

**KAJIAN PERBANDINGAN SECARA TEKNIS DAN EKONOMIS
PENGUNAAN GAS CIRCUIT BREAKER DENGAN AIR BLAST CIRCUIT
BREAKER PADA TRANSFORMATOR 11/70 KV 16,2 MVA DI
PLTA SENGGURUH**

TUGAS AKHIR



**DISUSUN OLEH :
WEMY ANDRYANE PUTRA
08.52.005**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK D-III
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
JULI 2011**

**LEMBAR PERSETUJUAN
TUGAS AKHIR**

**KAJIAN PERBANDINGAN SECARA TEKNIS DAN EKONOMIS
PENGUNAAN GAS CIRCUIT BREAKER DENGAN AIR BLAST CIRCUIT
BREAKER PADA TRANSFORMATOR 11/70 KV 16,2 MVA DI
PLTA SENGGURUH**

**DISUSUN OLEH :
WEMY ANDRYANE PUTRA
08.52.005**



**Mengetahui,
Ketua Program Studi
Teknik Listrik D-III**
Ir. H. Taufik Hidayat, MT
NIP.Y. 1018700151

**Diperiksa dan Disetujui
Dosen Pembimbing**

Ir. H. Abdul Hamid, MT
NIP.Y. 1018800188

**PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK D-III
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
JULI 2011**



BNI (PERSERO) MALANG
BANK NASIONAL MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

BERITA ACARA UJIAN TUGAS AKHIR
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI


Nama Mahasiswa : Wemy Andryane Putra
NPM : 08.52.005
Program Studi : Teknik Listrik D-III
Judul Tugas Akhir : **Kajian Perbandingan Secara Teknis dan Ekonomis Penggunaan Gas Circuit Breaker Dengan Air Blast Circuit Breaker Pada Transformator 11/70 KV 16,2 MVA Di PLTA Sengguruh**

bertahankan dihadapan tim penguji Tugas Akhir jenjang Program Diploma Tiga (DIII)

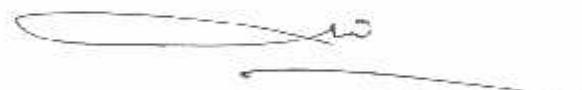
Tanggal : Kamis
Tanggal : 18 Agustus 2011
Tempat :
Waktu :

PANITIA UJIAN TUGAS AKHIR

Ketua



Ir. Taufik Hidayat, MT
NIP.Y. 1018700151

Sekretaris

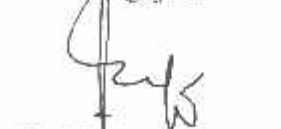

Bambang Prio H. ST, MT
NIP.Y. 1028400082

ANGGOTA PENGUJI

Penguji I


Ir. Choirul Saleh, MT
NIP.Y. 1018800190

Penguji II


Ir. Eko Nouercahyo
NIP.Y. 1028700172

"LEMBAR PERSEMBAHANKU"



Ya..AlIah maha pengasih dan penyayang aku panjatkan kepada-Mu, Puji syukur yang sedalam-dalamnya bagi pencipta & penguasa alam semesta ini, Karena Ridhlo-Mu lah,hambamu ini bisa menyelesaikan Tugas Akhir dengan hasil yang sangat memuaskan.

Terima kasihku kepada :

@ Keluarga Besarku,Alm ayahq Supriyoto & BundaQ Widayati tercinta, serta kakakQ Ratna Wulandari dan Melinda Duanawati selalu aku hormati& sayangi,yg memberikan suport do'a, semnagat & selalu memberikan kasih sayang,tuntunan,juga materi yang engkau berikan, Pemberian Mu takkan pernah bias Q lupakan

Terima kasih mY family Q..

@ Bapak Pembimbingku, terimakasih banyak bapak Hamid dan bapak Taufik selaku Kajor Teknik Listrik D-III, atas kelkhlasan waktu dan curahan bimbinganya, ilmu yang bapak berikan serta masukan dan saran 2 yang terbaik.. Para Penguji Bapak Eko & Bapak choirul Terimakasih telah menguji hasil Tugas Akhir & memberikan kelulusan...

"Terima Kasih"

@ Buat belahan jiwaku "Dewi Wulansari" (LONDHO) MOMOq yang telah membantu dalam proses pengerjaan tugas akhirq.Yang membantu dalam Proses penulisan maupun tata cara penulisan dan nasehatmu yang menuntunku, N juga kesetianMu menemaniQ selama pengerjaan TAq...

Terimakasih My Love,,,,,,,,,,,,,

@ Temen-temen jurusan Teknik Listrik D-III angkatan 2008 , yg berjuang bersama2 dalam meraih kesuksesan, thaks Bro... semoga kanangan qt bersama-sama tak kan pernah terlupakan,,

thank you friend-my friend,,,,,,,,

THaNkS FoR All,,,,

“MOTO”

“Hidup adalah perjuangan untuk mencapai kesuksesan dan pengorbanan untuk apa yang qt inginkan,,,”

“Jalani penuh kesabaran dan keiklasan,, bekerja keraslah kunci kesuksesan & ALLAH pasti memberikan yang terbaik buat kita,,,”

“Dan yakinlah kalau Qt bisa”

SeManGat,,,,!!!

Form : Wemy Andryane Putra

KATA PENGANTAR

Puji syukur yang sedalam-dalamnya kami panjatkan kehadiran Allah SWT karena rahmat dan hidayah dan petunjuk dari-Nya akhirnya Laporan Akhir ini dapat diselesaikan. Tanpa pertolongan dari-Nya tidak dapat kiranya semua berjalan dengan lancar.

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini digunakan untuk memenuhi persyaratan dalam mengikuti ujian akhir dan kelulusan Di Institut Teknologi Nasional Malang, Jurusan Teknik Listrik D-III.

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini tidak akan berhasil dengan baik tanpa adanya bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan hidayahnya sehingga dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Orang tua dan saudara-saudaraku yang telah memberikan dukungan moril dan materil.
3. Bapak Ir. Taufik Hidayat, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Listrik D III, Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Bapak Ir. Abdul Hamid, MT. selaku Dosen Pembimbing.
5. Seluruh dosen, staff, dan karyawan di Program Study Teknik Listrik D-III.
6. Seluruh pegawai dan karyawan pada PLTA Sengguruh
7. Semua pihak yang telah membantu pembuatan Laporan Tugas Akhir.
8. Rekan-rekan mahasiswa Program Study Teknik Listrik D-III

Penulis berusaha menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan sebaik mungkin. Namun sebagai manusia pasti tak luput dari kesalahan dan kekurangan. Untuk itu penulis minta maaf bila ada kekurangan maupun kesalahan yang mungkin ada. Penulis menyadari laporan ini masih jauh dari sempurna, saran dan kritik yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan agar dapat menghasilkan karya yang lebih baik di masa mendatang. Semoga laporan ini bermanfaat bagi penulis maupun pembaca sekalian.

Akhirnya, besar harapan kami bahwa karya ini akan banyak memberikan manfaat, baik bagi penulis maupun bagi para pembaca yang memanfaatkannya.

Malang, Juli 2011

Penulis

ABSTRAK

KAJIAN PERBANDINGAN SECARA TEKNIS DAN EKONOMIS PENGUANAAN GAS CIRCUIT BREAKER DENGAN AIR BLAST CIRCUIT BREAKER PADA TRANSFORMATOR 11/70 KV 16,2 MVA DI PLTA SENGGURUH

Oleh : Wemy Andryane Putra, Nim : 08.52.005
Jurusan Teknik Listrik D-III, Institut Teknologi Nasional Malang, Juli 2011.
Dosen Pembimbing : Ir. Abdul Hamid, MT.

PLTA merupakan salah satu pembangkit energi yang digunakan di Indonesia saat ini. Salah satu peralatan yang digunakan pada Pemutus Tenaga (PMT) yang berfungsi untuk memutus dan menghubungkan jaringan dalam keadaan berbeban. PMT yang digunakan oleh PLTA sengguruh adalah PMT dengan media isolasi SF6 dan media isolasi Udara hembus.

Kajian ini dilakukan di PLTA Sengguruh untuk mengetahui perbandingan secara teknis dan ekonomis antara PMT dengan media isolasi SF6 dengan media isolasi udara hembus. Berdasarkan hasil analisis, dari perhitungan jumlah trip maksimum didapatkn prediksi usia 296,3 tahun untuk Air Blast Circuit Breaker dan 17,3 tahun untuk Gas Circuit Breaker. Sedangkan untuk energy taktersalurkan Rp 8.184.207 Pada PMT Gas Circuit Breaker dan Rp 6.547.365 Pada PMT Air Blast Circuit Breaker.

Kata kunci: Gas Circuit Breaker. Air Blast Circuit Breaker. Transformator.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
BERITA ACARA.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	2
BAB II MEKANISME PEMUTUS TENAGA GAS CIRCUIT BREAKER (SF₆) DAN AIR BLAST CIRCUIT BREAKER.....	4
2.1 Umum.....	4
2.2 Fungsi PMT.....	5
2.3 Mekanisme Pembukaan dan Penutupan PMT.....	5
2.4 Proses Terjadinya Busur Api.....	7
2.5 Klasifikasi PMT.....	9
2.6 Gas Circuit Breaker (SF ₆).....	9

2.6.1 Kekuatan Dielektrik SF ₆	10
2.6.2 Elektron Negativitas.....	10
2.6.3 Karakteristik SF ₆	12
2.6.4 Fungsi SF ₆ pada PMT.....	16
2.6.5 Bagian- bagian Utama Gas Circuit Breaker (SF ₆).....	16
2.6.6 Fungsi Bagian-Bagian Utama.....	16
2.6.6.1 Ruang Pemutus Tenaga.....	16
2.6.6.2 Kontak – Kontak.....	17
2.6.6.3 Pengatur Busur Api.....	19
2.6.7 Bagian Penyangga.....	22
2.6.8 Mekanisme Penggerak.....	23
2.7 Prinsip Kerja PMT dengan Media Gas SF ₆	23
2.8 Sakelar PMT Udara Hembus (Air Blast Circuit Breaker).....	24
2.9 Fungsi bagian utama PMT.....	32
2.10 Tegangan Kerja PMT.....	44
2.10.1 Ketentuan PMT.....	44
2.10.2 Penggerak dalam PMT.....	45
2.11 Keuntungan dan kerugian penggunaan PMT gas SF ₆ dan udara hembus.....	46
2.12 Jumlah batas trip maksimum.....	50
2.13 Pemeliharaan PMT Air Blast Circuit Breaker dengan Gas Circuit Breaker.....	51
2.14 Kecepatan operasi.....	55

BAB III KAJIAN PENGGUNAAN GAS CIRCUIT BREAKER DAN AIR

BLAST CIRCUIT BREAKER DI PLTA SENGGURUH..... 56

3.1	System Kelistrikan.....	56
3.2	Data Peralatan.....	57
3.2.1.	Transformator Utama (Main Transformator).....	57
3.2.2.	Data Air Blast Circuit Breaker.....	58
3.2.3.	Data Gas Circuit Braeker.....	60
3.3	Umun.....	62
3.3.1	PMT Air Blast Circuit Breaker di PLTA Sengguruh.....	63
3.3.2	PMT Gas Circuit Breaker.....	63
3.4	Analisis Secara Teknis.....	63
3.4.1	Perhitungan Trip Maksimum PMT.....	63
3.4.1.1.	PMT Air Blast Circuit Breaker.....	63
3.4.1.2.	PMT Gas Circuit Breaker.....	65
3.5	Analisa Pemeliharaan.....	67
3.6	Analisa Secara Fisik.....	74
3.7	Analisa Secara Ekonomis.....	75
3.7.1	Pada kedua PMT terdapat perbedaan umur yang dapat menentukan segi ekonomis pada keduanya.....	75
3.7.2	Analisa dari energy tak tersalurkan akibat adanya Overhoul pada kedua PMT.....	75

BAB V KESIMPULAN 76

5.1	Segi Teknis.....	76
-----	------------------	----

5.2 Segi Ekonomis.....	76
5.3 Saran.....	77

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rangkaian trip PMT.....	6
Gambar 2.2 Proses pembentukan busur api.....	7
Gambar 2.3 Molekul sulphur hexa fluoride	13
Gambar 2.4 Kontak – kontak pada PMT dengan media SF ₆	18
Gambar 2.5 Urutan prinsip kerja pengatur busur api pada PMT dengan media gas SF ₆	20
Gambar 2.6 PMT dalam Keadaan Menutup.....	21
Gambar 2.7 PMT dalam Proses Pembukaan.....	22
Gambar 2.8 PMT dalam Keadaan Membuka.....	22
Gambar 2.9 Pemadaman busur api pada udara hembus.....	25
Gambar 2.10 PMT udara hembus tampak depan dan samping.....	26
Gambar 2.11 Ruangan pemadam busur api ganda pada PMT udara hembus.....	26
Gambar 2.12 Potongan PMT dengan menggunakan udara hembus (posisi mulai membuka).....	28
Gambar 2.13 Katub Kelembatan.....	31
Gambar 2.14 Diagram dasar system udara tekan.....	38
Gambar 2.15 Urutan prinsip kerja PMT dengan media udara hembus tipe “Y”.....	40
Gambar 2.16 Pengaruh intensitas radiasi kosmis terhadap tegangan tembus Ud50 pada celah bola.....	48
Gambar 2.17 Pengaruh radiasi UV terhadap tegangan tembus.....	49
Gambar 3.1 Single Line PLTA Sengguruh.....	56

Gambar 3.2 Transformator Utama 11/70 kV.....	57
Gambar 3.3 Air Blast Circuit Breaker 72 kV.....	58
Gambar 3.4 PMT Gas Circuit Breaker (SF ₆).....	60
Gambar 3.5 Hubungan trip maksimum dengan overhaul pada PMT Gas Circuit Breaker dan Air Blast Circui Breaker.....	68
Gambar 3.6 Grafik perbandingan energi listrik tak tersalurkan.....	70
Gambar 3.7 Hubungan energi tak tersalurkan dengan overhaul pada PMT Gas Circuit Breaker dan Air Blast Circuit Breaker.....	71
Gambar 3.8 Perbandingan prediksi usia pakai PMT GCB dan ABCB.....	73

DAFTAR TABEL

Table 2.1 Sifat beberapa Gas.....	14
Tabel 2.2 Pemeliharaan Pemutus Tenaga.....	53
Table 3.1. Jumlah trip maksimum PMT.....	67
Table 3.2. Prediksi trip maksimum karena penyusutan PMT.....	67
Table 3.3. Energi listrik tak tersalurkan.....	69
Table 3.4. Kenaikan energi tak tersalurkan disebabkan pelaksanaan overhaul.....	70
Table 3.5. Hasil analisis PMT Gas Circuit Breaker dan Air Blast Circuit Breaker berdasarkan parameter – parameter pembanding.....	74



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Suatu sistem pembangkit tenaga listrik pada dasarnya mempunyai tujuan untuk memenuhi tenaga listrik kepada konsumen dengan aman dan dapat diandalkan. Dengan perencanaan yang tepat diharapkan tenaga listrik dapat beroperasi dengan baik, setiap perencanaan juga memperhatikan keadaan normal. Kerusakan faktor dapat menimbulkan kerugian biaya investasi, kerugian biaya operasi dan terganggunya pelayanan.

Masalah dasar yang dihadapi oleh pembangkit listrik adalah bagaimana dapat mempertahankan kelangsungan hidup dari fasilitas peralatan mekanis maupun elektrisnya.

Agar sistem pembangkit tenaga listrik tidak rusak saat mengalami gangguan maka diperlukan sistem pengaman yang cukup memadai yang mampu menghilangkan atau melokalisir gangguan terhadap sistem yang diamankan dan dapat bekerja dengan cepat dan tepat.

Banyak peralatan elektromagnetis pada pusat pembangkit listrik tenaga air sehingga banyak pula jenis gangguan yang diamankan, maka pengaman yang digunakan juga mempunyai bermacam-macam tipe dan cara penentuan koordinasi. Dan disini penulis mengambil Kajian Perbandingan antara GCB dan ACB pada Trafo 11/70 kV 16.2 MVA di PLTA Sengguruh. Dengan cara perbandingan ini, maka PLTA dapat memilih dan menggunakan

system pengaman dengan benar dan tepat sesuai dengan kebutuhan masing-masing peralatan

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana mengetahui perbandingan GCB dengan ACB secara teknis dan ekonomis, mulai dari prinsip kerja, spesifikasi, maintenance manual dan SOP pemeliharaan.

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan ini lebih terarah sesuai dengan perumusan masalah maka pembahasan dibatasi pada GCB dan ACB pada Transformator 11/70 kV 16,2 MVA

Dari segi teknis :

- Dengan menghitung jumlah batas trip maksimum pada masing-masing PMT.
- Umur masing-masing PMT

Dari segi Ekonomis :

- Lama pemeliharaan dan menghitung kwh losses

1.4 Tujuan

Mengetahui perbandingan GCB dengan ACB secara teknis dan ekonomis yang layak di gunakan pada Transformator 11/70 kV 16,2 MVA

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan tugas akhir ini terdiri atas empat bab, yaitu :

BAB I, PENDAHULUAN, berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, sistematika pembahasan, dan penjelasan istilah yang ada di dalam laporan akhir ini.

