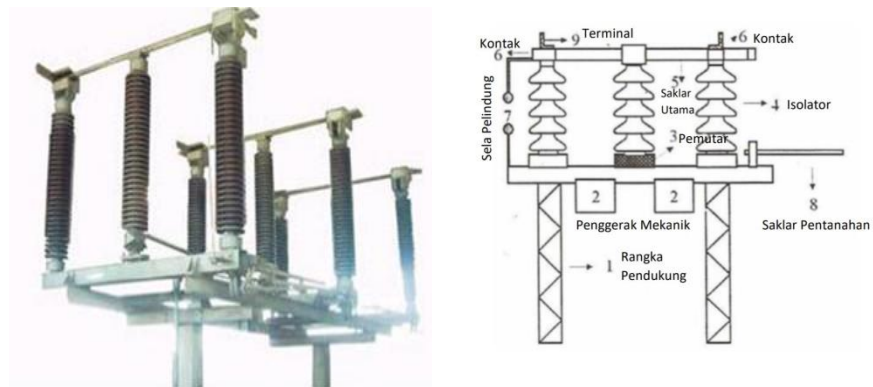


## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengertian PMS (Pemisah Tenaga)

Disconnecting switch atau pemisah (PMS) adalah suatu peralatan sistem tenaga listrik yang berfungsi sebagai saklar pemisah rangkaian listrik dalam kondisi bertegangan atau tidak bertegangan tanpa arus beban. Penempatan PMS terpasang di antara sumber tenaga listrik dan PMT (PMS Bus) serta di antara PMT dan beban (PMS Line/Kabel) dilengkapi dengan PMS Tanah (Earthing Switch). Untuk tujuan tertentu PMS Line/Kabel dilengkapi dengan PMS Tanah. Umumnya antara PMS Line/Kabel dan PMS Tanah terdapat alat yang disebut interlock.<sup>1</sup> Seperti pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Pemisah (PMS)

Maka dapat disimpulkan bahwa Pemisah (PMS) atau Disconnecting Switch adalah sebuah saklar pemisah yang memisahkan rangkaian baik yang bertegangan maupun tidak bertegangan tetapi tidak boleh dalam keadaan berbeban karena pada PMS.

<sup>1</sup> PT.PLN (Persero),2014,*Buku Pedoman Pemeliharaan Pemisah*,hal 1



## 2.2 Prinsip Kerja PMS

Pada dasarnya prinsip kerja PMS ini sama dengan prinsip saklar biasa. Saat rangkaian sudah bebas dari beban dengan mumbuka PMT terlebih dahulu maka Pemisah (PMS) boleh dioperasikan (dibuka/ditutup) melalui tuas penggerak yang terdapat pada Marshalling kios nya. Tujuannya adalah untuk mengamankan jaringan dari tegngan induksi sehingga jika ada pekerjaan tidak akan membahayakan manusia.<sup>2</sup>

PMS ini memiliki sistem interlocking yang berfungsi untuk mengamankan saat membuka atau menutup PMS dan meminimalisir terjadinya kesalahan saat mengoperasikannya. Pada dasarnya PMS merupakan alat pemisah rangkaian yang dioperasikan secara manua, karena waktu pemutusan terjadi sangat subjektif, tergantung pada subjek operatornya. Maka dari itu PMS tidak boleh dioperasikan saat rangkaian di aliri arus beban.

Selain itu juga pada pemisah (PMS) ini tidak dilengkapi dengan peredam busur api seperti pada pemutus tenaga (PMT). Jadi, dapat dikatakan kerja dari PMS dan PMT ini harusla secara interlock. Sistem interlock ini mengharuskan pemisah (PMS), pemutus tenaga (PMT) dan saklar pbumian bekerja sesuai urutan kerjanya. Jika komponen-komponen itu tidak bekerja sesuai urutan kerjanya, maka akan terjadi busur api atau hubung singkat yang justru akan menyebabkan kerusakan pada komponen lainnya yang tersambung dengan pemisah, pemutus tenaga, dansaklar pbumian itu, seperti transformator.<sup>3</sup>

Jadi pemisah (PMS) merupakan peralatan yang memisahkan rangkaian listrik dalam keadaan tidak berbeban karena pada pemisah (PMS) ini tidak dilengkapi dengan peredam busur api sehingga jika

