

**ANALISIS KAPASITAS DAN MOMENTRY PADA PEMUTUS
TENAGA (PMT) GAS SF6 DI GARDU INDUK 150 KV TELLO**

SKRIPSI



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

MAKASSAR

2015



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **Analisis Kapasitas dan Momenry Pemutus Tenaga (PMT) Gas SF6 di Gardu Induk 150 KV Tello**

Nama : Darwis
Badruz Zaman

Stambuk : 105 82 0689 10
105 82 0495 10

Makassar, 27 Agustus 2015

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Ir. Indra Jaya Mansur, MT.


Ir. Abd. Hapid, MT.

Mengetahui,

Ketua Jurusan Elektro




Umar Katu, ST., MT.

NBM : 990 410



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama Darwis dengan nomor induk Mahasiswa 105 82 0689 10 dan Badruz Zaman dengan nomor induk Mahasiswa 105 82 0495 10, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 332/05/A.5-II/II/36/2015, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu 28 Februari 2015

Makassar, 12 Dzulqaidah 1436 H
27 Agustus 2015 M

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Dr. H. Irwan Akib, M.Pd.

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. -Ing. Ir. Wahyu H. Piarah, MSME.

2. Penguji

a. Ketua : Dr. H. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng.

b. Sekertaris : A. Abd. Halik Lateko, ST., MT.

3. Anggota : 1. Dr. Ir. H. Zahir Zainuddin, M.Sc.

2. Umar Katu, ST., MT.

3. Adriani, ST., MT.

Mengetahui :

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Indra Jaya Mansur, MT.

Ir. Abd. Hapid, MT.

Ketua Program Studi
Teknik Elektro



Umar Katu, ST., MT.
NBM : 990 410

**ANALISIS KAPASITAS DAN MOMENTRY PADA PEMUTUS
TENAGA (PMT) GAS SF6 DI GARDU INDUK 150 KV TELLO**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar Sarjana
Program Studi Teknik Listrik
Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik

Disusun dan Diajukan Oleh

BADRUZ ZAMAN .B

105 82 00495 10

DARWIS

105 8200 689 10

PADA

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

MAKASSAR

2015

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena Rahmat dan HidayahNya sehingga penulis dapat menyusun skripsi ini, dan dapat selesai dengan baik.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan akademik yang harus ditempuh dalam rangka penyelesaian program studi pada Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir adalah : *“Analisis kapasitas dan momentry pada pemutus tenaga (PMT) gas sf6 di gardu induk 150 kv tello.”*

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan-kekurangan, hal ini disebabkan penulis sebagai manusia biasa tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan baik itu ditinjau dari segi teknis penulis maupun dari perhitungan-perhitungan. Oleh karena itu penulis menerima dengan ikhlas dan senang hati segala koreksi serta perbaikan guna penyempurnaan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat.

Skripsi ini dapat terwujud berkat adanya bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala ketulusan dan kerendahan hati, kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak Hamzah Al Imran, ST, MT. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

2. Bapak Umar Katu, ST, MT., sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak. DR. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc, selaku Pembimbing I dan Bapak Ir. Abd. Hafid, MT. selaku Pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktunya dalam membimbing kami.
4. Bapak dan ibu dosen serta staf pegawai pada fakultas teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
5. Ayahanda dan Ibunda yang tercinta, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang, doa dan pengorbanan terutama dalam bentuk materi dalam menyelesaikan kuliah.
6. Saudara-saudaraku serta rekan-rekan mahasiswa fakultas teknik terkhusus angkatan 2010 yang dengan keakraban dan persaudaraan banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga semua pihak tersebut di atas mendapat pahala yang berlipat ganda di sisi Allah SWT dan skripsi yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi penulis, rekan-rekan masyarakat serta bangsa dan Negara. Amin.

Makassar, Maret 2014

Penulis

ABSTRAK

Analisis kapasitas dan *momentry* pemutus tenaga gas *SF6* pada gardu induk di gardu induk 150 kv Tello. Skripsi, Jurusan teknik elektro, fakultas teknik universitas muhammadiyah Makassar(dibimbing oleh Indra jaya mansur dan Abd. Hapid. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan memahami tingkat kapasitas dan kualitas *momentry*. PMT gas *SF6* yang akan digunakan dengan menganalisa gangguan arus hubung singkat yang terjadi pada gardu induk 150 Kv tello dan untuk menentukan karakteristik pemilihan PMT gas *SF6* yang akan digunakan serta menentukan setting relay *OCR* dan *GFR* untuk mendeteksi bila terjadi arus gangguan hubung singkat pada gardu induk 150 Kv Tello.

Data penelitian ini diperoleh dengan observasi langsung, interview, studi literatur dan dokumentasi dengan melihat langsung dan menjelaskan lalu membandingkan PMT gas *SF6* yang ada dengan penjelasan teori dengan PMT lain yang digunakan pada transmisi dan gardu induk Tello kota makassar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PMT gas *SF6* dapat meminimalisir terjadinya perluasan dan mengamankan area gangguan setiap gangguan yang terjadi. Hal ini dapat dilihat dengan minimnya kondisi gangguan yang terjadi selama operasi, dan gangguan yang terjadi dapat teratasi tanpa menimbulkan dampak yang terlalu berarti bagi penyaluran energi listrik pada konsumen.

KATA KUNCI : *PMT gas SF6, Kapasitas PMT gas SF6, Momentry PMT, Relay*



DAFTAR ISI

HALAMAT JUDUL.....	i
HALAMAN PENGSAHAN.....	ii
PENGESAHAN	iii
ABSTRAK.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar belakang	1
B. Rumusan masalah.....	3
C. Tujuan penelitian.....	3
D. Manfaat penelitian.....	4
E. Batasan Masalah.....	4
F. Sistematika penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Pemutus Tenaga (PMT)	6
1. Pemutus Tenaga (PMT) Dengan Media Minyak.	6
2. Pemutus Tenaga (PMT) Dengan Media Udara.	7
B. Pemutus tenaga (PMT) Gas Sf ₆	8
C. Fungsi Bagian Utama Dan Cara Kerja Pemutus Tenaga (PMT)	10

1. Pemutus tenaga (PMT) dengan media minyak	10
2. Pemutus Tenaga (PMT) Dengan Media Udara Hembus.....	19
D. Fungsi Bagian Utama Pemutus tenaga (PMT) dengan media gas SF6	27
E. Kelemahan Pemutus Tenaga (PMT) Gas SF6 Sebagai Medium Isolasi	32
F. Relay OCR (<i>Over Current Relay</i>).....	32
G. Relay GFR (<i>Ground Fault Relay</i>).....	34
H. Gangguan-Gangguan Hubung Singkat Pada Gardu Induk	35
BAB III METODE PENELITIAN	38
A. Metode Penelitian.....	38
B. Obyek Penelitian.....	38
C. Teknik Pengumpulan Data.....	38
D. Flowchart.....	40
BAB IV ANALISA DATA.....	41
A. Perhitungan Arus Hubung Singkat	41
a. Perhitungan MVA Hubung Singkat : Phas Ketaanah.....	41
b. Perhitungan Momentary Gas SF6.....	42
c. Busbar Satu Setengah (One Half Busbar)	43
d. Menghitung Kapasitas Pemutus Arus.....	44
B. Perhitungan Waktu Kerja Relay	45
1. Relay gangguan tanah (GFR)	45

C. Keunggulan Pemutus Tenaga (PMT) Gas SF6 Sebagai Medium	
Isolasi	47
BAB V PENUTUP	48
A. Kesimpulan	48
1. Kapasitas Gas SF6 Yang Digunakan Pada Gardu Induk Tello...	48
2. Untuk Menentukan Ssetting Relay OCR dan GFR.....	48
B. SARAN	50
DAFTAR PUSTAKA	51



DAFTAR GAMBAR

1. Gambar Struktur 2.1 PMT Dengan Media Gas SF ₆	9
2. Gambar 2.2 Terjadinya Pemutusan Busur Api Listrik.....	13
3. Gambar 2.3 PMT Dengan Menggunakan Banyak Minyak.....	14
4. Gambar 2.4 Pemadam busur api listrik dengan udara hembus.....	23
5. Gambar 2.5 terjadinya busur api listrik pada PMT gas SF ₆	30
6. Gambar 2.6 karakteristik kerja relay arus lebih tipe.....	33
7. Gambar 2.7 relay arus lebih waktu terbalik (Invers).....	34
8. Gambar 2.8 gangguan satu fasa ke tanah.....	36
9. Gambar 2.9 Gangguan antar fasa.....	36
10. Gambar 2.10 Gangguan tiga fasa ke tanah.....	37
11. Gambar 2.11 Gangguan tiga fasa ke tanah.....	37
12. Gambar 4.1 Single line sistem busbar satu setengah penempatan PMT.....	43

DAFTAR TABEL

1. Tabel 4.1. Hasil Perhitungan Arus Hubung Singkat Pada Tiap Bus..... 41
2. Tabel 4.2 Name Plat PMT Gas SF₆..... 43



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Hasil Perhitungan Arus Hubung Singkat Pada Tiap Bus.....41

