemisah



Gambar 2.16 Alat ukur Thermovision



Gambar 2.17 Contoh Pengukuran Thermovision

2.5.2 Shutdown Measurement

Shutdown measurement merupakan pengukuran yang dilakukan dengan alat ukur dengan periode 2 tahunan. Umumnya peralatan PMS yang baru selesai pemasangan sebelum dioperasikan maupun yang sudah jatuh tempo pemeliharaan, perlu dilakukan pengujian-pengujian untuk mendapatkan untuk kerja dari peralatan tersebut. Dalam keadaan peralatan tidak beroperasi. Selama pengujian posisi switch harus dalam posisi local dan MCB motr dalam posisi off

Macam-macam pengujian Shutdown measurement pada pemisah:

2.5.2.1 Pengukuran Tahanan Isolasi

Pengukuran tahanan isolasi pemisah (PMS) ialah proses pengukuran dengan suatu alat ukur untuk memperoleh nilai tahanan isolasi PMS antara terminal utama tiap fasa terhadap body(base plat) yang ditanahkan. Pengukuran tahanan isolasi dimaksudkan untuk mengetahui secara dini kondisi isolasi/isolator pemisah dan mengetahui nilai tahanan isolasi.

Pengukuran tahanan isolasi dilakukan Pengukuran tahanan isolasi dilakukan dengan menggunakan alat ukur tahanan isolasi (insulation tester 5 kV, 10 kV).



Gambar 2.18 Alat Uji Insulation Tester

Langkah untuk menetralkan tegangan induksi maupun muatan residual adalah dengan menghubungkan bagian tersebut ke tanah beberapa saat sehingga induksinya hilang.

Untuk mengamankan alat ukur terhadap pengaruh tegangan induksi maka peralatan tersebut perlu dilindungi dengan Sangkar Faraday dan kabel-kabel penghubung rangkaian pengujian sebaiknya menggunakan kabel yang dilengkapi pelindung (Shield Wire). Jadi untuk memperoleh hasil yang valid maka obyek yang diukur harus betul - betul bebas dari pengaruh induksi.

Kesiapan obyek yang akan diukur dilakukan dengan urutan sebagai berikut:

1. Pemasangan pentanahan lokal dikedua terminal utama tiap phasa dengan bertujuan membuang tegangan sisa (Residual) yang masih ada.
2. Lepas koneksi konduktor dari kedua sisi terminal utama
3. Bersihkan permukaan porselin bushing memakai material cleaner + lap kain yang halus dan tidak merusak permukaan isolator dengan tujuan agar pengukuran memperoleh nilai (hasil) yang akurat.
4. Melakukan pengukuran tahanan isolasi PMS kondisi tertutup (closed) antara terminal utama(R, S, T) terhadap body/base plat
5. Mencatat hasil pengukuran tahanan isolasi serta suhu/temperatur sekitar
6. Hasil pengukuran ini merupakan data terbaru hasil pengukuran dan sebagai bahan evaluasi pembandingan dengan hasil pengukuran sebelumnya.
7. Memasang kembali terminasi dikedua sisi seperti semula.

2.5.2.2 Pengukuran Tahanan Kontak

Rangkaian tenaga listrik sebagian besar terdiri dari banyak titik sambungan. Sambungan adalah dua atau lebih permukaan dari beberapa jenis konduktor bertemu secara fisik sehingga arus/energi listrik dapat disalurkan tanpa hambatan yang berarti.

Pertemuan dari beberapa konduktor menyebabkan suatu hambatan/resistan terhadap arus yang melaluinya sehingga akan terjadi panas dan menjadikan kerugian teknis. Rugi ini sangat signifikan jika nilai tahanan kontakannya tinggi.



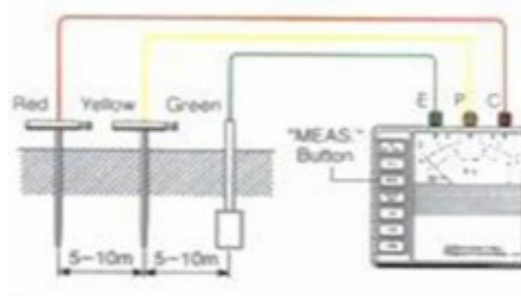
Gambar 2.19 Alat Uji Tahanan Kontak

2.5.2.3 Pengukuran Tahanan Pentanahan

Pengukuran tahanan pentanahan bertujuan untuk menentukan tahanan antara besi atau plat tembaga yang ditanam dalam tanah yang digunakan untuk melindungi peralatan listrik terhadap gangguan petir dan hubung singkat. Dengan demikian pelat tersebut harus ditanam hingga mendapatkan tahanan terhadap tanah yang sekecil-kecilnya. Untuk mengukur tahanan pentanahan digunakan alat ukur tahanan pentanahan (Earth Resistance Tester).



Gambar 2.20 Alat Uji Tahanan Pentanahan



Gambar 2.21 Pengujian Tahanan Pentanahan

2.6 Standar Evaluasi Hasil Pemeliharaan Pemisah

Standar adalah acuan yang digunakan dalam mengevaluasi hasil pemeliharaan untuk dapat menentukan kondisi pemisah yang dipelihara. Standar yang ada berpedoman kepada intruksi manual dari pabrik, standar internasional maupun nasional dan pengalaman serta observasi / pengamatan operasi di lapangan.