---

<sup>2</sup> Eri Triana, “*Pemisah dan penghubung pada Gardu Induk*”, diakses dari [https://www.academia.edu/35241131/Pemisah\\_dan\\_penghubung\\_pada\\_Gardu\\_Induk](https://www.academia.edu/35241131/Pemisah_dan_penghubung_pada_Gardu_Induk), pada tanggal 4 mei 2023 pukul 10.00 WIB

<sup>3</sup> Artono Arismunandar dan Susumu Kuwahara, *Buku Pegangan Teknik Listrik Jilid II : Saluran Transmisi* (Jakarta : PT . Pradnya Paramita, 2004), hal : 56

mengoperasikannya dalam keadaan masih dialiri arus beban akan terjadi busur api atau punhubung singkat yang kemudian akan menyebabkan semakin banyak kerusakan pada peralatan lainnya. Untuk meminimalisir terjadinya kesalahan dan mengamankan jaringan serta pekerjanya, maka pemisah ini bekerja secara interlocking.

Tabel 2.1 Sistem Interlock Saat Pelepasan Beban

No	Komponen	Pelepasan Beban	
		<i>Open</i>	<i>Close</i>
1.	Pemutus Tenaga (PMT)	√	
2.	Pemisah (PMS) Bus	√	
3.	Pemisah (PMS) Line	√	
4.	Pemisah (PMS) <i>Grounding</i>		√

Tabel 2.2 Sistem Interlock Saat Penormalan Beban

No	Komponen	Penormalan Beban	
		<i>Open</i>	<i>Close</i>
1.	Pemisah (PMS) <i>grounding</i>	√	
2.	Pemisah (PMS) Line		√
3.	Pemisah (PMS) Bus		√
4.	Pemutus Tenaga (PMT)		√

## 2.3 Bagian-Bagian PMS<sup>4</sup>

### 2.3.1 Struktur Mekanik

1. Struktur besi/baja/beton : rangkaian dari besi/baja/beton yang dibentuk sesuai ukuran yang dibutuhkan untuk menyangga peralatan atau sebagai dudukannya.

<sup>4</sup> PT.PLN (Persero).2014.*Buku Pedoman Pemeliharaan Pemisah*.Hal.2-8



2. Pondasi : konstruksi bangunan yang berfungsi untuk memikul beban diatas nya kemudian di distribusikan dan disebarakan pada lapisan tanah dibawahnya untuk distabilisasi

### 2.3.2 Isolator

Isolator adalah alat yang dipakai untuk penyekat listrik yang bersifat isolasi berfungsi untuk memisahkan dua atau lebih penghantar bertegangan yang berdekatan, sehingga tidak terjadi kebocoran arus, percikan api, ataupun lompatan api. Kemampuan bahan isolasi untuk menahan tegangan disebut dielektrik. Kekuatan dielektrik dari suatu bahan isolasi sangat penting dalam hal menentukan kualitas dari isolator. Semakin tinggi kekuatan dielektrik dari bahan isolasi maka semakin baik untuk dipakai, terutama pada peralatan listrik tegangan tinggi. Isolator berbentuk piringan-piringan yang terbuat dari bahan porselin atau komposit yang ukurannya.sesuai dengan tegangannya, jenis, ukuran penghantar, kekuatan mekanis dan konstruksi penopangnya.



*Gambar 2.2 Isolator pada PMS*

### 2.3.3 Mekanik Penggerak

Bagian dari PMS yang berfungsi mengoperasikan pisau/kontak PMS untuk membuka dan menutup, terdiri dari Stang / Tuas Penggerak dan juga Tenaga Penggerak. Dimana tenaga penggerak PMS dapat dibedakan dalam beberapa jenis, yaitu :



1. Secara manual : pengoperasian untuk membuka atau menutup PMS ini dilakukan secara manual yaitu dengan cara memutar/menggerakkan lengan PMS melalui fasilitas mekanik.