Tabel 4.2 Name Plat PMT Gas SF6.....44



DAFTAR GAMBAR

Gambar Struktur 2.1 PMT Dengan Media Gas SF6	9
Gambar 2.2 Terjadinya Pemutusan Busur Api Listrik.....	13
Gambar 2.3 PMT Dengan Menggunakan Banyak Minyak.....	14
Gambar 2.4 Pemadam busur api listrik dengan udara hembus	23
Gambar 2.5 terjadinya busur api listrik pada PMT gas SF6	30
Gambar 2.6 karakteristik kerja relay arus lebih tipe	33
Gambar 2.7 relay arus lebih waktu terbalik (Invers).....	34
Gambar 2.8 gangguan satu fasa ke tanah.....	36
Gambar 2.9 Gangguan antar fasa.....	36
Gambar 2.10. Gangguan tiga fasa ke tanah.....	37
Gambar 2.11 Gangguan tiga fasa ke tanah.....	37
Gambar 3.1 Flowchart Penelitian.....	40
Gambar 4.1 Single line sistem busbar satu setengah penempatan PMT	43
Gambar 5.1 Gangguan fhasa ke tanah.....	49
Gambar 5.2 Gangguan antar fasa	49



BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Berdasarkan *IEV (International Electrotechnical Vocabulary)* 441-14-20 disebutkan bahwa Circuit Breaker (CB) atau Pemutus Tenaga (PMT) merupakan peralatan saklar atau switching mekanis, yang mampu menutup, mengalirkan dan memutus arus beban dalam kondisi normal serta mampu menutup, mengalirkan (dalam periode waktu tertentu) dan memutus arus beban dalam spesifik kondisi abnormal / gangguan seperti kondisi short circuit atau hubung singkat. Fungsi utamanya adalah sebagai alat pembuka atau penutup suatu rangkaian listrik dalam kondisi berbeban, serta mampu membuka atau menutup saat terjadi arus gangguan (hubung singkat) pada jaringan Gardu Induk. PMT adalah sakelar yang dapat digunakan untuk menghubungkan atau memutuskan arus/daya listrik sesuai dengan ratingnya jika terdapat gangguan pada Gardu Induk (GI) atau alat transmisi lainnya secara otomatis. Salah satu jenis PMT yang ada sekarang ini adalah dengan menggunakan media gas SF₆ (Sulphur Hexaflorida).

PMT gas SF₆ merupakan salah satu pemutus tenaga dengan 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.

Klasifikasi PMT berdasarkan media insulator dan material dielektriknya, dibagi menjadi empat jenis yaitu PMT minyak, PMT udara hembus, PMT vakum dan PMT dengan gas SF₆. PMT dengan media isolasi minyak dapat digunakan untuk memutus arus sampai 10 kA pada rangkaian bertegangan sampai 500 kV.

PMT dengan media isolasi minyak dibagi menjadi dua jenis, yaitu PMT dengan menggunakan minyak banyak dan PMT dengan menggunakan sedikit minyak. 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. Oleh karena itu sebagai upaya dalam meningkatkan mutu dan keandalan penyaluran sistem tenaga listrik maka penulis mengangkat judul: **“Analisis Kapasitas Dan Momenry Pada Pemutus Tenaga (PMT) Gas SF₆ Di Gardu Induk 150 KV Tello”**

B. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Bagaimana mengetahui tingkat kapasitas PMT gas SF₆ yang akan digunakan dengan menganalisa gangguan arus hubung singkat yang terjadi pada gardu induk 150 kv Tello?

1. Bagaimana menentukan karakteristik pemilihan PMT gas SF₆ yang akan digunakan pada gardu induk 150 kv Tello?
2. Bagaimana menentukan setting relay OCR dan GFR untuk mendeteksi bila terjadi arus gangguan hubung singkat pada gardu induk 150 kv Tello?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian kami berdasarkan rumusan masalah di atas adalah sebagai berikut:

1. Untuk Mengetahui tingkat kapasitas PMT gas SF₆ yang akan digunakan dengan menganalisa gangguan arus hubung singkat yang terjadi pada gardu induk 150 kv Tello.
2. Untuk Menentukan karakteristik pemilihan PMT gas SF₆ yang akan digunakan pada gardu induk 150 kv Tello.
3. Untuk Menentukan setting relay OCR dan GFR untuk mendeteksi bila terjadi arus gangguan hubung singkat pada gardu induk 150 kv Tello.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang bisa diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan kapasitas penggunaan PMT gas SF₆ pada gardu induk 150 kv Tello.
2. Memahami karakteristik pemilihan PMT gas SF₆ yang akan digunakan pada gardu induk 150 kv Tello.
3. Dapat meminimalisir perluasan daerah pemadaman dan pengamanan peralatan listrik yang lain pada saat terjadi gangguan hubung singkat pada gardu induk 150 kv Tello.

E. Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih efektif maka kami membatasi ruang lingkup penelitian ini pada:

1. Area jaringan gardu induk 150 kv Tello.
2. PMT gas SF₆ yang digunakan pada gardu induk 150 kv Tello.
3. Relay OCR dan GFR yang menjadi mean proteksi PMT gas SF₆.

F. SISTEMATIKA PENULISAN

Pada penulisan tugas akhir ini penulis mengklarifikasikan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Terdiri dari Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian, Batasan Masalah, Sistematika Penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi ulasan umum berbagai publikasi yang berkaitan dengan masalah-masalah yang diteliti, sebagai bahan perbandingan dari hasil analisa dan pembahasan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang Lokasi Penelitian, Data Parameter, Peralatan dan Cara Kerja.

BAB IV ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi Pemaparan Hasil Penelitian yang dilakukan dengan mengemukakan pemikiran penulis.

BAB V PENUTUP

Berisi Kesimpulan dan Saran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pemutus Tenaga (PMT)

Pemutus tenaga (PMT) adalah circuit breaker yang dapat digunakan untuk menghubungkan atau memutuskan arus atau daya listrik sesuai dengan rantingnya. Pada waktu pemutusan arus atau daya listrik akan terjadi busur api listrik, pemadaman busur api listrik pada waktu pemutusan dapat dilakukan oleh beberapa macam bahan, yaitu: minyak, udara atau gas. Berdasarkan media pemadaman busur api listrik tersebut, PMT dapat dibagi menjadi 3 jenis yaitu:

- a. Pemutus tenaga (PMT) dengan media minyak,
- b. Pemutus tenaga (PMT) dengan media udara,
- c. Pemutus tenaga (PMT) dengan media gas.

1. Pemutus Tenaga (PMT) Dengan Media Minyak

Pada prinsipnya pemutus tenaga (PMT) dengan media minyak dapat pula dibagi menjadi dua tipe yaitu:

- a. Pemutus tenaga (PMT) dengan banyak menggunakan minyak (*Bulk oil circuit breaker*). Pemutus tenaga (PMT) dengan banyak menggunakan minyak dengan secara umum dipergunakan pada sistem tegangan sampai dengan 245 kV. pada tipe ini minyak berfungsi sebagai:

- 1) Peredam loncatan bungan api listrik selama pemutusan kontak-kontak.
- 2) Bahan isolasi antara bagian-bagian yang bertegangan dengan bagian yang tidak bertegangan.

Pemutus tenaga (PMT) tipe pada bagian ini ada yang mempunyai alat pembatas busur api listrik dan ada pula yang tidak memakai pembatas busur api listrik.

- b. Pemutus Tenaga (PMT) Dengan Sedikit Menggunakan Minyak (*Low Oil Content Circuit Breaker*). Pada pemutus tenaga (PMT) dengan sedikit menggunakan minyak ini, minyak hanya dipergunakan sebagai peredam loncatan bungan api listrik. sedangkan sebagai bahan isolasi dan bagian-bagian yang bertegangan di gunakan porselen atau material isolasi dari jenis organik. Pemutus arus dilakukan dibagian dalam dari pemutus. Pemutus ini di masukkan dalam tabung yang terbuat dari bahan isolasi. Diantara bagian pemutus dan tabung di isi dengan minyak yang berfungsi untuk memadamkan busur api waktu pemutusan.

2. Pemutus Tenaga (PMT) Dengan Media Udara.

Pemutus tenaga (PMT) dengan media udara terbagi menjadi 2 tipe yaitu:

- a. Pemutus tenaga (PMT) udara hembus (*air blast circuit breaker*). Pemutus tenaga (PMT) udara hembus juga disebut compressed air circuit breaker, udara tegangn tinggi di hembuskan ke busur api listrik melalui

nozzle pada kontak pemisa ionisasi media di antara kontak di padamkan oleh hembusan udara. Setelah pemadaman busur api listrik dengan udara tegangan tinggi, udara ini juga berfungsi mencegah restriking voltage (tegangan pukul). Kontak pemutus tenaga (PMT) di tempatkan di dalam isolator, dan juga katup hembusan udara. Pada pemutus tenaga (PMT) kapasitas kecil isolator ini merupakan satu kesatuan dengan pemutus tenaganya tetapi untuk kapasitas besar tidak demikian halnya.

- b. Pemutus tenaga (PMT) dengan hampa udara (*Vacuum circuit breaker*). Pemutus tenaga (PMT) dengan hampa udara belum banyak di gunakan pada transmisi dan gardu induk. Kontak-kontak pemutus dari pemutus tenaga (PMT) terdiri dari kontak tetap dan kontak bergerak yang ditempatkan di dalam ruang hampa udara. Ruang hampa udara ini mempunyai kekuatan dielektrik (*dielektrikc strenght*) yang tinggi dan media pemadam busur api listrik yang baik.

