

# **TUGAS AKHIR**

**ANALISA PERBANDINGAN KINERJA PMT DENGAN MEDIA ISOLASI  
MINYAK DAN UDARA HEMBUS PADA JARINGAN 70 KV DI GI  
BLIMBING MALANG**



**Disusun oleh :  
CHRISTIAN YAWAN  
02.52.027**

**KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK D-III  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO D-III  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2009**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**TUGAS AKHIR**

**STUDI PERBANDINGAN KINERJA PMT DENGAN MEDIA ISOLASI  
MINYAK DAN UDARA HEMBUS PADA JARINGAN 70 KV DI GI  
BLIMBING MALANG**

Disusun Oleh:

Nama : Christian Yawan

Nim : 02.52.027

Mengetahui

Ketua Program studi

Teknik elektro D-III



( Ir. Taufik Hidayat, MT )

Nip : 1018700151

Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing



( Ir. Taufik Hidayat, MT )

Nip : 1018700151

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO D-III  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2009

## ABSTRAK

Christian Yawan  
02.52.027

Dosen Pembimbing  
Ir. Taufik Hidayat, MT

### **“ANALISA PERBANDINGAN KINERJA PMT DENGAN MEDIA ISOLASI MINYAK DAN UDARA HEMBUS PADA JARINGAN 70 KV DI GI BLIMBING MALANG”**

---

---

Pada masa sekarang ini dan masa yang akan datang, energi listrik merupakan bentuk energi yang sangat dibutuhkan dalam segala bidang. System pembangkit tenaga listrik meliputi konversi energi dasar menjadi energi listrik. Penyaluran energi listrik dari pusat pembangkit ke konsumen memerlukan peralatan transmisi yang handal. Gardu induk mempunyai fungsi untuk menyalurkan energi listrik dari pusat pembangkit kepada konsumen.

System pengaman pada saluran transmisi bertujuan untuk mencegah dan membatasi kerusakan-kerusakan pada jaringan dan peralatan transmisi maupun distribusi apabila terjadi gangguan serta mengamankan manusia dari bahaya listrik.

Salah satu pengaman yang terpasang di Gardu Induk adalah PMT, PMT atau circuit breaker adalah peralatan pemutus dan penghubung yang mempunyai kemampuan memutus atau menghubungkan jaringan dalam keadaan berbeban dan bertegangan sesuai dengan rating PMT. PMT memerlukan media isolasi sebagai media pemadaman busur api, mengingat pemutusan dan penyambungan arus dilakukan dalam keadaan berbeban sehingga menimbulkan busur listrik yang harus segera dipadamkan.

Pada Tugas Akhir ini dilakukan perbandingan kinerja PMT dengan menggunakan media isolasi minyak dan udara hembus pada jaringan 70 KV yang terdapat di Gardu Induk Blimbing Malang.

## KATA PENGANTAR

Dengan panjatkan puji Syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, Penulis dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini. Dalam rangka melengkapi kurikulum pada jurusan Teknik Elektro D-III Program studi TEKNIK ENERGI LISTRIK yang mana tujuan dibuat Tugas Akhir ini adalah sebagai syarat Untuk memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik, Laporan ini disusun berdasarkan hasil perencanaan yang telah diperoleh ketika melakukan ANALISA PERBANDIGAN KINERJA PMT DENGAN MEDIA ISOLASI MINYAK DAN UDARA HEMBUS PADA JARINGAN 70 KV DI GI BLIMBING MALANG. Pada kesempatan kali ini perkenankan kami untuk mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof.Dr.Ir. Abraham Lomi,MSEE Selaku Rektor ITN Malang
2. Bapak Ir.H. Sidik Noertjahjono,MT Selaku Dekan FTI ITN Malang
3. Bapak Ir.H. Taufik Hidayat,MT selaku Selaku Dosen Pembimbing
4. Bapak Ir.H. Taufik Hidayat,MT Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro D-III
5. Bapak Ir. Bambang Priyo H,ST,MT, Selaku Sekertaris Jurusan Teknik Elektro D-III
6. Ayahanda Samuel Yawan dan Ibunda Alcy Kotta atas doa dan dukungannya kepada penulis
7. Rekan-rekan GMC David yawan,Chiko belo,Jeftry R,Chuk Sada,Anes W,Deni T, yang turut membantu dalam memberikan support demi terselesainya laporan Tugas Akhir ini.

Dengan penuh kesadaran bahwa laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna,maka penyusun mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak. Di akhir kata penulis berharap laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang 29 Mei 2009

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL .....	i
LEMBAR PERSETUJUAN .....	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN .....	iii
ABSTRAK.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
<b>BAB I : PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
1.6 Metodologi .....	3
1.7 Sistematika Penulisan Laporan .....	5
<b>BAB II : MEKANISME PEMUTUS TENAGA, ISOLASI MINYAK DAN UDARA</b>	
2.1 Umum.....	6
2.2 Fungsi PMT .....	7
2.3 Mekanisme Pembukaan dan Penutupan PMT.....	7
2.4 Klasifikasi PMT .....	9

2.4.1 PMT dengan dielektrik minyak banyak .....	9
2.4.2 PMT dengan udara hembus.....	12
2.5 Tegangan Kerja PMT .....	17
2.6 Ketentuan PMT .....	17
2.7 Penggerak dalam PMT .....	18
2.8 Isolasi Dielektrik Cair .....	19
2.8.1 Busur listrik dalam minyak isolasi.....	20
2.9 Isolasi Udara.....	20
2.9.1 Gas-gas dengan kekuatan tembus yang tinggi.....	21
2.10 Keuntungan dan Kerugian Penggunaan PMT Minyak dan Udara Hembus.....	22

### **BAB III : PARAMETER PEMBANDING KEANDALAN PMT**

3.1 Parameter Pembanding Keandalan PMT.....	24
3.1.1 Konstruksi .....	24
3.1.1.1 PMT dengan dielektrik minyak banyak .....	24
3.1.1.2 PMT dengan udara hembus.....	28
3.1.2 Kondisi Media Isolasi .....	31
3.1.2.1 Isolasi minyak .....	31
3.1.2.2 Isolasi udara .....	32
3.1.3 Jumlah Batas Trip Maksimum .....	32
3.1.4 Pemeliharaan PMT dengan Menggunakan Media Isolasi Minyak dan Udara Hembus.....	34
3.1.5 Kecepatan Operasi .....	35

3.1.5.1 PMT minyak.....	35
3.1.5.2 PMT udara hembus .....	36
3.1.6 Menghitung Usia PMT.....	36

#### **BAB IV : ANALISIS**

4.1 Umum.....	37
4.1.1 PMT Minyak di Gardu Induk Blimbing.....	37
4.1.2 PMT Udara Hembus di Gardu Induk Blimbing.....	38
4.2 Analisa Secara Teknis .....	38
4.2.1 Perhitungan Trip Maksimum PMT .....	41
4.2.1.1 PMT Minyak .....	41
4.2.1.2 PMT udara hembus .....	42
4.3 Analisa Pemeliharaan.....	44
4.4 Kondisi Media Isolasi.....	48
4.5 Analisa Secara Fisik.....	49

#### **BAB V : PENUTUP**

5.1 Kesimpulan.....	54
5.2 Saran.....	55

DAFTAR PUSTAKA

LEMBAR ASISTENSI

LEMBAR BERITA ACARA

LEMBAR PERBAIKAN TA

LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

Gbr 2-1 : Rangkaian Trip PMT .....	8
Gbr 2-2 : PMT dengan dielektrik minyak .....	10
Gbr 2-3 : Susunan kontak-kontak.....	12
Gbr 2-4 : PMT dengan media isolasi udara hembus .....	13
Gbr 2-5 : Urutan prinsip kerja PMT dengan media isolasi udara hembus .....	14
Gbr 3-1 : Proses pemadaman busur listrik pada PMT dengan dielektrik minyak banyak.....	26
Gbr 4-1 : Hubungan trip maksimum dengan overhaul pada PMT minyak dan udara hembus.....	46
Gbr 4-2 : Perbandingan jumlah trip maksimum pada PMT minyak dan udara hembus.....	50
Gbr 4-3 : Perbandingan kecepatan operasi membuka dan menutup jaringan pada PMT minyak dan udara hembus .....	51
Gbr 4-4 : Perbandingan prediksi usia pakai PMT minyak dan udara hembus .	52

## DAFTAR TABEL

Tabel 2-1 : Jenis gas dan karakteristiknya.....	22
Tabel 3-1 : Waktu overhaul PMT.....	35
Tabel 4-1 : Jumlah trip maksimum PMT.....	45
Tabel 4-2 : Prediksi trip maksimum karena penyusutan .....	45
Tabel 4-3 : Hasil analisis PMT minyak dan udara hembus berdasarkan parameter-parameter pembandingan .....	49
Tabel 4-4 : Hasil pengukuran tegangan tembus pada PMT isolasi minyak .....	53
Tabel 4-5 : Hasil pengukuran tahanan kontak dan keserempakan kontak PMT isolasi minyak.....	53
Tabel 4-6 : Hasil pengukuran tahanan kontak dan keserempakan kontak PMT isolasi udara hembus .....	53

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Penyaluran energi listrik dari pusat pembangkit ke konsumen memerlukan suatu peralatan transmisi yang handal. Gardu induk (GI) mempunyai beberapa peralatan transmisi, yaitu peralatan keras maupun peralatan lunak. Peralatan keras adalah peralatan yang secara fisik dapat dilihat secara langsung, salah satu peralatan keras yang harus ada di dalam GI adalah pemutus tenaga (PMT). Sedangkan peralatan lunak adalah peralatan yang secara fisik tidak dapat dilihat secara langsung karena ini berupa program-program yang telah disusun dalam suatu sistem, misalnya pada sistem SCADA dan PLC.

PMT adalah peralatan pemutus dan penghubung yang mempunyai kemampuan memutus atau menghubungkan jaringan dalam keadaan berbeban dan bertegangan sesuai dengan rating PMT. PMT berfungsi sebagai saklar untuk memutuskan atau menghubungkan arus listrik, PMT merupakan media isolasi, mengingat pemutusan maupun penyambungan arus dilakukan dalam keadaan berbeban. Kondisi ini dapat menimbulkan busur listrik yang umum digunakan adalah isolasi minyak, udara hembus (*air blast breaker*), media hampa (*vacuum*) dan gas SF<sub>6</sub>.

Seiring dengan perkembangan zaman, beberapa GI menggunakan dua macam atau lebih media pemadaman busur listrik pada PMT yang dimilikinya. GI

Blimbing merupakan salah satu GI yang PMT-nya menggunakan media pemadaman busur listrik minyak dan udara hembus pada jaringan 70 KV.

Pada Tugas Akhir ini di lakukan suatu analisa perbandingan kinerja PMT berdasarkan beberapa aspek, yaitu : konstruksi, kondisi media isolasi, jumlah pemutus maksimal, dan kecepatan operasi yang dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan pemilihan jenis PMT.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka di ambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaiman kondisi media isolasi pada kedua jenis PMT setelah terjadinya pemutusan ?
2. Berapakah jumlah pemutusan maksimal yang masih di ijinan pada kedua jenis PMT ?

## **1.3 Batasan Masalah**

Permasalahan di batasi pada :

1. Jenis dan spesifikasi PMT adalah PMT dengan media isolasi minyak dan udara hembus yang terpasang pada GI Blimbing Malang.
2. Tidak membahas teknis penempatan PMT.
3. Tidak membahas PMT dengan media isolasi Gas SF<sub>6</sub>.
4. Tidak membahas PMT dengan media isolasi Hampa Udara.
5. Tidak membahas masalah sistim proteksi.

6. Rating tegangan yang di gunakan adalah 70 KV.
7. Parameter perbandingan dibatasi pada konstruksi, kondisi media isolasi, jumlah pemutusan maksimal, kecepatan operasi.

#### **1.4. Tujuan**

1. Mengetahui perbandingan kinerja PMT dengan media isolasi minyak dan udara hembus pada jaringan 70 KV.
2. Mengetahui kondisi media isolasi setelah terjadinya tembus pada isolasi minyak dan udara hembus pada jaringan 70 KV.
3. Pengukuran tegangan tembus pada PMT minyak untuk mengetahui bahwa minyak yang digunakan masih baik dan layak pakai.
4. Pengukuran tahanan kontak dan keserempakan kontak untuk PMT minyak dan udara hembus pada jaringan 70 KV.

#### **1.5. Manfaat**

Kinerja PMT dengan media isolasi minyak dan udara hembus dapat di gunakan sebagai salah satu dasar pertimbangan pemilihan jenis PMT, pada suatu Gardu Induk.

#### **1.6. Metodologi**

Pengkajian ini diselesaikan dengan menggunakan metode-metode sebagai berikut :

### 1. Kajian Teoritis

Memaparkan teori-teori dasar yang berhubungan antara PMT dengan Media isolasi minyak dan udara hembus, teori dasar PMT.

### 2. Studi Observasi

Studi observasi ini dilakukan dengan cara pengamatan dan pengambilan data sekunder di GI Blimbing Malang. Data-data yang diambil adalah data-data yang berhubungan dengan PMT antara media isolasi minyak dan udara hembus meliputi :

- Rating arus dan tegangan pada kedua PMT.
- Kapasitas pemutus kedua PMT.
- *Single line diagram* GI Blimbing Malang.
- Data-data teknis kedua PMT.

### 3. Analisa data hasil observasi

Data-data yang telah didapatkan dari hasil observasi kemudian dianalisis, yang meliputi :

- Analisa fenomena yang terjadi pada media isolasi pada kedua jenis PMT setelah terjadi pemutusan.
- Perhitungan jumlah pemutusan maksimal yang di iijinkan pada kedua jenis PMT.

### 4. Pengambilan kesimpulan

Dari hasil analisis dapat di ambil kesimpulan perbandingan kinerja PMT dengan media isolasi minyak dan udara hembus.

## 1.7 Sistemmatika Penulisan Laporan

- Bab I : Berisi pendahuluan yang meliputi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan pembahasan, manfaat, metodologi serta sistemmatika pembahasan.
- Bab II : Berisi penjelasan mengenai PMT secara umum meliputi fungsi, mekanisme pembukaan dan penutupan, klasifikasi, tegangan kerja, ketentuan yang harus di penuhi PMT, penggerak, keuntungan isolasi minyak dan udara
- Bab III : Berisi penjelasan mengenai PMT dengan media isolasi minyak dan udara hembus, parameter yang digunakan untuk membandingkan kinerja kedua jenis PMT, meliputi konstruksi, kondisi media isolasi, kecepatan operasi, pemeliharaan.
- Bab IV : Berisi analisis hasil pengambilan data, data-data teknis PMT dengan media isolasi minyak dan udara hembus, perhitungan jumlah pemutusan maksimal.
- Bab V : Berisi kesimpulan dan saran.