Gambar 2.3 Mekanik Penggerak PMS Manual

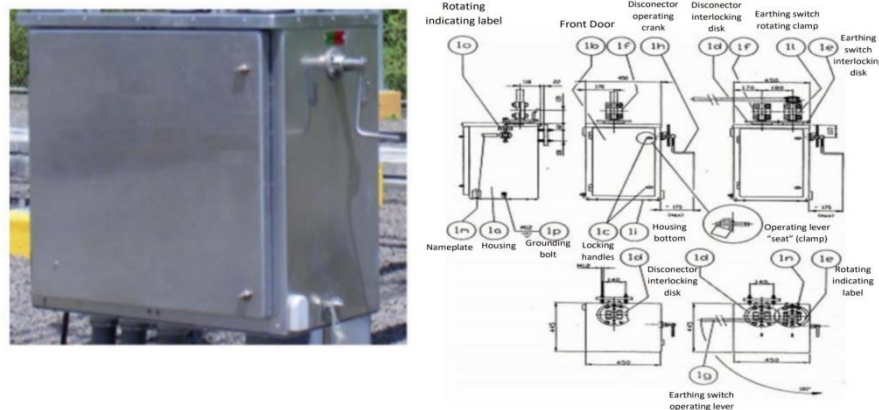
2. Tenaga penggerak dengan motor : pengoperasian untuk membuka atau menutup PMS ini dilakukan dengan cara memutar/menggerakkan lengan PMS melalui fasilitas penggerak dengan motor.



Gambar 2.4 Mekanik Penggerak PMS Dengan Motor

### 2.3.4 Sekunder (Secondary)

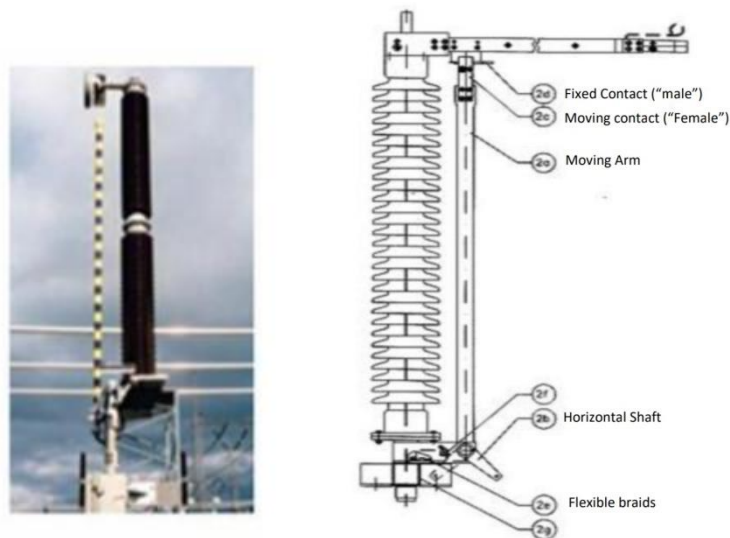
Lemari mekanik : Untuk melindungi peralatan tegangan rendah dan sebagai tempat secondary equipment.



Gambar 2.5 Lemari Mekanik

### 2.3.5 Pisau Pentanahan

Berfungsi untuk menyalurkan/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 penghantar dalam posisi masuk maka pemisah tanah posisi keluar, begitu pula sebaliknya.



Gambar 2.6 Pisau Pentanahan



## **2.4 Pedoman Pemeliharaan Pemisah (PMS)<sup>5</sup>**

### **2.4.1 In Service/Visual Inspection**

Merupakan inspeksi atau pengecekan menggunakan panca indera, dengan pelaksanaan dalam periode atau waktu tertentu, dalam keadaan peralatan yang bertegangan. Tujuan dari inspeksi atau pengecekan adalah untuk mengetahui dan memonitor kondisi dari komponen- komponen peralatan. Untuk periode pelaksanaan inspeksi atau pengecekan pada pemisah adalah mingguan, bulanan, dan tahunan

### **2.4.2 In Service Measurement**

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

### **2.4.3 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 unjuk kerja dari peralatan tersebut. Dalam keadaan peralatan tidak beroperasi. Selama pengujian posisi switch harus dalam posisi local dan mini circuit breaker (MCB) motor dalam posisi off.

### **2.4.4 Shutdown Function Check**

Merupakan pemeriksaan dan pengukuran yang dilakukan pada periode 2 tahunan dalam keadaan peralatan tidak bertegangan (Of Line). Pengukuran dilakukan bertujuan untuk mengetahui kondisi peralatan dengan

---

<sup>5</sup> PT.PLN (Persero).2014.*Buku Pedoman Pemeliharaan Pemisah*.Hal.9-20



menggunakan alat ukur sederhana serta advanced yang dilakukan oleh petugas pemeliharaan.

