



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Pemutus Tenaga (PMT)

Pemutus tenaga adalah alat yang terpasang pada gardu induk yang berfungsi untuk menghubungkan dan memutus arus beban atau arus gangguan. Syarat – syarat yang harus dipenuhi oleh suatu PMT agar dapat melakukan hal-hal diatas, adalah sebagai berikut:

1. Mampu menyalurkan arus maksimum system secara terus menerus.
2. Mampu memutuskan dan menutup jaringan dalam keadaan berbeban maupun terhubung singkat tanpa menimbulkan kerusakan pada pemutus tenaga itu sendiri.
3. Dapat memutuskan arus hubung singkat dengan kecepatan tinggi agar arus hubung singkat tidak sampai merusak peralatan system, membuat sistem kehilangan kestabilan, dan merusak pemutus tenaga itu sendiri.

Fungsi peralatan proteksi adalah untuk mengidentifikasi gangguan dan memisahkan bagian jaringan yang terganggu dari bagian lain yang masih sehat serta sekaligus mengamankan bagian yang masih sehat dari kerusakan atau kerugian yang lebih besar. Sistem Proteksi harus memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Sensitif yaitu mampu merasakan gangguan sekecil apapun.
2. Handal yaitu akan bekerja bila diperlukan (*dependability*) dan tidak akan bekerja bila tidak diperlukan (*security*).
3. Selektif yaitu mampu memisahkan jaringan yang terganggu saja.
4. Cepat yaitu mampu bekerja secepat - cepatnya.

Setiap PMT dirancang sesuai dengan tugas yang akan dipikulnya, ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam rancangan suatu PMT, yaitu :



1. Tegangan efektif tertinggi dan Frekuensi daya jaringan dimana pemutus daya itu akan dipasang. Nilainya tergantung pada jenis pentanahan titik netral sistem.
2. Arus maksimum continue yang akan dialirkan melalui pemutus daya. Nilai arus ini tergantung pada arus maksimum sumber daya atau arus nominal beban dimana pemutus daya tersebut terpasang.
3. Arus hubung singkat maksimum yang akan diputuskan pemutus daya tersebut.
4. Lamanya maksimum arus hubung singkat yang boleh berlangsung. Hal ini berhubungan dengan waktu pembukaan kontak yang dibutuhkan.
5. Jarak bebas antara bagian yang bertegangan tinggi dengan objek lain disekitarnya.
6. Jarak rambat arus bocor pada isolatornya.
7. Kekuatan dielektrik media isolator sela kontak.
8. Iklim dan ketinggian lokasi penempatan pemutus daya. [1]

2.2 Klasifikasi PMT Berdasarkan Besar / Kelas Tegangan

PMT dapat dibedakan menjadi 4, yaitu :

1. PMT tegangan rendah (low voltage)

Untuk jenis PMT tegangan rendah, kita tentunya sering menemukan jenis ini pada panel pembagi beban (Besaran yg efektif berkisar 15 A s/d 1500 A). Yang harus diperhatikan dalam jenis PMT ini adalah Tegangan efektif tertinggi dan frekuensi daya jaringan dimana pemutus daya itu akan dipasang. Nilainya tergantung pada jenis pentanahan titik netral sistem. Dan 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. PMT ini mempunyai range tegangan 0.1 s/d 1 kV (SPLN 1.1995 - 3.3). [2]



2. PMT tegangan menengah (Medium Voltage)

PMT tegangan menengah ini biasanya dipasang pada gardu induk, pada 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]

3. PMT tegangan tinggi (High Voltage)

Dengan range tegangan 35 s/d 245 kV (SPLN 1.1995 – 3.5). Klasifikasi PMT untuk tegangan tinggi berdasarkan media insulator dan material dielektriknya, adalah 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 Circuit 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. [2]

4. PMT tegangan extra tinggi (Extra High Voltage)

PMT jenis ini biasanya dipasang di GITET (Gardu Induk Ekstra Tinggi) yang sudah memiliki bermacam-macam peralatan canggih. Salah satunya Gas Circuit Breaker. (GCB). GCB merupakan pemutus tenaga yang menggunakan gas SF₆ sebagai bahan pemadam busur api. PMT ini



memiliki range tegangan lebih besar dari 245 kVAC (SPLN 1.1995 – 3.6). [5]

