



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Pemutus Tenaga (PMT)

¹Berdasarkan *IEV (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*).

Sedangkan definisi PMT berdasarkan IEEE C37.100:1992 (Standard definitions for power switchgear) merupakan peralatan saklar/*switching* mekanis yang mampu menutup, mengalirkan dan memutus arus beban dalam kondisi normal sesuai dengan ratingnya serta mampu menutup, mengalirkan (dalam periode waktu tertentu) dan memutus arus beban dalam spesifik kondisi abnormal/gangguan sesuai dengan ratingnya.

Dapat disimpulkan bahwa Pemutus Tenaga (PMT) adalah sebuah saklar pada gardu induk yang berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan arus beban atau arus gangguan dalam keadaan berbeban yang memiliki pemadam busur api seperti gas SF₆, minyak, vacuum dan udara.

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 peralatan lain.

¹ PLN SK DIR 0520 2014 “Buku Pedoman PMT Final” hlm 1



2.2 Klasifikasi PMT Berdasarkan Besar / Kelas Tegangan

PMT dapat dibedakan menjadi empat, yaitu:

1. PMT tegangan rendah (*low voltage*)

Untuk jenis PMT tegangan rendah, kita tentunya sering menemukan jenis ini pada panel pembagi beban (Besaran yang efektif berkisar 15 A s/d 1500 A dengan range tegangan 0.1 s/d 1 kV) (*SPLN 1.1995 – 3.3*). Yang harus diperhatikan dalam jenis PMT ini adalah tegangan efektif yang tertinggi dan frekuensi daya jaringan dimana pemutus daya itu akan dipasang. Nilainya tergantung pada jenis pentanahan titik netral sistem. Juga arus maksimum kontinyu yang akan dialirkan melalui pemutus daya dan nilai arus ini tergantung pada arus maksimum sumber daya atau arus nominal beban dimana pemutus daya tersebut terpasang.

2. PMT tegangan menengah (*medium voltage*)

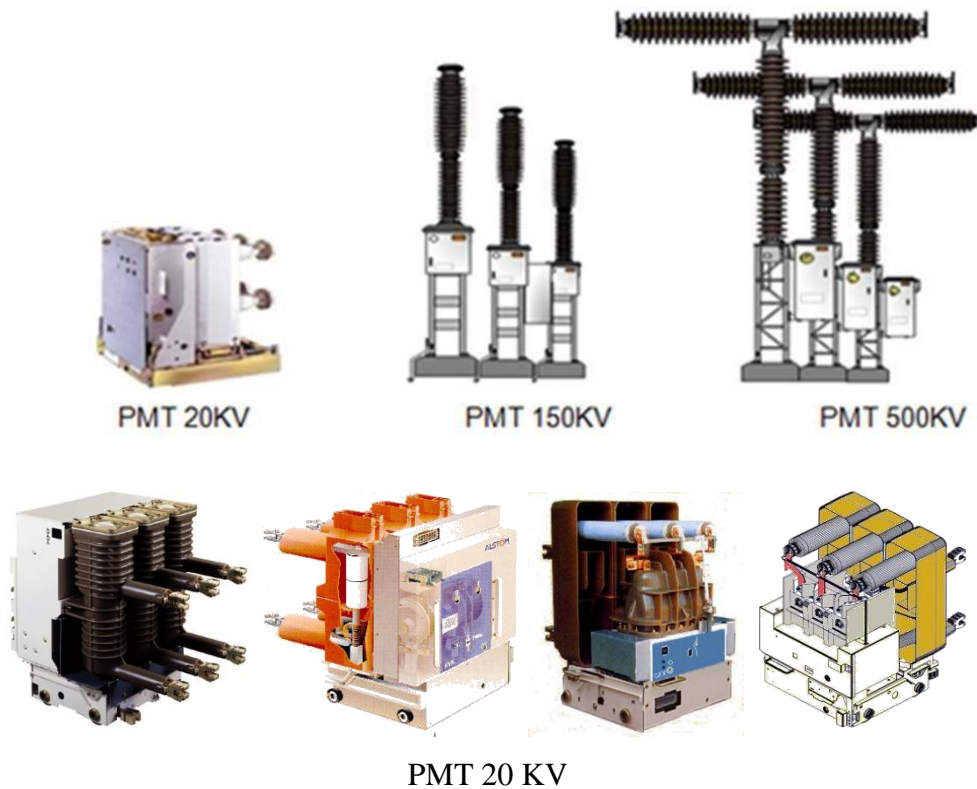
PMT tegangan menengah ini biasanya dipasang pada gardu induk, kabel masuk ke busbar tegangan (*incoming cubicle*) maupun pada setiap rel/busbar keluar (*out going cubicle*) yang menuju penyulang keluar dari gardu induk. PMT ini mempunyai range tegangan 1 s/d 35 kV (*SPLN 1.1995 – 3.4*).