BAB II. LANDASAN TEORI, yaitu untuk penulisan laporan akhir ini berdasar pada referensi – referensi yang digunakan untuk penentuan Perbandingan GCB dan ACB,

BAB III. KAJIAN, pembahasan dari data berdasar pada landasan teori dan tentang perbandingan pengaman GCB dan ACB

BAB IV. PENUTUP, merupakan kesimpulan dari penulisan laporan akhir dan saran untuk penulisan laporan akhir jika diinginkan pengembangan penulisan.

BAB II

MEKANISME PEMUTUS TENAGA GAS CIRCUIT BREAKER (SF₆) DAN AIR BLAST CIRCUIT BREAKER

2.1. Umum

Pemutus tenaga (PMT) atau circuit breaker (CB) adalah peralatan pemutus dan penghubung, mempunyai kemampuan memutus dan menghubungkan saluran dalam keadaan berbeban dan bertegangan. PMT terdiri dari sebuah kontak tetap dan kontak bergerak. Kontak-kontak tersebut dipisahkan dan dihubungkan dengan bantuan peralatan mekanis. PMT dapat dioperasikan baik secara local maupun secara remote. Secara remote, mekanisme kerja PMT dapat diatur atau dikontrol dari jarak jauh (*system remote*).

Pemisah kontak pada kondisi berbeban akan menimbulkan busur listrik. Busur listrik harus dipadamkan secepat mungkin oleh media pemadam busur listrik. Jenis media pemadam busur listrik menentukan jenis PMT, seperti media pemadam busur listrik yang berupa minyak isolasi (minyak dielektrik), udara tekan (bertekanan tinggi), udara hampa dan gas SF₆. Pada waktu PMT bekerja, baik membuka atau menutup system jaringan listrik harus diperhatikan dan diperhitungkan kontinuitas arus yang harus lebih kecil dari arus nominal PMT, untuk gangguan hubung singkat arus tidak boleh melebihi dari kapasitas hubung singkatnya.

2.2. Fungsi PMT

Suatu PMT memiliki dua fungsi yang mendasar yaitu :

1. Menghubungkan dan memutuskan arus dan daya pada kondisi normal untuk keperluan operasi maupun pemeliharaan
2. Memutuskan arus dan daya pada kondisi abnormal seperti pada saat terjadi gangguan hubung singkat.

Fungsi PMT pada poin pertama relative lebih sederhana karena hanya berhubungan dengan arus normal system, sedangkan fungsi PMT pada poin kedua lebih kompleks karena berhubungan dengan arus gangguan yang relative tinggi. Arus gangguan tersebut harus diputuskan dalam waktu sesingkat mungkin, arus tersebut juga dapat menyebabkan kerusakan peralatan maupun instalasi pembangkit jika tidak segera diputuskan dengan segera.

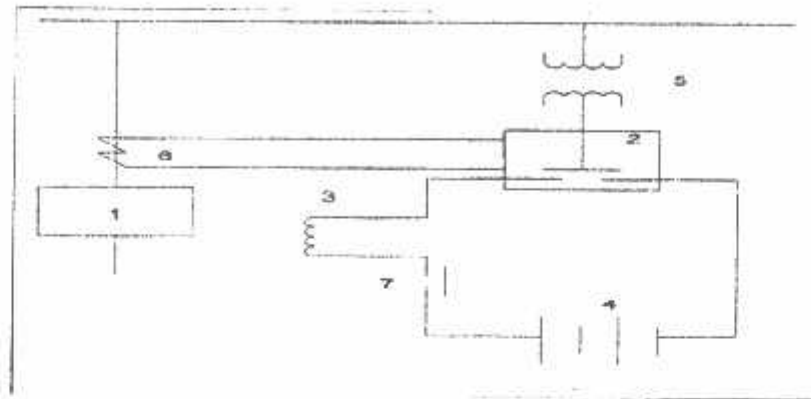
2.3. Mekanisme Pembukaan dan Penutupan PMT

Mekanisme pembukaan dan penutupan pemutus tenaga antara lain :

- a. *Trip coil* atau coil untuk melepas pemutus tenaga dengan cara :
 - Remote atau dilepas pada panel kontrolnya
 - Lokal atau dilepas pada pemutus yang bersangkutan
 - Rale untuk pelepasan waktu ada gangguan dan trip set
 - b. *Close coil* atau coil untuk memasukkan pemutus tenaga dengan cara yang sama seperti trip coil, hanya saja untuk rele digunakan recloser yang menutup kembali secara otomatis
-

- c. *Handle* atau operasi pembukaan dan penutupan secara manual yang dilakukan pada *emergency trip* dan *handle close*.

Secara sederhana mekanisme pembukaan dan penutupan dapat dijelaskan dalam gambar berikut :



Gambar 2.1 rangkaian trip PMT

Sumber : Pusdiklat PLN, 1984

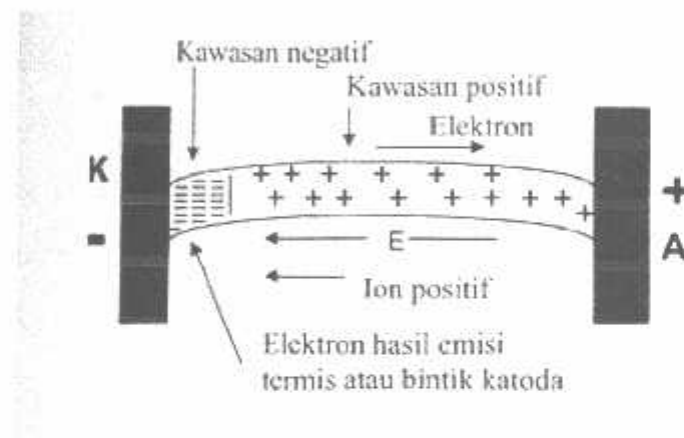
Keterangan :

- | | |
|------------------|-------------------|
| 1. PMT | 5. Trafo Tegangan |
| 2. Rele | 6. Trafo Arus |
| 3. Kumparan Trip | 7. Saklar Bantu |
| 4. Baterai | |

Apabila terjadi gangguan maka rele (2) akan bekerja dan akan menutup rangkaian trip. Sedangkan saklar Bantu (7) hanya digunakan untuk membantu terhadap kerja PMT. Apabila arus dari baterai (4) telah mengalir maka kumparan trip (3) akan mendapatkan tegangan, sehingga peralatan mekanis akan bekerja untuk membuka kontak-kontak PMT.

2.4. Proses Terjadinya Busur Api

Jika kontak pemutusan daya dipisahkan, beda potensial diantara kontak akan menimbulkan medan elektrik diantara kontak tersebut, seperti ditunjukkan pada gambar 2.2 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 (K). Kedua emisi ini menghasilkan elektron bebas yang sangat banyak dan bergerak menuju kontak anoda (A).



Gambar.2.2. Proses pembentukan busur api

Sumber. Peralatan Tegangan Tinggi (Bonggas L. Tobing: 2003)

Elektron-elektron ini membentur molekul netral media isolasi di kawasan positif. Benturan-benturan ini akan menimbulkan proses ionisasi. Dengan demikian, jumlah elektron bebas yang menuju anoda semakin bertambah dan muncul ion positif hasil ionisasi yang bergerak menuju katoda. Perpindahan elektron bebas ke anoda menimbulkan arus dan memanaskan anoda.

Ion positif yang tiba di 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 tinggi. Hasil emisi termis 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 :

- a. Meniupkan udara ke sela kontak, sehingga partikel-partikel hasil ionisasi dijauhkan dari sela kontak
- b. Menyemburkan minyak isolasi ke busur api untuk memberi peluang yang lebih besar bagi proses rekombinasi
- c. Memotong busur api dengan tabir isolasi atau tabir logam, sehingga memberi peluang yang lebih besar bagi proses rekombinasi
- d. Membuat medium pemisah kontak dari gas elektronegatif, sehingga elektron-elektron bebas tertangkap oleh molekul netral gas tersebut.

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, busur api akan terjadi lagi.

2.5. Klasifikasi PMT

Berdasarkan media isolasi pemadam busur listrik maka PMT dapat dibagi menjadi :

1. PMT dengan dielektrik minyak banyak (*bulk oil circuit breaker*), digunakan pada sistem tegangan sampai dengan 245kV
2. PMT dengan dielektrik minyak sedikit (*low oil content circuit breaker*), berbeda dengan *bulk oil circuit breaker*, yaitu pada *low oil content circuit breaker* minyak digunakan hanya sebagai peredam loncatan bunga api listrik, sedangkan untuk bahan isolasi bagian yang bertegangan digunakan dari bahan dari porselen atau material isolasi dari jenis organik
3. PMT dengan udara hembus (*air blast circuit breaker*)
4. PMT dengan menggunakan hampa udara (*vacuum circuit breaker*)
5. PMT dengan media isolasi gas SF₆

2.6. Gas Circuit Breaker (SF₆)

Gas SF₆ adalah gas yang inert atau tidak mudah bereaksi sampai pada suhu 150°C dan tidak akan merusak metal, plastik dan bagian-bagian dasar lainnya dari kumparan pemutus daya. Pada temperatur tinggi gas SF₆ akan terdekomposisi menjadi antara lain S₂, F₂, S, F dll. di mana zat ini akan menimbulkan korosi jika bercampur dengan kelembapan. Zat ini juga jika bercampur dengan elemen uap metal akan menghasilkan serbuk putih yang bersifat isolatif. Oleh karena itu kontak pemutus harus didesain untuk membersihkan serbuk ini. Pemilihan SF₆ pada pemutus daya tegangan tinggi tidak tergantung pada kekuatan dielektriknya tetapi tergantung pada kemampuan untuk memadamkan busur api dan kemampuan pengontrolannya.

Sifat Listrik

Sifat listrik gas SF₆ yang paling menonjol adalah kekuatan dielektriknya yang tinggi dan sifat *elektronegatifnya*.

2.6.1. Kekuatan Dielektrik SF₆

Gas SF₆ mempunyai kekuatan dielektrik 2,5 kali lebih tinggi dibandingkan kekuatan dielektrik udara. Nilai tersebut sebenarnya tergantung pada medan yang terjadi di antara elektroda-elektroda, di mana medan yang terbentuk ditentukan oleh bentuk dan konfigurasi elektroda yang digunakan serta jarak antara elektroda-elektroda tersebut. Kekuatan dielektrik dari SF₆ ini dapat mencapai 5 kali lipat, tergantung pada ketidakhomogenan medan yang terjadi.

Sifat elektronegativitas dari SF₆ menyebabkan kekuatan dielektriknya meningkat, sehingga SF₆ mampu memberikan tegangan lawan yang cukup pada beda potensial busur api yang besar meskipun di bawah perubahan kondisi yang ekstrem.

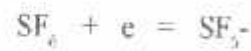
2.6.2. Elektron Negativitas

Elektronegativitas adalah kemampuan dari suatu molekul untuk membentuk molekul yang bermuatan negatif dengan mengikat elektron bebas. Semakin bersifat elektronegatif, maka suatu molekul tersebut akan cenderung mengikat elektron untuk membentuk molekul yang bermuatan negatif.

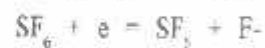
Sifat elektronegatif dari SF_6 inilah yang menyebabkan SF_6 merupakan penghantar arus yang buruk. Gambaran umum dari proses penghambatan arus oleh SF_6 seperti berikut:

1. Ada suatu ruangan yang berisikan gas SF_6 . Pada suatu saat dialirkan sebuah elektron kedalam ruangan tersebut.
2. Karena gas SF_6 ini bersifat sangat elektronegatif, maka elektron yang diberikan tersebut berikatan dengan molekul SF_6 .
3. Ikatan tersebut dapat terjadi melalui 2 cara, yaitu:

- Ikatan langsung:



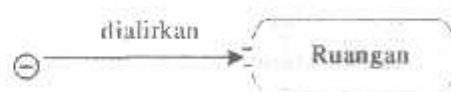
- Ikatan yang disertai penguraian molekul utama



Ion-ion yang dihasilkan dari proses ikatan tersebut relatif berat dan cenderung untuk bersifat statis, oleh sebab itu SF_6 tidak efektif sebagai penghantar arus yang baik.

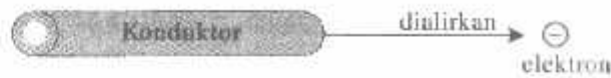
Ilustrasi dari proses penangkapan elektron oleh SF_6

1. Elektron dialirkan melalui suatu ruang

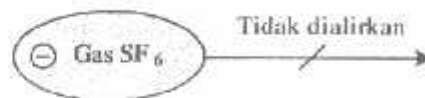


2. Apabila ruangan tersebut berisi bahan konduktor,
-

maka elektron yang dialirkan ke dalam bahan tersebut akan diteruskan, sehingga mengalir arus.



3. Apabila ruangan tersebut berisi zat yang bersifat elektronegatif, misalnya SF_6



Sumber : *Material Teknik Listrik*, 2007

2.6.3. Karakteristik SF_6

Sifat fisika dari gas SF_6 murni antara lain:

- Tidak berwarna, tidak berbau, tidak beracun dan tidak mudah terbakar.
- Pada temperatur 20°C dan pada tekanan 760 mmHg gas SF_6 memiliki kerapatan 6,135, yaitu 5 kali kerapatan udara. Titik didihnya -60°C pada tekanan 760 mmHg.
- Koefisien transfer panasnya termasuk efek pancaran adalah 0,034 atau 1,6 kali koefisien udara.
- Keccepatan suara gas SF_6 pada temperatur 30°C dan tekanan 700 mmHg adalah 138,5 m/s.

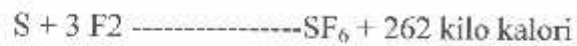
Sifat kimia gas SF_6 adalah sebagai berikut :

- Stabil pada tumbukan sama dengan 500°C
- Lamban (inert)

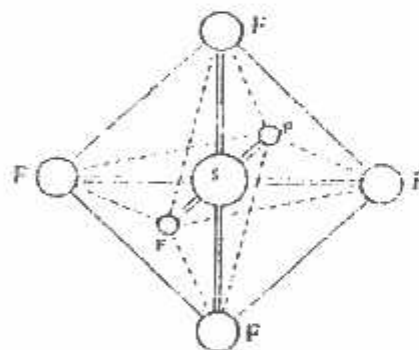
- c. Sebagai elektronegatif
- d. Tidak bereaksi dengan material lain sampai suhu 500°C

Sifat Dielektrik Gas SF_6

Sulphur Hexa Fluorida (SF_6) merupakan suatu gas bentukan antara unsur sulphur dengan fluor dengan reaksi eksotermis :



Gas SF_6 memiliki afinitas untuk electron yaitu bilamana suatu electron bebas bertubrukan dengan molekul gas netral guna membentuk ion negative, electron tersebut akan diserap oleh molekul gas netral.melekatnya electron dengan molekul gas netral itu itu dapat terjadi dengan dua cara :



Gambar.2.3 Molekul sulphur hexa fluoride

Sumber : *Material Teknik Listrik, 2007*

Terlihat pada gambar bahwa molekul SF_6 mempunyai 6 atom Fluor yang mengelilingi sebuah atom Sulphur, di sini masing-masing atom Fluor mengikat 1 buah elektron terluar atom Sulphur. Dengan demikian maka SF_6 menjadi gas yang inert atau stabil seperti halnya gas mulia. Sampai saat ini SF_6 merupakan gas terberat yang mempunyai massa jenis $6,139 \text{ kg/m}^3$ yaitu sekitar 5 kali berat udara pada suhu 0°C dan tekanan 1 atmosfer. Sifat lainnya adalah : tidak terbakar, tidak larut pada air, tidak beracun, tidak berwarna dan tidak berbau. SF_6 juga merupakan bahan isolasi yang baik yaitu 2,5 kali kemampuan isolasi udara. Perbandingan SF_6 dengan beberapa gas lain seperti tercantum pada Tabel : 1.

Tabel 1

Sifat beberapa Gas

Gas	Massa jenis kg/m^3	Konduktivitas panas W/m	Tegangan Tembus kV/cm
Udara	1,228	$5 \cdot 10^{-6}$	30
	6,139	$1,9 \cdot 10^{-5}$	75
Nitrogen (N_2)	1,191	$5,4 \cdot 10^{-6}$	30
Karbon dioksida	1,867	$3,2 \cdot 10^{-6}$	27
Hidrogen	0,086	$3,3 \cdot 10^{-5}$	18

Table. 2.1 Sifat beberapa Gas

Sumber : Material Teknik Listrik, 2007

Seperti telah disebutkan di atas, bahwa untuk pembentukan SF_6 timbul panas, ini berarti bahwa pada pemisahan SF_6 menjadi Sulphur dan Fluor memerlukan panas dari sekelilingnya sebesar $262 \text{ k . kalori/ molekul}$.

