

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pemutus Tenaga (PMT) 150 kV ¹

Berdasarkan IECV (International Electrotechnical Vocabulary) 441-14-20 disebutkan bahwa Circuit Breaker (CB) atau Pemutus Tenaga (PMT) merupakan peralatan saklar/switching mekanis, yang mampu menutup, mengalirkan dan memutus arus beban dalam kondisi normal serta mampu menutup, mengalirkan (dalam periode waktu tertentu) dan memutus arus beban dalam kondisi abnormal/gangguan seperti kondisi hubung singkat (short circuit).

Fungsi utamanya adalah sebagai alat pembuka atau penutup suatu rangkaian listrik dalam kondisi berbeban, serta mampu membuka atau menutup saat terjadi arus gangguan (hubung singkat) pada jaringan atau peralatann lain.

Syarat – Syarat yang harus dipenuhi oleh suatu pemutus daya agar dapat melakukan fungsi sebagai mestinya :

1. Mampu menyalurkan arus maksimum sistem secara kontinu
2. Mampu Memutuskan dan menutup jaringan dalam keadaan berbeban maupun terhubung singkat tanpa menimbulkan kerusakan pada pemutus daya
3. Dapat memutuskan arus hubung singkat dengan cepat agar arus hubung singkat tidak sampai merusak peralatan sistem, tidak membuat sistem kehilangan kestabilan, dan tidak merusak pemutus daya itu sendiri.



Gambar 2.1 Pemutus Tenaga (PMT)

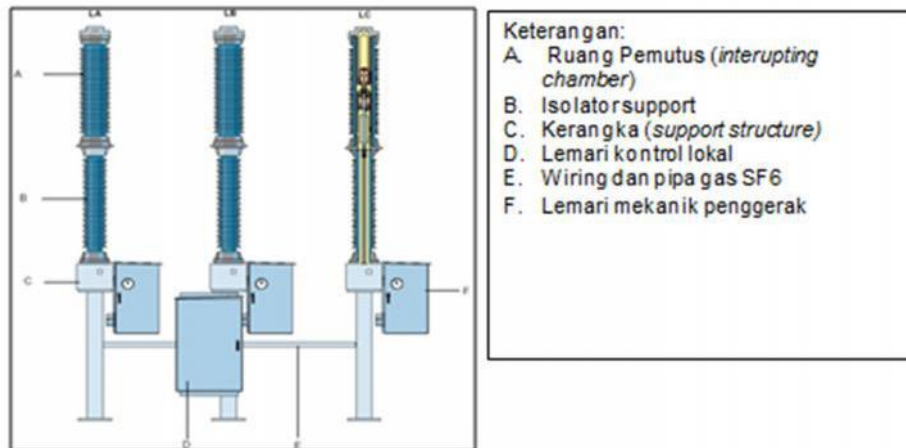
¹ PT.PLN (Persero), 2014, Buku Pedoman Pemeliharaan Pemutus Tenaga Final, No.0512-2.K/DIR/2014

2.2 Klasifikasi PMT ²

2.2.1 Berdasarkan Jumlah Mekanik Penggerak / Tripping Coil

1. PMT Single Pole

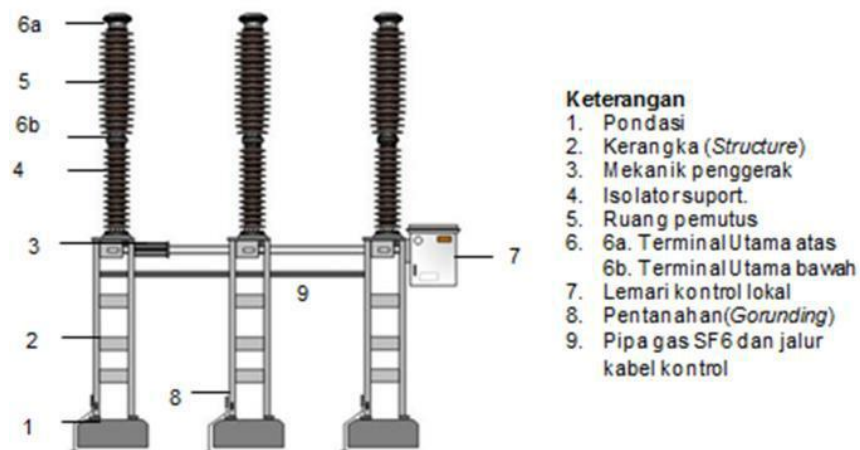
PMT type ini mempunyai mekanik penggerak pada masing-masing pole, umumnya PMT jenis ini dipasang pada bay penghantar agar PMT bisa reclose satu fasa.



Gambar 2.2 PMT Single Pole

2. PMT Three Pole

PMT jenis ini mempunyai satu mekanik penggerak untuk tiga fasa, guna menghubungkan fasa satu dengan fasa lainnya di lengkapi dengan kopel mekanik, umumnya PMT jenis ini di pasang pada bay trafo dan bay kopel.



