

PANDUAN PEMELIHARAAN TRAFO TENAGA



NO. P3B/O&M TRAFO/001.01



JUNI 2003



PT PLN (PERSERO)
PENYALURAN DAN PUSAT PENGATUR BEBAN JAWA BALI
TIM PENYUSUNAN MATERI PELATIHAN O&M TRAFO TENAGA

KATA SAMBUTAN

Pemeliharaan sarana instalasi listrik memegang peranan sangat penting dalam menunjang kualitas dan keandalan penyediaan tenaga listrik kepada konsumen. Pemeliharaan sarana instalasi ini adalah salah satu proses kegiatan pemeliharaan yang bertujuan menjaga kondisi peralatan, sehingga dalam pengoperasianya peralatan dapat berfungsi secara terus menerus sesuai dengan karakteristik desainnya. Dengan demikian peranan kegiatan pemeliharaan sangat penting dan menentukan dalam mempertahankan serta meningkatkan ketersediaan sistem (availability system).

Selaras dengan pertumbuhan beban yang diikuti dengan bertambahnya peralatan instalasi dengan berbagai desain, serta untuk membantu memudahkan pemahaman dan keseragaman pelaksanaan O & M Trafo Tenaga, telah dibentuk Tim Penyusunan Materi Pelatihan O & M Trafo Tenaga dan Evaluasi Pelaksanaan Pekerjaan Pemeliharaan Trafo Tenaga yang ada di Instalasi PT PLN (Persero) P3B sesuai Surat Keputusan General Manager PT PLN (Persero) P3B No. 005.K/021/GM. P3B/2003 Tanggal 14 Maret 2003, yang bertugas untuk :

1. Menyusun materi pelatihan O&M Trafo Tenaga yang ada di instalasi PT PLN (Persero) P3B.
2. Melakukan evaluasi ulang terhadap pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan trafo tenaga.

Atas dasar Surat Keputusan tersebut di atas yang dilandasi keyakinan atas pengalaman, kemampuan dan keterampilan dalam melakukan pemeliharaan peralatan instalasi penyaluran, saya percaya bahwa seluruh personil PLN P3B yang terlibat dalam pemeliharaan dapat tumbuh dan berkembang serta mampu meningkatkan mutu pelaksanaan pemeliharaan yang sekaligus meningkatkan keandalan sistem kelistrikan penyaluran di Jawa - Bali sehingga mampu bersaing pada era globalisasi perdagangan bebas AFTA 2003 yang sudah digulirkan.

Pada kesempatan ini, selaku General Manager PT PLN (Persero) P3B saya mengucapkan terima kasih kepada seluruh anggota Tim Penyusunan Materi Pelatihan O & M Trafo Tenaga dan Evaluasi Pelaksanaan Pekerjaan Pemeliharaan Trafo Tenaga yang ada di Instalasi PT PLN (Persero) P3B yang telah bekerja keras menyusun buku Panduan Pemeliharaan Trafo Tenaga ini. Semangat kebersamaan dan kesungguhan yang telah diperlihatkan agar terus ditingkatkan untuk kemajuan bersama di kemudian hari. Demikian pula kepada semua karyawan yang telah memberikan masukan untuk kesempurnaan Buku Panduan Pemeliharaan Trafo Tenaga ini kami mengucapkan banyak terima kasih.

Jakarta, Juni 2003

Ir. BASUKI PRAJITNO



KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, seluruh anggota Tim Penyusunan Materi Pelatihan O & M Trafo Tenaga dan Evaluasi Pelaksanaan Pekerjaan Pemeliharaan Trafo Tenaga Yang Ada di instalasi PLN P3B telah menyelesaikan penyusunan buku Panduan Pemeliharaan Trafo Tenaga.

Penyusunan buku ini didasarkan atas Surat keputusan General Manager PLN P3B No. :005.K/021/GM. P3B/2003 Tanggal 14 Maret 2003 yang bertujuan untuk dapat dijadikan sebagai bahan / materi pelatihan atau acuan dasar dalam melaksanakan pemeliharaan trafo tenaga di lingkungan kerja PLN P3B sehingga diharapkan kegiatan pemeliharaan yang dilaksanakan memberikan hasil yang lebih baik, bermutu dan berkembang dari waktu ke waktu seiring kemajuan teknologi.

Mengingat keterbatasan waktu dan kesempatan di sela-sela kesibukan tugas rutin sehari -hari, tim penyusun merasa bahwa Buku Panduan Pemeliharaan Trafo Tenaga ini tentunya masih jauh dari sempurna, untuk itu sangat diharapkan kritik dan saran dari semua pihak.

Kepada General Manager PT PLN (Persero) P3B, Tim mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas kepercayaan yang diberikan kepada kami untuk penyusunan buku ini, dan kepada seluruh pihak – pihak terkait yang turut memberi dukungan, masukan dan bantuan untuk kelancaran pelaksanaan tugas tim, disampaikan ucapan terima kasih yang setinggi tinginya.

Semoga buku ini bermanfaat bagi kita semua khususnya jajaran PT PLN (Persero) P3B yang kita cintai.

Jakarta, Juni 2003

Tim Penyusun



I. LEMBAR PENGESAHAN

No.	Nama Anggota Tim	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
1.	James Munthe	Ketua		13 - 06 - 2003
2.	Zulkifli	Sekretaris		13 - 06 - 03
3.	Hadi Purwanto	Anggota		13 - 06 - 03
4.	Diwan	Anggota		13 - 06 - 03
5.	Herpekik Hargono	Anggota		13 - 06 - 03
6.	Indro Tjahjono	Anggota		
7.	Sutarno	Anggota		13 - 06 - 03
8.	Sri Wiratmo	Anggota		13 - 06 - 03
9.	Sudirman	Anggota		13 - 06 - 03
10.	Sumaryadi	Anggota		13 - 06 - 03
11.	Syahrul	Anggota		13 - 06 - 03
12.	Suwarto	Anggota		13 - 06 - 03
13.	Djujur Santoso	Anggota		13 - 06 - 03
14.	Supriyono	Anggota		13 - 06 - 03
15.	Artono Sukartiko	Anggota		13 - 06 - 03
16.	Henrison Lumbanraja	Anggota		13 - 06 - 03
17.	Biliater Sibarani	Anggota		13 - 06 - 03
18.	Ishak	Anggota		13 - 06 - 2003
19.	Hoedi Poerwanto	Anggota		13 - 06 - 2003

DIPERIKSA

	Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Djoko Hastowo	Pengarah		13/6/03
2.	Ramli Hutasuhut	Pengarah		13/6/03

DISAHKAN

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Basuki Prajitno	General Manager		13/6/03

**II. DAFTAR DISTRIBUSI**

No.	Bidang / Unit / Pelaksana	Personil
1.	PT PLN (Persero) P3B	General Manager
2.	PT PLN (Persero) P3B	Manager Auditor Internal
3.	PT PLN (Persero) P3B	Manager Bidang Teknik
4.	PT PLN (Persero) P3B	Manager Bidang Perencanaan
5.	PT PLN (Persero) P3B	Manager Bidang SDM & O
6.	Region Jakarta & Banten	Manager
7.	Region Jawa Barat	Manager
8.	Region Jawa Tengah & DIY	Manager
9.	Region Jawa Timur & Bali	Manager
10.	Diklat Pulomas (RJKB)	Peserta Pelatihan

III. NOMOR PENGENDALIAN DOKUMEN



IV. CATATAN PERUBAHAN DOKUMEN

*) Catatan : Ruang/Space formulir catatan perubahan dokumen ini dapat disesuaikan dengan kebutuhan.

**DAFTAR ISI****Kata Sambutan General Manager PT PLN (Persero) P3B**

Kata Pengantar	i
Lembar Pengesahan	ii
Daftar Isi	v
Daftar Tabel	xi
Daftar Gambar	xiii
1. Pemeliharaan Peralatan Listrik Tegangan Tinggi	1
1.1.Pengertian Dan Tujuan Pemeliharaan.	1
1.2.Jenis-jenis Pemeliharaan.	2
1.3.Pemeliharaan Trafo Tenaga.	3
1.4.Uraian Kegiatan Pemeliharaan Trafo Tenaga (Sesuai Suplemen SE.032).	9
1.5.Prosedur Pelaksanaan Pemeliharaan.	12
2.Teknik Tenaga Listrik	13
2.1.Transformator Daya.	13
2.1.1.Prinsip Induksi.	13
2.1.2.Pengertian Transformator	16
2.1.3.Konstruksi Bagian-bagian Transformator	17
2.1.4.Bagian Utama	18
2.1.4.1.Inti Besi	18
2.1.4.2.Kumparan Transformator	19
2.1.4.3.Minyak Transformator	19
2.1.4.4.Bushing	19
2.1.4.5.Tangki – Konservator	23
2.1.5.Peralatan Bantu	24
2.1.5.1.Pendingin	24
2.1.5.2.Tap Changer (Perubah Tap)	26
2.1.5.3.Alat Pernapasan (Silicagel).	30
2.1.5.4.Indikator.	31
2.2.Minyak Trafo (Transformator Oil).	32
2.2.1.Recondition (Memperbaharui Minyak)	43
2.2.2.Reklamasi (Mengembalikan Kemurnian Minyak)	44
2.3.Pentanahan Netral (Neutral Grounding Resistor).	47
2.4.Peralatan Proteksi.	49
2.4.1.Rele Bucholz.	49
2.4.2.Pengaman Tekanan Lebih (Explosive Membrane/Pressure-Relief Vent)	49



2.4.3.Rele Tekanan Lebih (Sudden Pressure Relay)	50
2.4.4.Rele Differensial	51
2.4.5.Rele Arus Lebih	51
2.4.6.Rele Tangki Tanah	51
2.4.7.Rele Hubung Tanah	51
2.4.8.Rele Termis	51
2.5.Fire Protection.	52
3.PENGUKURAN DATA TEKNIK.	55
3.1.Pengukuran Tahanan Isolasi.	55
3.1.1.Umum.	55
3.1.2.Batas-Batas Tahanan Isolasi.	56
3.1.3.Prinsip Kerja.	57
3.1.3.1.Pemasangan Batere.	58
3.1.3.2.Uji On / Off dan Fungsi Skrup Koreksi.	58
3.1.3.3.Plat Skala (Analog Display).	59
3.1.4.Pengukuran Tegangan Arus Searah Dan Arus Bolak Balik.	59
3.1.5.Pengukuran Tahanan Isolasi.	60
3.1.6.Pemeliharaan Alat Ukur Tahanan Isolasi	61
3.1.6.1.Batere.	61
3.1.6.2.Penyimpanan.	61
3.1.6.3.Kabel Pengukuran.	61
3.1.7.Cara Penggunaan / Cara Pengukuran.	64
3.2.Pengukuran Tahanan Pentanahan	69
3.2.1.Umum	69
3.2.2.Pentanahan Peralatan	69
3.2.3.Pentanahan Sistem Tenaga Listrik	70
3.2.4.Jenis-jenis NGR yang ada di PLN P3B	71
3.2.5.Pemeliharaan NGR	72
3.2.5.1.Pemeliharaan NGR Jenis Elemen	72
3.2.5.2.Pemeliharaan NGR Jenis Liquid	78
3.2.6.Prinsip Kerja Alat Ukur	78
3.2.7.Cara Pengujian NGR Secara Manual	79
3.2.8.Cara Pengujian NGR Digital	80
3.2.9.Gambar Internal Alat Ukur NGR Digital	81
3.2.10.Panel Bagian Luar Alat Ukur Digital	82
3.2.11.Tahanan Tanah	84
3.2.11.1.Penggunaan Alat Ukur Tahanan Tanah	84
3.2.11.2.Cara Penggunaan Alat Ukur Tahanan Tanah KYURITSU	84



Model 4102	
3.2.11.3.Pengukuran Tahanan Tanah.	85
3.2.11.4.Cara Penggunaan Alat Ukur Tahanan Tanah Merk Gossen Metrawatt Bauer [GEOHM 2].	86
3.2.11.5.Cara Kerja Alat Ukur Tahanan Tanah Merk Gossen Metrawatt Bauer [Geohm 2].	87
3.2.12.Pengukuran Tahanan Pentanahan Trafo	89
3.3.Pengujian Tahanan DC Pada Transformator	94
3.3.1.Umum	94
3.3.2.Tujuan	94
3.3.3.Peralatan Yang Digunakan	95
3.3.3.1.Micro Ohmmeter	95
3.3.3.2.Indikator	96
3.3.3.3.Prosedur Pengoperasian	97
3.3.3.4.Jembatan Wheatstone	98
3.3.4.Prosedur Pengoperasian	99
3.4.Pengujian Kehilangan Daya Dielektrik Dan Faktor Daya Dielektrik (Pengujian Tan Delta)	104
3.4.1.Teori Pengujian	104
3.4.2.Alat Uji	106
3.4.3.Prosedur Pengujian pada Transformator	106
3.4.4.Penggunaan Alat Tettex Instrument	107
3.4.4.1.Persiapan	107
3.4.4.2.Pelaksanaan (Pada Transformator Tenaga)	107
3.4.4.3.Finishing	109
3.4.4.4.Beberapa istilah pada pengukuran adalah :	109
3.4.5.Rangkaian Pengukuran	111
3.4.6.Prosedure Pengukuran pada Transformator	113
3.4.7.Transformator 3 Fasa	115
3.4.8.Pengukuran Dissipasi Factor Bushing.	118
3.5.Thermometer	119
3.5.1.Thermometer Pengukur Langsung	119
3.5.2.Thermometer Pengukur Tidak Langsung	120
3.5.3.Pemeliharaan Thermometer	121
3.5.4.Pengujian Thermometer	123
3.5.4.1.Pengujian dengan Media Minyak (Konvensional).	123
3.5.4.2.Langkah Pelaksanaan Pengujian	124
3.5.4.3.Pengujian dengan Media Udara (Penyempurnaan).	125
3.5.4.4.Prinsip Kerja	126



3.5.4.5.Langkah Pelaksanaan Pengujian	127
3.5.5.Visualisasi Penggunaan Alat Uji	131
3.6.Ratio Test.	132
3.6.1.Umum.	132
3.6.2.Prinsip Kerja.	132
3.6.3.Metode	133
3.6.4.Peralatan Kerja	133
3.6.5.Rangkaian pelaksanaan pengujian.	134
3.6.6.Prosedure Pengujian.	134
3.7.Pengujian Tegangan Tembus Minyak Isolasi Trafo (Dielectric Strength)	137
3.7.1.Umum	137
3.7.2.Pengujian Tegangan Tembus (Breakdown Voltage Test)	138
3.7.2.1.Pengambilan Contoh (Sample) Minyak Untuk Pengujian	138
3.7.2.2.Peralatan :	139
3.7.2.3.Cara pelaksanaan Pengambilan Minyak :	139
3.8.Bushing	143
3.8.1.Umum	143
3.8.2.Spesifikasi Teknik Bushing.	143
3.8.2.1.Type Bushing	143
3.8.2.2.Bushing Pasangan Luar (Out door)	144
3.8.2.3.Pemeliharaan.	144
3.8.2.4.Testing.	144
3.8.3.Teknologi Bushing.	144
3.8.3.1.Konstruksi Bushing.	144
3.8.3.2.Pengujian Bushing.	147
3.8.3.3.Pemeriksaan Kekencangan.	151
3.8.3.4.Pemeliharaan Bushing.	152
3.8.4.Rekomendasi.	153
3.9.Pemeliharaan On Load Tap Changer (OLTC) Transformator Tenaga	158
3.9.1.Umum	158
3.9.1.1.Pemeliharaan Preventive.	159
3.9.1.2.Pemeliharaan Corrective	160
3.9.1.3.Pemeliharaan Detective	161
3.9.2.Pemeliharaan Rutin “On Load Tap Changer “	161
3.9.2.1.Tujuan	161
3.9.2.2.Ruang Lingkup.	161
3.9.2.3.Peralatan Kerja dan Perlengkapan K3.	161
3.9.3.Penggantian Minyak Isolasi OLTC Trafo Tenaga 70 kV dan 150 kV.	165



3.9.3.1.Tujuan.	165
3.9.3.2.Ruang Lingkup.	165
3.9.3.3.Peralatan Kerja dan Perlengkapan K3.	165
3.9.3.4.Pelaksanaan	166
3.9.4.Penggantian Minyak Isolasi dan Pemeriksaan OLTC Trafo 70 kV & 150 kV	167
3.9.4.1.Tujuan.	167
3.9.4.2.Ruang Lingkup.	167
3.9.4.3.Peralatan Kerja Dan Perlengkapan K3.	168
3.9.4.4.Pelaksanaan	169
3.9.5.Pemeliharaan Dan Pengujian Sistem Proteksi OLTC	177
3.9.5.1.Tujuan.	177
3.9.5.2.Ruang Lingkup.	177
3.9.5.3.Peralatan Kerja Dan Perlengkapan K3.	177
3.9.5.4.Pelaksanaan	178
3.9.6.Pemeliharaan OLTC Trafo 500 kV Merk Elin.	180
3.9.6.1.Tujuan.	180
3.9.6.2.Ruang Lingkup.	180
3.9.6.3.Pemeriksaan Visual Motor Penggerak, Posisi Tap OLTC dan Pengujian Fungsi Rele.	180
3.9.6.4.Pemeriksaan Diverter Switch.	182
3.9.6.5.Pembongkaran Dan Pemasangan Diverter Switch.	183
3.9.6.6.Penggantian Minyak OLTC.	184
3.9.7.Penggunaan Pompa Regen.	195
3.10.Pengujian Jansen, Bucholz, Sudden Pressure, Motor Sirkulasi Minyak dan Fan.	197
3.10.1.Rele Pengaman Tap Changer (Jansen)	197
3.10.1.1.Umum	197
3.10.1.2.Prinsip Kerja	197
3.10.1.3.Cara Penggunaan	198
3.10.1.4.Lembar Pemeliharaan	200
3.10.2.Rele Deteksi Gas (Bucholtz)	201
3.10.2.1.Umum	201
3.10.2.2.Cara Pemasangan (Desain)	201
3.10.2.3.Prinsip Kerja	202
3.10.2.4.Kontak-Kontak	204
3.10.2.5.Lembar Pemeliharaan	207
3.10.3.Oil Actuated Relay (Jansen) Tipe LC-15 dan LC 30 (Meidensha electric mfg co)	208
3.10.3.1.Umum	208



3.10.3.2.Prinsip Kerja	208
3.10.3.3.Cara Penggunaan	209
3.10.3.4.Pemeliharaan	210
3.10.3.5.Lembar Pemeliharaan	212
3.10.4.Pressure Relief Device (QualiTrol series 208).	213
3.10.4.1.Umum.	213
3.10.4.2.Rancangan.	213
3.10.4.3.Cara Kerja	214
3.10.4.4.Cara Penggunaan	215
3.10.4.5.Pengujian	216
3.10.4.6.Lembar Pemeliharaan	217
3.10.5.Indikator Temperatur Kumparan dengan Resistor Pemanas	218
3.10.5.1.Umum	218
3.10.5.2.Prinsip Kerja	218
3.10.5.3.Dasar Untuk Pengukuran Tinggi Suhu Minyak Trafo	219
3.10.5.4.Cara Pemasangan	220
3.10.5.5.Penyetelan Kontak	221
3.10.5.6.Konstruksi	222
3.10.5.7.Lembar Pemeliharaan	223
3.10.6.Pendingin Trafo	223
3.10.6.1.Umum	223
3.10.6.2.Prinsip Kerja	224
3.10.6.3.Penggunaan	225
3.10.6.4.Spesifikasi Pendingin	228
3.10.6.5.Lembar Pemeliharaan	231
3.10.7.Pompa Sirkulasi Minyak	232
3.10.7.1.Umum	232
3.10.7.2.Prinsip Kerja.	232
3.10.7.3.Cara Penggunaan	233
3.10.7.4.Lembar Pemeliharaan	236



DAFTAR TABEL

Tabel Macam dan Jenis Bushing	22
Tabel Macam-macam Sistem Pendingin	25
Tabel Dielectric Strength dari Minyak untuk Tegangan Operasi.	33
Batasan Pengusahaan Minyak Transformator Sesuai Metoda ASTM	33
Tabel Beberapa Petunjuk untuk Melihat Minyak Trafo	34
Tabel Beberapa Macam Test Lapangan yang harus dilakukan pada Minyak Trafo sebelum operasi	36
Istilah-istilah pemeliharaan yang disarankan :	37
Tabel Beberapa Klasifikasi Hasil Test Minyak Trafo	38
Tabel Perbandingan Menurut Rogers	39
Tabel Jumlah Kandungan Gas dan Macam Gangguan yang Ditimbulkan	40
Tabel Kemungkinan Gangguan akibat adanya Kandungan Gas	41
Tabel Beberapa Saran Untuk Pemurnian Minyak Trafo	42
Peralatan penyaring minyak yang disarankan harus mempunyai :	42
Tabel Korelasi antara Jumlah Asam dan Sludge yang terbentuk	43
Tabel Korelasi Antara Kekuatan Tarik Kertas & Sludge Yang Terbentuk	43
Tabel Hasil Test Minyak dalam Pemeliharaan Trafo	46
Tabel Metode Pentanahan Netral di PLN P3B	47
Tabel Index Nilai Polarisasi	67
Table Contoh Hasil Pengukuran Tahan Isolasi	68
Hasil Pengukuran Tahanan Pentanahan Trafo	93
Spesifikasi Elektrik	96
Kemampuan Batere	97
Hasil Pengujian Tahanan DC Belitan Transformator	101
Hasil Pengujian Tahanan DC Belitan Transformator	102
Hasil Pengujian Tahanan DC Belitan Transformator	103
Lembar Pemeliharaan Thermometer pada Transformator	122
Chek List Suhu	129
Data Hasil Pengujian Thermometer	130
Blangko Pengujian Ratio Test Transformator	136
Tegangan Tembus/Dielectric Strenght, Standart IEC 156	142
Tabel Capacitances	156
Tabel Oil Level untuk bushing tanpa dan dengan gelas penduga.	157
Rele Tekanan Tap Changer pada Transformator	200
Indikasi berikut dapat digunakan untuk Evaluasi Permulaan.	206
Lembar Pemeliharaan Rele deteksi gas (Bucholtz)	207



Tabel Kecepatan Aliran Minyak	209
Rele Tekanan Tap Changer Pada Transformator	212
Material Gasket.	216
Tabel Delay Time Relay	221
Data Kontak Untuk Micro-Switch dari Type Blow-Out.	223
Tabel Suhu minyak trafo bagian atas	226
Tabel Suhu Operasi Dan Umur Trafo	227
Tabel Pengenal (Rating)	229

**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1. Arus magnitisasi secara grafis tanpa memperhitungkan rugi-rugi besi.	13
Gambar 2.2. Arus magnitisasi secara grafis dengan memperhitungkan rugi-rugi besi.	13
Gambar 2.3. Hukum Lorenz	13
Gambar 2.4. Suatu arus listrik mengelilingi inti besi maka besi itu menjadi magnit.	14
Gambar 2.5. Suatu lilitan mengelilingi magnit maka akan timbul gaya gerak listrik (GGL)	14
Gambar 2.6. Prinsip Dasar dari Transformator.	14
Gambar 2.7. Inti Besi dan Laminasi yang diikat Fiber Glass	18
Gambar 2.8. Kumparan Phasa RST	19
Gambar 2.9. Contoh Bushing Transformator	20
Gambar 2.10. Konstruksi Bushing Transformator	21
Gambar 2.11. Konservator Trafo	23
Gambar 2.12. Susunan Motor Blower untuk Alat Pendingin Minyak Transformator secara udara dipaksakan	26
Gambar 2.13. Perubah Tap Tegangan Tinggi (ON Load) pada Transformator Tenaga 3 phasa 50 Hz	28
Gambar 2.14. Perubah Tap Tegangan Tinggi (ON Load) pada Transformator tenaga 3 phasa 50 Hz	29
Gambar 2.14a. Skema Rangkaian Pengubah Tap Untuk Pengaturan Tegangan	29
Gambar 2.15. Alat Pernapasan, Berupa Tabung Berisi Kristal Zat Hygroskopis	30
Gambar 2.16. Alat Pengukur Suhu dan Indikator Permukaan Minyak	31
Gambar 2.17. Rele Bucholz	49
Gambar 2.18. Rele bucholz saat bekerja akibat minyak kurang dalam transformer.	50
Gambar 2.19. Rele bucholz saat bekerja akibat akumulasi gas yang timbul dalam transformer	50
Gambar 2.20. Rele bucholz saat bekerja akibat terjadi flow minyak karena gangguan dalam transformer.	50
Gambar 2.21. Pengaman Tekanan Lebih	50
Gambar 2.22. Skema Logic Sistim Kerja Sergi Type 3000 :	53
Gambar 2.23. Tangki konservator akan terisolasi dengan bekerjanya Shutter	54
Gambar 2.24. Minyak yang dikeluarkan hanya + 20 cm di bawah tutup atas tangki utama trafo	54
Gambar 2.25. Nitrogen Diinjeksikan Terus Menerus Selama 45 Menit	54
Gambar 3.1. Sangkar Faraday	56
Gambar 3.2. Contoh Insulation Tester Merk Metriso Type 5000 A.	57
Gambar 3.3. Beberapa Contoh Alat Ukur Tahanan Isolasi (Insulation Tester).	63



Gambar 3.4. Pemasangan Pentanahan Lokal	64
Gambar 3.5. Pengukuran Tahanan Isolasi	65
Gambar 3.6. Contoh Hasil pengukuran tahanan isolasi Trafo dengan selang 1 menit mulai > 0,2 ~ 10 menit.	68
Gambar 3.7 Pentanahan peralatan Main Tank Transformator	69
Gambar 3.8. Sistem Pentanahan Pada Transformator	71
Gambar 3.9. NGR untuk Tahanan Pentanahan Trafo	71
Gambar 3.10. Kondisi Terminal sebelum dilepas	73
Gambar 3.11. Kondisi Terminal setelah dilepas	73
Gambar 3.12. Kondisi terminal ke tanah sebelum dilepas	73
Gambar 3.13. Kondisi terminal ke tanah setelah dilepas	73
Gambar 3.14. Membersihkan bagian NGR	74
Gambar 3.15. Membersihkan support	74
Gambar 3.16. Cara pengukuran tahanan NGR	75
Gambar 3.17.Ujung NGR bagian atas	75
Gambar 3.18 Hasil Penunjukan Alat Ukur Tahanan NGR	75
Gambar 3.19. Kabel hijau dari alat ukur dihubungkan dengan terminal pentanahan	76
Gambar 3.20. Kabel kuning dari alat ukur dihubungkan ke tanah	76
Gambar 3.21. Kabel merah dari alat ukur dihubungkan ke tanah	77
Gambar 3.22. Hasil penunjukan alat ukur tahanan pentanahan	77
Gambar 3.23. Proses Pengukuran Tahanan Pentanahan	77
Gambar 3.24. Pengujian NGR Secara Manual	79
Gambar 3.25. Pengujian NGR Digital	80
Gambar 3.26. Gambar Internal Alat Ukur NGR Digital	81
Gambar 3.27. Internal Alat Ukur NGR Digital	82
Gambar 3.28. Penggunaan Alat Ukur Tahanan Tanah Kyuritsu	84
Gambar 3.29. Alat Ukur Pentanahan Type Kyuritsu Model 4120	86
Gambar 3.30. Rangkaian Galvanometer	86
Gambar 3.31. Mengukur Tahanan Tanah Skala Perkalian	87
Gambar 3.32. Mengukur Tahanan Pada Kawat Resistor	87
Gambar 3.33. Alat Ukur Tahanan	88
Gambar 3.34. Sistem Pentanahan Trafo	90
Gambar 3.35. Kabel hijau dari alat ukur dihubungkan dengan sistem pentanahan	91
Gambar 3.36. Kabel kuning dari alat ukur dihubungkan ke tanah	91
Gambar 3.37. Kabel merah dari alat ukur dihubungkan ke tanah	91
Gambar 3.38. Hasil Penunjukan Alat Ukur Tahanan Pentanahan	92
Gambar 3.39. Proses Pengukuran Tahanan Pentanahan	92



Gambar 3.40. Alat Uji Tahanan DC	95
Gambar 3.41. Jembatan Wheatstone	98
Gambar 3.42. Prinsip Kerja Jembatan Wheatstone	99
Gambar 3.43. Prinsip Cara Pengukuran Tahanan DC	100
Gambar 3.44. Tegangan Bolak – Balik sinusoida	104
Gambar 3.45. I mendahului V dengan sudut kurang dari 90 o,	104
Gambar 3.46. Komponen pada Kapasitor yang Tidak Sempurna	105
Gambar 3.47. Bentuk Fisik Alat Ukur Tan Delta Merk " TETTEX"	110
Gambar 3.48. Test Mode UST	111
Gambar 3.49. Test Mode GST	111
Gambar 3.50. Test Mode GSTg	112
Gambar 3.51. Transformator dengan 2 kumparan	113
Gambar 3.52. Transformator Dengan 3 Kumparan.	114
Gambar 3.53. Star – Star Connection	115
Gambar 3.54. Delta – Delta Connection	116
Gambar 3.55. Star Delta Connection	116
Gambar 3.56. Transformer With Free Windings	117
Gambar 3.57. Transformer With Tertiary Winding	117
Gambar 3.58. Pengukuran Dissipasi Factor Bushing	118
Gambar 3.59. Thermometer Pengukur Langsung	119
Gambar 3.60. Thermometer Pengukur Tidak Langsung.	120
Gambar 3.61. Skema Peralatan Pengukuran Tidak Langsung	121
Gambar 3.62. Pengujian Thermometer Secara Konvensional	124
Gambar 3.63. Blok Diagram Alat Uji	126
Gambar 3.64. Gambar panel alat uji HUP 2002	126
Gambar 3.65. Visualisasi Penggunaan Alat Uji	131
Gambar 3.66. Prinsip Kerja Transformator	132
Gambar 3.67. Rangkaian Pelaksanaan Pengujian	134
Gambar 3.68. Spesifikasi Alat Uji Tegangan Tembus Minyak	139
Gambar 3.69. Diagram Alat Uji Tegangan Tembus Minyak	140
Gambar 3.70. Alat Uji Tegangan Tembus Minyak	140
Gambar 3.71. Bushing	145
Gambar 3.72. Proses Pengukuran dengan "Hot Collar"	145
Gambar 3.73. Porcelain – Oil Impregnated Paper-Filled	146
Gambar 3.74. Bushing dgn Oil Impregnating –Paper yang tanpa gelas penduga dan yang menggunakan gelas penduga	147
Gambar 3.75. Sebuah jenis test tap dengan design khusus sehingga pada saat normal pegas mendorong kontak menempel ke ujung yang berarti disambungkan	147



ke ground melalui tangki trafo.

Gambar 3.76. Dengan menggunakan alat tambahan yang disambungkan pada alat seperti gambar 3.72. maka tan delta dapat disambungkan dengan mudah dan lebih baik secara hubungan listrik. 148

Gambar 3.77. Dengan alat ini kemudian kabel penghubung disambungkan melalui cable gland (3) ke lain lokasi sehingga nilai tan delta dapat selalu terpantau tanpa trafo harus dipadamkan. 148

Gambar 3.78. Bagan cara mengukur/menguji tan delta pada trafo tenaga dimana semua terminal kumparan harus dihubung singkat. 148

Gambar 3.79. Alat Uji Tangen Delta Merk "Tettex" 149

Gambar 3.80. Jenis Tap Test Bentuk Jarum 149

Gambar 3.81. Jenis Tap Test Bentuk Pegas/Per Spiral 149

Gambar 3.82. Fasilitas venting dan pembuangan minyak bushing (lihat segel yg terpasang) 154

Gambar 3.83. Fasilitas Venting Udara Terjebak. 154

Gambar 3.84. Fasilitas Pengisian dan Pembuangan Minyak Bushing Bersads di bagian Atas 154

Gambar 3.85. Bushing dan Bagian Dalamnya 155

Gambar 3.86. Ruang Pemuaian di bagian atas 155

Gambar 3.87. Tanpa Gelas Penduga 157

Gambar 3.88. Gelas Penduga 157

Gambar 3.89. Boks Mekanis OLTC Merk MR. 164

Gambar 3.90. Boks Mekanis OLTC Merk ELIN 164

Gambar 3.91. Mematikan Suplai AC 380V ke Motor OLTC 173

Gambar 3.92. Membebaskan Tuas Penggerak OLTC 173

Gambar 3.93. Membuka tutup kompartemen Diverter Switch. 174

Gambar 3.94. Melepas Baut Pengikat Diverter Switch. 174

Gambar 3.95. Mengangkat Diverter Switch dari kompartemen 175

Gambar 3.96. Mengukur Tahanan Transisi Resistor 175

Gambar 3.97. Membersihkan Kompartemen OLTC dari Endapan Carbon 176

Gambar 3.98. Memasukkan Minyak Isolasi ke dalam Kompartemen OLTC 176

Gambar 3.99. Motor-Drive Mechanism OLTC merk ELIN 185

Gambar 3.100. Diverter Switch OLTC Merk ELIN 185

Gambar 3.101. Pengangkatan Diverter Switch 186

Gambar 3.102. Fixing Device 187

Gambar 3.103. Pemasangan Spring Locker Device 188

Gambar 3.104. Pelepasan Bolt Menggunakan Special Spanner 189

Gambar 3.106. Diverter Switch 191

Gambar 3.107. Firm Switch Over Contact 192



Gambar 3.108. Diverter Switch Posisi di luar pada Dudukan Kaki Tiga	193
Gambar 3.109. Special Tools OLTC Merk Elin	194
Gambar 3.110. Rangkaian Pompa Rigen	195
Gambar 3.111. Pengukuran Kontinyuitas OLTC	196
Gambar 3.112. Rele Tekanan Lebih Tap Changer	198
Gambar 3.113. Katup Penguin Dipasang Antara Rele Tekanan Dan Tangki	199
Gambar 3.114. Baut Sekrup Setting 10 , Tidak Graduated	199
Gambar 3.115. Rele Deteksi Gas Tipe EGEM BF 50/10	202
Gambar 3.116. Rele Terisi Minyak Penuh Pelampung Posisi Di Atas	203
Gambar 3.117. Gap Magnet Untuk Merubah Setting	204
Gambar 3.118. Kontak Rele Deteksi Gas	205
Gambar 3.119. Oil Actuated Rele (Jansen)	208
Gambar 3.120. Switch Off dan ON	209
Gambar 3.121. Reset and Trip (Test) Button	211
Gambar 3.122. Spring-Loaded Pressure Relief Device	213
Gambar 3.123. Relay Sudden Pressure tampak samping	215
Gambar 3.124. Relay Sudden Pressure tampak atas	215
Gambar 3.125. Indikator Suhu Kumparan (TITA 64 dan TITG 64)	218
Gambar 3.126. Rangkaian indikator kumparan tipe TITA 64 dan TITG 64	219
Gambar 3.127. Kurva Kalibrasi Indikator Kumparan Tipe TITA Dan TITG	220
Gambar 3.128. Pendingin Sirip dan Kipas	225
Gambar 3.129. Kipas Pendingin Krenz-Vent Tipe TC-24	230
Gambar 3.130. Motor Kipas Pendingin Merk : Krenz-Vent	230
Gambar 3.131. Motor Pompa Sirkulasi Minyak Pada Trafo .	233
Gambar 3.132. Motor Sirkulasi Minyak Trafo CGE ALSTHOM	235
Gambar 3.134. Motor Sirkulasi Minyak dan Radiator	235



1. PEMELIHARAAN PERALATAN LISTRIK TEGANGAN TINGGI

1.1. Pengertian Dan Tujuan Pemeliharaan.

Pemeliharaan peralatan listrik tegangan tinggi adalah serangkaian tindakan atau proses kegiatan untuk mempertahankan kondisi dan meyakinkan bahwa peralatan dapat berfungsi sebagaimana mestinya sehingga dapat dicegah terjadinya gangguan yang menyebabkan kerusakan.

Tujuan pemeliharaan peralatan listrik tegangan tinggi adalah untuk menjamin kontinyunitas penyaluran tenaga listrik dan menjamin keandalan, antara lain :

- a. Untuk meningkatkan reliability, availability dan efficiency.
- b. Untuk memperpanjang umur peralatan.
- c. Mengurangi resiko terjadinya kegagalan atau kerusakan peralatan.
- d. Meningkatkan Safety peralatan.
- e. Mengurangi lama waktu padam akibat sering gangguan.

Faktor yang paling dominan dalam pemeliharaan peralatan listrik tegangan tinggi adalah pada sistem isolasi. Isolasi disini meliputi isolasi keras (padat) dan isolasi minyak (cair). Suatu peralatan akan sangat mahal bila isolasinya sangat bagus, dari isolasi inilah dapat ditentukan sebagai dasar pengoperasian peralatan. Dengan demikian isolasi merupakan bagian yang terpenting dan sangat menentukan umur dari peralatan. Untuk itu kita harus memperhatikan / memelihara sistem isolasi sebaik mungkin, baik terhadap isolasinya maupun penyebab kerusakan isolasi.

Dalam pemeliharaan peralatan listrik tegangan tinggi kita membedakan antara pemeriksaan / monitoring (melihat, mencatat, meraba serta mendengar) dalam keadaan operasi dan memelihara (kalibrasi / pengujian, koreksi / resetting serta memperbaiki / membersihkan) dalam keadaan padam.

Pemeriksaan atau *monitoring* dapat dilaksanakan oleh operator atau petugas patroli setiap hari dengan sistem *check list* atau catatan saja. Sedangkan pemeliharaan harus dilaksanakan oleh regu pemeliharaan.



1.2. Jenis-jenis Pemeliharaan.

Jenis-jenis pemeliharaan peralatan adalah sebagai berikut :

- a. **Predictive Maintenance (Conditional Maintenance)** adalah pemeliharaan yang dilakukan dengan cara memprediksi kondisi suatu peralatan listrik, apakah dan kapan kemungkinannya peralatan listrik tersebut menuju kegagalan. Dengan memprediksi kondisi tersebut dapat diketahui gejala kerusakan secara dini. Cara yang biasa dipakai adalah memonitor kondisi secara online baik pada saat peralatan beroperasi atau tidak beroperasi. Untuk ini diperlukan peralatan dan personil khusus untuk analisa. Pemeliharaan ini disebut juga pemeliharaan berdasarkan kondisi (Condition Base Maintenance).
- b. **Preventive Maintenance (Time Base Maintenance)** adalah kegiatan pemeliharaan yang dilaksanakan untuk mencegah terjadinya kerusakan peralatan secara tiba-tiba dan untuk mempertahankan unjuk kerja peralatan yang optimum sesuai umur teknisnya. Kegiatan ini dilaksanakan secara berkala dengan berpedoman kepada : Instruction Manual dari pabrik, standar-standar yang ada (IEC, CIGRE, dll) dan pengalaman operasi di lapangan. Pemeliharaan ini disebut juga dengan pemeliharaan berdasarkan waktu (Time Base Maintenance).
- c. **Corrective Maintenance** adalah pemeliharaan yang dilakukan dengan berencana pada waktu-waktu tertentu ketika peralatan listrik mengalami kelainan atau unjuk kerja rendah pada saat menjalankan fungsinya dengan tujuan untuk mengembalikan pada kondisi semula disertai perbaikan dan penyempurnaan instalasi. Pemeliharaan ini disebut juga Curative Maintenance, yang bisa berupa Trouble Shooting atau penggantian part/bagian yang rusak atau kurang berfungsi yang dilaksanakan dengan terencana.
- d. **Breakdown Maintenance** adalah pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan mendadak yang waktunya tidak tertentu dan sifatnya darurat.

Pelaksanaan pemeliharaan peralatan dapat dibagi 2 macam :

1. Pemeliharaan yang berupa monitoring dan dilakukan oleh petugas operator atau petugas patroli bagi Gardu Induk yang tidak dijaga (GITO – Gardu Induk Tanpa Operator).



2. Pemeliharaan yang berupa pembersihan dan pengukuran yang dilakukan oleh petugas pemeliharaan.

1.3. Pemeliharaan Trafo Tenaga.

1. Pemeliharaan transformator yang berupa monitoring dan dilakukan oleh petugas operator setiap hari untuk Gardu Induk yang dijaga atau petugas patroli pada Gardu Induk yang tidak dijaga dan dilaksanakan setiap minggu (Jadwal Mingguan) dalam keadaan operasi.

No	Peralatan/Komponen Yang Diperiksa			Cara Pelaksanaan
	Trafo Besar	Trafo Sedang	Trafo Kecil	
1.	Tangki, radiator, pipa-pipa, katup-katup, sumbat-sumbat.	Tangki, radiator, pipa-pipa, katup-katup, sumbat-sumbat.	Tangki, radiator, pipa-pipa, katup-katup, sumbat-sumbat.	Periksa apakah adanya kebocoran minyak.
2.	Kipas-kipas pendingin, Pompa-pompa minyak, Lemari kontrol	Kipas-kipas pendingin, Pompa-pompa minyak, Lemari kontrol	Kipas-kipas pendingin, Pompa-pompa minyak, Lemari kontrol	Periksa apakah ada suara-suara yang tidak normal bau-bauan.
3.	Terminal utama, rel, terminasi kabel, jumper-wire.	Terminal utama, rel, terminasi kabel, jumper-wire.	Terminal utama, rel, terminasi kabel, jumper-wire.	Periksa apakah ada benda asing atau binatang di dekatnya.
4.	Indikator tinggi minyak	Indikator tinggi minyak	Indikator tinggi minyak	Periksa tinggi permukaan minyak pada indikator tangki, konservator
5.	Bushing	Bushing	Bushing	Periksa apakah ada yang retak, kotor, pecah dan kebocoran minyak



6.	Kipas-kipas pendingin, motor pompa sirkulasi dan radiator	Kipas-kipas pendingin, motor pompa sirkulasi dan radiator	Kipas-kipas pendingin, motor pompa sirkulasi dan radiator	Periksa apakah kipas pendingin masih bekerja sesuai setting , indikator pompa sirkulasi apakah masih menunjukkan aliran minyak dengan sempurna dan apakah ada karat pada sirip radiator.
7.	Sumber arus searah (DC)	Sumber arus searah (DC)	Sumber arus searah (DC)	Periksa sumber arus AC/DC apakah sakelar dalam keadaan tertutup dan MCB nya keadaan ON dengan sempurna.
8.	Pemadam kebakaran	Pemadam kebakaran	Pemadam kebakaran	Periksa tekanan botol pemadam CO2, BCF dan tekanan nitrogen pada sistem alat pemadam.
9.	Suhu/ temperatur minyak dan kumparan transformator	Suhu/ temperatur minyak dan kumparan transformator	Suhu/ temperatur minyak dan kumparan transformator	Periksa temperatur minyak dan kumparan transformator.
10.	Beban transformator	Beban transformator	Beban transformator	Periksa beban transformator
11.	Lemari kontrol dan Proteksi	Lemari kontrol dan Proteksi	Lemari kontrol dan Proteksi	Periksa dan bersihkan kalau kotor
12.	Tekanan gas Nitrogen (untuk transformator tanpa konservator)	Tekanan gas Nitrogen (untuk transformator tanpa konservator)	Tekanan gas Nitrogen (untuk transformator tanpa konservator)	Periksa tekanan gas Nitrogen,



2. Pemeliharaan transformator yang berupa monitoring dan dilakukan oleh petugas Pemeliharaan setiap bulan untuk Gardu Induk yang dijaga maupun Gardu Induk yang tidak dijaga.

No.	Peralatan /Komponen Yang Diperiksa			Cara Pelaksanaan
	Trafo Besar	Trafo Sedang	Trafo Kecil	
1.	Lemari kontrol/ Proteksi dan box kontrol serta Marshaling kios.	Lemari kontrol/ Proteksi dan box kontrol serta Marshaling kios.	Lemari kontrol/ Proteksi dan box kontrol serta Marshaling kios.	Periksa Lemari kontrol/ Proteksi dan box kontrol serta Marshaling kios dari kotoran / bangkai binatang atau binatang serta benda asing lainnya.
2	Selikagel dan sistem pernapasan.	Selikagel dan sistem pernapasan.	Selikagel dan sistem pernapasan.	Periksa warna selikagel pada sistem pernapasan transformator apakah masih biru dan apakah mulut pernapasannya masih kerendam minyak.
3.	Kerja OLTC	Kerja OLTC	Kerja OLTC	Periksa jumlah kerja OLTC apakah sudah melampaui jumlah kerja untuk penggantian minyaknya atau minyaknya sudah kotor.

3. Pemeliharaan transformator yang berupa pemeriksaan, pengukuran dan pengujian dan dilakukan oleh petugas Pemeliharaan setiap tahun untuk Gardu Induk yang dijaga maupun Gardu Induk yang tidak dijaga.

No.	Peralatan /Komponen Yang Diperiksa			Cara Pelaksanaan
	Trafo Besar	Trafo Sedang	Trafo Kecil	
1.	Diafragma	Diafragma	Diafragma	Periksa kebersihan dan apakah ada kebocoran Bersihkan kotorannya dan atasi kebocorannya Lakukan function test bagi yang mempunyai rangkaian elektrik nya.



2.	Tahanan pentanahan dan tahanan tanah	Tahanan pentanahan dan tahanan tanah	Tahanan pentanahan dan tahanan tanah	Periksa rangkaian sistem pentanahan dan ukur nilai tahanan pentanahan serta tahanan tanahnya. Apabila ada yang kendor kencangkan dan nilai tahanan Pentanahan berubah, kembalikan ke nilainya.
3.	Ratio	Ratio	Ratio	Ukur ratio transformator apakah terjadi perubahan.
4.	Dielektrik minyak	Dielektrik minyak	Dielektrik minyak	Uji dielectrik minyak, apakah masih sesuai standar yang dipergunakan
5.	Kadar asam minyak	Kadar asam minyak	Kadar asam minyak	Uji dielectric minyak, apakah masih sesuai standar yang dipergunakan
6.	Kadar air dalam minyak	Kadar air dalam minyak	Kadar air dalam minyak	Uji kadar air dalam minyak, apakah masih sesuai standar yang dipergunakan
7.	Kadar viscositas minyak	Kadar viscositas minyak	Kadar viscositas minyak	Uji viscositas minyak, apakah masih sesuai standar yang dipergunakan.
8.	Warna minyak	Warna minyak	Warna minyak	Uji warna minyak, apakah masih sesuai standar yang dipergunakan.
9.	Kandungan gas dalam minyak	Kandungan gas dalam minyak	Kandungan gas dalam minyak	Uji kandungan gas dalam minyak menggunakan DGA, apakah masih sesuai standar yang dipergunakan.



10.	Peralatan pengaman transformator (Bucholz, Sudden Pressure, rele temperatur.)	Peralatan pengaman transformator (Bucholz, Sudden Pressure, rele temperatur.)	Peralatan pengaman transformator (Bucholz, Sudden Pressure, rele temperatur.)	Bersihkan terminal dari debu. Periksa seal pada tempat masuk kabel tripping dan alaram bila rusak ganti. Bersihkan rongga tempat sambungan kabel dari socket Sudden Pressure dari bangkai binatang kecil dan periksa seal pada tempat masuk kabel tripping dan alarm bila rusak ganti. Uji seluruh alarm dan trippingnya. Bersihkan dari debu dan kotoran lalu beri vet.
11.	Body, bushing transformator	Body, bushing transformator	Body, bushing transformator	
12.	Roda gigi OLTC	Roda gigi OLTC	Roda gigi OLTC	Periksa dan kencangkan .
13.	Baut terminal, baut bushing, baut body dan baut pentanahan.	Baut terminal, baut bushing, baut body dan baut pentanahan.	Baut terminal, baut bushing, baut body dan baut pentanahan.	Periksa baut dan jarak Spark gap. Bila kendor kencangkan dan bila jaraknya tidak sesuai perbaiki.
14.	Spark gap bashing primer maupun sekunder.	Spark gap bashing primer maupun sekunder.	Spark gap bashing primer maupun sekunder.	Periksa baut teminal dari kontrol dan proteksi apabila ada yang kendor kencangkan.
15.	Baut terminal pada panel kontrol dan proteksi.	Baut terminal pada panel kontrol dan proteksi.	Baut terminal pada panel kontrol dan proteksi.	Ukur tahanan isolasi dari transformer apakah masih sesuai standar
16.	Tahanan isolasi , Kontrol mekanik, limit switch, indikator dari OLTC.	Tahanan isolasi, Kontrol mekanik, limit switch, indikator dari OLTC.	Tahanan isolasi, Kontrol mekanik, limit switch, indikator dari OLTC.	Uji kontrol, limit switch apakah bekerja sesuai fungsinya dan periksa indikator OLTC apakah sesuai dengan posisinya.



17.	Tegangan tembus minyak	Tegangan tembus minyak	Tegangan tembus minyak	Uji tegangan tembus minyak apakah masih sesuai standar yang berlaku.
18.	Pondasi	Pondasi	Pondasi	<p>Periksa pondasi apakah ada keretakan-keretakan dan perubahan kedudukan.</p> <p>Periksa penahan roda apakah masih tetap kokoh pada tempatnya.</p> <p>Periksa apakah isolasi antara tangki terhadap tanah masih baik (untuk trafo yang memakai pengaman tangki).</p>



1.4. Uraian Kegiatan Pemeliharaan Trafo Tenaga (Sesuai Suplemen SE.032).

Uraian kegiatan pemeliharaan sesuai **Suplemen SE032**, khusus untuk transformator adalah seperti tabel berikut ini :

O / X = Jenis dan siklus waktu pemeliharaan

No.	Kegiatan	Jenis pemeliharaan			Periode pemeliharaan								Dilaksakan	Peralatan Kerja	
		Preventive	Corrective	Detective	Harian	Mingguan	Bulanan	Triwulan	Semester	Tahunan	5 tahunan	10 tahunan			
1	Pemeriksaan kebocoran minyak (khusus STET kondisi trafo di-off-kan).	O					O						ON / OFF	RP	Visual.
2	Pemeriksaan kelainan bunyi atau bau-bauan.	O					O						ON	RP	Visual.
3	Pemeriksaan dalam kondisi operasi pada terminal utama, rel, terminasi kabel, jumper-wire terhadap benda asing atau binatang.	O					O						ON	RP	Visual.
4	Pemeriksaan level minyak konservator (main & OLTC tank).	O					O						ON	RP	Visual, Meter Level.
5	Pemeriksaan pasokan tegangan AC / DC.	O					O						ON	PP	Multi Meter
6	Pemeriksaan sistem pemadam api a.l. : tekanan gas N2, CO2, BCF dan alarm kebakaran.	O					O						ON	PP	Manometer, Visual
7	Pemeriksaan temperatur / suhu minyak.	O					O						ON	RP	Thermometer
8	Pemantauan beban.	O					O						ON	RP	MW, MVAR Meter
9	Pemeriksaan terhadap gas Nitrogen (bagi trafo tanpa conservator).	O					O						ON	RP	Visual, mano meter tekanan
10	Pemeriksaan level / tekanan minyak silicon pada sealing end (trafo GIS).	O					O						ON	PP	Visual
11	Pemeriksaan boks kontrol / proteksi terhadap kotoran atau binatang.	O					O						ON	PP	Visual.