3. PMT tegangan tinggi (*high voltage*)

Dengan range tegangan 35 s/d 245 kV. Klasifikasi PMT untuk tegangan tinggi berdasarkan media insulator dan material dielektriknya, terbagi menjadi empat jenis, yaitu:

- a. Sakelar PMT minyak: sakelar PMT ini dapat digunakan untuk memutus arus sampai 10 kA dan pada rangkaian bertegangan sampai 500 kV.
- b. Sakelar PMT Udara Hembus (*Air Blast Circuit Breaker*): sakelar PMT ini dapat digunakan untuk memutus arus sampai 40 kA dan pada rangkaian bertegangan sampai 765 kV.
- c. Sakelar PMT vakum (*Vacuum acircuit breaker*): Sakelar PMT ini dapat digunakan untuk memutus rangkaian bertegangan sampai 38 kV.

- d. Sakelar PMT Gas SF₆ (*SF₆ Circuit Breaker*): sakelar PMT ini dapat digunakan untuk memutus arus sampai 40 kA dan pada rangkaian bertegangan sampai 765 kV (*SPLN 1.1995 – 3.5*)
4. PMT tegangan extra tinggi (*Extra High Voltage*)
Dengan range tegangan lebih dari 245 kV (*SPLN 1.1995 – 3.6*). PMT jenis ini biasanya dipasang di GITET (Gardu Induk Ekstra Tinggi) yang sudah memiliki bermacam – macam peralatan caggih. Salah satunya *Gas Circuit Breaker*(GCB). GCB sendiri merupakan pemutus tenaga yang menggunakan gas SF₆ sebagai bahan pemadam busur api.



Gambar 2.1 Macam – Macam PMT

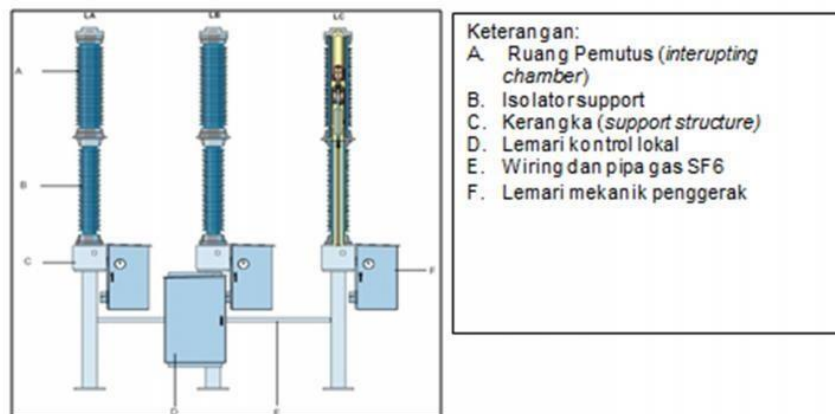
2.3 Klasifikasi PMT Berdasarkan Jumlah Mekanik Penggerak

PMT dapat dibedakan menjadi 2, yaitu:

1. PMT Single pole, dan
2. PMT Three pole.

2.3.1 PMT single pole

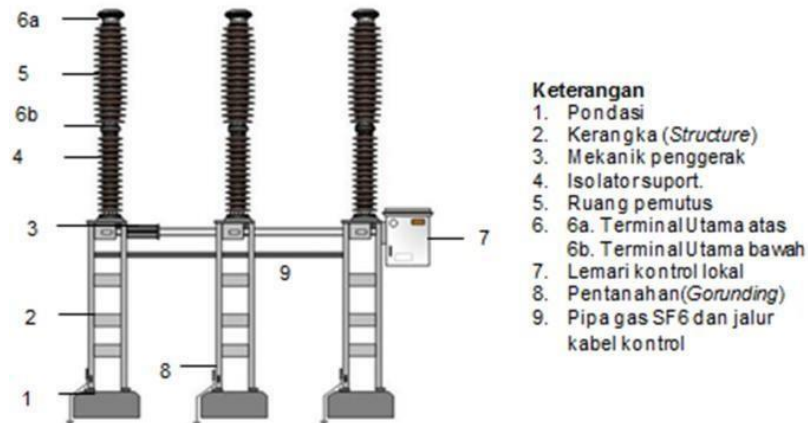
PMT single pole (Gambar 2.2) ini mempunyai mekanik penggerak pada masing – masing pole, umumnya PMT jenis ini dipasang pada bay penghantar agar PMT bisa reclose satu fasa.



Gambar 2.2 PMT Single Pole

2.3.2 PMT three pole

PMT three pole (Gambar 2.3) mempunyai satu mekanik penggerak untuk tiga fasa, guna menghubungkan fasa satu dengan fasa lainnya dilengkapi dengan kope; mekanik, umumnya PMT ini dipasang pada bay trafo dan bay kopel serta PMT 20kV untuk distribusi.



Gambar 2.3 PMT Three Pole

2.4 Klasifikasi PMT Berdasarkan Media Isolasi

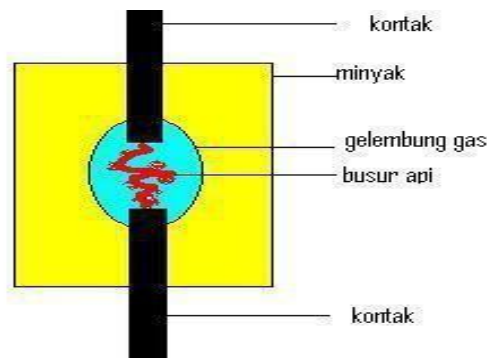
PMT memiliki beberapa media isolasi yaitu:

1. Pemutus Tenaga (PMT) Media minyak
2. Pemutus Tenaga (PMT) Media Udara Hembus (*Air Blast Circuit Breaker*)
3. Pemutus Tenaga (PMT) Media Vakum (*Vacuum Circuit Breaker*)
4. Pemutus Tenaga (PMT) Media Gas SF6 (*SF6 Circuit Breaker*)

2.4.1 Pemutus tenaga (PMT) media minyak

²Sakelar PMT ini dapat digunakan untuk memutus arus sampai 10 kA dan pada rangkaian bertegangan sampai 500 kV. Pada saat kontak dipisahkan, busur api akan terjadi didalam minyak, sehingga minyak menguap dan menimbulkan gelembung gas yang menyelubungi busur api, karena panas yang ditimbulkan busur api, minyak mengalami dekomposisi dan menghasilkan gas hydrogen yang bersifat menghambat produksi pasangan ion. Oleh karena itu, pemadaman busur api tergantung pada pemanjangan dan pendinginan busur api dan juga tergantung pada jenis gas hasil dekomposisi minyak seperti pada gambar 2.4

² R Alfianto "Pemutus Tenaga (PMT)" hlm 19



Gambar 2.4 Pemadam Busur Api Pada PMT Minyak

Gas yang timbul karena dekomposisi minyak menimbulkan tekanan terhadap minyak, sehingga minyak terdorong kebawah melalui leher bilik. Di leher bilik, minyak ini melakukan kontak yang intim dengan busur api. Hal ini akan menimbulkan pendinginan busur api, mendorong proses rekombinasi dan menjauhkan partikel bermuatan dari lintasan busur api. Minyak yang berada diantara kontak sangat efektif memutuskan arus. Kelemahannya adalah minyak mudah terbakar dan kekentalan minyak memperlambat pemisahan kontak, sehingga tidak cocok untuk sistem yang membutuhkan pemutusan arus yang cepat.