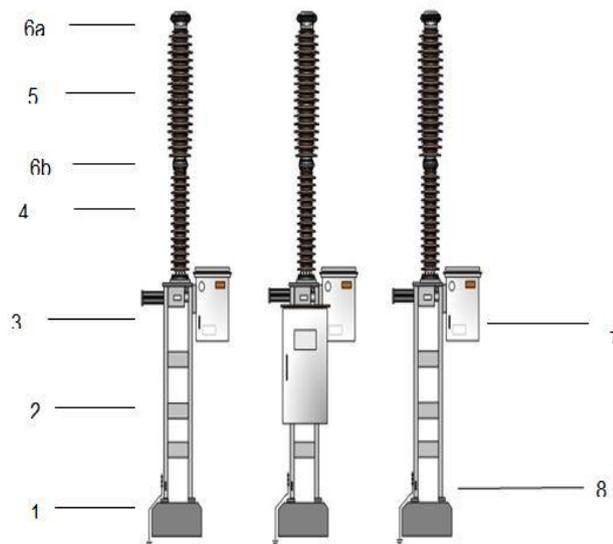
2.3 Klasifikasi PMT Berdasarkan Jumlah Mekanik dan Penggerak

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 2.1) ini mempunyai mekanik penggerak pada masing – masing pole, umumnya PMT jenis ini dipasang pada bay penghantar agar PMT bisa reclose satu fasa. [6]



Gambar 2.1. PMT Single Pole

Keterangan :

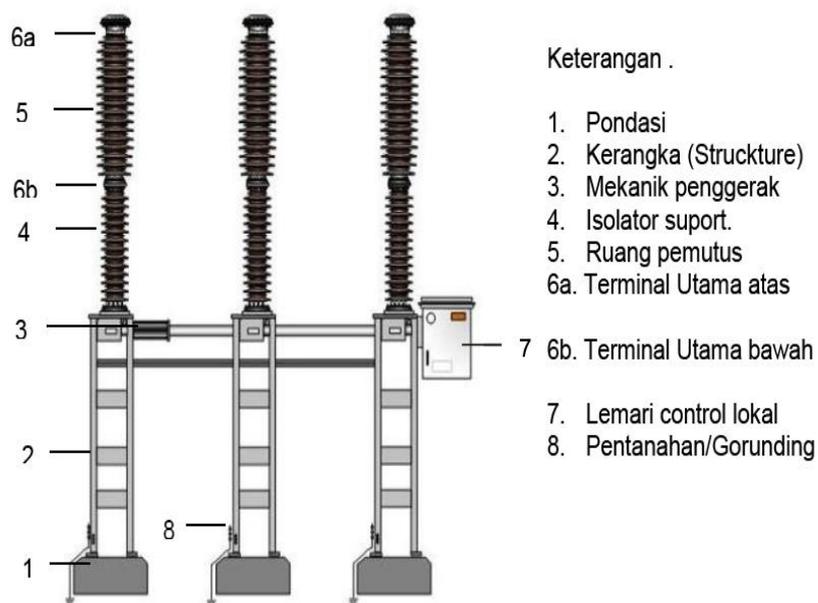
1. Pondasi
2. Kerangka (structure)
3. Mekanik penggerak



4. Isolator support
5. Ruang pemutus
6. a. Terminal utama atas
- b. Terminal utama bawah
7. Lemari control lokal
8. Pentanahan / grounding

2.3.2 PMT Three Pole

PMT three pole (Gambar 2.2) mempunyai satu mekanik penggerak untuk tiga fasa, guna menghubungkan fasa satu dengan fasa lainnya dilengkapi dengan kopel mekanik, umumnya PMT jenis ini dipasang pada bay trafo dan bay kopel serta PMT 20 kV untuk distribusi. [6]