#### **2.4.5 Treatment**

Merupakan kegiatan pemeliharaan yang dilakukan untuk mempertahankan ataupun mengembalikan kondisi peralatan kedalam kondisi dapat berfungsi dengan baik.

#### **2.4.6 Overhaull**

Merupakan kegiatan pemeliharaan dengan melaksanakan pemeriksaan secara seksama serta penggantian dan perbaikan pada pada seluruh bagian PMS dalam keadaan of line. Overhaull dilaksanakan setiap 5 tahun sekali atau sesuai dengan condition assessment peralatan. Kegiatan Overhaull dilaksanakan dengan mempertimbangkan sebagai berikut:

1. Umur peralatan sesuai dengan manual instruction.
2. Berdasarkan kondisi PMS hasil pengujian/pengukuran (assessment).

### **2.5 Pengukuran Tahanan Isolasi**

#### **2.5.1 Pengertian**

Tahanan isolasi adalah tahanan yang terdapat diantara dua kawat saluran yang diisolasi satu sama lain atau tahanan antara satu kawat saluran dengan tanah (ground). Tahanan isolasi merupakan hal yang harus diperhatikan saat memasang instalasi listrik dengan menggunakan kawat tertutup.

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.





Agar dapat lebih memahami tentang pengukuran tahanan isolasi, diperlukan mengetahui persamaan sederhana dari tahanan isolasi ini, yaitu “Hukum Ohm” dimana:

$$V = I \times R \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

V = Tegangan (Volt)

I = Kuat Arus (Ampere)

R = Tahanan (Ohm)

Dari persamaan diatas diketahui jika tegangan yang ada besar maka akan besar juga nilai kuat arus yang dimiliki. Dan juga semakin rendah nilai tahanan tersebut maka akan semakin besar nilai kuat arus yang di dapat dalam jumlah tegangan yang sama. Karena nilai tegangan dengan kuat arus sebanding maka semakin besar tegangan maka akan semakin besar juga kuat arus. Nilai arus yang kecil tidak akan merusak isolasi yang dalam keadaan baik. Namun, apabila terjadi kerusakan pada isolasi maka nilai arus yang kecilpun akan menjadi masalah.<sup>6</sup>

Pada saat pengukuran tahanan isolasi hasil yang didapat harus dibagi dengan tegangan injeksi nya untuk mengetahui nilai hambatan per tegangan nya. Dapat diketahui dengan rumus :

$$R_{\text{pengukuran}} / V_{\text{inject}} \dots\dots\dots(2.2)^7$$

Dimana  $R_{\text{pengukuran}}$  merupakan nilai hambatan yang didapat dari hasil pengujian tahanan isolasi. Sedangkan  $V_{\text{inject}}$  merupakan tegangan yang diberikan oleh alat ukur ke objek yang akan diukur.

<sup>6</sup> Novia Fidianti, Skripsi : “Analisa Tahanan Isolasi Peralatan Utama Gardu Induk” (Jakarta:UNJ,2018), hal. 15

<sup>7</sup> Dewa Ardhika Randi, Skripsi : “Evaluasi Pemeliharaan PMS” (Jawa Tengah : UMS,2020), hal.7



## 2.5.2 Tujuan Pengukuran Tahanan Isolasi

Pengukuran tahanan isolasi dimaksudkan untuk mengetahui secara dini kondisi isolasi/isolator pemisah dan mengetahui nilai tahanan isolasi. Pengukuran tahanan isolasi dilakukan dengan menggunakan alat ukur tahanan isolasi (insulation tester). Pengukuran tahanan isolasi (Insulation Resistance Test) dilakukan untuk mengetahui kondisi isolasi suatu peralatan listrik untuk keamanan pengoperasian alat selanjutnya. Sebaiknya pengujian dilakukan secara teratur (berkala) sehingga didapat grafik kondisi tahanan isolasi peralatan tersebut dari waktu ke waktu sehingga dapat diketahui laju kerusakannya dan dapat mencegah kerusakan alat secara tiba-tiba.