Hal ini tepat sekali digunakan untuk bahan pendinginan pada peralatan listrik yang menimbulkan panas atau bunga api pada waktu bekerja, misalnya : sakelar pemutus beban. Sifat dari SF_6 sebagai media pemadam busur api dan relevansinya pada sakelar pemutus beban adalah :

- a) Hanya memerlukan energi yang rendah untuk mengoperasikan mekanismenya. Pada prinsipnya SF_6 sebagai pemadam busur api adalah tanpa memerlukan energi untuk mengkompresikannya, namun semata-mata karena pengaruh panas busur api yang terjadi.
 - b) Tekanan SF_6 sebagai pemadam busur api maupun sebagai pengisolasi dapat dengan mudah dideteksi.
 - c) Penguraian pada waktu memadamkan busur api maupun pembentukannya kembali setelah pemadaman adalah menyeluruh (tidak ada sisa unsure pembentuknya)
 - d) Relatif mudah terionisasi sehingga plasmanya. pada CB konduktivitasnya tetap rendah dibandingkan pada keadaan dingin. Hal ini mengurangi kemungkinan busur api tidak stabil dengan demikian ada pemotongan arus dan menimbulkan tegangan antar kontak.
 - e) Karakteristik gas SF_6 adalah elektro negatif sehingga penguraiannya menjadikan dielektriknya naik secara bertahap.
 - f) Transien frekuensi yang tinggi akan naik selama operasi pemutusan dan dengan adanya hal ini busur api akan dipadamkan pada saat nilai arusnya rendah.
-

Sifat fisik gas SF₆

- a. Tidak mudah terbakar
- b. Tidak berwarna
- c. Tidak berbau
- d. Tidak beracun sehingga aman bagi manusia
- e. Merupakan gas berat

2.6.4. Fungsi SF₆ pada PMT

- Pemadam loncatan busur api
- Isolasi pada bagian-bagian yang bertegangan dan bagian yang bertegangan pada beban.
- Dapat memutuskan atau menghubungkan arus nominal untuk kepentingan operasi dan perawatan.
- Dapat memutuskan arus beban lebih dan arus hubung singkat

2.6.5. Bagian – bagian utama Gas Circuit Breaker (SF₆)

- Ruang pemutus tenaga (*circuit breaker compartment*)
- Kontak – kontak (*contacts*)
- Pengatur busur api (*arc control device*)
- Bagian penyangga (*supporting compartment*)
- Mekanis penggerak (*operating mechanism*)

2.6.6. Fungsi bagian – bagian utama

2.6.6.1. Ruang pemutus tenaga

Ruang pemutus tenaga berupa ruangan yang disulubungi oleh porselen dan dalam ruangan ini terdapat:

Kontak – kontak

Silinder penggerak atau silinder penghembus (*moving cylinder or blast cylinder*)

Torak tetap (*fixed piston*)

Ruangan pemutus tenaga ini terletak diatas bagian penyangga. Setiap kutup (pole) dapat terdiri dari satu ruangan pemutus tenaga, atau ruangan pemutus tenaga ganda (*multi break*), tergantung besarnya tegangan, daya atau MVA kapasitas pemutusan. Untuk ruangan pemutus tenaga lebih dari satu umumnya dilengkapi dengan kapasitor yang dihubungkan paralel dengan ruangan pemutus tenaga.

2.6.6.2. Kontak – kontak

Kontak – kontak terdiri dari kontak tetap (*fixed contact*) dan kontak bergerak (*moving contact*) seperti gambar di bawah:

1. Kontak tetap dibagi dalam dua bagian :

1.1. Kontak tetap atas (*upper fixed contact*) yang terdiri dari:

- Bagian penyangga kontak tetap (2)
- Jari – jari kontak tetap (3)
- Kontak busur tetap (4)

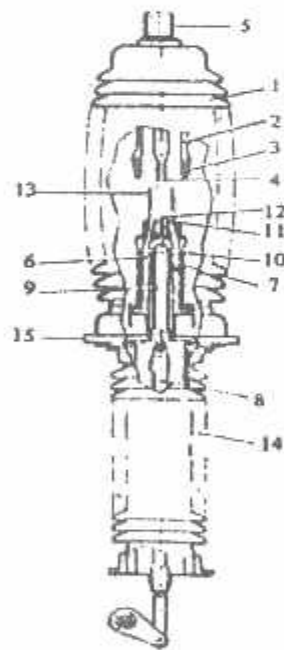
Kontak tetap di atas dihubungkan ke terminal atas (5)

1.2. Kontak tetap bawah (*lower fixed contact*) kontak tetap bawah (7) ini terletak dibagian bawah torak tetap (6) juga terpasang dengan torak tetap (6) ini. Kontak tetap bawah dan torak tetap dihubungkan keterminal bagian bawah (15).

2. Kontak bergerak.

Kontak bergerak ini terdiri dari beberapa bagian :

- Tabung kontak bergerak (9)
- Silinder bergerak (10)
- Jari – jari kontak busur (11)
- Ujung kontak (12)
- Nozzle (13)



Gambar. 2.4 kontak – kontak pada PMT dengan media SF₆.

Sumber : Pusdiklat PLN, 1984

Keterangan gambar.

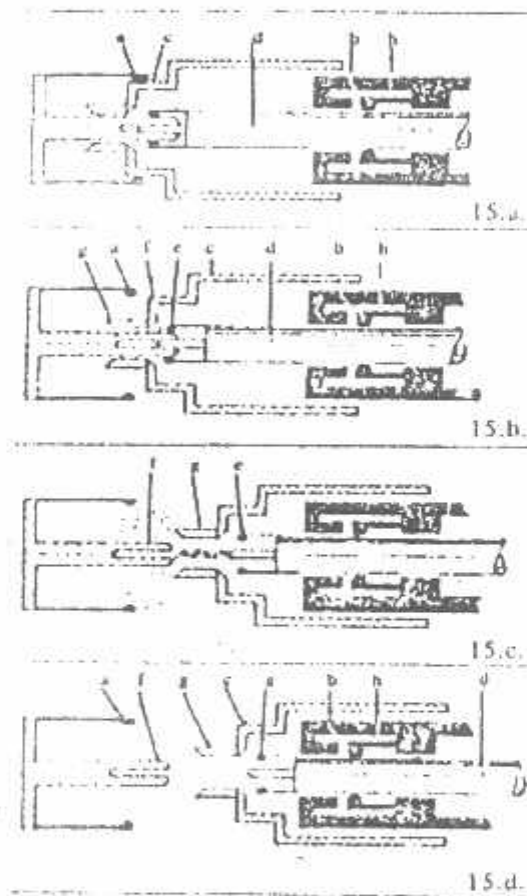
1. isolator
2. bagian penyangga kontak tetap
3. jari-jari kontak tetap
4. kontak busur tetap
5. terminal atas
6. piston tetap
7. kontak busur tetap
8. batang penggerak
9. tabung kontak bergerak
10. silinder bergerak
11. jari-jari kontak busur
12. kontak busur bergerak
13. nozzle dari bahan isolator
14. isolator penyangga
15. terminal bawah

2.6.6.3. Pengatur busur api.

Pengatur busur api pada PMT dengan media gas SF_6 ini prinsip kerjanya terdiri dari beberapa macam, antara lain seperti pada gambar dibawah.

Pada gambar dibawah, silinder bergerak (c) terhubung dengan tabung kontak bergerak (d) yang dapat mengikuti gerakan sepanjang bagian penyangga kontak bergerak (h). Pada waktu pembukaan silinder bergerak (c) akan terpisah dengan jari – jari

kontak tetap (a) sehingga arus akan mengalir melalui batang busur (f) jari – jari busur (c), tabung kontak bergerak (d), kontak tetap (h) berfungsi sebagai piston tetap (fixed piston), dengan secara berangsur – angsur gas SF_6 yang berada dalam silinder bergerak (c) akan tertekan ke arah batang busur (f) melalui nozzle (g). dan busur api yang terjadi sewaktu batang busur (f) terpisah dengan ujung kontak (i) akan dipadamkan oleh gas SF_6 yang tertekan tersebut.



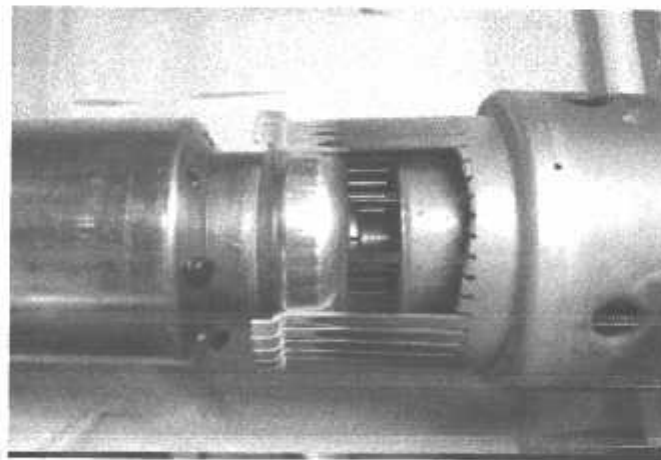
Gambar. 2.5 urutan prinsip kerja pengatur busur api pada PMT dengan media gas SF_6 .

Sumber : Pusdiklat PLN, 1984

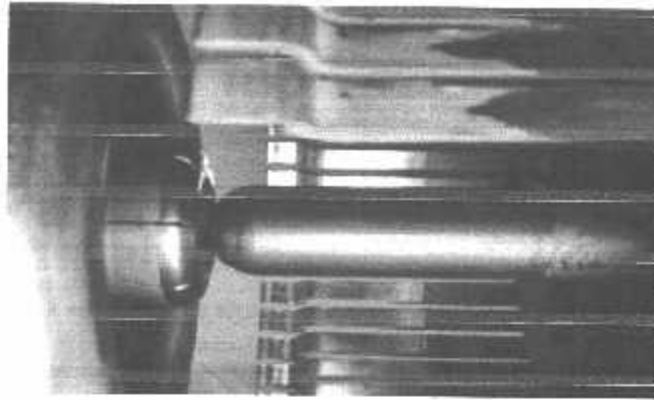
Keterangan gambar.

- a. Jari-jari kontak tetap
- b. kontak tetap
- c. silinder bergerak
- d. tabung kontak bergerak
- e. jari-jari kontak busur bergerak
- f. kontak busur tetap
- g. nozzle dari bahan isolasi
- h. bagian penyangga kontak tetap
- i. kontak busur bergerak

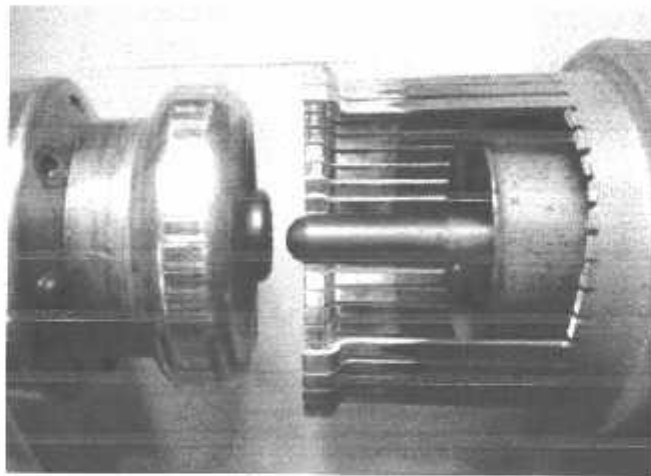
Dibawah ini adalah gambar secara nyata proses pembukaan PMT media SF₆



Gambar.2.6.PMT dalam keadaan menutup



Gambar 2.7. PMT dalam proses pembukaan.



Gambar.2.8. PMT dalam keadaan membuka

2.6.7. Bagian penyangga

Bagian penyangga terbuat dari porselin, dipasang vertical pada rangka tangki (*frame tank*) dan berfungsi sebagai penyangga dari ruangan pemutus tenaga. Didalam bagian ini terdapat batang penggerak dari bahan isolasi (*insulating rod*) dari penggerak pemutus tenaga. Sedangkan gas SF₆ di dalam bagian penyangga berfungsi untuk mengisolasi antara bagian – bagian yang bertegangan dan bagian yang bertegangan dengan beban.

2.6.8. Mekanis penggerak.

Mekanis penggerak berfungsi untuk menggerakkan kontak bergerak untuk pemutusan dan penutupan dari PMT.

Pemutusan dan penutupan oleh mekanis penggerak dapat secara:

- Mekanis
- Pneumatic
- Hidrolis
- Electric

Pemilihan mekanis penggerak adalah tergantung dari perencanaan PMT dan letak pengoperasiannya.

2.7. Prinsip kerja PMT dengan media gas SF₆

Untuk membuka dan menutup dari PMT adalah dengan menaikkan dan menurunkan posisi dari kontak bergerak (*moving contact*) yang terhubung pada batang penggerak (*operating rod*) yang digerakan oleh mekanis penggerak seperti gambar di atas.

Pada proses penutupan.

Tabung kontak bergerak (d) yang terhubung dengan kontak tetap bawah (b) bergerak ke arah bagian – bagian kontak tetap atas (a dan f) sehingga kontak tetap dan kontak bergerak akan terhubung yang merupakan penghubung arus dari terminal atas (*upper terminal*) ke terminal bawah (*lower terminal*).

Pada proses pembukaan.

Tabung kontak bergerak (d) yang terhubung dengan kontak tetap bawah (b) meninggalkan kontak tetap atas pertama kali, silinder bergerak (c) akan terpisah dengan jari – jari kontak tetap (a) kemudian jari – jari busur (e) akan terpisah dari batang busur (f) dan akhirnya ujung busur (i) akan terpisah dengan batang busur (f). Pada saat ujung busur (i) terpisah dengan batang busur (f) akan terjadi loncatan busur api yang segera di padamkan oleh hembusan gas SF₆.

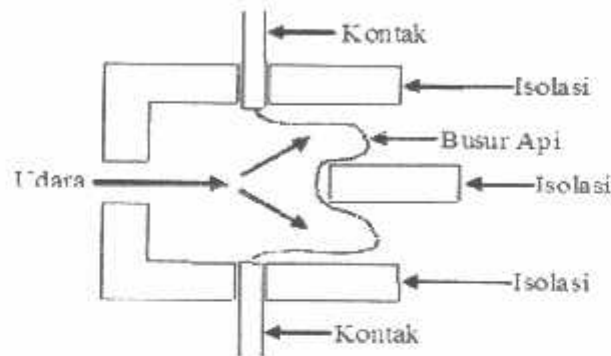
2.8. Sakelar PMT Udara Hembus (Air Blast Circuit Breaker)

Sakelar PMT ini dapat digunakan untuk memutuskan 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 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 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

Proses Pemadaman dengan Media Udara.

Saat busur api timbul, udara bertekanan ditiupkan untuk mendinginkan busur api dan menyingkirkan partikel bermuatan darisela kontak. terlihat pada gambar.2.5 dibawah udara ditiupkan tegak lurus terhadap busur api dan mendorong busur api menelusuri tebir isolator, sehingga busur api bertambah

panjang hal ini member efek pendinginan terhadap busur api dan member peluang bagi partikel bermuatan untuk mengadakan rekombinasi.

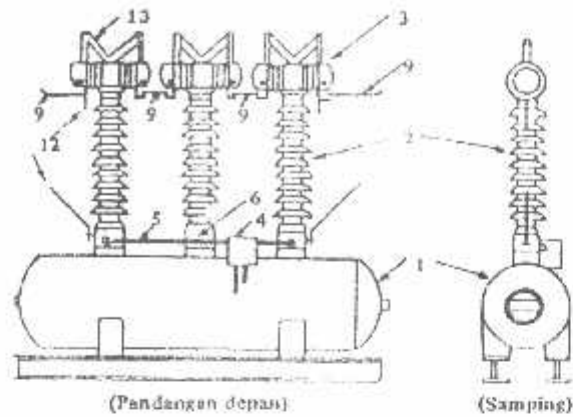


Gambar. 2.9 Pemadaman busur api pada udara hembus

Sumber : Peralatan tegangan tinggi

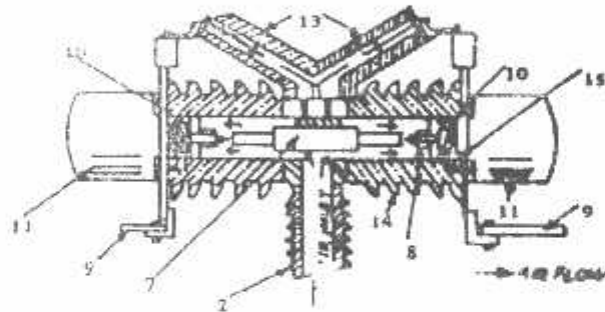
PMT dengan media isolasi udara hembus di sebut juga *compressed air circuit breakers* : udara bertekanan tinggi dihembuskan ke busur listrik melalui *nozzle* pada kontak pemisah. Udara bertekanan tinggi berfungsi sebagai pemadam busur listrik, selain itu udara juga berfungsi untuk menecgah tegangan pukul (*restriking voltage*).