Gambar 2. 3 PMT Three Pole

² Tobing, bonggas L. 2019 Peralatan Tegangan Tinggi Edisi Ketiga. Jakarta : Erlangga

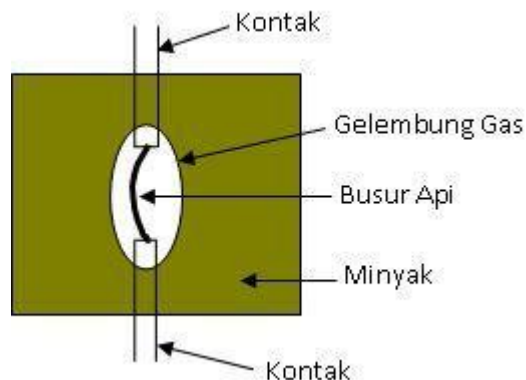
2.2.2 Berdasarkan Media Insulator³

1. PMT Minyak

Material dasar medium pemadaman busur api pada pemutus daya ini adalah minyak mineral yang sudah disuling. Ketika kontak dipisahkan, busur api akan terjadi di dalam minyak, sehingga minyak menguap dan menimbulkan gelembung gas yang menyelubungi busur api.

Kelemahan pemutus daya minyak adalah kekentalan minyak memperlambat pemisahan kontak sehingga tidak cocok untuk sistem yang membutuhkan pemutusan arus yang cepat, interaksi busur api dengan minyak menimbulkan karbonisasi dan memproduksi gas hydrogen, dan minyak mengalami degradasi jika bercampur dengan air atau karbon.

Sakelar PMT ini dapat digunakan untuk memutus arus sampai 10 kA dan pada rangkaian bertegangan sampai 500 kV. Oleh karena itu, pemadaman busur api tergantung pada pemanjangan dan pendinginan busur api dan juga tergantung pada jenis gas hasil dekomposisi minyak.



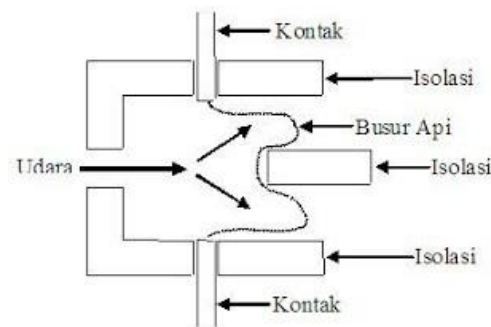
Gambar 2.4 Pemadam busur api pada pemutus daya minyak

2. PMT Udara Bertekanan

Sakelar PMT ini dapat digunakan untuk memutus arus sampai 40 kA dan pada rangkaian bertegangan sampai 765 kV. PMT udara hembus dirancang untuk mengatasi kelemahan pada PMT minyak, yaitu dengan membuat media isolator kontak dari bahan yang tidak mudah terbakar dan

³ Kadir, Abdul.1998. Transmisi Tenaga listrik Edisi Revisi. Jakarta : Erlangga

tidak menghalangi pemisahan kontak, sehingga pemisahan kontak dapat dilaksanakan dalam waktu yang sangat cepat. Medium pemadam yang digunakan adalah udara kering, bersih, dan bertekanan tinggi. Untuk menghasilkan udara bertekanan tinggi pemutus daya ini dilengkapi dengan kompresor. Saat busur api timbul, udara tekanan tinggi dihembuskan ke busur api melalui nozzle pada kontak pemisah dan ionisasi media diantara kontak dipadamkan oleh hembusan udara tekanan tinggi itu dan juga menyingkirkan partikel-partikel bermuatan dari sela kontak, udara ini juga berfungsi untuk mencegah restriking voltage (tegangan pukul ulang)

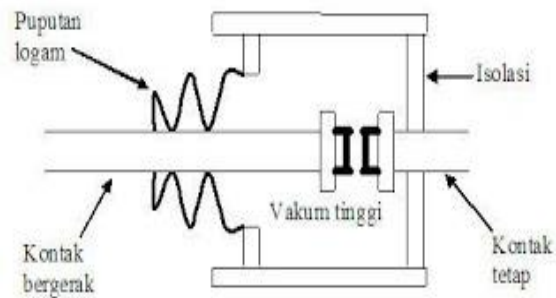


Gambar 2.5 PMT Udara Hembus

3. PMT Vakum (*Vacuum Circuit Breaker*)

Pada pemutus daya vakum, medium pemadam adalah vakum yang memiliki kekuatan dielektrik yang tinggi dan merupakan material pemadam api yang lebih unggul daripada medium pemadam busur api lainnya.

