

Gas SF₆ (*Sulfur Hexa Fluorida*) Sebagai Pemadam Busur Api Pada Pemutus Tenaga (PMT) Di Saluran Transmisi Tegangan Tinggi

Iman Setiono

*Program Studi Teknik Elektro, Departemen Teknologi Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto SH, Tembalang, Semarang, Indonesia, 50275
Email : imansetionoms@gmail.com*

Abstrak

Keberadaan Pemutus Tenaga (PMT) pada saluran transmisi mutlak diperlukan, karena untuk menyalurkan dan memutuskan sistem penyaluran tenaga listrik dari pusat pembangkitan sampai ke konsumen harus bisa di atur dengan menggunakan PMT ini. PMT adalah sebuah alat yang berfungsi untuk memutus-hubungkan aliran listrik yang melalui saluran transmisi tegangan tinggi. Karena faktor tegangan tinggi, yaitu untuk Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) adalah 150 KV dan untuk Saluran Udara Tegangan Extra Tinggi (SUTET) adalah 500 KV, maka setiap kali menghubungkan dan memutuskan kontak di dalam PMT gesekan pada kontak-kontak tersebut yang terbuat dari logam. Akibat dari gesekan ini akan muncul bunga api yang sangat berbahaya dapat menimbulkan kebakaran dan kerusakan peralatan. Untuk memadamkan bunga api ini, maka di gunakan gas SF₆ yang bersifat isolator, sehingga bunga api padam dan dapat mencegah terjadinya kebakaran dan kerusakan peralatan.

Kata kunci : Bunga api, Gas SF₆, Pemutus tenaga, Tegangan tinggi.

Abstract

Gas SF₆ (Hexa Fluoride Sulfur) As Fire Extinguisher On Power Breaker (PMT) On High Voltage Transmission Channel

The existence of Power Circuit breaker (PMT) in the transmission line is absolutely necessary, because to channel and decide the system of electricity distribution from the power station to the consumer must be managed by using this PMT. PMT is a device that serves to break-up the electricity supply through high voltage transmission lines. Due to the high voltage factor, that is for High Voltage transmission line (SUTT) is 150 KV and for Extra High Voltage Transmission line (SUTET) is 500 KV, then every time connect and disconnect the contact inside the friction PMT on those contacts made from metal. As a result of this friction will appear very dangerous sparks can cause fire and equipment damage. To extinguish this spark, then in use SF₆ gas that is an isolator, so the sparks out and can prevent the occurrence of fire and equipment damage.

Keywords: Spark, Gas SF₆, Power Circuit breaker, High Voltage.

PENDAHULUAN

Pemutus tenaga listrik (PMT) adalah peralatan yang lazim terdapat pada gardu induk tegangan tinggi. Peranan PMT ini sangat penting karena berfungsi untuk memutus hubungan

rangkaian penyaluran daya listrik dari pusat pembangkitan ke konsumen serta sekaligus sebagai bagian dari sistem proteksi. Berbagai jenis PMT dilihat dari sisi peredam busur apinya ada empat dan salah satunya adalah yang menggunakan gas SF₆. Peran peredam busur api

sangat penting karena tanpa peredam, maka busur api yang timbul sebagai akibat dari adanya tegangan tinggi akan merusak sistem, oleh karena itu mempelajari dan memahami PMT dengan peredam ini, sangat diperlukan bagi para pembaca yang berkecimpung didunia kelistrikan.

Keandalan sistem penyaluran tenaga listrik yang diharapkan, ternyata belum sepenuhnya dapat dipenuhi. Berbagai faktor sangat mempengaruhi kelangsungan penyaluran tenaga listrik ini, baik faktor alam maupun teknis lainnya. Hal ini dapat dimengerti karena sistem penyaluran tenaga listrik yang selama ini diterapkan di Indonesia masih kebanyakan menggunakan sistem saluran udara, sehingga kerawanan banyak terjadi yang menyebabkan terganggunya penyaluran tenaga listrik tersebut.

GAS SF6

Gas SF6 merupakan salah satu media isolasi yang baik, dapat berfungsi sebagai penyekat antara bagian bertegangan dengan ground hanya dengan jarak yang sangat pendek jika di bandingkan dengan isolasi udara. Selain itu jika terjadi percikan api / busur api pada peralatan yang di isolasi gas SF6, maka gas tersebut akan berfungsi sebagai pemadam busur api, sehingga tidak terjadi kerusakan yang lebih parah pada peralatan tersebut. (Adieliveline,2013).