B. Pemutus tenaga (PMT) Gas Sf6

Media gas yang digunakan pada tipe pemutus tenaga (PMT) ini adalah gas SF₆ (*sulphur hexafluaride*) sifat-sifat gas SF₆ murni ialah tidak berwarna, tidak berbau, tidak beracun dan tidak mudah terbakar. Pada temperatur diatas 150⁰ C gas SF₆ mempunyai sifat tidak merusak metal, plastik dan bermacam-macam bahan yang umunya di gunakan dala pemutus tenaga (PMT) tegangan tinggi. Sebagai isolasi listrik, gas SF₆ mempunyai kekuatan dielektrik yang tinggi (2,35 kali lipat dari udara) dan kekuatan dielektrik ini bertambah

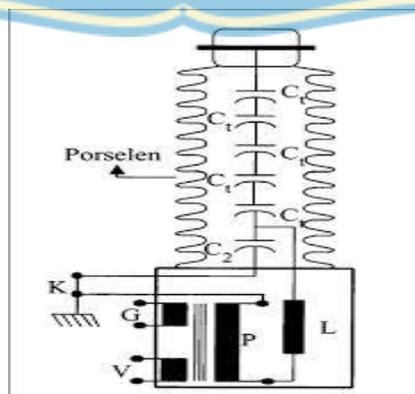
dengan pertambahan tekanan. Sifat lain dari gas SF₆ mampu mengembalikan kekuatan dielektrik dengan cepat, setelah arus busbar api listik melalulai titik nol. Pemutus tenaga SF₆ terbagi atas dua tipe yaitu:

1. Tipe tegangan tunggal.

Pada pemutus tenaga tipe tekanan tunggal, pemutus tenaga di isi dengan gas SF₆ dengan tekanan kira-kira 5 kg/cm². Selama pemisah kontak-kontak, gas SF₆ ditekan dalm suatu tabung cylinder yang menempel pada kontak bergerak. Pada waktu pemutusan gas SF₆ ditekan melalui *nozzle* dan tiupan ini mematikan busur api listrik.

2. Tipe tekanan ganda.

Pada pemutus tenaga tipe tekanan ganda, gas SF₆ dari sistem tekan tinggi di alirkan melalui *nozzle* ke gas SF₆ sistem tekanan rendah selama pemutusan busur api listrik. Pada sistim gas SF₆ tekanan tinggi, tekanan gas SF₆ kurang lebih 12 kg/cm² dan pada sistem gas SF₆ tekanan rendah, tekanan gas SF₆ kurang lebih 2 kg/cm². Gas SF₆ pada sistem tegangan rendah kemudian dipompakan kembali ke gas SF₆ sistem tekanan tinggi.



Gambar struktur 2.1 PMT dengan media gas SF₆

C. Fungsi Bagian Utama Dan Cara Kerja Pemutus Tenaga (PMT)

1. Pemutus tenaga (PMT) dengan media minyak.

Pemutus tenaga dengan media minyak dapat dibagi menjadi dua tipe:

a. Pemutus tenaga dengan menggunakan banyak minyak.

1) Bagian-bagian utama dari pemutus tenaga dengan banyak menggunakan minyak adalah :

- Tangki (*tank*)
- Kontak-kontak (*contacts*)
- Pengatur busur api listrik (*arc control device*)
- Mekanis penggerak (*operating mechanism*)
- Bushing

2) Bagian-bagian utama dari pemutus tenaga dengan sedikit menggunakan minyak adalah:

- Bagian atau ruang pemutus tenaga (*circuit breaker compartment*)
- Kontak-kontak (*contacts*)
- Pengatur busur api listrik (*arc control device*)
- Mekanisme penggerak (*operating mechanism*)
- Bagian penyangga (*supporting compartment*)
- Bagian ruang atas (*top chamber*)
- Bagian bawah atau dasar (*breaker base*)

b. Fungsi bagian utama pemutus tenaga (PMT) dengan banyak menggunakan minyak.

1). Tangki

Bahan dari tangki pemutus tenaga ini di buat dari plat baja dengan teknik pengelasan khusus. Tangki dilengkapi dengan pentilasi (saluran pengaman dimana arah aliran dari dalam keluar) yang berfungsi untuk membebaskan tekanan dalam tangki. Pentilasi tersebut harus selalu diperhatikan agar jangan sampai tersumbat oleh sesuatu apapun. Tangki berfungsi menahan tekanan gas yang timbul selama proses pemadaman busur api listrik. Bentuk dari tangki pemutus tenaga direncanakan sesuai dengan kebutuhan, yaitu ada satu tangki untuk tiga kutub atau satu tangki untuk satu kutub saja.

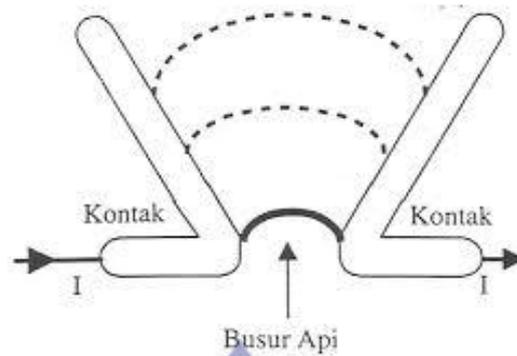
2). Kontak-kontak

Kontak-kontak terdiri dari kontak bergerak (*moving contact*) dan kontak tetap (*fixed contact*). Perencanaan kontak-kontak ditentukan oleh tipe dari pengaman busur api listrik (*arc control device*). Kontak-kontak dilapisi dengan oksida tembaga sehingga selalu dalam keadaan bersih dari pergesekan antara kontak. Kontak tetap dilengkapi dengan pegas yang berfungsi menahan kontak bergerak. Kontak bergerak sebuah batang tembaga berbentuk silinder yang dilengkapi ujung kontak.

Ujung kontak bila rusak, dapat diganti dan dipasang kembali tanpa mengganti seluruh kontak.

3) Pengatur busur api listrik

Pengatur busur api listrik (*arc control device*) umumnya dipergunakan pada tenaga dengan banyak menggunakan minyak yang berkapasitas besar dan pemutus tenaga dengan sedikit menggunakan minyak. Pengaturan busur api listrik mengatur panjangnya busur api listrik sehingga pemadamannya dapat berlangsung dengan baik. Mekanisme dalam pengatur busur api listrik dapat dijelaskan seperti berikut : Ketika kontak bergerak (*moving contact*) terpisahkan dan meninggalkan kontak tetap dalam (*fixed contact*), didalam pengatur busur api listrik (*arc control device*) terbentuk gas. Gas yang dihasilkan ini, tekanannya akan bertambah dalam pengaturan busur api listrik (*Arc control device*). Karena cepatnya kontak bergerak (*moving contact*) meninggalkan kontak tetap (*fixed contact*) dan besarnya tekanan gas, maka akan menimbulkan blast effect sehingga busur api listrik padam.



Gambar 2.2 Terjadinya pemutusan busur api listrik

4) Mekanisme penggerak

Mekanisme penggerak berfungsi menggerakkan kontak bergerak untuk memutuskan dan penutupan dari pemutus tenaga. Bagian ini terdiri dari satu kesatuan kerja tersendiri. Pemutusan dan penutupan oleh mekanisme penggerak dapat secara *mekanik, elektrik, pneumatik, hidrolis*. Pemilihan mekanisme penggerak ini adalah tergantung dari perencanaan pemutus tenaga dan letak pengoperasiannya.

5) Bushing

Bushing terdiri dari porselen dan inti (*elektroda*). Inti berfungsi sebagai konduktor yang bertegangan sedangkan porselen berfungsi sebagai isolasi antara yang bertegangan dengan bagaian yang tidak bertegangan.

c. Prinsip kerja pemutus tenaga dengan menggunakan banyak minyak.

Prinsip kerja pemutus tenaga dengan menggunakan banyak minyak. Untuk proses membuka dan menutup dari pemutus tenaga ini adalah dengan menggerakkan batang penggerak (*tension rod*) turun untuk membuka kontak-kontak dan naik untuk menutup kontak-kontak. Batang penggerak digerakkan oleh mekanisme penggerak (*operating mechanism*).



Gambar 2.3 PMT Dengan Menggunakan Banyak Minyak

- 1) Fungsi bagian utama pemutus tenaga dengan sedikit menggunakan minyak.
 - Bagian atau ruang pemutusa tenaga

Bagian atau pemutus tenaga ini berupa ruangan yang selubungi dibagian luar porselen atau isolator steatit dan disebelah dalam selubungi oleh tabung bakelit. Dalam ruang tersebut terletak kontak-kontak tetap yang melekat bagian atas

tabung bakelit, sedangkan kontak-kontak bergerak yang tersambung batang penggerak terletak pada sistem pemadam busur api listrik dan minyak. Bagian ini terletak diantara bagian ruang atas (*top chamber*) dan bagian penyangga (*supporting compartment*).

- Kontak-kontak

Kontak-kontak terdiri kontak tetap (*fixed contact*) dan kontak bergerak (*moving contact*).

- Kontak tetap

Kontak tetap terdiri dari segment-segmet yang disebut jari kontak (*contact finger*), terbuat dari campuran tembaga dan perak. Ujung dari jari-jari kontak yang akan berhubungan atau bersentuhan dengan bergerak terbuat dari tembaga tungsten. Kontak tetap dibagi dalam dua bagian yaitu:

a. Kontak tetap atas (*upper fixed contact*).