Pada PMT vakum, kontak ditempatkan pada suatu bilik vakum. Untuk mencegah udara masuk kedalam bilik, maka bilik ini harus ditutup rapat dan kontak Bergeraknya diikat ketat dengan perapat logam. Jika kontak dibuka, maka pada katoda kontak terjadi emisi termis dan medan tegangan yang tinggi yang memproduksi elektron-elektron bebas. Elektron hasil emisi ini bergerak menuju anoda, elektron-elektron bebas ini tidak bertemu dengan molekul udara sehingga tidak terjadi proses ionisasi. Akibatnya, tidak ada penambahan elektron bebas yang mengawali pembentukan busur api. Dengan kata lain, busur api dapat dipadamkan.

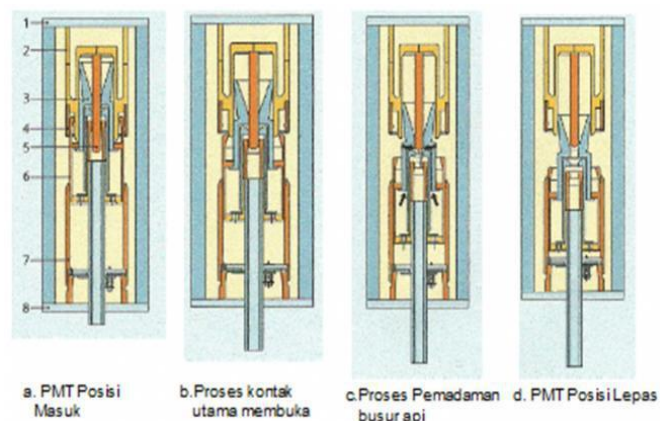


Gambar 2.6 PMT Vakum

4. PMT Gas SF₆

Media gas yang digunakan pada tipe ini adalah gas SF₆ (Sulphur hexafluoride). Sifat gas SF₆ murni adalah tidak berwarna, tidak berbau, tidak beracun dan tidak mudah terbakar. Pada suhu diatas 150° C, gas SF₆ mempunyai sifat tidak merusak metal, plastic dan bermacam bahan yang umumnya digunakan dalam pemutus tenaga tegangan tinggi.

Gas Sulfur heksafluorida (SF₆) memiliki sifat memberikan suatu kekuatan dielektrik yang tinggi dan mempunyai sifat khas untuk dapat cepat melakukan rekombinasi setelah sumber energy mata api dihilangkan. Sebagai isolasi listrik, gas SF₆ mempunyai kekuatan dielektrik yang tinggi (2,35 kali udara) dan kekuatan dielektrik ini bertambah dengan pertambahan tekanan. Sifat lain dari gas SF₆ ialah mampu mengembalikan kekuatan dielektrik dengan cepat, tidak terjadi karbon selama terjadi busur api dan tidak menimbulkan bunyi pada saat pemutus tenaga menutup atau membuka.

Gambar 2.7 PMT dengan peredam busur api gas SF₆

2.3 Komponen – Komponen pada PMT¹

Sistem Pemutus (PMT) terdiri dari beberapa sub-sistem yang memiliki beberapa komponen. Pembagian komponen dan fungsi yaitu *Primary*, *Dielectric*, dan *Secondary*.

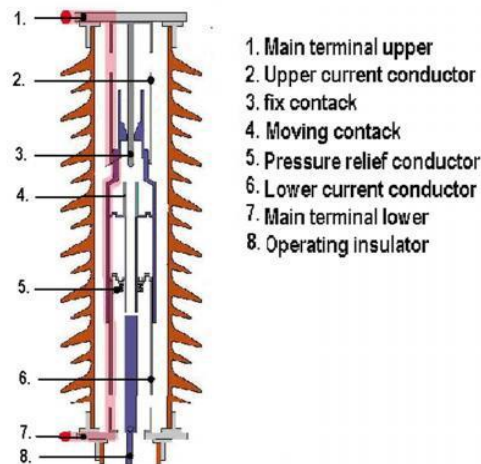
2.3.1 *Primary*

Bagian pemutus tenaga (PMT) yang bersifat konduktif dan berfungsi untuk menyalurkan energy listrik dengan nilai losses yang rendah dan Mampu menghubungkan / memutuskan arus beban saat kondisi normal/tidak normal.