Sifat-sifat Fisik

SF6 yang murni adalah tidak berwarna, tidak berbau, tidak beracun dan tidak mudah tercampur. Berat jenis SF6 pada temperatur 200C dan pada tekanan 760 mmHg adalah 6,135 kg/m³. Jika dibandingkan dengan berat jenis udara adalah lima kalinya.

Gas ini akan mencair pada temperatur yang rendah, temperatur pencairan bergantung pada tekanan yang diberikan. Pada temperatur 100C dan tekanan 15 atm, gas akan mencair. Jika tekanan gas ini tinggi, temperatur pencairan tinggi. Biasanya tekanan yang digunakan pada pemutus tenaga tegangan menengah adalah 7 bar (kopling galvanic/cm²). Dengan tekanan sebesar itu, kekuatan dielektrik menjadi besar sehingga dapat menahan tegangan transien yang terjadi pada waktu pembukaan kontak-kontaknya.

Sifat-sifat Dielektrik SF6

Kekuatan dielektrik SF6 adalah 5 kali kekuatan dielektrik udara pada tekanan beberapa atmosphere. Kekuatan dielektrik unsur gas ini akan bertambah besar menurut tekanannya.

Sifat-sifat Kimiawi SF6

Di dalam sebuah molekul SF6, atom sulfurnya terdapat pada daerah valensi tertinggi dari daerah valensi molekulnya. Sedangkan keenam ikatan molekulnya ialah kovalen, yang mana ini merupakan kelebihan dari molekul ini yang stabil. Susunan molekul dari SF6 merupakan bidang delapan yang pada keenam sudutnya ditempati atom fluoride.

SF6 adalah gas yang tidak mempunyai sifat kimia yang aktif sampai di atas 1500C dan tidak akan merusak logam, plastik dan bahan lain yang biasa digunakan pada komponen pemutus tenaga. Hal ini dapat dibuktikan dengan memanaskan gas tersebut sampai 5000C tanpa terjadi penguraian. Pada temperatur tinggi yang disebabkan oleh busur api listrik, gas akan terurai dalam beberapa unsur, yaitu SF2 dan SF4 dalam jumlah yang kecil dan unsur-unsur S2, F2, S, F. Bila unsur SF2 ini bereaksi dengan air, akan membentuk unsur hydrogen fluoride yang mempunyai sifat korosif terhadap porcelain. Semua unsur yang terurai akan berkombinasi kembali menjadi unsur SF6 seperti semula setelah temperaturnya turun. Unsur SF6 yang murni terdiri dari 21,95% sulfur dan 78,05% fluoride. Atom fluoride mempunyai sifat elektronegatif, dan ini berfungsi untuk menangkap elektron bebas ke bentuk muatan ion yang negatif, yang tidak dapat digunakan sebagai pembawa arus. Sifat elektronegatif ini menyebabkan waktu pembusuran pendek, kekuatan dielektrik dengan cepat dapat terbentuk. Kestabilan yang tinggi dari gas ini disebabkan enam ikatan kovalen dari molekul-molekulnya. Di samping itu, ikatan ini berada diantara atom sulfur, sedangkan enam atom fluoride membentuk suatu bangun octahedron. Karena unsur SF6 tidak mempunyai sifat kimia yang aktif, maka akan sangat menguntungkan bila dipakai pada pemutus tenaga tegangan menengah. Bagian-bagian logam dan kontak-kontak yang dialiri arus dalam unsur SF6 tidak akan rusak.

Unsur-unsur kimia dalam gas SF 6

Unsur-unsur kimia yang terkandung dan tingkat kemurnian pada Gas SF6 antara lain adalah :

1. Carbon tetrafluoride (CF4) 0,03%
2. Oxygen + nitrogen (air) 0,03
3. Water 15ppmM SF6 : 99,9%
4. CO2 traces
5. HF 0,3ppmM

PMT (PEMUTUS TENAGA)

PMT (Pemutus Tenaga) adalah suatu peralatan pemutus rangkaian listrik pada suatu sistem

Penyaluran tenaga listrik, yang dapat membuka dan menutup pada kondisi berbeban dan hubung singkat, juga kondisi tegangan normal maupun tidak normal.