## BAB II

### MEKANISME PEMUTUS TENAGA, ISOLASI MINYAK DAN UDARA

#### 2.1 Umum

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

Pemisahan kontak pada kondisi berbeban akan menimbulkan busur listrik. Busurlistrik harus dipadamkan secepat mungkin oleh media pemadam busur listrik. Jenis media pemadam busur listrik menentukan jenis PMT, seperti media pemadam busur listrik yang berupa isolasi minyak (minyak dielektrik), udara tekan (bertekanan tinggi), udar hampa dan gas SF<sub>6</sub>. Pada waktu PMT bekerja baik membuka atau menutup sistem jaringan listrik harus di perhatikan dan di perhitungkan kontinuitas arus yang harus lebih dari kecil arus nominal PMT, untuk gangguan hubung singkat arus tidak boleh melebihi dari kapasitas hubung singkatnya.

## 2.2 Fungsi PMT

Suatu PMT mempunyai 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 relatif lebih sederhana karena hanya berhubungan dengan arus normal sistem. Sedangkan fungsi PMT pada poin kedua lebih kompleks karena berhubungan dengan arus gangguan yang relatif lebih tinggi. Arus gangguan tersebut harus diputuskan dalam waktu sesingkat mungkin, arus tersebut juga dapat menyebabkan kerusakan peralatan maupun instalasi pembangkit jika tidak segera diputuskan.

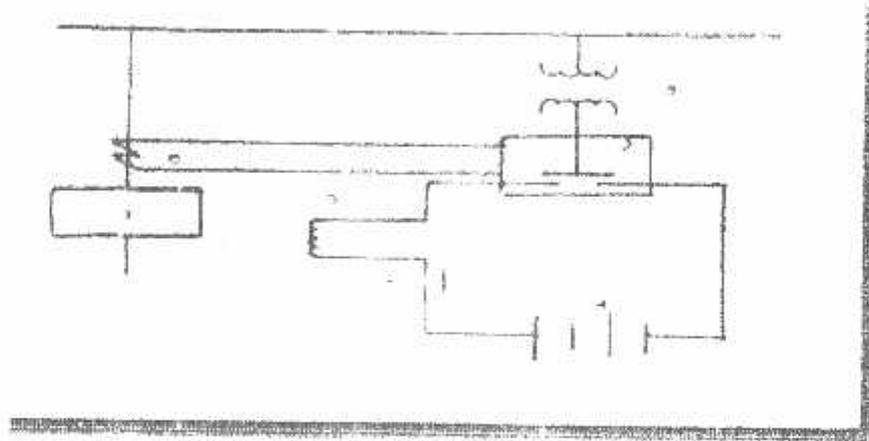
## 2.3 Mekanisme pembukaan dan penutupan PMT

Mekanisme pembukaan dan penutupan pemutus tenaga antara lain :

1. Trip 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 test.
2. *Close coil* atau coil untuk memasukan pemutus tenaga dengan cara yang sama seperti *trip coil*, hanya saja untuk *rele* digunakan *recloser* yang menutup kembali secara otomatis.

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

Secara sederhana mekanisme pembukaan maupun penutupan dapat dijelaskan dalam gambar berikut.



Gambar 2.1 Rangkaian Trip PMT

Sumber : Pusdiklat PLN, 1984

Keterangan gambar :

- |                                   |                   |
|-----------------------------------|-------------------|
| 1. PMT ( <i>Circuit Breaker</i> ) | 5. Trafo Tegangan |
| 2. Rele                           | 6. Trafo Arus     |
| 3. Kumpanan 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 kumpanan

trip (3) akan mendapat tegangan, sehingga peralatan teknis akan bekerja untuk membuka kontak-kontak PMT.

## 2.4 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 245 KV.
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 bahan dari porselen atau material isolasi dari jenis organik.
3. PMT dengan udara hembus (*air blast circuit breaker*).
4. PMT dengan menggunakan udara hampa (*vacuum circuit breaker*).
5. PMT dengan media isolasi gas SF<sub>6</sub>

Dalam penulisan tugas akhir ini, hanya dibahas PMT dengan jenis :

### 2.4.1 PMT dengan dielektrik minyak banyak (*bulk oil circuit breaker*)

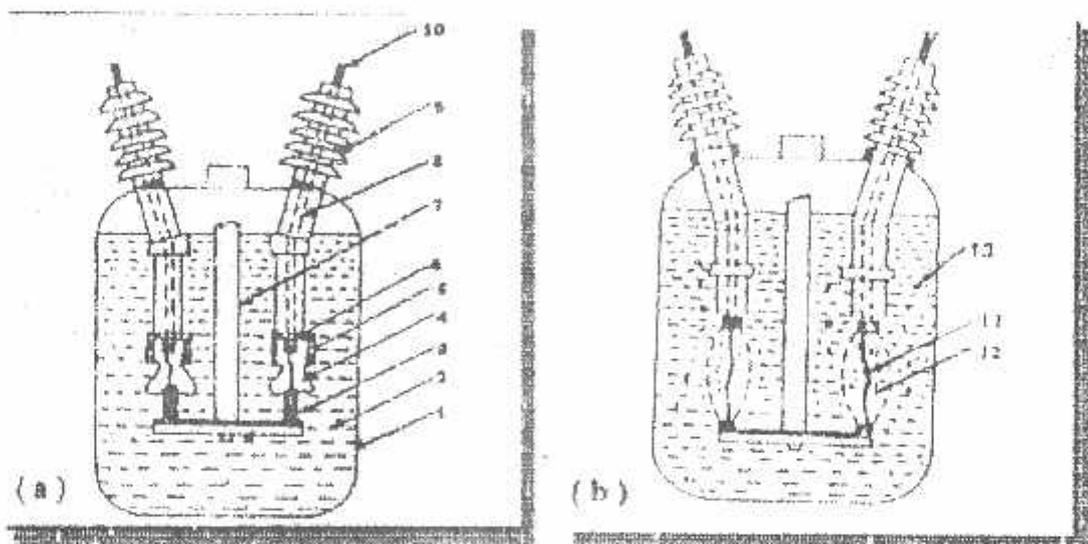
Pada umumnya PMT dengan dielektrik minyak banyak digunakan pada sistem tegangan sampai 70 KV. Minyak yang terdapat didalam tangki berfungsi sebagai :

- Peredam loncatan bunga api listrik saat terjadi pemutusan kontak.
- Bahan isolasi antara bagian-bagian yang bertegangan dengan badan/body peralatan.

PMT dengan dielektrik minyak banyak dibedakan menjadi :

- PMT menggunakan minyak banyak tanpa alat pembatas busur listrik (*plain break bulk oil circuit breaker*).
- PMT menggunakan minyak banyak dengan pengatur busur listrik (*bulk oil circuit breaker with arc control device*).

PMT dengan banyak menggunakan minyak dapat dilihat pada gambar 2.2



Gambar 2.2 PMT dengan dielektrik minyak

(a) Dengan pengatur busur listrik (*bulk oil circuit breaker with arc control*)

(b) Tanpa alat pembatas busur listrik (*plain break bulk oil circuit breaker*)

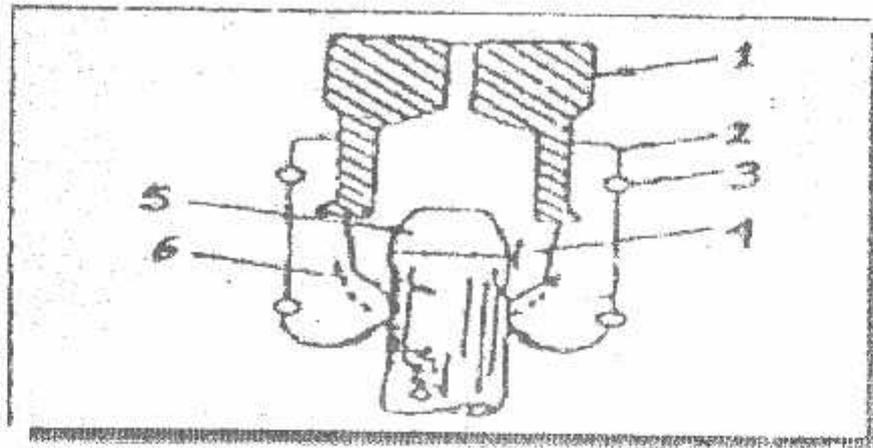
Sumber : Pusdiklat PLN, 1984

**Keterangan :**

1. Tangki
2. Dielektrik Minyak
3. Kontak yang bergerak
4. Gas yang berbentuk oleh dekomposisi dielektrik minyak
5. Alat pembatas busur listrik
6. Kontak tetap
7. Batang penegang (dari *fiberglass*)
8. Konduktor dari tembaga
9. *Bushing* terisi minyak atau tipe kapasitor
10. Konduktor
11. Inti busur listrik
12. Gas hasil ionisasi
13. Gelembung-gelembung gas

**Prinsip kerja**

Proses membuka dan menutup PMT dilakukan dengan menggerakkan batang penggerak turun membuka kontak-kontak dan naik untuk menutup kontak-kontak. Batang penggerak digerakan oleh mekanisme penggerak (*operating mechanism*).



Gambar 2.3 Susunan kontak-kontak

Sumber : pusdiklat PLN, 1984

Keterangan :

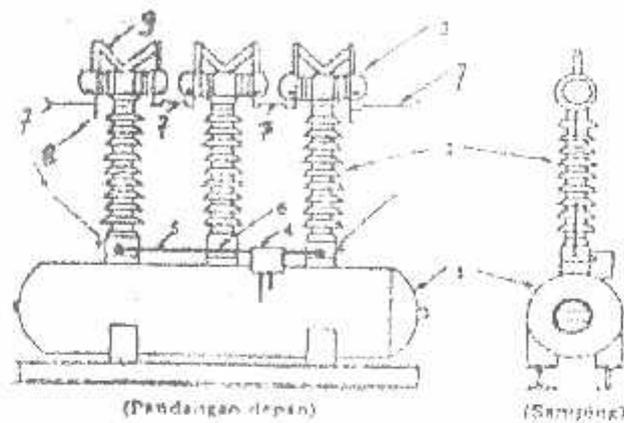
1. Penyangga kontak (*contact support*)
2. Kontak utama (*main contact*)
3. pegas belitan (*coiled spring*)
4. Kontak penggerak (*moving contact*)
5. Ujung kontak (*arching contact*)
6. Tangki kontak penggerak (*moving contact stem*)

#### 2.4.2 PMT dengan udara hembus (*air blast circuit breaker*)

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 sebagai pencegah tegangan pukul (*restriking voltage*).

Kontak pemutus tenaga dan katup 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 2.4



Gambar 2.4 PMT dengan media isolasi udara hembus

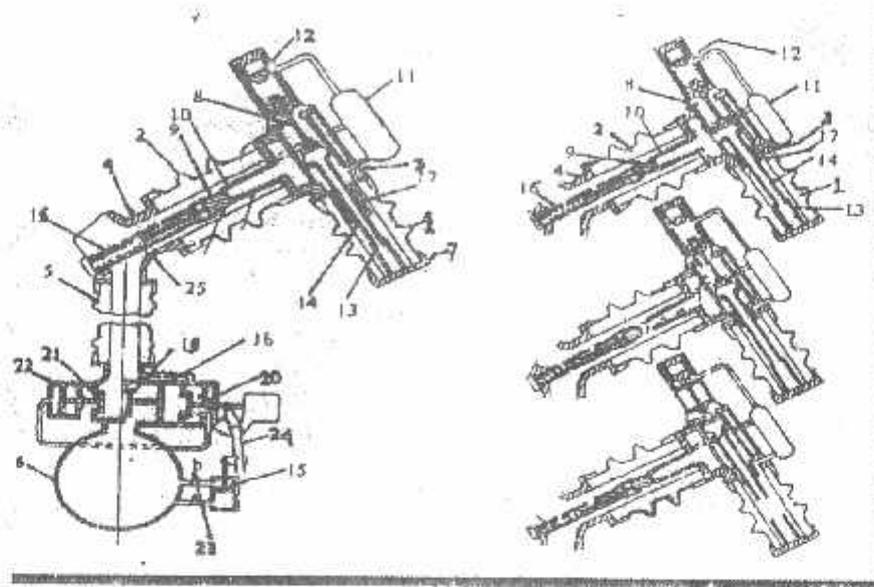
Sumber : Pusdiklat PLN, 1984

Keterangan :

1. Tangki persediaan udara dari plat baja
2. Isolator berongga dari porselen atau steatite
3. Ruang Pemadam busur listrik ganda
4. Mekanisme penggerak pneumatic
5. Batang penggerak dari baja
6. Katup pneumatic
7. Terminal dari tembaga
8. Tanduk busur listrik dari tembaga
9. Unit tahanan

### Prinsip kerja

Prinsip kerja PMT dengan media isolasi udara hembus dapat dijelaskan dari gambar 2.5 dibawah ini.



Gambar 2.5 urutan prinsip kerja PMT dengan media isolasi udara hembus

Sumber : Pusdiklat PLN, 1984

Keterangan :

- |  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| 1. Unit pemutus pembantu                 | 16. Pegas kontak bergerak             |
| 2. Unit pemutus utama                    | 17. Jari-jari kontak pemutus pembantu |
| 3. Penyangga pemutus pembantu            | 18. Torak katup tekan                 |
| 4. Penyangga pemutus utama               | 19. Katup tekan                       |
| 5. Isolator Penyangga                    | 20. Katup kerja                       |
| 6. Tangki udara                          | 21. Katup pembuang                    |
| 7. Terminal unit pemutus pembantu        | 22. Torak katup pembuang              |
| 8. Lubang pembuang udara                 | 23. Katup pengatur                    |
| 9. Kepala kontak penggerak pemutus utama | 24. Poros penggerak                   |
| 10. Kontak tetap pemutus Utama           | 25. Torak                             |
| 11. Katup kelambatan                     |                                       |
| 12. Silinder penutup                     |                                       |

13. Kontak tetap pemutus  
Pembantu
14. Kontak penggerak pemutus  
Pembantu
15. Silinder penggerak

Pada keadaan PMT masuk, arus mengalir dari terminal pemutus pembantu (7) selanjutnya terus melewati kontak tetap pemutus pembantu (13), kontak bergerak (14), kontak jari-jari pemutus pembantu (17), penyangga pemutus pembantu (3), kontak tetap pemutus utama (10), kontak bergerak pemutus pembantu (9), penyangga pemutus utama (4), kemudian menuju kontak gerak, kontak tetap pemutus utama pada sisi berikutnya, terus ke penyangga pemutus pembantu, kontak jari-jari pemutus pembantu, kontak bergerak, kontak tetap pemutus pembantu dan terus ke terminal pemutus pembantu.