1. Interupter

Merupakan bagian terjadinya proses membuka atau menutup kontak PMT. Didalamnya terdapat beberapa jenis kontak yang berkenaan langsung dalam proses penutupan atau pemutusan arus, yaitu:

- a. Kontak bergerak / *moving contact*
- b. Kontak tetap / *fixed contact*
- c. Kontak arcing / *arcing contact*



Gambar 2.8 Interrupter

2. Terminal Utama

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

1 PT.PLN (Persero), 2014, Buku Pedoman Pemeliharaan Pemutus Tenaga Final, No.0512-2.K/DIR/2014



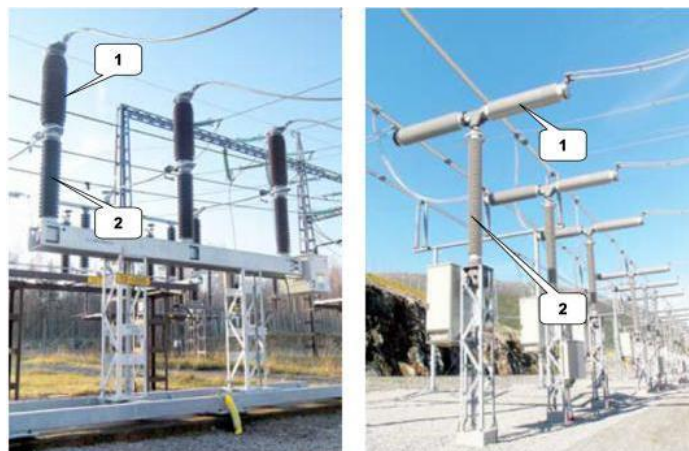
Gambar 2.9 Bagian Terminal Utama

2.3.2 Dielectric

Berfungsi sebagai Isolasi peralatan dan memadamkan busur api dengan sempurna pada saat moving contact bekerja.

1. Isolator

Pada Pemutus (PMT) terdiri dari 2 (dua) bagian isolasi yang berupa isolator, yaitu isolator ruang pemutus (1) dan isolator penyangga (2).



Gambar 2.10 Isolator pemutus dan isolator penyangga

2. Media Pemadam Busur Api

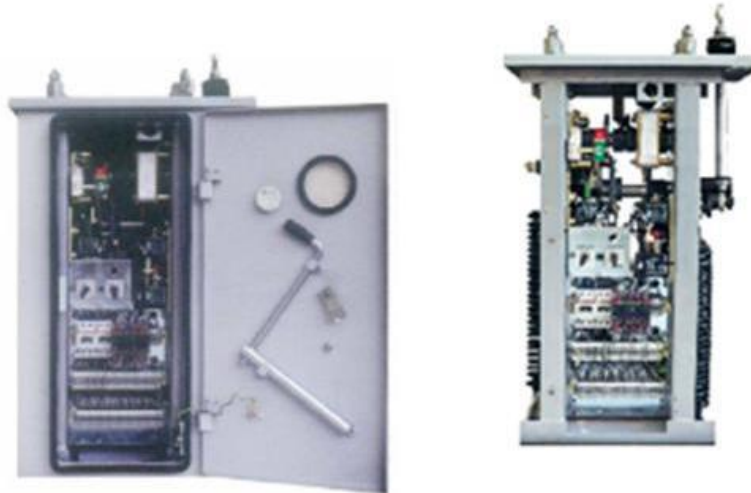
Berfungsi sebagai media pemadam busur api yang timbul pada saat PMT bekerja membuka atau menutup. Berdasarkan media pemadam busur api, PMT dapat dibedakan menjadi beberapa macam, antara lain:

- a. Pemadam busur api dengan gas sulfur hexa fluorida (SF₆)
- b. Pemadam busur api dengan minyak
- c. Pemadam busur api dengan udara hembus
- d. Pemadam busur api dengan udara hampa

2.3.3 Secondary

Sub sistem secondary berfungsi mengirim sinyal kontrol/trigger untuk mengaktifkan subsistem mekanik pada waktu yang tepat, bagian subsistem secondary terdiri dari :

1. Lemari control
Berfungsi untuk melindungi peralatan tegangan rendah dan sebagai tempat secondary equipment.
2. Terminal dan *Wiring Control*
Sebagai terminal wiring kontrol PMT serta memberikan trigger pada mekanik penggerak untuk operasi PMT.



Gambar 2.11 Lemari Mekanik dan control

2.4 Pedoman Pemeliharaan¹

Berdasarkan fungsinya dan kondisi peralatan bertegangan atau tidak, jenis pemeliharaan pada Pemutus dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. In Service / Visual Inspection
2. In Service Measurement / On Line Monitoring
3. Shutdown Measurement / Shutdown Function Check/Treatment
4. Conditional (Pasca relokasi / Pasca Gangguan/bencana alam)

¹ PT.PLN (Persero), 2014, Buku Pedoman Pemeliharaan Pemutus Tenaga Final, No.0512-2.K/DIR/2014

In Service Inspection, In Service Measurement/On Line Monitoring, Shutdown Measurement/ Shutdown Function Check, Conditional dan Overhaul sebagaimana dimaksud dalam butir 1 s/d 5 di atas, merupakan bagian dari uraian kegiatan pemeliharaan yang tertuang dalam KEPDIR 114.K/DIR/2010.

Periode pemeliharaan shutdown measurement dan shutdown function check dilaksanakan setiap 2 Tahun dan kegiatan mengacu kepada Failure Mode Effect Analysis (FMEA) dari setiap komponen peralatan tersebut.