Kontak tetap atas terdapat dalam pengatur busur api (*arc control device atau turbulator*) yang di hubungkan keterminal atas (*upper terminal*).

b. Kontak tetap bawah (*lower fixed contact*).

Kontak tetap bawah terletak pada dasar bagian pemutus tenaga yang dihubungkan keterminal bawah (*lower terminal*).

- Kontak bergerak (*moving contact*).

Kontak bergerak terdiri dari:

c. Batang kontak bergerak (*moving contact rod*).

Batang kontak bergerak ini terbuat dari campuran tembaga dan perak.

d. Ujung kontak (*arcing tip*)

Ujung kontak terbuat dari tembaga-tungsten.

2) Pengatur busur api

Pengatur busur api pada pemutus tenaga dengan sedikit menggunakan minyak ini fungsinya sama dengan pemutus tenaga dengan banyak menggunakan minyak. Hanya pada pengatur busur api listrik pada pemutus tenaga dengan sedikit menggunakan minyak ini terdapat beberapa perlengkapan tambahan seperti:

- Pengatur busur api listrik terpasang tetap dan di sekelilingnya terdapat ventilasi-ventilasi yang berfungsi sebagai saluran aliran minyak untuk pemadam busur api listrik.

- Pengatur busur api listrik dapat bergerak pada waktu pemutusan sehingga pengatur busur api listrik berfungsi sebagai pompa minyak.

Pengatur busur api listrik terpasang tetap dan terhubung dengan selubung atas (*top casing*). Pengatur busur api listrik ini dilengkapi dengan batang pengisap (*piston rod*) berfungsi sebagai penekan minyak untuk pemadam busur api listrik.

3) Mekanisme penggerak (*operating mechanism*).

Mekanisme penggerak berfungsi menggerakkan kontak bergerak untuk pemutusan dan penutupan dari pemutus tenaga. Pemutusan dan penutupan pemutus tenaga oleh mekanisme penggerak dapat secara: a. Mekanis, b. Pneumatik, c. Hidrolis, e. Elektris.

Penilaian mekanisme penggerak ini adalah tergantung dari perencanaan pemutus tenaga dan letak pengoperasiannya.

4) Bagian penyangga (*supporting compartment*).

Bagian ini terbuat dari polsen atau isolator steatit yang menurut konstruksinya dari pabrik ada yang dipasang vertikal atau horisontal pada ruang dasar (*steel box chamber*). Didalam bagian ini terdapat batang kontak bergerak sebagian tersambung batang penggerak dari mekanisme penggerak pemutus tenaga. Sedangkan minyak yang di dalam penyangga berfungsi untuk mengisolasi antara bagian bertegangan dengan bagian yang tidak bertegangan.

5) Bagian ruang atas (*top chamber*) terdiri dari :

- Separator berfungsi untuk menyemburkan minyak keluar, jika terjadi pemuain minyak secara berlebihan, ketika terjadi proses pemutusan dan penutupan (pemasukan) dalam keadaan ada gangguan.

- Penduga tinggi minyak (*oil level indikator*) untuk mengetahui batas minimum dalam pemutus tenaga.
- Katuk ventilasi (*vent valve*), suatu alat pernafasan (*breather*) yang berfungsi untuk pelepasan uap yang timbul dari dalam pemutus tenaga.
- Pengaman diapragma (*safety diaprgma*) yang terpasang dibawah tutup kubah (*dome cover*) yang direncanakan terangkat atau terlepas untuk pengaman pemutus tenaga atau untuk melindungi pemutus tenaga dari kerusakan, jika timbul tekanan yang sangat tinggi di dalam pemutus tenaga.

d. Prinsip kerja pemutus tenaga dengan sedikit menggunakan minyak.

Untuk membuka dan menutup pemutus tenaga adalah dengan menaikkan dan menurunkan posisi dari kontak bergerak yang terhubung pada batang penggerak yang digerakkan mekanisme penggerak.

1) Proses penutupan pemutus tenaga:

Batang penggerak yang berhubungan dengan kontak bawah bergerak kearah kontak tetap atas sehingga kontak tetap dan kontak bergerak akan terhubung yang merupakan penghubung arus dari terminal atas ke terminal bawah.

2) Proses pembukaan pemutus tenaga (PMT).

Batang kontak penggerak yang berhubungan dengan kontak tetap bawah, meninggalkan kontak tetap atas, sehingga kontak tetap dan kontak bergerak akan terlepas, yang merupakan terputus terminal atas dengan terminal bawah.

2. Pemutus Tenaga (PMT) Dengan Media Udara Hembus

Pada pemutus tenaga dengan media udara hembus dengan tekanan tinggi yang berfungsi pemadam loncatan busur listrik.

a. Bagian-bagian utama pemutus tenaga dengan media udara hembus adalah sebagai berikut :

- 1) Ruang pemutus tenaga (*circuit breaker compartment*)
- 2) Kontak-kontak (*contact*)
- 3) Pengatur busur api listrik (*arc control device*)
- 4) Bagian penyangga (*supporting compartment*).
- 5) Katup hembus dan katup pembuangan (*blast valve & exhaust valve*)
- 6) Tangki (*tank*)
- 7) Mekanisme penggerak (*operating mechanism*)
- 8) Sistem udara tekan (*compressed air system*)

b. Fungsi bagian utama pemutus tenaga dengan media udara hembus.

- 1) Ruangan pemutus tenaga. berfungsi sebagai ruangan pemadam busur api listrik. Terbagi atas beberapa bagian antara lain sebagai berikut:

- Unit pemutus utama berfungsi sebagai pemutus utama. Unit pemutus utama ini berupa ruang yang diselubungi bagian luar oleh isolator dari porselen dan disebelah dalamnya terdapat ruang udara, kontak-kontak bergerak yang dilengkapi oleh pegas penekan, torak dan kontak tetap sebagai penghubung yang terletak melekat pada isolator porselen.
- Unit pemutus pembantu 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 ruang udara, torak dan kontak tetap sebagai penghubung yang terletak melekat pada porselen.
- Katup kelambatan yang berfungsi sebagai pengatur udara yang 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 unit pemutus utama terbuka. Katup kelambatan ini berupa bejana berbentuk selinder yang berongga sebagai ruang udara, juga terdapat: ruang pengatur, katuk penahan, katuk pengatur, rumah perapat, dan tempat katup.

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

- 1) Mengurangi kenaikan harga dari tegangan pukul (*restriking voltage*).
- 2) Mengurangi arus pukulan (*chopping current*) pada waktu pemutusan.

- Capacitor ini dipasang paralel dengan tahanan, unit pemutusan utama dan unit pemutus pembantu, yang berfungsi untuk:

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

2) Kontak-kontak.

Pemutus Utama

Kontak bergerak (*moving contact*) dilapisi dengan perak (*silver*). Terdiri dari:

- a. Kepala kontak bergerak (*moveble contact head*).
- b. Silinder kontak (*contact culinder*).
- c. Jari-jari (*finger contact*).
- d. Batang kontak (*contact rod*).
- e. Pegangan kontak (*contact holder*).
- f. Kontak tetap (*fixed contact*) terdiri dari:

- g. Kepala kontak (*fixed contact hear*).
- h. Pegangan kontak (*contact holder*).
- Unit pemutus pembantu
- Kontak bergerak (*moving contact*).
- Kontak tetap (*finger contac*).
- a. Jari-jari kontak (*finger contact*)
- b. Pegangan kontak (*contak holder*).

3) Pengatur busur api listrik.

Udara bertekanan tinggi dari tangki udara yang disupply ke ruangan pemadaman busur api listrik melalui bagian penyangga (*hollow insulator*), menyebabkan udara bertekanan tinggi tersebut menekan kepala kontak bergerak (*moveble contcat hear*). Sehingga akan memisahkan kontak bergerak dengan kontak tetap didalam unit pemutus utama (*interrupting unit*).

Busur api listrik yang terjadi antarak kontak bergerak dan kontak tetap akan terhembus kedalam mulut pipa (*nozzle*) kontak tetap, sehingga busur api listrik akan padam oleh aliran udara bertekanan tersebut. Gas pembuangan mengalir keluar melalui saluran pembuangan (*exhaust port m*) ke udara luar. Udara bertekanan didalam unit pemutus mengalir keluar pelambatan (*delay room*) melalui katup kelambatan (*delay valve*) dan setelah pemadaman busur api listrik dalam unit pemutusan, katub kelambatan, terbuka dan udara bertekanan tinggi mengalir

kedalam unit pemutus pembantu (*disconnecting unit*) sehingga kontak bergerak akan terpisah dengan kontak tetap. Arus yang melalui tahanan yang paralel dengan unit pemutus akan diputuskan dengan kontak-kontak dalam unit pemutus pembantu.



Gambar 2.4 Pemadam busur api listrik dengan udara hembus.

4) Bagian penyangga

Bagian penyangga terbuat dari porselen atau steatit dan berfungsi sebagai penyangga dari ruang pemutus tenaga dan sebagai isolasi antara bagian-bagian bertegangan dengan badan.

5) Katub hembusan dan katub pembuangan.