Proses penutupan dan pembukaan PMT dilakukan dengan cara menutup dan membuka kontak-kontak tetap dengan adanya perubahan tekanan udara didalam ruangan pemutus.

**Pada proses pembukaan :**

Selah kumparan pelepas (*tripping coil*) bekerja, maka katup pengatur (23) membuka dan udara bertekanan tinggi mengalir ke bagian bawah silinder penggerak (15). Dengan berputarnya proses penggerak (24) searah jarum jam akan menyebabkan katup bekerja (20) dan katup tekan (19) membuka. Ruangan di dalam isolator penyangga (5) dan unit pemutus

utama (2) akan terisi penuh dengan udara bertekanan tinggi dari tangki sehingga kontak-kontak bergerak (9) didalam pemutus utama membuka. Busur listrik akibat pembukaan kontak dipadamkan oleh hembusan udara, gas yang timbul akibat busur listrik keluar bersama-sama melalui lubang pembuang udara (8). Setelah terjadi pembukaan pada pemutus utama maka udara tekan akan masuk kedalam unit pemutus pembantu (1). Setelah kontak pemutus pembantu membuka, arus sisa yang mengalir melalui tahanan diputuskan. Pada akhir langkah kerja pembukaan, kontak penggerak pemutus pembantu (14) menutup lubang pembuangan udara (8). Ruang isolator penyangga, pemutus utama dan pemutus pembantu terisi penuh oleh udara bertekanan tinggi. Kontak penggerak pemutus pembantu masuk kembali. Setelah pemutus arus, pembukaan dari kontak pemutus pembantu dipertahankan membuka oleh tekanan udara dalam ruangan tersebut.

**Pada prosce penutupan :**

Dengan bekerjanya kumparan penutup (*closing coil*) maka katup pengatur (23) membuka, udara tekan mengalir ke sisi atas silinder penggerak (15) dan menyebabkan berputarnya poros penggerak (24) yang berlawanan arah dengan putaran jarum jam, maka katup pembuangan (21) terbuka. Hal ini menyebabkan udara bertekanan tinggi didalam ruangan isolator penyangga dan unit pemutus utama terbuang melalui katup pembuangan. Karena tekanan udara turun secara tiba-tiba maka katup

kelambatan (11) bekerja dan udara tekan dalam ruangan udara mengalir masuk ke dalam silinder penutup (12) dan mendorong kontak bergerak pemutus masuk.

## 2.5 Tegangan kerja PMT

Tegangan kerja PMT antara lain adalah 220/380 V, 6 KV, 20 KV, 30 KV, 70 KV, 150 KV. Pada tegangan 220/380 V PMT tidak menggunakan media isolasi dan biasanya digunakan pada konsumen. Tegangan kerja PMT baik pada penghantar, transformator dan transmisi pada sistem tenaga listrik. Sedangkan pada penulisan ini PMT yang diamati adalah PMT dengan tegangan 70 KV.

## 2.6 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 jangka waktu yang lama
2. Membuka otomatis dalam memutuskan beban atau beban lebih.
3. Harus memutus dengan cepat saat dialiri arus hubung singkat.
4. Celah (*gap*) harus tahan terhadap 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 thermal akibat hubung singkat.

## 2.7 Penggerak dalam PMT

Penggerak merupakan suatu sistem peralatan 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 lebih 0,03 detik.

Mekanisme penggerak mempunyai beberapa fungsi, antara lain ;

- 1 Untuk melaksanakan operasi penutupan pada 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

Sistem ini menggunakan minyak bertekanan tinggi untuk menggerakkan kontak gerak PMT.

### 3. Penggerak pneumatic

Sistem ini menggunakan udara bertekanan untuk menggerakkan kontak gerak PMT.

### 4. Penggerak elektrik

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

## 2.8 Isolasi dielektrik cair

Isolasi dielektrik cair mempunyai kekuatan dielektrik antara 100-1000 KV/cm yang sangat tergantung dari kondisi dielektrik. Pada kondisi sebenarnya, kekuatan tembus berkurang karena pengotoran

Minyak petroleum banyak dipakai sebagai isolasi, tetapi askarel, *fluorocarbon*, *silicon* dan *ester organic*, minyak jarak (*kastor*) lebih banyak digunakan. Polybutana banyak digunakan dalam industri kelistrikan. Askeral dan silicon digunakan dalam transformator dan kapasitor, digunakan pada suhu 200 Celcius atau lebih.

Dielektrik cair banyak digunakan pada peralatan tegangan tinggi sebagai media isolasi dan konduksi panas. Dalam pemakaiannya, dielektrik cair digunakan sebagai media isolasi pada tegangan 50-60 KV. Dielektrik cair juga digunakan sebagai media isolasi pada PMT, ketika kontak memisah, dielektrik cair berfungsi untuk memutuskan busur listrik yang terjadi.

### **2.8.1 Busur listrik dalam minyak isolasi**

Dengan memisahkannya kontak PMT pada saat terjadi gangguan maka busur listrik tidak dapat dihindari. Panas yang ditimbulkan busur listrik akan menguap didalam minyak dan memisah menjadi karbon dan gas hydrogen pada tekanan yang tinggi. Gas hydrogen dengan konduktivitas yang tinggi dapat mendinginkan busur listrik. Hidrogen dengan konduktivitas yang tinggi mendinginkan busur listrik dengan sangat cepat dan membutuhkan 5-10 kali untuk memadamkan busur listrik, hal ini sama dengan yang dibutuhkan udara. Pemutusan arus hubung singkat yang tinggi dapat menimbulkan tekanan yang tinggi, tekanan yang tinggi dapat memadamkan busur listrik.

### **2.9 Isolasi udara**

Udara pada tekanan atmosfer merupakan isolasi gas yang sangat baik. Tembus dalam gas terjadi karena proses ionisasi tumbukan. Elektron-elektron timbul menurut fungsi eksponensial, jika tegangan yang diterapkan cukup besar, maka akan terjadi tembus. Tembus pada udara sangatlah penting untuk perancangan saluran dan peralatan transmisi daya listrik.

Kekuatan tembus pada gas akan bertambah sesuai dengan jarak antara kedua elektroda yang digunakan, tetapi gradient tegangan tembus akan berkurang dari 30 KV/cm untuk medan seragam dengan jarak sela yang kecil sampai dengan 6 KV/cm untuk jarak sela yang besar seperti dalam surja petir, gradient berkurang 1 KV/cm hingga 3 KV/cm.

Udara digunakan sebagai media isolasi pada tegangan rendah dan tegangan tinggi. Seperti halnya minyak, udara juga digunakan sebagai media isolasi pada PMT yang berfungsi untuk memadamkan busur listrik yang terjadi sebagai akibat membuka dan menutupnya kontak-kontak PMT.

### **2.9.1 Gas-gas dengan kekuatan tembus yang tinggi**

Gas gas yang murah dan mempunyai kekuatan dielektrik yang tinggi adalah udara kering dan nitrogen terutama pada tekanan yang tinggi. Peralatan yang menggunakan medium gas tersebut antara lain saklar bagi berselubung logam, kapasitor gas mampat serta piranti fisika yang lain. Salah satu kendala yang harus dihadapi adalah konstruksi wadah yang kuat untuk menahan tekanan mekanik yang cukup besar.

Gas yang digunakan sebagai isolasi diantaranya adalah :

1. Udara bertekanan, mudah untuk mendapatkan dan mempunyai kekuatan dielektrik yang tinggi.
2. Nitrogen ( $N_2$ ), merupakan gas pertama yang digunakan pada tekanan yang tinggi karena sifatnya yang inert dan mempunyai kestabilan sifat kimiawinya. Tetapi kekuatan dielektriknya sama dengan udara.
3. Karbon dioksida ( $CO_2$ ).
4. Diklodiflormetana ( $CCl_2F_2$ ), yang dikenal dengan Freon, mempunyai kekuatan dielektrik yang tinggi dan pemadaman yang bagus tetapi harganya mahal. Apabila bercampuran dengan busur listrik maka akan terbentuk molekul asam didalam Freon.

5. Sulfur heksafluorida ( $\text{SF}_6$ ), mempunyai kemampuan untuk memadamkan busur listrik yang bagus.

Di bawah ini diberikan table property beberapa gas :

Tabel 2.1 Jenis gas dan karakteristiknya

Table 2.1 Properties of Insulating Gases

Name of the gas	Formula	Molecular weight	Melting point at 760 torr °C	Boiling point at 760 torr °C	Relative dielectric strength ( $\text{SF}_6 = 1$ )	Dielectric constant	Specific gravity (Air = 1)	Flammability	Toxicity
Air		29	—	-100	1	1.00053	1.00000	No	Physically inert
Nitrogen	$\text{N}_2$	28	-210	-196	1	1.00052	0.96724	No	-do-
Hydrogen	$\text{H}_2$	2	-259	-253	—	1.00026	0.06961	Yes	-do-
Carbon tetrafluoride	$\text{CF}_4$	88	-183	-128	1.01	1.00070	—	No	-do-
Hexafluoro-ethane	$\text{C}_2\text{F}_6$	138	-101	-38	2.03	1.00200	—	No	-do-
Pentafluor-propane	$\text{C}_3\text{F}_8$	188	-160	-37	2.2	—	—	No	-do-
Pentafluoro-butane	$\text{C}_4\text{F}_{10}$	238	-30	-2	2.6	—	—	No	-do-
Pentafluoro-n-butane	$\text{C}_4\text{F}_{10}$	200	—	+ 2	3.6	1.00340	2.3723	No	-do-
Sulphur hexafluoride	$\text{SF}_6$	146	—	-63	2.5	1.00191	5.1900	No	-do-
30% $\text{SF}_6$ + 70% Air (Vol.)					2.0			No	-do-
Freon-12	$\text{CCl}_2\text{F}_2$	121	-158	-30	2.46	1.00160	—	No	po

\*P. Physically inert for durations of 2 hr or less with 20% concentration.

Sumber : Naidu, 1987 : 35

## 2.10. Keuntungan dan kerugian penggunaan PMT minyak dan udara hembus

Terdapat keuntungan dan kerugian dalam penggunaan PMT minyak dan udara hembus, yaitu:

### 1. PMT minyak

Keuntungan :

- Konstruksi sederhana
- Kapasitas pemutusan tinggi

- Dapat dioperasikan secara otomatis sebaik operasi manual

Kerugian :

- Terdapat resiko kebakaran
- Terdapat resiko meledak
- Memerlukan pemeriksaan isolasi minyak secara berkala
- Harga minyak mahal, sulit untuk di dapat
- Tidak tepat untuk pemasangan di dalam ruangan.
- Membutuhkan baja yang banyak dalam konstruksi tengki.
- Ukuran besar dan berat.

## 2. PMT udara hembus

Keuntungan :

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

Kerugian

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

## BAB III

### PARAMETER PEMBANDING KEANDALAN PMT

#### 3.1. Parameter Pebanding Keandalan PMT

Untuk membandingkan keandalan PMT antara media isolasi minyak dan udara hembus perlu ditinjau beberapa factor yang mempengaruhi keandalan suatu PMT, factor-faktor tersebut adalah :

1. Konstruksi
2. Kondisi media isolasi
3. Jumlah batas trip maksimum
4. Pemeliharaan PMT
5. Kecepatan operasi PMT

##### 3.1.1. Konstruksi

###### 3.1.1.1. PMT dengan dielektrik minyak banyak

PMT dielektrik minyak banyak mempunyai bagian-bagian utama dalam konstruksinya, bagian bagian tersebut adalah :

1. Tangki (*tank*)
2. Kontak-kontak (*contact*)
3. Pengatur busur listrik (*arc control device*)
4. Mekanisme penggerak (*operating mechanism*)
5. Bushing

Fungsi dari bagian-bagian utama PMT dengan dielektrik minyak adalah :

1. Tangki

Bahan tangki terbuat dari plat baja dengan teknik pengelasan khusus. Tangki dilengkapi dengan ventilasi (saluran pengaman dengan arah aliran dari dalam keluar) yang berfungsi untuk membebaskan tekanan dalam tangki. Ventilasi harus selalu dijaga agar jangan sampai tersumbat oleh sesuatu. Tangki berfungsi menahan tekanan gas yang timbul selama proses pemadaman busur listrik. Bentuk dari tangki PMT direncanakan sesuai dengan kebutuhan yaitu ada satu tangki untuk tiga katub atau satu tangki untuk satu katub.

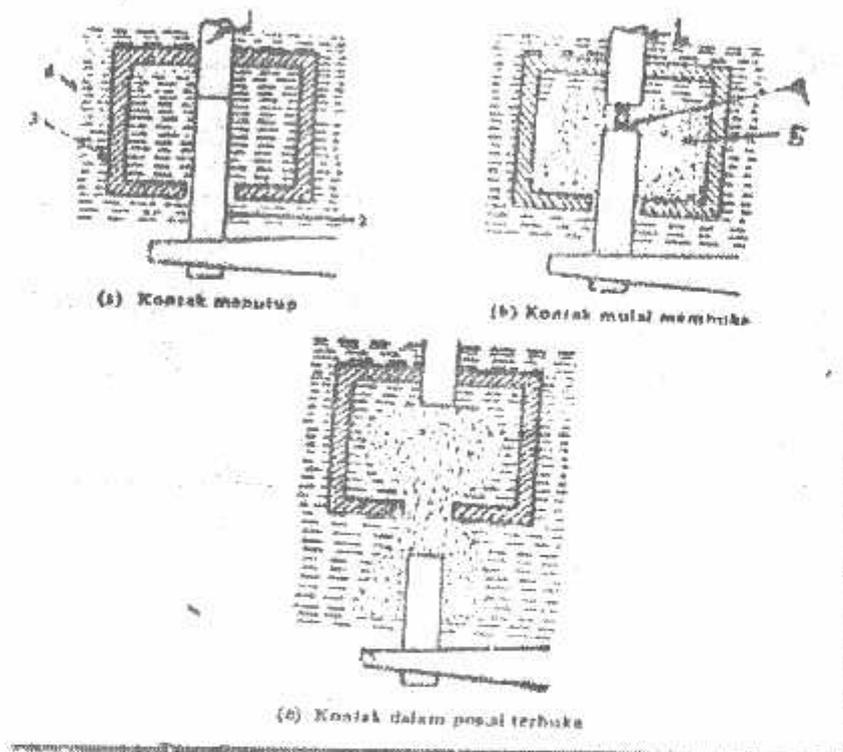
2. Kontak-kontak

Kontak-kontak terdiri dari kontak bergerak (*moving contact*) dan kontak tetap (*fixed contact*). Perencanaan kontak-kontak ditentukan oleh tipe dari pengatur busur listrik (*arc control device*). Kontak-kontak dilapisi dengan oksida tembaga sehingga selalu dalam keadaan bersih. Kontak tetap (*fixed contact*) dilengkapi dengan pegas yang berfungsi untuk menahan kontak bergerak. Kontak bergerak adalah sebuah batang tembaga berbentuk silinder yang dilengkapi dengan ujung kontak. Bila ujung kontak mengalami kerusakan dapat diganti dan dipasang kembali tanpa mengganti seluruh kontak.