2.4.1 In Service / Visual Inspection

In Service Inspection adalah inspeksi/pemeriksaan terhadap peralatan yang dilaksanakan dalam keadaan peralatan beroperasi/bertegangan (*on-line*), dengan menggunakan 5 panca indera (*five senses*) dan metering secara sederhana, dengan pelaksanaan periode tertentu (Harian, Mingguan, Bulanan, Tahunan).

Inspeksi ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui / memonitor kondisi peralatan yang dilaksanakan oleh petugas operator/asisten supervisor di gardu induk (untuk Tragi/UPT PLN P3B Sumatera / Wilayah) atau petugas pemeliharaan/supervisor gardu induk . Pemeriksaan yang dilakukan pada PMT adalah sebagai berikut :

1. Pemeriksaan Tekanan Hidrolik pada PMT sistem penggerak hidrolik
2. Pemeriksaan Tekanan Udara pada PMT sistem penggerak pneumatik
3. Pemeriksaan tekanan SF6 pada PMT dengan media pemadam busur api SF 6
4. Pemeriksaan Posisi Indikator ON / OFF pada lemari mekanik
5. Pemeriksaan Kondisi dalam lemari mekanik
6. Pemeriksaan Kondisi Pintu Lemari mekanik
7. Pemeriksaan Lubang kabel pada lemari mekanik
8. Pemeriksaan Indikator Kondisi pegas pada PMT sistem penggerak pegas
9. Pemeriksaan Supply AC / DC pada Lemari Mekanik
10. Pemeriksaan keretakan isolator
11. Pemeriksaan terhadap Terminal Utama, Jumperan dan daerah bertegangan PMT terhadap benda asing

2.4.2 In Service Measurement/On Line Monitoring

Pengukuran yang dilakukan pada periode tertentu dalam keadaan peralatan bertegangan (On Line). Pengukuran dan pemantauan yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui/memonitor kondisi peralatan dengan menggunakan alat ukur yang canggih (seperti Thermal Imager) yang dilakukan oleh petugas pemeliharaan.

Pemeriksaan yang dilakukan pada PMT untuk in service measurement adalah pengukuran suhu pada peralatan menggunakan thermovisi.

2.4.3 Shutdown Measurement / Shutdown Function Check

Pengukuran yang dilakukan pada periode 2 tahunan dalam keadaan peralatan tidak bertegangan (Off Line) . Pengukuran dilakukan bertujuan untuk mengetahui kondisi peralatan dengan menggunakan alat ukur sederhana serta advanced yang dilakukan oleh petugas pemeliharaan.

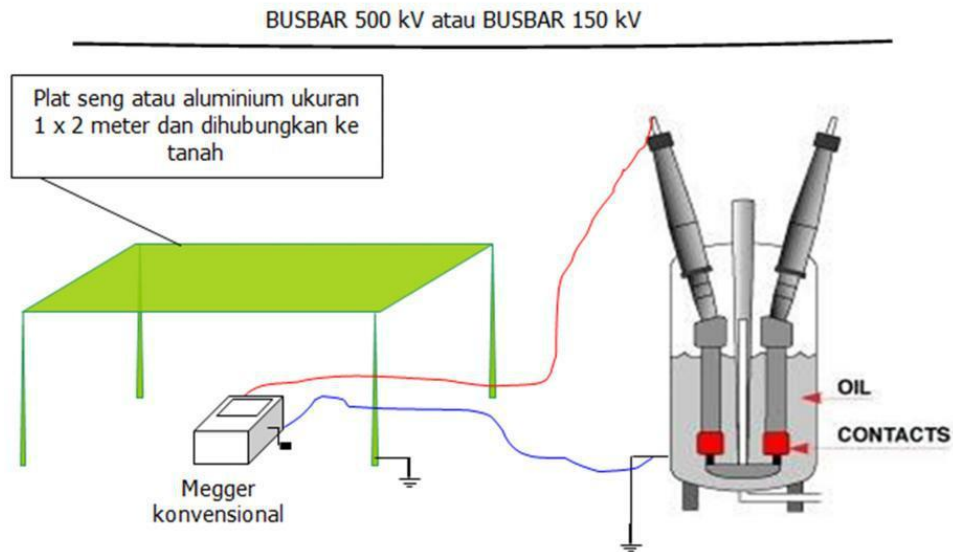
Pemeriksaan yang dilakukan pada PMT untuk *shutdown measurement* sebagai berikut :

1. Pengukuran tahanan isolasi terminal
2. Pengukuran tahanan kontak PMT
3. Pengukuran waktu buka PMT
4. Pengukuran Waktu tutup PMT
5. Pengukuran / pengujian Keserempakan Kontak Buka fasa R,S,T
6. Pengukuran / pengujian Keserempakan Kontak Tutup fasa R,S,T

2.5 Pengukuran Tahanan Isolasi

Pengukuran tahanan isolasi pemutus tenaga (PMT) ialah proses pengukuran dengan suatu alat ukur untuk memperoleh nilai tahanan isolasi pemutus tenaga antara bagian yang diberi tegangan (fasa) terhadap badan (case) yang ditanahkan maupun antara terminal atas dengan terminal bawah pada fasa yang sama.