12	Pemeriksaan debu pada isolator / bushing.	O				O						ON	PP	Visual.	
13	Pemeriksaan silical-gel (pernapasan).	O				O						ON	RP	Visual.	
14	Pemantauan kerja OLTC.	O				O						ON	RP	Counter	
15	Pembersihan sirip pendingin sistim OFAF.	O						O				ON	PP	Majun & steam cleaner.	
16	Pemeriksaan diafragma.	O						O				Off	PP	Visual.	
17	Pengukuran tahanan sistim pentanahan.	O						O				Off	PP	Megger Pentanahan.	
18	Pemeriksaan pengaman Bucholtz, Sudden Pressure, pengujian dan kalibrasi rele dan meter temperatur.	O						O				Off	PP	Thermo meter Standard	
19	Pembersihan body, bushing	O						O				Off	PP	Majun, VET.	
20	Pengerasan baut terminal, bushing, bodi dan pentanahan	O						O				Off	PP	Kunci - Kunci	
21	Pemeriksaan Spark Gap bushing primer / skunder	O						O				Off	PP	Visual, Megger & Meter	
22	Pemeriksaan kondisi bushing (mungkin retak / bocor).	O	X			O						X	ON	PP	Visual, teropong
23	Pemeriksaan sistem pendingin (motor pompa dan kipas).	O	X			O						X	ON	PP	Multi Meter, Visual.
24	Pemeriksaan pompa minyak Hot Line Oil Purifier.	O	X			O						X	ON	PP	Avo meter, Visual.
25	Pengukuran Partial Discharge.	O	X					O				X	ON	PP	Alat Uji Partial Discharge
26	Pemeriksaan noktah panas (hot spot thermovision).	O		X				O				X	ON	PP	Infra Red Thermovision.
27	Pengencangan baut wiring pada boks kontrol dan proteksi.	O	X					O				X	Off	PP	Kunci-Kunci Pas atau Ring.



28	Pengukuran tahanan isolasi (megger test).	O	X						O			X	Off	PP	Megger.
29	Pemeriksaan kontrol mekanik motor, limit switch, pemberian oil vet pada gigi dan indikator OLTC	O	X						O			X	Off	PP	VET, Avo meter
30	Pengukuran tegangan (ratio test).	O	X						O			X	Off	PP	Multimeter
31	Pengujian kontinuitas posisi OLTC secara remote / lokal.	O	X						O			X	Off	PP	Multimeter
32	Pemeriksaan minyak (dielektrik, kadar asam, kadar air, viscositas, warna dll).	O	X	X					O			X	ON	PP	Laboratorium minyak.
33	Pengukuran kandungan gas minyak trafo dan OLTC dengan DGA.	O	X	X					O			X	ON	PP	Gas Chromatography
34	Pengukuran tegangan tembus minyak.	O	X	X					O			X	ON	PP	Alat Uji Teg Tembus Oil.
35	Pemeriksaan kontak Diverter Switch OLTC.	O	X						O			X	Off	PP	Crane, Minyak
36	Penggantian minyak Diverter Switch OLTC.		X									X	Off	PP	Filter minyak
37	Pemeriksaan keretakan dan penurunan pondasi.		X									X	ON	PP	Visual, Water Pass,
38	Pembersihan debu pada isolator / bushing.		X									X	Off	PP	Lap majun, steam cleaner.
39	Pengukuran tahanan belitan (R dc).		X	X								X	Off	PP	Jembatan Wheat stone
40	Pengukuran dengan metoda tangen delta.		X	X								X	Off	PP	Tangen Delta Test.
41	High Voltage - AC Withstand Test.		X	X								X	Off	PP	AC ~ HV Test
42	Penanggulangan kebocoran minyak.		X	X								X	Off	PP	Kunci-Kunci dan Packing
43	Penyaringan dan penambahan minyak.		X	X								X	ON	PP	Mesin Filter minyak.



44	Pengukuran vektor grup belitan			X								X	Off	PP	Multi meter
----	--------------------------------	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	---	-----	----	-------------

1.5. Prosedur Pelaksanaan Pemeliharaan.

Prosedur untuk melaksanakan pemeliharaan harus selalu mengacu kepada buku-buku prosedur yang telah tersedia di setiap gardu induk, yaitu :

- 1. Buku Merah** : Pedoman Operasi Gardu Induk
- 2. Buku Kuning** : Petunjuk Pengoperasian Gardu Induk
- 3. Buku Biru** : Prosedur Pelaksanaan Pekerjaan pada instalasi Tegangan tinggi / Ekstra Tinggi terdiri dari Dokumen K3 dan Formulir DP3.

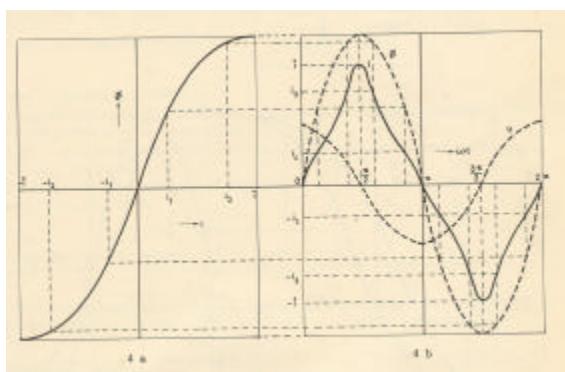


2. TEKNIK TENAGA LISTRIK

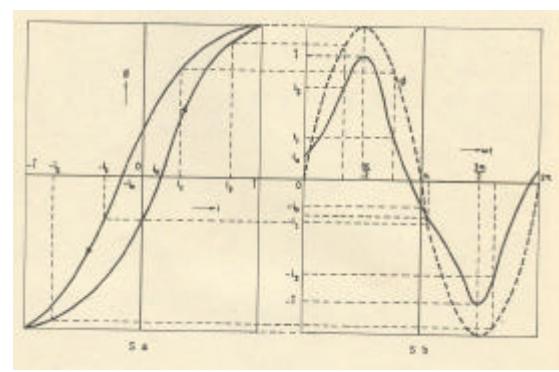
2.1. Transformator Daya.

2.1.1. Prinsip Induksi.

Hukum utama dalam transformator adalah *hukum induksi faraday*. Menurut hukum ini **suatu gaya listrik melalui garis lengkung yang tertutup, adalah berbanding lurus dengan perubahan persatuan waktu dari pada arus induksi atau flux yang dilingkari oleh garis lengkung itu** (Lihat gambar 2.1. dan 2.2).

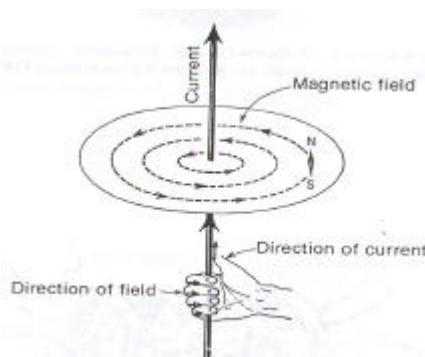


Gambar 2.1. Arus magnitisasi secara grafis tanpa memperhitungkan rugi-rugi besi.



Gambar 2.2. Arus magnitisasi secara grafis dengan memperhitungkan rugi-rugi besi.

Selain hukum Faraday, transformator menggunakan *hukum Lorenz* seperti terlihat pada gambar 2.3. berikut ini :

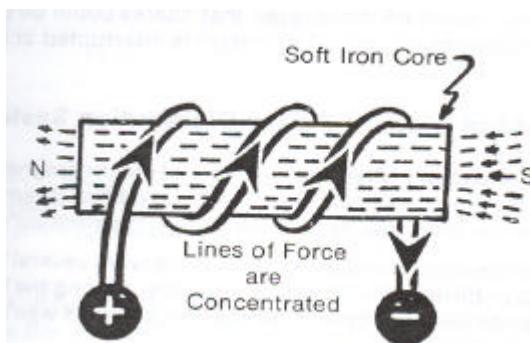


Gambar 2.3. Hukum Lorenz

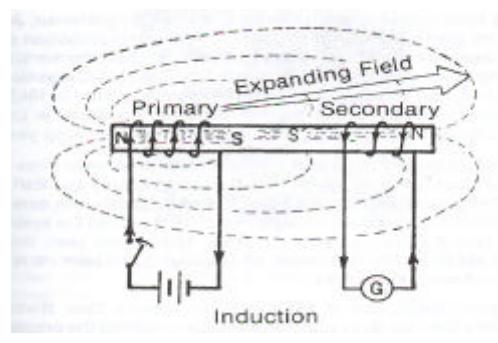


Dasar dari teori transformator adalah sebagai berikut :

Arus listrik bolak-balik yang mengelilingi suatu inti besi maka inti besi itu akan berubah menjadi magnit (seperti gambar 2.4.) dan apabila magnit tersebut dikelilingi oleh suatu belitan maka pada kedua ujung belitan tersebut akan terjadi beda tegangan.

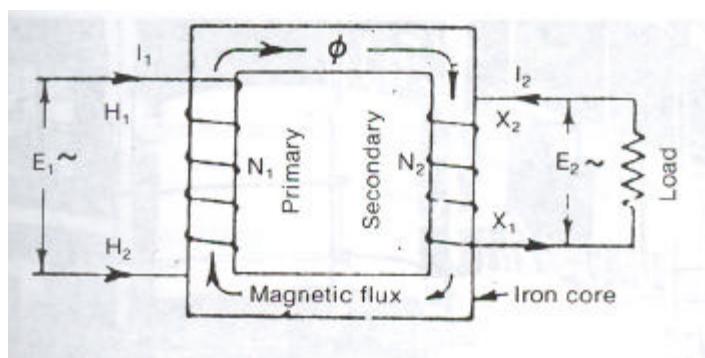


Gambar 2.4. Suatu arus listrik mengelilingi inti besi maka besi itu menjadi magnit.



Gambar 2.5. Suatu lilitan mengelilingi magnit maka akan timbul gaya gerak listrik (GGL)

Dari prinsip tersebut di atas dibuat suatu transformator seperti gambar 2.6. di bawah ini.



Gambar 2.6. Prinsip Dasar dari Transformator.

Rumus tegangan adalah:

$$E = 4,44 \phi N f \times 10^{-8}$$

Maka untuk transformator rumus tersebut sebagai berikut:

$$E_1 : E_2 = 4,44 \phi N_1 f_1 \times 10^{-8} : 4,44 \phi N_2 f_2 \times 10^{-8}$$



karena $f_1 = f_2$

maka

$$E_1 : E_2 = 4,44 \cdot \phi N_1 f_1 \times 10^{-8} : 4,44 \cdot \phi N_2 f_2 \times 10^{-8}$$

$$E_1 : E_2 = N_1 : N_2$$

$$E_1 N_2 = E_2 N_1$$

$$\boxed{E_2 = (N_2 / N_1) \times E_1}$$

Dimana :

E_1 = tegangan primer

E_2 = tegangan sekunder

N_1 = belitan primer

N_2 = belitan sekunder

VA primer = VA sekunder

$I_1 \times E_1 = I_2 \times E_2$

$E_1 / E_2 = I_2 / I_1$

$I_1 = I_2 (E_2 / E_1)$

Dimana :

I_1 = Arus primer

I_2 = Arus sekunder

E_1 = tegangan primer

E_2 = tegangan sekunder

Rumus umum menjadi :

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$$



2.1.2. Pengertian Transformator

Transformator tenaga adalah suatu peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga/daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya.

Dalam operasi penyaluran tenaga listrik transformator dapat dikatakan sebagai jantung dari transmisi dan distribusi. Dalam kondisi ini suatu transformator diharapkan dapat beroperasi secara maksimal (kalau bisa terus menerus tanpa berhenti). Mengingat kerja keras dari suatu transformator seperti itu maka cara pemeliharaan juga dituntut sebaik mungkin. Oleh karena itu transformator harus dipelihara dengan menggunakan sistem dan peralatan yang benar, baik dan tepat. Untuk itu regu pemeliharaan harus mengetahui bagian-bagian transformator dan bagian-bagian mana yang perlu diawasi melebihi bagian yang lainnya.

Berdasarkan tegangan operasinya dapat dibedakan menjadi transformator 500/150 kV dan 150/70 kV biasa disebut *Interbus Transformator* (IBT). Transformator 150/20 kV dan 70/20 kV disebut juga trafo distribusi. Titik netral transformator ditanahkan sesuai dengan kebutuhan untuk sistem pengamanan / proteksi, sebagai contoh transformator 150/70 kV ditanahkan secara langsung di sisi netral 150 kV dan transformator 70/20 kV ditanahkan dengan tahanan rendah atau tahanan tinggi atau langsung di sisi netral 20 kV nya.

Transformator dapat dibagi menurut fungsi / pemakaian seperti:

- Transformator Mesin (Pembangkit)
- Transformator Gardu Induk
- Transformator Distribusi

Transformator dapat juga dibagi menurut Kapasitas dan Tegangan seperti:

- Transformator besar
- Transformator sedang
- Transformator kecil



2.1.3. Konstruksi Bagian-bagian Transformator

Transformator terdiri dari :

a. Bagian Utama.

1. Inti besi
2. Kumparan Transformator
3. Minyak Transformator
4. Bushing
5. Tangki Konservator

b. Peralatan Bantu.

1. Pendingin
2. Tap Changer
3. Alat pernapasan (Dehydrating Breather)
4. Indikator-indikator : *Thermometer*, permukaan minyak

c. Peralatan Proteksi.

1. Rele Bucholz
2. Pengaman tekanan lebih (*Explosive Membrane*) / Bursting Plate
3. Rele tekanan lebih (*Sudden Pressure Relay*)
4. Rele pengaman tangki

d. Peralatan Tambahan untuk Pengaman Transformator.

1. Pemadam kebakaran (transformator - transformator besar)
2. Rele Differensial (*Differential Relay*)
3. Rele arus lebih (*Over current Relay*)
4. Rele hubung tanah (*Ground Fault Relay*)
5. Rele thermis (*Thermal Relay*)
6. Arrester

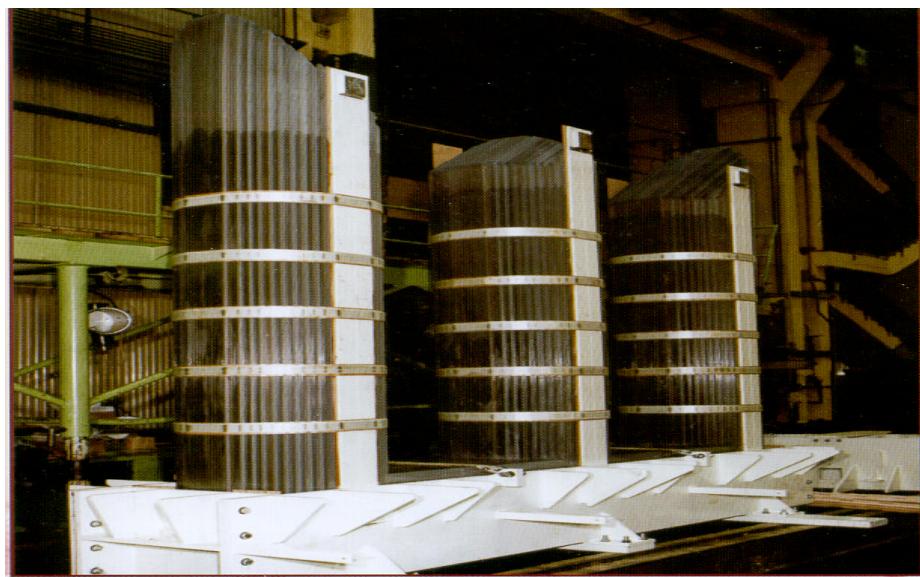


2.1.4. Bagian Utama

2.1.4.1. Inti Besi

Berfungsi untuk mempermudah jalan *fluksi*, yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melalui kumparan.

Dibuat dari lempengan-lempengan besi tipis yang berisolasi, untuk mengurangi panas (sebagai rugi-rugi besi) yang ditimbulkan oleh **Eddy Current** (gambar 2.7).



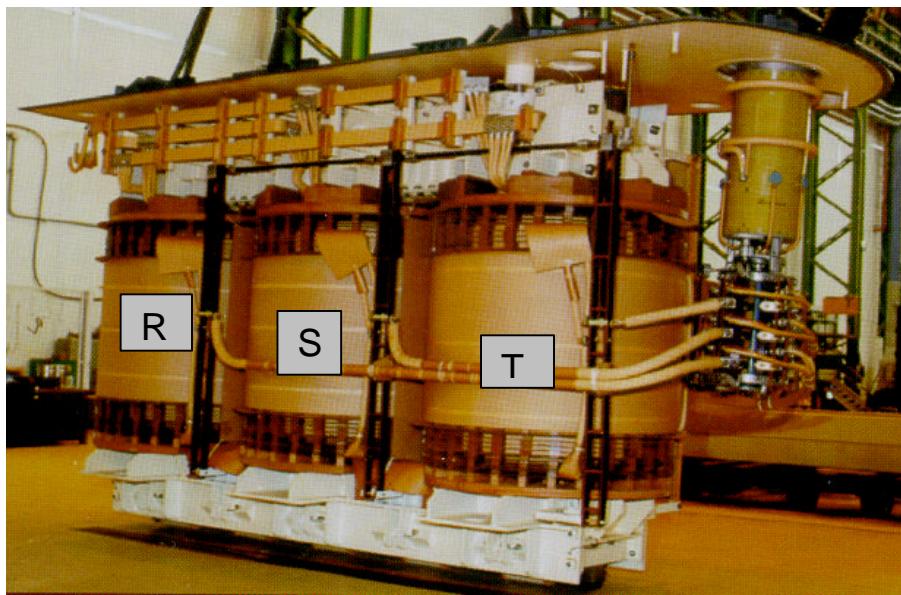
Gambar 2.7. Inti Besi dan Laminasi yang diikat Fiber Glass



2.1.4.2. Kumparan Transformator

Adalah beberapa lilitan kawat berisolasi yang membentuk suatu kumparan. Kumparan tersebut terdiri dari kumparan primer dan kumparan sekunder yang diisolasi baik terhadap inti besi maupun terhadap antar kumparan dengan isolasi padat seperti karton, pertinak dan lain-lain.

Kumparan tersebut sebagai alat transformasi tegangan dan arus.



Gambar 2.8. Kumparan Phasa RST

2.1.4.3. Minyak Transformator

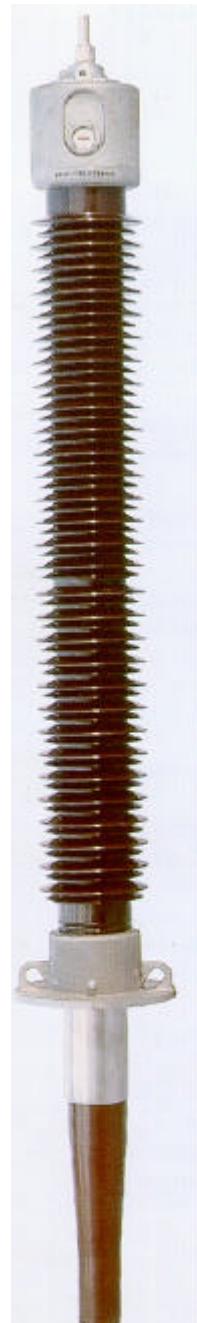
Sebagian besar kumparan-kumparan dan inti trafo tenaga direndam dalam minyak trafo, terutama trafo-trafo tenaga yang berkapasitas besar, karena minyak trafo mempunyai sifat sebagai isolasi dan media pemindah, sehingga minyak trafo tersebut berfungsi sebagai media pendingin dan isolasi.

2.1.4.4. Bushing

Hubungan antara kumparan trafo ke jaringan luar melalui sebuah bushing yaitu sebuah konduktor yang diselubungi oleh isolator, yang sekaligus berfungsi sebagai penyekat antara konduktor tersebut dengan tangki trafo.



Merk Haefly Type COT 650

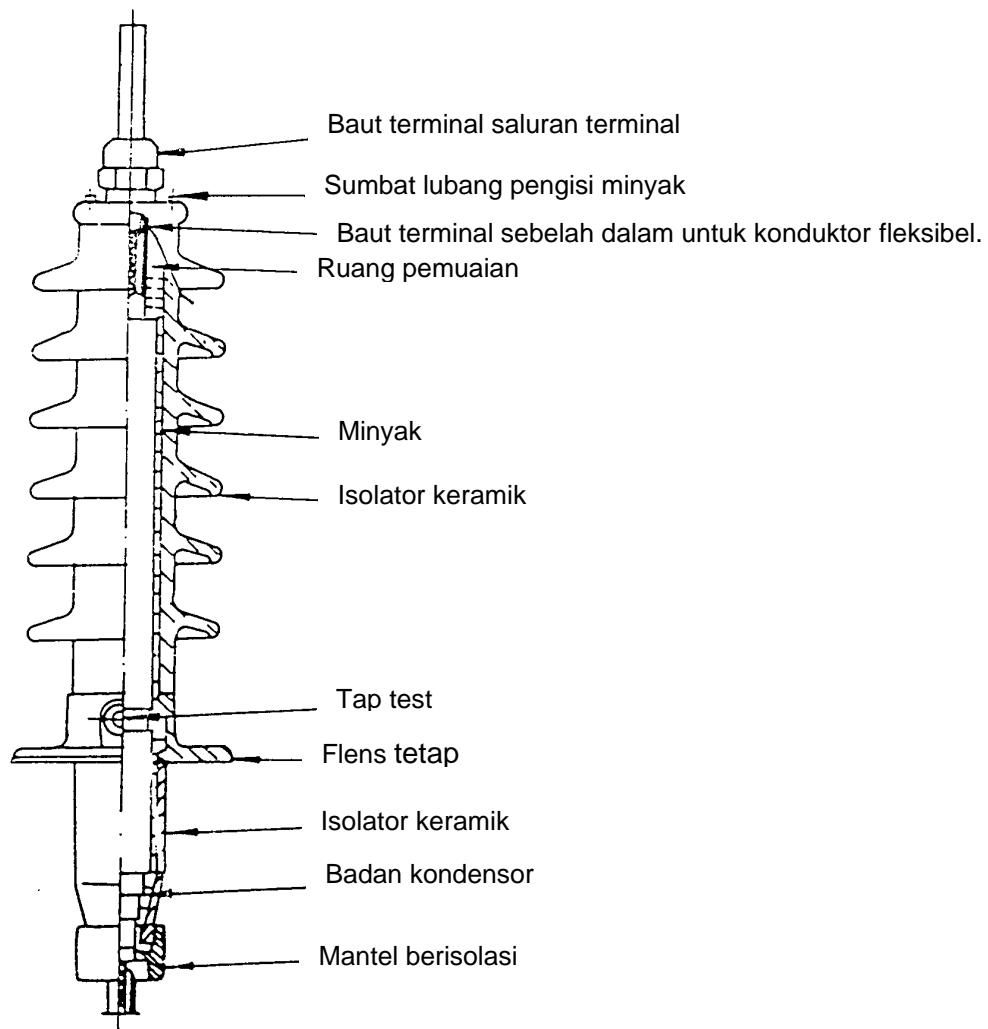


Merk Haefly Type COT 1050



Merk Haefly Type COT 125

Gambar 2.9. Contoh Bushing Transformator



Gambar 2.10. Konstruksi Bushing Transformator



Tabel berikut adalah contoh beberapa merk tentang kelengkapan fasilitas *tap test* dan *venting*.

Tabel Macam dan Jenis Bushing

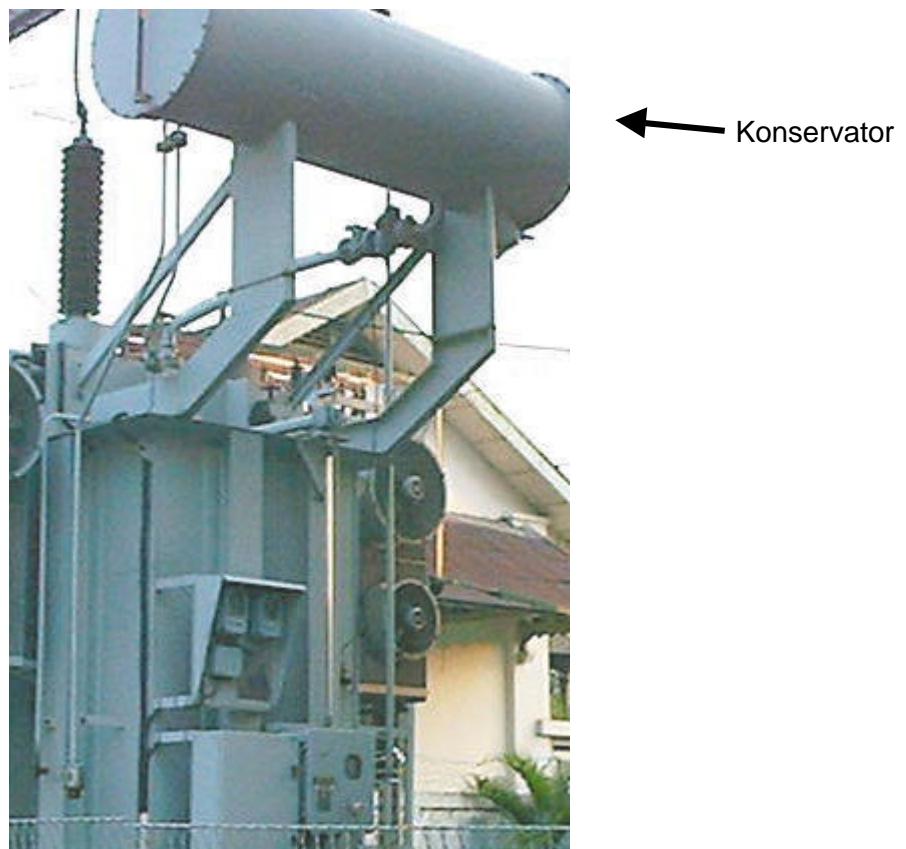
Spesifikasi Teknik	Fasilitas Venting Bushing				Fasilitas Tap Test Pada Bagian Bawah	
	Bagian Bawah		Bagian Atas			
	Oil Main tank	Oil Bushing	Oil Main tank	Pengisian Oil Bushing		
Merk : Haefely Trench Type : COT 650 – 800 Un : 170 kV In : 800 A, 600 – 275 kV	ADA	ADA	ADA	ADA	ADA	
Merk : Haefely St.Louis France Type : 18 6326 Un : 150/275 kV In : 800 A	ADA	TIDAK ADA	ADA	ADA	ADA	
Merk : ASEA SWEDEN Type : GOB – 650 Un : 145 kV In : 1250 A	TIDAK ADA	TIDAK ADA	ADA	ADA	ADA	

Catatan : Pada saat pemeliharaan untuk merk/type lain agar diperhatikan kelengkapan fasilitas di atas (lihat *manual book*).



2.1.4.5. Tangki – Konservator

Pada umumnya bagian-bagian dari trafo yang terendam minyak trafo berada (ditempatkan) dalam tangki. Untuk menampung pemuaian minyak trafo, tangki dilengkapi dengan konservator. (*lihat gambar 2.11.*)



Gambar 2.11. Konservator Trafo



2.1.5. Peralatan Bantu :

2.1.5.1. Pendingin

Pada inti besi dan kumparan-kumparan akan timbul panas akibat rugi-rugi besi dan rugi-rugi tembaga. Bila panas tersebut mengakibatkan kenaikan suhu yang berlebihan, akan merusak isolasi (di dalam transformator). Maka untuk mengurangi kenaikan suhu transformator yang berlebihan maka perlu dilengkapi dengan alat/sistem pendingin untuk menyalurkan panas keluar transformator (gambar 2.12.).

Media yang dipakai pada sistem pendingin dapat berupa:

1. Udara/gas
2. Minyak.
3. Air.
4. Dan lain sebagainya.

Sedangkan pengalirannya (sirkulasi) dapat dengan cara:

1. Alamiah (natural)
2. Tekanan/paksaan.

Pada cara alamiah (natural), pengaliran media sebagai akibat adanya perbedaan suhu media dan untuk mempercepat perpindahan panas dari media tersebut ke udara luar diperlukan bidang perpindahan panas yang lebih luas antara media (minyak-udara/gas), dengan cara melengkapi transformator dengan sirip-sirip (*Radiator*).

Bila diinginkan penyaluran panas yang lebih cepat lagi, cara natural/alamiah tersebut dapat dilengkapi dengan peralatan untuk mempercepat sirkulasi media pendingin dengan pompa-pompa sirkulasi minyak, udara dan air. Cara ini disebut pendingin paksa (*Forced*).

Macam-macam sistem pendingin transformator berdasarkan media dan cara pengalirannya dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

**Tabel Macam-macam Sistem Pendingin**

No.	Macam Sistem Pendingin *)	Media			
		Dalam Transformator		Diluar Transformator	
		Sirkulasi alamiah	Sirkulasi Paksa	Sirkulasi Alamiah	Sirkulasi Paksa
1.	AN	-	-	Udara	-
2.	AF	-	-	-	Udara
3.	ONAN	Minyak	-	Udara	-
4.	ONAF	Minyak	-	-	Udara
5.	OFAN	-	Minyak	Udara	-
6.	OFAF	-	Minyak	-	Udara
7.	OFWF	-	Minyak	-	Air
8.	ONAN/ONAF	Kombinasi 3 dan 4			
9.	ONAN/OFAN	Kombinasi 3 dan 5			
10.	ONAN/OFAF	Kombinasi 3 dan 6			
11.	ONAN/OFWF	Kombinasi 3 dan 7			

*) Menurut IEC tahun 1976



Gambar 2.12. Susunan Motor Blower untuk Alat Pendingin Minyak Transformator secara udara dipaksakan

2.1.5.2. Tap Changer (Perubah Tap)

Tap changer adalah alat perubah perbandingan transformasi untuk mendapatkan tegangan operasi sekunder yang lebih baik (diinginkan) dari tegangan jaringan / primer yang berubah-ubah. Tap changer yang hanya bisa beroperasi untuk memindahkan tap transformator dalam keadaan transformator tidak berbeban disebut “*Off Load Tap Changer*” dan hanya dapat dioperasikan manual. (Gambar. 2.13.).

Tap changer yang dapat beroperasi untuk memindahkan tap transformator, dalam keadaan transformator berbeban disebut “*On Load Tap Changer*” dan dapat dioperasikan secara manual atau otomatis (Gambar 2.14.).

Untuk memenuhi kualitas tegangan pelayanan sesuai kebutuhan konsumen (PLN Distribusi), tegangan keluaran (sekunder) transformator harus dapat dirubah sesuai keinginan. Untuk memenuhi hal tersebut, maka pada salah satu atau pada kedua sisi belitan transformator dibuat tap (penyadap) untuk merubah perbandingan transformasi (ratio) trafo.



Ada dua cara kerja tap changer:

1. Mengubah tap dalam keadaan trafo tanpa beban.
2. Mengubah tap dalam keadaan trafo berbeban (On Load Tap Changer / OLTC)

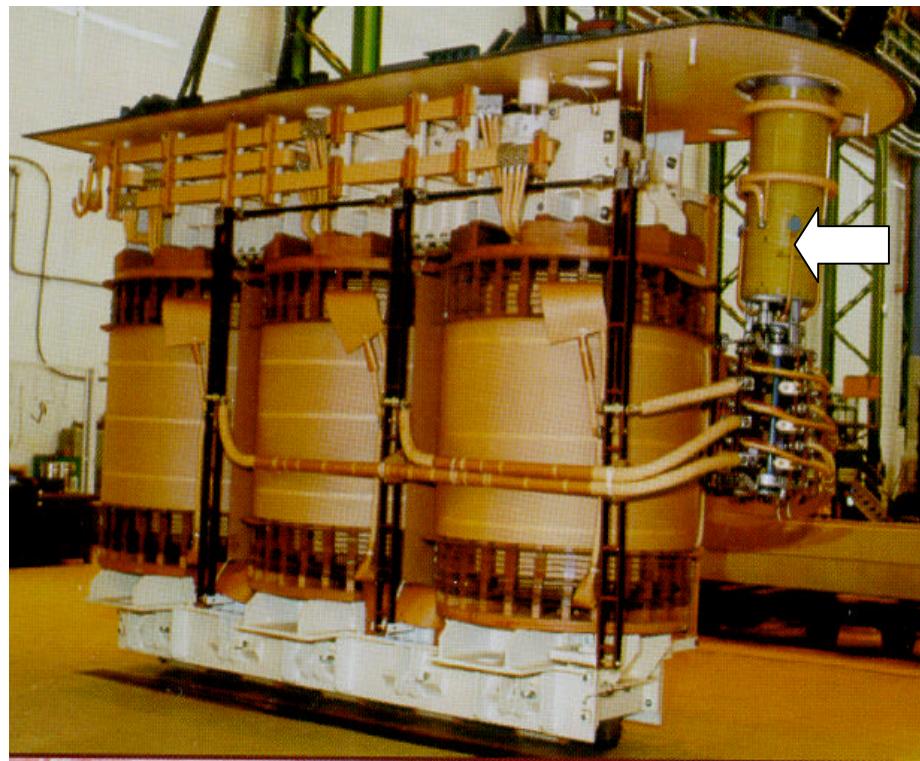
Transformator yang terpasang di gardu induk pada umumnya menggunakan tap changer yang dapat dioperasikan dalam keadaan trafo berbeban dan dipasang di sisi primer. Sedangkan transformator penaik tegangan di pembangkit atau pada trafo kapasitas kecil, umumnya menggunakan tap changer yang dioperasikan hanya pada saat trafo tenaga tanpa beban..

OLTC terdiri dari :

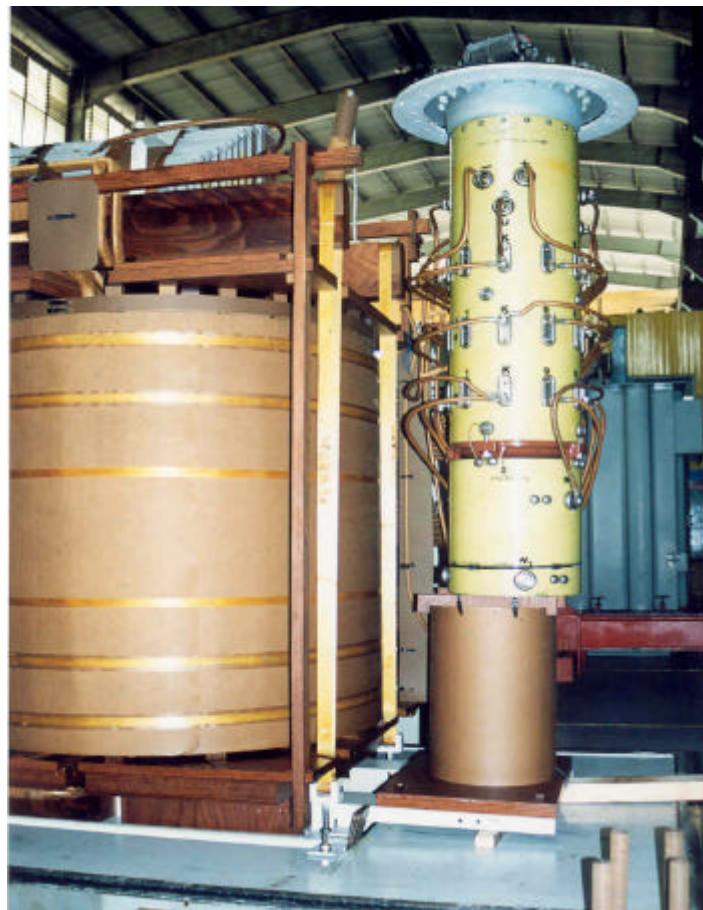
1. Selector Switch,
2. diverter switch, dan
3. transisi resistor.

Untuk mengisolasi dari bodi trafo (tanah) dan meredam panas pada saat proses perpindahan tap, maka OLTC direndam di dalam minyak isolasi yang biasanya terpisah dengan minyak isolasi utama trafo (ada beberapa trafo yang compartemennya menjadi satu dengan main tank).

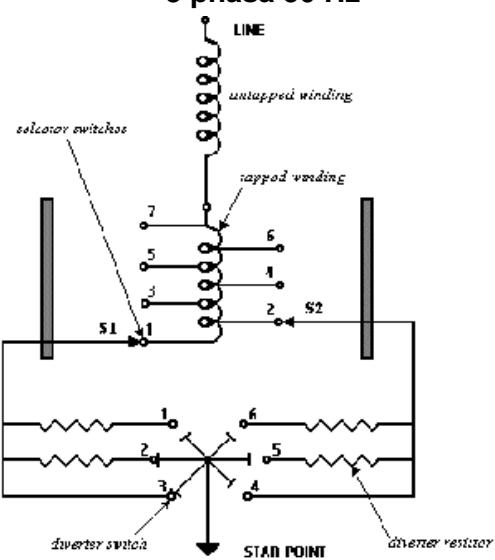
Karena pada proses perpindahan hubungan tap di dalam minyak terjadi fenomena elektris, mekanis, kimia dan panas, maka minyak isolasi OLTC kualitasnya akan cepat menurun. tergantung dari jumlah kerjanya dan adanya kelainan di dalam OLTC.



Gambar 2.13. Perubah Tap Tegangan Tinggi (ON Load) pada Transformator Tenaga 3 phasa 50 Hz



Gambar 2.14. Perubah Tap Tegangan Tinggi (ON Load) pada Transformator tenaga 3 phasa 50 Hz



Gambar 2.14a. Skema Rangkaian Pengubah Tap Untuk Pengaturan Tegangan



2.1.5.3. Alat Pernapasan (Silicagel).

Karena pengaruh naik turunnya beban transformator maupun suhu udara luar, maka suhu minyak pun akan berubah-ubah mengikuti keadaan tersebut.

Bila suhu minyak tinggi, minyak akan memuai dan mendesak udara di atas permukaan minyak keluar dari tangki, sebaliknya apabila suhu minyak turun, minyak menyusut maka udara luar akan masuk ke dalam tangki.

Kedua proses di atas disebut pernapasan transformator.

Akibat pernapasan transformator tersebut maka permukaan minyak akan selalu bersinggungan dengan udara luar. Udara luar yang lembab akan menurunkan nilai tegangan tembus minyak transformator, maka untuk mencegah hal tersebut, pada ujung pipa penghubung udara luar dilengkapi dengan alat pernapasan, berupa tabung berisi kristal zat *hygroskopis* (gambar 2.15).



Gambar 2.15. Alat Pernapasan, Berupa Tabung Berisi Kristal Zat Hygroskopis



2.1.5.4. Indikator.

Untuk mengawasi selama transformator beroperasi, maka perlu adanya indikator pada transformator sebagai berikut:

- Indikator suhu minyak (Gambar 2.16.).
- Indikator permukaan minyak. (Gambar 2.16.)
- Indikator sistem pendingin.
- Indikator kedudukan tap.
- Dan sebagainya



Gambar 2.16. Alat Pengukur Suhu dan Indikator Permukaan Minyak



2.2. Minyak Trafo (Transformer Oil).

Fungsi dari minyak Trafo adalah:

Insulator yaitu mengisolasi kumparan di dalam trafo supaya tidak terjadi loncatan bunga api listrik (hubungan pendek) akibat tegangan tinggi.

Pendingin yaitu mengambil panas yang ditimbulkan sewaktu trafo berbeban lalu melepaskannya.

Melindungi komponen-komponen di dalam trafo terhadap korosi dan oksidasi.

Untuk itu minyak trafo harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- Kekuatan isolasi harus tinggi, sesuai IEC 296 minyak trafo harus Class 1 & 2 yaitu untuk minyak baru dan belum di Filter $> 30 \text{ kV}/2,5 \text{ mm}$ dan setelah difilter yaitu $> 50 \text{ kV}/2,5 \text{ mm}$.
- Penyalur panas yang baik, berat jenis kecil, sehingga partikel-partikel dalam minyak dapat mengendap dengan cepat.
- Viskositas yang rendah agar lebih mudah bersirkulasi dan kemampuan pendinginan menjadi lebih baik. Pada IEC 296 Viskositas minyak class 1 saat suhu 40°C adalah $< 16,5 \text{ cSt}$.
- Titik nyala yang tinggi, tidak mudah menguap yang dapat membahayakan. Sesuai IEC 296 Flash point minyak trafo di atas 163°C dan Pour point adalah di bawah -30°C .
- Tidak merusak bahan isolasi padat.
- Sifat kimia Y

Spesifikasi dan metode pengetesan minyak yang digunakan untuk minyak isolasi transformer adalah menggunakan standar IEC Publ 296 “Specification for unused mineral insulating oil for transformer and switchgear”.

Jika minyak isolasi transformer didatangkan dengan tangki tersendiri, besar moisture yang terdapat dalam minyak tidak boleh lebih besar dari 10 ppm dan dalam masa pengangkutan minyak tidak boleh terkontaminasi oleh udara. Maka sebelum minyak dipompakan ke dalam tangki transformer perlu dilakukan penyaringan dan pemurnian (*Treatment*).

**Tabel Dielectric Strength dari Minyak untuk Tegangan Operasi.**

Tegangan operasi (kV)	Tegangan tembus minyak transformer	
	Untuk minyak baru	Untuk minyak sudah dipakai
	IEC 156 KV/2,5 mm	IEC 156 KV/2,5 mm
> 170	≥ 50	≥ 50
70 - 170	≥ 50	≥ 40
< 70	≥ 50	≥ 30

Batasan Pengusahaan Minyak Transformator Sesuai Metoda ASTM

Jenis test	ASTM no:	Batasan Tegangan		
		≤ 69 kV	> 69 < 288 kV	≥ 345 kV
Dielectric Str	D 877	26	26	26
Asam (mg. KOH/g)	D 974	0,05 – 0,2	0,05 – 0,2	0,05 – 0,2
IFT (dynes/cm)	D 971	30	30	35
Kandungan air (ppm)	D 1533	35	20	15
Kandungan gas (%)	D 2945	2	2	2
Warna	D 1500	1,5	1,5	1,5
Kejernihan	D 1524	Jernih	Jernih	Jernih
Flash point 0C	D 92	140	140	140
Pour point	D 97	- 40	- 40	- 40
Power factor	D 1533	< 30	30 – 34,9	≥ 35
Berat jenis	D 1298	0,91	0,91	0,91
Viscositas	D 445	12	12	12

Bilamana batasan tersebut dilampaui agar difilter ulang, bilamana *Breakdown Voltage* sudah tidak bisa dinaikkan lagi (endapan < dari 0,5 ppm, moisture < 120 ppm, dielectric strength < 30 kV) sebaiknya minyak dibuang.

**Tabel Beberapa Petunjuk untuk Melihat Minyak Trafo**

Warna dan kelompok	Angka Asam	Kekuatan kertas (IFT) dynes/cm	Akibat pada transformator
Bagus Kuning pucat # 0,5	0,03 0,10	45 30	Menggambarkan bahwa: Pendinginan bagus Isolasi bagus
Contoh A Kuning muda # 10	0,05 0,10	27 29	Terjadi endapan (sludge) yang membaur di minyak yang akan menyebabkan IFT menurun.
Umum Kuning terang # 1,5 – 2,0	0,11 0,15	24 27	Terjadi endapan asam tipis pada lilitan, sludge. Hal ini akan menjadi penyebab gangguan. Agar dihindari kandungan sludge yang menebal.
Jelek Kuning sawo # 2,5	0,16 0,40	18 24	Hampir semua trafo pada keadaan ini terdapat endapan sludge pada lilitan dan inti.
Amat jelek Kuning sawo # 3,0 – 5,0	0,41 0,65	14 18	Endapan sludge akan beroksidasi kemudian mengeras dan terjadi juga di isolasi (kerts) Mudah terjadi kerusakan.
Sangat jelek Coklat kehitaman # 5,0 – 7,0	0,66 1,50	9 14	Sludge menyumbat sirip-sirip pendingin yang menyebabkan kenaikan temperatur sampai 20 °C.
Minyak kelas 7 (crude oil) hitam # 7,0 – 8,0	1,5 dan lebih	6 9	Diperlukan suatu cara untuk menghilangkan sludge (yang lebih bagus dari ("Sludge Purge"). Pada kondisi ini transformator harus dioverhaul (tidak ada gunanya hanya dengan mengganti minyak trafo)

**Macam Test Minyak :****Physical :**

1. Aniline, Flash & Fire point, Pour point, Viscosity, Color, Interfacial tension, Specific Gravity, Visual.
2. Coefficient of Thermal Axpansion
3. Refractive Index

Electric Test :

1. Resistivity
2. Power Faktor
3. Dielectric breakdown voltage

Chemical :

1. Gas in oil (Atomic absorption)
2. Oxidation inhibitor content, copper content.
3. Corrosive sulfur or Silver
4. Water, Neutralization number, Total Acid number, Peroxide number, sludge lifre.
5. Inorganic Chloride Sulfate



**Tabel Beberapa Macam Test Lapangan yang harus dilakukan
pada Minyak Trafo sebelum operasi**

Jenis test & metoda	Hasil test untuk dapat dipakai	Keterangan
Dielectric Strength (D 877 & D 1816)	≥ 30 kV	Minyak mengandung kotoran logam
Angka Asam (D 974)	Dibutuhkan 1 mg potassium hydroxide untuk menetralisasi 1 g minyak (0,03 % untuk minyak baru)	Menggambarkan jumlah asam yang terkandung.
IFT (D971)	≥ 40 dynes/cm (atau lebih untuk minyak baru)	Menggambarkan jumlah sludge yang menempel pada isolasi kertas
Arna (D 1524)	0,5 (minyak baru); 8 (bila terpaksa)	Untuk menandai pada pemeriksaan kemudian.
Kandungan moisture (D 1533)	< 25	Menggambarkan jumlah kandungan air.
Visual (D 1524)	Bagus, jernih dan tidak keruh	Menggambarkan banyaknya kandungan air atau kotoran lainnya.
Sediment (D 1698)	Terang/biasa/berat	Menggambarkan banyaknya kandungan lain, bahwa minyak tidak baik.
Power factor (D 924)	$\leq 0,05$ %	Menggambarkan minyak mengandung cairan asing (bahan bakar/minyak pelumas) resin, oksidasi,air.
Analisa di labor (D 3612)	(lihat tabel minyak trafo di atas)	Hasil labor akan menggambarkan kondisi minyak.

**Istilah-istilah pemeliharaan yang disarankan :**

- HOCS (hot oil cleaning enam kali)** : Minyak dialirkan melalui penyaring minyak sebanyak 6 (enam) kali, (satu kali lewat berarti sebanyak volume minyak trafo melewati penyaring) dengan temperature 160°F ($\pm 70^{\circ}\text{C}$).
- HOCT (hot oil cleaning sepuluh kali)** : Minyak dialirkan melalui penyaring minyak sebanyak 6 (enam) kali, (satu kali lewat berarti sebanyak volume minyak trafo melewati penyaring) dengan temperature 150°F ($\pm 65^{\circ}\text{C}$).
- POSLP (Power-Off Sludge Purge)** : Minyak di drain, flush atau ganti minyak baru dan dialirkan melalui penyaring minyak sebanyak 20 (dua puluh) kali, (satu kali lewat berarti sebanyak volume minyak trafo melewati penyaring) dengan temperature $180 - 200^{\circ}\text{F}$ ($\pm 82,5 - 93,0^{\circ}\text{C}$).
- SLP (Sludge Purge)** : Minyak dialirkan melalui penyaring minyak sebanyak 20 (dua puluh) kali, (satu kali lewat berarti sebanyak volume minyak trafo melewati penyaring) dengan temperature $180 - 200^{\circ}\text{F}$ ($\pm 82,5 - 93,0^{\circ}\text{C}$).

**Tabel Beberapa Klasifikasi Hasil Test Minyak Trafo**

Jenis Test	Standar ASTM no:	Dapat dipakai	Diragukan	Tidak boleh dipakai
Asam	D 974	$\leq 0,5$	0,60 – 0,10	> 0,10
IFT	D 971	$\geq 32,0$	28,0 – 31,9	< 27,90
Dielectrik Str.	D 877	$\geq 30,0$	25 – 29	< 25
Warna	D 1524	$\leq 3,50$	< 0,84	> 3,50
Berat Jenis	D 1298	0,84 – 0,91		> 0,91
Visual	D 1524	Terang	0,19 – 0,11	
DBPC	D 2668	$\geq 20,0$	0,1 – 0,3	$\leq 0,10$
Power Factor	D 924	$25^{\circ}\text{C} < 0,1$	3,0 – 3,99	> 0,30
		$100^{\circ}\text{C} < 299$	30 – 34,9	> 4,00
Karl Fisher	D 1533	< 30	Tergantung pada data	≥ 35
Kand. Gas		Tergantung pada data	101 - 249	Tergantung pada data
ICP				
Kand. Logam		< 100		101 - 249
Angka Furam	D 5837	Optimal		
PCB	D 4059	$\geq 140^{\circ}\text{C}$		
Flash Point	D 72	$\leq -40^{\circ}\text{C}$		
Pour Point	D 97	12,00		
Viscosity, Cst	D 88	0,30		
Inhibitor (%)	D 2668	35		
Air (ppm)	D 1533			



Tabel Perbandingan Menurut Rogers

$\frac{\text{CH}_4}{\text{H}_2}$	$\frac{\text{C}_2\text{H}_6}{\text{CH}_4}$	$\frac{\text{C}_2\text{H}_4}{\text{C}_2\text{H}_6}$	$\frac{\text{C}_2\text{H}_2}{\text{C}_2\text{H}_4}$	Saran untuk pemeriksaan
> 0.1	< 1.0	< 1.0	< 0.5	Normal
< 1.0				
≤ 0.1	< 1.0	< 1.0	< 0.5	Partial discharge corona
≤ 0.1	< 1.0	1.0	≥ 0.5 atau $\geq 3.0 < 3.0$	Partial discharge corona dengan bekas-bekas
> 0.1	< 1.0	≥ 3.0	≥ 3.0	Discharge terus-menerus
< 1.0				
> 0.1	< 1.0	≥ 1.0 atau $\geq 3.0 < 3.0$	≥ 0.5 atau $\geq 3.0 < 3.0$	Loncatan bunga api dgn daya
< 1.0				
> 0.1	< 1.0	< 1.0	≥ 0.5	Loncatan bungan api tanpa daya
< 1.0				
≥ 1.0 atau $\geq 3.0 < 3.0$	< 1.0	< 1.0	< 0.5	Terjadi sedikit pemanasan lebih sampai sekitar 150 0C
≥ 1.0 atau $\geq 3.0 < 3.0$				Terjadi pemanasan lebih sampai sekitar 150 – 200 0C
≥ 1.0 atau $\geq 3.0 < 3.0$	≥ 1.0	< 1.0	< 0.5	Terjadi pemanasan lebih sampai sekitar 200 – 300 0C
> 0.1	≥ 1.0	< 1.0	< 0.5	Terjadi pemanasan lebih pada lilitan secara menyeluruh
< 1.0				
> 0.1	> 1.0			Terjadi arus sirkulasi pada lilitan
< 1.0				Terjadi arus sirkulasi pada inti & tangki; terjadi pembebahan lebih pada sambungan
≥ 1.0	< 1.0	≥ 1.0	< 0.5	
< 3.0		< 3.0		
≥ 1.0	< 1.0	≥ 3.0	< 0.5	
< 3.0				

**Tabel Jumlah Kandungan Gas dan Macam Gangguan yang Ditimbulkan**

Macam gas	Perbandingan gas dgn. Gas yang mudah terbakar (%)	Akibat yang ditimbulkan
H2 (hydrogen)	60,0	Lompatan bungan api diminyak (dan terjadi loncatan dalam kertas bila ada kandungan CO & CO2)
C2H2 (Acetylene)	30,0	
CH4 (Methane)	5,0	
C2H4 (Ethylene)	3,3	
C2H6 (Ethane)	1,6	
H2 (hydrogen)	86,0	Corona dalam minyak (dan terjadi corona dalam kertas bila ada kandungan CO & CO2)
CH4 (Methane)	13,0	
C2H6 (Ethane)	0,5	
CO (Carbon monoxide)	0,2	
C2H4 (Ethylene)	0,2	
C2H6 (Ethane)	0,1	Terjadi panas berlebihan (bila ada kandungan C2H2 kemungkinan ada gangguan atau hub. singkat)
C2H4 (Ethylene)	63,0	
C2H6 (Ethane)	17,0	
CH4 (Methane)	16,0	Terjadi panas berlebihan pada kertas isolasi
CO (Carbon monoxide)	trace	
H2 (hydrogen)	trace	
CO (Carbon monoxide)	92,0	
H2 (hydrogen)	6,7	
CH4 (Methane)	1,2	
C2H6 (Ethane)	0,01	
C2H4 (Ethylene)	0,01	
C2H2 (Acetylene)	0,01	

**Tabel Kemungkinan Gangguan akibat adanya Kandungan Gas**

Macam gas yang terdapat	Kemungkinan-kemungkinan
Nitrogen lebih banyak atau lebih sedikit 5 % dari oxygen.	Transformator beroperasi normal
Nitrogen lebih banyak 5 % dari oxygen.	Periksa seal-2 transformator dan kencangkangan.
Nitrogen, carbon dioxide atau carbon monoxide atau semua	Transformator beroperasi melebihi kapasitas atau beroperasi dengan panas tinggi, karena beberapa cellulose mengalami kerusakan. Terjadi corona di dalam cellulose atau periksa kondisi operasi.
Nitrogen dan hydrogen	Terjadi corona, electrolisa air atau terdapat karat.
Nitrogen, hydrogen. Methane dan sedikit ethane dan ethylene.	Terjadi loncatan api atau kerusakan kecil karena minyak sudah menurun kwalitasnya.
Nitrogen, hydrogen, methane dgn carbon dioxide, carbon monoxide dan sejumlah kecil hydro carbon; acetylene biasanya tidak ada.	Terjadi loncatan api atau kerusakan kecil pada cellulose.
Nitrogen dgn hydrogen yg banyak dan hydrocarbons yg mengandung acetylene.	Ada busur api yg kuat dan merusak minyak.
Nitrogen dgn hydrogen yg banyak methane, ethylene dan beberapa acetylene.	Loncatan bunga api dgn temperatur tinggi dalam minyak, tetapi pada daerah terbatas, sambungan yg jelek (loss contact) atau hubung singkat antar lilitan.
Nitrogen dgn hydrogen yg banyak, methane, ethylene, dan beberapa acetylene, dan terdapat carbon dioxide serta carbon monoxide.	Sama seperti di atas dan adanya loncatan api di dalam cellulose.