Syarat yang harus dipenuhi oleh PMT antara lain :

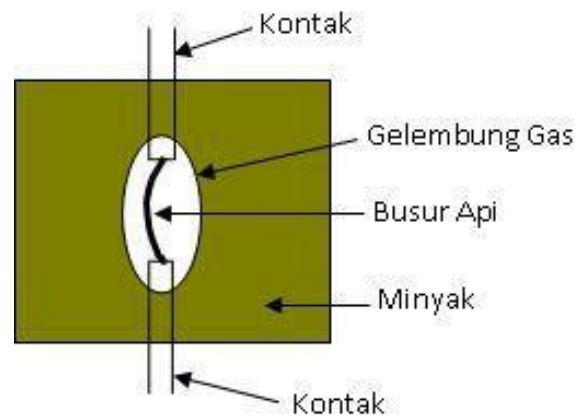
1. Mampu menyalurkan arus maksimum sistem secara terus menerus
2. Mampu memutuskan dan menutup jaringan dalam keadaan berbeban maupun hubung singkat tanpa menimbulkan kerusakan.
3. Dapat memutuskan arus hubung singkat dengan kecepatan tinggi agar arus hubung singkat tidak sampai merusak peralatan sistem.

Klasifikasi PMT

Klasifikasi PMT berdasarkan media insulator dan material dielektriknya, dibagi menjadi empat jenis yaitu

PMT minyak

PMT minyak digunakan untuk besaran arus sampai dengan 10 KA pada tegangan 500 KV. Pada saat terjadi pemutusan kontak, busur api akan terjadi dalam minyak, akibatnya minyak akan menguap dan timbul gelembung gas yang menyelubungi busur api. Akibat panas dari busur api minyak mengalami dekomposisi dan menghasilkan gas Hydrogen yang bersifat menghambat produksi ion. Oleh karena itu, pemadaman busur api tergantung pada pemanjangan dan pendinginan busur api dan juga pada jenis gas hasil dekomposisi minyak.



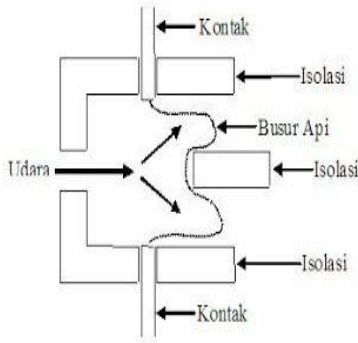
Gambar 1. Pemadaman busur api pada pemutus daya minyak

Gas yang timbul karena dekomposisi minyak menimbulkan tekanan terhadap minyak, sehingga minyak terdorong ke bawah 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.

PMT udara hembus

PMT dengan udara hembus, adalah PMT yang dilengkapi dengan penghembus udara, yang digunakan untuk menghembus busur api, sampai busur api padam, sehingga tidak menyebabkan kerusakan. PMT udara hembus dapat digunakan untuk memutus arus sampai dengan 40 KA dan pada tangkaian bertegangan 765 KV, PMT udara hembus dirancang untuk mengatasi kelemahan 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 melalui nozle 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).

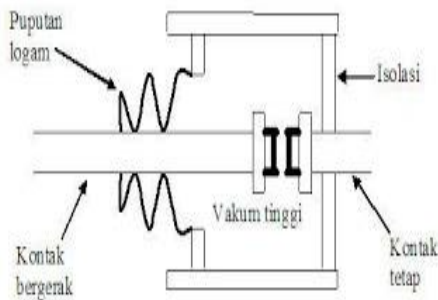


Gambar 2. Pemadaman busur api pada pemutus daya udara hembus

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 besartidakdemikianhalnya.

PMT vakum

PMT Vakum adalah PMT yang dilengkapi dengan penghisap busur api. Prinsip kerjanya apabila terjadi busur api, maka busur api akan terhisap oleh lata vakum tersebut, sehingga busur api tidak menyebabkan kerusakan. PMT Vakum dapat digunakan sampai tegangan 38 KV, dimana kontak ditempatkan pada suatu biik vakum. Untuk mencagah udara masuk ke dalam bilik , maka bilik ini harus ditutup rapat dan kontak Bergeraknya diikat ketat dengan perapat logam.