Gambar 2.2. PMT Three Pole

2.4 Klasifikasi PMT Berdasarkan Media Isolasi

PMT memiliki beberapa media isolasi yaitu :

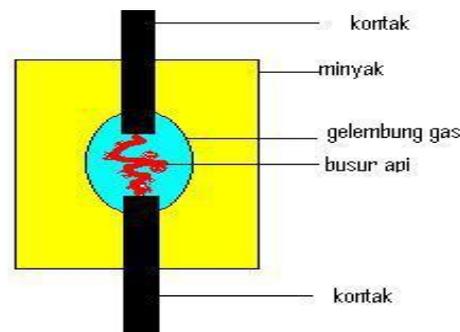
1. Pemutus Tenaga (PMT) Media Minyak



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

Sakelar 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 2.3.



Gambar 2.3. Pemadaman 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 system yang membutuhkan pemutusan arus yang cepat. Gambar 2.4 adalah oil circuit breaker yang ada pada gardu induk.



Gambar 2.4. Oil Circuit Breaker

Sakelar PMT minyak terbagi menjadi 2 jenis, yaitu :

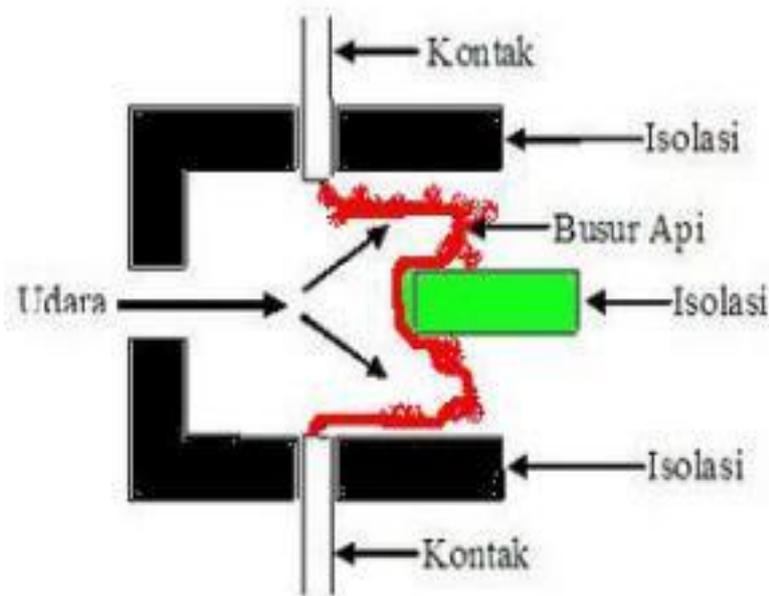
1. Sakelar PMT dengan banyak menggunakan minyak (Bulk Oil Circuit Breaker), pada tipe ini minyak berfungsi sebagai peredam loncatan bunga api listrik selama terjadi pemutusan kontak dan sebagai isolator antara bagian-bagian yang bertegangan dengan badan, jenis PMT ini juga ada yang dilengkapi dengan 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. [1]

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 2.5) dirancang untuk mengatasi kelemahan pada PMT minyak, yaitu dengan membuat



media isolator kontak dari bahan yang tidak mudah terbakar dan tidak menghalangi pemisahan kontak, sehingga pemisahan kontak dapat dilaksanakan dalam waktu yang sangat cepat. Saat busur api timbul, udara tekanan tinggi dihembuskan ke busur api 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. Pemadaman Busur Api Pada PMT Air Blast

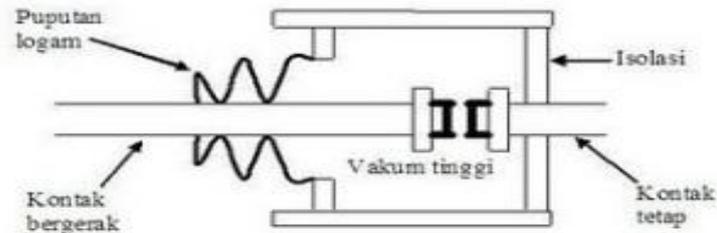
Kontak pemutus ditempatkan didalam isolator, dan juga katup hembusan udara. Pada sakelar PMT kapasitas kecil, isolator ini merupakan satu kesatuan dengan PMT, tetapi untuk kapasitas besar tidak demikian halnya. [1]