**Tabel Beberapa Saran Untuk Pemurnian Minyak Trafo**

Kandungan asam KOH/Gram	Kekuatan tarikan dynes/cm	Kandungan sludge (myers index number)(kotor bila 45 s/d 159)	Jumlah lewatan minyak saat pembersihan
0,19	24,00	127	6 kali
0,20 – 0,29	18,00	62 – 90	10 kali
0,30 dan lebih	17,90	Dibawah 60	20 kali

Peralatan penyaring minyak yang disarankan harus mempunyai :

- FE (Fuller's Earth)** : Dua tangki FE atau lebih yang dapat dioperasikan secara satu tangki atau bersamaan dan waktu pergantian dari satu tangki ke tangki yang lain tidak mengganggu operasi. Mempunyai kapasitas minimal 759 Lbs (\pm 345 kg) kering atau lebih. Tangki FE harus mempunyai tinggi 12 kali (\pm 365 cm) atau lebih.
- Transformer Oil Heater** : Heater minyak dibakar atau listrik (minimum 120 kW), dengan menghasilkan panas yang cukup untuk memanasi minyak sampai sekitar 200 – 225 OF (\pm 93,3 – 107,2 0C).
- Vacuum system** : Pompa dan tangki vacum yang mampu untuk menurunkan kandungan udara dan kelembaban yang terkandung di dalam minyak sampai sekitar 1% udara per volume dan air yang terkandung sekitar 30 ppm. Kapasitas minimum pompa vacuum 80 CFM (\pm 2,27 m³).
- Mechanical Filtration** : Filter mekanik yang halus (\leq 0,5 mikron) untuk menjaga agar minyak yang masuk ke trafo benar-benar bersih. FE harus mempunyai penyaring ganda dengan kehalusan sekitar 0,5 mikron, untuk menghindari agar partikel FE tidak ikut ke dalam (minyak) trafo.
- Oxidation Inhibitor** : Tangki pencampur DBPC (Ditertiary Butyl Para Cresole) yang mempunyai kapasitas 110 gallon (\pm 416,5 ltr), untuk mencampur DBPC pada temperatur 180 – 200 °F (\pm 82,5 – 93,0 °C), agar pencampuran lebih rata . DBPC dicampur dengan perbandingan 0,3 % berat minyak.
- Water Separator** : Pertama untuk menghilangkan partikel yang masuk penyaring minyak dan yang kedua untuk menghilangkan partikel yang masuk ke dalam trafo.

**Tabel Korelasi antara Jumlah Asam dan Sludge yang terbentuk**

Jumlah kandungan asam mg KOH/gram minyak	Percentase dari unit yang mengandung sludge
0,0 s/d 0,10	0
0,11 s/d 0,20	38
0,21 s/d 0,60	72
di atas 0,60	100

Tabel Korelasi Antara Kekuatan Tarik Kertas & Sludge Yang Terbentuk

Kekuatan tarik kertas dynes/cm	Percentase dari unit yang mengandung sludge
Dibawah 14	100
14 s/d 16	85
16 s/d 18	69
18 s/d 20	35
20 s/d 22	33
22 s/d 24	30
di atas 24	0

Untuk pencucian/pemurnian kembali minyak ada beberapa cara yang umum dipergunakan, antara lain :

2.2.1. Recondition (Memperbaharui Minyak) :

Suatu cara atau proses untuk menghilangkan kelembaban (kandungan air) dan material yang keras (*Solid*) dengan cara mekanis, misalnya dengan :

1. Dengan menyaring memakai saringan kertas atau saringan logam dan dipanasi serta divacum, sehingga benda padat dan airnya dapat dibuang /dihilangkan.
2. Dengan menyaring memakai sistem sentrifugal sehingga benda-benda padat/berat dapat diambil kemudian dipanasi serta divacum, dan airnya dapat dihilangkan.



2.2.2. Reklamasi (Mengembalikan Kemurnian Minyak):

Suatu cara atau proses yang menghasilkan kandungan kimia di dalam minyak berubah. Cara ini dengan menambah bahan-bahan kimia (asam, basa atau lainnya). Misalnya dengan:

1. Contact process 200 mesh (77 mesh/cm). Minyak dimasukkan ke dalam bejana panas dan dicampur dengan lumpur (Fuller Earth), kemudian minyak dialirkan (dipompa) melalui filter mesh 200, bahan sisa akan ditekan keluar filter.
2. Activated Carbon-Sodium Silicate/Fuller's Earth (proses lanjut). Minyak dipanasi hingga 85 0C diaduk dan ditambah karbon aktif, dialirkan melalui filter ke dalam tangki Sodium Silicate kedua dan diaduk lagi karena gaya sentrifugal campuran silicate akan terbuang. Pada tangki reaksi ditambahkan lumpur (Fuller's Earth) kemudian diaduk dan dibiarkan agar larutan yang berat mengendap karena gaya sentrifugal, tangki selanjutnya akan menerima minyak dingin untuk disalurkan melalui filter ke tangki penyimpan.
3. Dengan Trisodium Phosphate / Fuller's Earth. Minyak dicampur dengan trisodium phosphate dan dipanaskan pada panas 80 0C, sekitar satu jam. Biarkan campuran ini memisah sendiri dan cuci dengan semprotan air kemudian alirkannya melalui separator sentrifugal sambil dipanasi. Alirkannya ke dalam filter mesh 200, campur dengan Fuller's Earth dan aduk sekitar 15 menit, maka Fuller's Earth akan mengendap karena berat setelah semalam. Kemudian cuci dengan air panas, alirkannya melalui sentrifugal sambil dikeringkan, alirkannya ke dalam vacum sambil keringkan kemudian keringkan lagi melalui filter.
4. Percolation (penyaringan) dengan gaya berat. Minyak kotor ditaruh di dalam tangki pertama dan dialirkan (karena gaya berat), ke dalam tangki kedua (berisi Fuller's Earth) yang mempunyai ketinggian 6 feet (\pm 3 meter), pada bagian bawah tangki dipasang filter kain. Dan karena gaya berat minyak bersih akan mengalir lewat bawah tangki kedua masuk ke dalam tangki ketiga (minyak bersih). Agar menghasilkan minyak bersih kecepatan aliran tidak boleh melebihi 10 gallon (\pm 37,85 liter) perjam, lebih lambat lebih baik.



5. Deep Bed Filtration. Minyak dipompa melalui pemanas (dapat memanaskan antara 140 ° sampai 160 °F) dan filter dimasukkan ke dalam tangki yang berisi Fuller's Earth (satu sampai tiga tangki dalam seri) kemudian disaring dan ditambahkan inhibitor dan masuk dalam tangki minyak bersih.
6. Throwaway and Recyclable Cartridges. Prinsip kerja sama dengan point 4, tetapi dengan tekanan tertentu. Untuk Fuller's Earth (berupa butiran-butiran) ditaruh di dalam catridge, minyak mengalir dari dalam keluar catridge. Catridge bisa sekali pakai (untuk ukuran 10 s/d 30 pounds) atau beberapa kali pakai (untuk ukuran 50 pounds atau lebih).
7. Percolation (penyaringan) dengan tekanan. Prinsip kerja sama dengan 4, tetapi dengan tekanan tertentu, volume yang besar dan waktu yang pendek. Sistem ini biasanya untuk yang portable.
8. Bulk Filters. Minyak ditempatkan dalam bejana yang besar dialirkan melalui filter yang sangat halus dan dipanasi dilewatkan ke dalam lapisan Fuller's Earth dengan cara gravitasi atau tekanan.



Tabel Hasil Test Minyak dalam Pemeliharaan Trafo

Peralatan yang diperiksa	Hasil test labor/lapangan		Pelaksana
Minyak			
C2H2 (Acetylene)	ppm		
C2H4 (Ethylene)	ppm		
C2H6 (Ethane)	ppm		
CH4 (Methane)	ppm		
CO (Carbon Monoxide)	ppm		
CO2 (Carbon Dioxide)	ppm		
H2 (Hydrogen)	ppm		
Acidity	Mg/KOH/g		
Atomic absorber			
Color			
Copper content	ppm		
Corrosive silver	ppm		
Corrosive sulfur	ppm		
Density	kg/ltr		
Dielectric strength	kv/cm		
FlashPoint	0C	micro Ohm	
Inorganic chlorides	ppm	micro Ohm	
Inorganic sulfides	ppm	micro Ohm	
Karl Fisher		Volt	
Moisture	ppm	Volt	
P.F. values oxidation			
Peroxides number		Volt	
Pourpoint	0C	Volt	
Power factor		Volt	
Resistively	Ohm/cm		
Sediment	ppm		
Viscosity	cst		
Visual			



2.3. Pentanahan Netral (Neutral Grounding Resistor).

Dengan semakin berkembang sistem tenaga listrik maka dewasa ini sistem tenaga listrik tidak lagi dibiarkan mengambang (*sistem delta*) melainkan titik netralnya ditanahkan melalui *resitansi* ataupun *reaktansi*.

Selama kondisi normal metode pentanahan netral sistem tidak berpengaruh, akan tetapi jika terjadi gangguan khususnya I phasa ke tanah sistem pentanahan netral sistem menjadi penting dipertimbangkan.

Adapun tujuan dari pentanahan netral sistem ini adalah :

1. Membatasi arus gangguan satu phasa-tanah
2. Membatasi tegangan pada phasa yang tidak terganggu (sehat)
3. Membantu pemadaman busur api.

Metode Pentanahan Eksisting

Untuk sistem PLN Jawa Bali digunakan metode pentanahan netral sistem sesuai tabel berikut:

Tabel Metode Pentanahan Netral di PLN P3B

No	Tegangan Sistem	Jenis Pentanahan	Lokasi
1.	20 kV	Solid Low resistance (12 – 40 Ohm) High resistance (500 Ohm)	Jawa Tengah Jawa Barat dan DKI Jawa Timur
2.	70 kV	Low resistance (40 - 60 Ohm) High resistance (200 Ohm)	Jawa Barat dan DKI Jawa Timur
3.	150 kV	Solid	Semua wilayah
4.	500 kV	Solid	Semua wilayah

Pola pengaman gangguan tanah disesuaikan dengan pola pentanahan netral sistem seperti yang ditunjukkan pada tabel di atas.

Ada beberapa macam jenis pentanahan titik netral trafo :

1. Pentanahan tanpa impedansi (*Solid Grounding*) dan biasanya digunakan si sisi primer trafo (150 kV dan 500 kV)



2. Pentanahan melalui tahanan (*Resistance Grounding*) biasanya digunakan di sisi sekunder (20 kV dan 70 kV)
3. Macam jenis NGR terdiri dari :
 - Liquid
 - Elemen (logam)

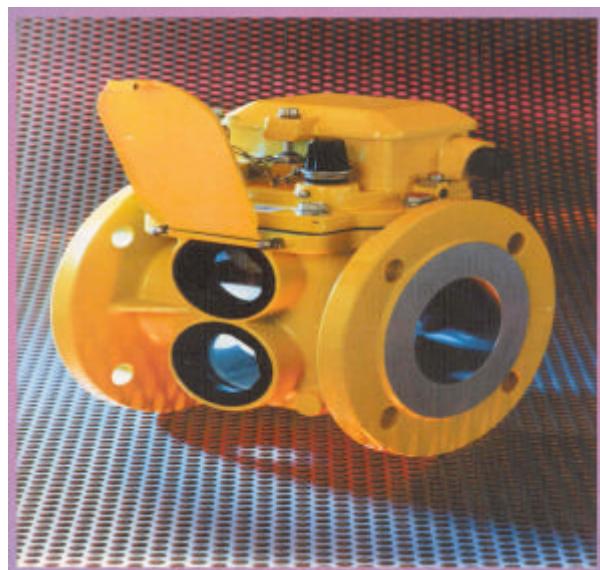


2.4. Peralatan Proteksi.

2.4.1. Rele Bucholz.

Rele bucholz adalah alat/rele untuk mendeteksi dan mengamankan terhadap gangguan di dalam transformator yang menimbulkan gas. Gas yang timbul diakibatkan oleh karena :

1. Hubung singkat antar lilitan /dalam phasa
2. Hubung singkat antar phasa
3. Hubung singkat antar phasa ke tanah
4. Busur api listrik antar laminasi
5. Busur api listrik karena kontak yang kurang baik



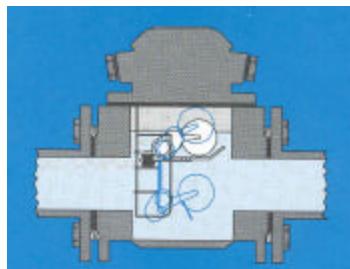
Gambar 2.17. Rele Bucholz

2.4.2. Pengaman Tekanan Lebih (*Explosive Membrane/Pressure-Relief Vent*)

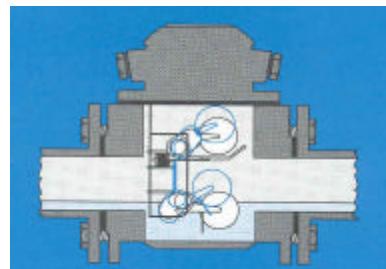
Alat ini berupa *membrane* yang dibuat dari kaca, plastik, tembaga atau katup berpegas, berfungsi sebagai pengaman tangki transformator terhadap kenaikan tekanan gas yang timbul di dalam tangki (yang akan pecah pada tekanan tertentu)



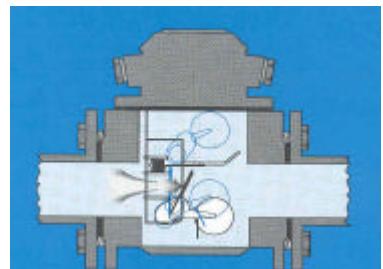
dan kekuatannya lebih rendah dari kekuatan tangki transformator. (Gambar 2.18., 2.19. dan 2.20.).



Gambar 2.18.



Gambar 2.19.



Gambar 2.20

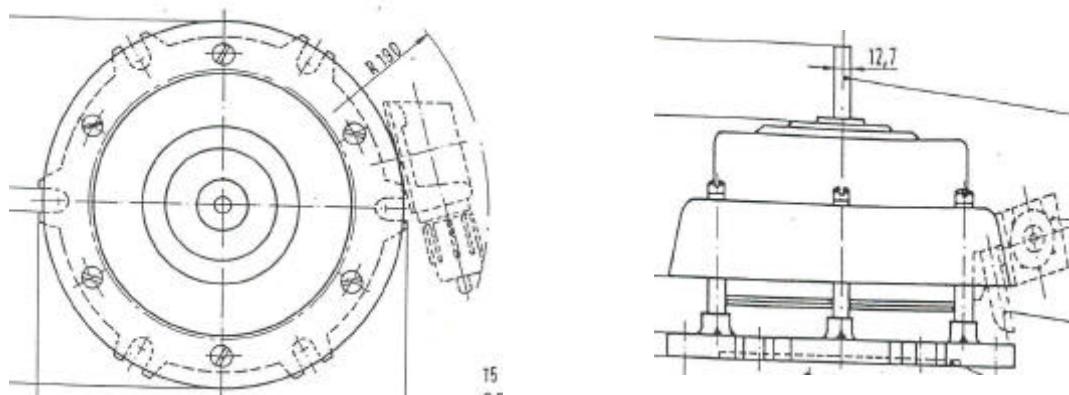
Rele bucholz saat bekerja akibat minyak kurang dalam transformator.

Rele bucholz saat bekerja akibat akumulasi gas yang timbul dalam transformer

Rele bucholz saat bekerja akibat terjadi flow minyak karena gangguan dalam transformer.

2.4.3. Rele Tekanan Lebih (Sudden Pressure Relay)

Rele ini berfungsi hampir sama seperti rele Bucholz, yakni pengaman terhadap gangguan di dalam transformator. Bedanya rele ini hanya bekerja oleh kenaikan tekanan gas yang tiba-tiba dan langsung menjatuhkan PMT (Gambar 2.21.)



Gambar 2.21. Pengaman Tekanan Lebih



2.4.4. Rele Differensial

Berfungsi mengamankan transformator dari gangguan di dalam transformator antara lain, *Flash Over* antara kumparan dengan kumparan atau kumparan dengan tangki atau belitan dengan belitan di dalam kumparan ataupun beda kumparan.

2.4.5. Rele Arus Lebih

Berfungsi mengamankan transformator dari arus yang melebihi dari arus yang telah diperkenankan lewat dari transformator tersebut dan arus lebih ini dapat terjadi oleh karena beban lebih atau gangguan hubung singkat.

2.4.6. Rele Tangki Tanah

Berfungsi untuk mengamankan transformator bila ada hubung singkat antara bagian yang bertegangan dengan bagian yang tidak bertegangan pada transformator.

2.4.7. Rele Hubung Tanah

Berfungsi untuk mengamankan transformator bila terjadi gangguan satu phasa ke tanah.

2.4.8. Rele Termis

Berfungsi untuk mencegah/mengamankan transformator dari kerusakan isolasi kumparan, akibat adanya panas lebih yang ditimbulkan akibat arus lebih. Besarnya yang diukur di dalam rele ini adalah kenaikan temperatur.



2.5. Fire Protection.

Trafo Tenaga adalah salah satu peralatan yang cukup mahal yang terpasang di pusat pembangkit dan Gardu Induk.

Setiap Trafo Tenaga terisi dengan material yang mudah terbakar dengan jumlah yang cukup besar yang mana bila tersulut dapat menjalarkan api ke instalasi yang berdekatan. Oleh karena itu sangat perlu dilengkapi dengan peralatan pengamannya.

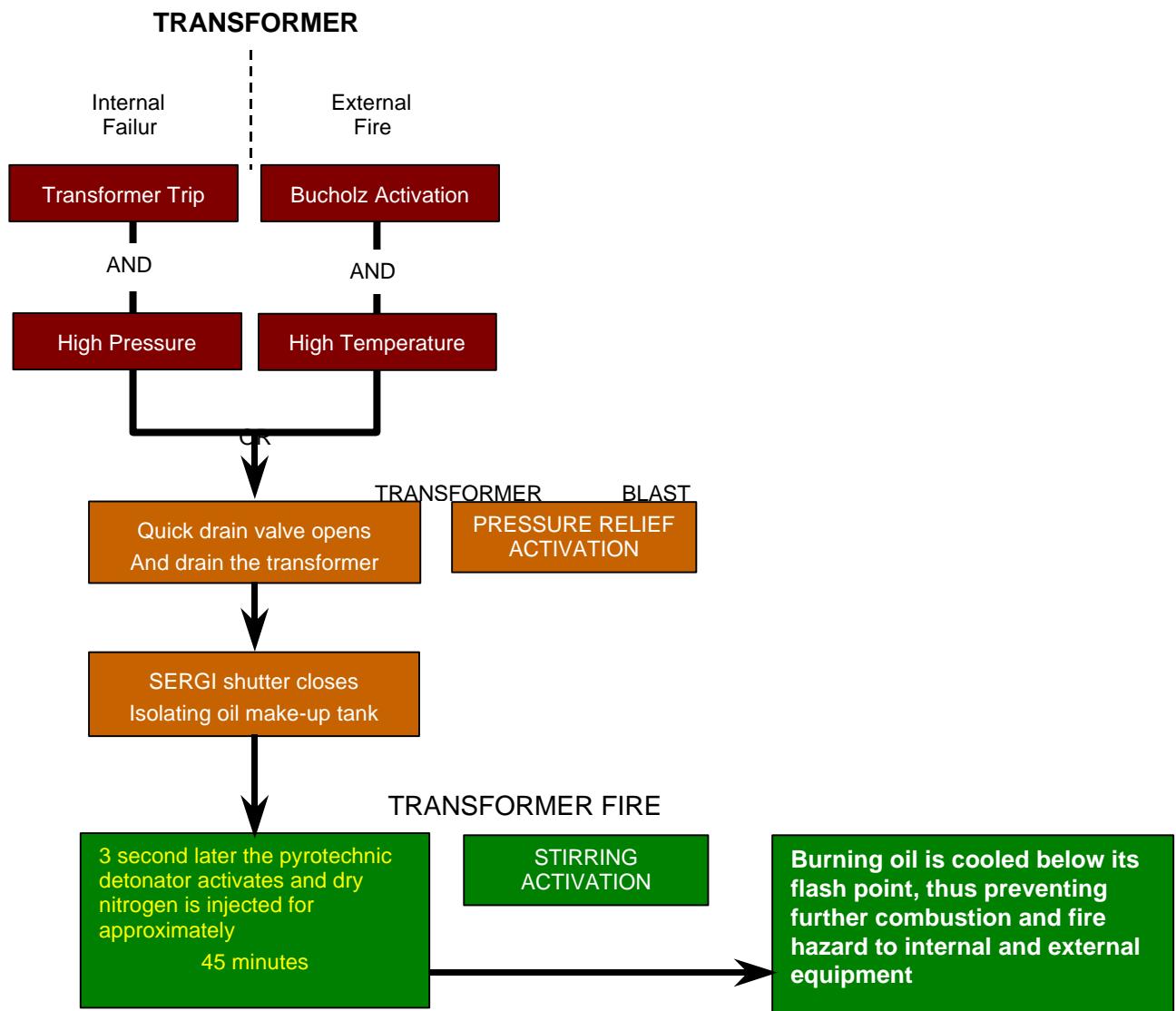
Kegagalan-kegagalan Trafo Tenaga umumnya disebabkan oleh *Break Down* isolasi pada bagian internal Trafo. Adanya energi busur listrik akan diikuti kenaikan temperatur dan tekanan yang sangat cepat di dalam tangki Trafo.

Terbakarnya minyak pada jumlah tertentu dapat mengakibatkan tekanan yang sangat tinggi kearah luar melalui kisaran bidang tertentu dan dapat langsung diikuti nyala api.

Salah satu peralatan proteksi yang dapat mencegah api dan ledakan yang merusak Trafo adalah “*SERGI*” yang metode pengamanannya disebut sebagai pengaman Trafo dari ledakan dan kebakaran.

Sistim Kerja Pengaman Ledakan dan Kebakaran Trafo Tenaga

Berikut ini merupakan skema logic sistem kerja Sergi type 3000 :



Gambar 2.22. Skema Logic Sistem Kerja Sergi Type 3000 :

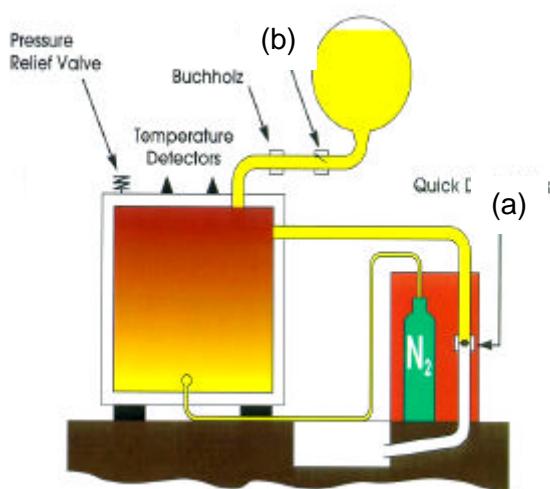
Agar sistem proteksi ini dapat aktif harus ada 2 sinyal yang muncul yaitu :

1. Sinyal PMT trip yang bersumber dari peralatan pengaman tekanan lebih dan
2. Sinyal temperatur tinggi dari temperatur detector dan beroperasinya relai Buchholz.

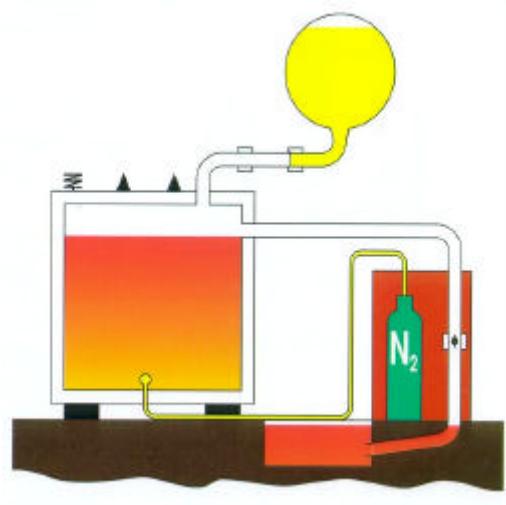
Pada gambar 2.23. katup drain (a) pengaman ledakan akan cepat terbuka untuk membebaskan tekanan internal agar trafo tidak meledak.



Tangki konservator akan terisolasi dengan bekerjanya Shutter (b) sehingga minyak yang dikeluarkan hanya \pm 20 cm di bawah tutup atas tangki utama trafo (gambar 2.23 dan 2.24)



Gambar 2.23. Tangki konservator akan terisolasi dengan bekerjanya Shutter

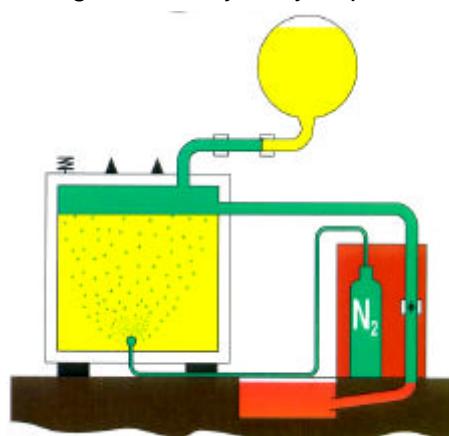


Gambar 2.24. Minyak yang dikeluarkan hanya \pm 20 cm di bawah tutup atas tangki utama trafo

Pemadaman api : Selang waktu \pm 3 detik sejak minyak didrain, gas Nitrogen diinjeksikan ke dalam main tank trafo.

Gas ini akan melingkupi bagian atas permukaan minyak trafo dan dengan cepat menurunkan temperatur minyak sampai mencapai di bawah temperatur titik nyalanya sehingga dengan sendirinya api akan padam.

Nitrogen diinjeksikan terus menerus selama 45 menit sehingga trafo akan dingin dan tercegah dari kemungkinan menyalanya api kembali (gambar 2.25.).



Gambar 2.25. Nitrogen Diinjeksikan Terus Menerus Selama 45 Menit



3. PENGUKURAN DATA TEKNIK.

3.1. Pengukuran Tahanan Isolasi.

3.1.1. Umum.

Pengukuran tahanan isolasi belitan trafo ialah proses pengukuran dengan suatu alat ukur *Insulation Tester (megger)* untuk memperoleh hasil (nilai/besaran) tahanan isolasi belitan / kumparan trafo tenaga antara bagian yang diberi tegangan (fasa) terhadap badan (Case) maupun antar belitan primer, sekunder dan tertier (bila ada).

Pengukuran tahanan isolasi dilakukan pula untuk mengetahui nilai tahanan isolasi trafo ukur seperti trafo arus dan trafo tegangan namun ada beberapa ketentuan (batasan – batasan) yang harus dipenuhi sehingga diperoleh harga yang optimal.

Pengukuran tahanan isolasi juga sering kali dilakukan untuk memperoleh nilai tahanan isolasi busbar (rel), PMT, kabel power 20 kV, saluran kabel tegangan tinggi (SKTT) , saluran udara tegangan tinggi (SUTT), atau instalasi listrik lainnya dengan memperhatikan ketentuan pengukuran yang berlaku sehingga tidak merusakkan alat ukur (*megger*) itu sendiri.

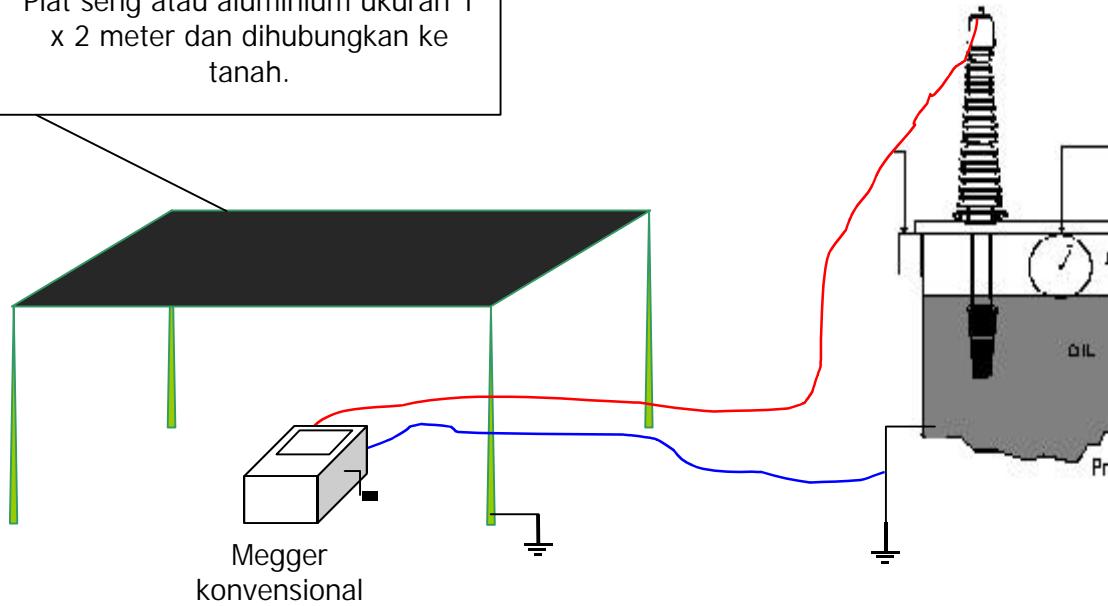
Hal yang bisa mengakibatkan kerusakan alat ukur adalah bilamana alat ukur tersebut dipakai untuk mengukur obyek pada lokasi yang tegangan induksi listrik di sekitarnya sangat tinggi atau masih adanya muatan residual pada belitan atau kabel. Langkah untuk menetralkan tegangan induksi maupun muatan residual adalah dengan menghubungkan bagian tersebut ke tanah beberapa saat sehingga induksinya hilang. Untuk mengamankan alat ukur terhadap pengaruh tegangan induksi maka peralatan tersebut perlu dilindungi dengan *Sangkar Faraday* (lihat gambar 3.1) dan kabel-kabel penghubung rangkaian pengujian sebaiknya menggunakan kabel yang dilengkapi pelindung (*Shield Wire*).

Jadi untuk memperoleh hasil yang valid maka obyek yang diukur harus betul - betul bebas dari pengaruh induksi.



BUSBAR 500 kV.

Plat seng atau aluminium ukuran 1 x 2 meter dan dihubungkan ke tanah.



(Mega Ohm) “



3.1.3. Prinsip Kerja.

Pada dasarnya pengukuran tahanan isolasi belitan trafo adalah untuk mengetahui besar (nilai) kebocoran arus (*leakage current*) yang terjadi pada isolasi belitan atau kumparan primer, sekunder atau tertier. Kebocoran arus yang menembus isolasi peralatan listrik memang tidak dapat dihindari. Oleh karena itu, salah satu cara meyakinkan bahwa trafo cukup aman untuk diberi tegangan adalah dengan mengukur tahanan isolasinya. Kebocoran arus yang memenuhi ketentuan yang ditetapkan akan memberikan jaminan bagi trafo itu sendiri sehingga terhindar dari kegagalan isolasi.

Insulation tester banyak jenisnya (merk dan type megger), masing-masing memiliki spesifikasi yang berbeda antara yang satu dengan yang lainnya. Mulai dari type sederhana, menengah sampai dengan yang canggih. Display (tampilannya) juga banyak ragamnya; mulai dari tampilan analog, semi digital dan digital murni.

Pada panel kendali (*Front Panel*) ada yang sangat sederhana, namun ada pula yang super canggih. Tapi seluruhnya memiliki prinsip kerja yang sama.



Gambar 3.2. Contoh Insulation Tester Merk Metriso Type 5000 A.

**Keterangan :**

1. saklar pilih (*Selector Switch*) : tegangan uji megger, uji tegangan. batere dan pemutus pasokan.
2. Tambol Range : pilihan jangkau-batas skala pengukuran.
3. LED indikator : LED nyala hijau = pengukuran benar, LED mati = pengukuran salah, batere terlalu lemah.
4. LED nyala : pilihan jangkau-batas skala s.d. T (Tera Ohm) terpilih.
5. LED nyala : pilihan jangkau-batas skala s.d. 100 M (Mega Ohm) terpilih.
6. Skrup koreksi : pengaturan (koreksi) posisi jarum penunjuk pada angka 0.
7. Selector switch (saklar pilih) : pengukuran tegangan atau tahanan isolasi.
8. Analog display : Papan/plat skala penunjukan.
9. Test prob (-) : Kabel pengukuran kutub (polaritas) negatif.
10. Test prob (+) : Kabel pengukuran kutub (polaritas) positif.
11. Tempat penyimpanan jack konektor kabel.

Prinsip kerja alat pengukuran tahanan isolasi merk Metriso type 5000 A adalah sebagai berikut.

3.1.3.1. Pemasangan Batere.

Sebelum membuka tutup tempat batere pastikan dulu saklar selektor switch (no. 7) pada posisi volt ("V") dan saklar pilihan (no.1) pada posisi "OFF/V" dengan demikian berarti alat ukur sudah bebas dari catu daya.

Uji kondisi batere : Setelah batere terpasang saklar pilihan (no.1) diposisikan pada sehingga pada plat skala menunjuk tegangan batere.

3.1.3.2. Uji On / Off dan Fungsi Skrup Koreksi.

Bila saklar selektor switch (no.7) pada posisi Ohm (" ") dan saklar pilihan no.1 tidak pada posisi "OFF/V" berarti alat ukur (megger) habis dipakai tetapi belum di off-kan. Kondisi yang benar bila megger tidak dipakai posisi saklar selektor switch (no.7) ke posisi volt ("V") dan saklar pilihan (no.1) di posisi "OFF/V".



Skrup koreksi (no.6) berfungsi untuk koreksi posisi jarum penunjuk agar tepat pada angka nol (0). Pengaturan dilakukan dalam kondisi alat ukur off (seperti diterangkan di atas) dan skrup koreksi (no.6) diputar arah ke kiri atau ke kanan sehingga jarum tepat menunjuk angka nol.

3.1.3.3. Plat Skala (Analog Display).

Lampu LED no. 4 dan 5 pada sisi kanan plat skala adalah indikasi batas-jangkau pilihan skala. Lampu indikasi Ohm (" ") LED no.3 akan menyala bila pengukuran tahanan isolasi adalah benar, dan bila tidak menyala berarti rangkaian pengukuran salah atau saat test tegangan ada yang salah. Oleh karena itu test batere sangat dianjurkan.

Dua skala di bawahnya adalah untuk pengukuran (pengujian) tegangan dan uji batere.

3.1.4. Pengukuran Tegangan Arus Searah Dan Arus Bolak Balik.

Tegangan arus searah dan arus bolak balik dengan frekuensi 15 s.d. 500 hz dapat diukur dengan alat ini. Pengukuran tegangan dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi tegangan induksi yang masih ada dan secara otomatis (sekaligus) berfungsi sebagai rangkaian discharge muatan (induksi) sebelum pengukuran tahanan isolasi. Drop (turunnya) tegangan dapat dipantau dari jarum penunjukan yang bergerak ke angka nol.

Cara pengukuran tegangan :

1. Posisikan saklar selektor switch (no.7) pada posisi volt ("V").
2. Periksa jarum penunjukan skala, bila belum tepat pada posisi angka nol maka diatur dengan skrup koreksi (no.6).
3. Posisikan saklar pilihan (no.1) pada batas angka yang sesuai, dan untuk amannya saklar pilihan (no. 1) diposisikan pada "OFF/V".
4. Hubungkan kedua prob pada titik ukur.
5. Nilai pengukuran bisa dilihat pada skala.

**Catatan :**

Pengukuran tegangan lebih tinggi dari 2.000 volt tidak dapat dilakukan dengan alat ini.

3.1.5. Pengukuran Tahanan Isolasi.

Untuk mencegah kerusakan pada alat ukur perlu dipastikan dulu apakah titik ukur benar-benar tidak ada tegangan induksi atau muatan residual.

Prosedur Pengukuran.

1. Posisikan saklar selektor switch (no.7) pada Ohm (“ ”) .
2. Atur batas-jangkau skala 10 k ~ 1 T atau 100 k ~ 100 M dengan menekan tombol pilihan batas-jangkau (no.2) “RANGE”.
3. Pilih tegangan uji megger dengan nominal 100 V, 250 V, 500 V, 1.000 V, 1.500 V, 2.000 V, 2.500 V atau 5.000 V dengan memindah posisi saklar pilihan (no.1) sesuai dengan kebutuhan. Bila lampu LED no.4 menyala menandakan batas-jangkau atas skala 10 k ~ 1 T tercapai.
4. Hubungkan titik ukur dengan kedua prob (+) dan (-) dan ditunggu sampai dengan jarum penunjukan berhenti bergerak. Gerak ayun jarum tergantung pada obyek yang diukur tahanan isolasinya dan berkisar antara beberapa saat setelah terjadi kontak s.d. 30 detik atau lebih. **Pembacaan nilai tahanan yang optimal adalah posisi jarum setelah tombol “ ON “ ditekan ditambah 60 detik / 1 menit.**
 - Hasil pengukuran bisa dibaca pada skala bagian atas. Jika lampu LED Ohm (“ ”) (no.3) menyala hijau maka nilai pengukuran tahanan isolasi adalah benar.
 - Untuk melindungi (keamanan) alat ukur insulation tester (megger) maka pada awal pengukuran dipilih batas-jangkau skala 100 k ~ 100 M , melalui tombol no. 2 “RANGE”. Dan lampu LED no. 5 akan menyala.

**Yang perlu diperhatikan :**

Jangan menyentuh titik ukur obyek pengukuran yang baru selesai diukur tahanan isolasinya. Hal ini akan mengakibatkan terjadinya aliran arus yang melintas badan dan meskipun tidak berakibat fatal namun bisa menimbulkan tegangan kejut.

Bila pengukuran dilakukan pada obyek yang komponen kapasitifnya relatif besar (misal SKTT) , kemungkinan tegangan pengisian (charging) sampai dengan 5.000 V, hal ini sangat berbahaya bila menyentuh titik ukur obyek yang diukur tahanan isolasinya. Pada kondisi ini harus dilakukan pembuangan tegangan induksi (residual) dengan memindah posisi saklar selektor switch (no.7) dari posisi Ohm (“ ”) ke posisi volt (“V”) dan prob tetap tersambung dengan obyek pengukuran s.d. jarum menunjukan angka “O volt”.

Jangan membalik polaritas prob (+) dan (-) selama terjadi pembuangan muatan, sebab pengaman tegangan lebih yang terpasang didalam alat uji (ukur) akan terpicu (triggered) dan rusak.

3.1.6. Pemeliharaan Alat Ukur Tahanan Isolasi**3.1.6.1. Batere.**

Batere harus diganti dengan yang baru apabila :

1. Respon perpindahan lampu LED ke posisi yang dikehendaki tidak secepat bila kita menekan tombol atau saklar pilihan.
2. Indikasi LED untuk test tegangan batere tidak menyala hijau terang.

3.1.6.2. Penyimpanan.

Tidak diperlukan pemeliharaan yang khusus, jaga kebersihan dan kelembaban permukaan alat. Gunakan kain yang lembut untuk membersihkan.

3.1.6.3. Kabel Pengukuran.

Pemeriksaan kabel pengukuran secara periodik. Interval pemeriksaan dilakukan setiap 6 sampai dengan 12 bulan sekali.



METRISO type 5000 A.



KYURITSU model 3123



METRISO type 500



AEMC type EXTECH (digital).



METRISO type 5000 AK (digital).



AVO type MJ15



HWASHIN type HS-510



FLUKE type 1520 (digital).



AEMC (analog).



AEMC (digital).

Gambar 3.3. Beberapa Contoh Alat Ukur Tahanan Isolasi (Insulation Tester).



3.1.7. Cara Penggunaan / Cara Pengukuran.

Cara penggunaan meliputi kesiapan alat ukur dan kesiapan obyek yang diukur. Kesiapan alat ukur telah dibahas secara singkat pada butir 3.2.1.

Kesiapan obyek yang diukur adalah merupakan kegiatan yang tujuannya membebaskan obyek (misal = Trafo) dari tegangan sesuai Prosedur Pelaksanaan Pekerjaan Pada Insatalasi Listrik Tegangan Tinggi/Ekstra Tinggi (Dokumen K3/Buku Biru) dan dilanjutkan dengan pelepasan terminasi sisi primer, sekunder, tertier (kalau ada) dan titik bintang.

Kesiapan obyek yang akan diukur dilakukan dengan urutan sebagai berikut.

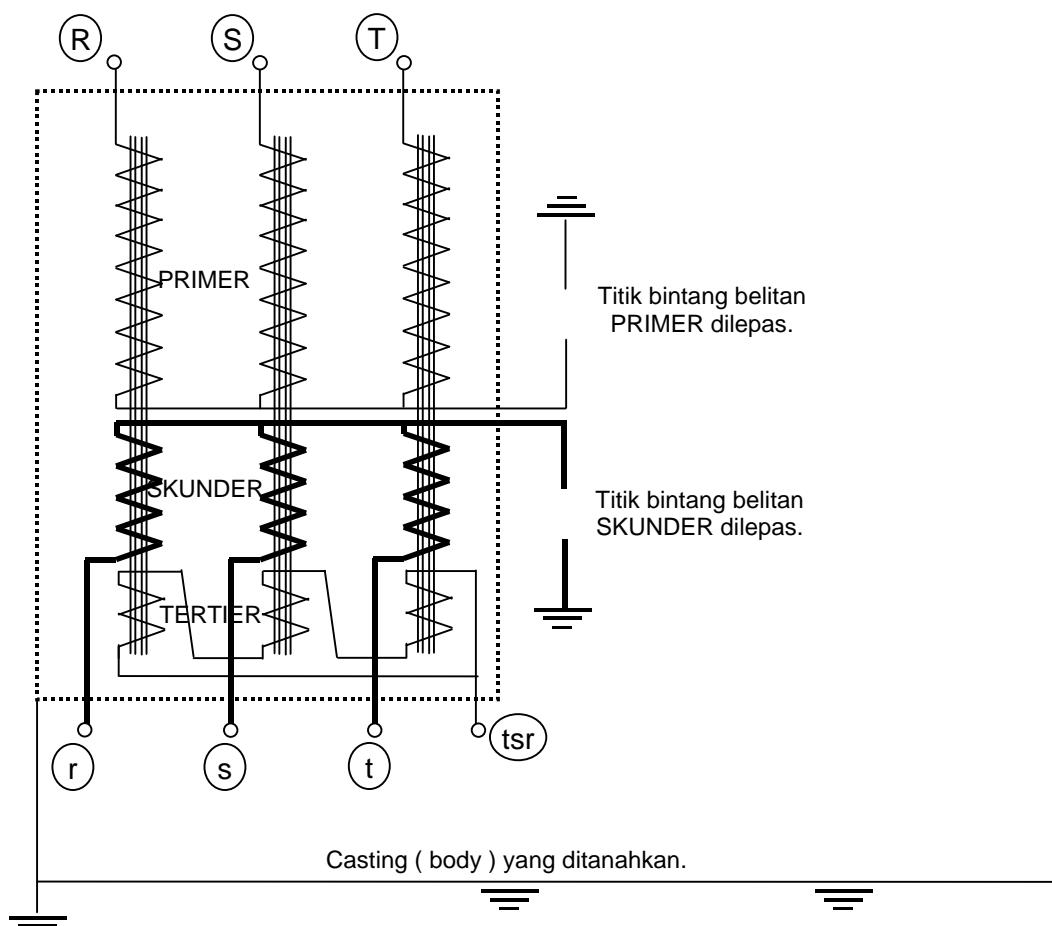
1. Pemasangan pentanahan lokal (*Local Grounding*) disisi primer maupun sekunder dengan tujuan membuang *Induksi Muatan* (Residual Current) yang masih tersisa pada belitan.



Gambar 3.4. Pemasangan Pentanahan Lokal



2. Pelepasan terminasi sisi primer (Jumper Conductor Bay T/R), terminasi sisi sekunder (Fleksible Conductor Plat / anyaman / pilin), terminasi belitan tertier dan titik netral (bintang).
3. Pembersihan permukaan porselin bushing primer, bushing sekunder, bushing tertier dan bushing netral memakai material cleaner + lap kain yang halus dan tidak merusak permukaan isolator dengan tujuan agar pengukuran memperoleh nilai (hasil) yang akurat.
4. Melakukan pengukuran tahanan isolasi antara :



Gambar 3.5. Pengukuran Tahanan Isolasi

- Terminal primer (R, S, T) terhadap Cashing (body) / tanah.
- Terminal skunder (r, s, t) terhadap cashing (body) / tanah.
- Terminal tertier (tsr) terhadap cashing (body) / tanah.



- Terminal primer (R, S, T) terhadap terminal skunder (r, s, t).
- Terminal primer (R, S, T) terhadap terminal tertier (tsr).
- Terminal sekunder (r, s, t) terhadap terminal tertier (tsr).

Pengukuran item-item di atas (butir 4) prosedurnya sesuai butir 4.2.1. Pengukuran Tahanan Isolasi.

5. Mencatat hasil pengukuran tahanan isolasi serta suhu / temperatur minyak trafo.
6. Hasil pengukuran ini merupakan data terbaru hasil pengukuran dan sebagai bahan evaluasi pembanding dengan hasil pengukuran sebelumnya. Contoh blangko adalah terlampir (“Lembar Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Trafo Tenaga”).
7. Memasang kembali terminasi sisi primer (Jumper Conductor Bay T/R), terminasi sisi sekunder (Fleksible Conductor Plat / anyaman / pilin), terminasi belitan tertier dan titik netral (bintang).
8. Melepas pentanahan lokal sambil pemeriksaan final untuk persiapan pekerjaan selanjutnya.

Petunjuk Praktis tentang Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Belitan Trafo.

Salah satu efek yang mempengaruhi nilai tahanan isolasi belitan trafo adalah temperatur. Hal ini terjadi karena panas belitan, inti besi dan minyak trafo pada derajat tertentu akan menurunkan nilai dielektrik bahan isolasi belitan, sehingga pengukuran dengan interval 10 menit kemudian (suhu trafo agak turun) akan menghasilkan nilai yang berbeda.

Oleh sebab itu perbandingan kedua hasil ukur yang berbeda waktu tersebut dapat dipakai acuan, bahwa :

$$\frac{R_{10}}{R_1} \times 100 \% \quad - \text{lihat tabel di bawah (Polarization Index).}$$

Keterangan :

R_1 = Nilai tahanan isolasi pengukuran menit pertama,

R_{10} = Nilai tahanan isolasi pengukuran pada menit kesepuluh.



Berikut ini adalah tabel yang menunjukkan hubungan nilai Indeks Polarisasi terhadap kondisi trafo.

Tabel Index Nilai Polarisasi

Kondisi	Index Polarisasi
Berbahaya	< 1,0
Jelek	1,0 - 1,1
Dipertanyakan	1,1 - 1,25
Baik	1,25 - 2,0
Sangat Baik	Di atas 2,0

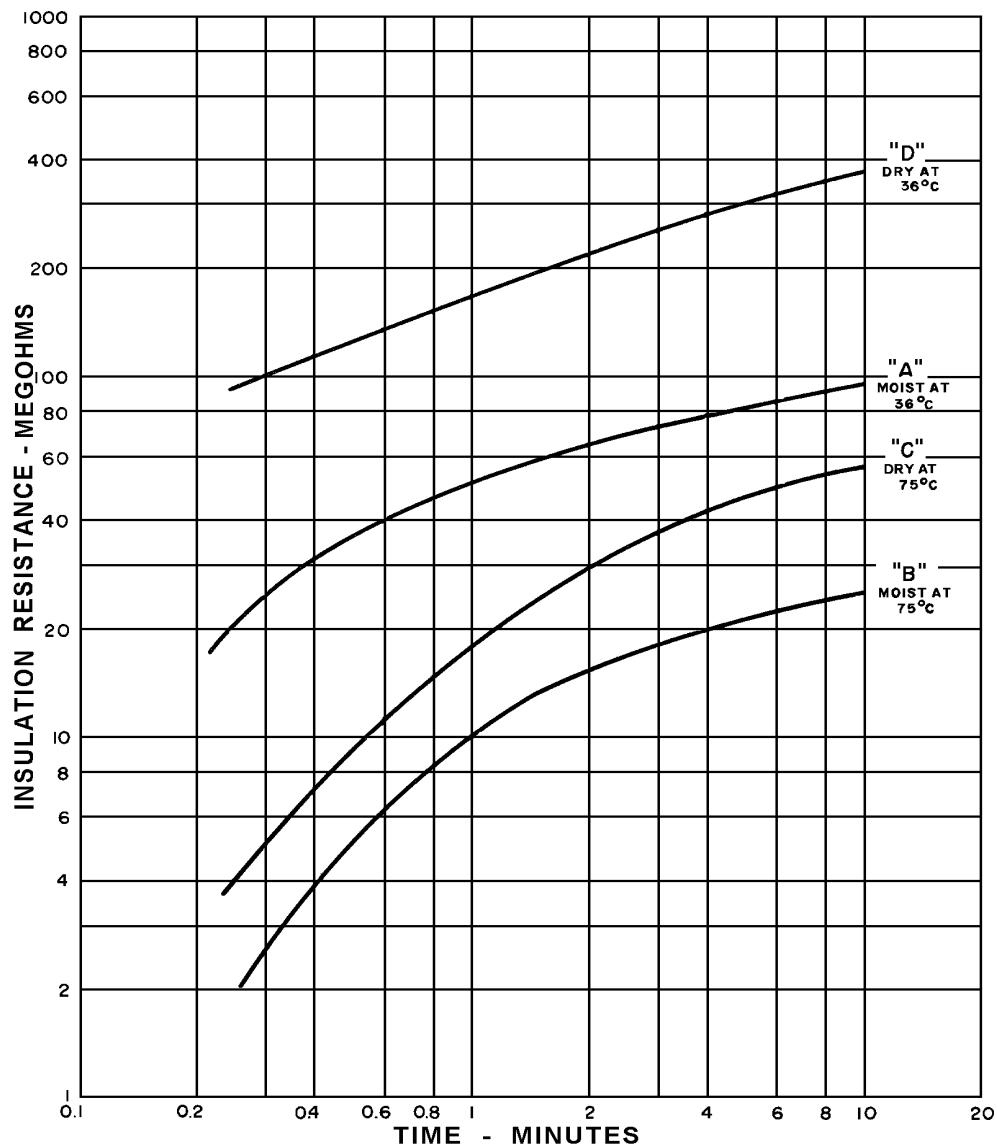


Table Contoh Hasil Pengukuran Tahan Isolasi

Kurva.	Kondisi isolasi.	Temperature ° C.	Polarization Index, R_{10}/R_1
A	Lembab	36	1.88
B	Lembab	75	2.50
C	Kering.	75	3.11
D	Kering.	36	2.16

Gambar 3.6. Contoh Hasil pengukuran tahanan isolasi Trafo dengan selang 1 menit mulai > 0,2 ~ 10 menit.