Kontak pemutus tenaga dan katub hembusan udara ditempatkan dalam isolator. Pada PMT kapasitas kecil, isolator merupakan satu kesatuan dengan PMT tetapi untuk PMT kapasitas besar tidak demikian halnya. PMT dengan media udara hembus yang bertekanan tinggi dapat dilihat pada gambar



Gambar.2.10 PMT udara hembus tampak depan dan samping

Sumber : Pusdiklat PLN 1984



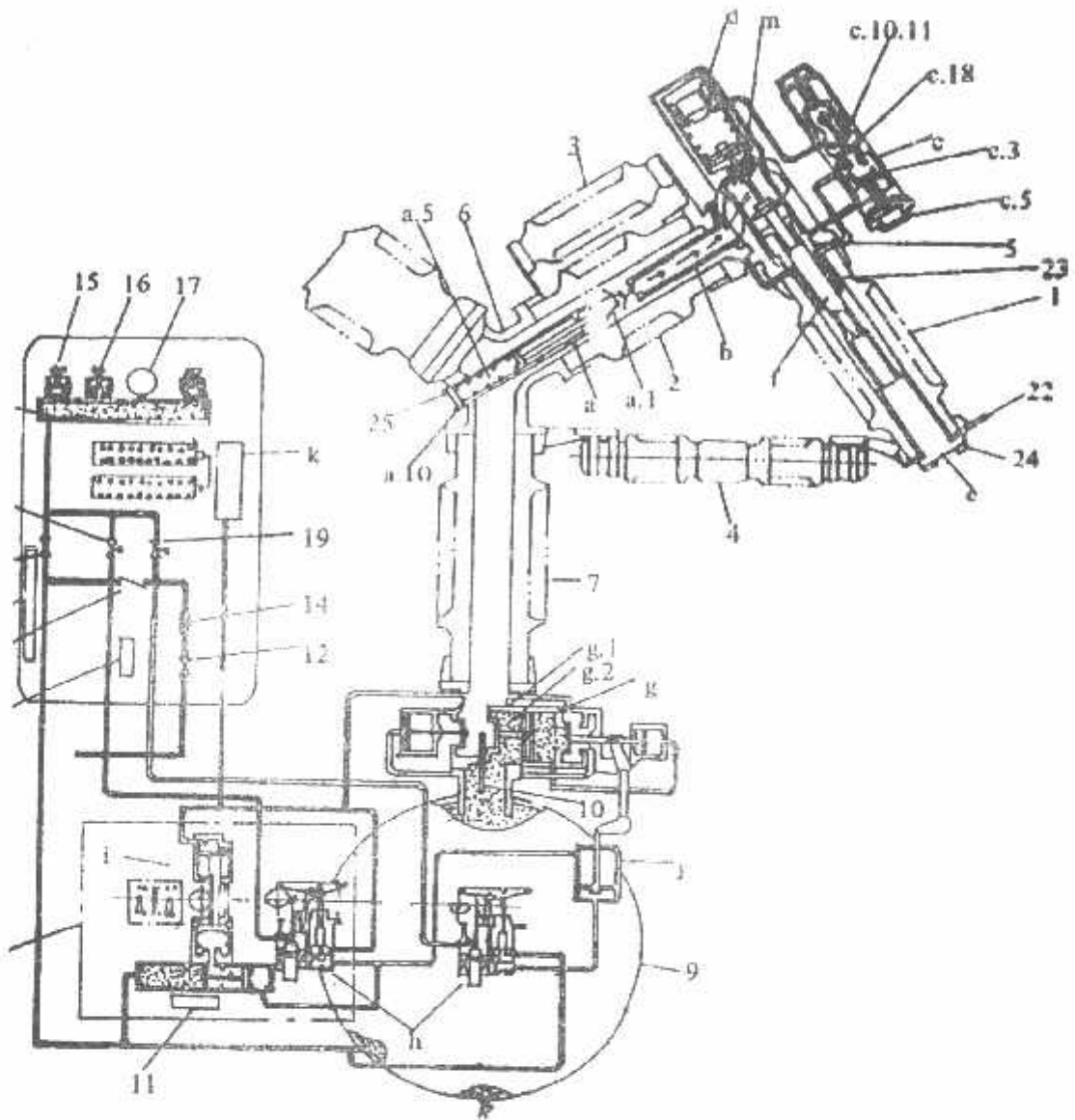
Gambar.2.11 ruangan pemadam busur api ganda pada PMT udara hembus

Sumber : Pusdiklat PLN 1984

Keterangan :

1. Tangki persediaan udara dari plat baja
2. Isolator berongga dari porselen
3. Ruang pemadam busur api ganda
4. Mekanis penggerak pneumatic
5. Batang penggerak dari baja

6. Katup pneumatic
 7. Kontak tetap dari tembaga
 8. Kontak bergerak dari tembaga
 9. Terminal tembaga atau dari perak
 10. Pegas penekan dari campuran baja
 11. Pelcpas udara keluar
 12. Tanduk busur api dari tembaga
 13. Unit tahanan
 14. Penutup dari porselin
 15. Saluran
-



Gambar. 2.12 Potongan PMT dengan menggunakan udara hembus (posisi mulai membuka)

Sumber : Pusdiklat PLN, 1984

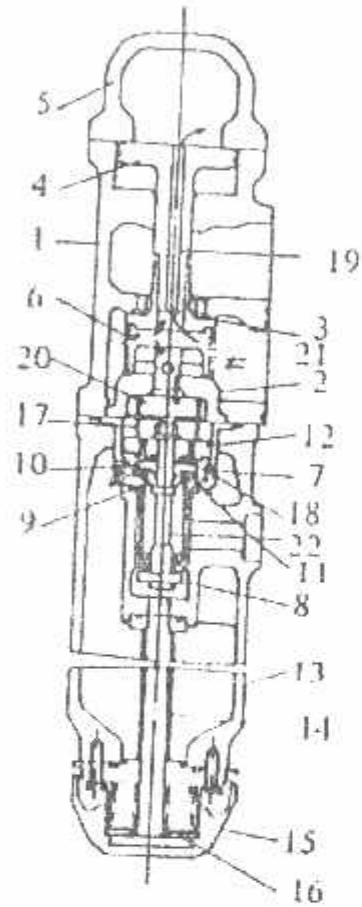
Keterangan gambar

1. Unit pemutus pembantu (disconnecting unit)
2. Unit pemutus (interrupting unit)

3. Tahanan
 4. Kapasitor
 5. Rumah pemutus pembantu
 6. Penyangga pemutus utama
 7. Isolator penyangga
 8. Rumah untuk control unit
 9. Tangki udara
 10. Penukaran udara
 11. Pemanas
 12. Katup penutup
 13. Katup scarah
 14. Saringan udara
 15. Sakelar pembatas tekanan tinggi
 16. Sakelar pembatas tekanan rendah
 17. Pengatur tekanan
 18. Katub pembuka dengan tangan
 19. Katup penutup dengan tangan
 20. pemanas
 21. ujung sambungan (connecting terminal)
 22. terminal utama
 23. jari-jari kontak pemutus pembantu
 24. baut
 25. baut
 26. sumbat
-

27. ruang pengumpul udara
 28. katup penutup
 29. Lampu tanda
 30. Sakelar pisau untuk sumber tenaga
 31. Sakelar pisau untuk pemanas
 - a. Rangkaian kontak bergerak untuk unit pemutus utama
 - a.1. kepala kontak bergerak
 - a.5. torak
 - a.10. pegas
 - b. kontak tetap untuk unit pemutus utama
 - c. katub kelambatan
 - c.3. katup
 - c.5. ruang kelambatan
 - c.10. rumah perapat
 - c.11. tempat katup
 - c.18. katup penahan
 - d. silinder penutup
 - e. kontak tetap untuk unit pemutus pembantu
 - f. kontak bergerak untuk unit pemutus pembantu
 - g. katub hembus dan katub pembuang
 - g.1. rumah torak
 - g.2. katub hembus
 - h. unit penggerak
 - i. unit control sakelar pembantu
-

- j. torak bergerak
- k. torak bergerak sakelar pembantu
- m. saluran pembuangan ke udara luar



Gambar. 2.13 Katub Kelembatan

Sumber : Pusdiklat PLN, 1984

Keterangan gambar katub kelambatan

- c.1. badan (body)
- c.2. penutup (stopper)
- c.3. katup

- c.4. torak
- c.5. ruang pengatur (*delay room*)
- c.6. pegas
- c.7. silinder
- c.8. batang
- c.9. cincin penutup
- c.10. rumah perapat
- c.11. tempat katup
- c.12. torak
- c.13. ruangan udara
- c.14. pipa pembuangan
- c.15. tutup
- c.16. alas berlubang
- c.17. pegas
- c.18. katup penahan
- c.19. saluran udara ke unit pemutus pembantu
- c.20. saluran udara
- c.21. saluran udara dari unit pemutus utama
- c.22. saluran udara dari ruang pengumpul ke tabung penutup

2.9. Fungsi bagian utama PMT

a. Ruang pemutus tenaga

Ruang pemutus tenaga ini berfungsi sebagai ruang pemadam busur api

a.1. unit pemutus utama (2) berfungsi sebagai pemutus utama

Unit pemutus utama ini berupa ruangan yang diselubungi bagian luar oleh isolator dari porselen dan bagian dalamnya terdapat ruangan udara, kontak-kontak bergerak (a) yang dilengkapi oleh pegas penekan, torak (a.5) dan kontak tetap (b) sebagai penghubung yang terletak melekat pada isolator porselen.

- a.2. Unit pemutus pembantu (1) berfungsi sebagai pemutus arus yang melalui tahanan.

Unit pemutus pembantu ini berupa ruangan yang diselubungi bagian luar oleh isolator dari porselen dan disebelah dalamnya terdapat ruangan udara, kontak-kontak bergerak (f) yang dilengkapi oleh pegas tekan, torak dan kontak tetap (c) sebagai penghubung yang terletak melekat pada porselen.

- a.3. Katub kelembapan (c) yang berfungsi sebagai pengatur udara bertekanan dari unit pemutus utama ke unit pemutus pembantu, sehingga kontak pada unit pemutus pembantu akan terbuka kurang lebih 25 ms (micro detik) setelah kontak – kontak pada pemutus utama terbuka.

Katub kelambatan ini berupa bejana berbentuk silinder yang berongga sebagai ruang udara, juga terdapat; ruang pengatur (c5), katup penahan (c18), katub pengatur (c3), rumah perapat (c10), dan tempat katub (c11), lihat gambar 11.

Prinsip kerja katub kelembapan (*delay valve*) dapat diterangkan sebagai berikut :

Pada proses pembukaan PMT.

Udara bertekanan dari unit pemutus utama (*interrupting unit*) melalui saluran udara (c21) mengisi ruangan kelambatan (c5), sehingga piston (c4) akan tertekan dan menyebabakan katub (c3) terbuka.

Dengan terbukanya katub (c3) udara bertekanan akan mengalir ke unit pemutus pembantu (*disconnecting unit*) melalui saluran udara (c19).

Pada waktu yang sama dari saluran udara (c21), udara bertekanan juga mengalir mengisi ruangan udara (c13) melalui katub penahan (c18).

Pada proses penutupan PMT.

Tekanan udara dalam ruangan (c20) akan berkurang karena udara dalam unit pemutus utama dan ruangan penyangga akan dibuang melalui katub pembuangan (*exhaust valve*), sehingga katub penahan (c18) akan tertutup sedangkan katub (c10 & c11) akan terbuka dikarenakan perbedaan tekanan dalam ruangan udara (c13) terhadap tekanan udara ruangan (c20) dengan terbukanya katub (c10 & c11) ke silinder penutup (*closing cylinder*) melalui saluran udara (c22).

a.4. Tahanan.

Tahanan ini dipasang paralel dengan unit pemutus utama, yang berfungsi untuk :

- Mengurangi kenaikan harga dari tegangan pukul (*restricting voltage*).
-

- Mengurangi arus pukulan (*chopping current*) pada waktu pemutusan.

a.5. Capacitor.

Capasitor ini di pasangkan paralel dengan tahanan, unit pemutus utama dan unit pemutus pembantu, yang berfungsi untuk :

- Mendapatkan pembagian tegangan (*voltage distribution*) yang sama pada setiap celah kontak, sehingga kapasitas pemutusan (*breaking capacity*) pada setiap celah adalah sama besarnya.

b. Kontak – kontak.

b.1. unit pemutus utama.

Kontak bergetar (*moving contact*) dilapisi dengan perak (*silver*), terdiri dari :

- Kepala kontak bergerak (*movable contact head*)
- Silinder kontak (*contact cylinder*)
- Jari – jari kontak (*finger contact*)
- Batang kontak (*contact rod*)
- Pegangan kontak (*contact holder*)

Kontak tetap (*fixed contact*) terdiri dari :

- Kepala kontak (*fixed contact head*)
- Pegangan kontak (*contact holder*)

b.2. unit pemutus pembantu.

Kontak bergerak (*moving contact*)

Kontak tetap (*fixed contact*), terdiri dari :

- Jari – jari kontak (*finger contact*)
- Pegangan kontak (*contact holder*)

c. Pengatur busur api

Udara bertekanan tinggi dari tangki udara yang disaply ke ruangan pemadaman busur api melalui bagian penyangga yang berongga, menyebabkan udara bertekanan tersebut menekan kepala kontak bergerak (a.1) sehingga akan memisahkan kontak bergerak dengan kontak tetap dalam unit pemutus utama (*interrupting unit 2*).

Busur api yang terjadi antara kontak bergerak dan kontak tetap akan terhembus kedalam mulut pipa (*nozzle*) kontak tetap.sehingga busur api akan padam oleh aliran udara bertekanan tersebut. Gas pembuangan mengalir keluar melalui saluran pembuangan keudara luar.

Udara bertekanan di dalam unit pemutus mengalir keluar pelambatan (c.5) malalui katub pelambatan dan setelah pemadaman busur api dalam unit pemutus ,katub kelambatan (c.3) terbuka dan udara bertekanan tinggi mengalir kedalam unit pemutus pembantu sehingga kontak bergerak akan terpisah dengan kontak tetap. Arus yang melalui tahanan (3) yang pararel dengan unit pemutus (2) akan diputuskan oleh kontak kontak dalam unit pemutus pembantu.

d. Bagian penyangga

Bagian penyangga tersebut dari porselen atau steatite dan berfungsi sebagai penyangga dari ruangan pemutus tenaga dan sebagai isolasi antara

bagian-bagian bertegangan dengan beban. Bagian penyangga ini mempunyai rongga atau juga disebut isolator berongga yang berfungsi sebagai saluran udara hembus dari tangki persediaan udara keruangan pemutus tenaga.

e. Katub hembus dan katub pembuangan

Katub hembus dan katub pembuangan ini terpasang pada bagian dasar bagian penyangga. Katub hembus berfungsi sebagai pelepasan katub udara bertekanan tinggi dari dalam tangki udara ke pemutus tenaga pada waktu pemutusan. Katub pembuangan berfungsi sebagai pelepasan udara udara bertekanan tinggi dari ruangan pemutus ke udara luar, pada waktu pemutusan

f. Tangki

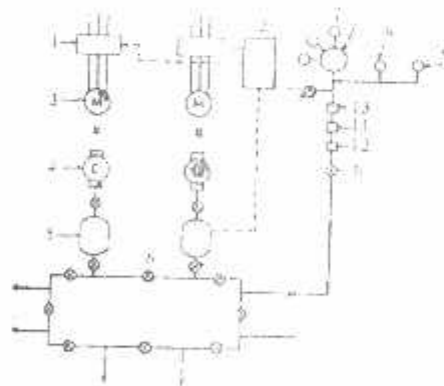
Tangki persediaan udara terbuat dari plat baja yang berfungsi persediaan udara hembus untuk peredam busur api pada saat terjadi pemutusan. Setiap katub (pole) dapat dilengkapi dengan satu buah tangki persediaan udara atau untuk 3 katub dapat dilengkapi dengan satu buah tangki persediaan udara.

g. Mekanis penggerak

Mekanis penggerak berfungsi untuk menggerakkan kontak bergerak untuk pemutusan dan penutupan dari PMT.

h. System udara tekan

Pada gambar dibawah diperlihatkan diagram dasar dari system udara tekan. Udara hembus yang diperlukan untuk pemutusan selalu tersedia pada tangki persediaan dengan tekanan 20-30 kg / cm² jika tekanan pada tangki persediaan berkurang dibawah harga tertentu maka katub berputar secara otomatis terbuka dan udara dari tangki persediaan utama dengan tekanan lebih tinggi 30-40 kg / cm² akan masuk kedalam tangki persediaan. Bila terjadi penurunan tekanan pada udara pada tangki persediaan maka katub penutup cepat (12) akan menutup dan sebaliknya jika terjadi kebocoran pada pipa maka katup searah (11) akan bekerja. Tekanan udara pada tangki persediaan dapat ditetapkan pada harga yang diinginkan sedangkan tekanan udara pada tangki persediaan utama diatur pada tekanan 35 kg / cm² yaitu lebih tinggi dari tekanan udara pada tangki persediaan. Jika tekanan udara pada tangki persediaan utama berkurang dibawah harga yang telah ditentukan maka kompresor akan bekerja secara otomatis.