Gambar 2.5 Oil Circuit Breaker

Sakelar PMT minyak terbagi menjadi dua jenis, yaitu:

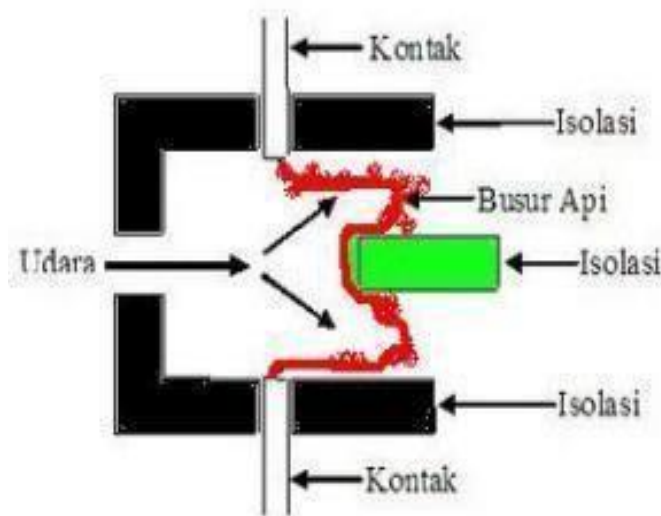
1. Sakelar PMT dengan banyak menggunakan minyak (Bulk Oil Circuit Breaker), pada tipe ini minyak berfungsi sebagai peredam loncatan bunga

api listrik selama terjadi pemutusan kontak dan sebagai isolator antara bagian-bagian yang bertegangan dengan badan, jenis PMT ini juga ada yang dilengkapi dengan alat pembatas busur api listrik.

2. Sakelar PMT dengan sedikit menggunakan minyak (*Low oil Content Circuit Breaker*), pada tipe ini minyak hanya dipergunakan sebagai peredam loncatan bunga api listrik, sedangkan sebagai bahan isolator dari bagian-bagian yang bertegangan digunakan porselen atau material isolasi dari jenis organic.

2.4.2 PMT media udara hembus (*Air blast circuit breaker*)

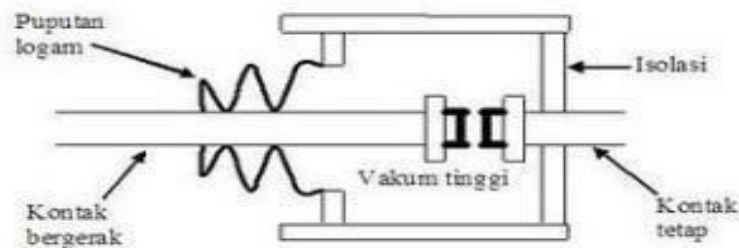
Sakelar PMT ini dapat digunakan untuk memutus arus sampai 40 kA dan pada rangkaian bertegangan sampai 765 kV. PMT udara hembus (Gambar 2.6) dirancang untuk mengatasi kelemahan pada PMT minyak, yaitu dengan membuat isolator kontak dari bahan yang tidak mudah terbakar dan tidak menghalangi pemisah kontak, sehingga pemisahan kontak dapat dilaksanakan dalam waktu yang sangat cepat. Saat busur api timbul, udara tekanan tinggi dihembuskan ke busur api yang 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 2.6 Pemadam Busur Api pada PMT Air Blast

2.4.3 PMT media vakum (*Vacuum circuit breaker*)

Sakelar PMT ini dapat digunakan untuk memutus rangkaian bertegangan sampai 38 kV. Pada PMT vakum (Gambar 2.7), kontak ditempatkan pada suatu bilik vakum. Untuk mencegah udara masuk ke dalam bilik, maka bilik ini harus ditutup rapat dan kontak Bergeraknya diikat ketat dengan perapat logam.



Gambar 2.7 Proses Pemadaman Busur Api Media Vakum

Jika kontak dibuka, maka pada katoda kontak jadi emisithermis dan medan tegangan yang tinggi yang memproduksi elektron – elektron bebas. Elektron hasil emisi ini beregerak menuju anoda, elektron – elektron bebas ini tidak bertemu dengan molekul udara sehingga tidak terjadi prosesionasi. Akibatnya, tidak ada penambahan elektron bebas yang mewakili pembentukan busur api. Dengan kata lain, busur api dapat dipadamkan. Gambar 3.8 adalah vakum circuit breaker.