3.2. Pengukuran Tahanan Pentanahan

3.2.1.Umum

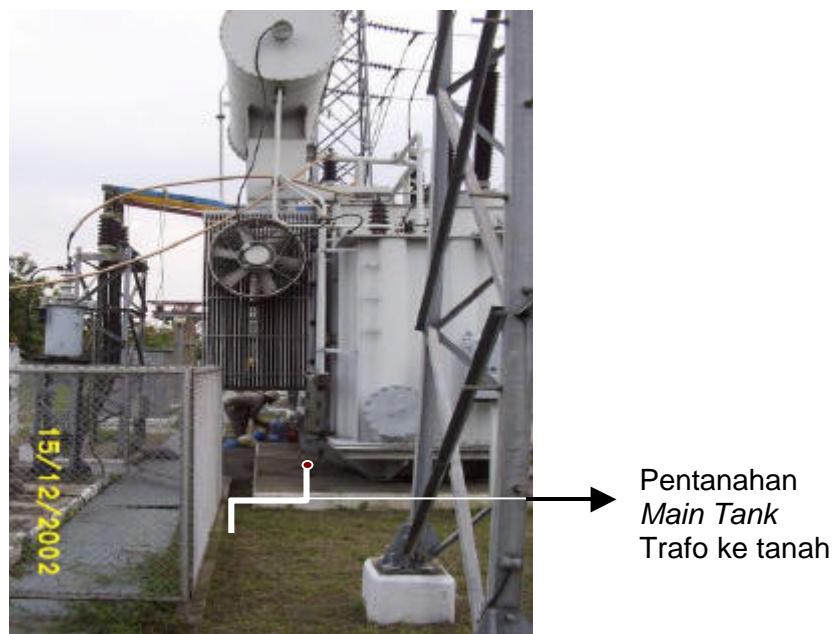
Berdasarkan fungsinya sistem pentanahan ada 2 jenis yaitu :

1. Pentanahan Peralatan
2. Pentanahan Sistem Tenaga Listrik

3.2.2.Pentanahan Peralatan

Tujuan Pentanahan Peralatan untuk meratakan potensial pada semua bagian-bagian peralatan yang pada kondisi normal tidak dialiri arus dengan demikian tidak terjadi perbedaan potensial yang besar (tegangan kejut) sehingga tidak membahayakan manusia bila menyentuh peralatan tersebut. Caranya yaitu dengan menghubungkan bagian peralatan tersebut ke tanah dengan menggunakan logam seperti baja, besi atau tembaga.

Contoh Pentanahan peralatan *Main Tank Transformator* dihubungkan ke tanah seperti pada gambar berikut :



Gambar 3.7 Pentanahan peralatan Main Tank Transformator



3.2.3. Pentanahan Sistem Tenaga Listrik

Tujuan Pentanahan Sistem Tenaga Listrik untuk :

1. Membatasi kenaikan tegangan pada phasa yang tidak terganggu
2. Menghilangkan busur api .
3. Mengontrol besarnya arus gangguan tanah dan memudahkan koordinasi sistem proteksi. Apabila terjadi gangguan hubung singkat antara phasa dan tanah.

Caranya yaitu dengan menghubungkan titik netral trafo maupun generator ke tanah.

Jenis – jenis pentanahan sistem tenaga listrik sebagai berikut :

1. Sistem Pentanahan Langsung (*Solid Grounding*) yaitu titik netral transformator dihubungkan secara langsung ke tanah. (Sistem di Jawa Tengah)
2. Pentanahan dengan *Resistor* (*Neutral Ground Resistor* atau NGR) yaitu titik netral transformator dihubungkan ke tanah melalui Resistor
3. Pentanahan dengan *Peterson Coil*

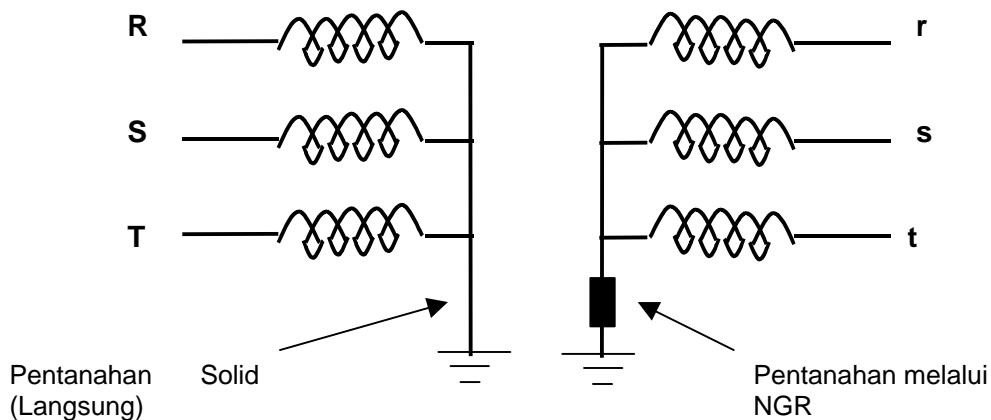
Sistem Pentanahan yang ada di PLN P3B adalah Pentanahan langsung dan pentanahan dengan Resistor.

Pantanahan dengan NGR dapat dibagi menjadi beberapa jenis yaitu :

1. Sistem Pentanahan dengan tahanan Rendah (12 dan 40 Ohm) Sisem di DKI dan Jawa Barat
2. Sistem Pentanahan dengan tahanan Tinggi (200 dan 500 Ohm) Sistem di Jawa Timur
3. Penggunaan NGR dengan jenis rendah maupun tinggi tergantung pada desain subsistem tenaga listrik, pada dasarnya semakin besar nilai NGR nya maka arus gangguan phasa ke tanahnya semakin kecil.



Berikut gambar sistem pentanahan pada transformator :



Gambar 3.8. Sistem Pentanahan Pada Transformator

3.2.4. Jenis-jenis NGR yang ada di PLN P3B

Jenis NGR yang ada di PLN P3B antara lain :

1. **NGR jenis liquid**, Resistornya menggunakan larutan air murni ditampung didalam bejana dan ditambahkan garam KOH untuk mendapatkan nilai resistansi yang diinginkan
2. **NGR jenis Elemen/Padat**, Resistornya terbuat dari pelat-pelat/kawat-kawat michelin yang diatur sehingga dapat ditentukan nilai resistansinya.



Data teknik NGR untuk 20 kV.

NGR Merk	: NSIP72
Rersistance	: 500 Ohm
Time	: 30 Sec.
Berat	: 1200 Kg
Voltage	: 24 V3 kV
Current	Current: 28 A
Ins Class	: 24 kV.
Temp rise	: 300 C
No	: 64989
Merk	: Susuki Gaukin Osaka

Gambar 3.9. NGR untuk Tahanan Pentanahan Trafo



3.2.5. Pemeliharaan NGR

Tujuan pemeliharaan NGR adalah melakukan pekerjaan pembersihan terhadap peralatan serta pemeriksaan dan pengukuran/pengujian untuk memastikan bahwa peralatan tersebut dapat beroperasi dengan baik, handal dan sesuai dengan besaran tahanannya.

3.2.5.1. Pemeliharaan NGR Jenis Elemen

Persiapan

Siapkan material, alat kerja dan perlengkapan K3 yang akan dipakai antara lain:

a. Material

- Kain lap / majun.
- Kontak cleaner
- Kertas Gosok.
- Kuas.
- Sikat Baja.

b. Alat Kerja

- Tool Set
- Multi meter
- Alat ukur tahanan pentanahan
- Tangga Lipat.
- Ground Stick
- Voltage detector.

c. Perlengkapan K3

- Helm
- Sepatu panjat / tahan pukul.
- Sabuk pengaman.
- Rambu – rambu / taging

**Langkah – Langkah Kerja**

1. Lepaskan terminal bagian atas yaitu sambungan antara kabel netral sekunder trafo dengan NGR .

**Gambar 3.10. Kondisi Terminal sebelum dilepas****Gambar 3.11. Kondisi Terminal setelah dilepas**

2. Buka pintu NGR dan lepaskan terminal bagian bawah yaitu sambungan antara NGR dengan pentanahan .

**Gambar 3.12.
Kondisi terminal ketanah sebelum dilepas****Gambar 3.13.
Kondisi terminal ke tanah setelah dilepas**



3. Bersihkan bagian – bagian NGR dan support – support nya .



Gambar 3.14.
Membersihkan bagian NGR



Gambar 3.15.
Membersihkan support

4. Lakukan pengukuran nilai tahanan NGR dengan Multi meter / Ohm meter dengan langkah – langkah sbb :

- a. Siapkan alat ukur tahanan dan atur range sesuai besarnya pengukuran yang dikehendaki
- b. Salah satu kabel alat ukur dihubungkan pada ujung bagian atas NGR .
- c. Satu kabel alat ukur yang lain dihubungkan pada ujung bagian bawah NGR.
- d. Amati hasil penunjukannya dan masukkan nilainya pada test report yang tersedia dalam satuan Ohm .
- e. Lakukan Pengukuran sampai 3 kali dan hasil akhir adalah rata-rata dari pengukuran tersebut.



Gambar 3.16.
Cara pengukuran tahanan NGR



Gambar 3.17
Ujung NGR bagian atas



Gambar 3.18 Hasil Penunjukan Alat Ukur Tahanan NGR

5. Lakukan pengukuran tahanan isolasi Support Isolator
 - a. Lakukan Pengukuran tahanan isolasi support-support antara ujung support dan tanah.
 - b. Hasilnya diisi kedalam dokumen hasil pemeliharaan
6. Lakukan pengukuran nilai tahanan pentanahan NGR dengan langkah – langkah sebagai berikut :
 - a. Hubungkan kabel alat ukur warna hijau ke ujung sistem pentanahan NGR (gambar 3.19.)
 - b. Hubungkan kabel alat ukur warna kuning ke tanah dengan jarak 5 – 10 m dari alat ukur, memakai road yang ditancapkan ke tanah (gambar 3.20.).



- c. Hubungkan kabel alat ukur warna merah ke tanah dengan jarak 5 – 10 m antara ujung kabel kuning dengan ujung kabel merah memakai road yang ditancapkan ke tanah (gambar 3.21.).
- d. Nilai pentanahan perlatan yang diukur dan kedua elketroda tersebut harus berada pada suatu garis lurus (segaris)
- e. Operasikan alat ukur dengan cara menekan tombol perkalian skala (**x10 Ohm / x10 Ohm / x100 Ohm**) atur sesuai dengan range nilai pengukuran kemudian tekan tombol **MEAS** .
- f. Amati hasil penunjukannya, dan masukkan nilainya pada test report yang tersedia dengan satuan Ohm .
- g. Lakukan Pengujian sebanyak 3 kali kearah yang lain dan hasil akhir adalah rata-rata dari total pengukuran tersebut.



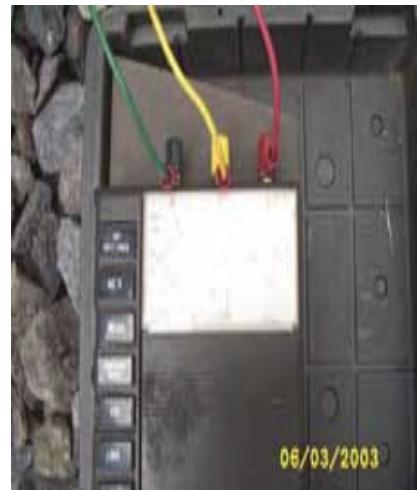
Gambar 3.19.
Kabel hijau dari alat ukur
dihubungkan dengan terminal
pentanahan



Gambar 3.20.
Kabel kuning dari alat ukur
dihubungkan ke tanah



Gambar 3.21.
Kabel merah dari alat ukur
dihubungkan ke tanah



Gambar 3.22.
Hasil penunjukan alat ukur tahanan
pentanahan

Catatan : Kabel Hijau, kuning dan merah harus segaris



Gambar 3.23. Proses Pengukuran Tahanan Pentanahan

7. Pengukuran selesai, lanjutkan dengan pemasangan kembali terminal NGR bagian bawah dengan pentanahan dan pemasangan kabel netral sekunder trafo pada terminal NGR bagian atas .
8. Tutuplah kembali pintu NGR dan rapikan serta kembalikan alat – alat yang telah dipakai seperti semula.



3.2.5.2. Pemeliharaan NGR Jenis Liquid

Pemeliharaan yang dilaksanakan pada NGR jenis Liquid adalah :

1. Pengecekan level air di dalam tangki (jika kurang ditambah tetap mengutamakan nilai tahanannya).
2. Pengukuran tahanan NGR
3. Pengukuran kondisi elektroda.

Secara periodik pemeliharaan NGR jenis liquid dilaksanakan bersamaan dengan pemeliharaan tahunan trafo, untuk mengetahui apakah ada perubahan nilai tahanan, permukaan level air dan kondisi elektrodanya (berkarat atau tidak).

Untuk mengukur besar nilai tahanan NGR trafo tersebut digunakan alat ukur tersendiri yaitu :

- a. Alat ukur NGR secara manual
- b. Alat ukur digital

3.2.6. Prinsip Kerja Alat Ukur

Prinsip kerja dari kedua alat ukur tersebut sama yakni nilai tahanan didapat dari hasil perbandingan antara tegangan dan arus.

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

dimana : R = nilai tahanan NGR

V = nilai tegangan yang terbaca di slide regulator

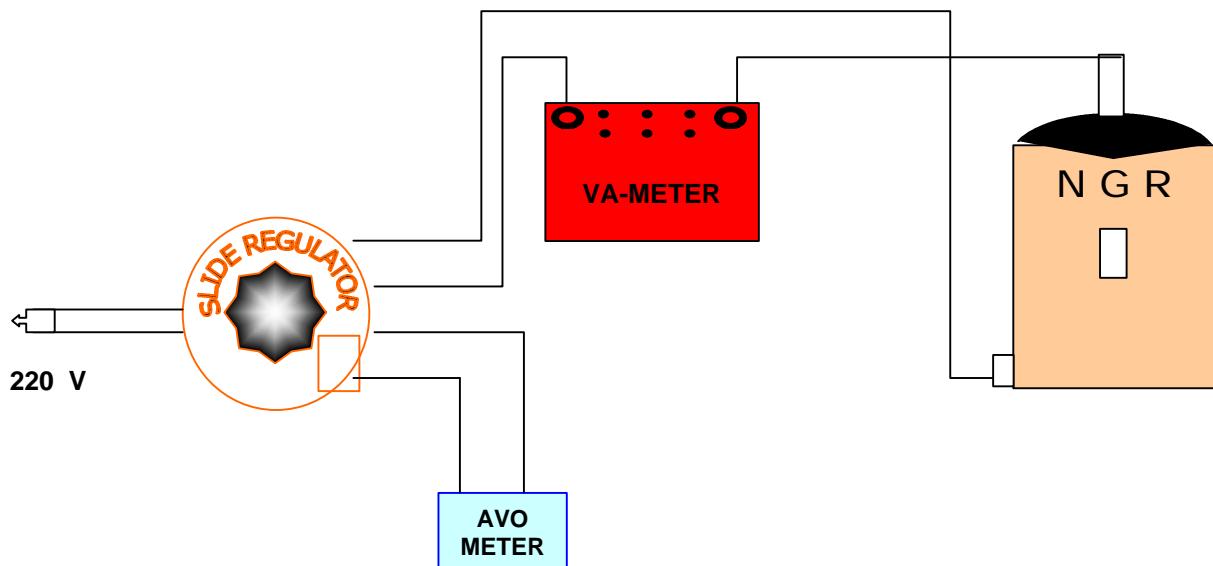
I = nilai arus yang mengalir

Perbedaan dari kedua alat tersebut hanya terdapat pada rangkaian dan hasil pembacaan, kalau alat ukur manual hasilnya dihitung secara manual sedangkan alat ukur digital langsung dapat dibaca hasilnya.

Untuk jelasnya dapat dilihat pada cara pengujian berikut.



3.2.7. Cara Pengujian NGR Secara Manual



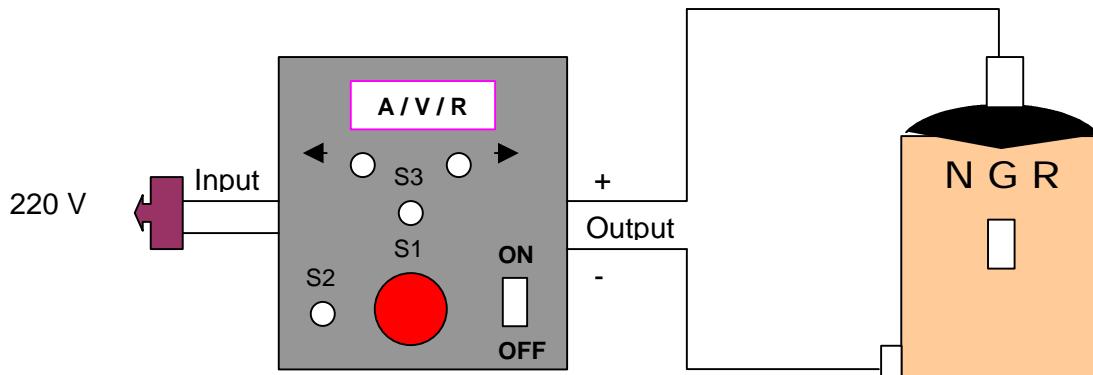
Gambar 3.24. Pengujian NGR Secara Manual

Langkah Kerja :

1. Rangkailah semua peralatan seperti gambar diatas.
2. Pastikan semua alat ukur bekerja pada range yang akan diukur.
3. Pastikan slide regulator pada posisi off.
4. Masukan Slide regulator pada AC 220 V.
5. Hidupkan saklar slide regulator on/off pada posisi on.
6. Atur Slide regulator sampai VA meter terbaca dan catat hasil ukurnya.
7. Lihat penunjukan pada AVO meter dan catat hasil ukurnya.
8. Lakukan pengukuran seperti point 6 dan 7 dengan cara menaikkan slide regulator secara bertahap, catat hasil ukurnya.
9. Hitunglah rata-rata hasil ukurnya dengan cara membagikan antara tegangan dan arus., sehingga akan didapat nilai resistance NGR.
10. Matikan semua peralatan dan rapikan.



3.2.8. Cara Pengujian NGR Digital



Gambar 3.25. Pengujian NGR Digital

Ada 2 (dua) cara langkah kerja pengujian yang dapat dipilih :

Langkah Kerja I melalui Regulator :

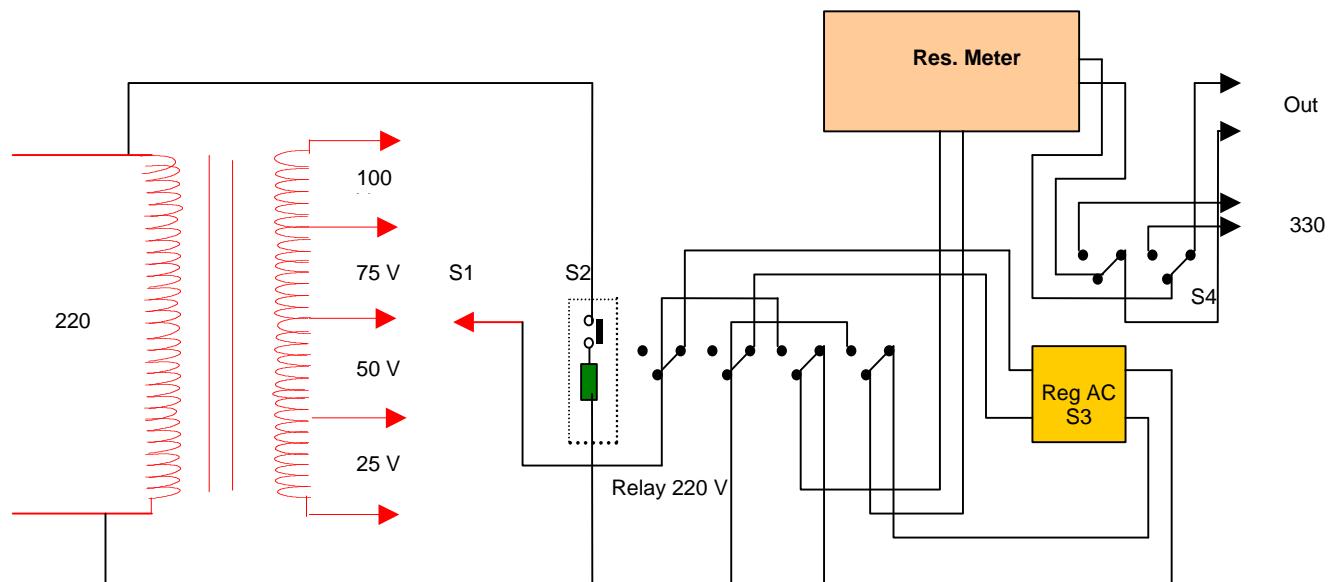
1. Instalasi antara alat ukur dengan NGR terminal merah pada alat ukur dihubungkan pada terminal atas NGR dan terminal hitam dihubungkan pada terminal bawah NGR.
2. Switch on / off pada posisi off.
3. S1 pada posisi tap minimum.
4. S2 pada posisi Regulator.
5. Masukan Kabel input AC 220 V.
6. Switch on / off posisi on.
7. Atur S3 bertahap, dan bandingkan nilai tahanan nya.(lihat LCD)
8. Catat hasil ukurnya.
9. Matikan alat ukur dan rapihkan.

Langkah Kerja II tanpa Regulator (By Pass) :

1. Sama dengan langkah kerja diatas point 1 s/d 3.
2. S2 pada posisi by pass.
3. Sama dengan langkah kerja diatas point 5 s/d 6.
4. Catat nilai tahanan di LCD
5. Matikan alat ukur dan rapihkan.



3.2.9. Gambar Internal Alat Ukur NGR Digital



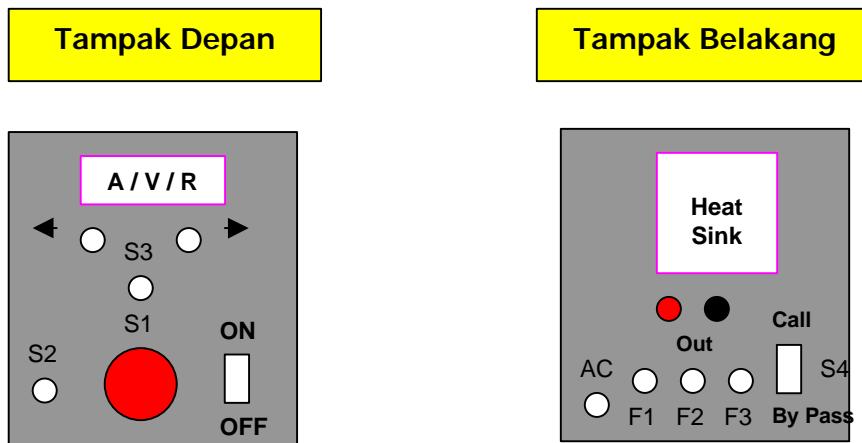
Gambar 3.26. Gambar Internal Alat Ukur NGR Digital

Komponen Internal Alat Ukur digital :

1. Trafo 5 A Input 220 V Output 0 – 100 V
2. Relay Bantu 220 V 5 A
3. Selector switch 4/1
4. Switch DPDT
5. Push Button
6. Potensiometer 20 K Ohm
7. Regulator AC (Push Full) 0 – 100 V AC
8. Resistor Calibrasi 330 Ohm 5 Watt
9. Switch ON / OFF
10. Fuse 3 Buah
11. Terminal Output 2 Buah
12. LCD Resistance meter
13. Knop 2 Buah



3.2.10. Panel Bagian Luar Alat Ukur Digital



Gambar 3.27. Internal Alat Ukur NGR Digital

Keterangan :

1. S1 = Selector Switch 4 / 1 5 A
2. S2 = Push Button 1 A Reg / Out
3. S3 = Potensiometer 20 K Ohm
4. ON/OFF = Switch AC 220 V 5 A
5. ← / → = Push Button A / V / R
6. S4 = Switch Callibrasi dan By Pass
7. F1 = Fuse 2 A
8. F2 = Fuse 5 A
9. F3 = Fuse 5 A
10. Terminal Output Merah dan Hitam
11. Heat Sink (Pendingin Transistor)
12. AC = Kabel AC 220 V

**Hasil Pengukuran Tahanan NGR Transformator**

Gardu Induk :
Trafo No. :
Daya / Tegangan :
Merk NGR :
I Nominal NGR :
R Nominal NGR :
Tanggal :

No	Acuan (Ohm)	Hasil Pabrik/ Komissio ning (ohm),	Hasil Pengukuran Sebelumnya (ohm)	Hasil Pengukur an (ohm)	Tindak an *)	Kesimp ulan *)	Pelaksana
Tahanan Resistor							
1							
2							
3							
Rata-rata							

Catatan :

- Nilai akhir Tahanan NGR didapat dari Nilai R rata-rata.
- *) Diuraikan



3.2.11. Tahanan Tanah

Peralatan ataupun titik netral sistem tenaga listrik yang dihubungkan ke tanah dengan suatu pentanahan yang ada di Gardu Induk di mana sistem penatanahan tersebut dibuat di dalam tanah dengan struktur bentuk mesh. Nilai tahanan Pentanahan di Gardu Induk bervariasi besarnya nilai tahanan tanah dapat ditentukan oleh kondisi tanah itu sendiri, misalnya tanah kering tanah cadas, kapur, dsb tahanan tanahnya cukup tinggi nilainya jika dibanding dengan kondisi tanah yang basah. Semakin kecil nilai pentanahannya maka akan semakin baik

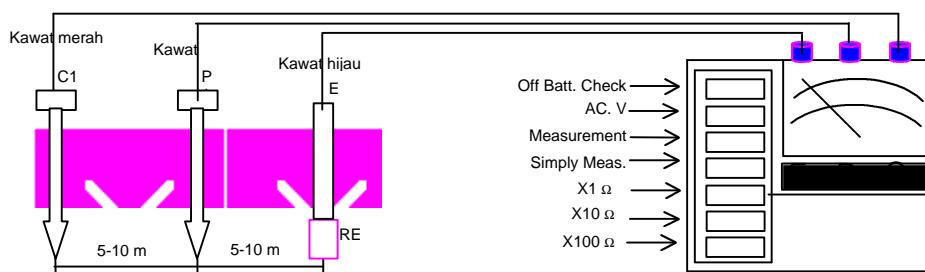
3.2.11.1. Penggunaan Alat Ukur Tahanan Tanah

Ada beberapa macam merk alat ukur tahanan tanah yang dipergunakan, di antaranya :

1. KYURITSU Model 4120
2. GOSSEN METRAWATT BAUER [GEOHM 2]
3. ABB METRAWATT Type M5032

3.2.11.2. Cara Penggunaan Alat Ukur Tahanan Tanah KYURITSU Model 4102

1. Rangkai kabel warna merah, kuning, hijau pada terminal C, P dan E yang ada di alat ukur tersebut, kemudian ujung kabel dirangkai ke alat Bantu pentanahan 2 [dua] batang besi yang diberi code C1 dan P1, sedangkan ujung kabel warna hijau disambung pada kaki tower, kawat tanah ditanam segaris lurus (seperti pada gambar di bawah).



Gambar 3.28. Penggunaan Alat Ukur Tahanan Tanah Kyuritsu



2. Periksa Tegangan Tanah

Tekan tombol AC.V pada alat ukur dan pastikan tegangan terbaca tidak lebih dari 10 V AC. Jika tegangan yang diukur lebih dari 10 V AC, maka pengukuran tahanan tanah tidak akurat dan hasilnya tidak bisa digunakan sebagai acuan.

3. Periksa Tegangan battere dan alat bantu hubung tanah.

4. Periksa Tegangan Battere :

5. Tegangan Battere baik apabila jarum meter memenuhi daerah yang tertulis GOOD arah kanan, jika tidak maka battere tersebut perlu diganti.

6. Periksa alat bantu hubung tanah dari terminal P dan terminal C.

Jika lampu menyala, pengukuran tahanan tanah bisa digunakan dan apabila lampu tidak menyala ini dapat diindikasikan tidak ada hubungan kabel (terputus) atau terlalu tingginya tahanan tanah dari alat bantu tanah.

Cara Mengatasi :

Periksa hubungan terminal P1 dan C1, atau posisikan skala perkalian tahanan tanah yang terendah untuk pengukuran tahanan tanah dan pindahkan alat bantu hubung tanah ke lokasi lain atau buat sendiri ground dari air kita dapatkan sampai lampu menyala.

3.2.11.3. Pengukuran Tahanan Tanah.

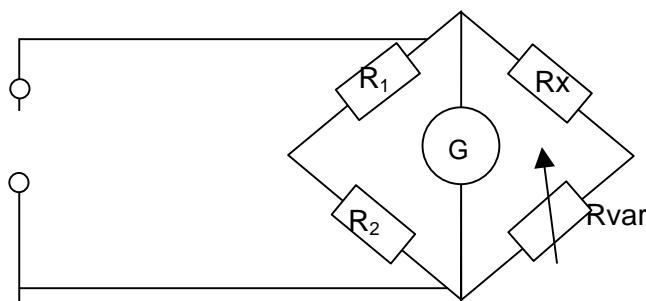
1. Sebelum pengukuran, lampu harus menyala, hal ini untuk mengindikasikan terminal C dan terminal E hubungan kabel baik, kondisi tidak normal apabila lampu tidak menyala, dan chek lagi hubungan terminal C dan terminal E.
2. Pertama – tama tekan tombol **X10** dan kemudian tekan tombol **MEAS** ketika jarum meter menunjukan seluruh skala terus kembali,
3. Kemudian tekan tombol **x100** Dan bacalah, apabila nilai tahanan tanah setelah diukur dibawah 10 Ohm , tekan tombol **x 1** dan hasilnya dibaca. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan nilai tahanan yang akurat.



Gambar 3.29. Alat Ukur Pentanahan Type Kyuritsu Model 4120

3.2.11.4.Cara Penggunaan Alat Ukur Tahanan Tanah Merk Gossen Metrawatt Bauer [GEOHM 2].

Cara kerja alat ukur tersebut menggunakan prinsip alat ukur Galvanometer (Prinsip Kesetimbangan), sebagai contoh sederhana :



Gambar 3.30. Rangkaian Galvanometer

Keterangan :

R1 & R2 : Nilai tahanan yang telah ditetapkan.

R variabel : Nilai tahanan yang bisa diubah-ubah.

R_x : Tahanan yang belum diketahui nilainya (R_x = ?)

Formula : R₁ . R_{var} = R₂ . R_x

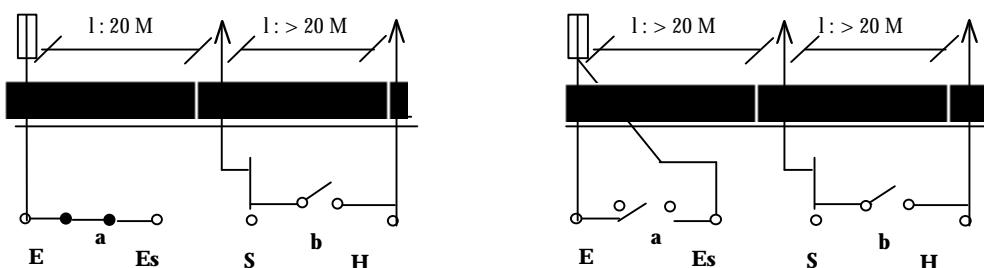
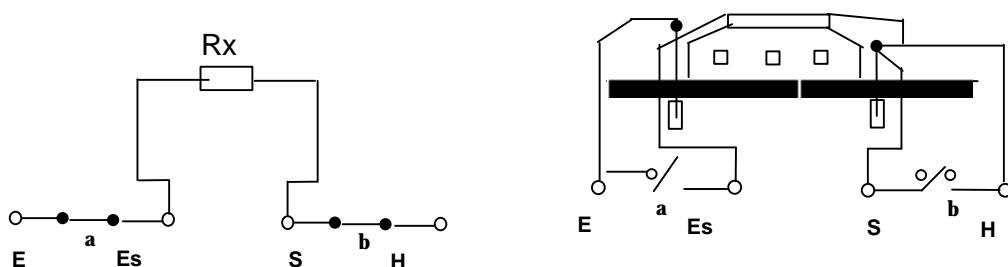
$$R_x = \frac{R_1 \cdot R_{var}}{R_2} \text{ Ohm}$$

**Cara kerja Galvanometer :**

Atur atau tentukan nilai tahanan R variabel (Rvar) sedemikian rupa sehingga jarum galvanometer menunjuk angka Nol (kondisi setimbang). Dan setelah kondisi setimbang maka nilai Rx bisa dicari dengan menggunakan Formula di atas.

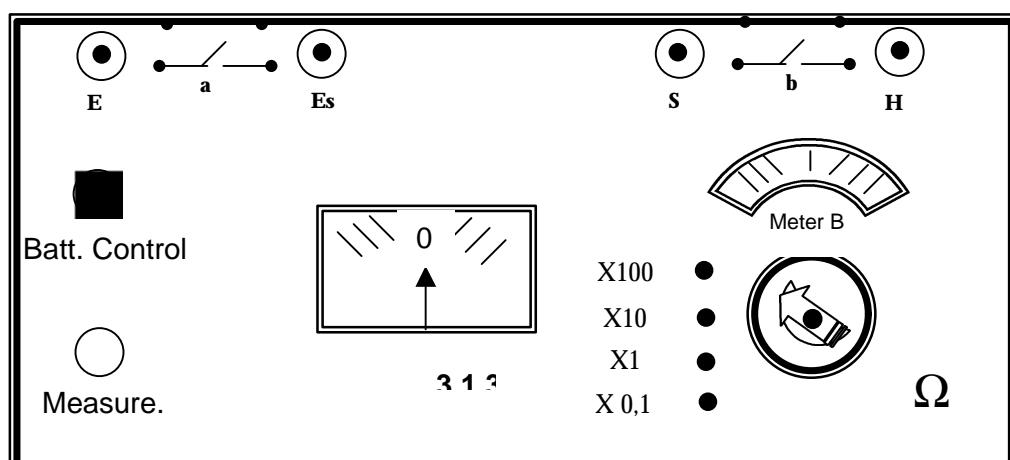
3.2.11.5.Cara Kerja Alat Ukur Tahanan Tanah Merk Gossen Metrawatt Bauer [Geohm 2].

1. Sebelum alat ukur ini digunakan periksa dulu kondisi batteray yang ada dengan menekan tombol Batt Control pada alat tersebut, apabila jarum meter menunjuk arah garis pada skala lampu indikasi menyala hijau maka kondisi battere masih baik dan alat ukur tahanan tanah bisa digunakan langsung, dan apabila jarum menunjuk dibawah Nol garis merah pada skala lampu indikasi tidak menyala maka batteray rusak dan perlu diganti yang baru.
2. Rangkailah peralatan alat ukur tahanan tanah tersebut sesuai dengan gambar yang sudah ada.

**Gambar 3.31. Mengukur Tahanan Tanah Skala Perkalian****Gambar 3.32. Mengukur Tahanan Pada Kawat Resistor**



3. Pilihlah salah satu skala perkalian X 0,1 ; X 1 ; X 10 ; X 100 dengan memutar Reostart 1 sesuai yang dikehendaki.
4. Setelah itu putar Reostart 2 dengan menekan tombol M sambil melihat jarum meter pada meter A sampai menunjuk pada posisi 0.
5. Kemudian lihat nilai yang ditunjukkan jarum meter pada meter B dan kalikan dengan skala perkalian yang telah ditetapkan tadi. (lihat No.3).
6. Maka hasil tahanan tanah adalah (Skala perkalian) X (Penunjukan jarum meter pada skala B)
7. Standart pengukuran tahanan pentanahan menurut SE 032/PTS/1984
8. $< 10 \text{ } \Omega$ -----> kondisi baik
9. $> 10 \text{ } \Omega$ -----> kondisi jelek (Perlu perbaikan sistem pentanahan)



Gambar 3.33. Alat Ukur Tahanan



3.2.12. Pengukuran Tahanan Pentanahan Trafo

Tujuan pengukuran tahanan pentanahan trafo adalah untuk mengetahui besarnya nilai tahan pentanahannya sehingga dapat diketahui masih sesuai dalam batas range standard yaitu < 5 ohm.

Persiapan

Siapkan peralatan kerja yang akan dipakai antara lain :

a. Material

- Kain lap / majun.
- Kontak cleaner
- Kertas Gosok.
- Kuas.
- Sikat Baja.

b. Alat Kerja

- Tool Set
- Multi meter
- Alat ukur tahanan pentanahan
- Tangga Lipat.
- Ground Stick
- Voltage detector.

c. Perlengkapan K3

- Helm
- Sepatu panjang / tahan pukul.
- Sabuk pengaman.
- Rambu – rambu / taping



Langkah – Langkah Kerja

1. Trafo dibebaskan dari tegangan dengan menggunakan Prosedur Pelaksanaan Pekerjaan Pada Instalasi Listrik Tegangan Tinggi
2. Periksa tegangan pada Trafo dengan menggunakan Detector Tegangan
3. Grounding Bushing dengan Kabel Grounding Fleksibel.
4. Lepaskan terminal penghubung antara pentanahan trafo dengan pentanahan sistem.



Gambar 3.34. Sistem Pentanahan Trafo

Keterangan :

1. Terminal penghubung antara pentanahan sistem dengan pentanahan trafo
 2. Pentanahan Sistem
 3. Pentanahan trafo
5. Bersihkan ujung pentanahannya dan terminalnya.
 6. Lakukan pengukuran nilai tahanan pentanahan Trafo dengan langkah – langkah sbb :
 - a. Hubungkan kabel alat ukur warna hijau ke sistem pentanahan trafo (gambar 3.35) .
 - b. Hubungkan kabel alat ukur warna kuning ke tanah dengan jarak 5 – 10 m dari alat ukur, memakai road yang ditancapkan ke tanah (gambar 3.36.) .
 - c. Hubungkan kabel alat ukur warna merah ke tanah dengan jarak 5 – 10 m antara ujung kabel kuning dengan ujung kabel merah memakai road yang ditancapkan ke tanah (gambar 3.37) .



- d. Nilai pentanahan peralatan yang diukur dan kedua elektroda tersebut harus berada pada suatu garis lurus (segaris)
- e. Operasikan alat ukur dengan cara menekan tombol perkalian skala (**x10 Ohm / x10 Ohm / x100 Ohm**) atur sesuai dengan range nilai pengukuran kemudian tekan tombol **MEAS**.
- f. Amati hasil penunjukannya, dan masukkan nilainya pada test report yang tersedia dengan satuan Ohm.
- g. Lakukan Pengujian sebanyak 3 kali ke arah yang lain dan hasil akhir adalah rata-rata dari total pengukuran tersebut.



Gambar 3.35.
Kabel hijau dari alat ukur dihubungkan dengan sistem pentanahan



Gambar 3.36.
Kabel kuning dari alat ukur dihubungkan ke tanah



Gambar 3.37.
Kabel merah dari alat ukur dihubungkan ke tanah



Gambar 3.38. Hasil Penunjukan Alat Ukur Tahanan Pentanahan

Catatan : Kabel Hijau, kuning dan merah harus direntangkan seluruhnya (tidak boleh ada yang tergulung) dan segaris.



Gambar 3.39. Proses Pengukuran Tahanan Pentanahan

7. Pengukuran selesai, lanjutkan dengan penyambungan kembali terminal sistem pentanahan trafo .
8. Kembalikan alat – alat yang telah dipakai seperti semula.

**Hasil Pengukuran Tahanan Pentahanan Trafo**

No	Acuan	Hasil Pengukuran Sebelumnya (ohm)	Hasil Pengukuran saat ini (ohm)	Tindakan	Kesimpulan	Pelaksana
1						
2						
3						
Rata-rata						



3.3. Pengujian Tahanan DC Pada Transformator

3.3.1.Umum

Transformator 3 fasa mempunyai bermacam jenis belitan dan inti, ada yang inti dan kumparan yang ditempatkan dalam satu bank dengan *connection* (hubungan) Y atau ρ yang terbungkus didalam trafo (*three phase transformer*), dan ada juga trafo tiga fasa yang setiap fasanya mempunyai kumparan dan inti masing-masing dengan *connection* (hubungan) Y atau ρ yang terhubung diluar trafo (*single phase transformer*).

Kumparan trafo merupakan gulungan dari konduktor sehingga pada trafo tersebut ada tahanan impedansi yang terdiri dari tahanan listrik induktansi (XL) dan tahanan listrik murni (R), untuk mengetahui kondisi kumparan apakah masih baik atau tidak, perlu dilakukan pengukuran-pengukuran salah satu diantaranya adalah pengukuran tahanan murni (R), untuk pengukuran tahanan murni hanya dapat dilakukan dengan sumber arus searah (DC / *Direct Current*), karena bila menggunakan sumber arus bolak-balik (AC / *Alternating Current*) maka yang terukur adalah impedansinya ($Z = R + jX$), sehingga pengukuran ini sering dikatakan dengan pengukuran tahanan DC.

3.3.2.Tujuan

Pengukuran Tahanan DC pada transformator dimaksudkan :

1. Mengetahui besarnya tahanan DC pada kumparan transformator untuk setiap fasa, hal tersebut diperlukan untuk mengetahui apakah besarnya tahanan DC masih tetap dan tidak berubah, hasil pengukuran dibandingkan dengan besarnya tahanan DC dari spesifikasi pabrik atau hasil komisioning pada saat trafo pertama kali di operasikan dan hasil pengukuran pada pengukuran tahun sebelumnya.
2. Besarnya Tahanan DC dibandingkan antar fasa apakah ada perbedaan atau tidak.
3. Pengukuran tahanan DC juga dimaksudkan untuk mengetahui apakah sambungan – sambungan pada belitan termasuk kontak-kontak pada tap changer kondisinya baik atau tidak.



3.3.3. Peralatan Yang Digunakan

3.3.3.1. Micro Ohmmeter

Peralatan yang digunakan adalah *Micro Ohmmeter* dengan skala tahanan dari $1 \mu\Omega$, $m\Omega$ sampai dengan Ω dengan sistem tegangan 4.5 – 7 Volt DC (tegangan searah) dengan skala arus dari 0.01A , 0.1A , 1A , sampai 10A

Alat uji Micro Ohmmeter ditempatkan dalam Box yang dapat ditutup rapat dilengkapi dengan batere NiCad yang dapat diisi kembali (*Recharger*) dengan tegangan 110/220Volt , tampilan hasil pengukuran dengan lampu LCD (*Liquid Cristal Diode*) 18 mm untuk memudahkan pembacaan, juga dilengkapi dengan lampu indicator *Over Range* apabila skala terlalu besar dan pembalikan pengukuran bila kabel terbalik.

Empat buah lampu LED pada panel yang masing-masing akan memberikan indikasi bila terjadi :

1. Kesalahan pengukuran (rangkaian terbuka atau fuse putus)
2. Thermal protection
3. Batere habis
4. Batere sedang di Charger.



Gambar 3.40. Alat Uji Tahanan DC



3.3.3.2. Indikator

Batere Low : Bila menyala berkedip batere masih dapat digunakan untuk pengukuran sampai 10 kali dengan skala arus 10 A atau lebih banyak lagi untuk type pengukuran yang lain. Bila nyalanya sudah tidak berkedip maka alat sudah tidak dapat dipakai lagi dan harus di *Recharger*.

Charging : Lampu hijau charging menunjukan batere sedang diisi , indicator akan menyala selama alat tersambung dengan sumber AC

Display : Bila sebelah kiri display menunjukan angka 1 artinya Over Load atau range terlalu besar.

Jika tanda “ – ” – (negatif) menunjukan pengukuran terbalik (kabel arus dan tegangan tertukar

Fault : Lampu fault menyala disebabkan dari salah satu dari dua hal, yaitu ;

1. Tahanan yang diukur terlalu besar dari range yang dipilih, *putarkan switch selector* ke range yang lebih tinggi maka lampu akan padam
2. Jika arus pengeluaran menjadi NOL , dikarenakan sirkit terbuka atau fuse putus, Periksa rangkaian kabel / klip penjepit kontak dan kondisi fuse

Catatan :

Untuk mengetahui dengan cepat kondisi fuse , hubung singkat/ jumper antara C1 dengan C2 , lalu switch di ON kan , jika lampu fault menyala tandanya salah satu fuse putus.

Spesifikasi Elektrik

Range	2000 $\mu\Omega$	20 m Ω	200 m Ω	2000 m Ω	20 Ω	200 Ω
Display	1999	19.99	19.9	1999	19.99	199.9
Resolusi	1 $\mu\Omega$	10 $\mu\Omega$	100 $\mu\Omega$	1 m Ω	10 m Ω	100 m Ω
I. Test	10 A	1 A	1 A	100 mA	10 mA	10 mA

**Kemampuan Batere**

Pemakaian Pada Range	Lamanya Pengukuran
2000 $\mu\Omega$	200 – 300 detik
20 – 200 $\mu\Omega$	900 detik
2000 m Ω	5000 detik
20 – 200 m Ω	5000 detik

Tegangan Operasi : 4 s/d 7 Volt DC**Waktu untuk Charger : 14 Jam****3.3.3.3. Prosedur Pengoperasian**

1. Sebelum pengukuran pastikan bahwa alat yang akan diukur sudah tidak bertegangan.
2. Sebelum pengukuran tahanan pada belitan transformator energi yang tersimpan dalam belitan harus dibuang terlebih dahulu yaitu dengan cara menghubung singkat terminal bushing trafo dan di ketanahkan.
3. Untuk keamanan alat ukur salah satu terminal trafo harus di ground (di arde)
4. Bersihkan permukaan yang akan diukur sebelum disambung dengan kabel pengukuran.
5. Pastikan benar bahwa kontak antara kabel pengukuran dengan alat yang akan diukur tersambung dengan baik.
6. Pilih range yang kira-kira sesuai dengan alat yang akan diukur.
7. Bila tidak dapat memperkirakan besarnya tahanan yang akan diukur tempatkan dulu pada range yang paling tinggi (200 Ω).
8. On kan Switch
9. Range dapat dipindah (diputar) ke range yang sesuai tanpa Switch di OFF kan (Selector switch dapat di putar selagi alat beroperasi)
10. Pembacaan meter, dalam pengukuran tahanan pembacaan baru akan stabil dalam beberapa saat, untuk beban induktif (pada Trafo) akan memakan waktu

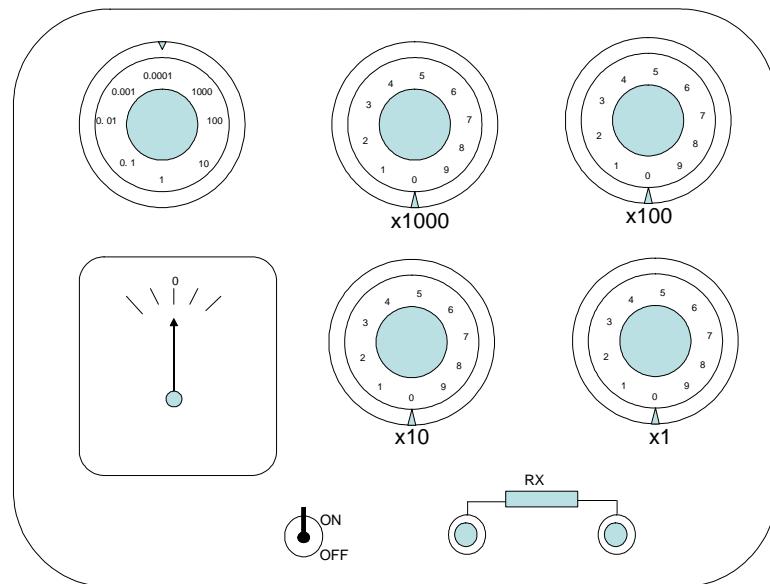


beberapa menit untuk pembacaan yang stabil dan tergantung dari besarnya alat dan impedansi dari alat yang diukur.

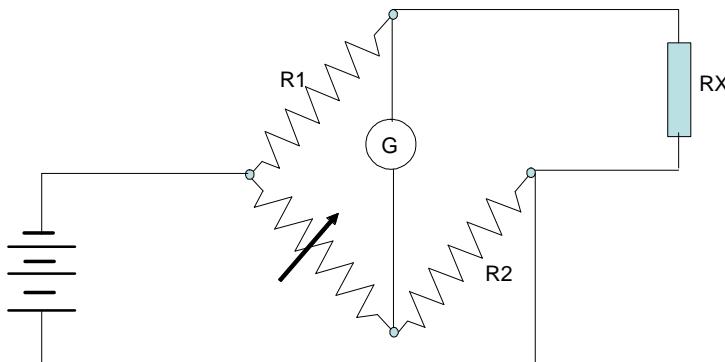
11. Lakukan pengukuran untuk setiap fasa.
12. Hasil pengukuran catat dalam formulir yang telah disediakan.

3.3.3.4. Jembatan Wheatstone

Peralatan lainnya yang dapat dipergunakan untuk pengukuran tahanan DC adalah jembatan Wheatstone, alat ini bekerjanya adalah berdasarkan keseimbangan, apabila tahanan sudah seimbang maka indikasi arus yang mengalir pada galvanometer menunjuk nol dan tahanan yang diukur dapat dibaca pada tahanan yang dapat diatur. Tahanan yang dapat diatur mempunyai skakelar pemilih dengan posisi perkalian 0.0001, 0.001, 0.01, 0.1, 1, 10, 100, 1000 dan empat buah skakelar pengatur dengan $\times 1000$, $\times 100$, $\times 10$ dan $\times 1$ dengan pengaturan 0 s/d 9.