3. Pengatur busur listrik

Pada umumnya pengatur busur listrik digunakan pada PMT yang menggunakan minyak banyak yang mempunyai kapasitas lebih besar

dibandingkan dengan PMT yang menggunakan sedikit minyak. Pengatur busur listrik mengatur panjangnya busur listrik sehingga pemadamannya dapat berlangsung dengan baik. Mekanisme dalam mengatur busur listrik dapat dijelaskan pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Proses pemadaman busur listrik pada PMT dengan dielektrik minyak banyak.

Sumber : Pusdiklat PLN, 1984

Keterangan gambar 3.1 :

1. Kontak tetap
2. Kontak bergerak
3. Pengatur busur listrik
4. Busur listrik
5. Gas bertekanan
6. Minyak

Ketika kontak bergerak (2) terpisah meninggalkan kontak tetap (1), didalam pengatur busur listrik terbentuk gas (gambar 3.1.b) gas yang dihasilkan busur listrik mempunyai tekanan yang akan bertambah besar didalam pengatur busur api listrik. Karena cepatnya kontak bergerak meninggalkan kontak tetap dan besarnya tekanan gas maka akan menimbulkan *blast effect* (gambar 3.1.c) sehingga busur listrik dapat dipadamkan.

#### 4. Mekanisme penggerak

Mekanisme penggerak berfungsi menggerakkan kontak bergerak untuk pemutusan dan penutupan PMT. Pemutusan dan penutupan mekanisme penggerak dapat dilakukan secara :

- Mekanik
- Listrik
- Pneumatik
- Hidrolis

Pemilihan mekanisme penggerak tergantung pada perencanaan dan pengoperasian PMT.

#### 5. Bushing

Bushing terdiri dari porselen dan inti (*elektroda*). Inti berfungsi sebagai konduktor yang bertegangan sedangkan porselen berfungsi sebagai isolasi antara bagian yang bertegangan dengan badan/*body* PMT.

### 3.1.1.2.PMT dengan udara hembus

Pada PMT ini udara hembus pada tekanan yang tinggi berfungsi sebagai pemadam loncatan busur api. PMT udara hembus mempunyai bagian-bagian utama didalam konstruksinya,bagian-bagian utama tersebut adalah :

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

Fungsi bagian-bagian utama PMT dengan media isolasi udara hembus adalah :

1. Ruang pemutus tenaga

Ruang pemutus tenaga berfungsi sebagai ruang pemadam busur listrik (*arc extinction chamber*) yang terdiri dari :

- a. Unit pemutus utama yang berupa ruang yang diselubungi oleh isolator dari porselen. Didalamnya terdapat ruang udara, kontak-kontak bergerak dan kontak-kontak tetap sebagai penghubung yang terletak melekat pada isolator porselen.
- b. Unit pemutus pembantu yang berfungsi sebagai pemutus arus yang melalui tahanan.

- c. Katup kelambatan yang berfungsi sebagai pengatur udara bertekanan dari unit pemutus utama ke unit pemutus pembantu sehingga kontak pada unit pemutus pembantu akan terbuka kurang lebih 25us setelah kontak-kontak pada unit pemutus utama akan terbuka.
- d. Tahanan yang dipasang paralel dengan unit pemutus utama yang berfungsi untuk mengurangi kenaikan harga dari tegangan pukul (*restriking voltage*) dan mengurangi arus pukulan (*chopping current*) pada waktu pemutusan.
- e. Kapasitor yang dipasang 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 besar.

## 2. Kontak-kontak

Terdiri dari kotak tetap (*fixed contact*) dan kontak bergerak (*moving contact*) yang berada pada unit pemutus pembantu.

## 3. Pengatur busur listrik

Udara bertekanan tinggi dari tangki udara yang disupli ke ruangan pemadam busur listrik menekan kepala kontak sehingga akan memisahkan kontak bergerak dan kontak tetap didalam unit pemutus utama. Busur listrik yang terjadi diantara kedua kontak terhembus kedalam mulut pipa kontak tetap sehingga busur listrik akan padam

oleh aliran udara bertekanan dan dikeluarkan melalui saluran pembuangan ke udara luar. Setelah pemadaman busur listrik dalam unit pemutus, katup kelambatan terbuka dan udara bertekanan tinggi mengalir ke unit pemutus pembantu sehingga kontak bergerak dan kontak tetap terpisah.

#### 4. Bagian penyangga

Bagian ini terbuat dari porselen yang berfungsi sebagai penyangga ruangan pemutus tenaga dan sebagai isolasi antara bagian-bagian bertegangan dengan badan/*body* PMT. Bagian penyangga mempunyai rongga atau disebut isolator berongga yang berfungsi sebagai saluran udara hembus dari tangki persediaan udara ke ruang pemutus.

#### 5. Katup hembus dan katup pembuangan

Katup hembus yang terpasang pada bagian dasar penyangga berfungsi sebagai pelepasan katup udara bertekanan tinggi dari dalam tangki udara ke ruang pemutus tenaga pada waktu pemutusan. Sedangkan katup pembuangan berfungsi sebagai pelepasan udara bertekanan tinggi dari ruangan pemutus ke udara luar pada waktu pemutusan.

#### 6. Tangki

Tangki terbuat dari plat baja yang berfungsi sebagai persediaan udara hembus untuk peredam busur listrik pada saat terjadinya pemutusan.

## 7. Mekanisme penggerak

Berfungsi untuk menggerakkan kontak bergerak untuk pemutusan dan penutupan PMT.

### 3.1.2. Kondisi media isolasi

#### 3.1.2.1. Isolasi minyak

Kapasitas isolasi dielektrik cair sangat tergantung pada kondisi setelah terjadi pelepasan elektrik : reaksi kimia plasma, misalnya isolasi minyak menjadi molekul gas hidrokarbon dan karbon yang bersifat sementara. Gas-gas tersebut akan menyebar dan akan menjadi gelembung-gelembung didalam minyak. Hal ini dapat mengurangi kapasitas isolasi minyak. Karbon fapat menurunkan tegangan tembus, hal tersebut tidak dapat di hindari. Apa bila kandungan karbon dalam minyak semakin banyak maka akan membentuk jembatan karbon yang berfungsi sebagai konduktor. Hal ini sangat berbahaya, oleh karena itu sangat mungkin dilakukan pengadukan dan penyaringan pada minyak. Apa bila kandungan karbon didalam minyak isolasi semakin banyak tegangan tembus akan turun.

Kondisi elektroda-elektroda juga dapat berubah di bawah pengaruh isolasi dielektrik cair. Pengotoran pada isolasi minyak akan mempengaruhi permukaan elektroda. Untuk alasan ini, diperlukan pembatasan konversi energi yang terjadi pada saat tembus. Apabila kelembapan semakin tinggi maka kekuatan dielektrik minyak akan turun.

### 3.1.2.2. Isolasi udara

Udara sangat di pengaruhi oleh kondisi iklim, seperti temperature, tekanan dan kelembapan yan berpengaruh pada kapasitas isolasinya. Permulaan dari pelepasan tergantung dari electron yang dapat dalam udara dan pada elektroda-elektroda didalam pengaruh radiasi kosmis dan UV. Kedua radiasi tersebut mempunyai pengaruh pada tegangan tembus : intensitas sinar bertambah, tegangan tembus akan berkurang. Pengaruh dari radiasi tergantung pada bentuk,bahan atau material dari elcktroda.

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

### 3.1.3. Jumlah batas trip maksimum

Untuk menghitung jumlah batas trip maksimum pada PMT dengan media isolasi minyak dan udara hembus diperlukan beberapa langkah sebagai berikut :

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

Sumber : (Pusdiklat PLN : 1984)

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

$$MVA_{scT} = \frac{MVA_{Trafo}}{X\%} \dots\dots\dots(3-1)$$

b) Setelah mendapatkan nilai  $MVA_{sc}T$  (a/b kV), selanjutnya menghitung kapasitas hubung singkat 3 fasa pada bus dengan menggunakan rumus:

$$\text{Untuk system seri : } MVA_{sc}bkV = \frac{MVA_{sc}akV \times MVA_{sc}T}{MVA_{sc}akV + MVA_{sc}T} \dots (3-2)$$

Untuk system parallel :  $MVA_{sc}bkV =$

$$\frac{MVA_{sc}akV \times (MVA_{sc}T_1 + MVA_{sc}T_2)}{MVA_{sc}akV + (MVA_{sc}T_1 + MVA_{sc}T_2)} \dots (3-3)$$

PMT menggunakan cycle breaker pada operasi pembukaan jaringan, persamaan yang memenuhi keadaan tersebut adalah sebagai berikut :

$$MVA_{sc}bkV = \frac{MVA_{sc}akV \times (MVA_{sc}T_1 + MVA_{sc}T_2)}{MVA_{sc}akV + (MVA_{sc}T_1 + MVA_{sc}T_2)} \times k \dots (3-4)$$

Nilai konstanta k ditentukan berdasarkan cycle breaker yang digunakan PMT, yaitu : (Pusdiklat PLN : 1984)

Untuk 8 cycle breaker  $k = 1.0$

5 cycle breaker  $k = 1.1$

3 cycle breaker  $k = 1.2$

2 cycle breaker  $k = 1.3$

c) Dari hasil perhitungan dengan menggunakan rumus 3-4, maka PMT harus dilakukan penggantian apabila terjadi pemutusan sebanyak :

$$n'' = \frac{n}{300 \left( \frac{MVA_{sc}}{MVA_{CB}} \right)^{1.5}} \dots (3-5)$$

Dimana  $n$  : angka pelepasan PMT  
 $n''$  : angka pelepasan PMT dengan pengaruh gangguan pada jaringan

#### **3.1.4. Pemeliharaan PMT dengan menggunakan media isolasi minyak dan udara hembus**

Pemeliharaan PMT sangat tergantung pada ukuran dan status PMT, apakah dijaga atau tidak dijaga. Pelaksanaan pemeliharaan dilakukan sesuai dengan jenis pemeliharaan sehingga dapat dilakukan pemilihan apakah PMT dalam keadaan operasi atau tidak beroperasi.

Untuk PMT yang statusnya dijaga, kurun waktu pemeliharaannya adalah sebagai berikut :

- Harian
- Bulanan
- Tahunan
- Overhaul

Untuk PMT yang statusnya tidak dijaga, kurun waktu pemeliharaannya adalah sebagai berikut :

- Mingguan
- Bulanan
- Tahunan
- Overhaul

Penentuan waktu onerhaul PMT secara garis besar dapat dilihat dalam table 3-1 dibawah ini.

Table 3.1 Wkatu overhaul PMT

JENIS PMT	KURUN WAKTU ONERHAUL.
PMT dengan media isolasi udara hembus (Air Blast Circuit Breaker)	Selambat-lambatnya sembilan tahun atau pada saat jumlah angka pemutusannya, n = 4500
PMT dengan media isolasi minyak sedikit (Low Oil Content Circuit Breaker)	Selambat-lambatnya enam tahun atau pada saat jumlah angka pemutusannya n = 1500
PMT dengan media isolasi minyak banyak (Bulk Oil Content Circuit Breaker)	Disesuaikan dengan petunjuk dari pabrik
PMT dengan media isolasi gas SF <sub>6</sub>	Disesuaikan dengan petunjuk dari pabrik

Sumber : PUSDIKLAT PLN, 1984

### 3.1.5. Kecepatan Operasi

Salah satu factor keandalan PMT adalah mempunyai kemampuan untuk beroperasi membuka dan menutup yang cepat.

#### 3.1.5.1. PMT Minyak

PMT minyak mempunyai kecepatan operasi yang berbeda-beda sesuai dengan spesifikasi masing-masing PMT minyak yang terpasang pada jaringan 70 KV di GI Blimbing mempunyai kecepatan membuka 0,05 detik dan menutup 0,25 detik.

### 3.1.5.2. PMT udara hembus

PMT udara hembus mempunyai kecepatan operasi yang berbeda dengan PMT minyak. PMT udara hembus yang terpasang pada jaringan 70 KV di GI Blimbing mempunyai kecepatan membuka 0,066 detik dan menutup 0,13 detik.

### 3.1.6. Menghitung Usia PMT

Untuk menghitung usia PMT digunakan langkah-langkah sebagai berikut :

Sumber : (PLN-LMK, 1990; 18)

Apabila rata-rata jumlah gangguan selama 1 tahun adalah 5 kali maka dapat di prediksi umur PMT sebagai berikut :

- Umur pemeliharaan PMT berdasarkan jumlah trip :

$$\text{Umur PMT} = \frac{n''}{5} \dots\dots\dots (3-6)$$

Apabila diperhitungan dengan factor kerusakan dan kenaikan performance setiap kali pemeliharaan maka :

$$\text{Umur PMT} = (\text{kerusakan pneumatic} + \text{kerusakan factor lain} + \text{penyusutan PMT}) \times \text{Umur PMT} + \text{kenaikan performance} \times \text{umur PMT}$$

## **BAB IV**

### **ANALISIS**

#### **4.1. Umum**

Untuk menganalisis perbandingan kinerja PMT antara media isolasi minyak dan udara hembus pada jaringan 70 KV diperlukan analisis :

##### **1. Secara teknis**

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

##### **2. Pemeliharaan**

Analisis dari segi pemeliharaan berkaitan kondisi dari kedua PMT setelah terjadinya pemutusan.