Gambar 2.8 Vacuum Circuit Breaker

2.4.4 PMT media gas SF6 (SF6 circuit breaker)

Sakelar PMT ini dapat digunakan untuk memutus arus sampai 40 kA dan pada rangkaian bertegangan sampai 765 kV. Media gas yang digunakan pada tipe ini adalah SF6 (*Sulphur Hexafluoride*) (Gambar 2.9). Sifat gas SF6 adalah tidak berwarna, tidak berbau, tidak beracun dan tidak mudah terbakar. Pada suhu di atas 150°, gas SF6 mempunyai sifat tidak merusak metal, plastik dan bermacam bahan yang umumnya digunakan dalam pemutus tenaga tegangan tinggi. Sebagai isolasi listrik, gas SF6 mempunyai kekuatan dielektrik yang bertambah dengan pertambahan tekanan. Sifat lain dari gas SF6 ialah mampu mengembalikan kekuatan dielektriknya dengan cepat, tidak terjadi karbon selama terjadi busur api dan tidak menimbulkan bunyi pada saat pemutus tenaga menutup dan membuka. Gambar 3.9 adalah SF6 circuit breaker yang ada pada gardu induk.

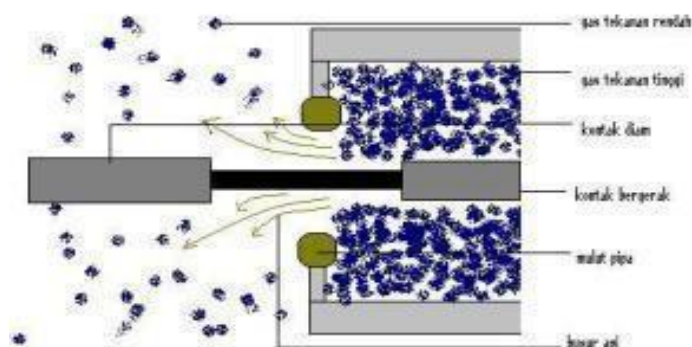


Gambar 2.9 SF6 Circuit Breaker



Gambar 2.10 PMT 20kV Media Pemadam Busur Api SF6

pengisian, gas SF₆ akan menjadi dingin jika keluar dari tangki penyimpanan dan akan panas kembali jika dipompakan untuk pengisian ke dalam bagian/ ruang pemutus tenaga. Oleh karena itu gas SF₆ perlu diadakan pengaturan tekanannya beberapa jam setelah pengisian, pada saat gas SF₆ pada suhu lingkungan. Gambar 2.11 adalah proses pemadaman busur api pada SF₆.



Gambar 2.11 Proses Pemadaman Busur Api pada SF6

Sakelar PMT SF₆ terdiri dari dua tipe, yaitu:

1. PMT Tipe Tekanan Tunggal (*Single Pressure Type*), PMT SF₆ tipe ini diisi dengan gas SF₆ dengan tekanan kira – kira 5 kg/cm². Selama pemisah kontak – kontak, gas SF₆ ditekan kedalam suatu tabung yang menempel

pada kontak bergerak. Pada waktu pemutusan kontak terjadi, gas SF₆ ditekan melalui nozzle dan tiupan ini yang mematikan busur api.

2. PMT Tipe Tekanan Ganda (*Double Pressure Type*), dimana pada saat ini sudah tidak diproduksi lagi. Pada tipe ini, gas dari sistem tekanan tinggi dialirkan melalui nozzle ke gas sistem tekanan rendah selama pemutusan busur api. Pada sistem gas tekanan tinggi, tekanan gas SF₆ kurang lebih 12 kg/cm² dan pada sistem gas tekanan rendah, tekanan gas SF₆ kurang lebih 2 kg/cm². Gas pada sistem tekanan rendah kemudian dipompakan kembali ke sistem tekanan tinggi.

Keunggulan PMT Gas SF₆ dapat dilihat dari keuntungan sifat – sifat dari gas SF₆ sebagai yang dibandingkan dengan PMT jenis lain untuk mengamankan Gardu Induk dan jaringan, yaitu:

1. Hanya memerlukan energi yang rendah untuk mengoperasikan mekanismenya. Pada prinsipnya, SF₆ sebagai pemadam busur api tanpa memerlukan energi untuk mengkompresikannya, namun semata – mata karena pengaruh panas busur api yang terjadi.
2. Tekanan SF₆ sebagai pemadam busur api maupun sebagai pengisolasi dapat dengan mudah dideteksi.
3. Penguraian pada waktu memadamkan busur api maupun pembentukannya kembali setelah pemadaman adalah menyeluruh.
4. Mampu mengembalikan kekuatan dielektrik dengan cepat, setelah arus busur api listrik melalui titik nol.
5. Relatif mudah terionisasi sehingga plasmanya pada PMT konduktivitas tetap rendah dibandingkan pada keadaan dingin. Hal ini mengurangi kemungkinan busur api tidak stabil dengan demikian ada pemotongan arus dan menimbulkan tegangan antar kontak.
6. Karakteristik gas SF₆ adalah elektro negatif sehingga penguraiannya menjadikan dielektriknya naik secara bertahap.
7. Transien frekuensi yang tinggi naik selama operasi pemutusan dan dengan adanya hal ini busur api akan dipadamkan pada saat nilai arusnya rendah.

2.5 Proses Terjadinya Busur Api

³Pada waktu pemutusan atau penghubungan suatu rangkaian sistem tenaga listrik, maka pada PMT akan terjadi busur api, hal tersebut terjadi karena saat kontak PMT dipisahkan, beda potensial diantara kontak akan menimbulkan medan elektrik diantara kontak tersebut.

Arus yang sebelumnya mengalir pada kontak akan memanaskan kontak dan menghasilkan emisi termis pada permukaan kontak. Sedangkan medan elektrik menimbulkan emisi medan tinggi pada kontak katoda (K). Kedua emisi ini menghasilkan elektron bebas yang sangat banyak dan bergerak menuju kontak anoda (A). Elektron – elektron ini membentur molekul netral media isolasi dikawasan positif, benturan – benturan ini akan menimbulkan proses ionisasi.

Dengan demikian, jumlah elektron bebas yang menuju anoda akan semakin bertambah dan muncul ion positif hasil ionisasi yang bergerak menuju katoda, perpindahan elektron bebas ke anoda menimbulkan arus dan memanaskan kontak anoda. Ion positif yang tiba dikontak katoda akan menimbulkan dua efek yang berbeda. Jika kontak terbuat dari bahan yang titik leburnya tinggi, misalnya tungsten atau karbon, maka ion positif akan menimbulkan pemanasan di katoda.

Akibatnya, emisi termis semakin meningkat. Jika kontak terbuat dari bahan yang titik leburnya rendah, misal tembaga, ion positif akan menimbulkan emisi medan tinggi. Hasil emisi termis ini dan emisi medan tinggi akan melanggengkan proses ionisasi, sehingga perpindahan muatan antar kontak terus berlangsung dan inilah yang disebut busur api.

Untuk memadamkan busur api tersebut perlu dilakukan usaha yang dapat menimbulkan proses deionisasi, antara lain dengan cara sebagai berikut:

1. Meniupkan udara ke sela kontak, sehingga partikel – partikel hasil ionisasi dijauhkan dari sela kontak.

³ R Alfianto “Pemutus Tenaga (PMT)” hlm 26

2. Menyemburkan minyak isolasi ke busur api untuk memberi peluang yang lebih besar bagi proses rekombinasi.
3. Memotong busur api dengan tabir isolasi atau tabir logam, sehingga memberi peluang yang lebih besar bagi proses rekombinasi.
4. Membuat medium pemisah kontak dari gas elektro negatif, sehingga elektron – elektron bebas tertangkap oleh molekul netral gas tersebut.

Jika penguraian partikel bermuatan karena proses deionisasi lebih banyak dari pada penambahan muatan karena proses ionisasi, maka busur api akan padam. Ketika busur api padam, disela kontak akan tetap ada terpaan medan elektrik. Jika suatu saat terjadi terpaan medan elektrik yang lebih besar dari pada kekuatan dielektrik media isolasi kontak, maka busur api akan terjadi lagi.