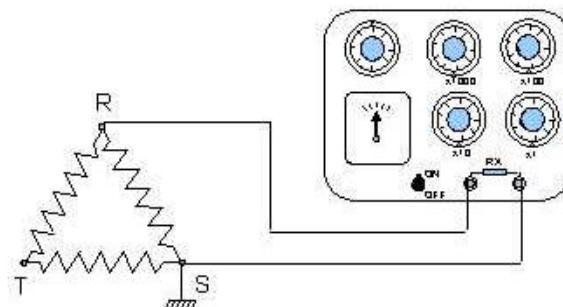
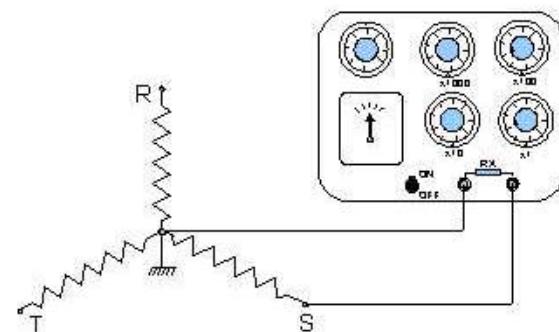
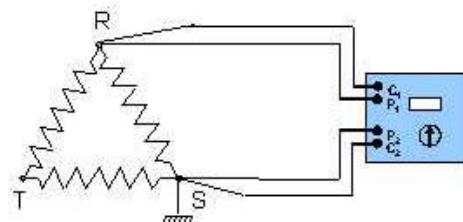
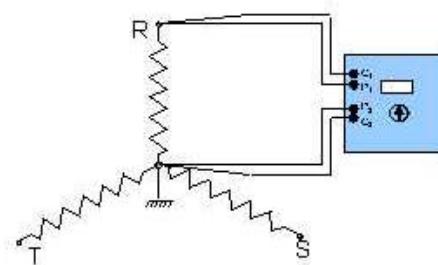
Gambar 3.41. Jembatan Wheatstone



Gambar 3.42. Prinsip Kerja Jembatan Wheatstone

3.3.4. Prosedur Pengoperasian

1. Pasang pangkal kabel pengukuran pada terminal Rx (ohm) alat ukur
2. Periksa saklar power alat ukur, harus dalam posisi OFF
3. Jepit kedua ujung kabel pengukuran pada kedua titik / klem terminal yang akan diukur
4. Periksa selector measuring dials dengan memutar ke posisi minimum
5. Tekan dan putar ke kanan tombol (push button) BA
6. Tekan dan putar ke kanan tombol (push button) GA
7. Atur selector measuring dials (x1000) (x100) (x10) (x1) dan selektor factor kali (multiply), sampai penunjukan galvanometer pada titik nol (R seimbang)
8. Baca hasil penunjukan pada selektor measuring dials dikalikan dengan penunjukan selector factor kali (multiply)
9. Catat hasil pengukuran pada blanko yang telah disediakan
10. Putar ke kiri tombol (push button) GA
11. Putar ke kiri tombol (push button) BA



Gambar 3.43. Prinsip Cara Pengukuran Tahanan DC

**Hasil Pengujian Tahanan DC Belitan Transformator**

Gardu Induk :

Transformator No.:

Daya : MVA

Tegangan :/..... kV

Tanggal pengujian :

Connection : Y Y n

Conection : Y

SISI TEGANGAN TINGGI (..... kV)									
Tap	ACUAN			HASIL UKUR SEBELUMNYA			HASIL PENGUKURAN		
	R-N	S-N	T-N	R-N	S-N	T-N	R-N	S-N	T-N
	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									

Connection : y

SISI TEGANGAN RENDAH (..... kV)									
Tap	ACUAN			HASIL UKUR SEBELUMNYA			HASIL PENGUKURAN		
	r-n	s-n	t-n	r-n	s-n	t-n	r-n	s-n	t-n
	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω
1									
2									
3									
4									
5									

Pelaksana Uji	Supervisi	Tanggal

**Hasil Pengujian Tahanan DC Belitan Transformator**

Gardu Induk :
 Transformer No.:
 Daya : MVA
 Tegangan :/..... kV
 Tanggal pengujian :
 Connection : Yn ρ

Connection : Y

SISI TEGANGAN TINGGI (..... kV)									
Tap	ACUAN			HASIL UKUR SEBELUMNYA			HASIL PENGUKURAN		
	R-N	S-N	T-N	R-N	S-N	T-N	R-N	S-N	T-N
	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									

Connection ρ

SISI TEGANGAN RENDAH (..... kV)									
Tap	ACUAN			HASIL UKUR SEBELUMNYA			HASIL PENGUKURAN		
	r-s	s-t	t-r	r-s	s-t	t-r	r-s	s-t	t-r
	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω
1									
2									
3									
4									
5									

Pelaksana Uji	Supervisi	Tanggal

**Hasil Pengujian Tahanan DC Belitan Transformator**

Gardu Induk :
 Transformer No.:
 Daya : MVA
 Tegangan :/..... kV
 Tanggal pengujian :
 Connection : p Yn

Connection p

SISI TEGANGAN TINGGI (..... kV)									
Tap	ACUAN			HASIL UKUR SEBELUMNYA			HASIL PENGUKURAN		
	R-S	S-T	T-R	R-S	S-T	T-R	R-S	S-T	T-R
	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									

Connection Y

SISI TEGANGAN RENDAH (..... kV)									
Tap	ACUAN			HASIL UKUR SEBELUMNYA			HASIL PENGUKURAN		
	r-n	s-n	t-n	r-n	s-n	t-n	r-n	s-n	t-n
	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω	Ω
1									
2									
3									
4									
5									

Pelaksana Uji	Supervisi	Tanggal



3.4. Pengujian Kehilangan Daya Dielektrik Dan Faktor Daya Dielektrik (Pengujian Tan Delta)

Dalam Teknik Tegangan Tinggi masalah isolasi tidak pernah lepas untuk dibicarakan. Setiap peralatan yang akan dioperasikan di tegangan tinggi harus telah lulus uji isolasi yang layak.

Kegagalan (*failure*) yang terjadi pada peralatan tegangan tinggi yang sedang dipakai dalam operasi sehari – hari disebabkan karena isolasinya memburuk (*deterioration*) atau karena terjadi kegagalan (*breakdown*) pada bagian – bagiannya. Melemahnya isolasi ini disebabkan karena panas, kelembaban, kerusakan mekanis, korosi kimiawi, korona, tegangan lebih dan lain-lain. Maksud dari pengujian isolasi adalah untuk mengetahui proses kelemahan yang terjadi, supaya kegagalan dalam operasi dapat dihindarkan.

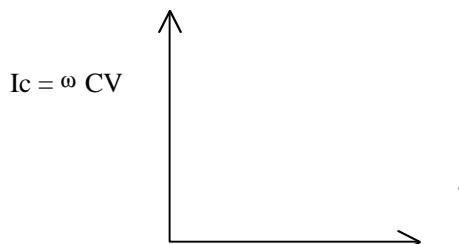
Pengujian tersebut adalah meliputi :

1. Pengujian kehilangan daya dielektrik (*Power Disappear Dielectric*)
2. Pengujian faktor daya dielektrik (*Power Factor Dielectric*)
3. Pengujian tahanan isolasi

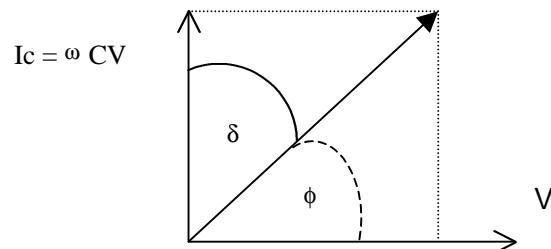
Yang akan dibahas dalam materi ini adalah point 1 dan 2 yang menjelaskan sedikit tentang hal tersebut pada Transformator.

3.4.1. Teori Pengujian

Transformator yang diuji diibaratkan sebagai kapasitor. Apabila sebuah kapasitor sempurna / ideal diberikan tegangan bolak – balik sinusoida maka arusnya akan mendahului tegangan dengan 90° , seperti gambar 3.41..



Gambar 3.44. Tegangan Bolak – Balik sinusoida



Gambar 3.45. I mendahului V dengan sudut kurang dari 90° ,



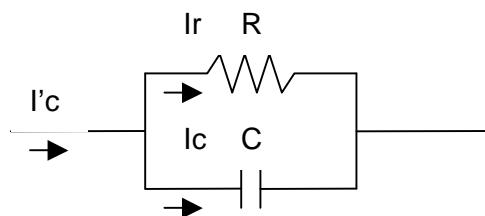
Dalam hal ini berlaku hubungan antara arus I_c dan tegangan V :

$$I_c = \omega C V$$

Oleh karena kehilangan daya dielektrik, maka I mendahului V dengan sudut kurang dari 90° , gambar 3.42. Sudut ϕ disebut sudut fasa dari kapasitor dan faktor dayanya $\cos \phi$ dan

$$\delta = 90^\circ - \phi$$

disebut sudut kehilangan (loss – angle). Jadi faktor daya dapat juga dinyatakan sebagai $\sin \delta$.



Gambar 3.46. Komponen pada Kapasitor yang Tidak Sempurna

Dalam kapasitor sempurna / ideal $\phi = 90^\circ$ sehingga $\delta = 0$. Oleh karena itu kehilangan daya dielektrik dinyatakan oleh :

$$PD = I V \cos \phi = I V \sin \delta$$

Maka kehilangan daya dalam kapasitor sempurna adalah Nol. Komponen pada kapasitor yang tidak sempurna dijelaskan pada gambar 3.43. Jadi persamaannya adalah :

$$I_c = I \cos \delta$$

$$\text{Sehingga } C = \frac{I}{\omega V} \cos \delta$$

$$\begin{aligned} PD &= V \sin \delta \frac{V \omega C}{\cos \delta} \\ &= V^2 \omega C \tan \delta \end{aligned}$$

**Keterangan :**

- I_c = Arus Kapasitor
- I_r = Arus Resistan
- ω = $2\pi f$
- PD = Power Disappear
- $\tan \delta$ = Dissipation Factor

3.4.2. Alat Uji

Alat uji yang digunakan untuk mengetahui kehilangan daya dielektrik dan faktor daya dielektrik adalah MultiAmp CB 100 dan Tettex 2858.

Pada MultiAmp tegangan uji yang digunakan adalah 30 VAC. Hasil uji yang diketahui dari alat uji adalah $\tan \delta$ dan Capacitansi.

Pada alat uji Tettex tegangan uji yang digunakan mencapai 12 KV sedangkan hasil uji yang diketahui adalah :

- Capacitancy
- $\tan \delta$
- Arus bocor
- Daya Losses

3.4.3. Prosedur Pengujian pada Transformator

1. Bersihkan trafo dan isolator dari kotoran / debu
2. Lepaskan seluruh konduktor atau busbar pada bushing
3. Short Circuit bushing HV (R – S – T – N) begitu pula sisi LV (r – s – t – n) dengan menggunakan bare konduktor atau kabel dengan dibentang lurus.
4. Hubungkan kabel kontrol HV, LV dan kabel Ground dari alat uji ke objek uji.
5. Mulaiah pengujian
6. Jika trafo mempunyai Tap Changer, ujilah pada tap yang berbeda untuk mengetahui perbedaan pada tap lain



3.4.4. Penggunaan Alat Tettex Instrument

3.4.4.1. Persiapan

1. Persiapkan alat uji, kabel dan accessories lainnya serta yakinkan semuanya dalam kondisi baik
2. Letakkan alat uji pada tempat yang aman, terlindung dari sinar matahari langsung dan terjangkau dari titik/ klem terminal yang akan diuji
3. Persiapkan tool set yang diperlukan
4. Persiapkan blangko pengukuran/pengujian
5. Catat spesifikasi peralatan yang akan diuji
6. Bebaskan peralatan/instalasi yang akan diuji dari sumber tegangan
7. Pasang pentanahan temporer pada peralatan yang akan diuji sehingga aman dalam melakukan pelepasan kawat/kabel pada terminal peralatan yang akan diuji
8. Lepaskan kawat/kabel pada terminal peralatan yang akan diuji
9. Bersihkan bushing dari kotoran dengan pembersih
10. Pengujian harus dilakukan dalam keadaan cuaca kering untuk menghindari terjadinya kondensasi pada bushing
11. Rangkai alat uji seperti modul tegangan uji, control unit, dan alat uji sesuai dengan buku petunjuk (instruction manual)
12. Lepaskan pentanahan temporer dari peralatan yang akan diuji.

3.4.4.2. Pelaksanaan (Pada Transformator Tenaga)

1. Hubung singkatkan terminal primer, sekunder dan tersier (bila Trafo Three Winding) terhadap masing-masing titik netralnya
2. Hubungkan pentanahan alat uji dengan pentanahan peralatan yang akan diuji
3. Hubungkan kabel sisi tegangan tinggi alat uji ke kumparan primer peralatan yang akan diuji
4. Hubungkan kabel sisi tegangan rendah alat uji (Input A) ke kumparan sekunder



5. Bila terdapat kumparan tersier (Trafo Three Winding), hubungkan kabel sisi tegangan rendah alat uji (Input B) ke kumparan tersier
6. Hubungkan alat uji dengan sumber tegangan AC (power supply) sistem 3 kawat (Fasa, Netral dan Ground)
7. Aktifkan (switch-ON) alat uji (pada power supply dan monitor)
8. Periksa indikator pada display
9. Posisikan indicator sebagai berikut :
 - 9.1. Ground : ON
 - 9.2. HV Voltage : OFF
 - 9.3. Capacitance/inductance : 0000
 - 9.4. Dissipation/power factor : 0000
 - 9.5. Tan δ : led padam
 - 9.6. C_N EXT/INT : led padam
 - 9.7. Tan δ / PF 20 ° C : led padam

10. Isilah data objek pengujian dan setting pengujian :

- 10.1. Tekan IDENT INPUT
- 10.2. Pilih 1= IDENTIFICATION untuk mengisi data pengujian (Objek, Site, No Seri)
- 10.3. Pilih 2 = SET TIME untuk mengisi data waktu
- 10.4. Tekan Tan δ / PF 20 o C
- 10.5. Isilah temperature minyak trafo actual
- 10.6. Tekan OPT
- 10.7. Pilih 3 = To 10 KV

11. Mulai pengujian :

- 11.1. On - kan HV Voltage
- 11.2. Tekan TEST MODE lalu tekan UST A



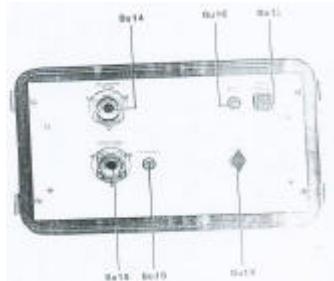
- 11.3. Tekan RUN (pada monitor akan muncul C C C atau L L L running)
- 11.4. Naikkan tegangan uji perlahan – lahan dengan menekan tombol UP bersamaan dengan tombol SAFETY SWITCH dan perhatikan VOLTAGE TEST
- 11.5. Setelah tegangan uji tercapai, tekan PRINT
- 11.6. Perhatikan hasil print out apakah sudah sesuai dengan yang diinginkan
- 11.7. Untuk tegangan lainnya ulangi langkah 11.4 sampai 11.6
- 11.8. Turunkan tegangan sampai Nol dengan menekan tombol DOWN
- 11.9. Untuk jenis pengukuran TEST MODE yang lain (mis: GST A+B atau lainnya), ulangi langkah 11.2 sampai 11.8
- 11.10. Setelah pengukuran selesai, tekan OFF HV Voltage dan lepas SAFETY SWITCH

3.4.4.3. Finishing

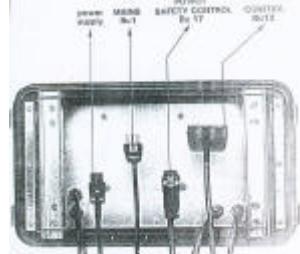
1. Lepas rangkaian kabel alat uji
2. Kembalikan alat uji, kabel & accessories-nya pada tempat yang aman
3. Pasang kembali kawat/kabel pentanahan yang telah diuji pada rangkaian peralatan
4. Lakukan pengecekan ulang untuk meyakinkan sambungan telah terpasang dengan baik dan benar

3.4.4.4. Beberapa istilah pada pengukuran adalah :

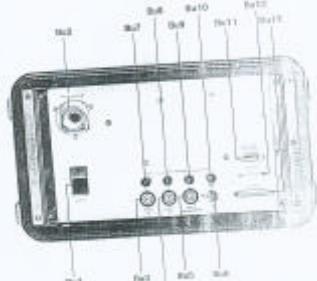
- UST = Ungrounded Specimen Test artinya objek uji tidak ditanahkan
- GST = Grounded Specimen Test artinya objek uji ditanahkan
- CH – L = Pengukuran antara kumparan Primer dan Sekunder
- CH – G = Pengukuran antara kumparan Primer dengan Ground
- CL – G = Pengukuran antara kumparan Sekunder dengan Ground



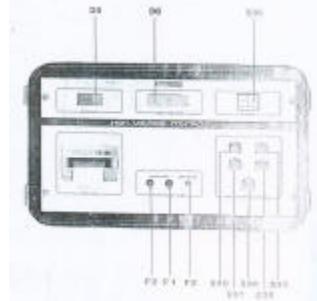
Konektor pada bagian tegangan tinggi (12 kV)



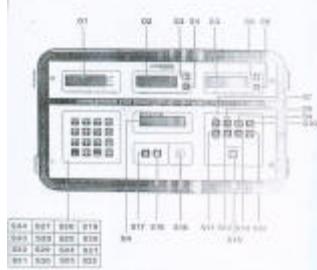
Bagian control lengkap dengan kabel penghubung



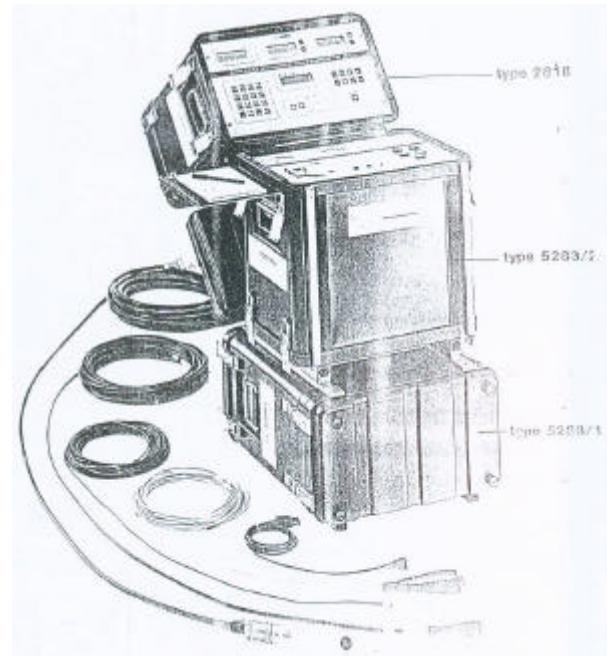
Panel bagian pengukuran (koneksi ke obyek)



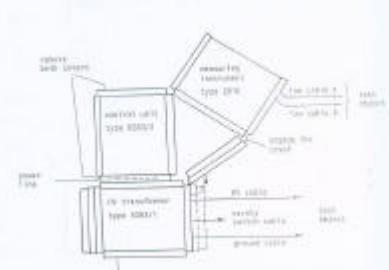
Panel control dan printer



Panel meter dan switch mode



Rangkaian alat ukur tan delta merk “TETTEX”

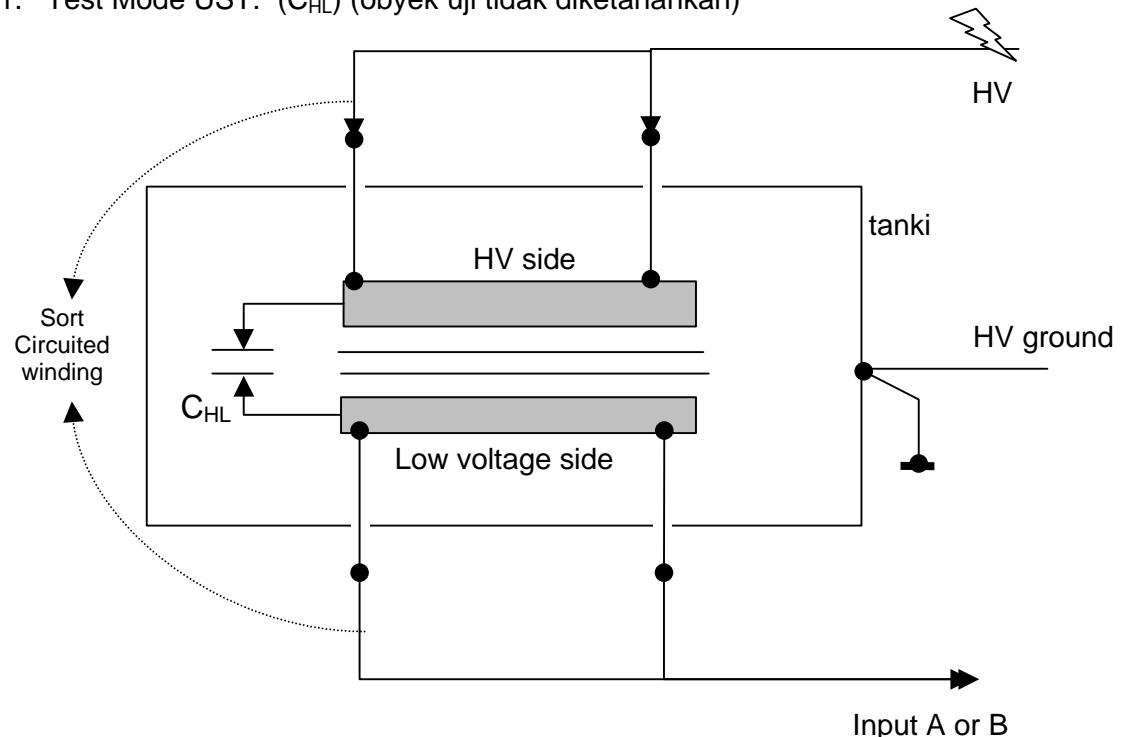


Gambar 3.47. Bentuk Fisik Alat Ukur Tan Delta Merk “ TETTEX”



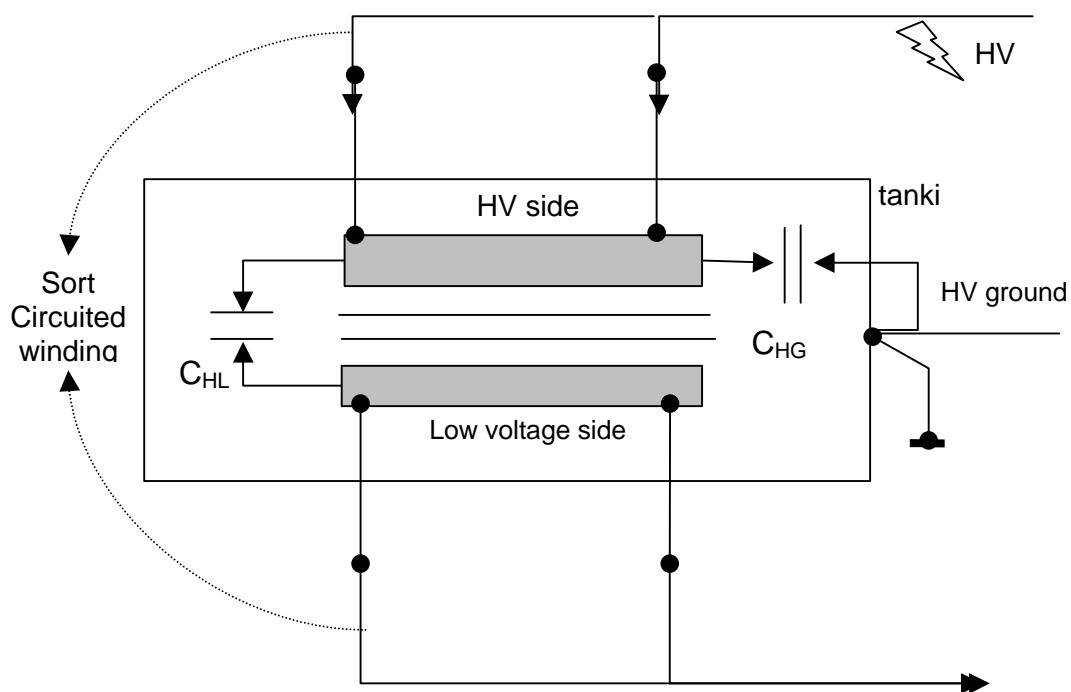
3.4.5. Rangkaian Pengukuran

1. Test Mode UST. (C_{HL}) (obyek uji tidak diketanahkan)



Gambar 3.48. Test Mode UST

2. Test Mode GST (CHG). (Obyek diketanahkan).

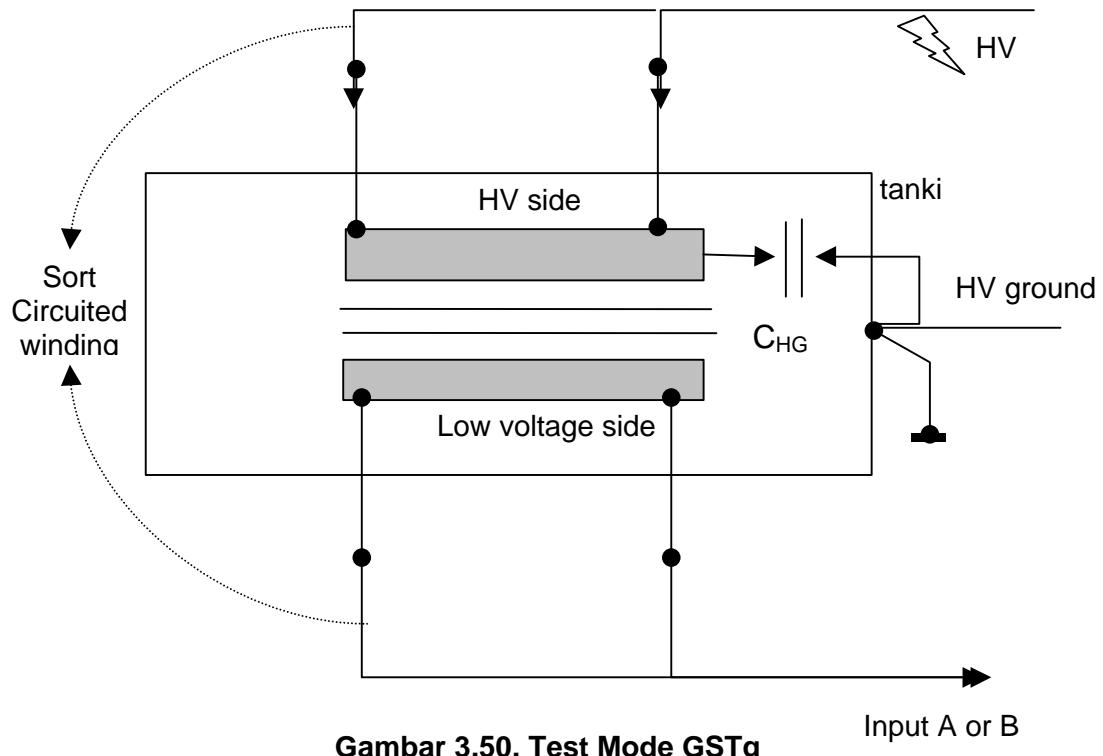


Gambar 3.49. Test Mode GST

Input A or B



3. Test Mode GSTg (CHG). (Obyek terhadap guard).



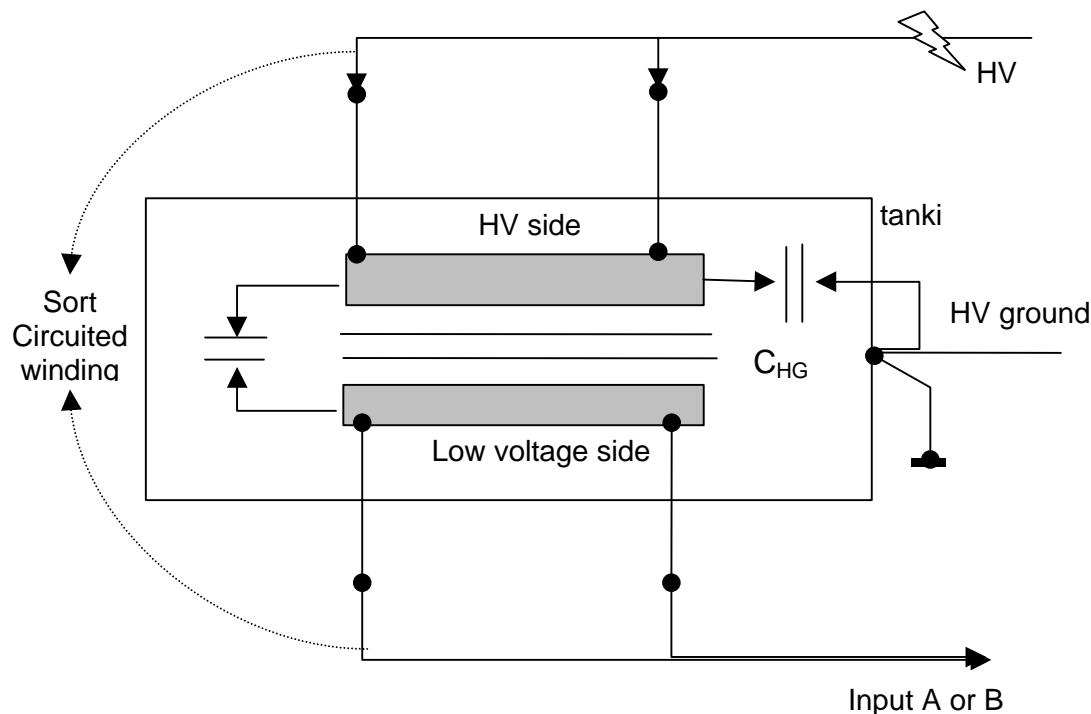
Gambar 3.50. Test Mode GSTg

Input A or B



3.4.6. Prosedure Pengukuran pada Transformator

1. Transformator dengan 2 kumparan.

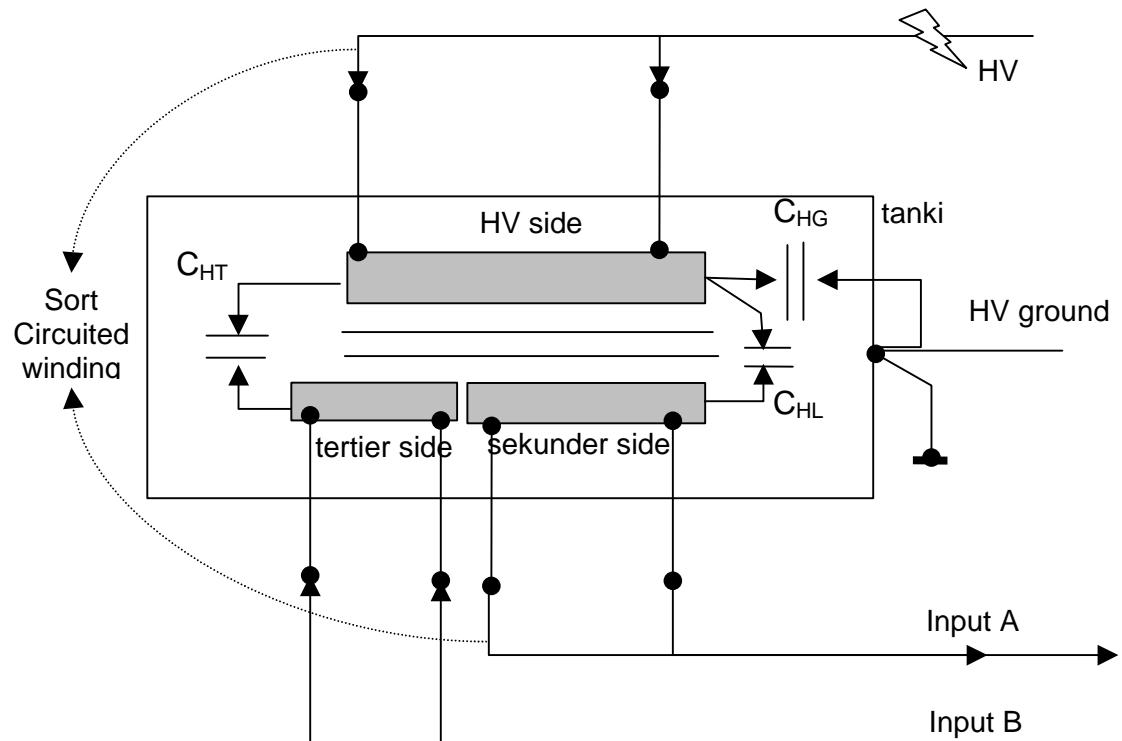


Gambar 3.51. Transformator dengan 2 kumparan

Test Mode	C yang diukur
UST A	CHL
UST B	
UST A + B	CHL
GST A + B	CHG + CHL
GSTg A	CHG
GSTg B	CHL + CHG
GSTg A + B	CHG



2. Transformator dengan 3 kumparan.



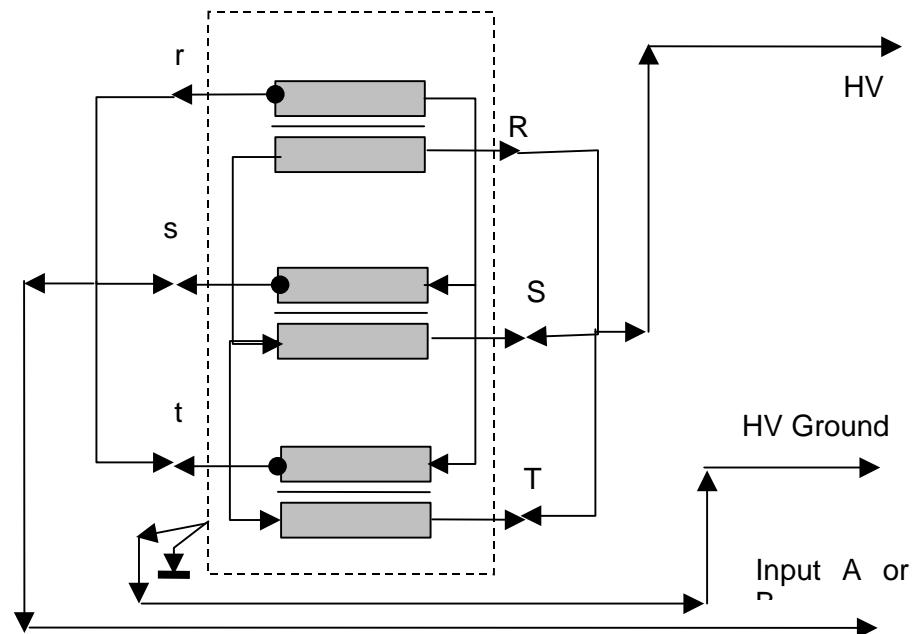
Gambar 3.52. Transformator Dengan 3 Kumparan.

Test Mode	C yang diukur
UST A	C_{HL}
UST B	C_{HT}
UST A + B	$C_{HL} + C_{HT}$
GST A + B	$C_{HG} + C_{HL} + C_{HT}$
GSTg A	$C_{HT} + C_{HG}$
GSTg B	$C_{HL} + C_{HG}$
GSTg A + B	C_{HG}



3.4.7. Transformator 3 Fasa

1. Star – Star Connection

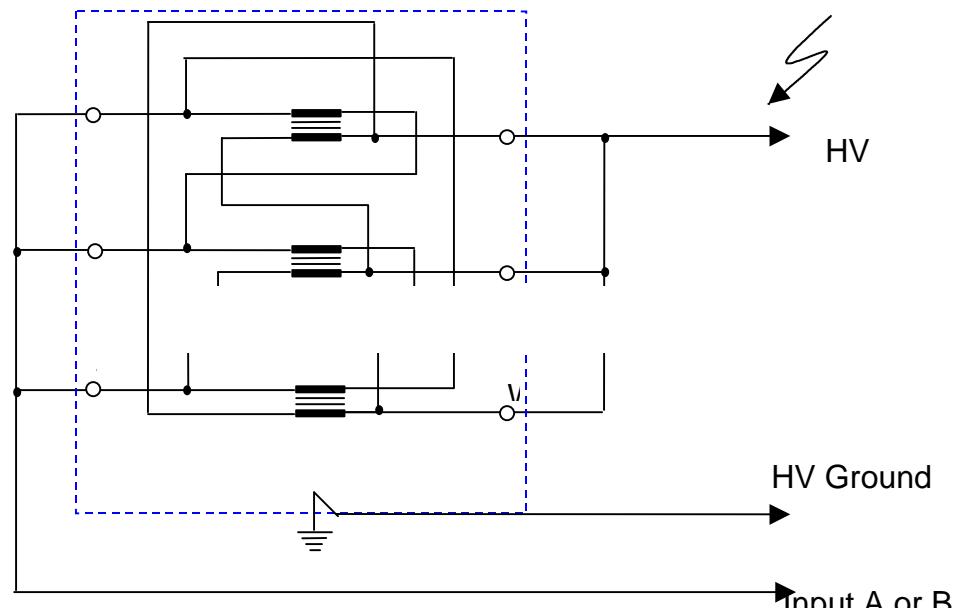


Gambar 3.53. Star – Star Connection

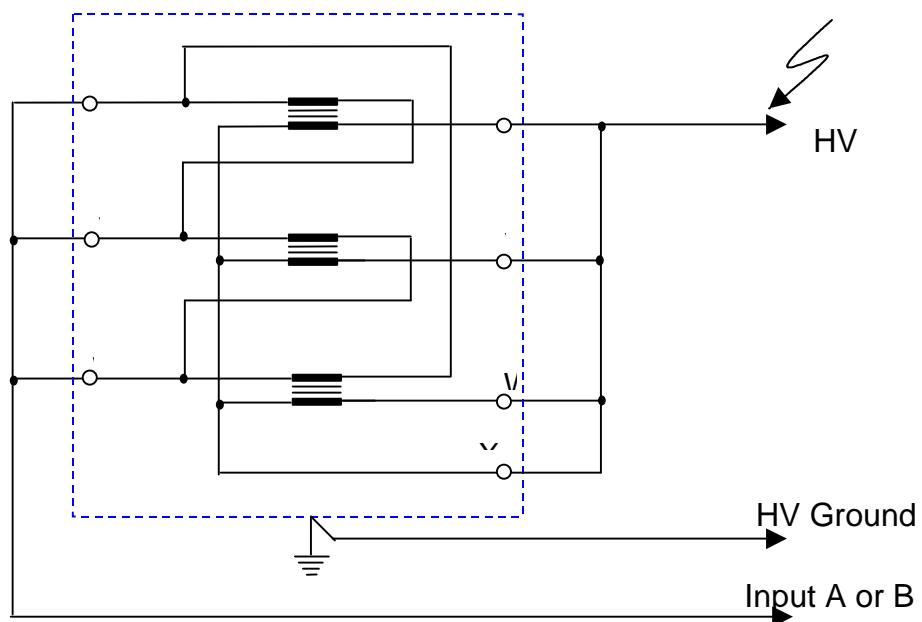
Catatan : titik netral harus terisolasi dari tegangan pengukuran.



2. Delta – Delta Conection

**Gambar 3.54. Delta – Delta Connection**

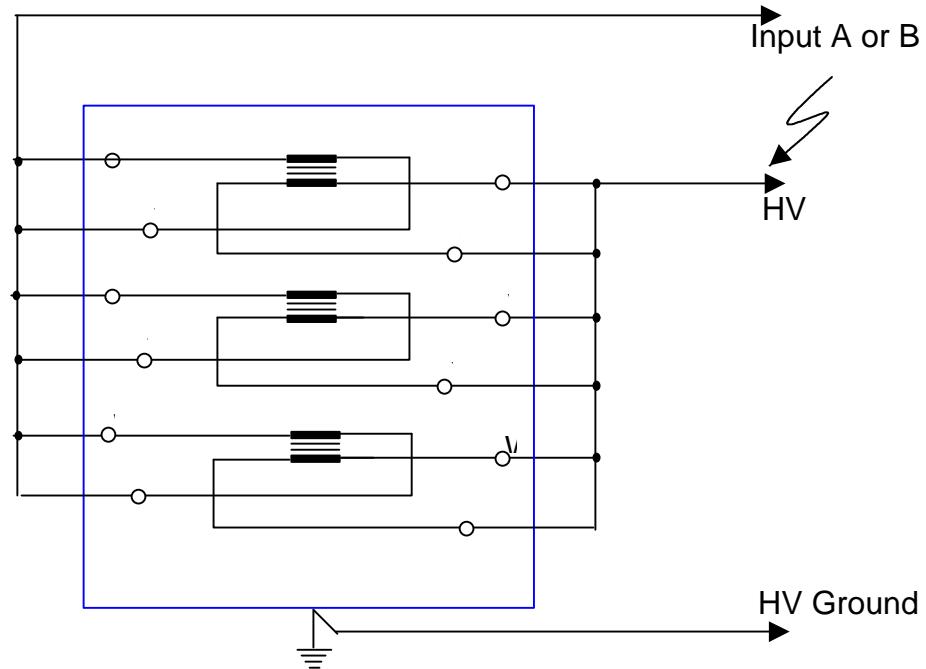
3. Star – Delta Connection

**Gambar 3.55. Star Delta Connection**

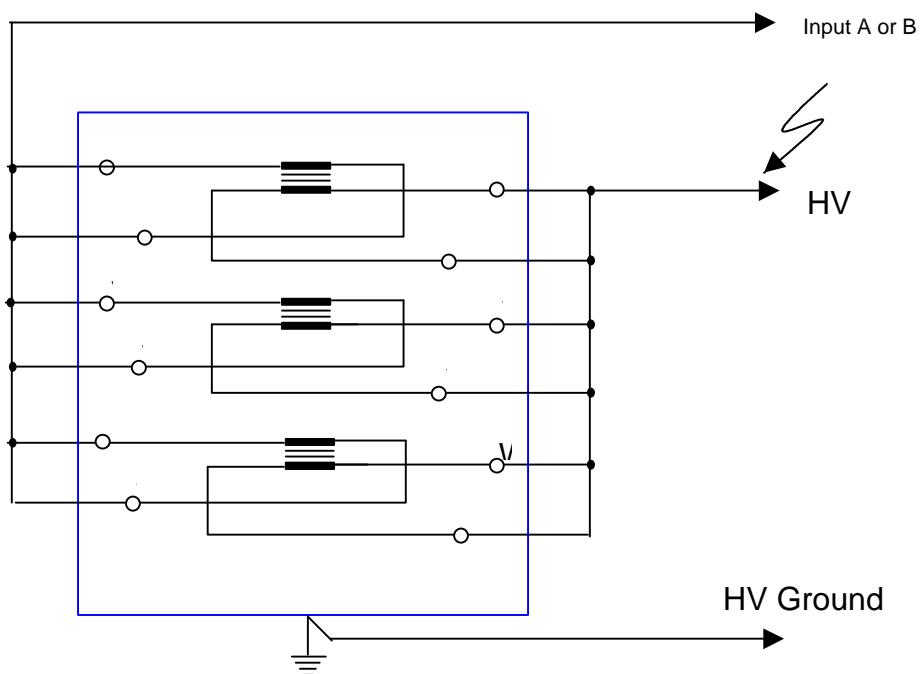
Catatan : Titik netral harus terisolasi dari tegangan pengukuran.



4. Transformer With Free Windings (Can Also Be Measured Separately)

**Gambar 3.56. Transformer With Free Windings**

5. Transformer With Tertiary Winding (Measured Separately)

**Gambar 3.57. Transformer With Tertiary Winding**



Capacitances measured with ANSI C 57.12.90 Standard measuring circuits :

$$\text{UST} : \text{Ungrounded specimens} = C_{HL1} + C_{HL2} + C_{HL3}$$

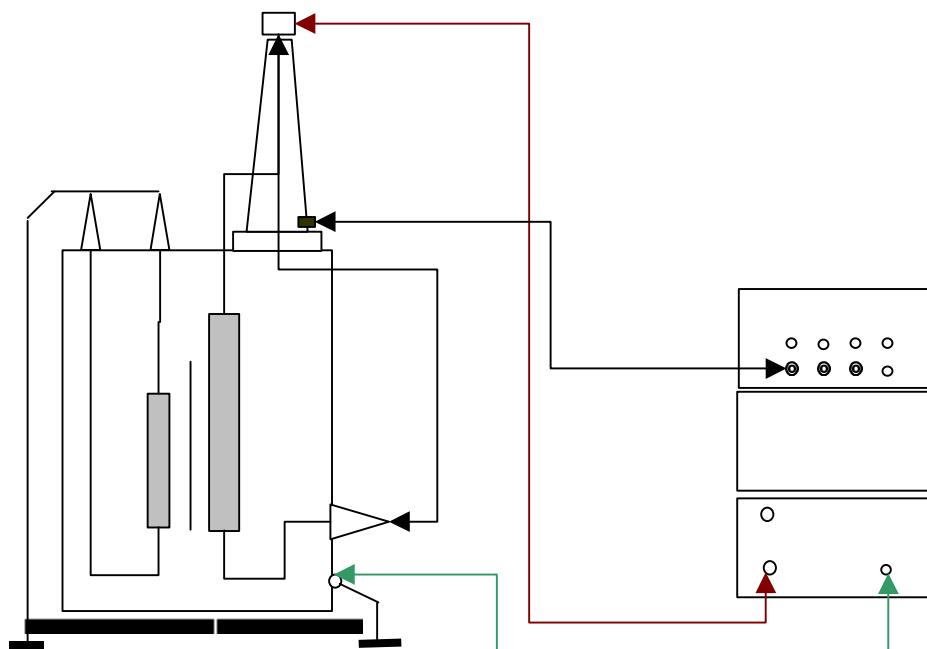
$$\text{GST} : \text{Grounded specimens} = C_{UST} + C_{HE1} + C_{HE2} + C_{HE3}$$

$$\text{GSTg: Grounded specimen with guard} = C_{HE1} + C_{HE2} + C_{HE3}$$

Keterangan :

- C = Capacitance
- H = High (Voltage)
- L = Low (Voltage)
- 1-3 = Phases
- E = Ground

3.4.8. Pengukuran Dissipasi Factor Bushing.



Gambar 3.58. Pengukuran Dissipasi Factor Bushing

Keterangan : Set Test Mode Switch To Ust A (Or Ust B).



3.5. Thermometer

Thermometer adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengetahui perubahan suhu pada suatu ruangan/ bejana baik ruangan yang bersuhu rendah ataupun ruangan yang bersuhu tinggi. Pada ruangan yang bersuhu rendah, thermometer dapat ditempatkan langsung pada ruangan yang akan diukur suhunya (disebut thermometer pengukur langsung), sedang pada ruangan yang bersuhu tinggi diperlukan alat bantu berupa sensor, thermostat dll (disebut thermometer pengukur tidak langsung).

3.5.1.Thermometer Pengukur Langsung

Yang dimaksud dengan thermometer pengukur langsung adalah jenis thermometer yang digunakan untuk mengukur suhu ruangan dengan tanpa peralatan bantu dan biasanya digunakan pada ruangan yang bersuhu rendah, misalnya ruang kantor, ruang tamu dan lain-lainnya. Bentuk thermometer pengukur langsung dapat dilihat pada gambar 3.56.

Pada instalasi tegangan tinggi / Gardu Induk thermometer jenis ini dipasang pada ruang kontrol, ruang rele, ruang PLC dll.

Suhu ruangan dicatat secara periodik pada form yang telah disiapkan (Form A).



Keterangan :

- 1 : papan dudukan thermometer
- 2 : gelas thermometer
- 3 : air raksa
- 4 : sensor

Gambar 3.59. Thermometer Pengukur Langsung

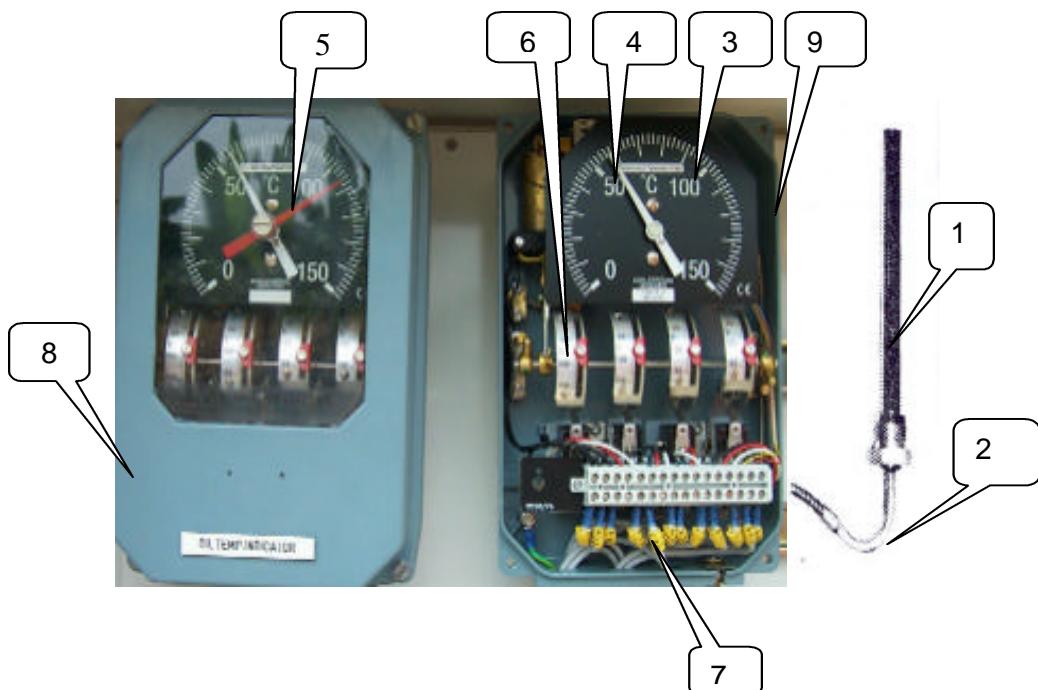


3.5.2. Thermometer Pengukur Tidak Langsung

Yang dimaksud dengan thermometer pengukur tidak langsung adalah jenis thermometer yang digunakan untuk mengukur suhu ruangan dengan bantuan peralatan lain berupa sensor, thermostat dll. Sensor berfungsi sebagai ditektor panas yang ditempatkan langsung pada ruangan yang akan diukur suhunya dan thermometer dapat dipasang pada lokasi sesuai kebutuhan. Bentuk dari peralatan jenis ini dapat dilihat pada gambar 3.57.

Pada instalasi tegangan tinggi, thermometer jenis ini digunakan untuk mengukur suhu minyak ataupun suhu belitan trafo.

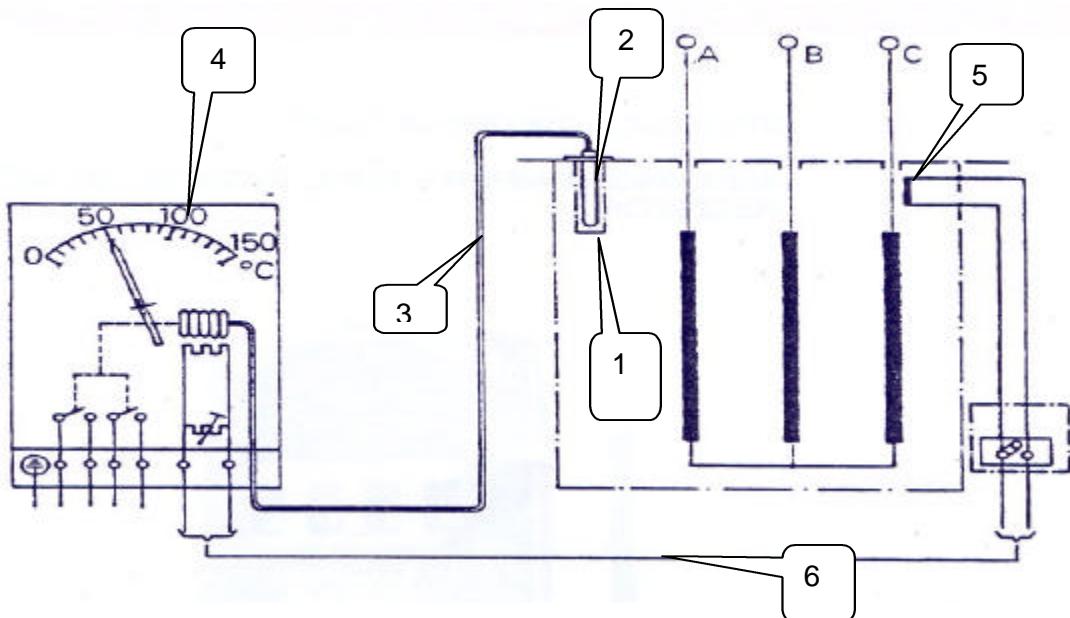
Skema peralatan pengukuran dimaksud dapat dilihat pada gambar 3.55.



Gambar 3.60. Thermometer Pengukur Tidak Langsung.

Keterangan :

1. Sensor Suhu
2. Pipa Kapiler
3. Skala Meter
4. Jarum Putih (penunjukan suhu setiap saat)
5. Jarum merah (penunjukan suhu max tercapai)
6. Piringan Cakram
7. Terminasi Kabel
8. Tutup Thermometer
9. Packing / Gasket



Gambar 3.61. Skema Peralatan Pengukuran Tidak Langsung

Keterangan :

1. Bulb sensor suhu
2. Sensor suhu
3. Pipa kapiler
4. Thermometer
5. Trafo arus
6. Kabel CT

3.5.3. Pemeliharaan Thermometer

Thermometer merupakan peralatan penting pada suatu Transformator daya, sehingga diperlukan pemeliharaan secara teliti dan dilakukan secara periodik agar keakuratan penunjukannya baik dan memperpanjang masa pakai .