##### **3. Secara fisik**

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

#### **4.1.1. PMT Minyak di Gardu Induk Blimbing**

PMT minyak yang digunakan di Gardu Induk Blimbing Malang adalah PMT dengan dielektrik minyak banyak. PMT ini terpasang pada jaringan 70 KV. Pada jaringan 70 KV terpasang beberapa PMT minyak, PMT ini terletak pada line yang menghubungkan GI Blimbing dengan GI Polchan I II, GI Senkaling I II, dan Bangil I II. Dalam penulisan tugas akhir ini hanya diambil salah satu PMT saja, yaitu PMT yang terhubung ke GI Senkaling II.

#### 4.1.2. PMT Udara Hembus di Gardu Induk Blimbing

PMT dengan media isolasi udara hembus pada GI Blimbing Malang terpasang pada jaringan 70 KV. PMT ini tepatnya terpasang pada sekunder Trafo IBT II Medidensha 150/70 KV-35 MVA.

#### 4.2 Analisa Secara Teknis

Data-data teknis kedua PMT pada GI Blimbing adalah sebagai berikut

1. PMT minyak (oil circuit breaker)

- a. Tipe : SO-21
- b. Standart : JEC-145
- c. Merk/ buatan : Nissin Electric Co.,Ltd.,Kyoto  
Japan
- d. Pasangan : luar
- e. No. seri : 83-1235
- f. Tahun pembuatan : 1983
- g. Tegangan nominal : 72 kV
- h. Frekuensi : 50 Hz
- i. Arus beban nominal : 850A
- j. Pemutusan arus hubung singkat : 20 kV
- k. Kapasitas pemutusan : 250 MVA, 5 cycles
- l. Kapasitas hubung singkat 3 phasa  
Bus 150 kV ( $MVA_{sc} 150 \text{ kV}$ ) : 10,39 MVA
- m. Impedansi trafo II 35 MVA (X%) : 10,17

- n. Durasi hubung singkat : 2 sec
- o. Rating pemutusan : 0,05 sec
- p. Rating penutupan tanpa beban : 0,25 sec
- q. Volume minyak : 1100 liter
- r. System alat penggerak : pneumatic
- s. Tekanan operasi : 15 kg/cm<sup>2</sup>
- t. Angka pelepasan PMT (n) : 1500
- u. Penyusutan tiap overhaul : 30%
- v. Rating arus, tegangan : 650 A, 70 kV
- w. Gangguan tertinggi tiap tahun : 5 kali
- x. Waktu setiap pelaksanaan overhaul : 5 jam
- y. Kenaikan performance  
 Karena pemeliharaan : 11% (kontak 5%, penggerak 6%)

2. PMT udara hembus (air blast circuit breaker)

- a. Tipe : PPM-73
- b. Standart : JEC-181
- c. Merk/ buatan : Nissin Electric Co.,Ltd.,Kyoto  
 Japan
- d. Pasangan : luar
- e. No. seri : 77-5024
- f. Tahun pembuatan : 1977
- g. Tegangan nominal : 84 kV
- h. Frekuensi : 50 Hz

- i. Arus beban nominal : 600A
- j. Pemutusan arus hubung singkat : 20 kV
- k. Kapasitas pemutusan : 155,88 MVA, 5 cycles
- l. Kapasitas hubung singkat 3 phasa  
 Bus 150 kV ( $MVA_{sc}$  150 kV) : 10,39 MVA
- m. Impedansi trafo II 35 MVA (X%) : 10,17
- n. Durasi hubung singkat : 2 sec
- o. Rating pemutusan : 0,066 sec
- p. Rating penutupan tanpa beban : 0,25 sec
- q. Volume minyak : 0,13 sec
- r. System alat penggerak : pneumatic
- s. Tekanan operasi : 16 kg/cm-g
- t. Angka pelepasan PMT (n) : 4500
- u. Penyusutan tiap overhaul : 20%
- v. Rating arus, tegangan : 350 A, 70 kV
- w. Gangguan tertinggi tiap tahun : 5 kali
- x. Waktu setiap pelaksanaan overhaul : 5 jam
- y. Kenaikan performance  
 Karena pemeliharaan : 14,7% (kontak 2,4%, katup 3%,  
 penggerak 9,3%)

#### 4.2.1. Perhitungan Trip Maksimum PMT

##### 4.2.1.1. PMT Minyak

Untuk PMT dengan media isolasi minyak yang terpasang pada line 70 kV

GI Bangil I dilakukan perhitungan sebagai berikut :

- a. Kapasitas hubung singkat trafo ( $MVA_{scT}$ )

$$\begin{aligned}MVA_{scT} &= \frac{\text{Kapasitas Trafo}}{\text{Im pedansi Trafo}} \\&= \frac{MVA(\text{Trafo})}{X\%(\text{Trafo})} \\&= \frac{35}{10,17\%}\end{aligned}$$

$$MVA_{scT} = 344,15 \text{ MVA}$$

- b. Kapasitas hubung singkat 3 fasa bus 70 kV

$$\begin{aligned}MVA_{sc70kV} &= \frac{MVA_{sc150kV} \times (MVA_{scT_1} + MVA_{scT_2})}{MVA_{sc150kV} + (MVA_{scT_1} + MVA_{scT_2})} \\&= \frac{10,9 \times (344,15 + 344,15)}{10,39 + (344,15 + 344,15)} \\&= \frac{7151,437}{698,69}\end{aligned}$$

$$MVA_{sc70kV} = 10,235 \text{ MVA}$$

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

$$n^2 = \frac{n}{300 \left[ \frac{MVA_{sc}}{MVA_{sc}} \right]^{1,5}} \text{ karena } n \text{ untuk minyak adalah } 1500, \text{ maka :}$$

$$\begin{aligned}
 n'' &= \frac{1500}{300 \left[ \frac{10,235}{250} \right]^{1,5}} \\
 &= \frac{1500}{2,485} \\
 &= 603,59
 \end{aligned}$$

$$n'' = 604 \text{ kali}$$

Oleh karena PMT menggunakan 5 *cycle breaker*, maka :

$$\begin{aligned}
 \text{MVA}_{\text{scT}} &= 10,235 \times k \\
 &= 10,234 \times 1,1 \\
 &= 11,2574 \text{ MVA}
 \end{aligned}$$

Jadi penggantian PMT dilakukan setelah terjadi pemutusan karena gangguan sebanyak :

$$\begin{aligned}
 n'' &= \frac{1500}{300 \left[ \frac{11,2574}{250} \right]^{1,5}} \\
 &= 532,26 \text{ kali}
 \end{aligned}$$

$$n'' = 532 \text{ kali}$$

#### 4.2.1.2. PMT udara hembus

Udara PMT dengan media isolasi udara hembus yang terpasang pada sekunder trafo II 70 kV GI Bangil I dilakukan perhitungan sebagai berikut :

- a. Kapasitas hubung singkat trafo ( $\text{MVA}_{\text{scT}}$ ) :

$$\text{MVA}_{\text{scT}} =$$

$$\begin{aligned}
 MVA_{scT} &= \frac{\text{Kapasitas Trafo}}{\text{impedansi Trafo}} \\
 &= \frac{MVA(\text{Trafo})}{X\%(\text{Trafo})} \\
 &= \frac{35}{10,17\%}
 \end{aligned}$$

$$MVA_{scT} = 344,15 \text{ MVA}$$

b. Kapasitas hubung singkat 3 fasa bus 70 KV

$$\begin{aligned}
 MVA_{sc70kV} &= \frac{MVA_{sc} 150kV \times (MVA_{sc} T_1 + MVA_{sc} T_2)}{MVA_{sc} 150kV + (MVA_{sc} T_1 + MVA_{sc} T_2)} \\
 &= \frac{10,39 \times (344,15 + 344,15)}{10,39 + (344,15 + 344,15)} \\
 &= \frac{7151,437}{698,69}
 \end{aligned}$$

$$MVA_{sc70kV} = 10,235 \text{ MVA}$$

Dari hasil diatas, maka PMT harus diganti apabila terjadi pemutusan sechanyak :

$$n'' = \frac{n}{300 \left[ \frac{MVA_{sc}}{MVA_{bc}} \right]^{1,5}} \text{ karena } n \text{ untuk minyak adalah } 1500, \text{ maka :}$$

$$\begin{aligned}
 n'' &= \frac{4500}{300 \left[ \frac{10,235}{155,83} \right]^{1,5}} \\
 &= \frac{4500}{5,0474}
 \end{aligned}$$

$$n'' = 891,548 \text{ kali}$$

Oleh karena PMT menggunakan 5 cycle breaker, maka :

$$\begin{aligned}MVA_{SC,T} &= 10,235 \times k \\ &= 10,234 \times 1,1 \\ &= 11,2574 \text{ MVA}\end{aligned}$$

Jadi penggantian PMT dilakukan setelah terjadi pemutusan karena gangguan sebanyak :

$$n'' = \frac{4500}{300 \left[ \frac{11,2574}{155,88} \right]^{1,5}}$$

$$n'' = 773 \text{ kali}$$

Dari hasil perhitungan diatas diketahui jumlah trip maksimum kedua jenis PMT. Dari hasil tersebut PMT dengan media isolasi minyak mempunyai batas trip maksimum lebih kecil dari PMT dengan media udara hembus. Oleh karena itu waktu overhaul atau pemeliharaan PMT dengan media minyak lebih banyak dari PMT dengan media udara hembus.

### 4.3 Analisa Pemeliharaan

Dari hasil perhitungan trip maksimum PMT dengan media minyak dan udara hembus 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 jenis PMT. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada table di bawah ini :

Table 4.1. Jumlah trip maksimum PMT

Jenis PMT	Jumlah batas trip maksimum
Minyak	532 kali
Udara hembus	773 kali

Sumber : hasil analisa

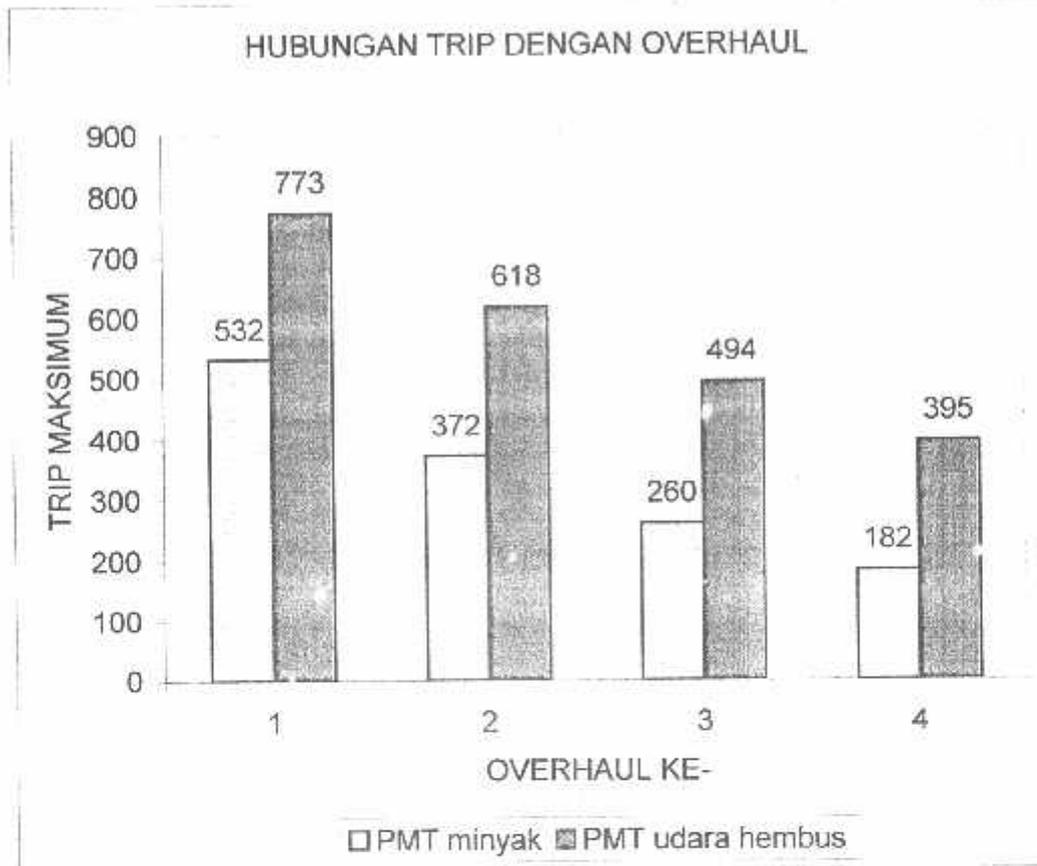
Pengoperasian PMT secara terus menerus dapat menyebabkan penyusutan kinerja PMT. Hal ini akan mempengaruhi besarnya trip maksimum yang diijinkan pada PMT. Penyusutan akan menurunkan jumlah trip maksimum PMT. Dengan prediksi penyusutan sebagai berikut :

Table 4.2. Prediksi trip maksimum karena penyusutan

Overhaul Ke	Jumlah trip maksimum	
	PMT minyak (prediksi penyusutan 30%)	PMT udara hembus (prediksi penyusutan 20%)
1	532 kali	773 kali
2	372 kali	618 kali
3	260 kali	494 kali
4	182 kali	395 kali

Sumber : hasil analisa

Dari table 4.2 dapat disusun kurva hubungan antara jumlah trip maksimum dengan waktu overhaul pada PMT minyak dan udara hembus sebagai berikut :



Gambar 4.1 Hubungan trip maksimum dengan overhaul pada PMT minyak dan udara hembus

Sumber : Hasil analisa

Dari gambar 4.1 dapat diketahui bahwa setelah terjadi penyusutan peralatan sebesar 30% maka jumlah trip maksimum pada PMT minyak menjadi turun. Demikian juga dengan PMT udara hembus, setelah terjadi penyusutan peralatan sebesar 20% maka jumlah trip maksimum menjadi turun. Jika dibandingkan maka jumlah trip maksimum pada PMT udara hembus nilainya tetap lebih besar dari PMT minyak.

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

Prediksi kerusakan peralatan adalah sebagai berikut : (PLN-LMK, 1990:18)

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

Pemeliharaan yang dilakukan pihak G1 pada peningkatan performance PMT minyak sampai dengan 11% dan PMT udara hembus sampai dengan 14,7% prediksi penyusutan PMT minyak adalah 30% sedangkan PMT udara hembus adalah 20%.