2.6.1 Pengujian Tahanan Isolasi

Nilai hasil pengukuran tahanan isolasi dibandingkan dengan batasan dari tahanan isolasi sesuai Buku Pemeliharaan Peralatan SK DIR 0520 2014 adalah: menurut standard VDE (catalogue 228/4) minimum besarnya tahanan isolasi pada suhu operasi dihitung “ 1 kilo Volt = 1 MΩ (Mega Ohm) “. Dengan catatan 1 kV

= besarnya tegangan fasa terhadap tanah, kebocoran arus yang diijinkan setiap kV
= 1 mA. Dan berikut rumus perhitungan tahanan isolasi.

$$R/kV = R_{pengukuran}/V_{inject} \text{ (.....2.1)}$$

Keterangan :

$R_{pengukuran}$ = Tahanan isolasi yang didapat

V_{inject} = Tegangan yang di inject dari alat pengukuran

Tabel 2.1 SK DIR 0520 2014

Perlatan yang diperiksa	Tegangan operasi	Hasil ukur	Rekomendasi
isolator	20 kV	>1 MΩ	Pembersihan isolator, perbaiki dan ganti
	150 kV/ 275 kV		
	500 kV		

2.6.2 Pengujian Tahanan Kontak

Nilai hasil pengukuran tahanan kontak ≤ 120 % nilai standar pabrikan atau Nilai Pengujian FAT dan nilai saat pengujian komisioning. Khusus untuk PMS yang tidak memiliki data awal dapat menggunakan nilai standar PMS tipe sejenis atau nilai pengukuran terendah PMS tersebut mengacu pada history pemeliharaan (trend 3 kali periode pemeliharaan sebelumnya)

$$P = I^2 \times R \text{ (.....2.2)}$$

Keterangan

P = daya rugi

I = Arus

Tabel 2.2 SK DIR 0520 2014

Perlatan yang diperiksa	Tegangan operasi	Hasil ukur	Rekomendasi
Pisau Pemisah	20 kV	< 120% nilai pabrikan atau nilai pengujian	Perbaikan dan pergantian
	150 kV/ 275 kV		
	500 kV		

2.6.3 Pengujian Tahanan Pentanahan

Nilai tahanan pentanahan di Gardu Induk bervariasi besarnya nilai tahanan tanah dapat ditentukan oleh kondisi tanah itu sendiri, misalnya tanah kering, tanah cadas atau kapur. Semakin kecil nilai pentanahannya maka akan semakin baik. Menurut IEEE STD 80-2000 tentang guide for safety in ac substation grounding besarnya nilai tahanan pentanahan untuk switchgear adalah ≤ 1 ohm. Dan berikut rumus yang dapat mengetahui tahanan pentanahan

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A} \quad (2.3)$$

Dimana:

R = tahanan pentanahan [Ω]

ρ = tahanan jenis tanah [$\Omega \cdot m$] (tanah yang dipakai di Gardu Induk Prabumulih mempunyai nilai 1000 Ω)

L = panjang lintasan arus pada tanah [m]

A = luas penampang lintasan arus pada tanah [m^2]

Tabel 2.3 SK DIR 0520 2014

Nilai Tahanan Pentanahan	Evaluasi	Anjuran Lanjutan
$<1 \Omega$	Dalam kondisi yang baik	Pemeriksaan dengan cara visual
$>1 \Omega$	Timbulnya reduksi pada pentanahan pemisah	1. Lakukan pembersihan yang diuji, yaitu kawat pentanahan termasuk mur, baut koneksi kawat pentanahan 2. Lakukan ulang pengujian 3. Jika hasil ukur tetap $>1 \Omega$, lakukan rencana pembenahan sistem

2.6.4 Pengukuran Thermovision

Pengukuran suhu dengan thermography akan selalu memberikan nilai absolut dari objek terukur. Untuk menentukan dengan benar apakah suhu objek terlalu panas (overheating). Terdapat 2 (dua) macam pelaksanaan thermovision dengan masing – masing standar/pedoman yang dapat dipakai, yaitu:

- Pemeriksaan pada Terminal utama
Dilakukan dengan melihat perbedaan/selisih suhu pada 2 (dua) titik dengan komponen/material yang berbeda. Contohnya selisih suhu antara klem dan konduktor.
- Pemeriksaan pada Pisau pemisah
Dilakukan dengan membandingkan suhu pisau pemisah antar fasa (dengan fasa lainnya).

Dan dibawah ini rumus perhitungan Delta T:

$$\Delta T = \left(\frac{I_{maks}}{I_{saat thermovisi}} \right)^2 \cdot (T_{klem} - T_{konduktor}) \quad (.....2.4)$$

Dimana :

ΔT = selisih suhu klem terhadap konduktor

I_{maks} = arus maksimal

$I_{saat thermovisi}$ = arus saat thermovisi

T_{klem} = suhu klem

$T_{konduktor}$ = suhu konduktor

Tabel 2.4. Rekomendasi hasil pengukuran suhu

No	Keterangan	Suhu (°C)	Rekomendasi
1	Batasan suhu klem terhadap konduktor	0 s/d 10	Kondisi Baik
		>10 s/d 25	Ukur 1 bulan lagi
		>25 s/d 40	Rencana perbaikan
		>40 s/d 70	Perbaikan segera
		>70	Darurat
2	Batasan selisih suhu antar fasa	0 s/d 15	Kondisi baik
		>15	Perbaikan segera
3	Batasan suhu klem saat shooting	0 s/d 39	Kondisi baik
		≥ 40 s/d 69	Perbaikan segera
		≥ 70	Darurat