Berdasarkan SE 032/PST/1984 pemeliharaan Themometer meliputi pemeriksaan visual dan kalibrasi dilakukan setiap tahun.

Cara Pemeliharaan

Butir – butir dan cara pemeliharaan yang dilakukan dapat dilihat pada daftar berikut:



Lembar Pemeliharaan Thermometer pada Transformator

No	Peralatan yang dipelihara	Cara pemeliharaan	Standard Hasil	Tindakan	Hasil	Keterangan
I.	Pemeliharaan fisik	<ul style="list-style-type: none">▪ Bersihkan rumah termometer▪ Periksa gasket penutup termometer▪ Periksa gland kabel kabel entry▪ Buka tutup kaca aluminium dan bersihkan bagian dalam thermometer▪ Bersihkan kontak terminal blok▪ Yakinkan bahwa gasket cable-entry tidak tembus air atau serangga▪ Bersihkan bulb, thermometer	Bersih Tidak bocor Rapat Bersih Bersih Rapat Bersih			
II	Pengukuran	<ul style="list-style-type: none">▪ Ukur tegangan DC 110 V▪ Ukur kontak-kontak alarem/triping▪ Ukur tahanan isolasi kabel pengawatan	110 V $> 2M\Omega$ $> 2M\Omega$			
III	Pengujian	<ul style="list-style-type: none">▪ Pengujian kalibrasi, menggunakan meter standars,▪ Pengujian fungsi , hubung singkatkan kontak terminal blok	Bekerja normal Trip dan indikasi			



3.5.4. Pengujian Thermometer

Transformator merupakan peralatan penting dalam suatu gardu induk , dimana keandalannya sangat diperlukan. Keandalan trafo dapat dipengaruhi oleh keandalan peralatan bantunya, diantaranya adalah peralatan untuk memonitor suhu minyak dan winding trafo yang lazim disebut thermometer. Thermometer akan berfungsi baik jika alat ini diset atau diuji dengan cara yang baik dan benar. Berdasarkan SE 032 /PST/1984 berikut suplemennya, pengujian/kalibrasi thermometer dilakukan setiap satu tahun sekali. Namun apabila diperlukan dapat dilakukan setiap saat.

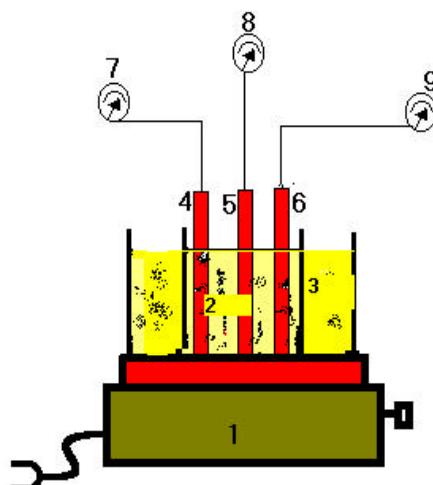
Pengujian/ kalibrasi thermometer dapat dilakukan dengan cara sbb :

1. Pengujian dengan media minyak (konvensional).
2. Pengujian dengan media udara (penyempurnaan).

3.5.4.1. Pengujian dengan Media Minyak (Konvensional).

Pengujian dengan cara konvensional, yaitu pengujian dengan menggunakan Kompor listrik/minyak sebagai sumber panasnya dan panci/bejana sebagai penampung minyaknya. Cara ini banyak dilakukan karena peralatannya mudah didapat dan sederhana, walaupun cara ini tidak praktis dan kurang aman bagi pelaksana.

Gambar pelaksanaan pengujian minyak secara konvensional dapat dilihat Pada gambar 3.62.



Gambar 3.62. Pengujian Thermometer Secara Konvensional

Keterangan :

1. Kompor Listrik
2. Bejana dalam bejana
3. Minyak
4. Sensor Winding
5. Sensor standar
6. Sensor oli
7. Thermometer winding
8. Thermometer standar
9. Thermometer oil

3.5.4.2. Langkah Pelaksanaan Pengujian

Persiapan

1. Siapkan peralatan uji (kompor listrik, bejana, kabel rol supply dll).
2. Siapkan tool set sesuai kebutuhan.
3. Siapkan blangko uji.
4. Catat spesifikasi teknik thermometer trafo yang akan diuji.
5. Lepaskan sensor suhu trafo dari tangki utama

**Pelaksanaan pengujian**

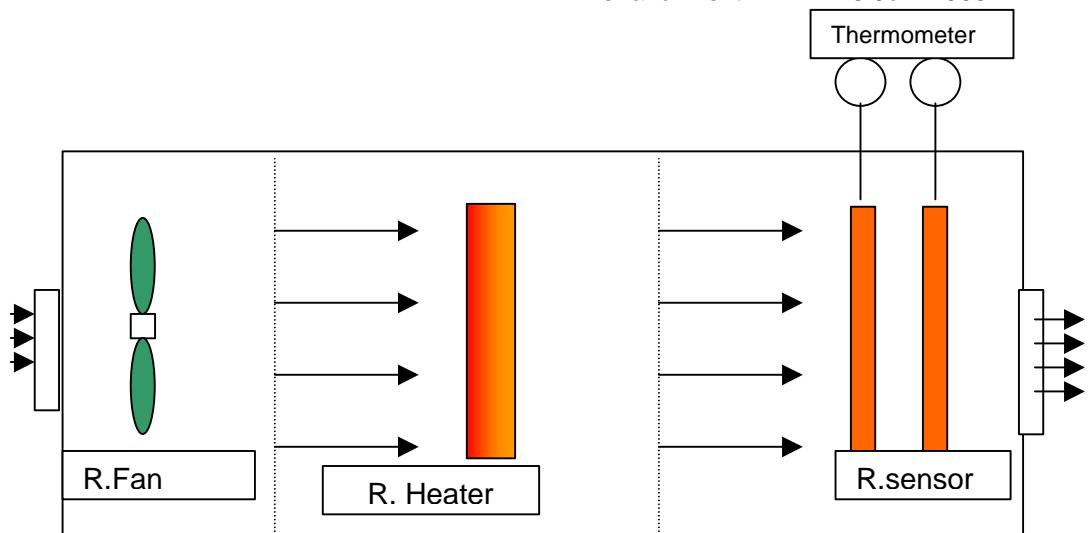
1. Pasang kabel rol supply ke sumber tegangan 220 Volt AC.
2. Ukur tegangan pada rol kabel supply dengan AVO Meter pada posisi volt AC, sehingga terbaca tegangan sebesar 220 Volt.
3. Pasang/ masukkan sensor suhu trafo dan sensor thermometer standard pada bejana bagian dalam yang telah terisi minyak trafo.
4. Hubungkan kabel steker dari kompor listrik ke kabel rol supply.
5. Nyalakan kompor listrik dan yakinkan kompor listrik berfungsi baik.
6. Perhatikan kenaikan suhu minyak dan catat hasil pengukuran suhu pada thermometer trafo dan bandingkan dengan hasil pengukuran thermometer standard tahap demi tahap. Perhatikan dan catat hasil pengukuran pada saat alarm berbunyi dan saat indikasi trip muncul.

Selesai pengujian/ pengukuran.

1. Matikan kompor listrik dengan memutar switch pada posisi OFF.
2. Lepas kabel steker dari rol kabel supply.
3. Lepas sensor suhu trafo dari bejana uji dan pasang kembali di tangki trafo serta pastikan pemasangannya dilakukan dengan benar.
4. Lepas rol kabel supply dari sumber tegangan 220 Volt.
5. Lakukan pemeriksaan ulang pada peralatan yang dibuka dan yakinkan bahwa peralatan tersebut telah dipasang kembali dengan baik.

3.5.4.3. Pengujian dengan Media Udara (Penyempurnaan).

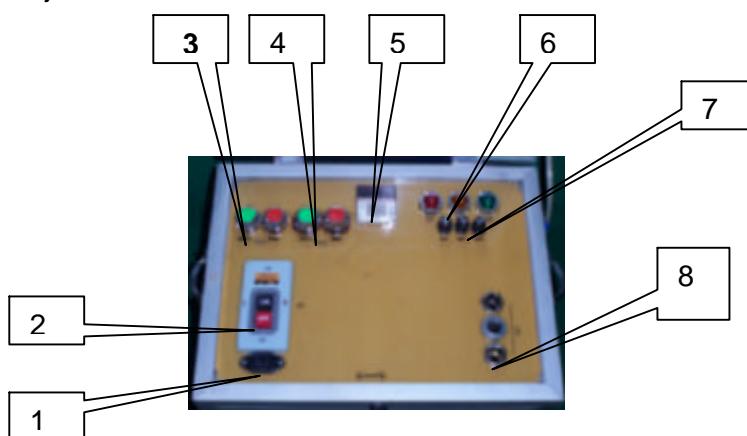
Pengujian dengan menggunakan media udara merupakan alat uji alternatif, dimana alat ini merupakan penyempurnaan dari peralatan pengujian konvensional. Peralatan dimaksud diberi nama “ HUP 2002” yang artinya hembusan udara panas 2002. Blok diagram alat uji tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.63. Blok Diagram Alat Uji

3.5.4.4. Prinsip Kerja

Panas yang dihasilkan heater didorong oleh hembusan fan dan diarahkan masuk ke ruang sensor, dimana sensor thermometer standard ataupun sensor thermometer yang akan diuji ditempatkan. Besaran panas merubah nilai tahanan pada termokopel mengalirkan arus listrik dalam orde mA yang besarnya berbanding lurus terhadap panas yang diditeksi oleh sensor serta perubahan besarnya panas tersebut ditunjukkan oleh thermometer.



Gambar 3.64. Gambar panel alat uji HUP 2002

Keterangan :

1. Plug steker supply 220 Volt AC
2. Push button "ON / OFF" Power supply 220 V0lt
3. Push button A, untuk Fan 1 dan Heater
4. Push button B, untuk Fan 2
5. Thermo kontrol dilengkapi meter digital standard



6. Lampu indikator , Merah : heater, Kuning : fan 1, Hijau : fan 2
7. Fuse
8. Terminal uji (lubang sensor)

3.5.4.5. Langkah Pelaksanaan Pengujian

Persiapan

1. Siapkan peralatan uji thermometer trafo
2. Siapkan tool set sesuai kebutuhan.
3. Siapkan blangko uji.
4. Siapkan rol kabel supply
5. Catat spesifikasi teknik thermometer trafo yang akan diuji.
6. Lepaskan sensor suhu trafo dari tangki utama

Pelaksanaan Pengujian

1. Pasang kabel rol supply ke sumber tegangan 220 Volt AC.
2. Ukur tegangan pada rol kabel supply dengan AVO Meter pada posisi volt AC, sehingga terbaca tegangan sebesar 220 Volt.
3. Pasang/ masukkan sensor suhu trafo pada terminal uji (lubang sensor)
4. Hubungkan kabel steker dari alat uji ke rol kabel supply.
5. Nyalakan alat uji dengan menekan tombol “ON” pada push button “ON/OFF” .
6. Tentukan setting suhu yang dikehendaki pada thermokontrol yang ditunjukkan oleh display meter.
7. Nyalakan heater dan fan 1 dengan menekan tombol ON pada Push button A, dan lampu warna merah dan kuning menyala.
8. Perhatikan kenaikan suhu minyak dan catat hasil pengukuran suhu pada thermometer trafo dan bandingkan dengan hasil pengukuran thermometer standard tahap demi tahap. Perhatikan dan catat hasil pengukuran pada saat alarm berbunyi dan saat indikasi trip muncul.

**Selesai Pengujian/ Pengukuran**

1. Matikan heater dan fan 1 dengan menekan tombol OFF pada push button A dan lampu warna merah dan kuning mati.
2. Nyalakan fan 2 dengan menekan tombol ON pada push button B dan lampu warna hijau menyala (pendinginan). Jika pendinginan sudah cukup, tekan tombol OFF pada push button B.
3. Lepas kabel steker dari rol kabel supply.
4. Lepas sensor suhu trafo dari terminal uji dan pasang kembali di tangki trafo serta pastikan pemasangannya dilakukan dengan benar.
5. Matikan alat uji dengan menekan tombol OFF pada push button "ON/OFF"
6. Lepas rol kabel supply dari sumber tegangan 220 Volt.
7. Lakukan pemeriksaan ulang pada peralatan yang dibuka dan yakinkan bahwa peralatan tersebut telah dipasang kembali dengan baik.

**Chek List Suhu****Lokasi :****Formulir A**

NO	TANGGAL	JAM	SUHU	KETERANGAN
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				

**MENGETAHUI
PENANGGUNG JAWAB****PETUGAS**

(.....)

(.....)



Data Hasil Pengujian Thermometer

Tanggal :
Lokasi :

Formulir B

NO	THERMOMETER STANDAR (° C)	THERMOMETER WINDING (° C)		THERMOMETER OIL (° C)		KETERANGAN
		Sebelumnya	Saat Ini	Sebelumnya	Saat Ini	
1	10					
2	15					
3	20					
4	25					
5	30					
6	35					
7	40					
8	45					
9	50					
10	55					
11	60					
12	65					
13	70					
14	75					
15	80					
16	85					
17	90					
18	95					
19	100					
20	105					
21	110					
22	115					
23	120					
24	125					
25	130					
26	135					
27	140					
28	145					
29	150					
30	155					

MENGETAHUI
PENANGGUNG JAWAB

PENGUJI

(.....)

(.....)



3.5.5. Visualisasi Penggunaan Alat Uji

Alat Uji Konvensional



Alat Uji Thermometer Hup 200



Gambar 3.65. Visualisasi Penggunaan Alat Uji



3.6. Ratio Test.

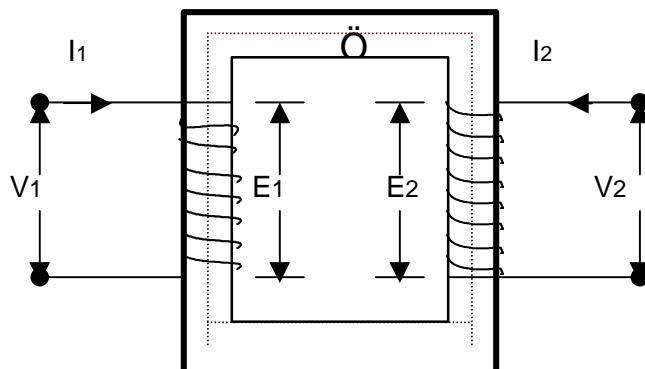
3.6.1.Umum.

Untuk mengetahui ratio atau perbandingan sebenarnya dari alat yang berfungsi untuk mentransformasikan besaran listrik, antara lain 1)Transformator tenaga, 2) Transformator arus dan 3)Potensial Transformator (Capasitive Voltage Transformator atau lebih dikenal dengan sebutan CVT).

Ratio yang akan dibandingkan adalah nilai awal (nilai desain-nya, factory report atau site test report) dengan nilai pengujian terakhir. Sehingga dapat diketahui ratio dari alat listrik tersebut masih sesuai atau tidak.

3.6.2.Prinsip Kerja.

Prinsip kerja Transformator adalah mentransformasikan daya atau besaran listrik lainnya dengan menggunakan teori induktansi dan atau kapasitansi, ratio Transformator dapat dilihat dengan perbandingan sebagai berikut :



Gambar 3.66. Prinsip Kerja Transformator

Persamaan dasar Transformator adalah :

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{N_2}{N_1} = K$$

Keterangan :

N₂ adalah banyaknya belitan pada sisi skunder

N₁ adalah banyaknya belitan pada sisi primer

E₁ adalah tegangan pada sisi primer.



E₂ adalah tegangan pada sisi skunder

K adalah konstanta Transformator atau ratio transformator.

Jika N₂ > N₁ atau K > 1 maka trafo tersebut berfungsi sebagai penaik tegangan atau step-up transformer, demikian sebaliknya bila N₂ < N₁ atau K < 1 berfungsi sebagai trafo penurun tegangan atau step-down transformator.

Idealnya Transformator mempunya daya input sama dengan daya output, dalam persamaan :

$$\text{Input VA} = \text{Output VA}$$

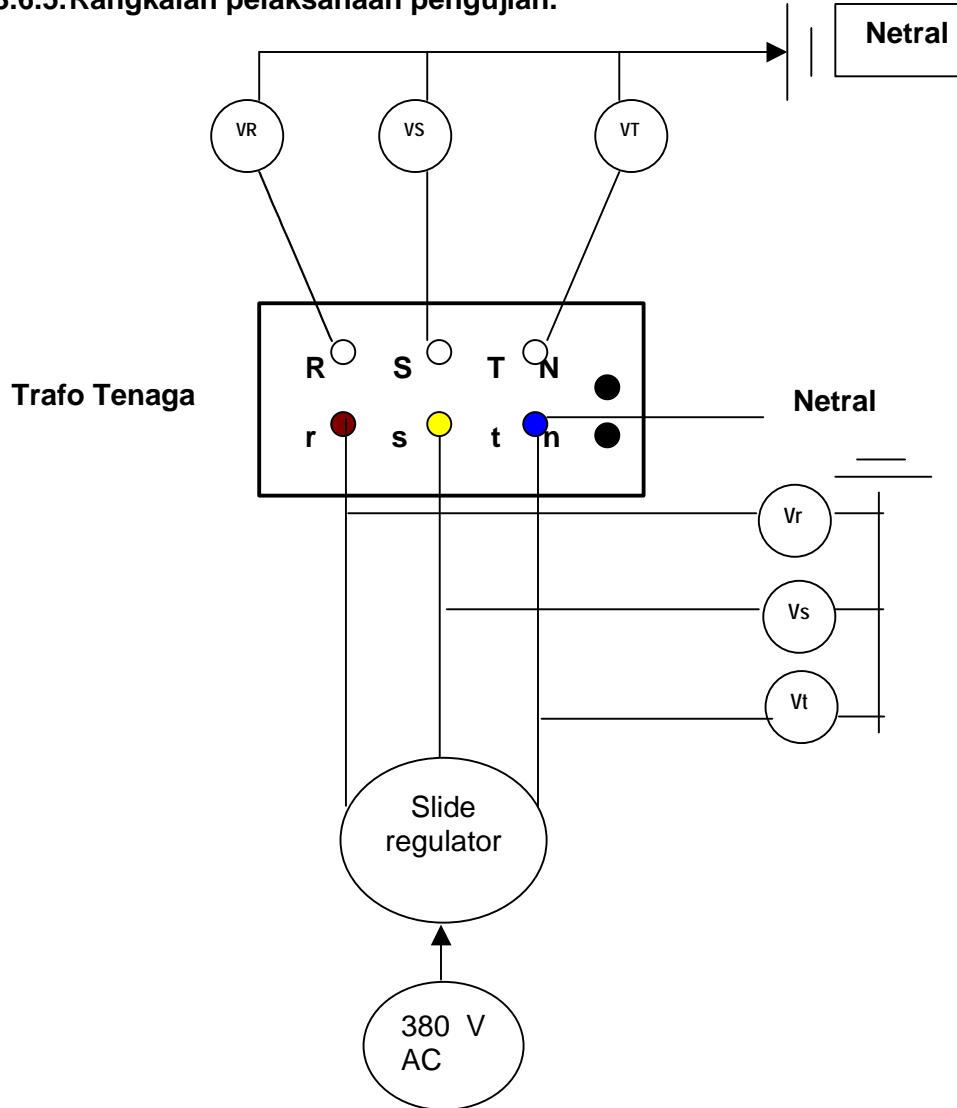
$$V_1 I_1 = V_2 I_2 \text{ atau } \frac{I_2}{I_1} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{K}$$

3.6.3. Metode

Mensimulasikan besaran arus dan atau tegangan melalui alat pengatur (slide regulator) ke peralatan yang akan dilakukan pengujian dengan cara di-injeksikan ke salah satu sisi peralatan tersebut (primer atau skunder-nya). Sedangkan pada sisi yang lainnya di monitor. Meter yang digunakan sebaiknya menggunakan kelas kesalahan 1% atau 0,01 atau meter standard, tidak disarankan menggunakan meter dengan kelas lebih besar dari 1%, karena dapat mengakibatkan kesalahan dalam membaca ratio pengujian.

3.6.4. Peralatan Kerja

1. Amper Meter standard atau.
2. Volt meter standard.
3. Slide regulator.
4. Saklar 3 fasa berikut Fuse.
5. Kabel.
6. Sumber tegangan.
7. Perlengkapan pencatat.

**3.6.5. Rangkaian pelaksanaan pengujian.****Gambar 3.67. Rangkaian Pelaksanaan Pengujian****3.6.6. Prosedure Pengujian.**

1. Bebaskan seluruh konduktor yang tersambung pada bushing-bushing Transformator.
2. Buat pengawatan sesuai gambar rangkaian pengujian.
3. Masukan supply 380 volt (3 fasa) setelah semua rangkaian terhubung sempurna.



4. Atur tegangan pada sisi skunder (untuk trafo step-up kebalikannya untuk trafo step-down) yang diiginkan dalam pengujian, tegangan ini harus sama dalam tiap pengujian per tap.
5. Ubah tap changer sesuai dengan urutan dan catat angka penunjukan pada meter-meter disisi primer dan skunder.
6. Bandingkan rasio pengujian dengan nilai pabrikan atau komisioning awal.
7. Setelah langkah diatas selesai, kembalikan conductor ke posisi semula dengan memperhatikan secara teliti pemasangan klem-klem terhadap bushing Trafo.

**Blangko Pengujian Ratio Test Transformator**

Trafo		Penguji						Paraf	
Lokasi		1.							
Tanggal		2.							
		3.							
No	Tap	Name plate / Komisioning						Hasil Pengujian	
		Skunder			Primer			Skunder	
		V _r	V _s	V _t	V _R	V _s	V _T	V _r	V _s
1	-4								
2	-3								
3	-2								
4	-1								
5	0								
6	1								
7	2								
8	3								
9	4								
10	5								
11	6								
12	7								
13	8								
14	9								
15	10								
16	11								
17	12								
18	13								
19	14								
20	15								
21	16								
22	17								

Catatan :**Supervisor****Nama & Tanda Tangan**



3.7. Pengujian Tegangan Tembus Minyak Isolasi Trafo (Dielectric Strength)

3.7.1.Umum

Adalah suatu fakta bahwa usia transformator ditentukan oleh usia dari sistem isolasinya, oleh karena itu sangat penting memelihara sistem isolasi trafo. Minyak trafo sebagai salah satu bagian dari sistem isolasi trafo juga perlu untuk dipelihara. Untuk menentukan jenis pemeliharaan minyak trafo kita perlu mengetahui kondisi dari minyak tersebut, untuk itu maka diperlukan pengujian atas minyak trafo. Dari hasil pengujian minyak trafo disamping dapat mengetahui kondisi minyak trafo tersebut kita juga dapat mengetahui kondisi dari trafonya.

Mengingat harga trafo mahal maka biaya untuk memonitor unjuk kerja trafo melalui pengujian minyak trafo relatif murah dibandingkan kerugian apabila trafo mengalami kerusakan

Berbagai pengujian terhadap minyak isolasi diperlukan untuk mendapatkan informasi tentang kondisi trafo maupun kondisi minyak isolasi itu sendiri.

Pengujian-pengujian itu antara lain :

1. Tegangan tembus.
2. Kandungan air.
3. Tegangan permukaan.
4. Spesific Resistance.
5. Dielectric Dissipation Factor (Tangen Delta).
6. Keasaman.
7. Kinematic Viscosity.
8. Flash Point .
9. Pour Point.
10. Density.
11. Endapan (Sludge)
12. Warna Minyak
13. Dissolved Gas Analysis



Beberapa pengujian dapat dilakukan dilapangan sedangkan beberapa jenis lagi harus dilakukan dilaboratorium.

Salah satu pengujian yang dapat dilakukan dilapangan adalah pengujian tegangan tembus. Pengujian tegangan tembus adalah salah satu pengujian dilapangan yang paling populer dilakukan karena alasan mudah dilakukan dan dapat memberikan gambaran umum tentang kondisi minyak isolasi.

3.7.2. Pengujian Tegangan Tembus (Breakdown Voltage Test)

Pengujian tegangan tembus adalah suatu pengujian dimana minyak trafo diberi tegangan pada frekuensi sistem pada dua elektroda yang diletakkan didalam minyak isolasi. Jarak elektroda tergantung pada standard yang digunakan. Pada banyak standard jarak yang digunakan adalah 2,5 mm.

3.7.2.1. Pengambilan Contoh (Sample) Minyak Untuk Pengujian

Pengujian minyak trafo dilakukan hanya mengambil contoh / sample secukupnya yang biasanya di tempatkan didalam botol . Namun sering terjadi hasil pengujian yang diperoleh tidak menggambarkan kondisi yang sebenarnya disebabkan contoh minyak yang diuji telah tercemar oleh unsur unsur lain. Akibatnya diperlukan pengambilan contoh minyak berulang ulang, hal ini selain semakin lama diperoleh data hasil pengujian juga semakin banyak minyak yang terbuang percuma.

Pencemaran terhadap contoh minyak umumnya terjadi antara lain :

- a. Tempat contoh / botol tidak bersih terutama jika menggunakan botol bekas
- b. Ceroboh pada saat pengambilan atau tidak menggunakan peralatan yang memadai
- c. Tutup botol yang terbuat dari karet atau gabus tidak dibuang
- d. Diambil pada saat hujan, dan lain lain .

Untuk itu agar hasil pengujian minyak diperoleh hasil yang akurat perlu di persiapkan sebagai berikut :

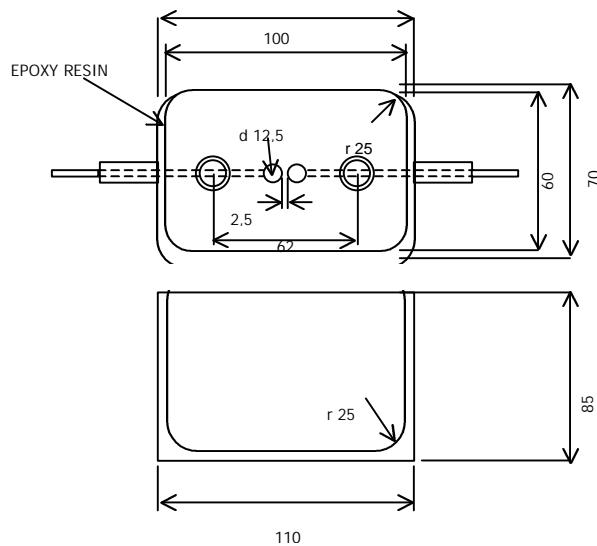
**3.7.2.2. Peralatan :**

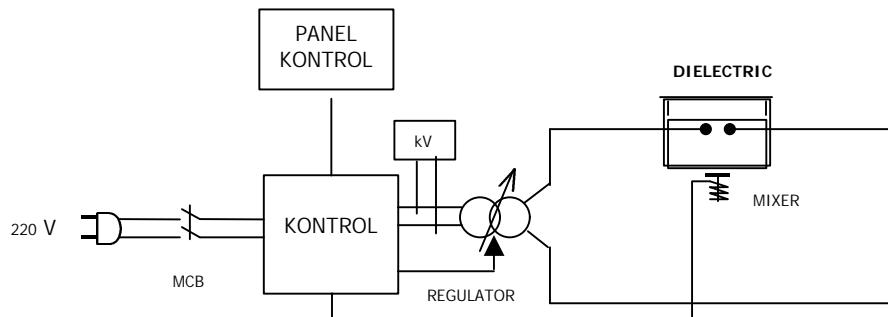
1. Tempat pengambilan minyak (Tersedia di alat test)
2. Slang plastik, ukuran 0,25 "
3. Corong plastik, ukuran sedang
4. Masker hidung / mulut
5. Kain pembersih / lap majun

3.7.2.3. Cara pelaksanaan Pengambilan Minyak :

Pastikan Tempat/wadah pengambilan minyak dalam kondisi bersih . Gunakan slang dan corong untuk mengisi minyak kedalam wadah (slang dan corong harus kondisi bersih) gunakan juga masker hidung / mulut untuk menghindari pencemaran pada kita berbicara. Lakukan pengambilan contoh minyak sebagai berikut :

1. Buang sedikit minyak dengan membuka valve agar kotoran didalam valve terbuang , juga pada slang dan corong.
2. Isi wadah dengan minyak secukupnya lewat valve yang sama untuk membersihkan kotoran / unsur lain didalam wadah, selanjutnya dikocok kocok dan buang . Bila perlu lakukan 2 s/d 3 kali .
3. Isi wadah dengan minyak sampai penuh dan meluap), lakukan dengan hati hati dan hindari contoh minyak tersentuh oleh kulit kita lihat gambar Pak Diwan
4. Tutup segera contoh minyak tersebut, bersihkan sisa sisa minyak pada luar wadah dengan kain.

**Gambar 3.68. Spesifikasi Alat Uji Tegangan Tembus Minyak**



Gambar 3.69. Diagram Alat Uji Tegangan Tembus Minyak



Merk BAUR Type DPA 75.

Merk BAUR Type DTA 100 E

Gambar 3.70. Alat Uji Tegangan Tembus Minyak

3.7.2.4. Langkah-Langkah Pelaksanaan

Persiapan

1. Persiapkan alat uji, kabel dan accessories lainnya serta yakinkan semuanya dalam kondisi baik
2. Persiapkan sumber tegangan AC.
3. Persiapkan tool set yang diperlukan.
4. Persiapkan formulir pengukuran/pengujian.
5. Siapkan referensi hasil pengukuran.



Pelaksanaan Pengujian

1. Ambil wadah yang terdapat pada alat uji dan bersihkan wadah tersebut dengan kain bersih/majun dari jenis yang tidak meninggalkan sisa serat kain.
2. Sebelum minyak sample diambil, buka katup pengujian sampel minyak pada alat yang akan diuji, biarkan minyak terbuang beberapa saat untuk memastikan terbuangnya kotoran atau kandungan air yang mungkin mengendap.
3. Bilas wadah dengan minyak bersih dan pastikan tidak ada partikel yang tertinggal didalam wadah.
4. Ambil minyak sampel yang hendak diuji dan periksa perubahan minyak secara visual, apabila tidak terdapat kotoran/partikel maka minyak tersebut dapat digunakan untuk pengujian.
5. Tempatkan wadah berisi minyak tersebut pada alat uji
6. Atur celah elektroda alat uji dengan menggunakan plat specimen 2.5 mm
7. Tutupkan tutup pengaman untuk pengujian pada alat uji.
8. Aktifkan alat uji dengan menekan tombol switch on.
9. Tekan tombol menu (tombol paling kiri pada keypad dibawah layar peraga/display panel)
10. Pindahkan cursor ke Standard dengan menekan tombol tengah, kemudian tekan tombol ENTER.
11. Pilih Standard IEC
12. Tekan tombol ENTER (tombol paling kanan), maka proses pengujian sudah dimulai dengan pemanasan selama 2,5 menit dan dilanjutkan dengan pengujian tegangan tembus sebanyak lima kali dengan selang waktu sesuai standard IEC. Pada proses ini jangan lakukan apapun sampai dengan printer mencetak hasil uji tegangan tembus.
13. Ambil kertas hasil uji yang keluar dari printer.
14. Salin hasil uji dari kertas printer ke formulir hasil pengujian. Tegangan tembus KV/2.5 mm adalah 4 kali hasil yang tertera pada kertas printer.

**Finishing**

1. Matikan alat uji dengan menekan tombol switch OFF
2. Lepas rangkaian
3. Kembalikan alat ukur, kabel & accessories-nya pada tempat yang aman sesuai kondisi semula.

Tegangan Tembus/Dialectric Strenght, Standart IEC 156

Tegangan Operasi (kV)	Jarak gap (mm)	Nilai minimum (kV)
Un \leq 36	2,5	30
36 < Un \leq 70	2,5	35
70 < Un \leq 170	2,5	40
Un >170	2,5	50



3.8. Bushing

3.8.1.Umum

Untuk menyalurkan beban pada transformator maka ujung setiap kumparan sisi primer maupun sisi sekunder dari suatu transformator harus dikeluarkan dari dalam tangki trafo dan akan dihubungkan dengan titik sambung yang lain seperti terminal/saluran beban. Ujung setiap kumparan yang keluar harus pada kondisi terisolasi dengan baik terhadap tangki atau dan bagian lainnya Karena ujung kumparan harus dapat dikeluarkan dari dalam tangki trafo. Maka Isolasi bushing dirancang untuk mengisolasi konduktor ujung kumparan yang keluar dari dalam tangki trafo, dan juga harus merupakan rangkaian terpadu dengan tangki sehingga tidak ada benda lain yang dapat masuk kedalam trafo seperti udara yang terkontaminasi, air dan partikel-partikel lain melalui sambungan bushing dengan tangki trafo.

3.8.2.Spesifikasi Teknik Bushing.

3.8.2.1. Type Bushing

Terdiri dari beberapa type konstruksi bushing dan biasanya dibedakan oleh tegangan untuk itu bushing diklasifikasikan sbb:

- Composit 5 kV
- Compound filled (25 kV – 60 kV)
- Resin-Bonded, Paper-insulating. (campuran cellusa dan resin)
- Solid (high-alumina) ceramic tegangan sampai 5 kV
- Porcelain – oil filled /immersed (25 kV – 60 kV)
- Porcelain – compound (epoxy) filled (25 kV – 60 kV)
- Porcelain – synthetic resin bonded paper-filled (34,5 kV – 115 kV)
- Porcelain – oil impregnated paper-filled (>69 kV - >275 kV)



3.8.2.2. Bushing Pasangan Luar (Out door)

Untuk pemakaian diluar (outdoor) bushing bagian luar mempunyai jarak lintasan permukaan lebih panjang karena ada tambahan ‘petticoats’ atau ‘watersheds’ sering disebut dengan creepage distance (jarak permukaan) antara terminal terhadap tanki trafo. Material kontaminasi akan menempel pada permukaan bushing dan membentuk jalur konduktif. Ketika jarak creepage dijembatani oleh kontaminasi maka terjadi tegangan flasover antara konduktor dengan tangki trafo. Untuk itu bushing harus selalu bersih dan bebas dari kontaminasi.

3.8.2.3. Pemeliharaan.

Bushing sangat sedikit membutuhkan pemeliharaan yang antara lain adalah pembersihan dan pemeriksaan klem serta pemeriksaan pada porcelain kemungkinan terjadi keretakan atau pecah. Jika ditemukan segera ditutup dengan cat gipthal atau sejenis compound, hal tsb terjadi karena bushing sering menerima beban mekanik seperti terpasangnya kabel power.

3.8.2.4. Testing.

Kebanyakan bushing dilengkapi dengan tap tegangan (tap Test) yang digunakan untuk terminal penghubung pada saat dilakukan pengukuran power factor bushing. Jika tidak mempunyai fasilitas tap tes, maka test power factor diukur dengan cara pengukuran yang disebut “ hot collar”. Kekuatan dielektrik tahanan isolasi yang di absorption diukur antara konduktor dan hubungan ke grounding/pentanahan.

3.8.3. Teknologi Bushing.

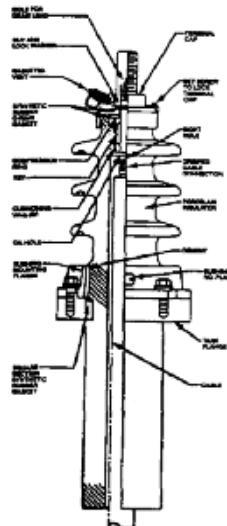
3.8.3.1. Konstruksi Bushing.

1. Solid (*High-Alumina*) ceramic tegangan sampai 5 kV

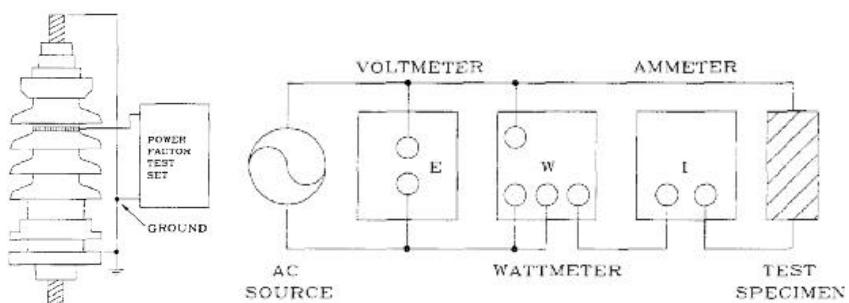
Bushing jenis ini digunakan pada tegangan sampai dengan 20 kV lihat gambar 3.48, sebuah porcelain yang berlubang bagian tengah untuk memasangkan ujung konduktor dari kumparan transformator. Bahan porcelain padat dan bagian tengah terpasang flanges untuk memasangkan pada tangki trafo, dibuat sedemikian rupa dengan dipasangkan sepasang, paking dari karet sehingga anti bocor yang tahan minyak. Permukaan bushing sebelah luar dibuat bergelombang untuk memperpanjang creepage distance antara konduktor dengan tangki trafo, Testing kurang diperlukan jika sangat memerlukan pengukuran digunakan dengan cara



“hot collar”. Pada proses pengukuran dengan “hot collar” (lihat gambar 3.49.) digunakan 3 meter yaitu ampermeter, voltmeter dan wattmeter, kemudian dihubungkan dengan sumber arus AC yang diatur .



Gambar 3.71. Bushing



Gambar 3.72. Proses Pengukuran dengan “Hot Collar”

2. Porcelain – Oil Impregnated Paper-Filled > 69 Kv - >275 Kv

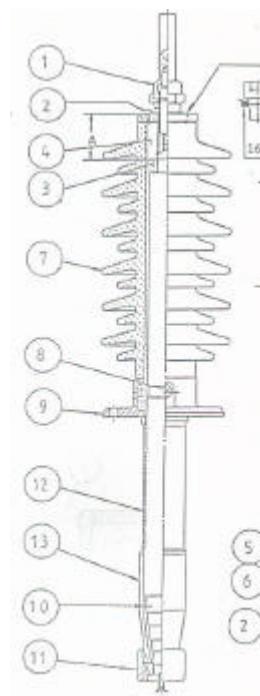
Bushing jenis oil *impregnated paper-filled* (gambar 3.73.) adalah bushing yang sangat banyak digunakan hingga sekarang bahkan pada tegangan 500 kV banyak meng adopt teknologi oil impregnated paper-filled. Semua bushing jenis ini dilengkapi dengan fasilitas tap tes yang digunakan sebagai terminal penghubung dengan alat ukur tan delta. Dan sebagaimana dilengkapi fasilitas untuk pengurasan dan pengisian minyak isolasi (*oil impregnated*).



Pada bushing ini peran minyak sangat penting sebab dengan minyak yang berkurang dan tidak menutup / merendam kertas isolasi bushing maka akan terjadi stress tegangan jika berlangsung terus akan terjadi pemanasan yang cukup tinggi hingga merusak bushing menjadi pecah .

Dengan demikian perlu perhatian khusus terutama kondisi minyak. beberapa jenis bushing dilengkapi dengan **gelas penduga** dimana minyak bushing tidak berhubungan dengan minyak isolasi didalam trafo.

Bushing dengan sedikit minyak atau banyak menyediakan ruang untuk pemuaian minyak jika kondisinya panas saat berbeban, untuk bushing dengan minyak diperlukan pemeriksaan pada saat tertentu terhadap kondisi minyak bushing tersebut. Pada bushing dengan sedikit minyak digunakan "dipstick" untuk mengetahui level minyak bushing, sedangkan pada banyak minyak digunakan gelas penduga dimana pemuaian minyak pada temp 20°C pemuaianya adalah 3 mm untuk setiap kenaikan temperaturre 10°C .



Gambar 3.73. Porcelain – Oil Impregnated Paper-Filled



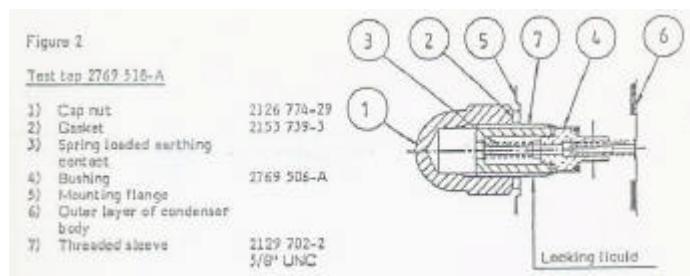
Gambar 3.74. Bushing dgn Oil Impregnating –Paper yang tanpa gelas penduga dan yang menggunakan gelas penduga

3.8.3.2. Pengujian Bushing.

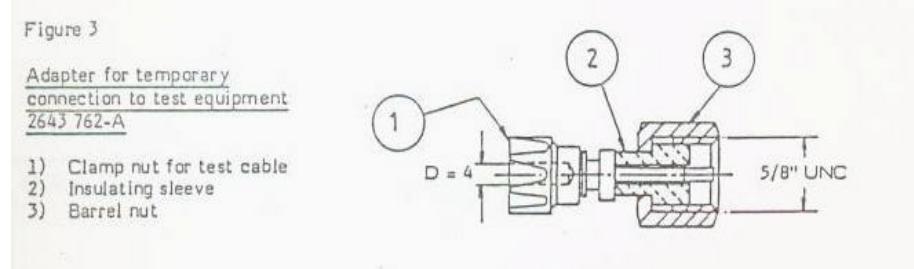
Bushing dengan teknologi ***Porcelain – oil impregnated paper-filled*** telah dilengkapi fasilitas untuk pengukuran factor disipasi atau tangent delta bahkan dapat dilengkapi sebagai trafo tegangan sehingga dapat disambungkan dengan voltmeter.

Fasilitas pengukuran tan delta ini bentuknya berragam, dan hampir sama bentuknya bahkan ada yang sama dengan fasilitas untuk pembuangan/drain minyak bushing. Untuk keamanan fasilitas untuk pembuangan dan pengisian minyak dilengkapi segel pengaman dan untuk membedakan dengan fasilitas untuk pengukuran tan delta.

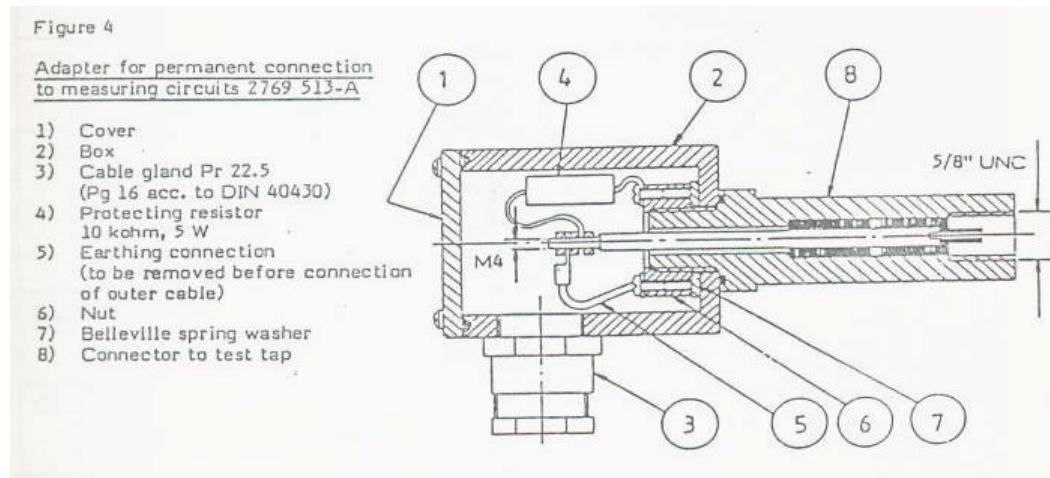
Beberapa bushing dilengkapi dengan fasilitas untuk pengukuran dan pengujian secara berkala dan kontinyu (on line). Peralatannya adalah penyambungan kabel untuk pengukuran/pengujian dari tap test ke bagian lain yang mudah dijangkau tanpa harus memadamkan trafo serta dapat dibaca dan dipantau setiap saat (on line). hal tersebut bertujuan untuk operasional saja terutama bushing pada trafo yang sangat penting penggunaannya sehingga data-data harus dapat diketahui setiap saat dan dapat mengambil keputusan tentang operasional nya trafo tersebut.



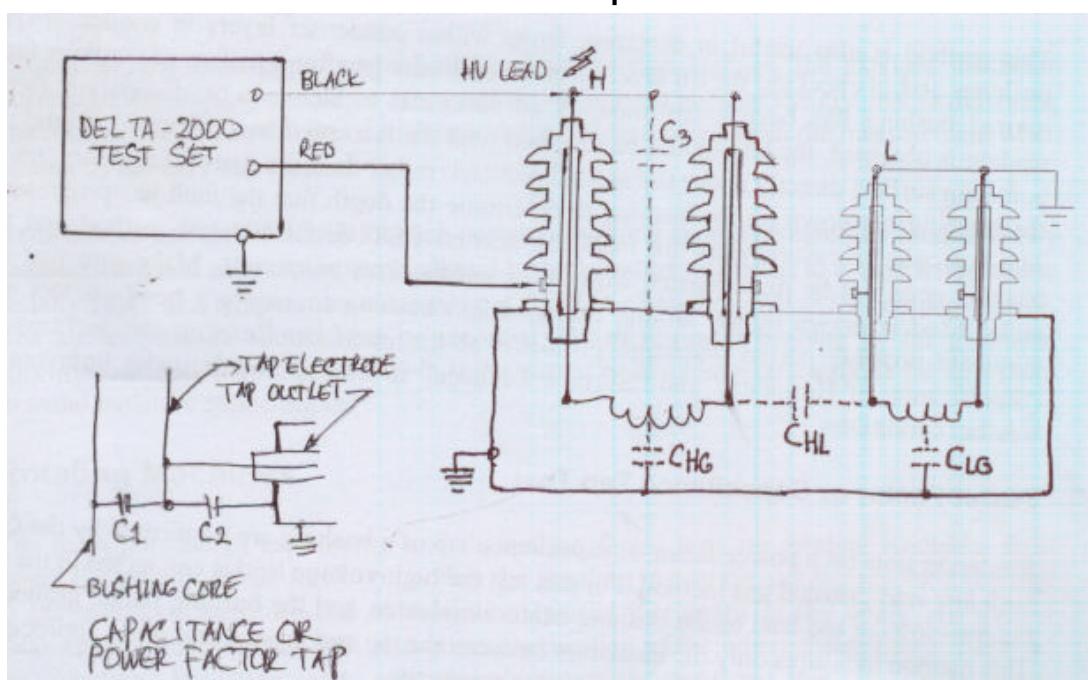
Gambar 3.75. Sebuah jenis test tap dengan design khusus sehingga pada saat normal pegas mendorong kontak menempel ke ujung yang berarti disambungkan ke ground melalui tangki trafo.



Gambar 3.76. Dengan menggunakan alat tambahan yang disambungkan pada alat seperti gambar 3.72. maka tan delta dapat disambungkan dengan mudah dan lebih baik secara hubungan listrik.



Gambar 3.77. Dengan alat ini kemudian kabel penghubung disambungkan melalui cable gland (3) kelain lokasi sehingga nilai tan delta dapat selalu terpantau tanpa trafo harus dipadamkan.



Gambar 3.78. Bagan cara mengukur/menguji tan delta pada trafo tenaga dimana semua terminal kumparan harus dihubung singkat.



Gambar 3.79. Alat Uji Tangen Delta Merk "Tettex"



Gambar 3.80. Jenis Tap Test Bentuk Jarum



Gambar 3.81. Jenis Tap Test Bentuk Pegas/Per Spiral

**a. Power Faktor Test.**

Lihat rangkaian seperti pada 3.75 dan alat untuk menguji tan delta seperti pada gambar 3.76. Power factor test sangat efektif untuk mengetahui kondisi suatu bushing sebab dapat dilakukan dilapangan untuk mengetahui lebih awal kondisi bushing akibat pemburukan dan contaminasi. Pengukuran dengan system arus uji AC dengan tegangan uji yang cukup tinggi (10 kV) dan memberikan hasil langsung nilai kapasitansinya, power factor dan daya bushing.

Ada empat metoda mengukur kapasitansnya Bushing tetapi tetap tergantung pada alat yang digunakan.(semua alat uji tan delta memiliki fasilitas mode pengukuran sama).

b. GST (Grounded Spesiment Test)

Test ini mengukur kualitas isolasi antara konduktor penghantar arus dengan flange pemegang bushing. Pengukuran ini dilakukan dengan melepas bushing dari hubungan dengan peralatan lain atau bushing harus diputus sambungan dengan kumparan trafo. Pengukuran ini dilakukan dengan meng energize konduktor bushing dan meng tanahkan flangennya. Temperature sekitarnya sangat besar pengaruhnya terhadap nilai kapasitansi (power factor), sehingga perlu perbanding dengan hasil ukur pada temperature tertentu ($20^{\circ} C$)

c. Hot-Guard test.

Pengukuran ini mengukur isolasi antara konduktor penhantar arus dengan flange pemegang bushing. Test ini telah didesain special untuk type bushing “draw-lead” tetapi dapat digunakan untuk mengukur bushing yang dapat dipisahkan dengan kumparan atau busbar, tetapi tidak dengan tegangan yang memadai. Kedua bushing dan draw-lead, kumparan trafo dan busbar diberi tegangan yang sama dengan tegangan uji, tetapi hanya arus dan losses dari bushing itu sendiri yang diukur.

d. UST (Ungrounded-Specimen Test).

Adalah pengukuran isolasi antara konduktor penghantar arus dengan tap kapasitansi, tap power-faktor, dan atau flange bushing yang tidak diketanahkan. Pengujian ini digunakan pada beberapa bushing atau peralatan lain yang berada didalam atau diluar trafo dimana perlengkapan tersebut terhadap tap kapasitansi,



tap power factor dan atau flange bushing yang dapat dipisahkan dengan tangki yang diketanahkan. Nilai isolasi resistansi antara tap atau flange yang terisolasi terhadap tanah/ground harus lebih besar dari 0,5 M. Sedangkan pada masalah ini sesuatu yang tersambung dengan bushing (seperti kumparan trafo atau peralatan lain) juga terenergize, tetapi hanya akan terukur isolasi bushing antara konduktor yang ada ditengah dengan tap yang tidak diketanahkan atau flange bushing.

e. Hot-Collar test.

Pengukuran pada bushing yang kecil (fisik) dengan konduktor yang terpasang ditengah bushing serta bentuk porcelain yang tahan terhadap cuaca serta tidak dilengkapi dengan tap test. Test ini dilakukan dengan memberikan tegangan pada satu atau lebih electrode (collar) yang dipasangkan melingkari porselinnya bushing dan konduktor pangantar arus diketanahkan (*grounded*). Test ini sebagai tambahan pada cara-cara mengukur kapasitansi bushing seperti dijelaskan pada 3 cara tersebut diatas. Hot-collar test ini sangat efektif untuk mengetahui lokasi keretakan pada porcelain, pemburukan atau kontaminasi pada permukaan bushing seperti lapisan tipis compound, cairan atau sisa compound yang menempel pada bushing, pengukuran ini sering menjadi catatan sebelum pengukuran dengan cara-cara ketiga yang disebutkan diatas tadi dilaksanakan.

Catatan : Power factor dari kapasitansi atau tegangan tap pada umumnya bernilai 1 % atau kurang

3.8.3.3. Pemeriksaan Kekencangan.

Terminal bagian atas bushing menjadi sangat penting sebab disitu terdapat ruang pemuaian minyak dan seringnya terjadi kebocoran. Kebocoran ini dinilai sangat serius sebab air dan uapnya sangat mudah masuk kedalam bushing. Oleh sebab itu sangat diperhatikan kekencangan baut terminal baik pada saat kondisi trafo divacuum maupun pada kondisi trafo bertekanan.