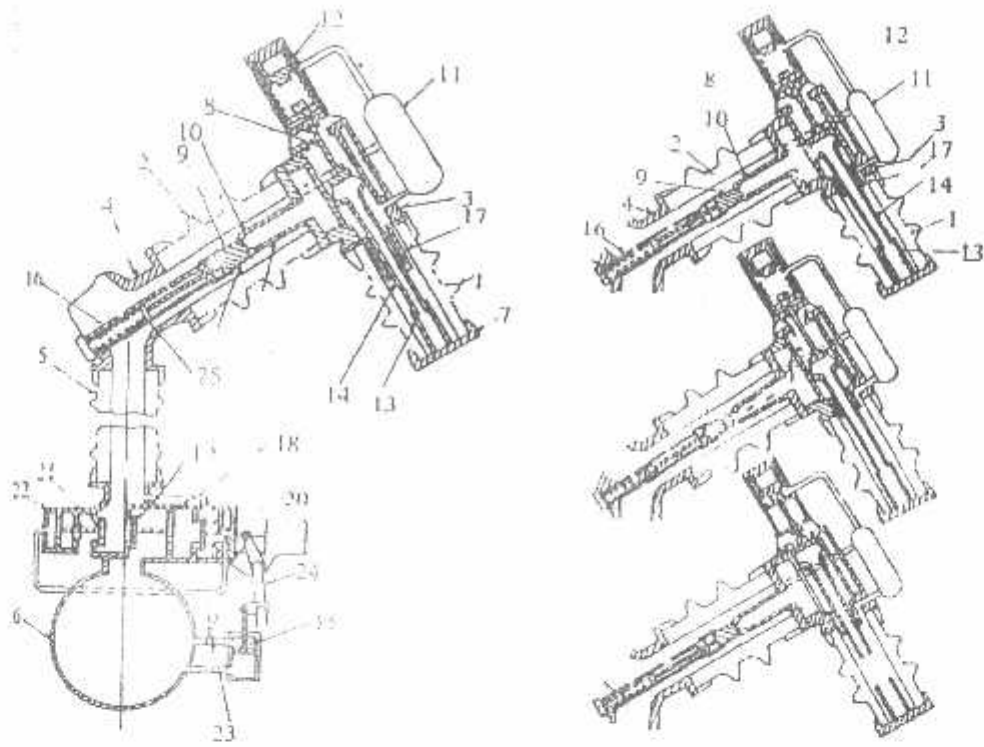


Gambar. 2.14 Diagram dasar system udara tekan

Sumber : Pusdiklat PLN, 1984

Keterangan gambar

1. Starter
 2. Panel control
 3. Motor induksi
 4. Kompresor
 5. Tangki persediaan utama
 6. Katup penutup
 7. Tangki persediaan udara
 8. Pengukuran tekanan rendah
 9. Pengukur tekanan
 10. Katub pembuangan
 11. Katub searah
 12. Katup penutup cepat setempat
 13. Katup pengatur
-



Gambar.2.15 Urutan prinsip kerja PMT dengan media udara hembus tipe "Y".

Sumber : Pusdiklat PLN, 1984

Keterangan gambar

1. Unit pemutus pembantu
2. Unit pemutus utama
3. Rumah pemutus pembantu
4. Penyangga pemutus utama
5. Isolator penyangga
6. Tangki udara
7. Terminal unit pemutus pembantu
8. Lubang pembuang udara
9. Kepala kontak bergerak pemutus utama

10. Kontak tetap pemutus utama
11. Katub kelambatan
12. Silinder penutup
13. Kontak tetap pemutus pembantu
14. Kontak bergerak pemutus pembantu
15. Silinder bergerak
16. Pegas kontak pemutus utama
17. Jari-jari kontak pemutus pembantu
18. Torak katup tekan
19. Katup tekan
20. Katub kerja
21. Katub pembuang
22. Torak katub pembuang
23. Katub pengatur
24. Proses penggerak
25. Torak

Prinsip Kerja PMT dengan media udara hembus.

Pada keadaan pemutus tenaga masuk, arus mengalir dari terminal pemutus pembantu (25), kontak bergerak (14), kontak jari-jari pemutus pembantu (17), penyangga pemutus pembantu (3) kontak tetap pemutus utama (10), kontak bergerak pemutus utama (9), penyangga pemutus utama (4), kemudian menuju kontak bergerak, kontak tetap pemutus utama pada sisi yang berikutnya, terus ke penyangga pemutus pembantu, kontak jari-jari

pemutus pembantu, kontak bergerak, kontak tetap pemutus pembantu dan terus ke terminal pemutus pembantu.

Seperti juga pada PMT yang lainnya, proses penutupan dan pembukaan PMT adalah dengan cara menutup dan membuka kontak-kontak pada/dari kontak-kontak tetap dengan adanya perubahan tekanan udara di dalam ruangan pemutus.

Cara pembukaan pemutus tenaga.

Setelah kumparan lepas (*tripping coil*) bekerja, maka katup pengatur (23.a) membuka dan udara bertekanan tinggi mengalir kesebelah bawah dari silinder penggerak (*driving cylinder*-15). dengan berputarnya poros penggerak (24) searah putaran jarum jam akan menyebabkan katub kerja (20) dan katub tekan (19) membuka.

Ruangan di dalam isolator penyangga (5) unit pemutus utama (2) akan terisi penuh dengan udara bertekanan tinggi dari tangki, sehingga kontak bergerak (9) di dalam pemutus utama membuka.

Busur api akibat pembukaan kontak di padamkan oleh hembusan udara, dan gas yang timbul akibat busur api tersebut keluar secara bersama-sama melalui lobang pembuang udara (8). Setelah terjadi pembukaan pada pemutus utama, dengan kelambatan dua *cycle* yang diatur oleh katib kelambatan (11), maka udara tekan akan masuk kedalam unit pemutus pembantu (1).

Setelah kontak pemutus pembantu membuka, dan arus sisa yang mengalir melalui tahanan yang paralel dengan pemutus utama diputuskan pada akhir langkah kerja pembukaan, kontak bergerak pemutus pembantu (14) menutup lubang pembuang udara (8).

Ruang isolator penyangga, pemutus utama dan pemutus pembantu terisi penuh oleh udara bertekanan tinggi.

Kontak bergerak pemutus utama masuk kembali setelah ruangan pegas penuh dengan tekan.

Setelah pemutus arus, pembukaan dari kontak pemutus pembantu dipertahankan membuka oleh tekanan udara dalam ruangan tersebut.

Cara pemasukkan pemutus tenaga.

Dengan bekerjanya kumparan penutup (*closing coil*), maka katub pengatur (23.b) membuka, dan udara tekan mengalir kesisi atas dari silinder penggerak (15) dan akan menyebabkan berputarnya poros penggerak (24) yang berlawanan arah dengan putaran jarum jam, maka katub pembuangan (21) terbuka.

Sehingga udara yang bertekanan tinggi didalam ruangan isolator penyangga (5) dan unit pemutus utama (2) terbuang melalui katub pembuangan (21).

Karena turunnya tekana udara tersebut dengan tiba-tiba, maka jatub kelambatan (11) bekerja dan udara tekan dalam ruang udara dari katub

kelambatan (11) mengalir masuk ke dalam silinder penutup (12) dan mendorong kontak bergerak pemutus pembantu (14) masuk.

2.10. Tegangan kerja PMT

Tegangan kerja PMT antara lain adalah 220/380 V, 6kV, 20kV, 30kV, 70kV, 150kV, 500kV. Pada tegangan 220/380 V PMT tidak menggunakan media isolasi dan biasanya digunakan pada konsumen. Tegangan kerja PMT di atas digunakan pada PMT baik penghantar, transformator dan transmisi pada sistem tenaga listrik. Sedangkan pada penulisan ini PMT yang dibahas adalah PMT Air blast circuit breaker 154 kV dan Gas circuit breaker (SF₆) 170 kV.

2.10.1. Ketentuan PMT

PMT yang digunakan dalam sistem tenaga listrik harus memenuhi ketentuan-ketentuan sebagai berikut :

1. Harus mampu menutup dan dialiri arus beban penuh dalam waktu yang lama
 2. Membuka otomatis dalam memutuskan beban atau terjadi beban lebih
 3. Harus memutus dengan cepat saat dialiri arus hubung singkat
 4. Celah (gap) harus tahan terhadap tegangan rangkaian apabila kontak membuka
 5. Mampu dialiri arus hubung singkat sampai gangguan hilang
 6. Mampu memutuskan arus magnetisasi transformator serta arus pemuatan (*charging current*)
-

7. Mampu menahan efek /pengaruh dari arching kontaknya, gaya elektromagnetik atau kondisi termal akibat hubung singkat

2.10.2. Penggerak dalam PMT

Penggerak merupakan suatu system yang menggerakkan kontak gerak (*moving contact*) PMT sehingga dapat membuka atau menutup sesuai dengan waktu yang diijinkan. Waktu operasi antara mulai menerima sinyal trip sampai akhir dari pemisahan kontak kurang dari 0,03 detik.

Mekanisme penggerak mempunyai beberapa fungsi :

1. Untuk melaksanakan operasi penutupan kontak PMT secepat mungkin.
2. Untuk menahan PMT pada posisi menutup sampai menerima sinyal trip.
3. Untuk melaksanakan operasi pembukaan pada kontak PMT secepat mungkin ketika sinyal trip diterima.

Beberapa penggerak yang digunakan dalam PMT, yaitu :

1. Penggerak mekanis/pegas

Penggerak ini menggunakan peralatan seperti per, rantai, engkol, roda gigi dan lain sebagainya yang bergerak secara mekanis sehingga dapat membuka dan menutup PMT.

2. Penggerak Hidrolik

System ini menggunakan minyak bertekanan tinggi untuk menggerakkan kontak gerak PMT

3. Penggerak pneumatic

System ini menggunakan udara bertekanan untuk menggerakkan kontak gerak PMT.

4. Penggerak elektrik

System ini menggunakan tegangan arus searah 110 V (DC) yang diperoleh dari baterai cadangan untuk menggerakkan kontak gerak PMT.

2.11. Keuntungan dan kerugian penggunaan PMT gas SF₆ dan udara hembus

Menurut B.Ravindranath dan M.chander terdapat keuntungan dan kerugian dalam penggunaan PMT gas SF₆ dan udara hembus, yaitu :

1. PMT udara hembus

Keuntungan :

- Tidak ada resiko kebakaran atau meledak
- Sangat cepat dalam operasi
- Kapasitas pemutusan tinggi
- Kerusakan kontak rendah
- Berat relative ringan

Kerugian :

- Membutuhkan instalasi system udara tekan yang kompleks, terdiri dari motor elektrik, kompresor udara, pipa udara yang kuat, dsb.
 - Konstruksi rumit.
 - Harga mahal.
 - Membutuhkan orang-orang terlatih untuk melaksanakan pemeliharaan.
-

2. PMT gas SF₆

Keuntungan :

- Gas tidak mudah terbakar, secara kimia stabil, dan hasil penguraiannya tidak dapat meledak.
- Batas beban lebih besar.
- Tidak berisik.
- Ukuran lebih kecil dibandingkan PMT yang lain dengan ukuran dan rating yang sama.
- Konstruksi isolasi terhindar dari kontaminasi akibat pencampuran.
- Memerlukan pemeliharaan kurang lebih 1 kali selama 10 th.
- Cepat mengatasi gangguan.

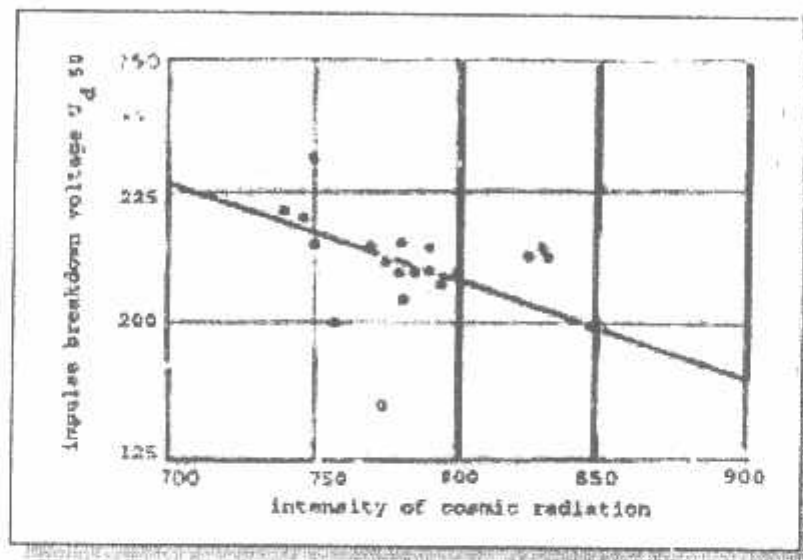
Kerugian :

- Perlu pemecahan masalah dalam hal konstruksi yang digunakan, dan jangan sampai pada saat penguraian gas SF₆ ketika terjadi busur api unsure SF₆ tercampur dengan air karena akan membentuk hydrogen yang bersifat korosi terhadap porselen.
- Konstruksi pemutus tenaga harus tertutup dengan rapat dan bebas dari kebocoran.
- Untuk kinerja isolasi yang sempurna (dalam batasan tertentu) maka dibutuhkan gas SF₆ yang bermutu baik, saat ini harga gas SF₆ relatif mahal.

a. Isolasi udara

Udara sangat dipengaruhi oleh kondisi iklim, seperti temperatur, tekanan dan kelembapan yang berpengaruh pada kapasitas isolasinya. Permulaan dari

pelapasan tergantung dari elektron yang terdapat dalam udara dan pada elektroda-elektroda di dalam pengaruh radiasi kosmis dan UV. Kedua radiasi tersebut mempunyai pengaruh pada tegangan tembus intensitas sinar bertambah, tegangan tembus akan berkurang. Pengaruh dari radiasi kosmis terhadap tegangan tembus dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

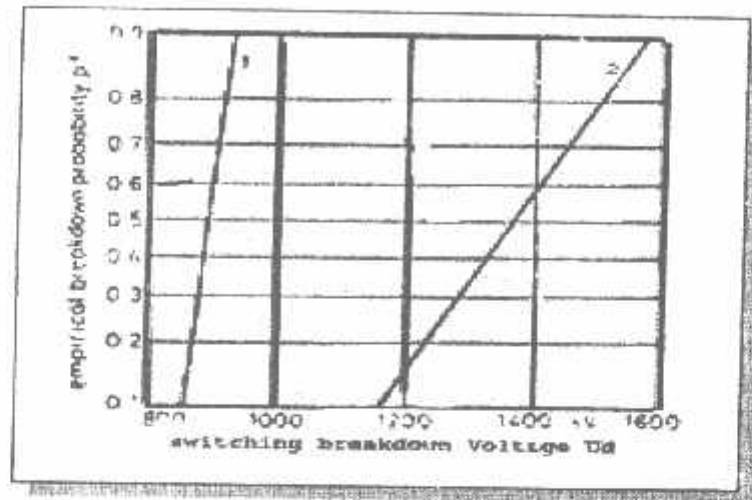


Gambar 2.16 pengaruh intensitas radiasi kosmis terhadap tegangan tembus U_{d50} pada celah bola

Sumber : Hauschild, W, Mosch, W, 1992 : 213

Percobaan dilakukan pada jari-jari bola 12,5 cm; celah elektroda $d = 6$ cm di udara; tegangan impuls dengan rating kenaikan $0,25$ kV/ μ s. dari gambar di atas dapat dilihat bahwa intensitas radiasi kosmis semakin besar maka tegangan tembus akan turun.

Sedangkan pengaruh radiasi UV terhadap tegangan tembus dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar. 2.17 pengaruh radiasi UV terhadap tegangan tembus

Sumber : Hauschild, W, Mosch, W, 1992 : 213

Keterangan grafik :

1. dengan sinar UV
2. tanpa sinar UV

radiasi UV dapat dihasilkan di dalam laboratorium. Pengaruh dari radiasi tergantung pada bentuk, bahan atau material elektroda.

Dalam udara, selalu terdapat debu atau kotoran yang komposisinya biasanya tidak diketahui. Penutupan debu pada elektroda begitu berpengaruh pada tegangan tembus, tetapi debu-debu tersebut akan menghasilkan partikel-partikel pada permukaan elektroda. Partikel ini dapat mengurangi tegangan tembus.