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 2.6), 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 2.6. Proses Pemadaman Busur Api Media Vakum

Jika kontak dibuka, maka pada katoda kontak terjadi emisithermis dan medan tegangan yang tinggi yang memproduksi electron - elektron bebas. Elektron hasil emisi ini bergerak menuju anoda, electron - elektron bebas ini tidak bertemu dengan molekul udara sehingga tidak terjadi prosesionisasi. Akibatnya, tidak ada penambahan electron bebas yang mengawali pembentukan busur api. Dengan kata lain, busur api dapat dipadamkan. Gambar 2.7 adalah vacum circuit breaker. [1]



Gambar 2.7. Vacum 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 gas SF₆ (*Sulphur hexafluoride*) (Gambar 2,8). 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. Sebagai isolasi listrik, gasSF₆ 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 2.8 adalah SF₆ circuit breaker yang ada pada gardu induk.

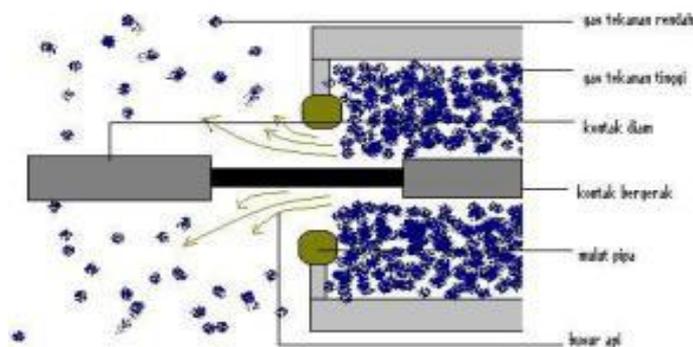


Gambar 2.8. SF₆ Circuit Breaker

Selama 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 SF_6 pada suhu lingkungan. Gambar 2.9 adalah proses pemadaman busur api pada SF_6 .



Gambar 2.9. Proses Pemadaman Busur Api Pada SF_6

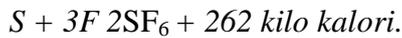
Sakelar PMT SF_6 terdiri dari 2 tipe, yaitu:

1. PMT Tipe Tekanan Tunggal (Single Pressure Type), PMT SF_6 tipe ini diisi dengan gas SF_6 dengan tekanan kira - kira 5 Kg/cm^2 . Selama pemisahan kontak - kontak, gas SF_6 ditekan kedalam suatu tabung yang menempel pada kontak bergerak. Pada waktu pemutusan kontak terjadi, gas SF_6 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 SF_6 kurang lebih 12 Kg/cm^2 dan pada sistem gas tekanan rendah, tekanan gas SF_6 kurang lebih 2 kg/cm^2 . Gas pada sistem tekanan rendah kemudian dipompakan kembali ke sistem tekanan tinggi.

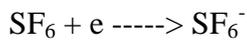


Penggunaan Gas Sulphur Hexa Fluorida (SF₆)

Sulphur Hexa Fluorida (SF₆) merupakan suatu gas bentukan antara unsur *sulphur* dengan *fluor* dengan reaksi eksotermis:



Gas sulfur heksafluorida (SF₆) memiliki kekuatan isolasi yang tinggi disebabkan memiliki afinita (*affinity*) untuk electron, yaitu bilamana suatu electron bebas bertubrukan dengan molekul gas netral guna membentuk ion negatif, electron akan diserap oleh molekul gas netral. Melekatnya electron dengan molekul gas netral itu dapat terjadi dengan dua cara :



Ion - ion negative yang terbentuk relative lebih berat bilamana dibanding dengan electron bebas, dan karenanya, didalam suatu medan listrik tertentu, ion-ion itu tidak memiliki jumlah energy yang cukup guna mengawali suatu ionisasi kumulatif didalam gas. Hal ini merupakan suatu cara yang efektif guna menyingkirkan elektron-elektron dari ruangan, yang mungkin akan dapat menyebabkan terjadinya suatu banjir elektron. Sifat ini memberikan suatu kekuatan dielektrik yang tinggi kepada SF₆.