Apabila rata-rata jumlah gaagguan selama 1 tahun adalah 5 kali maka dapat diprediksi umur PMT sebagai berikut :

Total pemutusan PMT 1 tahun = 5 kali

Sehingga diperoleh :

Umur pemeliharaan PMT berdasarkan jumlah trip :

a. PMT minyak :  $\frac{532}{5} = 106,4$  tahun

Apabila diperhitungkan dengan factor kerusakan dan kenaikan performance setiap kali pemeliharaan

$$= 106,4 - (21,43\% + 15,59\% + 30\%) \times 106,4 + (11\%) \times 106,4$$

$$= 46,79 \text{ tahun}$$

Sehingga prediksi usia PMT adalah 46,79 tahun

b. b. PMT udara hembus :  $\frac{773}{5} = 154,6$  tahun

Apabila diperhitungkan dengan factor kerusakan dan kenaikan performance setiap kali pemeliharaan

$$= 154,6 - (21,43\% + 15,59\% + 20\%) \times 154,6 + (14,7\%) \times 154,6$$

$$= 89,17 \text{ tahun}$$

Sehingga prediksi usia PMT adalah 89,17 tahun

Dengan jumlah trip yang sama maka PMT udara hembus mempunyai usia pakai yang lebih lama, yaitu 89,17 tahun jika dibandingkan dengan PMT minyak yang harga 46,79 tahun.

#### **4.4. Kondisi Media Isolasi**

Fenomena yang terjadi pada media isolasi minyak dan udara setelah terjadi tembus adalah berbeda. Perbedaan tersebut adalah :

1. Pada media isolasi minyak

Minyak berada satu tempat dengan kontak-kontak PMT. Setelah terjadi tembus fenomena yang terjadi pada minyak adalah akan terbentuk molekul gas hidrokarbon dan karbon. Apabila kandungan karbon semakin banyak maka akan terbentuk jembatan karbon yang mempunyai sifat sebagai konduktor.

2. Pada media isolasi udara hembus

Udara tidak berada satu tempat dengan kontak-kontak PMT. Berdasarkan prinsip kerja PMT dengan media isolasi udara hembus, udara hanya akan dihembuskan dengan tekanan tertentu pada celah diantara kontak pada saat terjadi tembus. Fenomena setelah terjadi tembus tidak terlalu berpengaruh pada media udara. Hembusan udara meninggalkan debu dan pengkaratan pada kontak.

#### 4.5. 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 diatas dapat disimpulkan bahwa konstruksi PMT dengan media udara hembus lebih rumit jika dibandingkan dengan PMT dengan media minyak. Konstruksi PMT dengan media minyak relative lebih sederhana sehingga mudah untuk dilakukan perawatan.

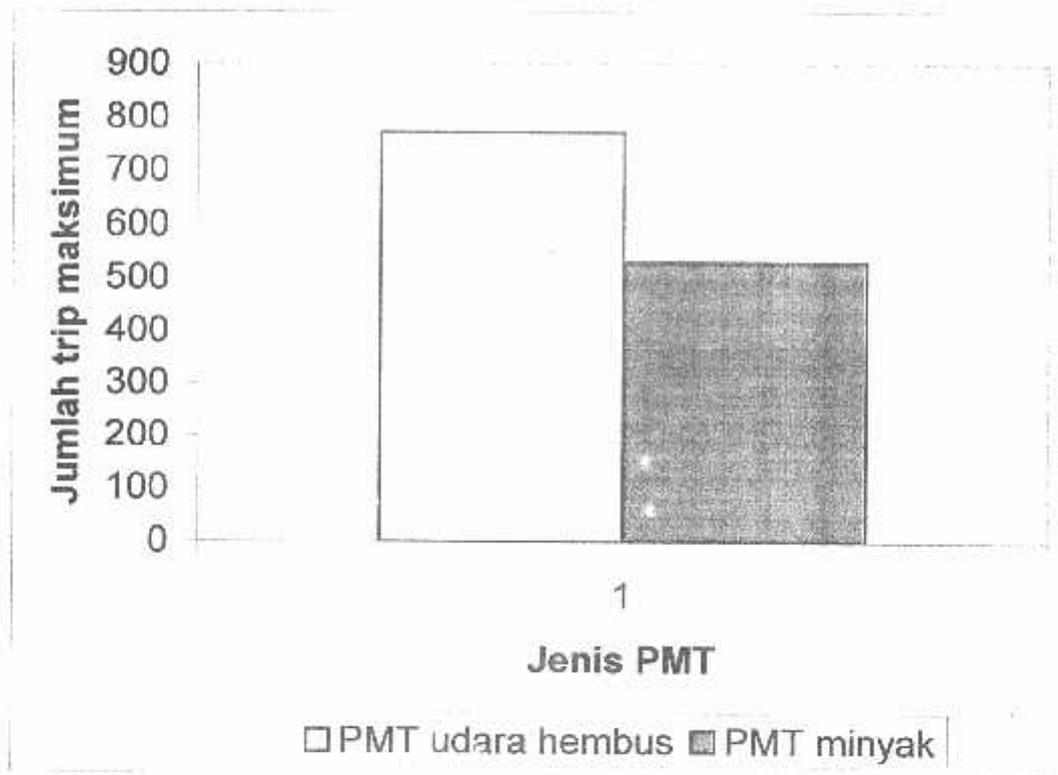
Dari parameter-parameter yang digunakan untuk membandingkan kinerja kedua PMT didapatkan hasil perbandingan sebagai berikut :

Table 4.3 Hasil analisis PMT minyak dan udara hembus berdasarkan parameter-parameter perbandingan

No	Parameter Perbandingan	PMT minyak	PMT udara hembus
1	Jumlah trip maksimum	532 kali	773 kali
2	Kecepatan operasi	0,05 detik	0,066 detik
	a. Membuka	0,25 detik	0,13 detik
	b. Menutup		
3	Kondisi media isolasi setelah tembus	Timbul hidrokarbon, tidak terlalu berpengaruh pada kondisi kontak	Tidak timbul partikel, berpengaruh pada kondisi kontak
4	Prediksi usia pakai	46,79 tahun	89,17 tahun
5	Konstruksi	Sederhana	Rumit

Sumber : Hasil Analisa

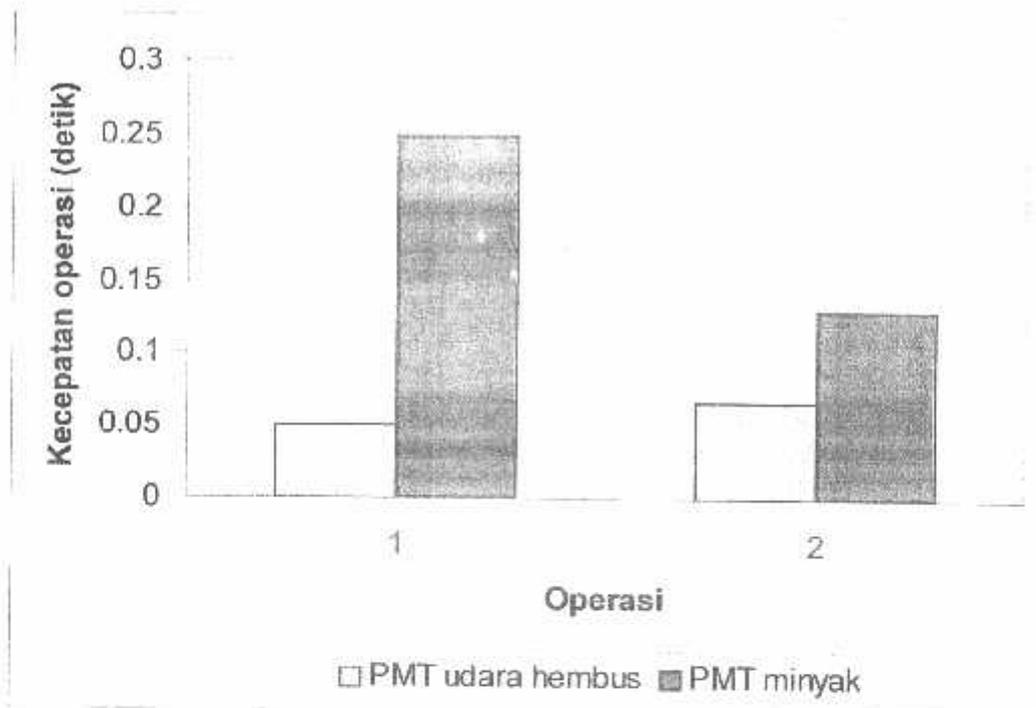
Udara lebih jelas, hasil analisis PMT minyak dan udara hembus berdasarkan table 4.3 diatas dapat dilihat pada blok diagram di bawah ini



Gambar 4.2 Perbandingan jumlah trip maksimum pada PMT minyak dan udara hembus

Sumber : Hasil Analisis

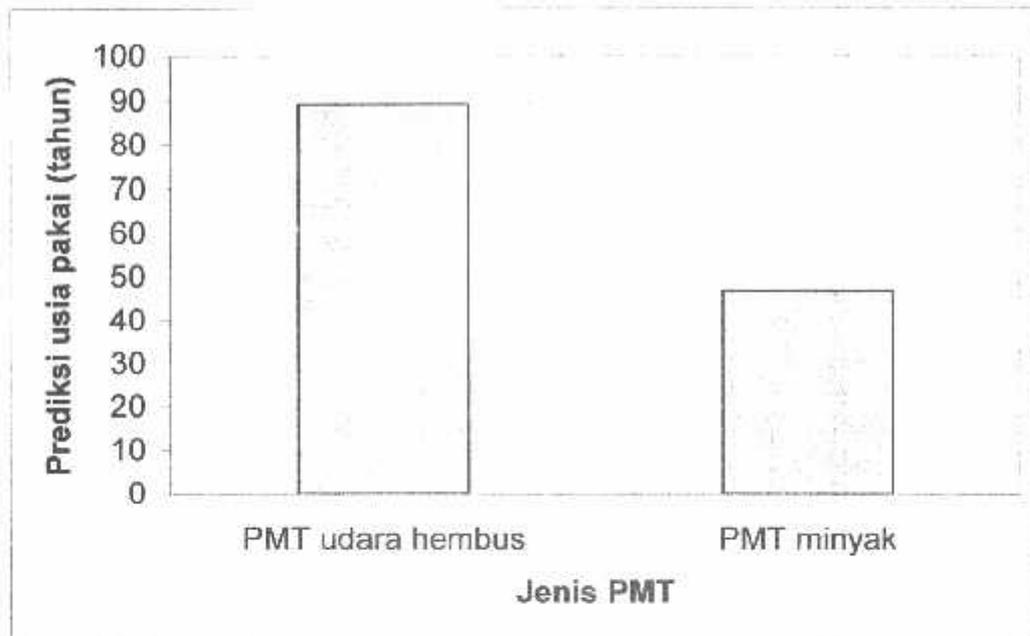
Dari gambar 4.2 dapat diketahui bahwa jumlah trip maksimum pada PMT udara lebih besar jika dibandingkan dengan PMT minyak.



Gambar 4.3. Perbandingan kecepatan operasi membuka dan menutup jaringan pada PMT minyak dan udara hembus.

Sumber : Hasil Analisis

Dari gambar 4.3 dapat diketahui bahwa pada operasi pembukaan jaringan, PMT minyak mempunyai waktu yang lebih cepat jika dibandingkan dengan PMT udara hembus. Hal ini disebabkan karena konstruksi PMT udara hembus lebih rumit sehingga diperlukan waktu yang lebih banyak untuk membuka jaringan. Sedangkan pada operasi penutupan jaringan, PMT udara hembus mempunyai waktu yang lebih cepat dibandingkan dengan PMT minyak.



Gambar 4.4. Perbandingan prediksi usia pakai PMT minyak dan udara hembus

Sumber : Hasil Analisis

Dari gambar 4.4 dapat diketahui bahwa prediksi usia pakai PMT udara hembus lebih lama jika dibandingkan dengan PMT minyak.

Dari gambar blok diagram diatas, secara garis besar PMT dengan media isolasi udara hembus memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan PMT dengan media isolasi minyak.

Table 44

Hasil pengukuran tegangan tembus pada PMT isolasi minyak

Tegangan	Teg. Tembus yang diijinkan	(KV / 2,5 mm) selang waktu 5 menit			
		No	R	S	T
< 70 KV 70-150 KV >170 KV	>= 30KV/2,5 mm >= 40KV/2,5 mm >= 50KV/2,5 mm	1.	30,2	31,0	33,2
		2.	33,6	40,2	40,2
		3.	32,1	53,6	32,6
		4.	35,7	60,3	40,6
		5.	36,1	63,4	50,3
		6.	37,2	50,7	47,2
		Rata2	34,15	49,85	40,68

Table 4.5

Hasil pengukuran tahanan kontak dan keserempakan kontak PMT minyak

A	TAHANAN KONTAK	R	S	T
	PMT menutup (micro ohm)	289,2	296,2	289,9
B	KESEREMPAKAN KONTAL			
	PMT menutup (milli second)	178	177,8	177,6
	PMT membuka (milli second)	2,2	1,9	0,1

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Dari keseluruhan pembahasan masalah perbandingan kinerja PMT minyak dan udara hembus di GI Blimbing Malang dan berdasarkan rumusan masalah yang disajikan dapat diambil kesimpulan :

1. Berdasarkan parameter-parameter pembanding keandalan PMT maka perbandingan kinerja PMT minyak dan udara hembus adalah sebagai berikut :
  - a. Berdasarkan hasil analisa, jumlah trip maksimum PMT adalah :
    1. Trip maksimum PMT minyak adalah 532 kali.
    2. Trip maksimum PMT udara hembus adalah 773 kali.

PMT udara hembus memiliki keandalan yang lebih tinggi untuk melindungi jaringan dari gangguan karena memiliki trip maksimum yang lebih besar jika dibandingkan dengan PMT minyak.
  - b. Berdasarkan hasil analisis, Prediksi usia PMT yang dipengaruhi oleh jumlah trip tertinggi setiap tahun, faktor kerusakan, penyusutan peralatan, dan pemeliharaan adalah :
    1. Usia PMT minyak adalah 46,79 tahun
    2. Usia PMT udara hembus adalah 89,17 tahun

PMT udara hembus memiliki usia pakai yang lebih lama untuk melindungi jaringan dari gangguan yang terjadi.