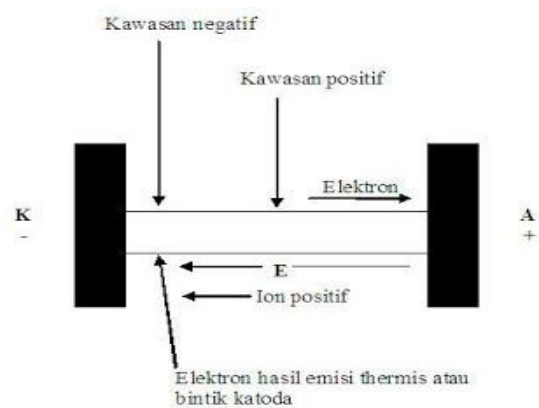
Gambar 3. Kontak pemutus daya vakum

PMT dengan gas SF6

PMT dengan media isolasi Gas dapat digunakan untuk memutus arus sampai 40 kA pada rangkaian bertegangan sampai 765 kV. 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, plastik dan bermacam bahan yang umumnya digunakan dalam pemutus tenaga tegangan tinggi. Sifat lain dari gas SF6 adalah mampu mengembalikan kekuatan dielektrik dengan cepat, tidak terjadi karbon selama terjadi busur api dan tidak menimbulkan bunyi pada saat pemutus tenaga menutup atau membuka. (Yulistiawan et al., 2012).

Proses Terjadinya Busur Api

Pada waktu terjadi pemutusan atau penghubungan suatu rangkaian sistem penyaluran tenaga listrik maka akan terjadi gesekan antara kontak-kontak yang akan lepas atau berhubungan. Akibat adanya beda tegangan antara kontak-kontak tersebut, maka akan menimbulkan medan listrik. terlebih lagi karena beda tegangan yang tinggi, sehingga munculah busur api. Terjadinya busur api, diperlihatkan pada gambar 4.



Gambar 4. Terjadinya busur api

Arus yang sebelumnya mengalir pada kontak akan memanaskan kontak dan menghasilkan emisi thermis 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 di kawasan positif, benturan-benturan ini akan menimbulkan proses ionisasi di kawasan 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. Kion positif yang tiba di kontak 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, misalnya tembaga, ion positif akan menimbulkan emisi medan yang 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. Jika pengurangan partikel bermuatan karena proses deionisasi lebih banyak daripada penambahan muatan karena proses ionisasi, maka busur api akan padam. Ketika busur api padam, di sela kontak akan tetap ada terpaan medan elektrik. Jika suatu saat terjadi terpaan medan elektrik yang lebih besar daripada kekuatan dielektrik media isolasi kontak, maka busur api akan terjalagi (Guntoro, 2013).

Cara kerja pemutus tenaga (PMT) dengan media Gas SF6.

Gas SF6 memiliki sifat tidak berwarna, tidak berbau, tidak beracun dan tidak mudah terbakar. Pada temperatur diatas 150° C gas SF6 mempunyai sifat tidak merusak metal, plastik dan bermacam-macam bahan yang umumnya digunakan dalam pemutus tenaga tegangan tinggi. Sebagai isolasi listrik, gas SF6 mempunyai kekuatan dielektrik yang tinggi (2 - 3 kali dari udara) dan kekuatan dielektrik ini bertambah dengan pertambahan tekanan. Sifat lain dari gas SF6 ialah mampu mengembalikan kekuatan

dielektrik dengan cepat, setelah arus bunga api listrik melalui titik nol. Pada PMT tipe tekanan tunggal, diisi gas SF6 dengan tekanan kira-kira 5 Kg/cm². Selama pemisahan kontak-kontak, gas SF6 ditekan kedalam suatu tabung atau silinder yang menempel pada kontak bergerak. Pada waktu pemutusan gas SF6 ditekan melalui nozzle dan tiupan ini yang memadamkan busur api. Pada tipe tekanan ganda, gas dari sistem tekanan tinggi dialirkan melalui nozzle ke gas sistem tekanan rendah selama pemadaman busur api. Pada tipe tekanan tinggi tekanan gas kurang lebih 12 Kg/cm dan pada sistem gas tekanan rendah tekanan gas kurang tekanan tinggi. (Burhanulloh, 2017)

DAMPAK GAS SF6

Terhadap Manusia

- Pencemaran Gas SF6 adalah mengandung racun yang berakibat pada kulit, mata dan dapat merusak selaput lendir dan bila terpegang lama akan mengganggu pangkal tenggorokan dan gangguan paru-paru, hati dan peredaran napas terhenti seperti pingsan.
- Dengan suatu konsentrasi SF6 melebihi 35% volume dalam udara itu berbahaya dan dapat berakibat mati lemas kekurangan Oksigen

Terhadap Peralatan

Dalam kurun waktu yang tertentu akan terjadi pengapuran pada Kontak-kontak metalik dan terjadi pegumpalan berupa serbuk.