Gas ini tidak hanya memiliki kekuatan dielektrik yang baik, akan tetapi juga mempunyai sifat khas untuk dapat cepat melakukan rekombinasi setelah sumber energy mata api dihilangkan. Ciri ini membuat SF₆ sangat efektif dalam memadamkan busur api. Gas SF₆ adalah kira-kira seratus kali lebih efektif daripada udara dalam memadamkan busur api. Gas SF₆ juga memiliki sifat baik dalam pemindahan panas, karena berat molekulnya yang tinggi dan viskositas gas yang rendah menyebabkan gas ini dapat dengan baik memindahkan panas dengan konveksi dari terbanyak gas lainnya. Konstanta termal SF₆ rendah, hal ini menyebabkan tekanan penyimpanan maupun tekanan pemakaian gas ini dapat lebih rendah daripada udara.

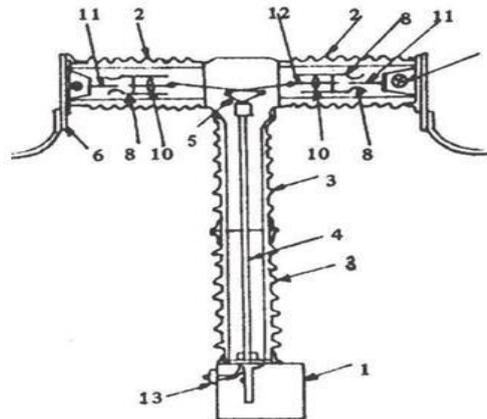
Gas SF₆ merupakan gas terberat yang mempunyai massa jenis 6.139 kg /



m³ yaitu sekitar 5 kali berat udara pada suhu 0⁰ celcius dan tekanan 1 atmosfer. Sifat gas SF₆ murni adalah tidak berbau, tidak berwarna, tidak beracun, tidak mudah terbakar, sifat tidak merusak metal, plastic dan bermacam-macam bahan yang umumnya digunakan dalam pemutus tenaga tegangan tinggi. [1]

Keunggulan PMT Gas SF₆, sementara itu, keunggulan PMT gas SF₆ dilihat dari keuntungan sifat - sifat dari gas SF₆ di atas 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 adalah 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 bunga 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 akan naik selama operasi pemutusan dan dengan adanya hal ini busur api akan dipadamkan pada saat nilai arusnya rendah.
8. Selain itu PMT jenis ini simpel (tidak makan tempat). Gambar 2.10 adalah PMT Satu Katup 245 kV dengan Gas SF₆.



Gambar 2.10. PMT Satu Katup 245 kV dengan Gas SF₆

Keterangan :

1. Mekanisme penggerak (operating mechanism).
2. Pemutus (interrupter).
3. Isolator penyangga dari porselen rongga (hollow support insulator porcelen).
4. Batang penggerak berisolasi glass Fibre (Fibre Glass Insulating Operating Rod).
5. Penyambung diantara no.4 dan no.12 (link ages).
6. Terminal - terminal.
7. Saringan (filters).
8. Silinder bergerak (movable cylinder).
9. Torak tetap (fixed piston).
10. Kontak tetap (fixed contact).



2.5 Proses Terjadinya Busur Api

Pada waktu pemutusan atau penghubungan suatu rangkaian system tenaga listrik maka pada PMT akan terjadi busur api, hal tersebut terjadi karena pada 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 – electron 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 electron 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 thermos semakin meningkat. Jika kontak terbuat dari bahan yang titik leburnya rendah, missal tembaga, ion positif akan menimbulkan emisi medan tinggi. Hasil emisi thermos 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 - usaha yang dapat menimbulkan proses deionisasi, antara lain dengan cara sebagai berikut:

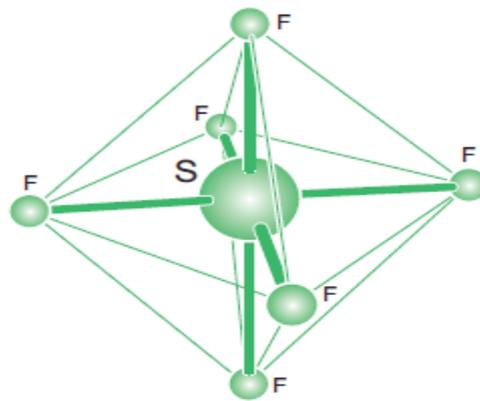
1. Meniupkan udara ke sela kontak, sehingga partikel-partikel hasil ionisasi dijauhkan dari sela kontak.



2. Menyemburkan minyak isolasi ke busur api untuk member 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 electron - elektron bebas tertangkap oleh molekul netral gas tersebut.

Jika pengurangan 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. [7]

2.6 Sifat Gas SF₆



Gambar. 2.11. Sifat Gas SF₆

Sulfur hexafluoride (SF₆) sifat gas SF₆ (Gambar 2.11) adalah non inflammable, sangat stabil tidak beracun, lima kali lebih berat dari pada udara. Kekuatan dielektrik yang jauh lebih tinggi dari udara pada tekanan atmosfer.



2.6.1 Gas Untuk Pemutusan

SF₆ adalah gas untuk pemutusan, menggabungkan sifat terbaik :

1. Kapasitas tinggi untuk membawa pergi panas yang dihasilkan oleh busur.
2. Yang terakhir ini dengan cepat didinginkan oleh konveksi selama periode lengkung.
3. Konduksi termal yang tinggi radial dan kapasitas menangkap elektron tinggi

Ketika arus melewati nol, busur api dipadamkan oleh kombinasi dari dua fenomena, yaitu :

1. SF₆ memungkinkan pertukaran panas cepat dari pusat busur ke arah luar.
2. Atom fluorine, yang sangat elektronegatif, bertindak sebagai "perangkap" bagi elektron.

Karena elektron yang terutama bertanggung jawab untuk konduksi listrik dalam gas, kesenjangan antara kontak pulih kekuatan dielektrik awal karena adanya fenomena penangkapan electron pada posisi nol.

Dekomposisi molekul SF₆ adalah reversible. Dimana massa yang sama dari gas itu selalu tersedia, dan membuat perangkat sendiri berkelanjutan sepanjang masa operasinya. [8]

2.7 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) dengan media gas SF₆ biasanya sesuai dengan petunjuk pabriknya, 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 [9]

2.8 Peraturan dan Ketentuan Pengujian Pemutus Tenaga

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

2.8.1 Pengukuran Tahanan Isolasi

Pengukuran tahanan isolasi pemutus tenaga (PMT) ialah proses pengukuran dengan suatu alat ukur *Insulation Tester (megger)* 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.