- c. Pada PMT minyak kecepatan operasi pembukaan jaringan adalah 0.05 detik, sedangkan pada PMT udara hembus adalah 0,066 detik.
  - d. Pada PMT minyak kecepatan operasi penutupan jaringan adalah 0,25 detik, sedangkan Pada PMT udara hembus adalah 0,13 detik.
2. Kondisi media isolasi setelah terjadinya tembus adalah sebagai berikut :
    - a. Pada isolasi minyak, setelah terjadi tembus akan timbul molekul gas hidrokarbon dan karbon yang menempel pada kontak PMT.
    - b. Pada isolasi udara, setelah terjadi tembus semburan udara dan tekanan tinggi akan menimbulkan debu dan pengkaratan pada kontak PMT.
  3. Pada pengukuran tegangan tembus untuk PMT minyak dapat diketahui bahwa minyak yang digunakan masih baik dan layak pakai, yaitu hasil pengukuran untuk (Kv /25 mm) R=34,15 S=49,85 T=40,68
  4. Untuk pengukuran tahanan kontak dan keserempakan kontak :
    - a. PMT minyak mempunyai tahanan kontak yang lebih besar dibanding PMT udara hembus.
    - b. Untuk keserempakan kontak PMT udara hembus mempunyai waktu keserempakan yang lebih baik dibanding PMT minyak.

## 5.2. Saran

Agar hasil analisa akurat (valid) harus menggunakan data yang ada di lapangan (GI Blimbing)

---

## DAFTAR PUSTAKA

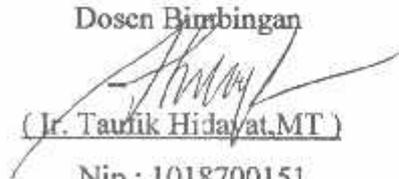
- Arismunandar, A. 1983, Teknik Tegangan Tinggi Suplemen, Ghalia Indonesia-  
Jakarta
- Despande, MV, 1991, Switchgear and Protection, Publishing Company Limited,  
New Delhi
- Kind, Dieter. 1993, Pengantar Teknik Eksperimental Tegangan Tinggi, ITB,  
Bandung.
- Naidu, Ms, V. Karamaju, 1982, High Voltage Engeenering, Tata McgGraw Hill  
Publishing Company Limited, New Delhi.
- PUSDIKLAT PLN, 1982, Peralatan Hubung Bab III Pemutus Tenaga, PLN.
- PLN-LMK, 1990. Energi Listrik, LMK-Jakarta
- Sunil,S. Rao. 1980. Switchgear And Protection, Khanna Publisher, New Delhi.
-

### LEMBAR ASISTENSI

Nama mahasiswa : Christian yawan  
Nim : 02.52.027  
Jurusan : Teknik Elektro Energi listrik D III  
Fakultas : Teknologi Industri  
Judul tugas akhir : **Studi Perbandingan Kinerja PMT dengan Media Isolasi Minyak dan Udara Hembus pada Jaringan 70 KV di GI Blimbing Malang.**

No	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
1	25 Januari 2009	Selesaikan Bab IV	AL
2	24 Februari 2009	Langusikan Bab V Sertai dg tugas akhir dan munculkan analisa dr hasil analisa	AL
3	4 Maret 2009	Uraian Bab V minyak.	AL
4	12 Maret 2009	Uraian bab V udara	AL

Dosen Bimbingan

  
(Ir. Taufik Hidayat, MT)

Nip : 1018700151



---

**BERITA ACARA UJIAN TUGAS AKHIR**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

1. **Nama Mahasiswa** : Christian Yawan
2. **N.I.M** : 02.52.027
3. **Jurusan** : Teknik Elektro D-3
4. **Konsentrasi** : Teknik Energi Listrik
5. **Judul TA** : ANALISA PERBANDINGAN KINERJA PMT DENGAN MEDIA ISOLASI MINYAK DAN UDARA HEMBUS PADA JARINGAN 70 KV DI GI BLIMBING MALANG

Dipertahankan dihadapan team penguji Tugas Akhir jenjang Diploma (D-III) pada :

**Hari** : Selasa  
**Tanggal** : 24 Maret 2009  
**Dengan hasil** : 85 (B+)<sup>b</sup>

**Panitia Ujian Tugas Akhir**

**Ketua**

  
**Ir. Taufik Hidayat, MT**  
NIP. Y. 102 8700 0151

**Sekretaris**

  
**Bambang Prio Hartono, ST, MT.**  
NIP. Y. 102 8400 082

**Anggota Penguji**

**Penguji I**

  
**Ir. M. Abdul Hamid, MT**  
NIP. Y. 101 8700 151

**Penguji II**

  
**Ir. Eko Nurcahyo**  
NIP. Y. 102 8700 172



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO D-III  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK

**PERSETUJUAN PERBAIKAN TUGAS AKHIR**

Dari hasil Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro jenjang Diploma (D-III)  
yang diselenggarakan pada :

Hari : Senin  
Tanggal : 24 Maret 2009

Telah dilakukan perbaikan Tugas Akhir oleh :

1. Nama : CHRISTIAN YAWAN
2. NIM : 02.52.027
3. Jurusan : Teknik Elektro D-III
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : "ANALISA PERBANDINGAN KINERJA PMT DENGAN MEDIA ISOLASI MINYAK DAN UDARA HEMBUS PADA JARINGAN 70 KV DI GI BLIMBING MALANG"

Perbaikan meliputi :

No	Materi Perbaikan	Paraf
1.	Sesuaikan antara judul TA dan materi pembahasan serta yang ada di lapangan	

Pembimbing

**Ir. Taufik Hidayat, MT**  
NIP. Y. 101 8700 151

Penguji I

**Ir. M. Abdul Hamid, MT**  
NIP. Y. 101 8800 188

# LAMPIRAN

---



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

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

PT. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

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

Nomor : 080/EL-11/TA/2008  
Lampiran : -  
Perihal : Bimbingan Tugas Akhir

Kepada : Yth. Ir. Taufik Hidayat, MT  
Dosen Institut Teknologi Nasional  
Malang

Dengan Hormat,

Sesuai dengan permohonan persetujuan dalam Tugas Akhir untuk mahasiswa:

Nama : Christian Yawan  
No. Mahasiswa : 0252027  
Program Studi : Teknik Elektro D-III  
Judul Tugas Akhir : Studi Perbandingan Kinerja PMT dengan Media Isolasi Minyak dan Udara Hembus pada Jaringan 70 KV di GI Blimbing Malang

Maka dengan ini pembimbingan Tugas Akhir tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada saudara, terhitung mulai tanggal 25/11/2008 s/d 25/03/2009

Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami ucapkan terima kasih.



Malang, 25 Nopember 2008  
Kafus Program Studi  
Teknik Elektro D-III

Ir. Taufik Hidayat, MT

NIP. 1018700151

Lampiran : 1(satu) berkas Proposal  
Perihal : Permohonan Kesiediaan Dosen Pembimbing

Kepada : Yth. Bapak/Ibu. Ir. Taufik Hidayat,MT  
Institut Teknologi Nasional Malang  
di  
M a l a n g

Dengan hormat,

Kami yang bertanda tangan dibawah ini :

N a m a : Christian Yawan  
No. Mahasiswa : 0252027  
Program Studi : Teknik Elektro D-III

Dengan ini mengajukan permohonan, sekiranya Bapak/Ibu bersedia menjadi Dosen Pembimbing Utama/Pendamping\*), untuk penyusunan Tugas Akhir .

Judul Tugas Akhir : *Studi Perbandingan Kinerja PMT dengan Media Isolasi Minyak dan Udara Hermetis Pada Jangkan 70 KV di GI Blimbing Malang*

Adapun tugas tersebut adalah salah satu syarat untuk menempuh Ujian Tugas Akhir Program D-III.

Demikian permohonan kami dan atas kesediaan Bapak/Ibu kami ucapkan terima kasih.



Mengetahui  
Ketua Prodi  
Teknik Elektro D-III

*Taufik Hidayat*  
Ir. Taufik Hidayat,MT  
NIP.Y. 1018700151

Malang, 25 Nopember 2008

*Christian Yawan*  
Christian Yawan

## KESEDIAAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR

Sesuai permohonan dari mahasiswa :

Nama : Christian Yawan  
No. Mahasiswa : 0252027  
Program Studi : Teknik Elektro D-III  
Judul Tugas Akhir : Studi Perbandingan Kinerja PMT dengan Media Isolasi Minyak dan Udara Hembus pada Jaringan 70 KV di GI Blimbing Malang

Bahwa kami bersedia membimbing Tugas Akhir dari mahasiswa tersebut.

Jangka waktu penyelesaian Tugas Akhir selama 4 (empat) bulan mulai tanggal 25/11/2008 s/d 25/03/2009 dan apabila dalam jangka waktu tersebut belum selesai maka tugas akhir tersebut dinyatakan GUGUR



Malang, 25 Nopember 2008

Dosen Pembimbing,

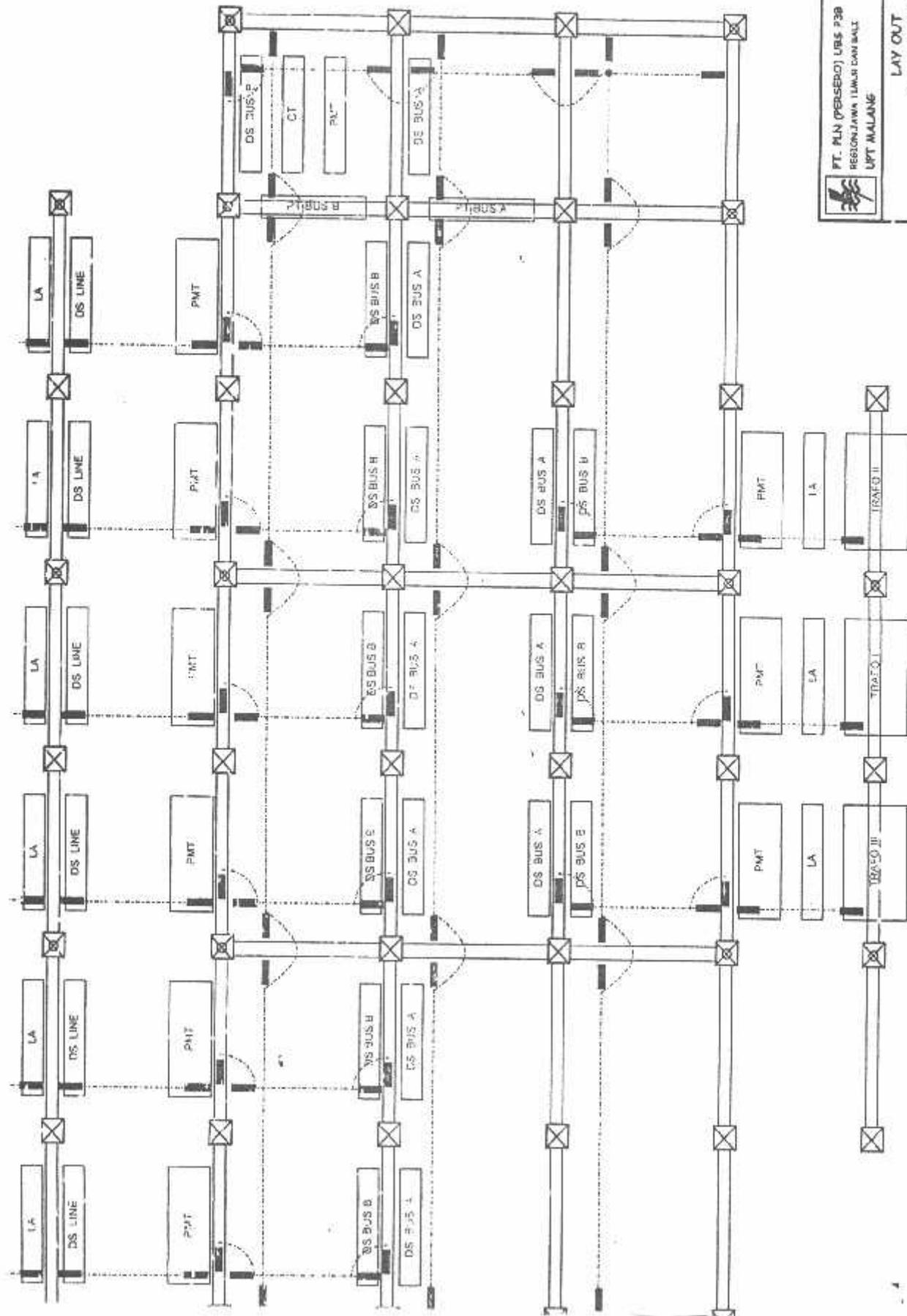
*Taufik Hidayat*  
Ir. Taufik Hidayat, MT

NIP. 1018700151

Nb :

Setelah disetujui agar formulir ini diserahkan Mahasiswa yang bersangkutan kepada sekretaris Program Studi Teknik Elektro D-III