Beberapa metoda untuk memeriksa kekencangan dan kebocoran pada bushing dengan menggunakan gas yang bisa dilacak (*gas tracer*).



salah satu cara memeriksa kekencangan baut terminal adalah sebagai berikut :

1. Isikan gas yang dapat dideteksi (gas Freon) didalam ruang tengah bushing sebelum dipasang baut terminalnya, kemudian kencangkan baut terminal tersebut.
2. Naikkan level minyak trafo (tangki) sehingga tekanan dalam bushing naik.
3. Kemudian diditeksi sekitar baut terminal dan usahakan kebocoran dapat dihilangkan.

3.8.3.4. Pemeliharaan Bushing.

Semua bushing tegangan tinggi diperiksa secara periodic dengan interval tidak boleh dari 2 tahun. Pemeriksaan diutamakan adalah pengukuran power factor untuk setiap bushing tegangan 115 kV keatas. Untuk tegangan yang lebih rendah pengujian bila ada kecurigaan terhadap bushing yang telah mengalami penurunan kemampuannya. Bushing yang telah mengalami penurunan kemampuan harus sering diperiksa setiap 6 bulan sampai 1 tahun dan segera diganti jika hasil test menunjukan kondisi yang berbahaya.

a. Pemeriksaan Visual.

1. Periksa secara periodic untuk menjamin porcelain dalam keadaan baik, tidak ada keretakan, pecah atau rompal. Untuk kerusakan retak sedikit dapat dilakukan dengan dicat menggunakan insulating varnish untuk mencegah mengumpulnya debu yang menimbulkan kelembaban. Bushing yang rompal dapat ditambal dengan menggunakan epoxy atau insulating varnish. Bersihkan permukaan porcelain, jika banyak polusi maka perhatian terhadap bushing harus ditingkatkan.
2. periksa kekencangan kabel penghubung dan tahanan kontaknya diukur.
3. Periksa dengan teliti perlengkapan grounding bushing dengan grounding tap kapasitansi, seperti kondisi gasket untuk mencegah terjadinya kelembaban.
4. Periksa level minyak bushing jika kurang segera ditambah minyaknya, jika terjadi kebocoran didalam tangki trafo sehingga level minyak tidak terlihat maka segera diganti bushing tersebut

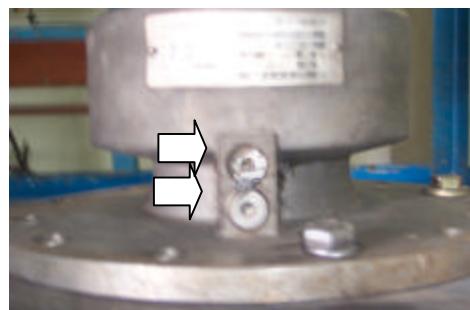
**b. Penggantian Minyak isolasi Bushing.**

Apabila telah dilakukan pemanasan bushing dengan cara direbus atau dioven ternyata nilai tan delta tetap tidak berubah maka perlu diganti minyak isolasinya dengan cara mengeluarkan dari bushing melalui fasilitas pembuangan. Tidak ada perbedaan bentuk fisik antara tap test dan fasilitas pembuangan minyak sehingga diperlukan perhatian yang serius dan perlu diketahui minyak bushing terpisah dengan minyak isolasi trafo sehingga dapat dilakukan penggantian minyak bushing dengan kondisi terpasang dan tidak mengganggu minyak trafo. Beberapa trafo tidak dilengkapi bushing dengan fasilitas pembuangan maka mau tidak mau bushing tersebut harus dilepas dari trafo utama, dengan cara terpisah bushing dibalik untuk mengeluarkan minyak dan diisikan melalui fasilitas yang sama dan terletak dibagian atas dari bushing.

Terdapat fasilitas venting (lihat gambar 3.82, 3.83, dan 3.84) yaitu fasilitas untuk mengeluarkan udara terjebak didalam trafo yang dekat dengan bushing bagian bawah

3.8.4. Rekomendasi.

Setiap pembukaan/pelepasan bushing dari trafo harus selalu diganti **gasket** dan **sealnya** dengan yang baru.



Gambar 3.82. Fasilitas venting dan pembuangan minyak bushing (lihat segel yg terpasang)



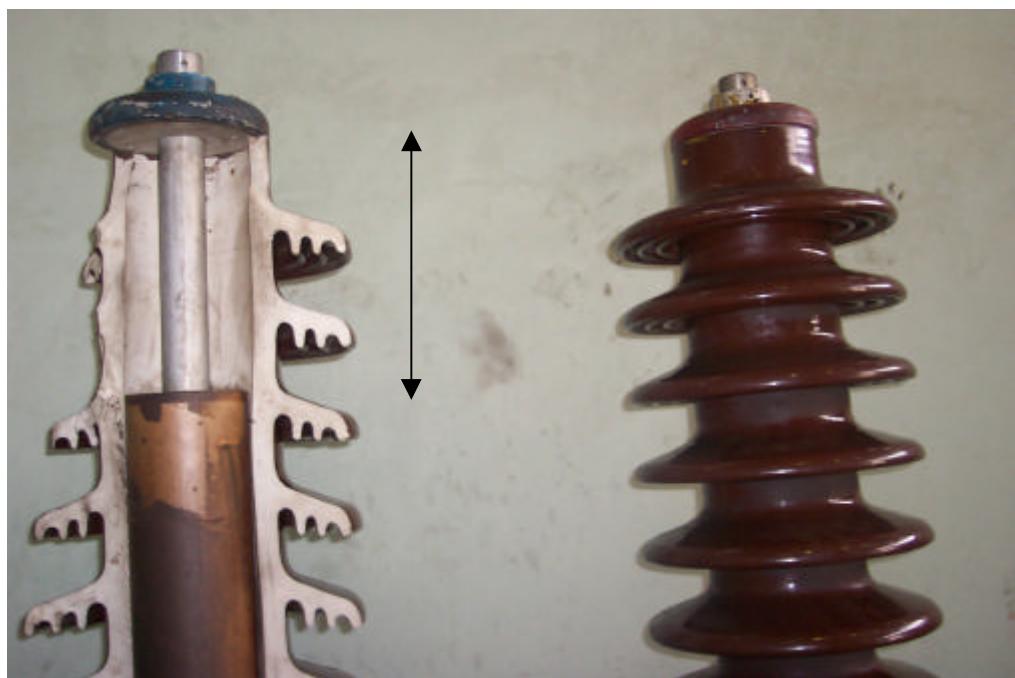
Gambar 3.83. Fasilitas Venting Udara Terjebak.



Gambar 3.84. Fasilitas Pengisian dan Pembuangan Minyak Bushing Bersads di bagian Atas



Gambar 3.85. Bushing dan Bagian Dalamnya



Gambar 3.86. Ruang Pemuaian di bagian atas



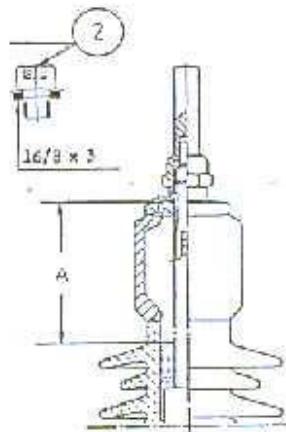
Tabel Capacitances

Type	Catalogue no LF 123	Nominal Capacitances [pF]		keterangan
		C ₁	C ₂	
GOB 250	013, 014, 171, 172,	125	90	Capacitances
	015, 016, 173, 174	205	530	between cond-
	017, 167	165	860	uctor and tap
	019, 168	270	190	Test C ₁ + 10 %
	083, 084, 175, 176	275	530	
	085, 169	365	860	Approximate capacitances
GOB 325	025, 026, 177, 178	135	95	between test tap
	027, 028, 179, 180	200	480	and mounting
	089, 090, 181, 182	260	860	flange, C ₂ for information only
GOB 380	037, 038, 183, 184	145	110	
	039, 040, 185, 186	200	670	
	041, 101	185	250	
	043, 102	265	550	
	095, 096, 187, 188	245	980	
	097, 103	320	1150	
GOB 450	049, 050, 145, 146	145	125	
	051, 052, 147, 148	200	570	
	053, 054, 149, 150	245	770	
GOB 550	061, 189, 062	150	290	
	063, 190, 064	170	670	
	107, 191, 108	210	980	
	065, 142	170	360	
	067, 143	195	560	
	109, 144	240	1150	
GOB 650	073, 192	190	220	
	075, 193	235	510	
	113, 194	280	1000	
GOB 750	077, 104	205	390	
	078, 105	235	565	
	079, 106	275	1200	

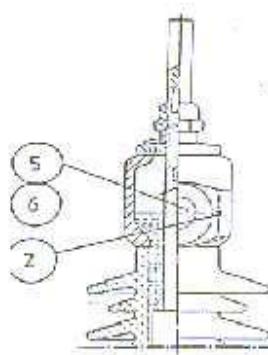
**Tabel Oil Level untuk bushing tanpa dan dengan gelas penduga.**

Type GOB	Oil level A [mm] at $20^{\circ} \pm 10^{\circ}$ C		Oil level change mm/ 10° C *)
	Gambar 4a	Gambar 4b	
250	110 ± 8	165 ± 10	4
325	110 ± 8	165 ± 10	5
380	110 ± 8	165 ± 10	5
450	110 ± 8	165 ± 10	6
550	170 ± 10	270 ± 15	7
650	175 ± 10	275 ± 15	9
750	275 ± 15	330 ± 15	11

*) the bushing in vertical position



Gambar 3.87. Tanpa Gelas Penduga



Gambar 3.88. Gelas Penduga



3.9. Pemeliharaan On Load Tap Changer (OLTC) Transformator Tenaga

3.9.1.Umum

Frekuensi kerja tap changer sangat tergantung dari fluktuasi tegangan sistem (tegangan primer) dan fluktuasi beban (arus sekunder). Semakin tinggi frekuensi kerja tap, proses kerusakan minyak dan keausan kontak akan semakin cepat pula. Oleh karena itu, pemeliharaan rutin OLTC perlu mendapatkan perhatian yang lebih untuk menghindari kerusakan termasuk kerusakan pada bagian utama trafo.

Diverter switch dan tap selector adalah merupakan bagian yang bergerak di dalam trafo. Frekwensi pemeliharaan tap changer (*Diverter Switch*) trafo sangat tergantung pada kondisi diverter switch. Pemeliharaan diverter switch dilakukan secara periodik, namun pada transformator yang frekuensi kerja tap tinggi, pemeliharaan dapat dilakukan sebelum periode rutinnya tiba, misalnya pada saat pemeliharaan tahunan trafo dilaksanakan penggantian minyak isolasi.

Periode penggantian minyak isolasi tap chenger atau pemeriksaan pada masing-masing Tap Changer berbeda tergantung petunjuk dari pabrikan.

Misalnya Tap Changer merk MR yang rata-rata jumlah minyak pada kompartiment sedikit, maka harus diadakan penggantian minyak setiap 10.000 (sepuluh ribu) Kali operasi. Pada OLTC merk ABB dimana jumlah minyaknya banyak, dilakukan setelah trafo beroperasi 100.000 (seratus ribu. Sedangkan pada OLTC merk ELIN minyak diganti setelah 5.000 (lima ribu) kali operasi.

Dalam usaha mempertahankan kualitas minyak isolasi OLTC, beberapa trafo sudah dilengkapi dengan mesin penyaring minyak yang operasinya dapat diatur sesuai kebutuhan, misalnya setiap hari operasi 2 jam.

Untuk mengetahui unjukkerja dan adanya kelainan pada proses kerja OLTC, perlu dilakukan pemeliharaan rutin yaitu melakukan pengujian minyak isolasi ke laboratorium dengan peralatan *Dissolved Gas Analisys (DGA)*.

Karena dengan mengetahui intensitas atau jumlah gas terbakar di dalam minyak, dapat dianalisa kondisi kondisi OLTC tersebut.



Jenis pemeliharaan yang harus dilakukan pada OLTC adalah:

3.9.1.1. Pemeliharaan Preventive.**1. Rutin :****a. Pemeriksaan visual,**

untuk mengetahui apakah ada kebocoran minyak, penurunan level minyak pada konservator, atau kondisi tidak normal lainnya yang dapat dilihat secara kasat mata.

b. Pemantauan kerja.

untuk mengetahui apakah ada kelainan kerja OLTC yang diindikasikan adanya suara flash over, kelainan mekanik di dalam tangki OLTC atau ketidaknormalan kerja motor OLTC. Serta indikator, sistem lokal – remote, dan counter dapat bekerja sebagaimana dirancang.

c. Pembersihan dan pelumasan.

untuk menjamin agar motor dan tuas penggerak dapat bekerja normal pada saat OLTC dioperasikan.

d. Pengukuran sistem AC/DC.

untuk menjamin bahwa suplai AC untuk motor OLTC selalu siap, dan tidak menimbulkan kerusakan, serta suplai DC selalu siap untuk sistem pengaman dan indikator.

e. Pengujian minyak.

untuk menjamin sistem isolasi OLTC, serta menganalisis adanya kelainan kerja OLTC sehingga terhindar dari kerusakan OLTC atau Trafo.

2. Periodik :**a. Penggantian minyak isolasi.**

Penggantian minyak isolasi OLTC untuk menjamin keandalan dan mencegah flash over dengan bodi/kompartemen.



Penggantian minyak dilakukan apabila kerja OLTC sudah 10.000 kali (atau sesuai rekomendasi pabrik), atau apabila kualitas minyak isolasi sudah di bawah batas yang diijinkan.

Untuk mengurangi frekuensi pemadaman, biasanya penggantian minyak dilakukan bersamaan dengan pemeliharaan tahunan trafo.

b. Pengujian sistem proteksi dan indikator.

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bahwa sistem proteksi dapat bekerja sewaktu-waktu terjadi gangguan dengan dampak seminimum mungkin, serta dapat memberikan informasi yang jelas untuk mempermudah penyidikan atau pengoperasian kembali

c. Pemeriksaan selector, diverter switch, dan transisi resistor.

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kondisi kontak selector switch dan diverter switch, kondisi dan nilai transisi resistor, kondisi kabel jumper, kekencangan baut-baut pengikat, serta untuk pembersihan dari endapan karbon yang muncul. Sehingga OLTC dapat bekerja dengan keandalan yang tinggi.

d. Pemeriksaan kontrol mekanik, limit switch, dan indikator.

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja sistem kontrol motor mekanik OLTC sehingga dapat memberikan pengamanan pada motor penggerak mekanik, serta dapat diketahui oleh operator GI apabila ada masalah.

e. Pengujian operasi lokal – remote.

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui bahwa OLTC dapat dioperasikan elektris, baik secara lokal dari boks mekanik maupun secara remote dari ruang kontrol.

3.9.1.2. Pemeliharaan Corrective

- a. Penggantian kontak, pegas, resistor bila telah terjadi kerusakan.
- b. Penggantian relai proteksi.
- c. Penggantian counter dan motor.



3.9.1.3. Pemeliharaan Detective

Mencari penyebab kerusakan/gangguan dan memperbaiki agar OLTC dapat beroperasi kembali seperti semula.

3.9.2. Pemeliharaan Rutin “On Load Tap Changer “

3.9.2.1. Tujuan

Pedoman Pemeliharaan Rutin On Load Tap Changer (OLTC)_Trafo ini dibuat dengan tujuan untuk menstandarkan urutan aktivitas dalam melaksanakan pemeliharaan rutin On Load Tap Changer Trafo Tenaga 150 KV.

3.9.2.2. Ruang Lingkup.

Ruang lingkup pemeliharaan rutin OLTC Trafo ini meliputi 4 macam pemeliharaan dan dilaksanakan pada keadaan trafo beropersai, yaitu :

1. Pemeriksaan visual.
2. Pemantauan kerja.
3. Pembersihan dan pelumasan.
4. Pengukuran suplai tegangan AC/DC

3.9.2.3. Peralatan Kerja dan Perlengkapan K3.

Alat Kerja:

1. Tool Set.
2. Kunci pas / ring.
3. AVO meter.
4. Tang ampere.
5. Tangga segitiga.

Perlengkapan K3:

1. Helm.
2. Sarung tangan karet.
3. Sepatu karet lars atau sepatu tahan benturan

**Pelaksanaan****a. Material Yang Dibutuhkan:**

1. Lap majun 1/4 kg.
2. Penetrating oil 1 botol
3. Contak cleaner 1 botol
4. Kuas 1,5"
5. Vaseline.

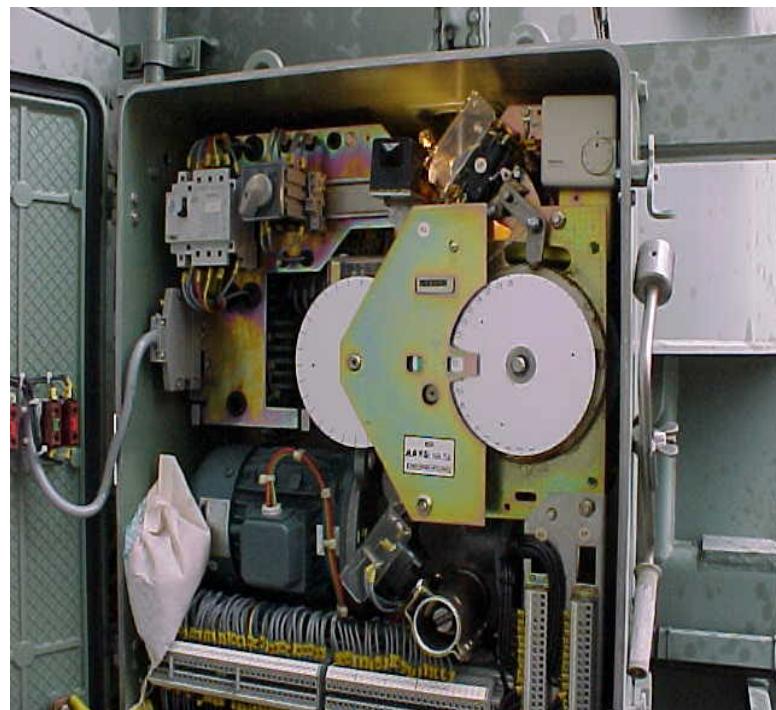
b. Langkah – Langkah Pelaksanaan

Pemeliharaan rutin On Load Tap Changer ini dilaksanakan dalam keadaan trafo beroperasi.

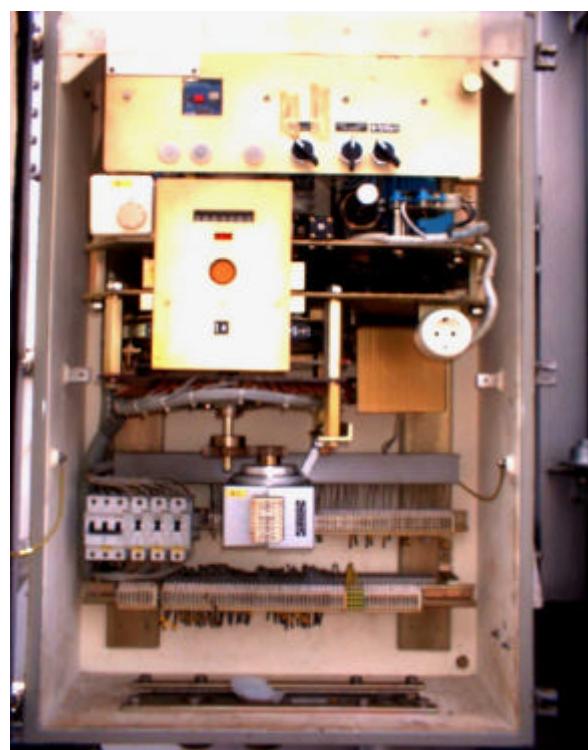
1. Sebelum memulai pemeriksaan rutin, pastikan bahwa sudah ada pernyataan persetujuan dari pengawas pekerjaan atau yang berwenang.
2. Periksa tutup atas OLTC dan sambungan pipa, apakah ada kebocoran.
3. Bila ada dan aman dari tegangan, bersihkan dengan lap majun, kemudian kencangkan baut-baut pengikat dengan urutan menyilang secara diagonal.
4. Apabila tidak memungkinkan diperbaiki karena berdekatan dengan bagian yang bertegangan, catat secara detail dan laporan kepada Asman Pemeliharaan.
5. Pemeriksaan level minyak isolasi OLTC pada konservator, apakah masih dalam batas normal.
6. Periksa boks untuk terminal control / motor OLTC, bersihkan terminal-terminalnya dengan kuas, dan bila ada kabel yang kendur kencangkan dengan obeng berisolasi.
7. Periksa heater masih berfungsi baik, rasakan adanya panas dengan mendekatkan tangan ke heater.
8. Periksa roda gigi, poros motor penggerak OLTC dan bersihkan bila pelumas sudah mengering / keras, lakukan pelumasan.
9. Ukur tegangan DC dengan AVO meter. Sebelumnya pastikan letak terminal positif dan negatif, serta AVO meter sudah pada posisi tegangan DC.



10. Ukur tegangan AC pada terminal motor OLTC dengan AVO meter. Sebelumnya pastikan letak terminal AC 3 phasa, serta AVO meter sudah pada posisi tegangan AC.
11. Lakukan pengujian kerja NFB AC 3 phasa untuk motor penggerak OLTC dengan cara NFB posisikan OFF. Pastikan bahwa tegangan AC pada ketiga terminal motor NOL dengan AVO meter, dan indicator suplai AC motor OLTC menyala. Kembalikan NFB ke posisi ON.
12. Posisikan saklar Lokal – Remote pada boks OLTC ke local, serta letakkan tang ampere pada kabel suplai AC ke motor. Naikkan OLTC 1 tap, amati apakah ada kelainan suara pada motor atau pada OLTC, apakah indicator posisi tap pada boks, pada cover atas, dengan panel trafo sama, apakah counter penunjukan bekerja sempurna, berapa ampere suplai ke motor. Ulangi sekali lagi namun OLTC diturunkan 1 tap. Lalu kembalikan semua saklar ke posisi semula.



Gambar 3.89. Boks Mekanis OLTC Merk MR.



Gambar 3.90. Boks Mekanis OLTC Merk ELIN

**3.9.3. Penggantian Minyak Isolasi OLTC Trafo Tenaga 70 kV dan 150 kV.****3.9.3.1. Tujuan.**

Pedoman Penggantian Minyak On Load Tap Changer (OLTC)_Trafo ini dibuat dengan tujuan untuk menstandarkan urutan aktivitas dalam melaksanakan penggantian minyak On Load Tap Changer Trafo Tenaga 150 KV agar didapat hasil pemeliharaan yang optimal.

3.9.3.2. Ruang Lingkup.

Instruksi Kerja ini meliputi aktivitas pelaksanaan penggantian minyak isolasi OLTC trafo tenaga 70 KV dan 150 KV di Wilayah kerja PT PLN (Persero) Penyaluran dan Pusat Pengatur Beban Jawa – Bali.

3.9.3.3. Peralatan Kerja dan Perlengkapan K3.**Alat Kerja:**

1. Tool Set lengkap.
2. Kunci pipa.
3. Alat ukur tegangan tembus minyak isolasi.
4. AVO meter.
5. Kabel rol 3 phasa.
6. Pompa minyak lengkap dg selang.
7. Drum kosong.
8. Tangga segitiga.

Perlengkapan K3

1. Helm.
2. Sarung tangan karet.
3. Sepatu karet lars atau sepatu tahan benturan.
4. Sabuk pengaman rambu-rambu.
5. Rantai pembatas.
6. Rompi untuk pengawas.
7. Grounding set.



3.9.3.4. Pelaksanaan

Material Yang Dibutuhkan:

1. Lap majun 2 kg.
2. Penetrating oil 1 botol
3. Contak cleaner 1 botol
4. Minyak isolasi 200 lt.

Langkah – Langkah Pelaksanaan:

Penggantian minyak isolasi On Load Tap Changer (OLTC) trafo tenaga ini dilaksanakan bersamaan pemeliharaan tahunan trafo dimana trafo dalam keadaan tidak beroperasi.

1. Pastikan bahwa trafo sudah tidak bertegangan dengan cara melihat posisi PMT sudah OFF dan posisikan saklar remote – local ke posisi local, posisi kontak PMS bus sudah membuka dan kunci motor penggerak dengan melepas system DC/AC, serta kunci tuas mekanik. PMT Incoming di OFF kan dan dalam posisi draw-out.
2. Pasang rambu-rambu pengaman serta sisi primer dan sekunder trafo di ketanahkan.
3. Matikan suplai AC 380 Volt ke motor OLTC.
4. Letakkan tap pada posisi tengah, dan catat posisi penunjukan kerja OLTC.
5. Posisikan switch local – remote pada posisi local.
6. Pasang selang pada valve pembuangan minyak, pasang ujung lainnya pada pompa untuk mempercepat pengosongan. Minyak ditampung pada drum kosong dan bersih.
7. Tutup valve arah konservator OLTC.
8. Buka valve pembuangan.
9. Buka venting yang terletak pada di atas tutup kompartemen OLTC.
10. Nyalakan pompa, hingga minyak habis.



11. Minyak baru sebelum digunakan harus ditest tegangan tembusnya terlebih dahulu. Minyak yang diijinkan untuk digunakan harus memenuhi standard yaitu 120 KV/cm.
12. Sebelum minyak dipompa ke dalam konservator, pastikan bahwa pompa dan selang penghubung dalam kondisi bersih dari kotoran, air, maupun udara.
13. Pompakan minyak sampai penuh dan konservator pada level 80% dari batas maksimal.
14. Pada saat minyak mulai keluar dari valve venting, valve venting tersebut segera ditutup dan valve konservator dibuka.
15. Setelah penuh, matikan pompa dan valve pembuangan ditutup.
16. Lakukan venting sekali lagi untuk mengeluarkan udara yang masih terjebak di dalam kompartemen OLTC.
17. Bersihkan tutup kompartemen dari minyak yang tumpah.
18. Pekerjaan penggantian minyak isolasi OLTC selesai.

3.9.4. Penggantian Minyak Isolasi dan Pemeriksaan OLTC Trafo 70 KV & 150 KV

3.9.4.1. Tujuan.

Pedoman Penggantian Minyak Isolasi dan Pemeriksaan Deverter Switch On Load Tap Changer (OLTC) Trafo ini dibuat dengan tujuan untuk menstandarkan urutan aktivitas yang dilakukan sehingga pelaksanaan pemeliharaan preventive On Load Tap Changer Trafo Tenaga 70 KV dan 150 KV dapat optimal.

3.9.4.2. Ruang Lingkup.

Instruksi Kerja ini meliputi aktivitas pelaksanaan penggantian minyak isolasi dan pemeriksaan deverter switch OLTC trafo tenaga 70 KV dan 150 KV di Wilayah kerja PT PLN (Persero) Penyaluran dan Pusat Pengatur Beban Jawa – Bali.

**3.9.4.3. Peralatan Kerja Dan Perlengkapan K3.****a. Alat Kerja:**

1. Tool Set lengkap dengan kunci disagonal.
2. Crane pengangkat.
3. Kunci pipa.
4. Takel Rante.
5. Alat ukur tegangan tembus minyak isolasi.
6. AVO meter.
7. Kabel rol 3 phasa.
8. Pompa minyak lengkap dg selang.
9. Alat penyemprot minyak isolasi.
10. Drum kosong
11. Botol kosong besar dan kecil.
12. Tangga segitiga.
13. Sket match

b. Perlengkapan K3:

1. Helm.
2. Sarung tangan karet.
3. Sepatu karet lars atau sepatu tahan benturan.
4. Sabuk pengaman rambu-rambu.
5. Rantai pembatas.
6. Rompi untuk pengawas.
7. Grounding set.

**3.9.4.4. Pelaksanaan****a. Material Yang Dibutuhkan:**

1. Lap majun 2 kg.
2. Penetrating oil 1 botol
3. Contak cleaner 1 botol
4. Kuas 1,5"
5. Sikat.
6. Vaseline.
7. Minyak isolasi 200 lt.
8. Packing 1 lb.
9. Kertas gosok.

b. Langkah – Langkah Pelaksanaan Pekerjaan:

Penggantian minyak isolasi dan pemeriksaan deverter switch On Load Tap Changer (OLTC) trafo tenaga 70 KV dan 150 KV dilaksanakan bersamaan pemeliharaan tahunan trafo dimana trafo dalam keadaan tidak beroperasi.

1. Sebelum memulai pemeriksaan rutin, pastikan bahwa sudah ada pernyataan persetujuan dari pengawas pekerjaan atau yang berwenang.
2. Pastikan bahwa trafo sudah tidak bertegangan dengan cara melihat posisi PMT sudah OFF dan posisikan saklar remote – local ke posisi local, posisi kontak PMS bus sudah membuka dan kunci motor penggerak dengan melepas system DC/AC, serta kunci tuas mekanik. PMT Incoming di OFF kan dan dalam posisi draw-out.
3. Pasang rambu-rambu pengaman serta sisi primer dan sekunder trafo di ketanahkan.
4. Matikan suplai AC 380 Volt ke motor OLTC.
5. Letakkan tap pada posisi tengah, dan catat posisi penunjukan kerja OLTC.
6. Posisikan switch local – remote pada posisi local.



7. Pasang selang pada pompa untuk mempercepat pengosongan, dan ujung yang lain masukkan dalam drum kosong dan bersih untuk menampung minyak bekas.
8. Siapkan kabel suplai AC untuk motor pompa. Apabila motor pompa menggunakan 3 phasa, tes putaran motor terlebih dahulu apakah sudah sesuai dengan putaran yang seharusnya/sesuai petunjuk arah.
9. Tutuplah valve arah konservator.
10. Buka penutup tuas mekanik dengan obeng.
11. Bebaskan tuas penggerak atau tuas penghubung mekanik dari OLTC yang berada di atas tutup Kompartemen dengan kunci 10 mm.
12. Pasang trimpot atau crane pengangkat beserta takel rantai di atas kompartemen OLTC.
13. Buka baut-baut pengikat tutup kompartemen OLTC dengan menggunakan kunci 17 mm.
14. Buka tutup kompartemen reverter switch.
15. Lepaskan indikator penunjukan verja tap changer dengan menggunakan obeng.
16. Lepas baut pengikat deverter switch dengan kunci 13 mm.
17. Angkat diverter switch dari komparteman dengan hati-hati menggunakan takel rantai.
18. Masukkan selang ke dalam kompartemen lalu keluarkan minyak dengan menyalakan pompa hingga minyak keluar seluruhnya.
19. Bersihkan diverter switch dari kotoran/karbon dengan menggunakan minyak bersih yang disemprotkan dengan pompa hingga bersih dari endapan karbon.
20. Bersihkan kontak diam selector switch maupun divertir switch pada kompartemen menggunakan sikat baja yang lembut.
21. Bersihkan kontak gerak selector switch maupun divertir switch pada menggunakan sikat baja yang lembut.
22. Periksa serta ukur dan catat Ketebalan kontak (keausan maksimum 0,5 mm).
23. Ukur harga transisi resistor, bandingkan dengan buku manualnya.



24. Kencangkan Baut-baut dan mur pengikat.
25. Periksa kondisi kabel jumper, jangan samoai ada yang kendor.
26. Bersihkan kompartemen bagian bawah dari endapan karbon dengan cara dibilas dengan minyak Trafo bersih. LATU keluarkan minyak yang masih tersisa. Dan periksa jangan sampai ada material atau alat verja yang tertinggal di dalam kompartemen.
27. Turunkan diverter switch dengan hati-hati, dan pastikan posisinya sudah benar
28. Pasang baut-baut pengikat deverter switch.
29. Pasang kembali indikator penunjukan kerja tap changer.
30. Pasang penutup kompartemen, pasang baut pengikat dan pengencangannya secara silang dan merata untuk menghindari kebocoran minyak isolasi.
31. Pasang kembali tuas penggerak dan penutupnya.
32. Minyak baru sebelum digunakan harus ditest tegangan tembusnya terlebih dahulu. Minyak yang diijinkan untuk digunakan harus memenuhi standard yaitu 120 KV/cm.
33. Sebelum selang dipasang pada valve pembuangan dan minyak dipompa ke dalam kompartemen OLTC, pastikan bahwa pompa dan selang penghubung dalam kondisi bersih dari kotoran, air, maupun udara.
34. Buka valve/baut venting pada tutup kompartemen lalu pompakan minyak sampai penuh dan konservator pada level 80% dari batas maksimal.
35. Pada saat minyak mulai keluar dari valve/baut venting, valve/baut venting tersebut segera ditutup dan valve konservator dibuka.
36. Setelah penuh, matikan pompa dan valve pembuangan ditutup.
37. Lakukan venting sekali lagi untuk mengeluarkan udara yang masih terjebak di dalam kompartemen OLTC.
38. Bersihkan tutup kompartemen dari minyak yang tumpah. Pekerjaan penggantian minyak isolasi OLTC selesai.
39. Suplai AC 3 phasa ke mekanis OLTC di On kan.
40. Lakukan pengujian kerja OLTC ke tap naik dan Turun.



41. Kembalikan switch ke posisi remote.
42. Lepas seluruh pentanahan, dan bersihkan peralatan, alat K3, maupun material dari lokasi pekerjaan.
43. Buat pernyataan pekerjaan selesai dan buat laboran hasil pelaksanaan pekerjaan penggantian minyak dan pemeriksaan deverter switch OLTC Trafo.



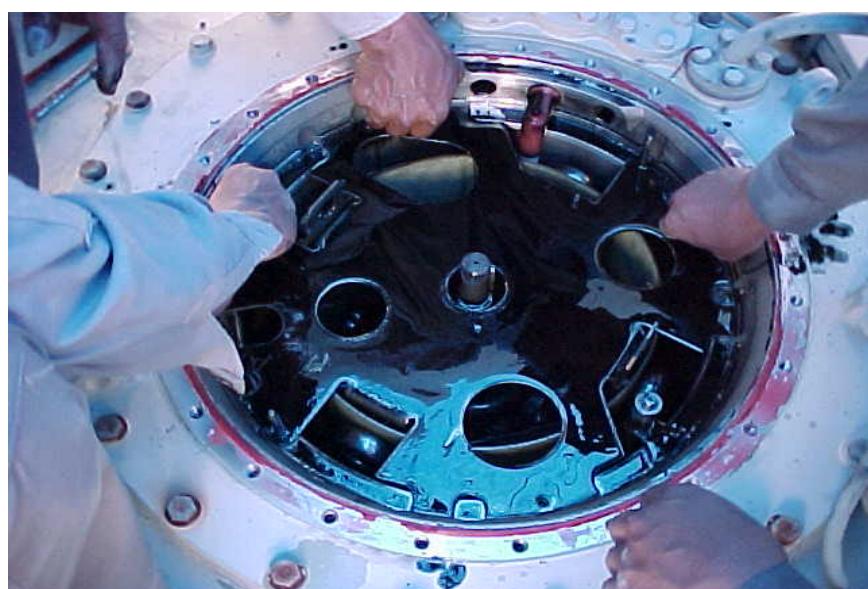
Gambar 3.91. Mematikan Suplai AC 380V ke Motor OLTC



Gambar 3.92. Membebaskan Tuas Penggerak OLTC



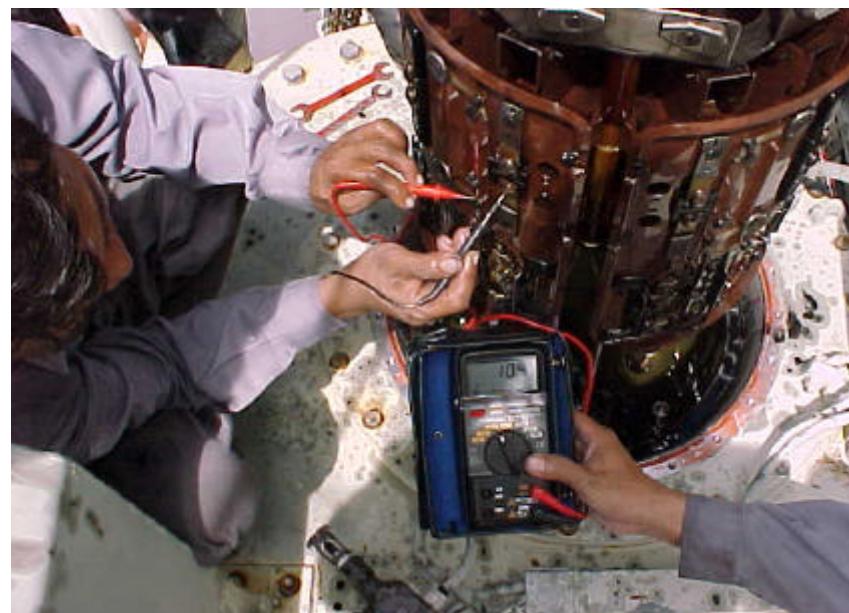
Gambar 3.93. Membuka tutup kompartemen Diverter Switch.



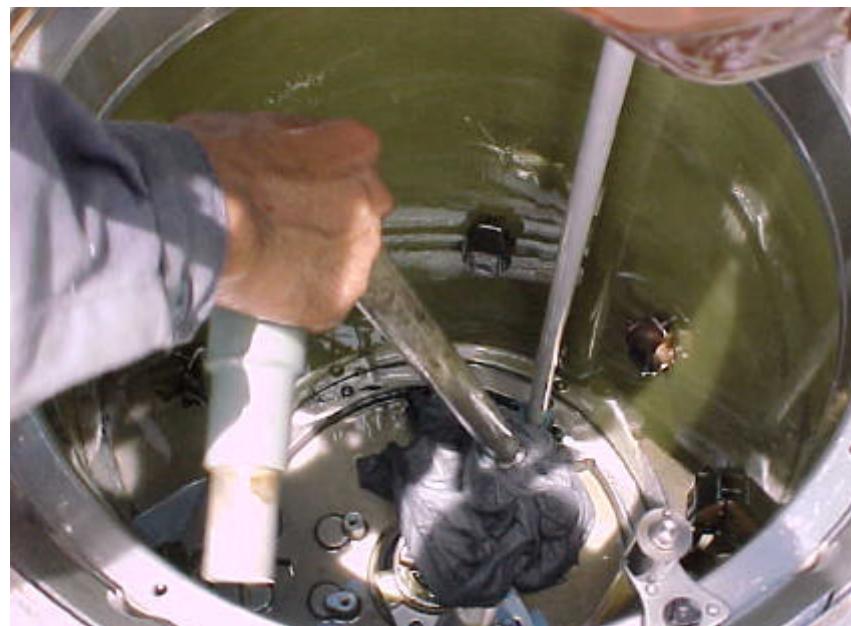
Gambar 3.94. Melepas Baut Pengikat Diverter Switch.



Gambar 3.95. Mengangkat Diverter Switch dari kompartemen



Gambar 3.96. Mengukur Tahanan Transisi Resistor



Gambar 3.97. Membersihkan Kompartemen OLTC dari Endapan Carbon



Gambar 3.98. Memasukkan Minyak Isolasi ke dalam Kompartemen OLTC

**3.9.5. Pemeliharaan Dan Pengujian Sistem Proteksi OLTC****3.9.5.1. Tujuan.**

Pedoman pemeliharaan dan pengujian sistem proteksi On Load Tap Changer (OLTC) Trafo ini dibuat dengan tujuan untuk menstandarkan urutan aktivitas dalam melaksanakan pemeliharaan dan pengujian sistem proteksi OLTC Trafo sehingga pelaksanaan pemeliharaan preventive On Load Tap Changer Trafo Tenaga 70 KV dan 150 KV dapat optimal.

3.9.5.2. Ruang Lingkup.

Instruksi Kerja ini meliputi aktivitas pelaksanaan pemeliharaan dan pengujian sistem proteksi On Load Tap Changer (OLTC) trafo tenaga 70 KV dan 150 KV di Wilayah kerja PT PLN (Persero) Penyaluran dan Pusat Pengatur Beban Jawa – Bali.

3.9.5.3. Peralatan Kerja Dan Perlengkapan K3.**a. Alat Kerja:**

1. Tool set.
2. AVO meter.
3. Tang ampere.
4. Tangga segitiga.

b. Perlengkapan K3:

1. Helm.
2. Sarung tangan karet.
3. Sepatu karet lars atau sepatu tahan benturan.
4. Sabuk pengaman.



3.9.5.4. Pelaksanaan

a. Material Yang Dibutuhkan:

1. Lap majun 1/4 kg.
2. Penetrating oil 1 botol
3. Contak cleaner 1 botol
4. Kuas 1,5"
5. Pembersih kaca.

b. Langkah – Langkah Pelaksanaan Pekerjaan:

Pemeliharaan dan pengujian sistem proteksi On Load Tap Changer (OLTC) trafo tenaga 70 KV dan 150 KV dilaksanakan bersamaan pemeliharaan tahunan trafo dimana trafo dalam keadaan tidak beroperasi.

Pada OLTC merk MR tipe V atau M dilengkapi dengan pengaman RS 2000 atau RS 2001, serta membran pengaman tekanan lebih.

1. Sebelum memulai pemeriksaan rutin, pastikan bahwa sudah ada pernyataan persetujuan dari pengawas pekerjaan atau yang berwenang.
2. Pastikan bahwa trafo sudah tidak bertegangan dengan cara melihat posisi PMT sudah OFF dan posisikan saklar remote – local ke posisi local, posisi kontak PMS bus sudah membuka dan kunci motor penggerak dengan melepas system DC/AC, serta kunci tuas mekanik. PMT Incoming di OFF kan dan dalam posisi draw-out.
3. Pasang rambu-rambu pengaman serta sisi primer dan sekunder trafo di ketanahkan.
4. Periksa boks untuk terminal control / motor OLTC, bersihkan terminal-terminalnya dengan kuas, dan bila ada kabel yang kendur kencangkan dengan obeng berisolasi.
5. Periksa heater masih berfungsi baik , rasakan adanya panas dengan mendekatkan tangan ke heater.
6. Ukur tegangan DC dengan AVO meter. Sebelumnya pastikan letak terminal positif dan negatif, serta AVO meter sudah pada posisi tegangan DC.



7. Ukur tegangan AC pada terminal motor OLTC dengan AVO meter. Sebelumnya pastikan letak terminal AC 3 phasa, serta AVO meter sudah pada posisi tegangan AC.
8. Lakukan pengujian kerja NFB AC 3 phasa untuk motor penggerak OLTC dengan cara NFB posisikan OFF. Pastikan bahwa tegangan AC pada ketiga terminal motor NOL dengan AVO meter, dan indicator suplai AC motor OLTC menyala. Kembalikan NFB ke posisi ON.
9. Bersihkan candela kaca pada relai RS 2000 atau RS 2001 yang terletak pada pipa penghubung konservator dan kompartemen OLTC agar dapat dilihat posisi bendera sebagai indikasi relai bekerja atau tidak.
10. Bersihkan kontak-kontak relai dari kotoran dengan kuas dan semprot dengan kontak cleaner dengan membuka bagian samping menggunakan kunci 10 mm.
11. Tutup kembali dengan rapat agar tidak terjadi pengembunan.
12. Untuk pengujian trip, PMT 150 KV dimasukkan (PMS tetap dalam keadaan terbuka).
13. Buka tutup pelindung atas, lakukan pengujian trip dengan menekan tombol test. Catat apakah PMT trip, apakah ada indikator yang muncul di panel kontrol dan bendera relai muncul.
14. Setelah selesai, tekan tombol reset, dan pastikan bahwa bendera relai telah hilang/tersembunyi.
15. Tutup kembali bagian atas relai.
16. Lepas seluruh pentanahan, dan bersihkan peralatan, alat K3, maupun material dari lokasi pekerjaan.
17. Buat pernyataan pekerjaan selesai dan buat laboran hasil pelaksanaan pekerjaan penggantian minyak dan pemeriksaan deverter switch OLTC Trafo.

**3.9.6. Pemeliharaan OLTC Trafo 500 kV Merk Elin.****3.9.6.1. Tujuan.**

Prosedur Pemeliharaan OLTC_Trafo 500 kV merk Elin dibuat dengan tujuan sebagai acuan atau pedoman dalam pelaksanaan kerja rutin dua tahunan atau 5000 x operasi.

3.9.6.2. Ruang Lingkup.

Ruang lingkup pemeriksaan OLTC Trafo 500 KV Merk Elin meliputi 3 macam pemeliharaan yang harus dilaksanakan yaitu :

1. Pemeriksaan Visual motor penggerak, posisi tap OLTC dan Pengujian fungsi rele.
2. Pemeriksaan Diverter Switch.
3. Penggantian minyak OLTC.

3.9.6.3. Pemeriksaan Visual Motor Penggerak, Posisi Tap OLTC dan Pengujian Fungsi Rele.

Pemeriksaan visual motor penggerak OLTC pada saat pemeliharaan dua tahunan antara lain :

1. Motor dan posisi tap
2. Heater
3. Kontaktor kontaktor motor
4. Penunjukan angka counter.

a. Perlengkapan Tools Yang Diperlukan.

1. 1 set obeng
2. AVO meter

b. Prosedur

1. Sebelum memulai pemeriksaan, pastikan bahwa sudah ada pernyataan persetujuan dari pengawas pekerjaan atau yang berwenang. *Catatan : Persetujuan pemeriksaan harus diberikan sesuai prosedur operasi OLTC.*



2. Buka pintu kontrol kabinet OLTC dan putar selektor switch ke posisi lokal.
3. Catat angka counter lalu putar control switch ke posisi "raise".
4. Periksa bahwa motor bekerja sempurna dan angka counter bertambah maju untuk setiap gerakan operasi. Pada saat bersamaan lakukan pemeriksaan pada jendela tap (cover atas) penunjukan angka sama dengan di motor penggerak. (misal dibawah angka 10 atas juga 10). Catat angka counter karena jadwal overhoul dapat ditentukan dari penunjukan counter ini.
5. Putar control switch ke posisi lower dan hal yang sama dilakukan seperti point diatas. *Catatan* : Hati hati dengan bahaya sumber tegangan OLTC yang masih ada.
6. Periksa heater masih berfungsi baik , rasakan adanya panas dengan mendekatkan tangan ke heater.
7. Pastikan hubungan kontaktor kontaktor motor dalam keadan baik dan kontak kontak tersebut diantaranya tidak terbakar.
8. Pengujian fungsi rele :
 - a. Buka tutup pelindung rele Jungtion dengan menggunakan kunci ring 10.
 - b. Lakukan pengujian trip dengan menekan tombol test dan periksa apakah di panel kontrol indikasi OLTC protective dan trip relay reset muncul dan bendera rele di panel proteksi bekerja.
 - c. Setelah selesai tekan tombol reset dan pastikan bahwa semua indikasi dan annunciator normal.
 - d. Tutup kembali pelindung rele Jungtion.
9. Pengujian alarm level minyak OLTC :
 - a. Pengujian level minyak OLTC dilaksanakan bersamaan dengan proses pengosongan minyak OLTC.
 - b. Amati indikator OLTC low oil di panel kontrol muncul saat pengosongan minyak.



- c. Amati indikator OLTC low oil di panel kontrol akan normal kembali saat pengisian minyak.

3.9.6.4. Pemeriksaan Diverter Switch.

Pemeriksaan Diverter Switch dilakukan untuk memeriksa

1. Kontak-kontak
2. Transition resistor.
3. Kekencangan mur dan baut.

a. Alat Yang Digunakan:

1. Special tool
2. Special spanner
3. Guide Pin.
4. Special Device.
5. Fixing Device.
6. Spring locking Device.
7. Ring Bolt.
8. Triport.

b. Peralatan kerja pendukung :

1. Tackle rantai. 250 – 500 kg
2. Kunci moment / ring (no. 17 dan 19).
3. Pompa untuk minyak
4. Tang, obeng, ember, kuas, dll.
5. AVO meter.
6. Sket match



c. Prosedur

1. Trafo dibebaskan dari tegangan.
2. Kedua sisi bushing diketanahkan (HV dan LV diground).
3. Kosongkan minyak diverter switch dengan menggunakan pompa rigen lewat katup pembuangan minyak (oil drain connection).
4. Lakukan " Prosedure pembongkaran dan pemasangan Diverter Switch " (point V.3)
5. Bersihkan tangki Diverter switch.
6. Masukkan kembali diverter switch yang sudah selesai diperiksa.
7. Isi kembali tangki diverter switch dengan minyak yang baru sampai di conservator dengan di venting (sesuaikan dengan levelnya)
8. Uji kontinuitas kontak OLTC dengan alat uji Ohm meter .
9. (hubungkan terminal bushing phasa 500 KV dengan terminal bushing netral 500 KV, perhatikan penunjukan Ohm meter bila terjadi pemutusan segera dilakukan pemeriksaan ulang pada diverter switch.
10. Rapikan peralatan dan alat kerja jangan sampai ada yang ketinggalan.

3.9.6.5. Pembongkaran Dan Pemasangan Diverter Switch.

1. Posisikan OLTC pada posisi Bilangan GENAP.
2. Buka tutup Diverter Switch dengan menggunakan kunci no.17 dan 19.
3. Pasang special tool *fixing device*
4. Pasang special tool spring locking device
5. Buka baut kontak netral (3 buah) menggunakan *special spanner* (perhatikan untuk baut kontak netral adalah yang tengah).
6. Pasang *Guide Pin* pada posisi bekas baut kontak neutral.
7. Buka 6 buah baut kontak utama lainnya, dengan catatan " untuk baut kontak utama tidak bisa dicabut).
8. Pasang Triport dan tackle rantai serta eye bolt pada Diverter Switch.



9. Angkat Diverter Switch dengan hati-hati.

10. Periksa dan catat hasilnya antara lain :

- a. Ketebalan kontak (ketebalan minimum 1mm)
- b. Transition resistor diukur tahanannya. (maksimum 8 Ohm)
- c. Baut-baut dan mur dikencangkan (bila ada yang kendor).

11. Bersihkan Diverter switch dari karbon dengan cara dibilas dengan minyak Trafo bersih.

12. Turunkan diverter switch dan lakukan urut-urutan pemasangannya kebalikan dari pelepasan diverter switch. (catatan : Tanda merah pada diverter switch harus kembali pada jalur merah) dan pengencangan baut secara silang dan merata.

3.9.6.6. Penggantian Minyak OLTC.

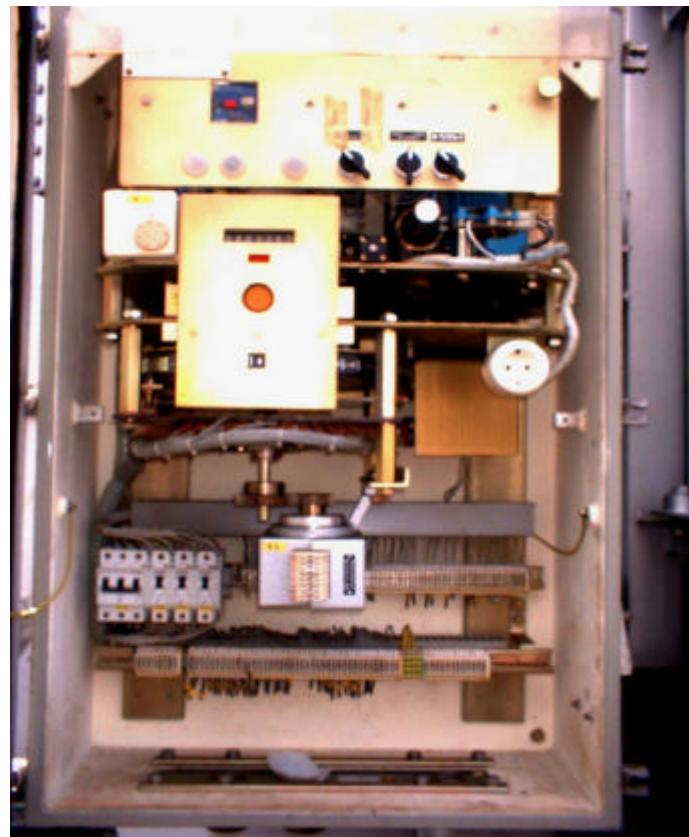
a. Alat Yang Digunakan:

1. Pompa minyak
2. Drum kosong.
3. Alat test tegangan tembus
4. Ember plastik
5. Lap majun kaos

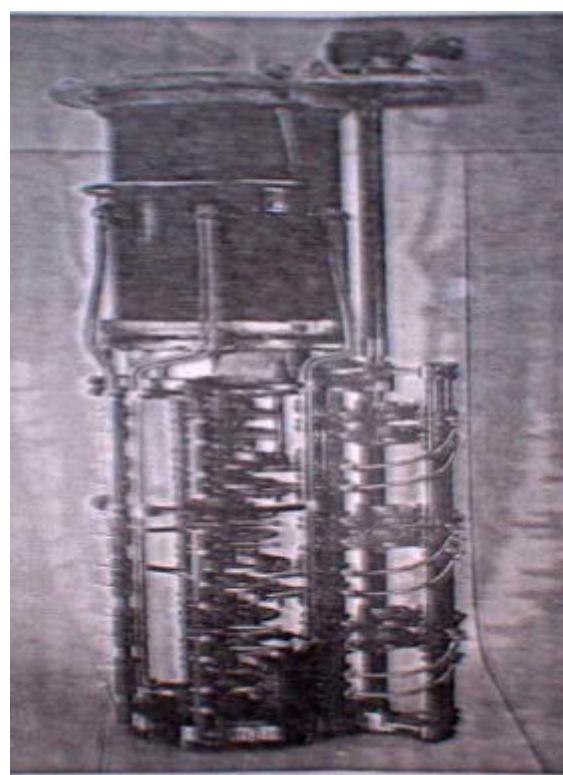
b. Prosedur.