Katub hembusan dan katub pembuangan ini terpasang pada dasar bagian penyangga. Katub hembus berfungsi sebagai pelepasan katub udara bertekanan tinggi dari dalam tangki udara ke ruang pemutus tenaga pada waktu pemutusan. Katup pembuangan (*exhaust valve*) berfungsi sebagai pelepasan udara bertekanan tinggi dari ruang pemutus tenaga ke udara luar, pada waktu penutupan.

6) Tangki

Tangki persediaan udara terbuat dari plat baja, berfungsi sebagai persediaan udara hembus untuk peredaran busur api listrik pada saat terjadi nyapemutusan. Setiap katup (*pole*) dapat dilengkapi dengan satu buah tangki persediaan udara atau 3 (tiga) katup dapat dilengkapi dengan 1 (satu) buah tangki persediaan udara.

7) Mekanis penggerak

Mekanis penggerak berfungsi untuk menggerakkan kontak-kontak untuk pemutusan dan penutupan dari pemutus tenaga. Pemutusan dan penutupan oleh mekanisme penggerak dapat secara:

- Mekanis.
- Pneumatic.
- Hidrolis.
- Elektris.

Pemilihan mekanis penggerak ini adalah tergantung dari perencanaan pemutus tenaga dan letak pengoperasiannya.

8) Sistem udara tekan (*compressed air system*).

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 (misalnya 20 Kg/cm²) maka katup secara otomatis

terbuka dan udara dari tangki persediaan utama (*main reservoir*) dengan tekanan lebih tinggi ($30-40 \text{ Kg/cm}^2$) akan masuk ke dalam tangki persediaan. Bila terjadi penurunan tekanan udara pada tangki persediaan atau tangki persediaan tangki utama basah, maka katup menutup cepat setempat (*local shutdown valve - 12*) akan tertutup. Sebaliknya bila terjadi kebocoran pada pipa, maka katup seara (*non return valve - 11*) akan bekerja. Tekanan udara pada tangki persediaan dapat dipertahankan pada harga yang diinginkan, sedangkan tekanan udara pada tangki persediaan utama (*main reservoir*) diatur pada tekanan 35 Kg/cm^2 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.

c. Prinsip kerja pemutus tenaga dengan media udara hembus.

Pada keadaan pemutus tenaga masuk, arus mengalir dari terminal pemutus pembantu yang selanjutnya terus melewati kontak tetap pemutus pembantu, kontak bergerak, kontak jari-jari pemutus pembantu, penyangga pemutus pembantu, kontak pemutus utama, kontak bergerak utama, penyangga pemutus utama, kemudian menuju kontak gerak, kontak tetap pemutus utama pada sisi yang berikutnya, kontak bergerak, kontak tetap pemutus pembantu dan terus ke terminal pemutus pembantu. Seperti juga pada pemutus tenaga yang

lainnya, proses penutupan dan pembukaan pemutus tenaga adalah dengan cara menutup dan membuka kontak-kontak pada/ dari kontak-kontak tetap dengan adanya perubahan tekanan udara didalam ruangan pemutus secara terperinci.

1) Cara pembukaan pemutus tenaga.

Setelah kumparan pelepas (*tripping coil*) bekerja, maka katup pengatur membuka dan udara bertekanan tinggi mengalir kesebelah bawah dari selinder penggerak searah putaran jarum jam akan menyebabkan katup kerja dan katup tekan membuka. Ruangan dari isolator penyanggadan unit pemutus utama akan terisi penuh dengan udara bertekanan tinggi dari tangki, sehingga kontak bergerak didalam pemutus utama membuka. Busur api listrik akibat pembukaan kontak dipadamkan oleh hembusan udara, dan gas timbul akibat busur api listrik keluar bersama-sama melalui lobang pembuangan udara. Setelah terjadi pembukaan pada pemutus utama, dengan kelambatan dua cyle yang diatur dengan katup kelambatan, maka udara tekan akan masuk kedalam unit pemutus pembantu. 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 menutup lubang pembuang udara. Ruang isolator penyangga, pemutus utama dan pemutus pembantu terisi penuh oleh udara bertekanan

tinggi. Kontak bergerak pemutus utama masuk kembali, setelah ruang pegas penuh dengan tekan. Setelah pemutus arus, pembukaan dari kontak pemutus pembantu dipertahankan membuka oleh tekanan udara dalam ruangan tersebut.

2) Cara pemasukan pemutus tenaga.

Dengan bekerjanya kumparan penutup (*closing coil*), maka katup pengatur membuka, dan udara tekan mengalir kesisi atas dari selinder penggerak dan akan menyebabkan berputarnya poros penggerak yang berlawanan arah putaran jarum jam, maka katuk pebuangan terbuka. Sehingga udara yang bertekanan tinggi didalam ruang isolator penyangga dan unit pemutus utama terbuang oleh katup pebuangan. Karena turunnya tekanan udara tersebut dengan tiba-tiba, maka katup kelambatan bekerja dan udara tekan dalam ruang udara dari katup kelambatan mengalir masuk kedalam selinder penutup dan mendorong kontak bergerak pemutus pembantu masuk.

D. Fungsi Bagian Utama Pemutus tenaga (PMT) dengan media gas SF₆

Pada pemutus tenaga ini gas SF₆ berfungsi sebagai pemadam loncatan busur api listrik, sebagai isolasi antara bagian-bagian yang bertegangan dan bagian yang tidak bertegangan dengan badan.

a. Bagian-bagian utama.

1) Ruang pemutus tenaga (*circuit breaker compartment*).

- 2) Kontak-konak (*contacts*).
- 3) Pengatur busur api (*arc control device*).
- 4) Bagian penyangga (*supporting compartment*).
- 5) Mekanis penggerak (*operating mechanism*).

b. Fungsi bagian utama.

- 1) Ruang pemutus tenaga berupa ruangan yang diselubungi oleh porselen dan dalam ruangan ini terdapat :
 - a) Kontak-kontak
 - b) Silinder bergerak atau silinder penghempus (*moving cylinder* atau *blast cylinder*)
 - c) Torak tetap (*fixed piston*)

Ruangan pemutus tenaga ini terletak diatas bagian penyangga. Setiap kutub (*pole*) dapat terdiri dalam suatu ruangan pemutus tenaga, atau ruangan pemutus tenaga ganda, daya (*multi-break*), tergantung besarnya tegangan, daya atau MVA kapasitas pemutusan (*breaking capacity*) yang dihubungkan seri. Untuk ruangan pemutus tenaga lebih dari satu, umumnya dilengkapi dengan kapasitor yang dihubungkan paralel dengan ruangan pemutus tenaga. Fungsi kapasitor pada pemutus tenaga dengan media gas SF₆ adalah sama dengan fungsi kapasitor pada pemutus tenaga udara hembus.

- 2) Kontak-kontak terdiri dari kontak tetap (*fixed contact*) dan kontak bergerak (*moving contact*)

- Kontak-tetap dibagi menjadi dua bagian yaitu kontak tetap atas (*upper fixed contact*).
 - a) Bagian penyaga kontak tetap
 - b) Jari-jari kontak tetap
 - c) Kontak busur tetap
 - d) Kontak tetap atas ini di hubungkan keterminal atas
- Kontak tetap bawah (*lower fixed contact*).

Kontak tetap bawah ini terletak di bagian dalam torak tetap, juga terpasang dalam torak tetap ini. Kontak tetap bawah dan torak tetap dihubungkan keterminal bagian bawah.

- Kontak bergerak terdiri dari:
 - a) Tabung kontak bergerak.
 - b) Silinder bergerak.
 - c) Jari-jari kontak busur.
 - d) Ujung kontak.
 - e) Nozzle, dari bahan isolasi.

3) Pengatur busur api listrik

Pengatur busur api listrik pada pemutus tenaga dengan media gas SF₆ ini prinsip kerjanya terdiri dari beberapa macam, silinder bergerak terhubung dengan tabung kontak bergerak yang dapat mengikuti gerakan sepanjang bagian penyangga kontak bergerak. Pada waktu pembukaan silinder bergerak akan terpisah dengan jari-jari kontak tetap, sehingga arus akan mengalir melalui batang busur,

jari-jari busur, tabung kontak bergerak, kontak tetap berfungsi sebagai piston tetap (*fixed piston*), dengan secara berangsur-angsur gas SF₆ yang berada dalam silinder bergerak akan tertekan ke arah batang busur melalui nozzle. Dan busur api listrik yang terjadi sewaktu batang busur terpisah dengan ujung kontak akan dipadamkan oleh gas SF₆ yang tertekan tersebut.



Gambar 2.5 terjadinya busur api listrik pada PMT gas SF₆

4) Bagian penyangga.

Bagian penyangga terbuat dari porselin, dipasang vertikal pada rangka tangki (*frame tank*) dan berfungsi sebagai penyangga dari ruang pemutus tenaga. Didalam bagian ini terdapat batang penggerak dari bahan isolasi (*insulating rod*) dari mekanis penggerak pemutus tenaga. Sedangkan gas SF₆ didalam bagian penyangga berfungsi untuk mengisolasi antara bagian-bagian yang bertegangan dan bagian yang bertegangan dengan badan.

5) Mekanis penggerak

Mekanis penggerak berfungsi untuk menggerakkan kontak bergerak untuk pemutusan dan penutupan dari pemutus tenaga. Pemutusan dan penutupan oleh mekanis penggerak dapat secara:

- a) Mekanis.
- b) Pneumatic.
- c) Hidrolis.
- d) Elektris.