2.12. Jumlah batas trip maksimum

Untuk menghitung jumlah batas trip maksimum pada PMT Air Blast circuit breaker dengan Gas Circuit Breaker diperlukan berbagai langkah sebagai berikut :

- a. Mencari besarnya kapasitas hubung singkat trafo (MVA_{scT})

$$MVA_{scT} = \frac{\text{Kapasitas trafo}}{\text{impedansitrafo}} \quad (2-1)$$

$$MVA_{scT} = \frac{\text{MVA Trafo}}{X\%}$$

- b. Setelah mendapatkan MVA_{scT} selanjutnya menghitung kapasitas hubung singkat 3 fasa:

$$\text{Untuk system seri : } MVA_{scKV} = \frac{MVA_{scKV} \times MVA_{scT}}{MVA_{scKV} + MVA_{scT}} \quad (2-2)$$

Untuk system paralel :

$$MVA_{scKV} = \frac{MVA_{scKV} \times (MVA_{scT1} + MVA_{scT2})}{MVA_{scKV} + (MVA_{scT1} + MVA_{scT2})} \quad (2-3)$$

PMT menggunakan *Cycle breaker* pada operasi pembukaan jaringan, persamaan yang memenuhi keadaan tersebut adalah :

$$MVA_{scKV} = \frac{MVA_{scKV} \times (MVA_{scT1} + MVA_{scT2})}{MVA_{scKV} \times (MVA_{scT1} + MVA_{scT2})} \times k$$

Nilai konstanta k ditentukan berdasarkan *cycle breaker* yang digunakan PMT, yaitu untuk :(Sistem Pengaman Tenaga Listrik)

$$8 \text{ cycle breaker } k = 1.0$$

5 cycle breaker $k = 1.1$

3 cycle breaker $k = 1.2$

2 cycle breaker $k = 1.4$

- c. Dari hasil perhitungan menggunakan rumus di atas maka PMT harus dilakukan penggantian apabila terjadi pemutusan sebanyak :

$$n'' = \frac{n}{300 \left(\frac{MVAsc}{MVAcB} \right)^{1.5}} \quad (2-4)$$

Dimana n = angka pelepasan PMT

n'' = angka pelepasan PMT dengan pengaruh gangguan pada jaringan

Sumber : Pusdiklat PLN, 1984

2.13. Pemeliharaan PMT Air Blast Circuit Breaker dengan Gas Circuit Breaker

Pemeliharaan pemutus tenaga adalah tergantung dari ukuran PMT dan statusnya apakah di jaga atau tidak di jaga. Pelaksanaan dari Pemeliharaan dapat dilakukan sesuai dari jenis pemeliharannya, maka pelaksanaannya dapat dilakukan apakah PMT dalam keadaan operasi atau tidak operasi.

Untuk PMT-PMT yang dijaga kurun waktu pemeliharaan adalah sebagai berikut:

- Harian

- Bulanan
- Tahunan
- Over-houl

Untuk PMI-PMT yang tidak dijaga kurun waktu pemeliharaan adalah sebagai berikut:

- Mingguan
- Bulanan
- Tahunan
- Over-houl

Hasil-hasil pengawasan dan pelaksanaan pemeliharaan perbaikan dicatat dalam kartu Pemutus Tenaga, sedangkan pengamatan atau Pemeriksaan Ilarian, Mingguan dan Bulanan dicatat dalam Kartu Pemeriksaan (*Checking List*) Pemutus Tenaga.

Penentuan kurun waktu untuk over houl PMT secara garis besar ditentukan seperti dalam table 1.

Table 1

JENIS PMT	KURUN WAKTU OVER HOUL
1. PMT dengan media udara hembus (air blast circuit breaker)	9 tahun selambat – lambatnnya atau pada saat jumlah angka pemutusan n = 4500
2. PMT dengan sedikit	6 tahun selambat-lambatnya atau

menggunakan minyak (low oil content circuit breaker)	pada saat jumlah angka pemutusan $n = 1500$
3. PMT dengan banyak menggunakan minyak (bulk oil content circuit breaker)	Disesuaikan dengan petunjuk pabrik
4. PMT dengan media gas SF6	Disesuaikan dengan petunjuk pabrik

Tabel 2.2 Pemeliharaan Pemutus Tenaga

Jumlah angka pemutusan (*number of switching*) n adalah sekian kali PMT membuka atau memutus arus. Pada saat terjadi pemutusan arus beban atau manipulasi jaringan n adalah 1, tetapi bila pembukaan PMT disebabkan karena arus gangguan (lebih besar dari arus nominal PMT) maka $N \neq 1$, tetapi dinyatakan n' (n ekuivalen) dan besarnya tergantung pada arus gangguan dan dinyatakan dalam rumus:

$$n' = 300 \left(\frac{MVAsc}{MVAcB} \right)^{1,5}$$

Dimana n' = angka pelepasan PMT disebabkan gangguan pada jaringan

Sumber : Pusdiklat PLN, 1984

Untuk melaksanakan overhaul maka energy listrik akan dipdamkan hal ini akan menyebabkan daya listrik yang tak tersalurkan, dan dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$P_{loss} = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \Phi$$

$$E_{loss} = P_{loss} \times t$$

Dimana :

I =rating arus (Ampere)

V =rating tegangan (Volt)

P_{loss} =daya yang hilang (watt)

E_{loss} =energy yang hilang (kWh)

$\cos \Phi$ =pada trafo PLTA Sengguruh yaitu 0.9

t =waktu pemeliharaan atau overhaul (jam)

2.14. Kecepatan operasi

Salah satu factor yang perlu diperhatikan dalam PMT salah satunya adalah kecepatan membuka dan menutup.

PMT Air Blast Circuit Breaker

Pada PMT mempunyai kecepatan operasi yang berbeda-beda sesuai dengan spesifikasi masing-masing. PMT Air Blast Circuit Breaker yang terpasang di PLTA Sengguruh mempunyai kemampuan membuka 0,04 s dan menutup 0,06 s.

PMT Gas Circuit Breaker

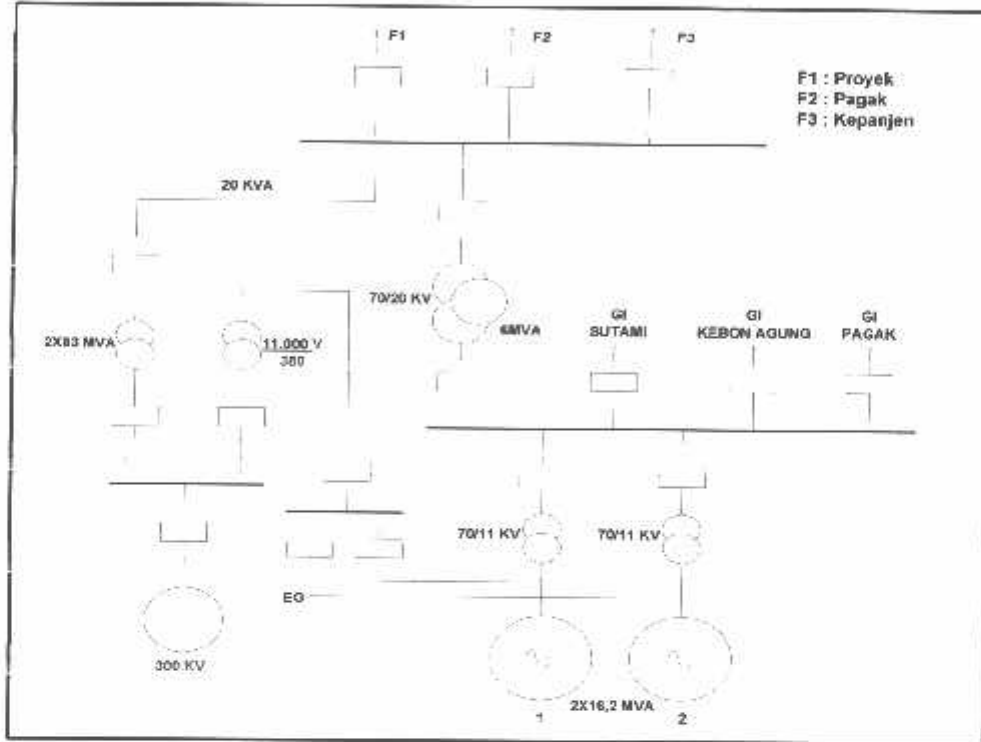
Pada PMT mempunyai kecepatan operasi yang berbeda-beda sesuai dengan spesifikasi masing-masing. PMT Gas Circuit Breaker yang terpasang di PLTA Sengguruh mempunyai kemampuan membuka 0,01 s dan menutup 0,03 s.



BAB III

KAJIAN PEENGGUNAAN GAS CIRCUIT BREAKER DAN AIR BLAST CIRCUIT BREAKER DI PLTA SENGGURUH

3.1. System Kelistrikan



Gambar.3.1 Single Line PLTA Sengguruh

Sumber : PLTA Sengguruh

3.2. Data Peralatan

3.2.1. Transformator Utama (Main Transformator)



Gambar.3.2 Transformator Utama 11/70 kV

Sumber : PLTA Sengguruh, 2011

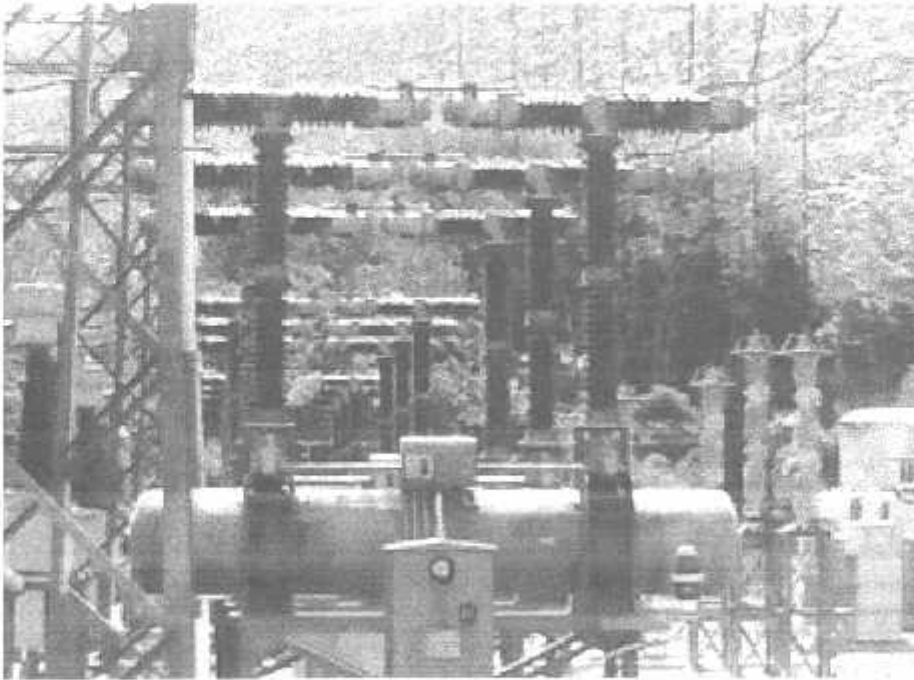
Merupakan transformator utama di PLTA Sengguruh yaitu transformator 11/70 KV 16,2 MVA dan terdiri dari 2 unit yang mempunyai spesifikasi yang sama. Fungsi dari transformator ini adalah sebagai transformator *step up* dimana pada saat generator beroperasi dan sebagai *step down* pada saat generator tidak beroperasi.

Data Teknik *Main Transformator* :

Spesifikasi	: IEC – 76
No. Seri	: 1652110
Produksi	: ELIN Co. Austria 1987

Tipe	: TDQ 7 BRO 759 k 99
Hubungan	: Ynyn 0/ds, 3 fasa
Kapasitas	: 6 MVA
Frekuensi	: 50 Hertz
Ketahanan Impuls Gel. Penuh	: 125 kV, 1 menit
Ketahanan AC	: 50 kV, 10 menit
Tegangan Impedansi	: 10% dasar 6 MVA
Pendinginan	: ONAN
Tingkat Isolasi	: L1 325 AC 140/L1 125 AC
Pentanahan Titik Netral	: ONAN
Berat Total	: 20.800 kg

3.2.2. Data Air Blast Circuit Breaker



Gambar.3.3 Air Blast Circuit Breaker 72 kV

Sumber : PLTA Sengguruh

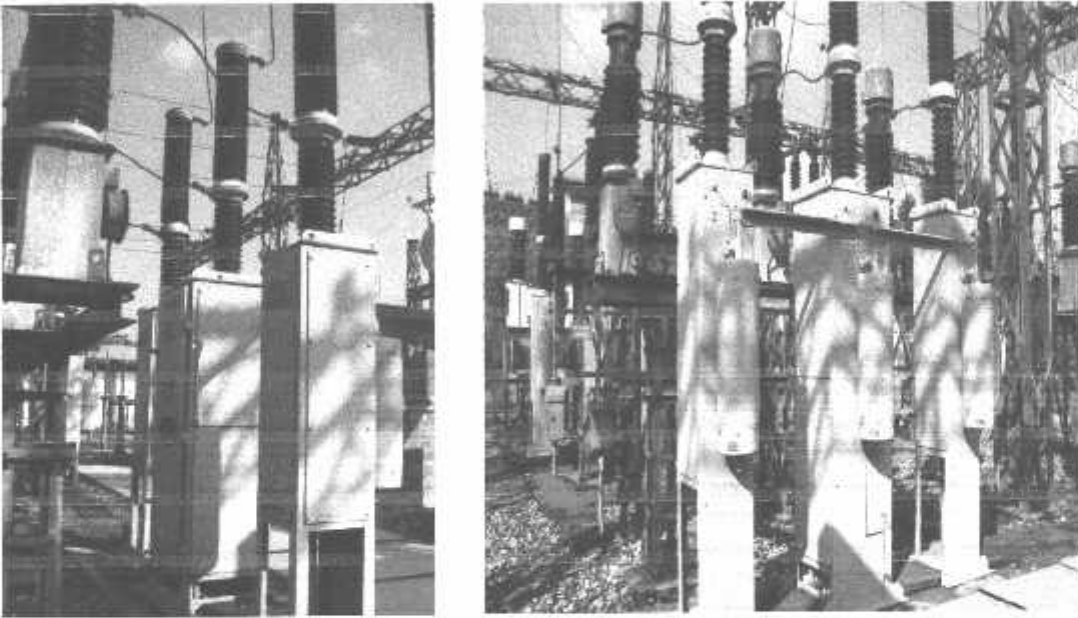
Data Teknik *Air Blast Circuit Breaker* :

Type ABB 70 kv

- | | | |
|-----|---------------------------------|-----------------------------------|
| 1. | Merk | : MEIDEN |
| 2. | Type form | : ABD – 140 K4 |
| 3. | Voltage | : 72 kv |
| 4. | Insulation class | : no 140 |
| 5. | Frequensi | : 50 Hz |
| 6. | Breaking capacity | : 1200 MVA 5 <i>cycle breaker</i> |
| 7. | Kapasitas hubung singkat 3 fasa | |
| | Bus 150 kv (MVAsc 150 kv) | : 10,59 MVA |
| 8. | Making current | : 23,5 KA |
| 9. | Short time current | : 0,04 s |
| 10. | Breaking time | : 0,06 s |
| 11. | Making time | : 0,1 s |
| 12. | Operating voltage | : DC 110 V |
| 13. | Operating pressure | : 15 kg/cm ² -g |
| 14. | Operating duty | : 0-0,3s-CO-3min-CO or CO-15s-CO |
-

15. Total weight : 3,4 ton
16. Air reservoir vol : 1400 liter
17. Gangguan tiap tahun maximal : 3 kali
18. Waktu setiap pelaksanaan overhaul : 5 jam

3.2.3. Gas Circuit Breaker



Gambar.3.4 PMT Gas Circuit Breaker (SF6)

Sumber : PLTA Sengguruh

Data Teknik *Gas Circuit Breaker* :

Type GCB 70 kv

1. Merk : NISSIN
2. Type form : FA 1-S

3.	Voltage	: 72,5 kv
4.	Rated power frequency	
	Withstand voltage	: 325 KV
5.	Frequensi	: 50 HZ
6.	Opening time	: 0,03
7.	Closing Time	: 0,01
8.	Breaking capacity	: 2000 MVA 3 <i>cycle breaker</i>
9.	Kapasitas hubung singkat 3 fasa	
	Bus 150 kv (MVAsc 150 kv)	: 10,59 MVA
10.	Rated normal current	: 800 A
11.	Rated short circuit	
	breaking current	: 20 kA
12.	First-pole-to-clear factor	: 1
13.	Rated short circuit duration	: 2s
14.	Rated out-of-phase breaking	
	Current	: 20 kA
15.	Rated voltage closing and	
	Opening coils	: 110 V
16.	Rated voltage of pump	

	Motor	: 380 V
17.	Pressure ring of motor drive	: 14,8-15,8 bar
18.	Rated operating sequence	: 0-1 min.-CO-3 min.-CO
19.	Rated pressure of SF ₆ at 20 ⁰ C (gauge)	: 7 bar
20.	Weight of SF ₆ filling	: 5 kg
21.	Weight including of SF ₆	: 2000 kg
22.	Gangguan tiap tahun maximal	: 3 kali
23.	Waktu setiap pelaksanaan overhaul	: 4 jam

3.3. Umum

Untuk menganalisis perbandingan secara teknis dan ekonomis penggunaan PMT Air Blast circuit breaker dengan Gas circuit breaker pada transformator 11/70 kV diperlukan analisis :

1. Secara teknis.

Analisis teknis dilakukan dengan menghitung jumlah batas trip maksimum pada masing-masing PMT.

2. Pemeliharaan

Analisis dari segi pemeliharaan berkaitan dengan adanya pemeliharaan berkaitan dengan energy listrik yang tidak tersalurkan akibat dilaksanakan

pemeliharaan yang nantinya akan menentukan lebih ekonomis mana antara Gas Circuit Breaker dengan Air Blast Circuit Breaker.

3. Secara fisik

Analisis secara fisik dilakukan dengan membandingkan konstruksi dari masing-masing PMT.

4. Analisa secara ekonomis

Analisa secara ekonomis dilakukan dengan membandingkan usia pakai masing-masing PMT.

3.3.1. PMT Air Blast Circuit Breaker di PLTA Sengguruh

PMT Air Blast Circuit Breaker di PLTA Sengguruh terpasang pada jaringan 70 kV. Yang tepatnya terpasang pada sisi sekunder Trafo 11/70 kV 16,2 MVA.