Hal yang bisa mengakibatkan kerusakan alat ukur adalah bilamana alat ukur tersebut dipakai untuk mengukur obyek pada lokasi yang tegangan induksi listrik di sekitarnya sangat tinggi atau masih adanya muatan residual pada belitan atau kabel.



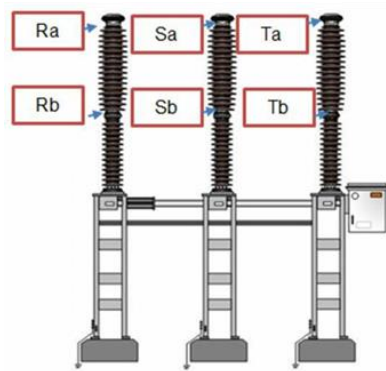
Gambar 2.12 Pengukuran Tahanan Isolasi

Pada dasarnya pengukuran tahanan isolasi PMT adalah untuk mengetahui besar (nilai) kebocoran arus (leakage current) yang terjadi antara bagian yang bertegangan terminal atas dan terminal bawah terhadap tanah.

Kebocoran arus yang menembus isolasi peralatan listrik memang tidak dapat dihindari. Oleh karena itu, salah satu cara meyakinkan bahwa PMT cukup aman untuk diberi tegangan adalah dengan mengukur tahanan isolasinya. Kebocoran arus yang memenuhi ketentuan yang ditetapkan akan memberikan jaminan bagi PMT itu sendiri sehingga terhindar dari kegagalan isolasi.

Pengukuran – pengukuran tahanan isolasi PMT adalah sebagai berikut :

1. Melakukan pengukuran tahanan isolasi PMT kondisi terbuka (open) antara:
 - a. Terminal atas (Ra, Sa, Ta) terhadap Cashing (body) / tanah.
 - b. Terminal bawah (Rb, Sb, Tb) terhadap cashing (body) / tanah.
 - c. Terminal fasa atas – bawah (Ra-Rb, Sa-Sb, Ta-Tb)
2. Melakukan pengukuran tahanan isolasi PMT kondisi tertutup (closed):
 - a. Terminal fasa R / merah (Ra+Rb) terhadap tanah.
 - b. Terminal fasa S / Kuning (Sa+Sb) terhadap tanah.
 - c. Terminal fasa T / Biru (Ta+Tb) terhadap tanah.



Gambar 2.13 Terminal tempat Pengukuran Tahanan Isolasi PMT

Keterangan:

Ra = Terminal atas fasa R (Merah)

Rb = Terminal bawah fasa R

Sa = Terminal atas fasa S (Kuning)

Sb = Terminal bawah fasa S

Ta = Terminal atas fasa T (Biru)

Tb = Terminal bawah fasa T

2.5.1 Standar Nilai Tahanan Isolasi⁴

Batasan tahanan isolasi PMT sesuai Buku Pemeliharaan Peralatan SE.032/PST/1984 dan menurut standard VDE (catalogue 228/4) *minimum* besarnya tahanan isolasi pada suhu operasi dihitung “ 1 kilo Volt = 1 M Ω (Mega Ohm) “.Untuk mengukur tahanan isolasi per kilo volt dapat menggunakan :

$$R = \frac{R_{\text{pengukuran}} (\text{M}\Omega)}{V_{\text{inject}} (\text{kV})} \dots\dots\dots 2.1$$

Dimana :

R = Nilai tahanan Isolasi (M Ω / Kv)

R_{pengukuran} = Nilai tahanan isolasi ketika pengukuran (M Ω)

V_{inject} = Nilai Tegangan Inject pada alat (Kv)

⁴ Aldhi Setyawan, 2018, "Analisa Pengaruh Tahanan Kontak Pemutus Tenaga Pada Kopel Busbar Tegangan Tinggi Terhadap Rugi Daya Penghantar Di Gardu Induk Palur"

2.6 Pengukuran Tahanan Kontak ⁵

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.