2.6 Komponen dan Fungsi PMT

⁴Sistem Pemutus Tenaga (PMT) terdiri dari beberapa sub-sistem yang memiliki beberapa komponen. Pembagian komponen dan fungsi dilakukan berdasarkan *Failure Modes Effects Analysis (FMEA)* sebagai berikut:

1. *Primary*
2. *Dielectric*
3. *Driving Mechanism*
4. *Secondary*

2.6.1 Primary

Merupakan bagian PMT yang bersifat konduktif dan berfungsi untuk menyalurkan energi listrik dengan nilai losses yang rendah dan mampu menghubungkan / memutuskan arus beban saat kondisi normal/tidak normal. Adapun beberapa bagian komponen *primary* adalah:

⁴ PLN SKDIR 0520 2014 “Buku Pedoman PMT Final” hlm 4

1. Interrupter

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

- Kontakbergerak/*moving contact*
- Kontak tetap/*fixed contact*
- Kontak arching/*arching contact*

2. Terminal Utama

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



Gambar 2.12 Terminal Utama

2.6.2 Dielectric

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

1. Isolator Listrik (*Electrical Insulation*)

- Isolator Ruang Pemutus (*Interrupting Insulation*)
Merupakan isolator yang berada pada ruang pemutus
- Isolator Penyangga (*Isolator Support*)
Merupakan isolator pada penyangga/*support*

2.6.3 Driving mechanism

Berfungsi menyimpan energi untuk dapat menggerakkan kontak gerak (*moving contact*) PMT dalam waktu tertentu sesuai dengan spesifikasinya. Terdapat beberapa jenis sistem penggerak pada PMT, antara lain:

1. Penggerak pegas (*Spring Drive*)

Mekanis penggerak PMT dengan menggunakan pegas (*spring*) terdiri dari dua macam, yaitu:

- Pegas pilin (*helical spring*)

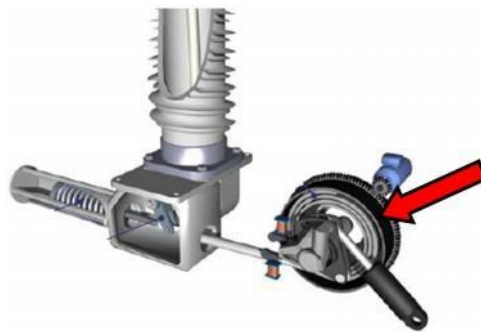
PMT jenis ini menggunakan pegas pilin sebagai sumber tenaga penggerak yang ditarik atau diregangkan oleh motor melalui rantai.



Gambar 2.13 Sistem Pegas Pilin (Helical)

- Pegas gulung (*scroll spring*)

PMT ini menggunakan pegas gulung untuk sumber tenaga penggerak yang diputar oleh motor melalui roda gigi.



Gambar 2.14 Sistem Pegas Gulung (*Scroll*)

1. Penggerak Hidrolik

Penggerak mekanik PMT hidrolik adalah rangkaian gabungan dari beberapa komponen mekanik, elektrik dan hidrolik *oil* yang dirangkai

sedemikian rupa sehingga dapat berfungsi sebagai penggerak untuk membuka dan menutup PMT.

2. Penggerak Pneumatic

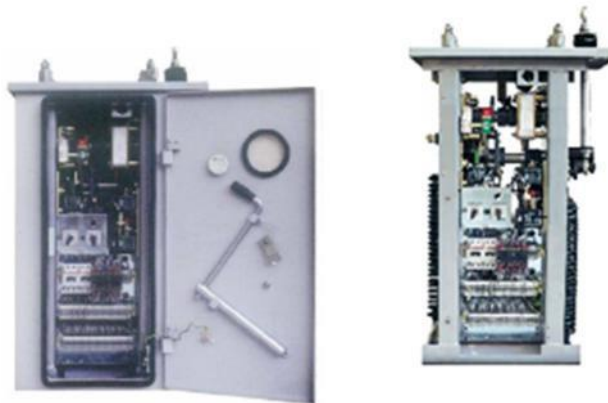
Penggerak mekanik PMT *pneumatic* adalah rangkaian gabungan dari beberapa komponen mekanik, elektrik dan udara bertekanan yang dirangkai sedemikian rupa sehingga dapat berfungsi sebagai penggerak untuk membuka dan menutup PMT.

2.6.4 Secondary

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

1. Lemari Mekanik / Kontrol

Berfungsi untuk melindungi peralatan tegangan rendah dan sebagai tempat *secondary equipment*.



Gambar 2.15 Lemari Mekanik/Kontrol

2. Terminal dan *Wiring Control*

Sebagai terminal wiring control PMT serta memberikan *trigger* pada mekanik penggerak untuk operasi PMT.