Prinsip pengukuran tahanan isolasi, yaitu memberikan tegangan DC dari alat ukur ke isolasi pemisah (PMS), dan karena nilai resistance isolasi ini cukup tinggi maka diperlukan tegangan yang cukup tinggi pula agar arus dapat mengalir. Tegangan pengukuran yang digunakan tergantung pada tegangan kerja dari alat yang akan diukur.

Berikut adalah panduan pengujian insulation test untuk tegangan DC yang diterapkan dan rating tegangan peralatan berdasarkan standar IEEE No. 43.

Tabel 2.3 Besar Tegangan DC Yang Digunakan Pada Alat Uji

No	Rating tegangan peralatan yang akan diuji	Tegangan yang diterapkan pada alat uji tahanan isolasi
1.	<1000 V	500 V
2.	1000 - 2500 V	500 - 1000 V
3.	2501 - 5000 V	1000 - 2500 V
4.	5001 - 12000 V	2500 - 5000V
5.	>12000 V	5000 - 10000 V



Untuk pengujian tahanan isolasi pada pemisah (PMS) ini digunakan nilai tegangan DC sebesar 5000 V.

### 2.5.3 Standar Pengukuran Tahanan Isolasi

Menurut standard KEPDIR 0520-2.K.DIR.2014 (Buku Pedoman PMS Final) VDE (catalogue 228/4) minimum besarnya tahanan isolasi pada pemisah (PMS) yaitu “1 kilo Volt = 1 M $\Omega$  (Mega Ohm)”.

Tabel 2.4 Rekomendasi Pengujian Tahanan Isolasi

Peralatan yang Diperiksa	Tegangan Operasi	Hasil Ukur	Rekomendasi
Isolator	20 kV	>1 M $\Omega$ / kV	Pembersihan isolator, perbaiki, atau ganti secepatnya
	150 kV/275 kV		
	500 kV		

## 2.6 Pengukuran Tahanan Kontak

### 2.6.1 Pengertian

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 kontaknya tinggi.

Jadi tahanan kontak ini merupakan pertemuan antara dua titik sambung konduktor atau lebih yang dapat menyebabkan hambatan saat arus



melaluinya yang lama kelamaan akan menyebabkan panas (hotspot) sehingga dapat merugikan apabila nilai tahanan kontak nya sudah tinggi.

Sambungan antar konduktor pada pemisah (PMS) merupakan tahanan kontak yang syarat tahanannya memunuhi hukum ohm yaitu sebagai berikut :

$$V = I \times R \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

V = Tegangan (volt)

I = kuat arus (ampere)

R = hambatan/tahanan(ohm)

Jika arus listrik melalui suatu penghantar, maka kekuatan arus tersebut sebanding lurus dengan tegangan listrik yang terdapat antara kedua penghantar tadi (Tilloy, 1980).

Perlawanan adalah volt per ampere hambatan konduktor adalah 1 ohm jika potensa berbeda disamping terminal di dalam konduktor adalah volt ketika arus di konduktor 1 ampere (Richards, 1987).

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

$$P_{\text{loss}} = I^2 \cdot R \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :

P<sub>loss</sub> = Rugi daya (W)

I = Arus (A)

R = Tahanan ( $\Omega$ )



$P_{loss} = 10.000 \text{ watts.}$

Sama dengan alat ukur tahanan murni ( $R_{dc}$ ), tetapi pada tahanan kontak arus yang dialirkan lebih besar  $I=100$  Amperemeter.

Setelah menghitung nilai rugi dayanya maka dapat diketahui besar energi yang hilang pada suatu tahanan kontak tersebut menggunakan persamaan berikut :

$$W_{loss} = P_{loss} \times T \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana :

$W_{loss}$  = Energi yang terbuang (kWh)

$P_{loss}$  = Rugi daya (W)

T = Waktu (Jam)

Jika jumlah sambungan konduktor pada salah satu jalur terdapat banyak sambungan sehingga akan banyak juga energi yang terbuang, tetapi masalah ini dapat dikendalikan dengan cara menurunkan tahanan kontak dengan membuat dan memelihara nilai tahanan kontak sekecil mungkin.