Pemilihan mekanis penggerak ini adalah tergantung dari perencanaan pemutus tenaga dan letak pengoperasiannya.

c. Prinsip kerja pemutus tenaga dengan media gas SF₆.

Untuk membuka dan menutup dari pemutus tenaga adalah dengan menaikkan dan menurunkan posisi dari kontak bergerak (*moving contact*) yang terhubung pada batang penggerak (*operating rod*) yang digerakkan oleh mekanis penggerak (*operating mechanism*).

1) Pada proses pemutusan.

Tabung kontak bergerak yang berhubungan dengan kontak tetap bawah bergerak ke arah bagian-bagian kontak tetap atas sehingga kontak tetap dan kontak bergerak akan terbung yang merupakan penghubung arus dari terminal atas (*upper terminal*) ke terminal bawah (*lower terminal*). Tabung kontak bergerak dan berhubungan dengan kontak tetap bawah meninggalkan kontak tetap atas. Pertama kali silinder bergerak akan terpisah dengan jari-jari

kontak tetap kemudian jari-jari busur akan terpisah batang busur dan akhirnya ujung busur akan terpisah dengan batang busur. Pada saat ujung busur terpisah dengan batang busur akan terjadi loncatan busur api listrik yang segera dipadamkan oleh hembusan gas SF₆.

E. Kelemahan Pemutus Tenaga (PMT) Gas SF₆ Sebagai Medium Isolasi

a. Sedangkan kelemahan-kelemahan dari gas SF₆ adalah:

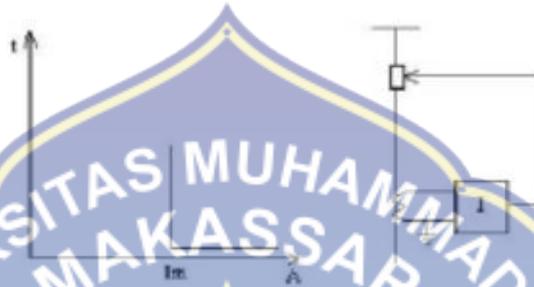
- 1) Relatif lebih mahal dari segi pembiayaan.
- 2) Walaupun dalam jumlah yang kecil, apabila terjadi kerusakan maka membutuhkan waktu yang lama untuk perbaikan
- 3) Gas SF₆ harus dipompa ke dalam tabung penyimpanan apabila ada penelitian dan maintenance.
- 4) Karena titik lelehnya sangat rendah yaitu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

F. Relay OCR (*Over Current Relay*)

Relay arus lebih (*Over Current Relay*) adalah relay yang bekerja berdasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi suatu nilai pengaman tertentu dan jangka waktu tertentu. Fungsi utama dari relay arus lebih ini adalah untuk merasakan adanya arus lebih kemudian memberikan perintah kepada pemutus beban (PMT) untuk membuka.

1. Karakteristik Relay Arus Lebih (OCR)
2. Relay Arus Lebih Seketika (instantaneous)

Relay arus lebih dengan karakteristik waktu seketika adalah relay dengan jangka waktu kerjanya dari “pick up” sampai selesai sangat pendek (sesaat).



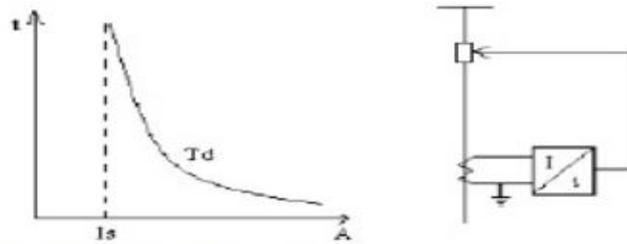
Gambar 2.6 karakteristik kerja relay arus lebih tipe.

3. Relay Arus Lebih Waktu Tertentu (definite time relay).

Relay ini memberikan perintah kepada pemutus beban (PMT) pada saat terjadi gangguan bila besar arusnya melampaui penyetelan arusnya (I setting) dan jangka waktu kerja relay mulai “pick up” sampai kerja relay diperpanjang dengan waktu tertentu dan tidak tergantung pada besarnya arus gangguan.

4. Relay Arus Lebih Waktu Terbalik (*Invers Time Relay*)

Relay arus lebih waktu terbalik memberikan perintah kepada pemutus beban (PMT) pada saat terjadi gangguan bila besar arus gangguannya melampaui arus penyetelannya (I setting) dan jangka waktu kerja relay dari “pick up” waktunya berbanding terbalik dengan besar arusnya.



Gambar 2.7 relay arus lebih waktu terbalik (Invers)

Relay arus lebih waktu terbalik ini dibagi menjadi empat, yaitu:

- A. Normal inverse,
- B. very inverse,
- C. Longtime inverse,
- D. Extremely invers,

$$t = \frac{k \times \beta}{\left(\frac{I_f}{I_{set}}\right)^\beta - 1}$$

Dimana:

T = waktu operasi (detik);

K = time multiplier

I_f = arus gangguan (ampere);

I_{set} = arus setting (ampere)

G. Relay GFR (*Ground Fault Relay*)

Fungsi relay ini adalah Relay Gangguan Tanah (*Ground Fault Relay*) adalah relay yang mendeteksi adanya gangguan fasa ke tanah. Karena seringkali terjadi gangguan satu fasa ke tanah dibandingkan antar fasa menjadikan relay ini penting untuk pengindraan dan melindungi sistem dari

gangguan yang terjadi. Arus gangguan satu fasa-tanah ada kemungkinan lebih kecil dari arus beban, ini disebabkan karena salah satu atau dari kedua hal berikut:

1. Gangguan tanah ini melalui tahanan gangguan yang masih cukup tinggi.
2. Pentanahan netral sistemnya melalui impedansi/tahanan yang tinggi, atau bahkan tidak ditanahkan.

H. Gangguan-Gangguan Hubung Singkat Pada Gardu Induk

Ada 3 jenis gangguan hubung singkat yang terjadi pada gardu indu, yaitu gangguan hubung singkat 3 fasa, gangguan hubung singkat 2 fasa dan gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah. Rumus dasar yang digunakan untuk menghitung arus gangguan adalah hukum ohm.

$$I = \frac{V}{Z}$$

Dimana :

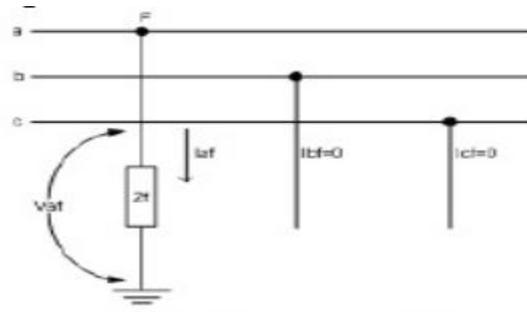
I = Arus gangguan Hubung singkat

V = Tegangan Sumber

Z = Impedansi dari sumber ke titik gangguan (impedansi ekivalen)

1. Gangguan satu fasa ke tanah

Merupakan gangguan yang antara satu fasa ke tanah, baik secara langsung maupun melalui impedansi.



Gambar 2.8 gangguan satu fasa ke tanah.

$$I_{af} = I_0 + I_{a1} + I_{a2}$$

$$\text{Maka : } I_{af} = 3I_0 = 3I_{a1} = 3I_{a2}$$

$$V_{af} = Z_f I_{af}$$

$$I_{f(L-G)} = I_a = \frac{V}{Z_0 + Z_1 + Z_2 + 3Z_f}$$

2. Gangguan antar fasa



Gambar 2.9 Gangguan antar fasa

$$I_f = 0, I_o = 0, I_{bf} = -I_{cf}$$

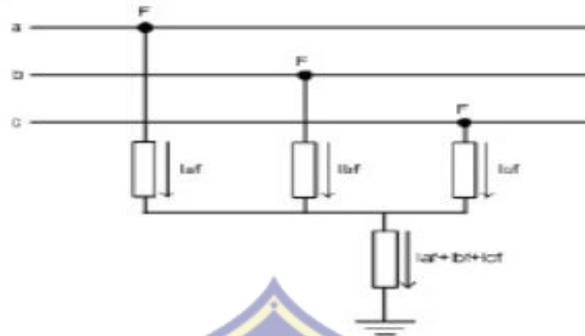
$$\text{Dan } V_{bc} = V_b - V_c = Z_f \cdot I_{bf}$$

$$I_o = 0$$

Sehingga arus urutan dapat diketahui sebagai berikut:

$$I_1 = -I_2 = \frac{V}{Z_1 + Z_2 + Z_f}$$

3. Ganggana dua fasa ke tanah



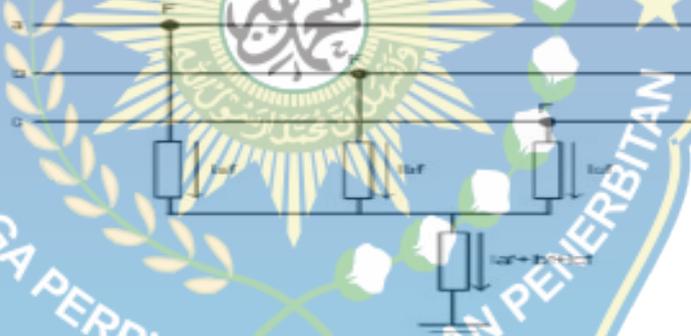
Gambar 2.10 Ganggana tiga fasa ke tanah

$I_f = 0 = I_0 + I_1 + I_2$ jika I_1 dan I_2 diketahui

Maka: $I_{c0} = -(I_{a1} + I_{a2})$

$$I_{f(L-L-G)} = \frac{V}{Z_1 + Z_0 \times Z_2 / (Z_0 + Z_2)}$$

4. Ganggana tiga fasa ke tanah



Gambar 2.11 Ganggana tiga fasa ke tanah

$$I_0 = 0, I_2 = 0, I_1 = \frac{120^\circ}{(Z_1 + Z_f)}$$

Jika $Z_f = 0$, maka arus gangguan tiga fasanya adalah

$$I_f = I_a = I_b = I_c = I_1 = \frac{V}{Z_1}$$

BAB III

METODE PENELITIAN

A. METODE PENELITIAN

Penelitian adalah deskriptif yang bersifat eksploratif bertujuan untuk menggambarkan keadaan atau status suatu fenomena. Adapun yang ingin di gambarkan adalah Analisis Kapasitas Dan Momenry Pada Pemutus Tenaga (PMT) Gas SF6 Di Gardu Induk 150 KV Tello.