Sambungan antara konduktor dengan PMT atau peralatan lain merupakan tahanan kontak yang syarat tahananannya memenuhi kaidah Hukum Ohm sebagai berikut:

$$E = I.R.....2.1$$

Jika didapat kondisi tahanan kontak dan arus yang mengalir maka ruginya adalah:

$$P = I^2 \times R2.2$$

Keterangan :

P = Daya Rugi Rugi

I = Arus yang mengalir

R = Nilai Tahanan Kontak

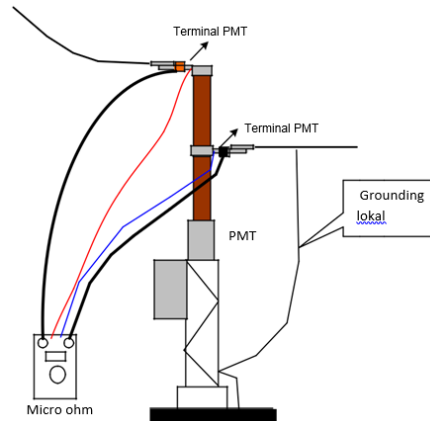
Prinsip dasarnya adalah sama dengan alat ukur tahanan murni (Rdc), tetapi pada tahanan kontak arus yang dialirkan lebih besar I=100 Amperemeter.

Kondisi ini sangat signifikan jika jumlah sambungan konduktor pada salah satu jalur terdapat banyak sambungan sehingga kerugian teknis juga menjadi besar, tetapi masalah ini dapat dikendalikan dengan cara menurunkan tahanan kontak dengan membuat dan memelihara nilai tahanan kontak sekecil mungkin. Jadi

5 Eri Ariyanto, 2019. "Analisis Hasil Pengujian Tahanan Isolasi dan Keserempakan Pemutus Tenaga 150 kV Bay Palur 1 dan Palur 2 Gardu Induk Gondangrejo"

pemeliharaan tahanan kontak sangat diperlukan sehingga nilainya memenuhi syarat nilai tahanan kontak.

Alat ukur tahanan kontak terdiri dari sumber arus dan alat ukur tegangan (drop Tegangan pada obyek yang diukur). Dengan sistem elektronik maka pembacaan dapat diketahui dengan baik dan ketelitian yang cukup baik pula (digital).



Gambar 2.14 Pengukuran Tahanan Kontak di Switchyard

2.6.1 Standar Nilai Tahanan Kontak

Nilai tahanan kontak PMT yang normal harus (acuan awal) disesuaikan dengan petunjuk/manual dari masing – masing pabrikan PMT (dikarenakan nilai ini dapat berbeda antar merk). Nilai standar normal yang menjadi acuan yaitu $R \leq 120 \%$ nilai pabrikan atau Nilai Pengujian FAT ,nilai saat pengujian komisioning. Berikut terlampir daftar nilai standar pabrikan beberapa PMT :

Tabel 2.1 Nilai Tahanan Kontak Acuan Pabrik

MERK	Type PMT	Data Teknis	Resistansi Kontak Utama
ALSTHOM	FX11	72.5 kV, Hydraulic, CI mechanism	50 $\mu\Omega$
ALSTHOM	FX12	170 kV, Hydraulic, CIN mechanism	50 $\mu\Omega$
ALSTHOM	FX22 or FX22D	550 kV, Hydraulic, CIN mechanism	40 $\mu\Omega$
ALSTHOM	FX32 or FX32D	550 kV, Hydraulic, CIN mechanism	40 $\mu\Omega$
ALSTHOM	FXT9	72.5 kV, spring	50 $\mu\Omega$
ALSTOM	GL309 F1	72.5 kV, spring	40 $\mu\Omega$
ALSTOM	GL313 F1	170 kV, spring	40 $\mu\Omega$
ALSTOM	GL313 F3	170 kV, spring	40 $\mu\Omega$
ABB	S1-170 F1	170 kV, spring	50 $\mu\Omega$
ABB	S1-170 F3	170 kV, spring	50 $\mu\Omega$
ALSTOM	GL314	245 kV, spring	52 $\mu\Omega$
ALSTOM	GL317 or GL317D	550 kV, spring, 2 chambers	95 $\mu\Omega$

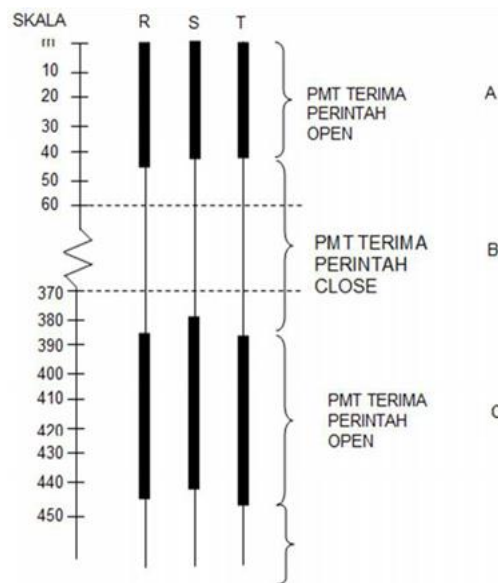
Khusus untuk PMT yang tidak memiliki data awal dapat menggunakan nilai standar PMT tipe sejenis atau nilai pengukuran terendah PMT tersebut mengacu pada history pemeliharaan (trend 3 kali periode pemeliharaan sebelumnya).