KELEBIHAN DAN KEKURANGAN GAS SF 6

Kelebihan :

1. Pengurangan sejumlah pemutus dalam hubungan seri per fasa pada rating tegangan yang digunakan.
2. Karena waktu durasi yang pendek dari busur api, maka bunga api kontak yang terjadi dibatasi meskipun untuk arus hubung singkat yang sangat tinggi.
3. Hasil busur api yang kebanyakan terdiri dari serbuk dengan sifat isolasi yang baik dapat dipindahkan saat perbaikan.
4. Gas blast tidak di-discharge (pelepasan muatan) ke atmosfer sehingga saat bekerja akan lebih tenang jika dibandingkan dengan Air Blast Breaker.

5. Memiliki sifat kimia yang lamban, stabil, tidak mudah terbakar dan tidak beracun.
6. Pemutus dari gas SF₆ mempunyai dimensi yang lebih jika dibandingkan dengan Air Blast Breaker.

Kekurangan :

1. Relatif lebih mahal dari segi pembiayaan.
2. Walaupun dalam jumlah yang kecil, apabila terjadi kerusakan maka membutuhkan waktu yang lama untuk perbaikan
3. Gas SF₆ harus dipompa ke dalam tabung penyimpan apabila ada penelitian dan maintenance.
4. Karena titik lelehnya sangat rendah yaitu 100 Celcius dan tekanan 1,520 kN/m², maka perlu dipakai alat pengukur suhu untuk pengontrolan (Elvansyah, 2016)

KESIMPULAN

Dengan pembahasan mengenai Gas SF₆ di atas, maka penulis dapat menyimpulkan beberapa kesimpulan, diantaranya :

1. Gas SF₆ merupakan bahan yang sangat baik untuk di gunakan pada peralatan tegangan tinggi karena gas SF₆ memiliki kekuatan dielektrik 2 ½ sampai 3 kali dibanding udara.
2. Pada peralatan tegangan tinggi jika terjadi busur api maka gas SF₆ dapat memadamkan busur api tersebut untuk menghindari kerusakan yang lebih parah.
3. Meskipun gas SF₆ tidak berbau, berasa, dan berwarna, apabila gas tersebut lepas di udara bebas maka akan berbahaya bagi manusia, oleh karena itu gas SF₆ jangan sampai tercemar/bocor ke udara bebas.

4. Untuk Decomposition Product yang dari penggunaan gas SF₆ yang mengakibatkan berkurangnya kemurnian gas tersebut, sehingga berpotensi untuk berkurangnya kemampuan isolasi tegangan terhadap ground, maka dapat di lakukan penyaringan pada gas tersebut, untuk mengembalikan kondisi kemurnian gas SF₆ pada kondisi prima dan siap digunakan kembali pada peralatan tegangan tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adieliveline. 2013. Gas Insulated Switchgear SF₆. <https://adieliveline.wordpress.com/2013/10/07/gas-insulated-switchgear-sf6>, diunduh :20 Januari 2017, jam : 13.30 WIB.
- Burhanulloh. 2017. Cara kerja Pemutus Tenaga (PMT) dengan media gas SF₆ pada tegangan 500 KV di PT.PLN P3B Jawa Bali UPT Jakarta Timur. Jakarta : Universitas Gunadarma.
- Guntoro, H. 2013. Pemeliharaan PMT di Cikarang Listrindo. Jakarta : Universitas Mercu Buana.
- Elvansyah, M.R. 2016. Pemutus rangkaian yang menggunakan gas SF₆ sebagai sarana pemadam busur api. Banjarmasin:Politeknik Negeri Banjarmasin.
- PT. PLN. 1993. Buku Petunjuk Operasi & Pemeliharaan Peralatan Untuk Pemutus Tenaga. Jakarta : PT PLN Pembangkitan dan Penyaluran Jawa bagian barat.
- Yulistiawan, Hasan, B., Hasbullah. 2012. Gas SF₆ merupakan salah satu media isolasi yang baik, dapat sampai temperatur 500°C. *Electrans*, 11(2)