2.7 Pedoman Pemeliharaan

⁵Berdasarkan fungsi dan kondisi peralatan baik bertegangan maupun tidak, jenis pemeliharaan pada Pemutus dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. *In Service / Visual Inspection*
2. *In Service Measurement / On Line Monitoring*
3. *Conditional* (Pasca relokasi / Pasca gangguan / Pasca Bencana)
4. *Overhaul*

2.8 Peraturan dan Ketentuan Pemeliharaan Pemutus Tenaga

Dalam proses pelaksanaan pemeliharaan pemutus tenaga, harus sesuai dengan peraturan dan ketentuan yang berlaku, sebagai pedoman dalam pelaksanaan kegiatan pemeliharaan tersebut. Berdasarkan FMEA / FMECA tahun 2008, PLN melaksanakan dan menganalisa terhadap efek modus gangguan yang terjadi pada komponen peralatan sehingga uraian kegiatan dalam review Buku Pemeliharaan Peralatan SE. 032 / PST / 1984 dan suplemennya mengalami perubahan, pemeliharaan PMT terdiri dari:

- a. Pemeliharaan Preventive (*Time Base Maintenance*)
- b. Pemeliharaan Prediktif (*Conditional Maintenance*)
- c. Pemeliharaan Korektif (*Corective Maintenance*)
- d. Pemeliharaan Darurat (*Breakdown Maintenance*)

Pemeriksaan dan pemeliharaan Pemutus Tenaga (PMT) biasanya sesuai dengan petunjuk pabrikannya, akan tetapi secara umum, meliputi:

- a. Pemeriksaan dan Pemeliharaan Harian
- b. Pemeriksaan dan Pemeliharaan Bulanan
- c. Pemeriksaan dan Pemeliharaan Tahunan
- d. Pemeriksaan dan Pemeliharaan Overhaul

⁵ PLN SKDIR 0520 2014 “Buku Pedoman PMT Final” hlm 15



2.9 Pengujian Pemutus Tenaga

Pada proses pengujian pemutus tenaga, terdapat tiga jenis pengujian, yaitu sebagai berikut:

2.9.1 Pengukuran tahanan isolasi

⁶ Pengukuran tahanan isolasi pemutus tenaga (PMT) ialah proses pengukuran dengan suatu alat ukur *Insulation Tester* untuk memperoleh hasil (nilai/besaran) tahanan isolasi pemutus tenaga antara bagian yang diberi tegangan (fasa) terhadap badan (*case*) yang ditanahkan maupun antara terminal masukan (I/P terminal) dengan terminal keluaran (O/P terminal) 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. Langkah untuk menetralkan tegangan induksi maupun muatan residual adalah dengan menghubungkan bagian tersebut ke tanah beberapa saat sehingga induksinya hilang.

Yang perlu diingat setelah melakukan pengukuran tahanan isolasi, jangan menyentuh titik ukur obyek pengukuran yang baru selesai diukur tahanan isolasinya. Hal ini akan mengakibatkan terjadinya aliran arus *discharge* yang melintas badan dan meskipun tidak berakibat fatal namun bisa menimbulkan tegangan kejut (dalam kV).

Berikut ini rumus untuk mengetahui kemampuan tahanan isolasi

$$R_{\text{pengukuran}} / V_{\text{inject}} (5\text{kV})$$

Keterangan :

$R_{\text{pengukuran}}$ = Nilai resistansi pengukuran

V_{inject} = Tegangan yang digunakan saat pengukuran

⁶ PLN SKDIR 0520 2014 “Buku Pedoman PMT Final” hlm 19



2.9.2 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 kontakanya tinggi.

Jika didapat kondisi tahanan kontak dan arus yang mengalir maka berikut ini rumus untuk mengetahui rugi daya :

$$P = I^2 \cdot R$$

Keterangan :

P = Rugi daya (Watt)

I = Arus (A)

R = Resistansi (Ohm)

2.9.3 Pengukuran kecepatan dan keserempakan kontak

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

Berikut ini adalah rumus keserempakan kontak PMT untuk mengetahui selisih waktunya :

$$\Delta t = t_{\text{maks}} - t_{\text{min}}$$



Keterangan :

Δt = selisih waktu

T_{maks} = waktu tertinggi

T_{min} = waktu terendah