2.7 Pengukuran Waktu Buka , Waktu tutup, dan Keserempakan

Tujuan dari pengujian keserempakan PMT adalah untuk mengetahui waktu kerja PMT secara individu serta untuk mengetahui keserempakan PMT pada saat menutup ataupun membuka .

Berdasarkan cara kerja penggerak, maka PMT dapat dibedakan atas jenis three pole (penggerak PMT tiga fasa) dan single pole (penggerak PMT satu fasa). Untuk T/L Bay biasanya PMT menggunakan jenis single pole dengan maksud PMT tersebut dapat trip satu fasa apabila terjadi gangguan satu fasa ke tanah dan dapat reclose satu fasa yang biasa disebut SPAR (Single Pole Auto Reclose). Namun apabila gangguan pada penghantar fasa – fasa maupun tiga fasa maka PMT tersebut harus trip 3 fasa secara serempak. Apabila PMT tidak trip secara serempak akan menyebabkan gangguan, untuk itu biasanya terakhir ada sistem proteksi namanya pole discrepancy relay yang memberikan order trip kepada ketiga PMT pahasa R,S,T.

Pada waktu PMT trip akibat terjadi suatu gangguan pada sistem tenaga listrik diharapkan PMT bekerja dengan cepat sehingga clearing time yang diharapkan sesuai standard SPLN No 52-1 1983 untuk system 70 KV = 150 milli detik dan SPLN No 52-1 1984 untuk system 150 kV = 120 milli detik



Gambar 2.15 Pengujian Open Close PMT menggunakan Merk Nissin tipe SO 11

Berdasarkan standard SPLN No.52-1 1984, waktu maksimum membuka dan menutup kontak PMT untuk system 150 kV selama 120 milidetik. Selanjutnya untuk keserempakan kontak dapat dihitung dengan membandingkan selisih nilai tertinggi dengan nilai terendah. Berdasarkan standard yang ditetapkan selisih waktu yang diijinkan adalah < 10 mili detik.

$$\Delta t = t_{maks} - t_{mins} \dots\dots\dots 2.3$$

Dengan :

Δt = Selisih waktu

t_{maks} = Waktu Tertinggi

t_{mins} = Waktu Terendah

2.7.1 Standar Nilai Pengukuran waktu buka, waktu tutup, dan keserempakan¹

Pada saat terjadi gangguan pada sistem tenaga listrik, diharapkan PMT bekerja dengan cepat. Clearing Time sesuai dengan standart SPLN No 52-1 1983 untuk sistem dengan tegangan:

¹ PT.PLN (Persero), 2014, Buku Pedoman Pemeliharaan Pemutus Tenaga Final, No.0512-2.K/DIR/2014

1. 500 kV < 90 mili detik
2. 275 kV < 100 mili detik
3. 150 kV < 120 mili detik
4. 70 kV < 150 mili detik

Kecepatan kontak PMT membuka dan atau menutup harus disesuaikan dengan referensi/acuan dari masing-masing pabrikan PMT (dikarenakan nilai ini dapat berbeda antar merk). Nilai-nilai referensi pengukuran waktu buka, pengukuran waktu tutup yaitu $\leq 110\%$ berdasarkan nilai acuan dari beberapa pabrikan berturut-turut disampaikan seperti contoh pada Tabel

Tabel 2.2 Nilai waktu buka dan tutup cuan Pabrikan

Merk	Tipe	WAKTU BUKA(O)	WAKTU TUTUP (C)
		(mili detik)	(mili detik)
SIEMENS	3AQ1EE	36-39	90-95
SIEMENS	3AQ1EG	36-39	95-100
SIEMENS	3AP1F1	34-37	58-66
AREVA	GL313 F3	35-38	85
ABB	LTB 72,5 D1/B	32-35	70
ABB	LTB 170 D1/B	32-35	70
ABB	LTB 245E1	17-19	28
ABB	HPL 72,5	25	90
ABB	HPL 170	25	90
NISSIN	FA1 N	35	120
NISSIN	SO-21	50	80
NISSIN	SO-11	50	80
AEG	S1-170	40	90

Toleransi perbedaan waktu pada pengujian keserempakan kontak PMT, yang terjadi antar fasa R, S, dan T pada waktu PMT beroperasi (Open / Close) ditentukan dengan melihat nilai Δt yang merupakan selisih waktu tertinggi dan terendah antar fasa R, S, dan T. Pengukuran deviasi waktu antar fasa pabrikan disampaikan pada Tabel.

Tabel 2.3 Nilai Keserempakan Acuan Pabrik

Merk	Tipe	Batasan [ms]
ALSTHOM	ALL	≤ 10 (open/close)
NISSIN	FA1 N	≤ 6 (open),
		≤ 10 (close)