B. OBYEK PENELITIAN

Obyek penelitian dilaksanakan dengan memusatkan pada Penggunaan PMT Gas SF6 Di PLN wilayah sultanbatara AP2B sistem sulawesi selatan gardu induk 150 Tello kota Makassar.

Penelitian terhitung mulai dari bulan agustus sampai dengan oktober 2014 bertempat di PT. PLN (persero), wilayah sultanbatara AP2B sistem sulawesi selatan gardu induk 150 Tello kota Makassar, Yang terletak dikelurahan Panaikang, Kecamatan Panakukang, Kotamadyah Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan.

C. TEKNIK PENGUMPULAN DATA

Supaya lebih akurat dan tingkat kebenaran yang tinggi maka di dalam penulisan ini, penulis memakai teknik pengupulan data sebagai berikut:

1. Observasi yaitu mengupulkan data dengan jalan melakukan pengamatan, pengukuran dan pemeliharaan langsung terhadap obyek yang diteliti untuk memperoleh data awal tentang masa yang diteliti.

2. Study literature yaitu mengumpulkan data-data dengan membaca literature yang ada sesuai dengan masalah yang diteliti.
3. Interview dilakukan untuk mendapatkan penjelasan dan keterangan yang diperlukan untuk peneliti dengan mendengarkan langsung dari petugas atau pegawai Gardu Induk Tello.
4. Dokumentasi yaitu mengambil data dari data sekunder yang tersedia di lokasi penelitian untuk menjadi penunjang dalam hasil penelitian tersebut.

Data yang diperoleh digunakan untuk mengetahui sistem kerja pemutus tenaga (PMT) dengan media gas SF₆ yang digunakan pada gardu induk 150 kV Tello kota Makassar. Berdasarkan pada rumusan masalah yang telah diajukan dalam proposal penelitian serta mengingat penelitian yang bersifat deskriptif dan eksploratif maka pengolahan data yang diperoleh dari penelitian ini digambarkan sebagai berikut :

1. Melihat langsung alat pemutus tenaga (PMT) dengan media gas SF₆ yang di gunakan pada gardu induk 150 kV Tello kota Makassar.
2. Membandingkan alat yang ada dengan penjelasan teori dengan alat pemutus tenaga (PMT) dengan media gas SF₆ tersebut.

FLOWCHART



Gambar 3.1 Flowchart Penelitian

BAB IV

HASIL DAN ANALISA

A. Perhitungan arus hubung singkat

I. Tabel 4.1. hasil perhitungan arus hubung singkat pada tiap bus

Arus HS	Arus hubung singkat BUS (Ampere)		
	Bus 1	Bus 2	Bus 3
1Ø-G	2849,23	2767,59	2816,53
2Ø	6170,59	6025,7	6112,73
3Ø	12440,9	12146,5	12323,3

a. Perhitungan MVA hubungan singkat : Fasa ke tanah.

$$\begin{aligned} \text{Busbar I} &= \sqrt{3} \times 150 \text{ kV} \times 2,849 \text{ kA} \\ &= 740,45 \text{ MVA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Busbar II} &= \sqrt{3} \times 150 \text{ kV} \times 2,767 \text{ kA} \\ &= 719,667 \text{ MVA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Busbar III} &= \sqrt{3} \times 150 \text{ kV} \times 2,816 \text{ kA} \\ &= 732,1657 \text{ MVA} \end{aligned}$$

Menghitung MVA hubung singkat 3 fhasa.

$$\begin{aligned} \text{Busbar I} &= \sqrt{3} \times 150 \text{ kV} \times 1,24 \text{ kA} \\ &= 322,16 \text{ MVA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Busbar II} &= \sqrt{3} \times 150 \text{ kV} \times 314,36 \text{ kA} \\ &= 314,34 \text{ MVA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Busbar III} &= \sqrt{3} \times 150 \text{ kV} \times 1,23 \text{ kA} \\ &= 319,56 \text{ MVA} \end{aligned}$$

b. Perhitungan Momentary Gas SF6

1) Momentry current 1,6 x IHS fhasa ke tanah

$$\begin{aligned} \text{Busbar I} &= 1,6 \times 2,849 \text{ kA} \\ &= 4,624 \text{ MVA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Busbar II} &= 1,6 \times 2,767 \text{ kA} \\ &= 4,416 \text{ MVA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Busbar III} &= 1,6 \times 2,816 \text{ kA} \\ &= 4,506 \text{ MVA} \end{aligned}$$

Antara 2 fhasa

$$\begin{aligned} \text{Busbar I} &= 1,6 \times 6,170 \text{ kA} \\ &= 9,872 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Busbar II} &= 1,6 \times 6,025 \text{ kA} \\ &= 9,640 \text{ MVA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Busbar III} &= 1,6 \times 6,112 \text{ kA} \\ &= 9,776 \text{ MVA} \end{aligned}$$

2) Antara 3 fhasa

$$\begin{aligned} \text{Busbar I} &= 1,6 \times 1,244 \text{ kA} \\ &= 1,990 \text{ MVA} \end{aligned}$$

$$\text{Busbar II} = 1,6 \times 1,214 \text{ kA}$$

$$= 1,943 \text{ MVA}$$

$$\text{Busbar III} = 1,6 \times 1,232 \text{ kA}$$

$$= 1,96972 \text{ MVA}$$



Gambar.4.1 Single line sistem busbar satu setengah penempatan PMT

c. Busbar Satu Setengah (One Half Busbar)

Busbar merupakan titik pertemuan / hubungan antara trafo-trafo, saluran kabel tegangan tinggi, Generator dan peralatan lainnya. Pada sistem ini terdiri dari dua buah rel/busbar yang dihubungkan dengan 2 diagonal sistem dan masing-masing hubungan diagonal terpasang 3 pasang PMT yang dihubungkan secara seri, Tegangan ataupun frekuensi yang masuk atau yang meninggalkan rangkaian busbar adalah sinkronkan atau sama yaitu 150 kv dan 50 Hz. Pada busbar sistem satu setengah jumlah PMT-nya 6 pasang PMT, dalam setiap pasangannya ada 3 PMT di masing masing fasa R,S dan T. Jadi jumlah PMT-nya ada 18 buah PMT. Current Transformator (CT) merupakan peralatan listrik tegangan tinggi yang berfungsi untuk mengukur arus yang

melewati rangkaian busbar . Transformator Tegangan (PT) merupakan peralatan listrik tegangan tinggi untuk mengukur tegangan yang melalui rangkaian busbar.

GAS CIRUIT- BREAKER							
TYPE	F AI -N	SERIAL NO.	91-1553	YEAR OF MANUFACTURE	1991		
RATED VOLTAGE	170 kV		RATED FREQUENCY	50 Hz			
RATED NORMAL CURRENT	2000 A		FIRST-POLE-70-CLEAR	1,5			
RATED SHORT-CIRCUIT BREAKING CURRENT	40 kA						
DURATION OF SHORT-CIRCUIT	1 sed		MAKING CURRENT	100 kA			
RATED OUT-OF-PHASE BREAKING CURRENT	10 kA						
RATE INSULATION LEVEL : IMPULSE WITHSTAND VOLTAGE	750 kV						
: POWER FREQUENCY WITHSTAND VOTAGE	325 kV						
RATED BREAKING TIME	3		CYCLES OPENING TIME	0.035 Sec			
NO LOAD CLOSING TIME	0,12 Sec		OPERATING SEQUENCE	0-0,3Sec-CO-3MIN-CO			
GAS PRESSURE	6	Kgf/cm ²	GASEIGHT	1,1kg	AIR PRESSURE	15 kgf/cm ²	
CLOSING COIL	DC110V	6x3 A	CLOSING VOLTAGE RANGE	93-121 V			
TRIPPING COIL	DC110V	6x3 A	TRIPPING VOLTAGE RANGE	77-121 V			
RATING OFNSIGNAL AMP	AC220 V	1,0W	RATING OF HEATER	AC220	100x3W		
RATING OF COMPRESSOR-MOTOR	50 Hz	3 Ø	380V	0,75kV	NETWEIGHT	3000 kg	