3.3.2. PMT Gas Circuit Breaker

PMT Gas Circuit Breaker di PLTA Sengguruh terpasang pada jaringan 70 kV. Yang tepatnya terpasang pada sisi sekunder Trafo 11/70 kV 16,2 MVA.

3.4. Analisa secara teknis

3.6.1. Perhitungan trip maksimum PMT

3.6.1.1. PMT Air Blast Circuit Breaker

Untuk PMT Air Blast Circuit Breaker yang terpasang pada *line* 70 kV dari PLTA Sengguruh ke Gardu Induk Kebon Agung dilakukan perhitungan sebagai berikut :

a. kapasitas hubungan singkat trafo (MVA_{scT}) :

$$\begin{aligned} MVA_{scT} &= \frac{\text{Kapasitas Trafo}}{\text{Impedansi Trafo}} \\ &= \frac{MVA(\text{Trafo})}{X\%(\text{Trafo})} \\ &= \frac{16,2}{10\%} \\ &= 162 MVA \end{aligned}$$

$$I_{hs} = \frac{162}{70 \times 1,73} = 1,33 \text{ kA}$$

$$MVA_{sc} = 215,46 \text{ MVA}$$

Dari hasil diatas, maka PMT harus dilakukan revisi apabila terjadi pemutusan sebanyak :

$$n'' = \frac{n}{300 \left(\frac{MVA_{sc}}{MVA_{cb}} \right)^{1,5}} \quad \text{karena } n \text{ untuk Udara adalah } 4500, \text{ maka :}$$

$$n'' = \frac{4500}{300 \left(\frac{215,5}{1500} \right)^{1,5}}$$

$$n'' = \frac{4500}{16,2}$$

$$= 277,7 \text{ kali}$$

Oleh karena PMT menggunakan *5 cycle breaker* maka :

$$MVA_{sc} = 215,46 \times k$$

$$= 215,46 \times 1,1$$

$$= 237 \text{ MVA}$$

Jadi penggantian PMT dilakukan setelah terjadi pemutusan karena gangguan sebanyak :

$$n'' = \frac{4500}{300 \left(\frac{237}{1200} \right)^{1,5}}$$

$$= \frac{4500}{26,1}$$

- 172 kali

3.6.1.2. PMT Gas Circuit Breaker

Untuk PMT Gas Circuit Breaker yang terpasang pada *line* 70 kV dari PLTA sengguruh ke Gardu Induk Kebon Agung dilakukan perhitungan sebagai berikut :

- a. kapasitas hubungan singkat trafo (MVA_{scT}) :

$$MVA_{scT} = \frac{\text{Kapasitas Trafo}}{\text{Impedansi Trafo}}$$

$$= \frac{MVA(\text{Trafo})}{X\%(\text{Trafo})}$$

$$= \frac{16,2}{10\%}$$

$$= 162 MVA$$

$$I_{hs} = \frac{162}{70 \times 1,73} = 1,33 \text{ kA}$$

$$MVA_{sc} = 215,46 \text{ MVA}$$

- b. Dari hasil hasil perhitungan, maka PMT harus dilakukan revisi apabila terjadi pemutusan sebanyak :

$$n'' = \frac{n}{300 \left(\frac{MVAsc}{MVAcB} \right)^{1.5}} \quad \text{karena } n \text{ untuk SF}_6 \text{ adalah 10.000, maka :}$$

$$n'' = \frac{10.000}{300 \left(\frac{215,46}{2000} \right)^{1.5}}$$

$$n'' = \frac{10.000}{10,5}$$

$$= 952,3 \text{ kali}$$

Oleh karena PMT menggunakan 3 *cycle breaker* maka :

$$MVAsc = 215,46 \times k$$

$$= 215,46 \times 1,2$$

$$= 258,5 \text{ MVA}$$

Jadi penggantian PMT dilakukan setelah terjadi pemutusan karena gangguan sebanyak :

$$n'' = \frac{10.000}{300 \left(\frac{258,5}{2000} \right)^{1.5}}$$

$$n'' = \frac{10.000}{13,8}$$

$$= 724,6 \text{ kali}$$

Dari hasil perhitungan diatas diketahui jumlah trip maksimum kedua jenis PMT. Dari hasil tersebut PMT Gas Circuit Breaker mempunyai batas trip maksimum lebih besar dari PMT media udara hembus. Oleh karena itu waktu *overhaul* atau pemeliharaan PMT Gas Circuit Breaker lebih banyak dari PMT Air Blast Circuit Breaker

3.5. Analisa pemeliharaan

Dari hasil perhitungan trip maksimum PMT Gas Circuit Breaker dan Air Blast Circuit Breaker mempunyai jumlah batas trip yang berbeda. Apabila batas trip maksimum sudah tercapai maka PMT akan mengalami *overhaul*, waktu untuk melaksanakan *overhaul* rata-rata sama untuk kedua PMT. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada table dibawah ini :

Table 3.1. jumlah trip maksimum PMT

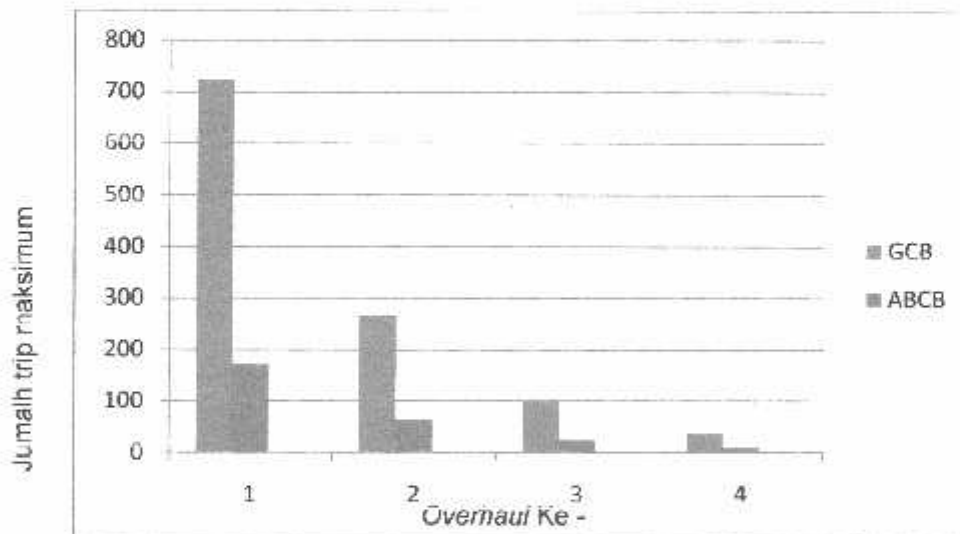
Jenis PMT	Jumlah batas trip maksimum
Gas Circuit Breaker	724,6 kali
Air Blast Circuit Breaker	172 kali

Pengoperasian PMT secara terus-menerus dapat menyebabkan penyusutan kinerja PMT. Hal ini akan mempengaruhi besarnya trip maksimum yang diijinkan pada PMT. Penyusutan akan menurunkan jumlah trip maksimum PMT. Dengan prediksi penyusutan sebagai berikut :

Table 3.2. prediksi trip maksimum karena penyusutan PMT

Overhaul Ke	Jumlah trip maksimum	
	PMT Gas Circuit Breaker (prediksi penyusutan 37,02%)	PMT Air Blast Circuit Breaker (prediksi penyusutan 37,02%)
1	724,6 kali	172 kali
2	268,2 kali	63,6 kali
3	99,2 kali	23,5 kali
4	36,7 kali	8,6 kali

Dari table 4.2 dapat disusun kurva hubungan antara jumlah trip maksimum dengan waktu *overhaul* pada PMT Gas Circuit Breaker dan Air Blast Circuit Breaker sebagai berikut :



Skala 1 : 1

Grafik 3.1. hubungan trip maksimum dengan overhaul pada PMT Gas Circuit Breaker dan Air Blast Circuit Breaker

Dari gambar 4.1 dapat diketahui bahwa telah terjadi penyusutan peralatan sebesar 37,02% maka jumlah trip maksimum pada PMT Gas Circuit Breaker menjadi turun. Demikian juga dengan PMT Air Blast Circuit Breaker, setelah terjadi penyusutan peralatan sebesar 37,02% maka jumlah trip maksimum menjadi turun. Jika dibandingkan jumlah trip maksimum pada Gas Circuit Breaker nilainya tetap lebih besar dari PMT Air Blast Circuit Breaker

Pelaksanaan *overhaul* menyebabkan pemadaman energi listrik sementara. Energi listrik yang tak tersalurkan dapat dihitung sebagai berikut :

1. PMT Gas Circuit Breaker

Besarnya arus dan tegangan sebelum PMT dilepas adalah 133,6 A dan 70 kV, maka :

$$\begin{aligned} P_{loss} &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi \\ &= \sqrt{3} \times 70.000 \times 133,6 \times 0,97 \\ &= 15.693,59 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_{loss} &= P_{loss} \times t \\ &= 15.693,59 \times 4 \\ &= 62.774,36 \text{ kWh} \end{aligned}$$

2. PMT Air Blast Circuit Breaker

Besarnya arus dan tegangan sebelum PMT dilepas adalah 133,6 A dan 70 kV, maka :

$$\begin{aligned} P_{loss} &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi \\ &= \sqrt{3} \times 70.000 \times 133,6 \times 0,97 \\ &= 15.693,59 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$E_{loss} = P_{loss} \times t$$

$$-15.693,59 \text{ kW} \times 5$$

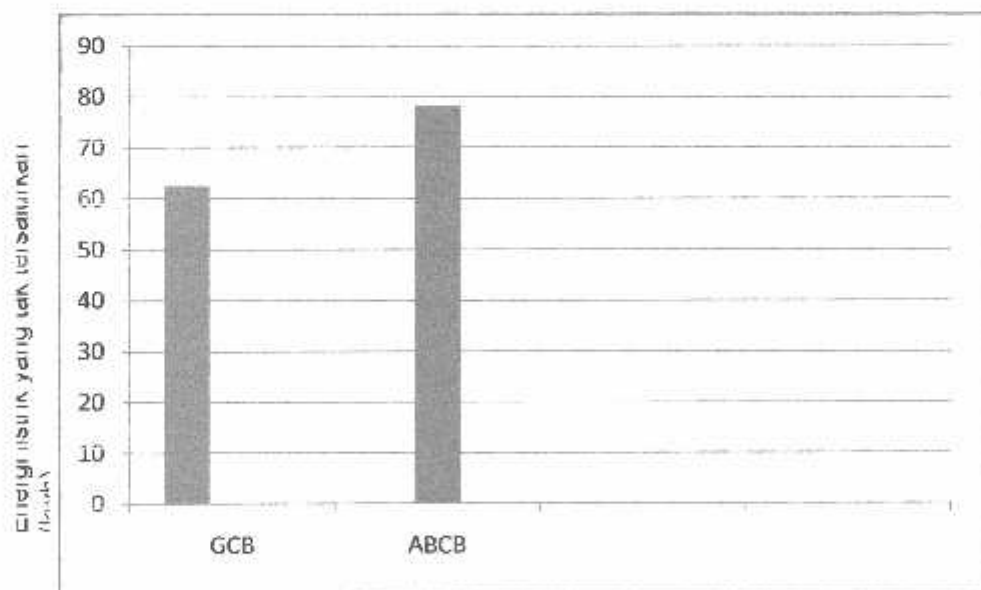
$$=78.467,95 \text{ kWh}$$

Dari hasil perhitungan diatas diketahui besarnya energi listrik tak tersalurkan akibat adanya *overhaul* pada PMT minyak dan udara hembus adalah sebaga berikut :

Table 3.3. Energi listrik tak tersalurkan

Jaringan atau feeder yang menggunakan jenis PMT	Energi listrik yang tak tersalurkan
Gas Circuit Breaker	62.774,36 kWh
Air Blast Circuit Breaker	78.467,95 kWh

Skala:1000



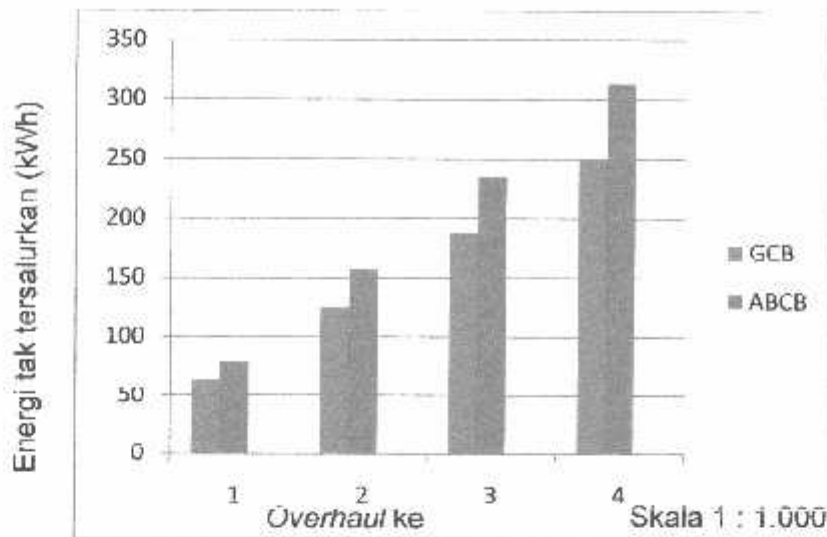
Grafik 3.2. Grafik perbandingan Energi listrik tak tersalurkan

Dari table 4.3 dapat diketahui bahwa pada sistem ini energi listrik yang tak tersalurkan pada penggunaan PMT Gas Circuit Breaker lebih sedikit jika dibandingkan dengan PMT Air Blast Circuit Breaker. Pelaksanaan *overhaul* secara berkelanjutan akan menyebabkan jumlah energi tidak tersalurkan menjadi sebesar :

Table 3.4. kenaikan energi tak tersalurkan disebabkan pelaksanaan overhaul

<i>Overhaul</i> Ke	Energi tak tersalurkan (kWh)	
	PMT Gas Circuit Breaker	PMT Air Blast Circuit Breaker
1	62.774,36	78.467,95
2	125.548,72	156.935,9
3	188.323,08	235.403,85
4	251.097,44	313.871,8

Dari table 4.4 dapat dijelaskan dengan kurva hubungan energi tak tersalurkan dan waktu *overhaul* pada PMT Gas Circuit Breaker dan Air Blast Circuit Breaker sebagai berikut :



Grafik 3.3. hubungan energi tak tersalurkan dengan overhaul pada PMT Gas
Circuit Breaker dan Air Blast Circuit Breaker

Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa jumlah energi tak tersalurkan karena adanya waktu *overhaul* pada jaringan yang menggunakan PMT Air Blast Circuit Breaker lebih besar dibandingkan dengan Gas circuit Breaker.

PMT akan mengalami beberapa kerusakan peralatan dalam operasi membuka dan menutup jaringan.

Prediksi kerusakan peralatan adalah sebagai berikut: (PUSDIKLAT PI.N.1984:40)

- a. kerusakan penggerak *pneumatic* : 21,43 %
- b. kerusakan karena factor lain (keausan logam, kerak pada kontak-kontaknya, dsb ; 15,59 %)

Apabila rata-rata jumlah gangguan selama 1 tahun adalah 20 kali maka dapat diprediksi umur PMT sebagai berikut :

Total pemutusan PMT 1 tahun = 3 kali Sehingga diperoleh :

Umur pemeliharaan PMT berdasarkan jumlah trip :

a. PMT Gas circuit Breaker $n' = \frac{724,6}{3} = 241,5th$

Apabila diperhitungkan dengan faktor kerusakan dan kenaikan *performance* setiap kali pemeliharaan

$$= 241,5 - (21,43\% + 15,59\%) \times 241,5 = 152,1 \text{ tahun}$$

Sehingga prediksi usia PMT adalah 152,1 tahun.

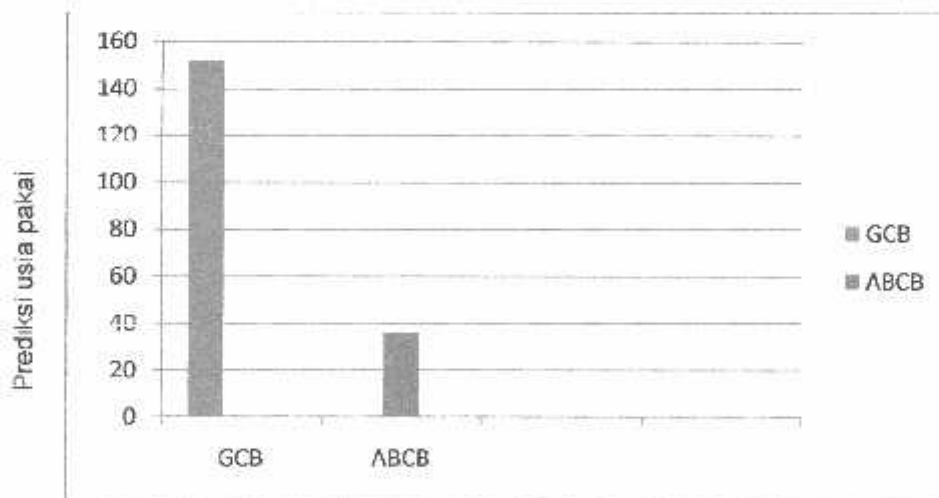
b. PMT Air Blast Circuit Breaker $n'' = \frac{172}{3} = 57,3th$

Apabila diperhitungkan dengan faktor kerusakan dan kenaikan *performance* setiap kali pemeliharaan

$$= 57,3 - (21,43\% + 15,59\%) \times 57,3 = 36,1 \text{ tahun}$$

Sehingga prediksi usia PMT adalah 36,1 tahun.