**PT. PLN (PERSERO) ULS P3B**  
 REGION JAWA TIMUR DAN BALI  
 UPT MALANG

**LAY OUT**  
**GT. BLIMBING**

DISAMBAH	SURUTREKA	DISKUSI	FANSAAL
UPT MALANG			DI MARET 2002

TRAF 0 I  
 TRAF 0 II  
 TRAF 0 III



Gardu Induk : Blimbing  
T/R Bay ( Dist ) : TRAF0 I 70/20 KV - 20 MVA

TRAFO		PMT	
No. Trafo	: I	Merk	: NISSIN
Merk	: UNINDO	Type	: SO - 11
Type	: TTUB 70/20.000	No. Seri	: 76 - 1339
No. Seri	: A - 857020 - 02	Arus	: 800 A
Vektor grup	: YNyn0 ( d .11 )	Breaking current	: 1500 MVA
Arus	: 164,9 / 577 A	Jenis PMT	: OCB
Teg. Kerja	: 70/20 KV	Jenis Gas	: -
Daya	: 20 MVA	Tegangan	: 72 KV
Impedansi	: 7,5 %	Berat	: 4500 Kg
Jenis Minyak	: -	Thn Buatan	: 1976
Jumlah Minyak	: 10.000 Kg	Thn Operasi	: 1978
Berat	: 35.300 Kg		
Thn Buatan	: 1986		
Thn Operasi	: 09 Juni 1994		
PMS BUS A		PMS BUS B	
Merk	: TAKAOKA	Merk	: TAKAOKA
Type	: THR - 5A	Type	: THR - 5A
No. Seri	: 900434 - 105 - 14	No. Seri	: 900434 - 105 - 15
Arus	: 800 A	Arus	: 800 A
Arus HS	: 32 KA	Arus HS	: 32 KA
Tegangan	: 72 KV	Tegangan	: 72 KV
Thn Buatan	: 1974	Thn Buatan	: 1976
Thn Operasi	: 1975	Thn Operasi	: 1979
No. Fabri ( Motor )	: A - 96 - 0335	No. Fabri ( Motor )	: A - 96 - 0332
LA		CT ( BCT )	
Merk	: MITSUBISHI	Merk	: NISSIN
Type	: SV - CA	Type	: BCT - 725 A5
No. Seri	: 179679, 179541, 179642	No. Seri	: 87740, 87738, 87736
Arus	: 10 A	Rated Current	: 110 A
Tegangan	: 84 KV	Burden S1 / S2	: 40 VA / 25 VA
Burden	: -	Class	: -
Insulation	: -	Thn Buatan	: 1976
Class	: -	Thn Operasi	: -
Thn Buatan	: 1976		
Thn Operasi	: -		
NGR		KETERANGAN :	
Merk	: TELEMA S.P.A.		
Type	: C06014		
No. Seri	: -		
Arus	: 25 A		
Rated Teg.	: 22 / V3 KV		
Rated Current	: 25 A		
Rated Time	: 30 dtk		
Resistansi	: 500 Ohm		
Thn Buatan	: 1991		
Thn Operasi	: -		



ardu Induk : Blimbing  
R Bay ( Dist ) : TRAF0 II 70/20 KV - 30 MVA

TRAFO		PMT	
No. Trafo	: II	Merk	: NISSIN
Merk	: PASTI	Type	: 50 - 21
Type	: ORF 30 / 140	No. Seri	: 83 - 1235
No. Seri	: 93 . 2 . 4024	Arus	: 850 A
Vektor grup	: YNyn0 ( d 11 )	Breaking current	: 1500 MVA
Arus	: 866 A	Jenis PMT	: OCB
Teg. Kerja	: 70/20 KV	Jenis Gas	: -
Daya	: 30 MVA	Tegangan	: 72 KV
Impedansi	: 10,2 %	Berat	: 4500 Kg
Jenis Minyak	: -	Thn Buatan	: 1983
Jumlah Minyak	: -	Thn Operasi	: 1983
Berat	: 61,28 Ton		
Thn Buatan	: 1993		
Thn Operasi	: 10 April 1994 GI SKL / 16 Mei 1999 GI DLB		
PMS BUS A		PMS BUS B	
Merk	: TAKAOKA	Merk	: TAKAOKA
Type	: THR - 5A	Type	: THR - 5A
No. Seri	: 1610180001 - 10	No. Seri	: 1610180001 - 9
Arus	: 800 A	Arus	: 800 A
Arus HS	: 32 KA	Arus HS	: 32 KA
Tegangan	: 72 KV	Tegangan	: 72 KV
Thn Buatan	: 1974	Thn Buatan	: 1974
Thn Operasi	: 1975	Thn Operasi	: 1975
No. Fabri ( Motor )	: A - 96 - 0328	No. Fabri ( Motor )	: A - 96 - 0335
I. A		CT ( BCT )	
Merk	: MEIDENSHA	Merk	: NISSIN
Type	: 2 S B	Type	: BCT - 725 A5
No. Seri	: 830190 - G, 830191 - G, 830192 - G	No. Seri	: 16033, 16031, 16029
Arus	: 10 A	Rated Current	: 110 A
Tegangan	: 84 KV	Burden S1, S2, S:	: 40 VA / 40 VA / 25 VA
Burden	: -	Class	: -
Insulation	: -	Thn Buatan	: 1982
Class	: -	Thn Operasi	: -
Thn Buatan	: 1983		
Thn Operasi	: -		
NGR		KETERANGAN :	
Merk	: HYUNDAI		
Type	: -		
No. Seri	: -		
Arus	: 25 A		
Rated Teg.	: 22 / V3 KV		
Rated Current	: -		
Rated Time	: 30 dtk		
Resistansi	: 500 Ohm		
Thn Buatan	: -		
Thn Operasi	: -		

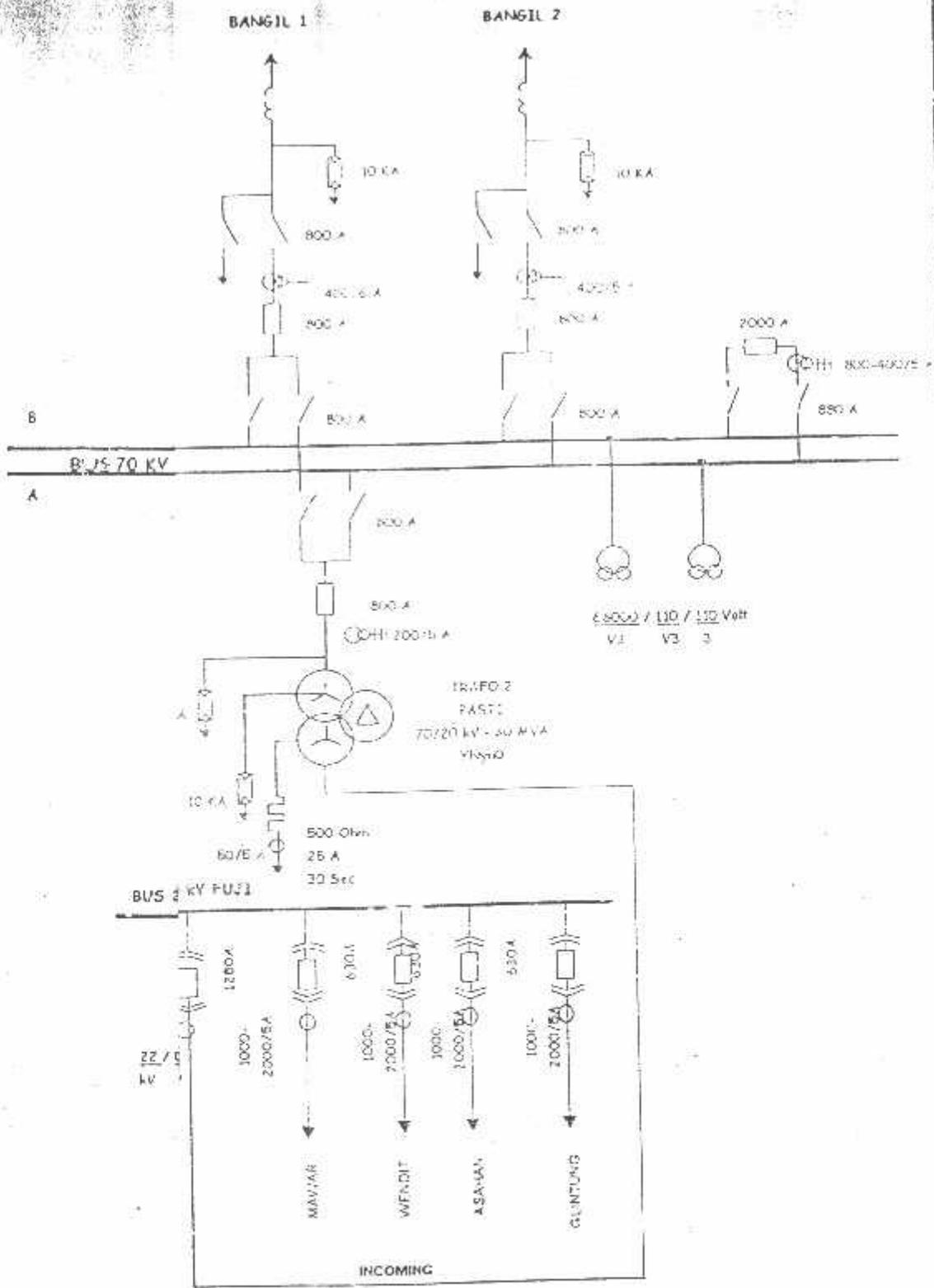


Jardu Induk : Blimbing  
T/R Bay ( Dist ) : TRAF0 III 70/20 KV - 10 MVA

TRAFO		PMT	
Nc. Trafo	: III	Merk	: NISSIN
Merk	: TAKAOKA	Type	: 50 - 21
Type	: STRODL - CL - 3	No. Seri	: 83 - 1256
No. Seri	: 7643538	Arus	: 850 A
Vektor grup	: YNyn0	Breaking current	: 1500 MVA
Arus	: 288 A	Jenis PMT	: OCB
Teg. Kerja	: 70/20 KV	Jenis Gas	: -
Daya	: 10 MVA	Tegangan	: 72 KV
Impedansi	: 7,37 - 4,91 - 1,54 %	Berat	: 4500 Kg
Jenis Minyak	: -	Thn Buatan	: 1980
Jumlah Minyak	: 9800 Ltr	Thn Operasi	: 1981
Berat	: 31.000 Kg		
Thn Buatan	: 1976		
Thn Operasi	: 16 - 7 1992		
PMS BUS A		PMS BUS B	
Merk	: NISSIN	Merk	: TAKAOKA
Type	: LLH - 636	Type	: THR - 5A
No. Seri	: 440098	No. Seri	: 900434 - 101 - 1
Arus	: 800 A	Arus	: 800 A
Arus HS	: 32 KA	Arus HS	: 32 KA
Tegangan	: 72 KV	Tegangan	: 72 KV
Thn Buatan	: 1974	Thn Buatan	: 1976
Thn Operasi	: 1979	Thn Operasi	: -
No. Fabri ( Motor )	: A - 96 - 0334	No. Fabri ( Motor )	: A - 96 - 0333
I. A		CT ( BCT )	
Merk	: MITSUBISHI	Merk	: NISSIN
Type	: SV - CA	Type	: BCT - 725 A5
No. Seri	: 179683, 179681, 179682	No. Seri	: 09694, 09692, 09690
Arus	: 10 A	Rated Current	: 110 A
Tegangan	: 84 KV	Burden S1, S2, S	: 40 VA / 40 VA / 25 VA
Burden	: -	Class	: -
Insulation	: -	Thn Buatan	: 1980
Class	: -	Thn Operasi	: -
Thn Buatan	: 1976		
Thn Operasi	: -		
NGR		KETERANGAN :	
Merk	: LEMETAL DEPLOYE		
Type	: RF, , FRANCE		
No. Seri	: 240194		
Arus	: 25 A		
Rated Teg.	: 22 / V3 KV		
Rated Current	: -		
Rated Time	: 30 dtk		
Resistansi	: 500 Ohm		
Thn Buatan	: 1978		
Thn Operasi	: 1978		

DATA PMT TERPASANG WILAYAH UPT MALANG

TERPASANG PADA GARDU INDIK	MEREK	TYPE	TGS (mm kV)	ARUS NOM (A)	Breaker Cap		Jenis	Media	Sistem Penggerak		Supply Motor (V)
					(kA)	Sec			Class	Trip	
- Pst. Station 1	NESSIN	PP-85	158	800	315	0.08	ABB	Udara bertekanan	Pneumatis	Pneumatis	110 V DC
- Pst. Station 2	6EC ALSTHOM	FX 12	170	2000	40	3	6CB	SF6	Hydratis	Hydratis	180
- Pst. Lowang 1	ASEA	HRL 170/2501	170	1500	40	3	6CB	SF6	Pegas	Pegas	110 V DC
- Pst. Lowang 2	ASEA	HRL 170/2501	170	1500	40	3	6CB	SF6	Pegas	Pegas	110 V DC
- Pst. Sempalung 1	SIPRINS	3A01EE	170	3150	315	2	6CB	SF6	Hydratis	Hydratis	440/230
- Pst. Sempalung 2	SIEMENS	3AQ1EE	170	3150	315	3	6CB	SF6	Hydratis	Hydratis	440/230
- Pst. Ponor 1	SIEMENS	3AQ1	170	3000	40	1	6CB	SF6	Hydratis	Hydratis	380/220
- Pst. Ponor 2	SIEMENS	3AQ1	170	3000	40	1	6CB	SF6	Hydratis	Hydratis	380/220
- Pst. Gumpang	NESSIN	SO-31	72	500	70	2	0CB	DIALAK	Pneumatis	Pneumatis	250/270
- Pst. Sempalung	NISSIN ELECTRIC	FA-15	72	300	20	2	6CB	SF6	Pneumatis	Pneumatis	380/220
- Pst. Ponor 1	NESSIN	SO-11	72	500	32.8	0.25	0CB	DIALAK	Pneumatis	Pneumatis	380/220
- Pst. Ponor 2	NESSIN	SO-11	72	500	32.8	0.25	0CB	DIALAK	Pneumatis	Pneumatis	380/220
- Trafo 1 on 150 kV	SPRACHER ENERGIE	HGF 113/18	170	3000	40		6CB	SF6	Pegas	Pegas	110 V DC
- Trafo 1 on 70 kV	SPRACHER ENERGIE	HGF 117/1	168	300	31.8		6CB	SF6	Pegas	Pegas	110 V DC
- Trafo 2 on 150 kV	NESSIN	PE-R5	168	300	31.8	0.039	ABB	Udara bertekanan	Pneumatis	Pneumatis	110 V DC
- Trafo 2 on 70 kV	NESSIN	PPM-73	84	600	50	0.13	ABB	Udara bertekanan	Pneumatis	Pneumatis	110 V DC
- Trafo 3 on 150 kV	ABB	LTB 170 DT	170	3150	40	3	6CB	SF6	Pegas	Pegas	110 V DC
- Trafo 3 on 70 kV	ABB	EDF-5A1-1	715	2500	31.5	3	6CB	SF6	Pegas	Pegas	110 V DC
- Trafo 4 on 150 kV	ASEA	HRL 170/2501	170	3500	40	3	6CB	SF6	Pegas	Pegas	110 V DC
- Trafo 5 on 150 kV	SIEMENS	3AQ1	170	1250	40	1	6CB	SF6	Hydratis	Hydratis	380/220
- Busbar 150 kV	SIEMENS	3AQ1	170	2000	40	1	6CB	SF6	Hydratis	Hydratis	380/220
- Busbar 70 kV	ABB	51-725/75 250	225	3000	25	3	6CB	SF6	Pegas	Pegas	110 V DC



 <b>PT. PLN (PERSERO) UBS P3B</b> REGION JAWA TIMUR DAN BALI UPT MALANG			
<b>GI. BLIMBING</b>			
DIGAMPAR	DIPERIKSA	DISETUJUI	TANGGAL
UPT MALANG			01 MARET 2002