Tabel 4.2 Name plat PMT gas SF6

d. Menghitung Kapasitas Pemutus Arus

Pada PMT GAS SF6 dengan type FAI-N dengan nomor seri 91-1553 tahun pembuatan 1991 mempunyai batas tegangan normal 170 KV dengan frekuensi 50 HZ mempunyai batas ukuran arus normal 2000 A dengan batas arus gangguan antara 10 KA sampai dengan 40 KA, batas tegangan gangguan antara 325 KV sampai dengan 750 KV kecepatan waktu kerja

antara 0,035 detik sampai dengan 0,12 detik. Pada type ini PMT GAS SF6 adalah jenis tekanan ganda dengan 11 Kg/cm pada tekanan tingginya dan 6 Kg/cm pada tekanan rendahnya. Dengan penjelasan di atas maka untuk menentukan kapasitas pemutus arusnya adalah sebagai berikut :

$$I_1 = \frac{40 \text{ KA}}{3 \times 150 \text{ KV}} = \frac{40000}{259.8}$$

$$= 153,964 \text{ kA atau}$$

$$= 154,97 \text{ kV}$$

B. Perhitungan Waktu Kerja Relay

1. Relay gangguan tanah (GFR)

$$I_n = 1000 \text{ A}$$

$$I_{\text{set Primer}} = 10 \% \times I_n \text{ CT}$$

$$= 0,1 \times 1000$$

$$= 100 \text{ A}$$

a. Menghitung arus setting sekunder.

$$I_{\text{set sekunder}} = 100 \times \frac{5}{1000} = 0,5 \text{ Ampere}$$

b. Menghitung waktu setting relay gangguan tanah (GFR)

a. 1 Phasa ke tanah

- Busbar I

$$t = \frac{0,12 \times 0,1}{\left\{ \left(\frac{2849,23}{100} \right)^{0,02} - 1 \right\}}$$

$$= \frac{0,012}{0,0692}$$

$$= 0,1734 \text{ detik}$$

- *Busbar II*

$$t = \frac{0,12 \times 0,1}{\left\{ \left(\frac{2767,59}{100} \right)^{0,02} - 1 \right\}}$$

$$= \frac{0,012}{0,0686}$$

$$= 0,1749 \text{ detik}$$

- *Busbar III*

$$t = \frac{0,12 \times 0,1}{\left\{ \left(\frac{2816,53}{100} \right)^{0,02} - 1 \right\}}$$

$$= \frac{0,012}{0,0690}$$

$$= 0,1739 \text{ detik}$$

b. Antara Phasa

- *Busbar I*

$$t = \frac{0,12 \times 0,1}{\left\{ \left(\frac{12440,9}{100} \right)^{0,02} - 1 \right\}}$$

$$= \frac{0,012}{0,1012}$$

$$= 0,1185 \text{ detik}$$

- *Busbar II*

$$t = \frac{0,12 \times 0,1}{\left\{ \left(\frac{12146,5}{100} \right)^{0,02} - 1 \right\}}$$

$$= \frac{0,012}{0,1007}$$

$$= 0,1191 \text{ detik}$$

- Busbar III

$$t = \frac{0,12 \times 0,1}{\left\{ \left(\frac{12323,3}{100} \right)^{0,02} - 1 \right\}}$$

$$= \frac{0,012}{0,1010}$$

$$= 0,1188 \text{ detik}$$

C. Keunggulan Pemutus Tenaga (PMT) Gas SF₆ Sebagai Medium Isolasi

Keunggulan-keunggulan dari gas SF₆ sebagai medium isolasi dibandingkan dengan gas-gas lainnya adalah:

- a. Pengurangan sejumlah pemutus dalam hubungan seri per phasa pada rating tegangan yang digunakan.
- b. Karena waktu durasi yang pendek dari busur api, maka bunga api kontak yang terjadi dibatasi meskipun untuk arus hubung singkat yang sangat tinggi.
- c. Hasil busur api yang kebanyakan terdiri dari serbuk dengan sifat isolasi yang baik dapat dipindahkan saat perbaikan.
- d. Gas *blast* tidak di-*discharge* (pelepasan muatan) ke atmosfer sehingga saat bekerja akan lebih tenang jika dibandingkan dengan (*Air Blast Breaker*).
- e. Memiliki sifat kimia yang lamban, stabil, tidak mudah terbakar dan tidak beracun.
- f. Pemutus dari gas SF₆ mempunyai dimensi yang lebih jika dibandingkan dengan *Air Blast Breaker*.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

PMT berperan sangat penting sebagai salah satu peralatan yang dapat memproteksikan suatu sistem jaringan gardu induk dan peralatan yang ada di dalam gardu induk tersebut dalam hal ini adalah gardu induk 150 kv Tello

Dari hasil analisa dan pembahasan penulis dapat menyimpulkan sebagai berikut:

1. Kapasitas gas SF6 yang digunakan pada gardu induk Tello adalah

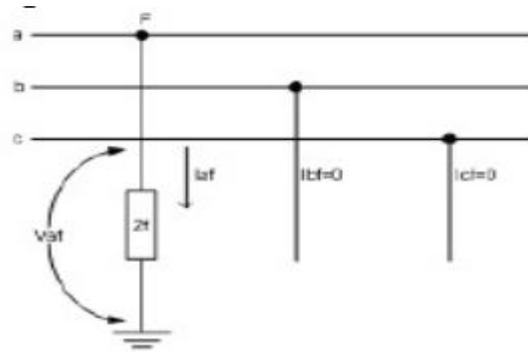
$$\begin{aligned}
 I_1 &= \frac{40 \text{ KA}}{\sqrt{3} \times 150 \text{ KV}} = \frac{40000}{259.8} \\
 &= 153,964 \text{ kA atau} \\
 &= 154,97 \text{ kV}
 \end{aligned}$$

Karakteristik yang digunakan pemilihan PMT Gas SF6 yang akan digunakan pada gardu induk 150 kV Tello adalah

- a. Mempunyai tingkat kapasitas pemutus arus yang tinggi.
- b. Selektip serta sensitif dalam bekerja ketika terjadi gangguan arus hubung singkat.
- c. Mempunyai durasi pemadaman busur api yang pendek atau singkat.

2. Untuk menentukan setting relay OCR dan GFR.

- a. Gangguan fhasa ke tanah.



Gambar 5.1 Gangguan fhasa ke tanah

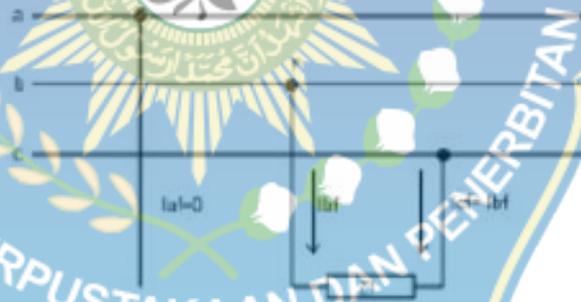
$$I_{a1} = I_0 + I_1 + I_{a2}$$

$$\text{Maka : } I_{af} = 3I_{10} = 3I_{a1} = 3I_2$$

$$V_{af} = Z_f I_{af}$$

$$I_{f(L-G)} = I_a = \frac{V}{Z_0 + Z_1 + Z_2 + 3Z_f}$$

b. Gangguan antara fhasa



Gambar 5.2 Gangguan antar fasa

$$I_f = 0, I_o = 0, I_{bf} = -I_{cf}$$

$$\text{Dan } V_{bc} = V_b - V_c = Z_f \cdot I_{bf}$$

$$I_o = 0$$

B. SARAN

Adapun saran dari penulis terutama kepada PT. PLN (Persero) Wilayah SULSELTRABAR, AP2B sistem Sulawesi Selatan, Gardu Induk 150 kv Tello adalah sebagai berikut:

1. Agar pada penentuan PMT yang akan digunakan pada gardu induk agar tetap memperhatikan karakteristik dalam pemilihan dan penentuan PMT yang akan digunakan.
2. sekiranya dapat memaksimalkan dan tetap menjaga keandalan dari PMT yang digunakan baik dari sisi ekonomisnya maupun kualitas dari peralatan tersebut.
3. Memaksimalkan penggunaan PMT gas SF₆ Hal ini sangat penting mengingat PMT gas SF₆ merupakan PMT yang lebih baik dibandingkan dengan PMT jenis lainnya. Demi menjaga dan melindungi peralatan gardu induk agar pada saat terjadi gangguan arus hubung singkat dapat meminimalisir perluasan area gangguan maupun mencegah terjadinya kerusakan peralatan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

C.H. fluschein “ *Power Circuit Breaker theory and design* “ *Peter pergrinus Ltd* 1975 England.

Sunil s Rao “*Switchgear and Protection* “ *Khanna Publishers* 1978 India.

H.J Vorwer “ *The Maintenance of substations in Technical, economical and organisational Respect* “ EECTRA No.32-1978.

S P L N – 9 : 1978.

Pemeliharaan Berkala Pemutus Tenaga (*Circuit Breaker*), PLN Pusat Jakarta 1976.

PT>PLN (persero) wilayah sulsel,sultra dan sulbar AP2B Sistem Sulsel.

Prosedur operasi standar gardu induk. Makassar. PT.PLN persero.

“ *Orthojeteur*” *Sulfur Hexafluoride (SF6) Circuit Breaker*, type FL 170, Delle Alsthom.

Bonggas L. Tobing,” *Pelawatan Tegangan Tinggi*”, Jakarta : Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, 2003

Bonar Pandjaitan” *Pratik-Praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik* .