Nilai tahanan kontak yang besar juga akan menyebabkan panas pada permukaan kontak. Apabila dibiarkan maka lama kelamaan mengakibatkan hotspot sehingga akhirnya menyebabkan gangguan. Untuk menghitung besarnya energi panas yang ditimbulkan dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$W = V.I.t \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :



$W = \text{Energi listrik (J)}$

$V = \text{Tegangan listrik (V)}$

$I = \text{Arus (A)}$

$t = \text{waktu (s)}$

Kemudian persamaan diatas di jabarkan lagi dengan menggunakan hukum ohm,yaitu :

$$V = I.R \dots \dots \dots (2.1)$$

Maka diperoleh persamaan baru dari penjabaran kedua persamaan diatas yaitu :

$$W = (I.R).I.t$$

$$W = I^2 . R . t \dots \dots \dots (2.6)^8$$

Dari persamaan-persamaan diatas dapat diketahui bahwa nilai tahanan kontak yang besar akan menyebabkan banyak kerugian maupun kerusakan. Sehingga diperlukan nilai tahanan kontak yang kecil sesuai dengan standar yang berlaku.

### 2.6.2 Tujuan Pengukuran Tahanan Kontak

Tujuan dari dilakukannya pengukuran tahanan kontak ini adalah untuk mengetahui kondisi pisau pisau kontak pemisah (PMS) masih dalam keadaan normal atau tidak. Karena jika nilai tahanan kontak nya sudah melebihi batas standar yang ditentukan maka akan menyebabkan kerugian teknis yang besar serta terganggu pengoptimalan kinerja atau bahkan kerusakan pemisah (PMS).

<sup>8</sup> Aip Saripudin dkk,Praktis Belajar Fisika (Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional,2009), hal.152



Pengukuran tahanan kontak pada pemisah (PMS) ini bekerja dengan memberikan arus sebesar 100 Ampere dari alat ukur ke peralatan yang akan diukur yaitu pemisah (PMS) yang kemudian akan menghasilkan nilai tahanan/resistansi. Nilai tahanan/resistansi yang di dapat harus sesuai standar agar pemisah (PMS) dapat beroperasi secara optimal. Untuk menguji tahanan kontak ini, kondisi pemisah (PMS) harus dalam keadaan tertutup (close) agar dapat diketahui nilai tahanan kontak nya.

### 2.6.3 Standar Pengukuran Tahanan Kontak

Nilai hasil pengukuran tahanan kontak  $\leq 120\%$  nilai standar pabrikan atau Nilai Pengujian FAT dan nilai saat pengujian komisioning atau yang terdapat pada formulir pemeliharaan  $< 100 \mu\Omega$ .

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).

Tabel 2.5 Rekomendasi Pengujian Tahanan Kontak

Peralatan yang Diperiksa	Tegangan Operasi	Hasil Ukur	Rekomendasi
Pisau Pemisah	70 kV	$< 120\%$ nilai pabrikan atau nilai pengujian FAT, nilai saat pengujian komisioning, $< 100 \mu\Omega$ formulir pemeliharaan	Perbaiki atau penggantian
	150 kV/275 kV		
	500 kV		



## **2.7 Pengukuran Tahanan Pentanahan**

### **2.7.1 Pengertian**

Sistem pentanahan merupakan suatu sistem untuk mengamankan peralatan-peralatan listrik maupun manusia yang berlokasi di sekitar gangguan dengan cara mengalirkan arus gangguan ke tanah. Salah satu faktor untuk mendapatkan nilai tahanan pentanahan yang kecil yaitu letak elektroda yang akan ditanam. Salah satu unsur yang perlu diperhatikan dalam perhitungan suatu sistem pentanahan adalah kondisi tanah di daerah dimana sistem pentanahan tersebut akan dipasang. Perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan metode satu batang elektroda dan dua batang elektroda yang ditanam ditanah dengan kedalaman bervariasi.

### **2.7.2 Tujuan 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).

### **2.7.3 Standar Pengukuran 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  $\leq 1$  ohm.

Tabel 2.6 Rekomendasi Pengujian Tahanan Pentanahan

Peralatan yang Diperiksa	Tegangan Operasi	Hasil Ukur	Rekomendasi
<i>Grounding</i>	70 kV	$\leq 1$ ohm	Perbaiki, ganti secepatnya, atau diberikan penambahan pentanahan peralatan tersebut
	150 kV/275 kV		
	500 kV		