Dengan jumlah trip yang sama maka PMT Gas circuit Breaker mempunyai usia pakai yang lebih lama, yaitu 152,1 tahun jika dibandingkan dengan PMT Air Blast Circuit Breaker, yaitu hanya 36,1 tahun.



Skala 1 : 1

Grafik 3.4. Perbandingan prediksi usia pakai PMT GCB dan ABCB

3.6. Analisa Secara Fisik

Pada pembahasan bab sebelumnya telah dibahas konstruksi dari PMT dengan media isolasi minyak dan udara hembus.

Dari bagian – bagian utama kedua jenis PMT di atas dapat disimpulkan bahwa konstruksi PMT dengan media Air Blast Circuit Breaker lebih rumit jika dibandingkan dengan PMT Gas Circuit Breaker. Konstruksi PMT Gas Circuit Breaker relatif lebih sederhana sehingga mudah untuk dilakukan perawatan.

Dari parameter – parameter yang digunakan untuk membandingkan kinerja kedua PMT didapatkan hasil perbandingan sebagai berikut :

Tabel 3.5. hasil analisis PMT Gas Circuit Breaker dan Air Blast Circuit Breaker berdasarkan parameter – parameter perbandingan

No	Parameter perbandingan	PMT Gas Circuit Breaker	PMT Air Blast Circuit Breaker
1	Jumlah trip maksimum	724,6 kali	172 kali
2	Energi tak tersalurkan	62.774,36 kWh	78.467,95 kWh
3	Kecepatan operasi		
	a. Membuka	0,03 detik	0,06 detik
	b. menutup	0,01 detik	0,04 detik
4	Prediksi usia pakai	152,1 tahun	36,1 tahun
5	konstruksi	Sederhana	Rumit

BAB IV

KESIMPULAN

4.1. Segi teknis

Dilihat dari segi teknis antara kedua PMT yaitu Air Blast dengan Gas Circuit Breaker mempunyai umur kontak yang berbeda. Gas Circuit Breaker mempunyai umur kontak 152,1 tahun sedangkan PMT Air Blast Circuit Breaker mempunyai umur kontak 36,1 tahun. Selain itu dilihat dari segi material PMT Air Blast Circuit Breaker lebih banyak dan lebih rumit dalam hal pemeliharaan dibandingkan dengan PMT Gas Circuit Breaker. Sedangkan untuk perawatan, lebih sering dilakukan overhaul Air Blast Circuit Breaker dibandingkan Gas Circuit Breaker dikarenakan pemutusan Gas Circuit Breaker lebih banyak 724,6 kali dibandingkan Air Blast Circuit Breaker 172 kali.

4.2. Segi ekonomis

Dari segi ekonomis dapat dilihat pada analisa energy tak tersalurkan akibat adanya Overhaul pada kedua PMT. Pada waktu pelaksanaan overhaul PMT Air Blast Circuit Breaker dengan waktu overhaul 5 jam energy yang taktersalurkan mencapai 78.467,95 kWh. Sedangkan pada PMT Gas Circuit Breaker dengan waktu overhaul 4 jam energy yang taktersalurkan mencapai 62.774,36 kWh. Sehingga mempunyai selisih 15.693,59 kWh hal ini disebabkan karena peralatan pada Gas Circuit lebih sedikit sehingga membutuhkan waktu perawatan lebih sedikit. Dan untuk Gas Circuit Breaker pemeliharaanya membutuhkan gas SF₆, satu kali overhaul untuk Gas Circuit Breaker bila ada penambahan gas SF₆ untuk memnormalkan tekanan pada 7 BAR, harga dari gas SF₆ 1 kg = Rp 160.000 Gas Circuit Breaker ini terdapat 5 kg gas SF₆ dengan tekanan 7 BAR. Jadi waktu

overhaul gas SF₆ diganti maka pengisiannya membutuhkan 5 kg x Rp 160.000= Rp 800.000.

Selain itu dengan menggunakan PMT Gas Circuit Breaker selama satu kali pelaksanaan overhaul dari energi tak tersalurkan dapat menghemat biaya Rp 1.636.842 – Rp 800.000 jika ada penambahan gas SF₆, jadi penghematan biaya Rp 836.842, dibandingkan dengan menggunakan Air Blast Circuit Breaker. Sehingga penggunaan PMT Gas Circuit Breaker lebih baik dari segi teknis dan ekonomis dari pada PMT Air Blast Circuit breaker.

4.3. Saran

1. Pada pemutus tenaga Gas Circuit Breaker perlu adanya pengecekan secara rutin dikarnakan Gas SF₆ mudah bocor yang disebabkan pada bagian sil-sil (karet) pada tabung gas SF₆.
 2. Selain itu perlu pengecekan pada tachometer gas SF₆ agar tidak terjadi tercampur dengan partikel lain yang nantinya berpengaruh pada proses pemadaman busur api.
 3. Pada pemutus tenaga Air Blast Circuit Breaker tekanan udara perlu adanya pengecekan secara rutin dikarnakan udara mudah tercampur dengan air.
-

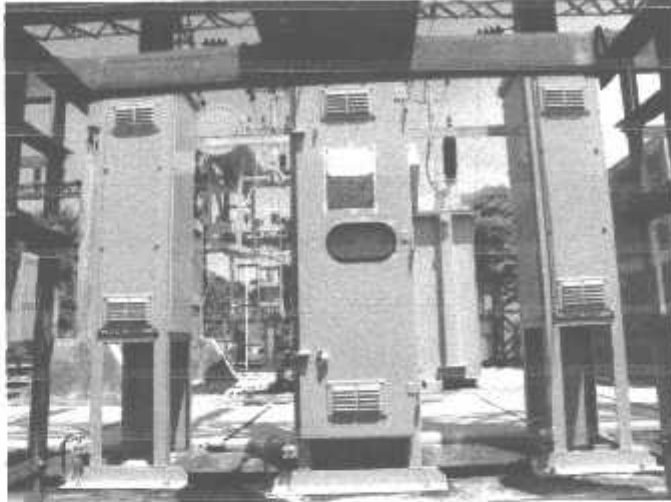


DAFTAR PUSTAKA

- Setiabudy, Rudy, 2007, *Material Teknik Listrik*, Universitas Indonesia, Jakarta
- Kind, Dieter, 1993, *Pengantar Teknik Eksperimental Tegangan Tinggi*, ITB, Bandung
- Marsudi, Djiteng, Ir., 2005, *Pembangkit Energi Listrik*, Erlangga
- Pusdiklat, 1984, *Himpunan Buku Petunjuk Operasi dan Pemeliharaan Peralatan Penyaluran Tenaga Listrik, Peralatan Hubung Bab III*, PLN
- Stevenson, W. 1996. *Elements of Power System Analysis, 4th Edition*.
Terjemahan Kamal Idris, Erlangga. Jakarta
- Naidu, MS, V. Kamaraju. 1982, *High Voltage Engineering*. Tata MeeGraw Hill
Publishing Company Limited, New Delhi
-



LAMPIRAN



1. DATA TEKNIK

1.1 GAS CIRCUIT BREAKER

Type : EAIS
Rated normal current : 800 A
Rated voltage : 72,5 KV
Pabrik : NISSIN ELECT.CO
Bahan support : Besi Siku Galvanis

1.2 MOTOR

Rated voltage : 380 V, 50 HZ, 0,75 KW
Quantity : 1 SET
Pabrik : NISSIN ELECT. CO

1.3 Air reservoir tank / air valve mechanic / compressor mechanic cylinder / storage cylinder / air pressure monitoring / interrupter insulator air valve / breaking chamber / supporting insulator masing-masing :

Quantity : 3 SET
Pabrik : NISSIN ELECT. CO

1.4 PANEL KONTROL

Quantity : 1 SET
Pabrik : NISSIN ELECT. CO

2. FUNGSI


Peralatan ini digunakan sebagai penghubung / pemutus beban (PMT) untuk tegangan 70 KV yang dilengkapi pemadam busur listrik (gas SE 6)

3. CARA PENGOPERASIAN

System pengoperasiannya bisa dilakukan secara remote (scada). Otomatic dan manual dari handel 1 AA-QQ (dicontrol room)

3.1 LANGKAH PENGOPERASIAN

- Pemeriksaan sumber daya 380 Volt
- Pemeriksaan system kontrol
- Pemeriksaan pressure gas
- Pemeriksaan selector switch posisi (penyerempak) remote auto / manual
- Pemeriksaan tekanan udara ditangki
- Pemeriksaan lampu indicator (tanda)

	SISTEM MANAJEMEN	No. Doc. : BR-IK-2-01-10-H-01-01
	SOP GAS CIRCUIT BREAKER PLTA SENGGURUH	No. Revisi : 02
		Tgl. Berlaku : 01 - 01 - 2010
		Halaman : 2 dari 4

3.2 PENGOPERASIAN SECARA REMOTE / AUTOMATIC (PEMASUKAN)

- PMS 1 AA Q 1 dan PMS 1 AC Q 9 harus sudah dalam keadan masuk terlebih dahulu
- Pastikan selector switch penyerempak, kunci pada posisi automatic
- Selanjutnya GCB akan bekerja / masuk sendiri secara automatic pada saat generator masuk paralel. Indicator akan menunjukkan ON (menyala merah)
- Demikian pula untuk pelepasan automatic GCB akan bekerja sesuai urutan generator stop, lepas paralel. Lampu indicator menyala hijau (posisi OFF)
- Dengan bekerjanya peralatan system kontrol dan air pressure mechanic. Bisa dinya takan GCB 70 KV normal
- Untuk operasi pelepasan automatic (remote / scada). Bisa dilakukan dari area IV / UPB WARU dengan terlebih dahulu menempatkan selector switch 70 LR ke posisi remote.

3.3 PENGOPERASIAN SECARA LOKAL / MANUAL (TANPA BEBAN)

- PMS 1 AA Q 1 dan PMS 1 AC Q 9 harus dalam keadan terbuka (dilepas lebih dahulu)
- Pastikan selector switch penyerempak, kunci pada posisi manual
- Putar kekanan handle PMT 1 AA Q 0
- Handle 1 AA Q 0 akan mengerjakan coil kontak. Memasukan moving kontak dengan bantuan tekanan udara. Indicator berpindah keposisi ON demikian saat pelepasan manual.
- Handle 1 AA Q 0 putar kekiri PMT moving contact akan lepas dengan diredam gas SF 6. indicator berpindah keposisi OFF.

4. PEMELIHARAAN

4.1 PEMERIKSAAN HARIAN

- Pemeriksaan secara visual
- Drain endapan air dalam pressure tank

4.2 PEMERIKSAAN PERIODIK

- Pemeriksaan / pembersihan / pengukuran tahanan isolasi contact. Moving contact
- Pembersihan spring udara dan bushing isolator
- Pemeriksaan gas SF 6

5. FAKTOR KESELAMATAN KERJA DAN KESEHATAN KERJA :

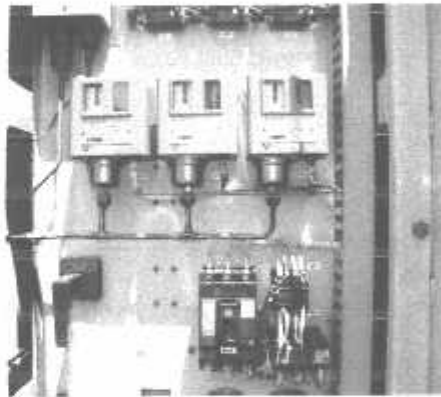
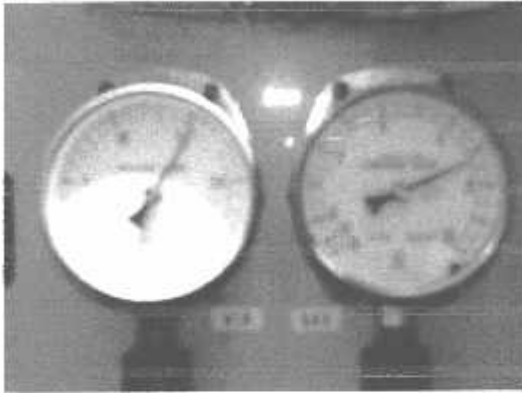
- 5.1 Terbantur benda keras
- 5.2 Konsleting / hubung singkat, kebakaran
- 5.3 Terpeleset dan jatuh

6. PENGGUNAAN PERLENGKAPAN / PERALATAN K 3 :

- 6.1 Memakai pelindung kepala (helm)
- 6.2 Memakai sarung tangan tegangan tinggi dan sarung tangan katun
- 6.3 Memakai sabuk pengaman
- 6.4 Memakai sepatu tegangan tinggi dan masker
- 6.5 Membawa / menyediakan alat pemadam api APAR
- 6.6 Peralatan kerja yang digunakan adalah sbb :
 - 6.6.1 Alat kerja
 - 6.6.1.1 Alat ukur
 - * Megger ukuran 1000 V / 2000 M OHM
 - * AVO meter
 - * Double bridge

6.6.1.2 Tools

- * Tang kombinasi
- * Obeng set
- * Kunci pas / ring set
- * Spesial tools
- * Hand blower 220 Volt
- * Ground wire dan stick



7. FAKTOR KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA

7.1 Bahaya yang Mungkin Terjadi

- Terbentur benda keras.
- Tersengat tegangan listrik.

7.2 Penanggulangan Bahaya

- Tanggap dan mengerti peralatan
- Berkerja dengan teliti dan hati-hati.
- Memakai alat keselamatan kerja yang sesuai.

7.3 Peralatan Keselamatan Kerja

- Sepatu bebas tegangan listrik, helm, sarung tangan

8. FAKTOR KEBERSIHAN LINGKUNGAN

- a. Pembersihan limbah B3 dari tempat kerja
- b. Lantai tempat kerja harus bersih dari oli dan grease
- c. Ciptakan suasana lingkungan kerja yang aman dan bersih



LEMBAR ASISTENSI BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Sesuai permohonan dari mahasiswa :

Nama : Wemy Andryane Putra

Nim : 0852005

Program Studi : Teknik Listrik D-III

Waktu Bimbingan :

Judul Tugas Akhir : Kajian Perbandingan Secara Teknis Dan Ekonomis
Penggunaan Gas Circuit Breaker Dengan Air Blast Circuit Pada
Transformator 11/70 kv 16,2 MVA Di PLTA Sengguruh

NO	TANGGAL	MATERI	PARAF
1	05-06-2011	Konsultasi masalah TA	✓
2	12-06-2011	Konsultasi BAB I < Batasan masalah >	✓
3	19-06-2011	Konsultasi BAB II	✓
4	25-06-2011	Konsultasi BAB III	✓
		Revisi BAB III	✓
5	04-07-2011	Konsultasi BAB IV < Revisi >	✓
6	10-07-2011	Konsultasi Kata Pengantar, Abstrak	✓
7	11-07-2011	ACC ujian	✓

Malang, 22 Juni 2011

Mengetahui,

Dosen Pembimbing

Ir. Abdul Hamid, MT

NIP.Y : 1018800188



LEMBAR ASISTENSI BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Sesuai permohonan dari mahasiswa :

Nama : Wemy Andryane Putra

Nim : 0852005

Program Studi : Teknik Listrik D-III

Waktu Bimbingan :

Judul Tugas Akhir : Kajian Perbandingan Secara Teknis Dan Ekonomis Penggunaan Gas Circuit Breaker Dengan Air Blast Circuit Breaker Pada Transformator 11/70 KV 16,2 MVA Di PLTA Senguruh

NO	TANGGAL	MATERI	PARAF
1.		Pertahani kesimpulan untuk menghitung ekonomis	<i>Ch.</i>
2.		Hitung juga jika ada pengisian gas SF6, biayanya.	<i>Ch.</i>
			<i>Ch.</i>
			<i>Ch.</i>
			<i>Ch.</i>

Malang, 18 Agustus 2011

Mengetahui,

Dosen Penguji

Ir. Choirul Saleh, MT

NIP.Y : 1018800190



LEMBAR ASISTENSI BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Sesuai permohonan dari mahasiswa :

Nama : Wemy Andryane Putra

Nim : 0852005

Program Studi : Teknik Listrik D-III

Waktu Bimbingan :

Judul Tugas Akhir : Kajiann Perbandingan Secara Teknis Dan Ekonomis Penggunaan
Gas Circuit Breaker Dengan Air Blast Circuit Breaker Pada
Transformator 11/70 KV 16,2 MVA Di PLTA Senggunih

NO	TANGGAL	MATERI	PARAF
1.		Hitung dan cari kembali rumus untuk umur dan jumlah bus	

Malang, 18 Agustus 2011

Mengetahui,

Dosen Penguji

Ir. Eko Nbercahyo

NIP.Y : 1028700172