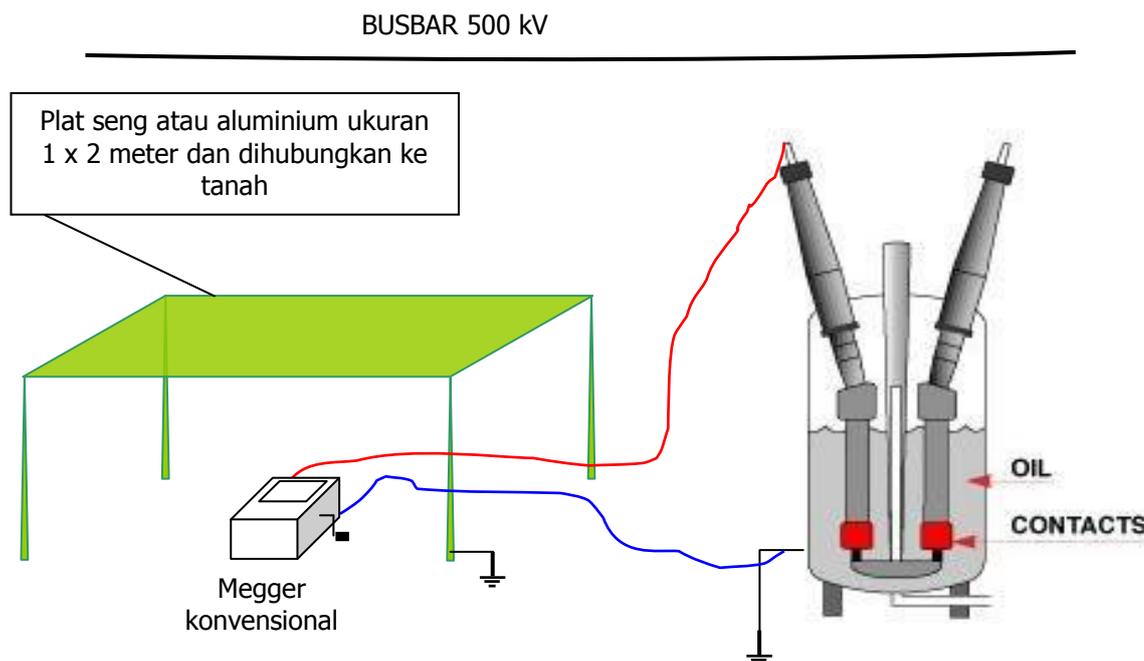
Hal yang bisa mengakibatkan kerusakan alat ukur adalah bilamana alat ukur tersebut dipakai untuk mengukur obyek pada lokasi yang tegangan induksi listrik di sekitarnya sangat tinggi atau masih adanya muatan residual pada belitan atau kabel. Langkah untuk menetralkan tegangan induksi maupun muatan residual adalah dengan menghubungkan bagian tersebut ke tanah beberapa saat sehingga induksinya hilang. [10]

Untuk mengamankan alat ukur terhadap pengaruh tegangan induksi maka peralatan tersebut perlu dilindungi dengan *Sangkar Faraday* (lihat gambar 2.12)



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. [2]



Gambar 2.12 Pengukuran tahanan isolasi menggunakan sangkar Faraday

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 " $1 \text{ kilo Volt} = 1 \text{ M}\Omega$ (Mega Ohm) ". Dengan catatan $1 \text{ kV} =$ besarnya tegangan fasa terhadap tanah, kebocoran arus yang diijinkan setiap $\text{kV} = 1 \text{ mA}$.

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). [11]



2.8.2 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. [11]

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

$$E = I \cdot R \dots\dots\dots (1)$$

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

$$W = I^2 \cdot R \dots\dots\dots (2)$$

$$W = 10.000 \text{ watts}$$

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 pemeliharaan tahanan kontak sangat diperlukan sehingga nilainya memenuhi syarat nilai tahanan kontak. [2]

Nilai tahanan kontak PMT yang normal (acuan awal) harus disesuaikan dengan petunjuk / manual dari masing – masing pabrikan PMT (dikarenakan nilai



ini dapat berbeda antar merk), sebagai contoh adalah sebagai berikut :

- standard G.E. $\leq 100 - 350 \mu\Omega$
- standard ASEA $\leq 45 \mu\Omega$
- standard MG $\leq 35 \mu\Omega$
- standard PLN (apabila tdk tercantum di nameplate) $\leq 100 \mu\Omega$ (sesuai dengan P3B O&M PMT/001.01). [11]

2.8.3 Pengukuran Keserempakan (Breaker Analyzer)

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* relai yang memberikan order trip kepada ketiga PMT pahasa R,S,T.

Hal yang sama juga untuk proses menutup PMT maka yang tipe *single pole* ataupun *three pole* harus menutup secara serentak pada fasa R,S,T, kalau tidak maka dapat menjadi suatu gangguan didalam system tenaga listrik dan menyebabkan system proteksi bekerja.

Pada waktu PMT trip akibat terjadi suatu gangguan pada system 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



Politeknik Negeri Sriwijaya

detik dan *SPLN No 52-1 1984* untuk system 150 kV = 120 milli detik, dan final draft *Grid Code 2002* untuk system 500 kV = 90 milli detik dapat terpenuhi. [2]