Minyak sebelum dimasukkan kedalam compartment diverter switch terlebih dahulu ditest tegangan tembusnya dan hasil uji menunjukkan < 60 KV/2,5 mm

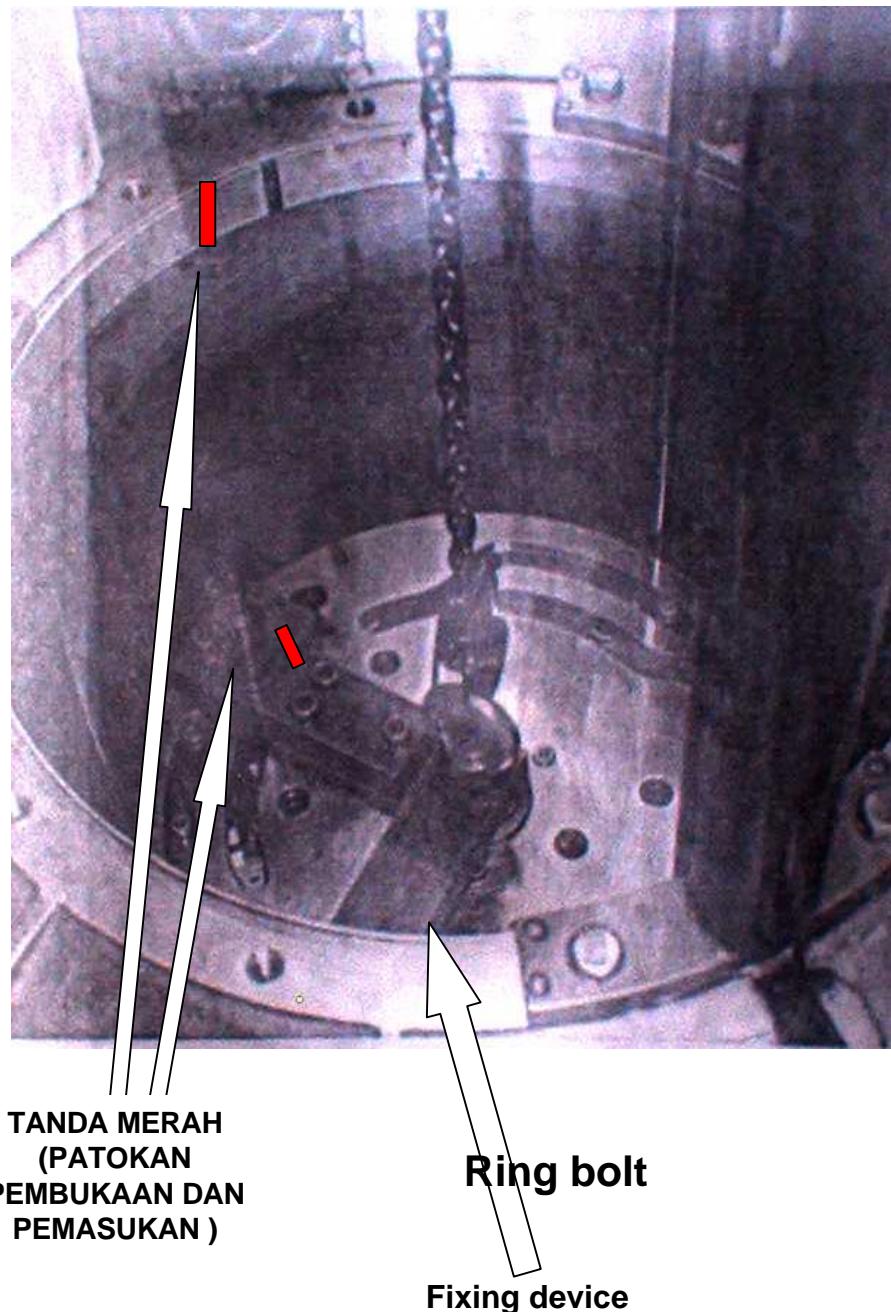
1. Pasang ujung selang pompa minyak pada Oil drain conection OLTC.
2. Kosongkan minyak diverter switch dengan menggunakan pompa minyak .
3. Tampung minyak bekas dari oil tank diverter switch (*Oil Compartment*) dengan menggunakan drum kosong.
4. Masukkan minyak trafo yang telah ditest kedalam tangki *Diverter Switch* sampai di conservator dengan di venting (sesuaikan dengan levelnya)



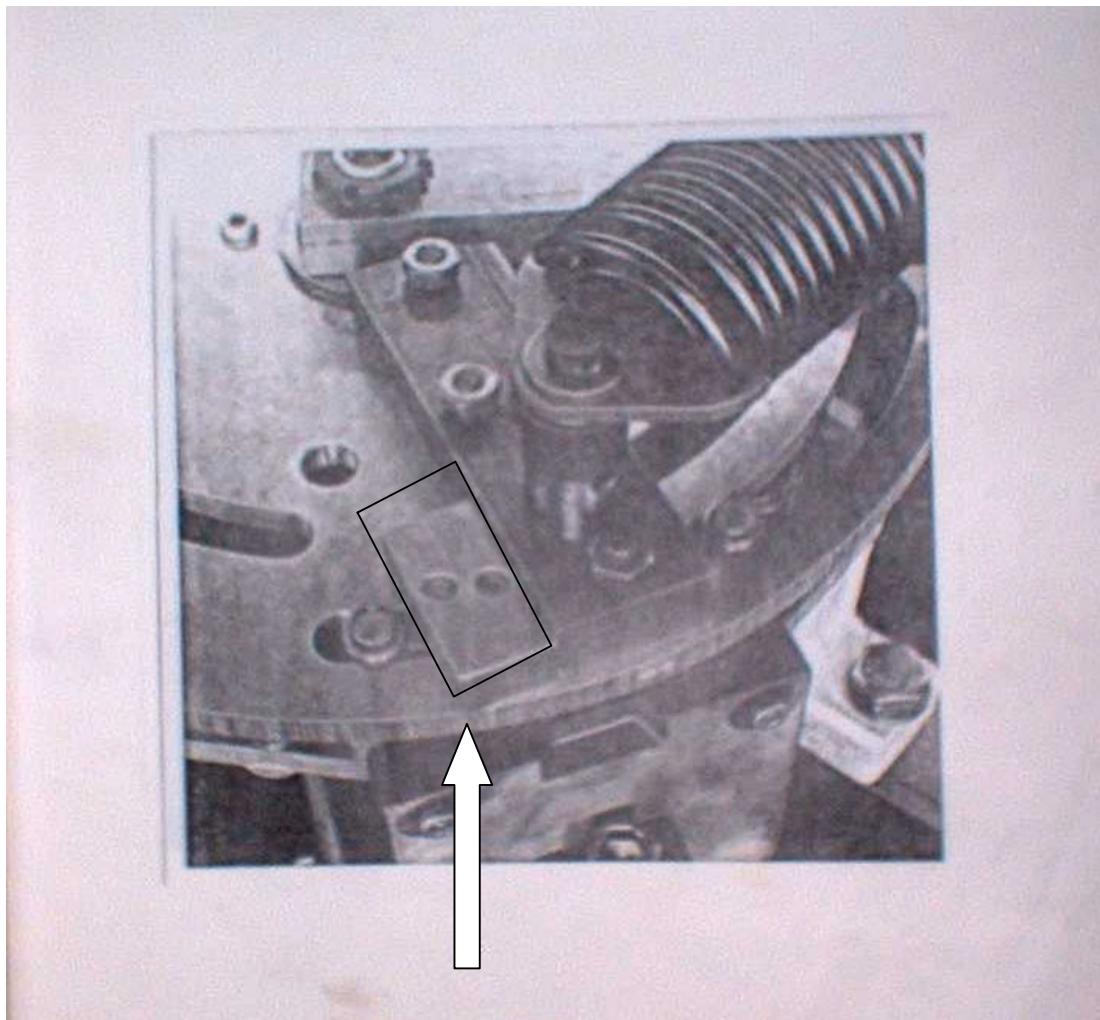
Gambar 3.99. Motor-Drive Mechanism OLTC merk ELIN



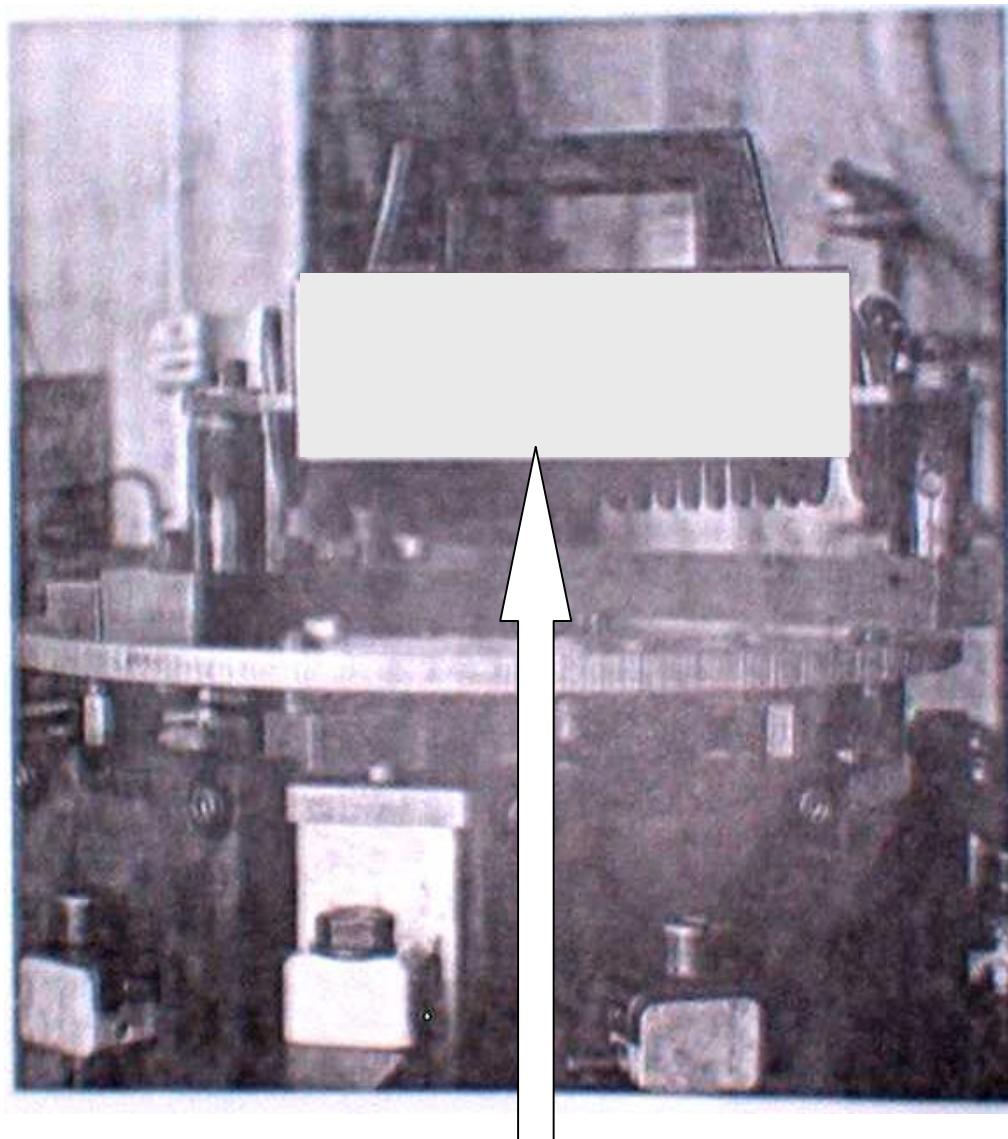
Gambar 3.100. Diverter Switch OLTC Merk ELIN



Gambar 3.101. Pengangkatan Diverter Switch

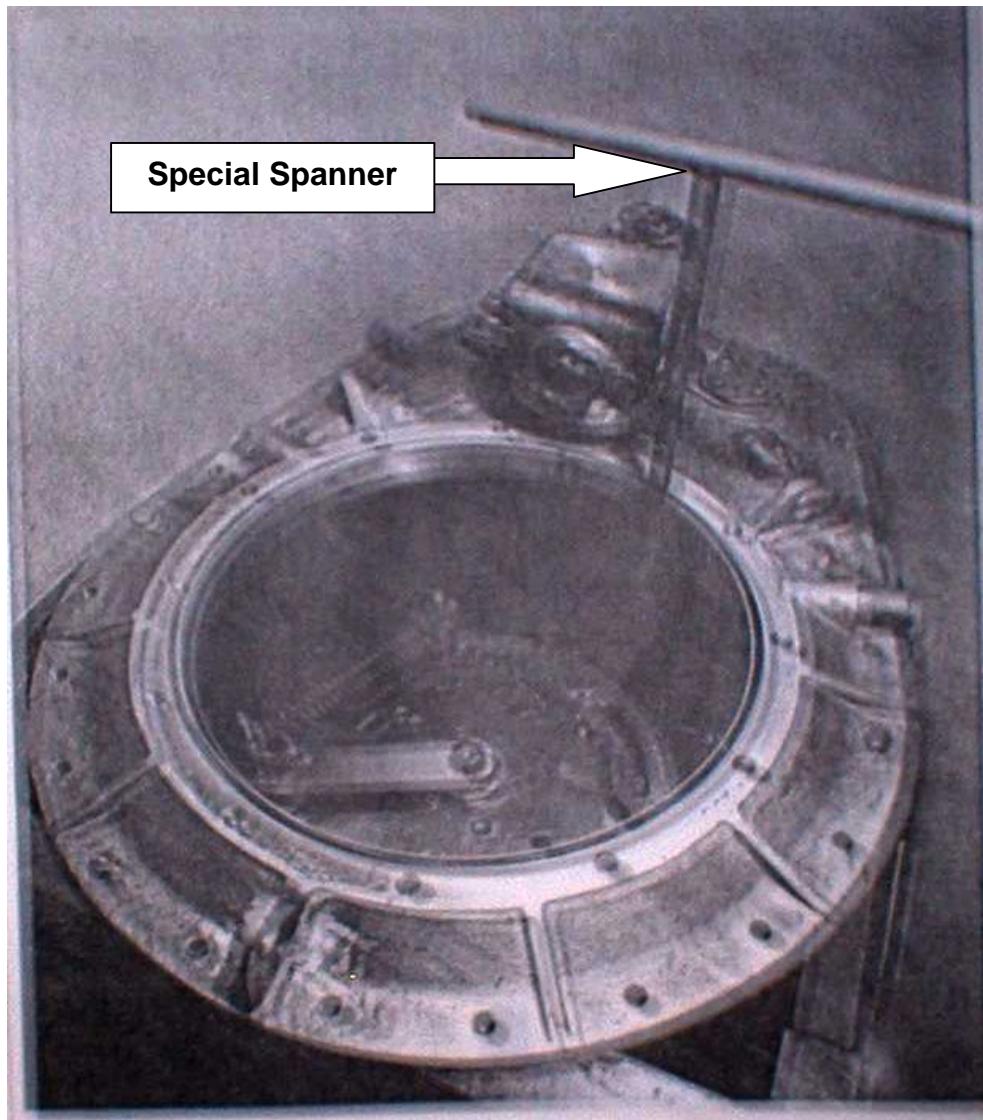


Gambar 3.102. Fixing Device

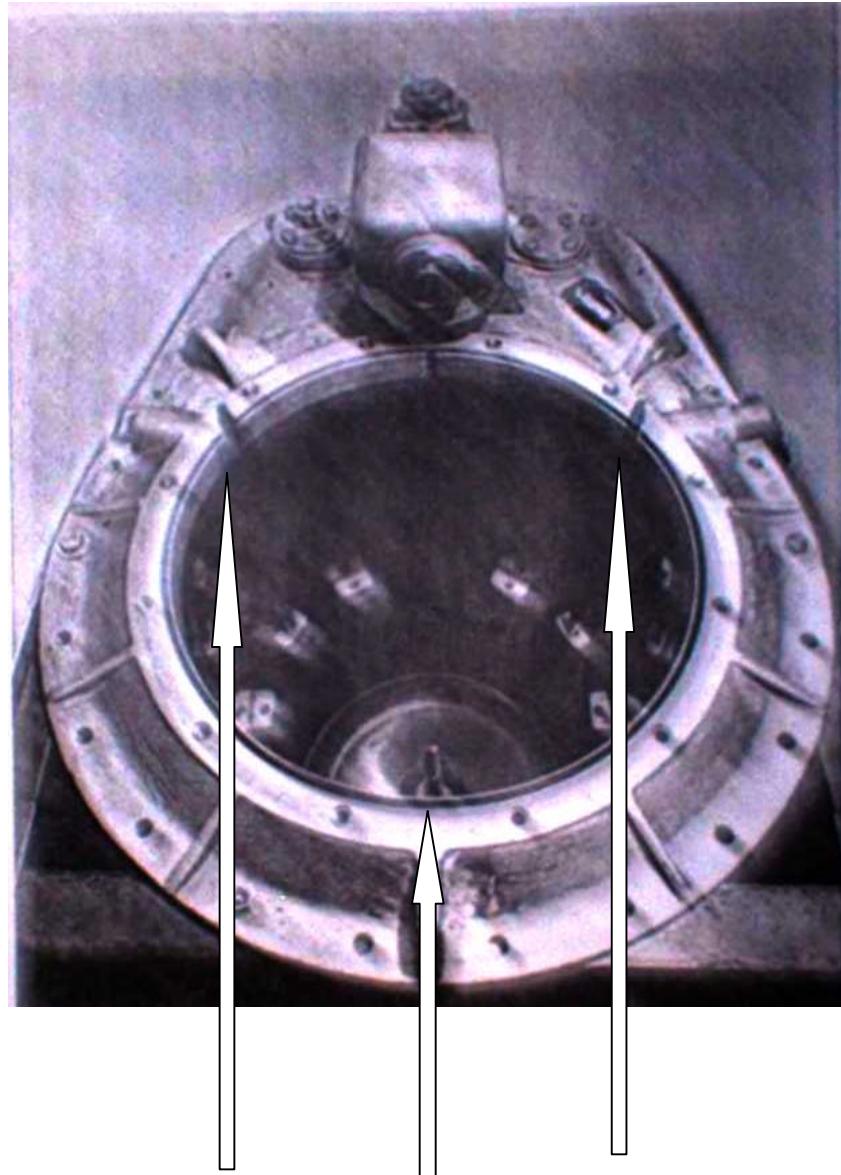


Spring locking device

Gambar 3.103. Pemasangan Spring Locker Device

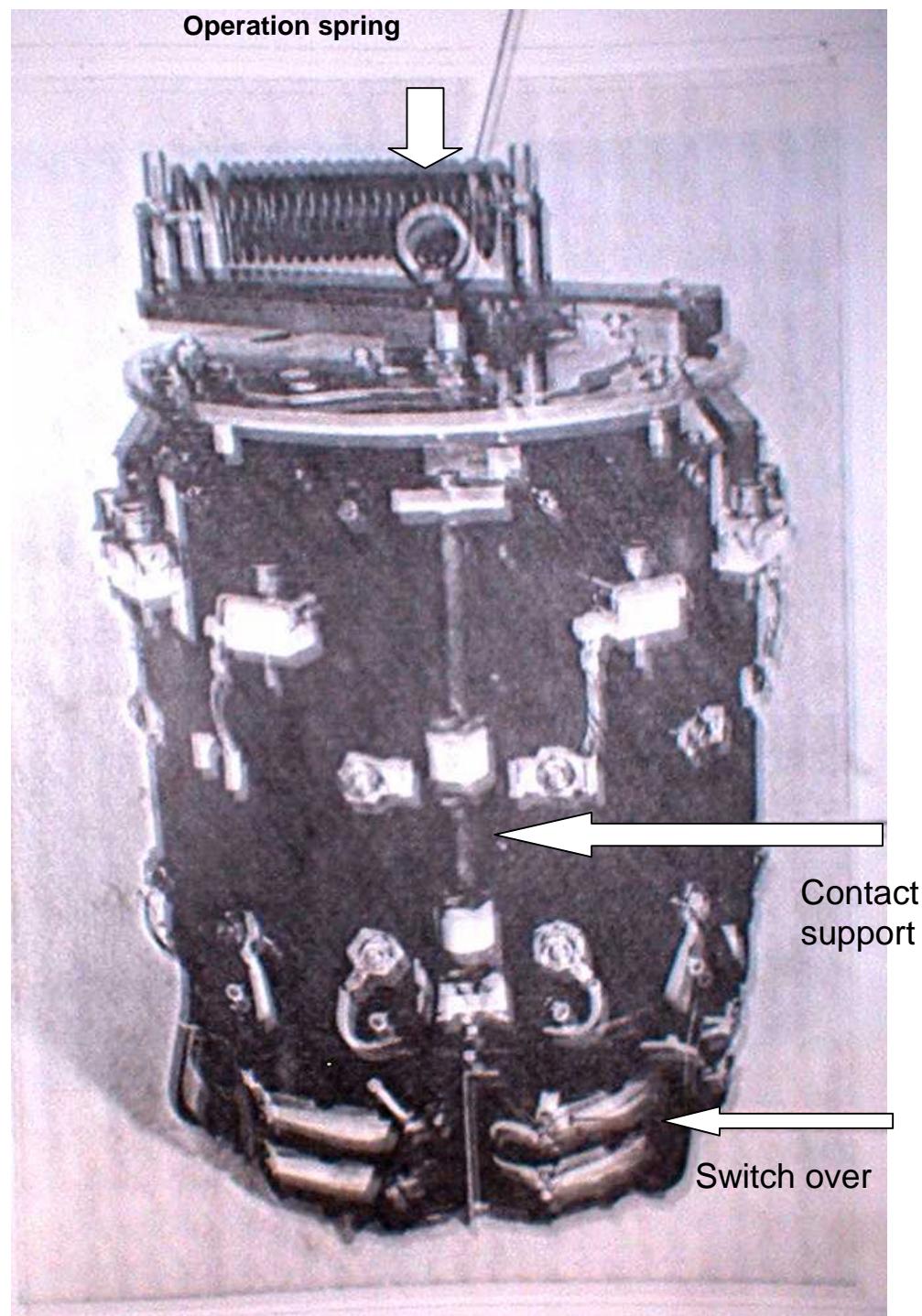


Gambar 3.104. Pelepasan Bolt Menggunakan Special Spanner

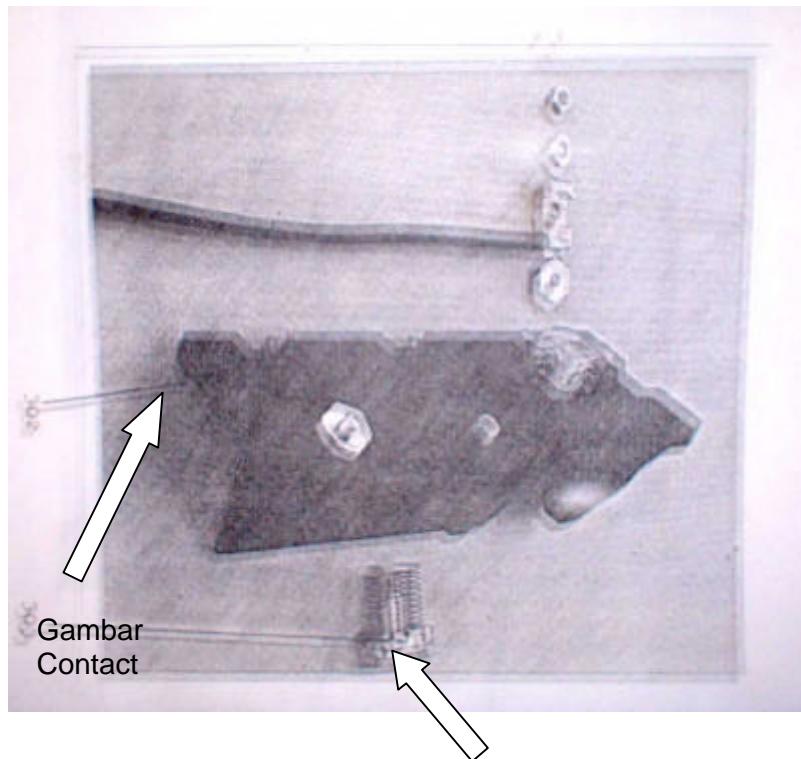


Letak Pemasangan Guide Pin

Gambar 3.105. Letak Pemasangan Guide Pin

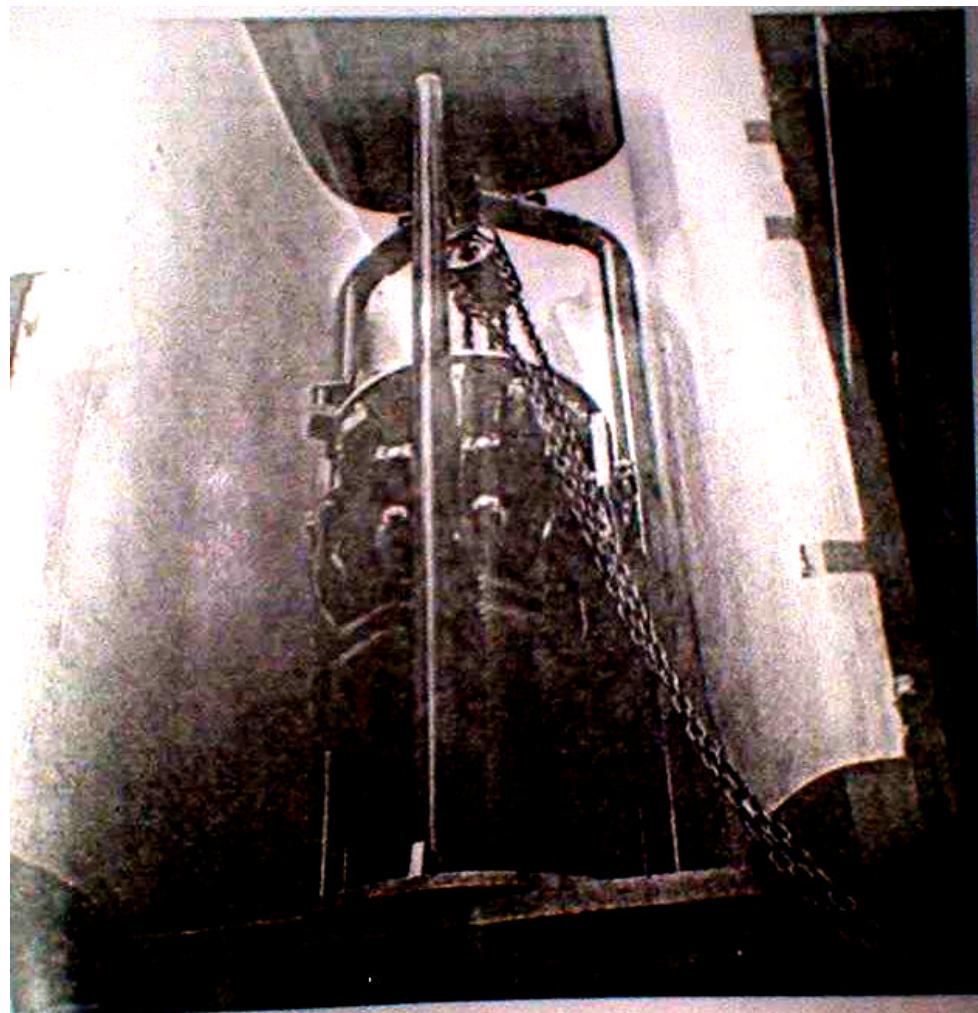


Gambar 3.106. Diverter Switch

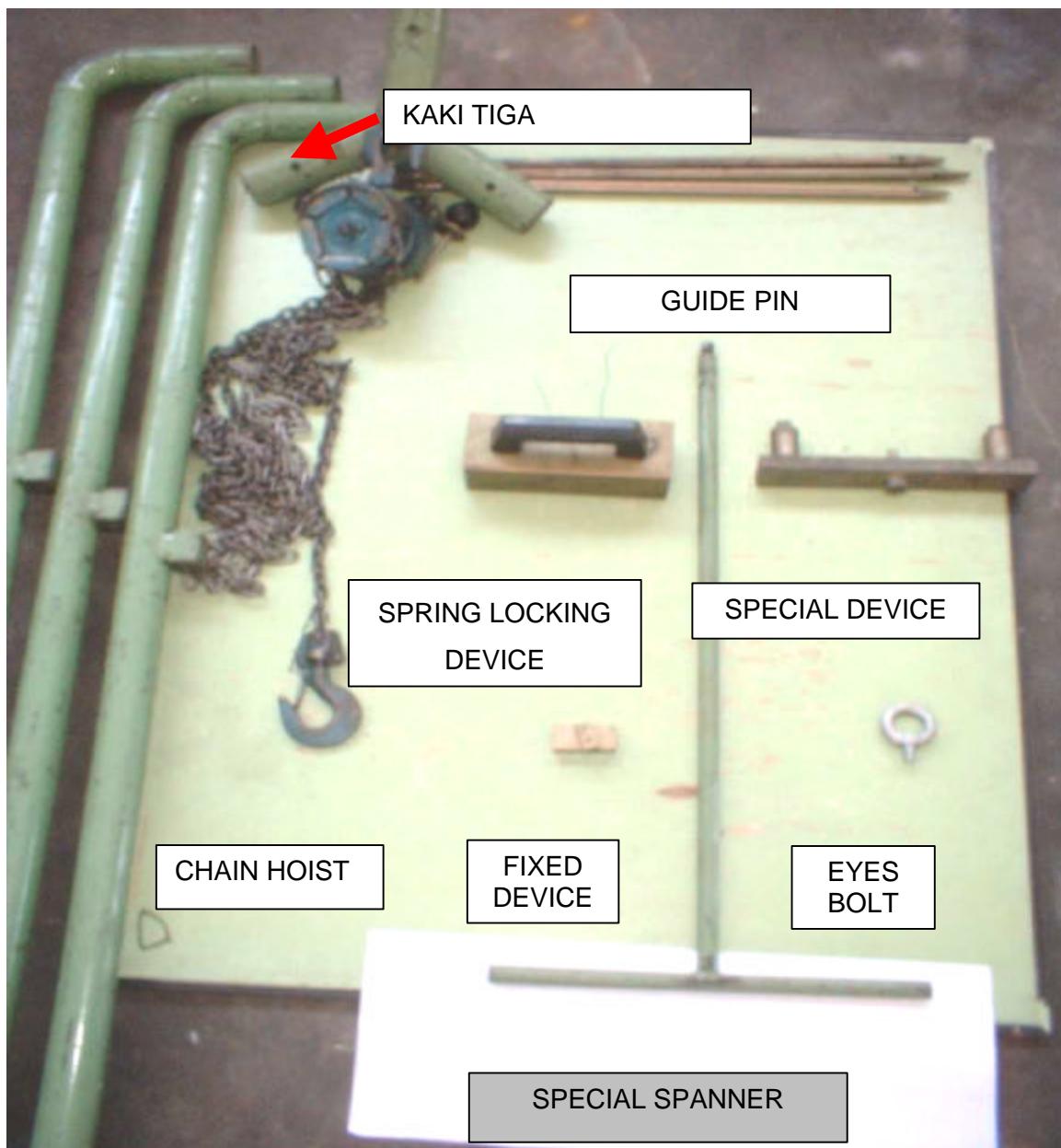


Firm switch over contact

Gambar 3.107. Firm Switch Over Contact



Gambar 3.108. Diverter Switch Posisi di luar pada Dudukan Kaki Tiga

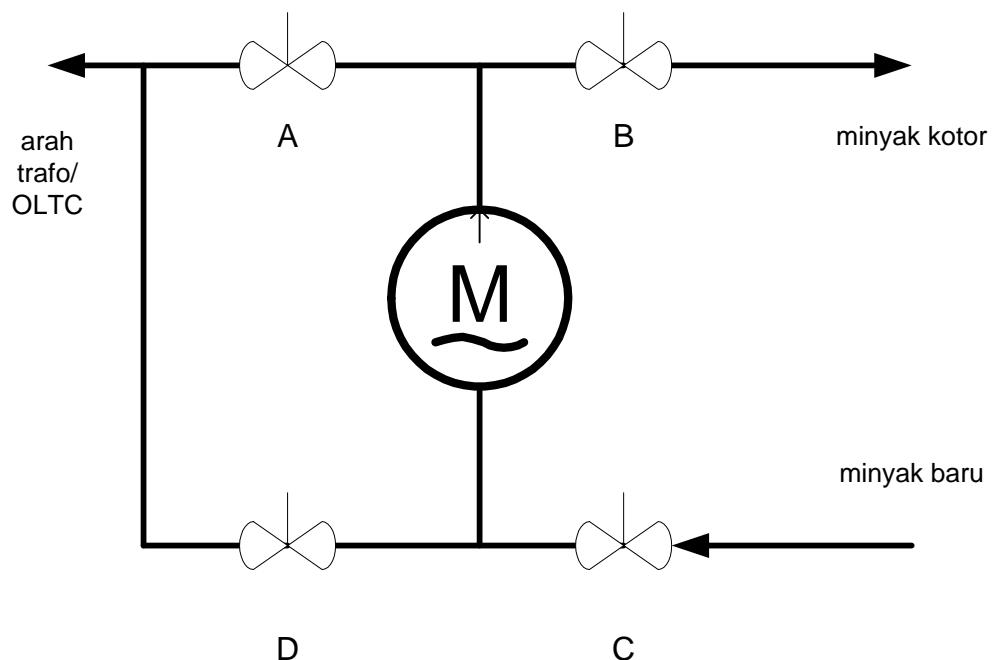


Gambar 3.109. Special Tools OLTC Merk Elin



3.9.7. Penggunaan Pompa Rigen.

Rangkaian pompa rigen seperti gambar berikut :



Gambar 3.110. Rangkaian Pompa Rigen

Pengoperasian

Cara pengoperasian pompa ini sangat sederhana dan mudah sekali.

1. Untuk pekerjaan permulaan, yakni pembuangan minyak OLTC dari trafo yang akan diganti adalah dengan ; menutup valve A & C dan membuka valve B&D.
2. Untuk mengisi atau membilas ruang chamber OLTC dengan menutup valve A & C dan membuka valve B & D.
3. Sedangkan untuk mengatur kecepatan aliran minyak dengan jalan mengatur valve D.

**Gambar 3.111. Pengukuran Kontinyuitas OLTC**



3.10. Pengujian Jansen, Bucholz, Sudden Pressure, Motor Sirkulasi Minyak dan Fan.

3.10.1. Rele Pengaman Tap Changer (Jansen)

3.10.1.1.Umum

Untuk mencegah tekanan yang berlebihan pada ruang *Divterter Switch* (rumah selector switch untuk *on load Tap Changer* dari jenis *selector switch*) jika terjadi gangguan, yang disebabkan oleh penguapan minyak, sebuah rele tekanan dipasang guna men-trip-kan pemutus arus pada setting tekanan tertentu. Fungsi waktu untuk rele pengaman tekanan ini adalah 10 – 15 milli detik.

Pada umumnya rele tekanan ini bergantung pada merk tap changer yang digunakan, misalnya Tap changer MR, menggunakan Rele RS 2001, Tap changer merk UNION menggunakan Surge pressure protective device, Tap Changer Trafo Meidensha menggunakan type LF-15 dan LF -30 dan tap changer Trafo ASEA menggunakan tipe yang akan dijelaskan sebagai contoh dibawah ini, namun pada prinsipnya rele pengaman tap changer yang akrab disebut rele JANSEN adalah sama.

3.10.1.2.Prinsip Kerja

Pada gambar 3.114, rele tekanan itu terdiri dari sebuah tuangan logam 1, tutup campuran allumunium 5, pada dasar logam bawah terpasang bellows 6, yang akan berekspansi karena kenaikan tekanan dan melalui pin 7, micro switch 9 beroperasi, sehingga akan tertutup pada setting tekanannya.

Karet seal antara dasar dan tutup dalam bentuk bellows 4, yang menutup bagian dalam dari rele tekanan dan mengamankan rele terhadap kelembaban dan debu. Tutupnya mempunyai plug 3 dengan lubang ventilasi. Untuk sambungan pengawatan saluran kabel masuk 2, untuk diameter kabel maksimum 11 mm dan terminal blok 8 dirancang untuk tiga pole. (Dikutip dari buku ASEA, LT 5663 – 1E, rev 5).

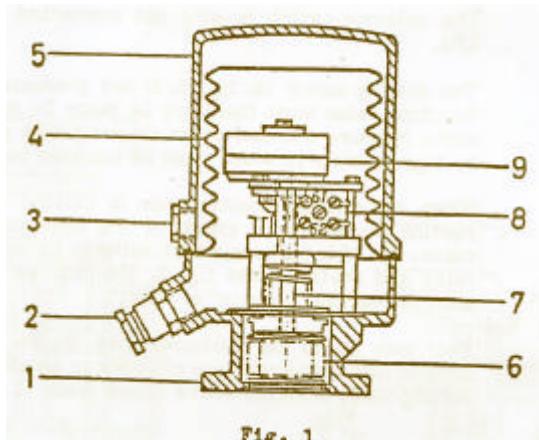


Fig. 1

Gambar 3.112. Rele Tekanan Lebih Tap Changer

3.10.1.3.Cara Penggunaan

Jarak setting untuk rele pengaman tekanan transformator adalah 30 – 150 kpa. Suatu skala graduated setting tidak diberikan, tetapi rele tekanan disetting pada waktu pembuatan yaitu dekat dengan fungsi katup yang berlaku pada jenis tap changer (toleransi harga setting adalah $\pm 10\%$).

1. Onload tap changer type UC :

Rumah diverter switch terhubung dengan konservator maka setting 100 kpa.
Rumah diverter switch yang tidak terhubung dengan konservator adalah 30 kpa.

2. On load ap changer tipe UZ:

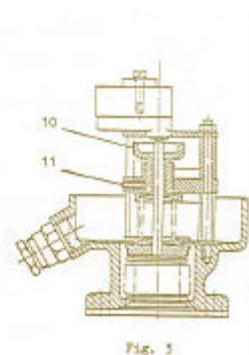
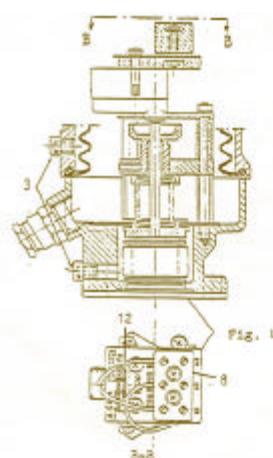
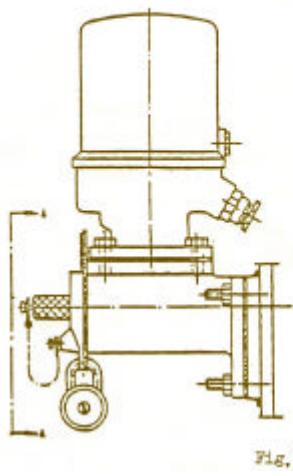
Rumah selektor switch yang terhubung dengan konservator adalah : 50 kpa
Untuk selektor switch yang rumahnya tidak terhubung dengan konservator adalah 30 kpa.

Baut sekrup setting 10, gambar 3.114, tidak graduated, setting harga yang lain selanjutnya harus dibuat menggunakan suatu manometer dan sebuah ruangan bertekanan atau menggunakan pompa udara. Baut setting dikunci dengan sekrup 11 yang dapat dibuka sebelum diatur kembali.

Jika pemeliharaan Tap Changer dilaksanakan atau pemeriksaan secara rutin dari operasi tekanan harus dilakukan, untuk maksud itu katup penguji dipasang antara rele tekanan dan tangki (Gbr.3.113.). Test disiapkan dengan kutub untuk setting : Service or Test.



LT 5665-1E, rev. 5
Page 3
LTL 1979-08-31



Gambar 3.113. Katup Pengujii Dipasang Antara Rele Tekanan Dan Tangki

Gambar 3.114. Baut Sekrup Setting 10 , Tidak Graduated

**3.10.1.4. Lembar Pemeliharaan****Rele Tekanan Tap Changer pada Transformator**

No	Peralatan yang dipelihara	Cara pemeliharaan	Standard Hasil	Tindakan	Hasil	Keterangan
I.	Pemeliharaan fisik	<ul style="list-style-type: none">Bersihkan rumah rele tekananPeriksa gasket ke tangki tap changerPeriksa gland kabel entry (2)Buka penutup aluminium(5) dan bersihkan bagian dalam rele tekananBersihkan kontak terminal blok (8)Yakinkan bahwa gasket cable-entry(2) tidak tembus air atau serangga	<p>Bersih Tidak bocor Rapat Bersih Bersih Rapat</p>			
II	Pengukuran	<ul style="list-style-type: none">Ukur tegangan DC 110 VUkur kontak-kontak alarem/tripingUkur tahanan isolasi kabel pengawatan	<p>110 V > 2MΩ > 2MΩ</p>			
III	Pengujian	<ul style="list-style-type: none">Pengujian menggunakan ruang bertekanan atau pompa udara dengan tekanan ≤ 100 kPa(UC), dan ≤50 kpa (UZ)Pengujian fungsi, hubung singkatkan kontak terminal blok (8)	<p>Bekerja normal Trip dan indikasi</p>			



3.10.2. Rele Deteksi Gas (Bucholtz)

3.10.2.1.Umum

Penggunaan rele deteksi gas (Bucholtz) pada Transformator terendam minyak yaitu untuk mengamankan transformator yang didasarkan pada gangguan Transformator seperti : arcing, partial discharge, over heating yang umumnya menghasilkan gas.

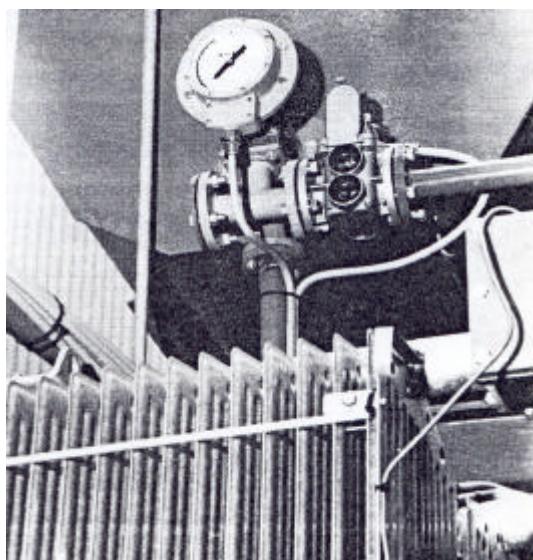
Gas-gas tersebut dikumpulkan pada ruangan rele dan akan mengerjakan kontak-kontak alarm.

Rele deteksi gas juga terdiri dari suatu peralatan yang tanggap terhadap ketidaknormalan aliran minyak yang tinggi yang timbul pada waktu transformator terjadi gangguan serius. Peralatan ini akan menggerakkan kontak trip yang pada umumnya terhubung dengan rangkaian trip Pemutus Arus dari instalasi transformator tersebut. Ada beberapa jenis rele buchholtz yang terpasang pada trafo, misalnya untuk trafo ALSTHOM menggunakan rele merk: savoisiennne, Unindo menggunakan tipe NF 80,Trafo Meidensha dengan tipe BRY35 dan BRY 50 dan Trafo ASEA memakai rele buchholtz tipe EGEM dan yang terakhir ini yang akan dijadikan sebagai contoh untuk dipelajari.

3.10.2.2.Cara Pemasangan (Desain)

Rele deteksi gas terdiri dari suatu rumah alumunium yang dilengkapi penutup peralatan alarm dan tripping. Rumah rele ini mempunyai 2 flanes, untuk pemasangan pipa dari tangki trafo dan ke konservator. (Periksa Gb.3.117).

Kemiringan pipa adalah 1 s.d 10° pada arah aliran dan ± 5° jarak lintas arah aliran. Rumah rele ini dilengkapi dengan 2 gelas untuk melihat pada dua sisinya. Glass atas mempunyai skala kalibrasi untuk cm³ yang kelihatan volume gas yang terkumpul.



Gambar 3.115. Rele Deteksi Gas Tipe EGEM BF 50/10

Katup untuk membuang gas yang terkumpul dipasang pada tutup rumah rele. Katup ini juga dipakai untuk menguji alarm rele dengan udara tekanan. Katup pembuangan gas tersebut diamankan oleh mangkok penutup apabila tidak digunakan.

Kabel wiring disediakan dari dua sisi yang berlawanan pada bok tersebut. Untuk pengujian alarm secara manual peralatan alarm dan tripping, ada sebuah knob pada tutupnya, yang diamankan oleh sebuah tutup mangkok apabila tidak digunakan.

3.10.2.3. Prinsip Kerja

Pada keadaan normal rumah rele terisi penuh dengan minyak dan pelampung alarm berada pada posisi tertinggi (Gb.3.116). Apabila ada gangguan kecil pada transformator, gelembung gas akan terbentuk dan naik keatas. Gas tersebut melalui pipa konservator ke rele deteksi gas, dimana gas terkumpul.

Apabila volume gas terkumpul mencapai 300 m^3 , pelampung akan tenggelam keposisi dimana akan menggerakkan kontak alarm. Jika gas lebih banyak lagi terkumpul, pemakaian minyak pada rumah rele menurun sampai gas itu dapat jalan keluar ke konservator.

Kontak tripping dan alarm terpisah oleh intermeadite plat. Sirip penutup (Flap) dipasang antar dua kurungan (bracket), sirip ini menekan terhadap penghentian oleh pelampung dan terkunci pada posisi ini, oleh magnit permanen. Hal ini tidak

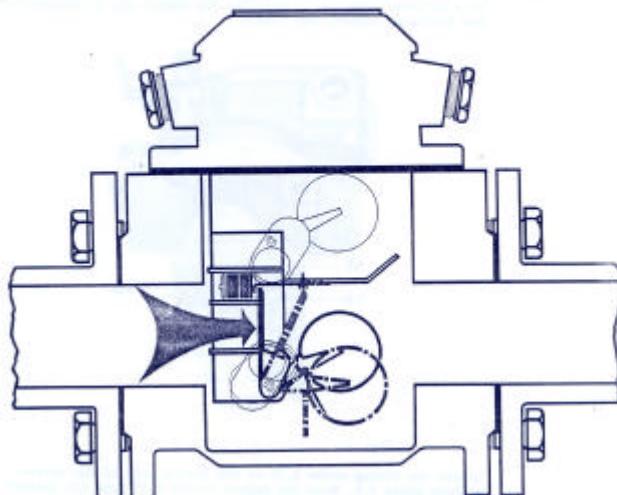


dipengaruhi oleh aliran minyak normal dari konservator, namun demikian jika timbul gangguan yang besar, tingkat aliran minyak lebih besar daripada setting yang ditentukan. Sirip penutup akan terpengaruh, sirip ini akan bergerak kedepan dan menekan ke bawah pelampung bawah, yang sebaliknya akan menggerakkan kontak tripping.

Flap-holding magnet dapat diatur untuk tiga perbedaan kecepatan minyak yaitu : 0,65 m/s, 1 m/s dan 1,5 m/s dengan menambah gap magnet.

Normalnya sirip (flap) itu disetting 1 m/s untuk tripping, yang kita dapatkan kompromi yang baik antara permintaan kecepatan kerja dan sensitivitas indikasi dari gangguan dan disisi lain untuk menguji dari salah tripping, misalnya disebabkan oleh hubung singkat di luar, getaran tanah, atau start/stop pompa sirkulasi minyak.

ASEA

566T-D4TB
Page 3
LTT 1979-01-16

Gambar 3.116. Rele Terisi Minyak Penuh Pelampung Posisi Di Atas

Jika diperlukan perubahan setting, gap magnet dirubah dengan cara sebagai berikut (periksa gambar 3.117.)

Lepaskan baut 3.10 dibawah plat 3.8. Gerakan pemegang magnet 3.11 dari posisi sekarang ke kunci yang baru. Posisi ini diindikasikan oleh angka yang terlihat pada waktu peregangnya dibuka, kencangkan lagi skrup 3.10.

Jika level minyak pada system ekspansi minyak turun dibawah posisi rele deteksi gas, kontak alarm akan digerakkan pertama, dan kemudian pelampung



bawah akan turun dan menggerakkan kontak tripping tanpa gerakan flap (sirip).

3.10.2.4. Kontak-Kontak

Peralatan kontak alarm dan tripping adalah beroperasi secara magnetik dengan jenis reed type. Jika tidak diperlukan, kontak dilain kondisi Normal Open (NO) tetapi peregang magnet (magnet holder) dapat dengan mudah diatur untuk operasi normal open (NO).

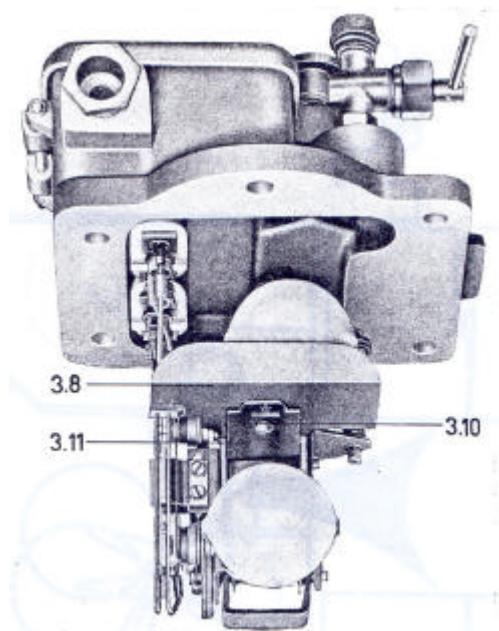
Kontak alarm bagian atas dihubungkan dengan terminal 3 dan 4 dan kontak tripping bawah dihubungkan dengan terminal 1 dan 2.

Beban kontak yang diinginkan :

2 A - 220 V AC pada $\text{Cos } \varphi \geq 0,2$

2 A - 220 V DC pada $\delta = \frac{L}{R} \leq 75 \text{ ms}$

Untuk pemesanan khusus mungkin untuk mendapatkan rele deteksi gas dengan dua kontak pada rangkaian tripping. Kedua kontak tersebut mempunyai setting jam untuk NO dan NC, kontak terminal tripping dalam hal ini ditandai dengan 1.1, 1.2 dan 2.1 , 2.2.



Gambar 3.117. Gap Magnet Untuk Merubah Setting



Contoh Gas

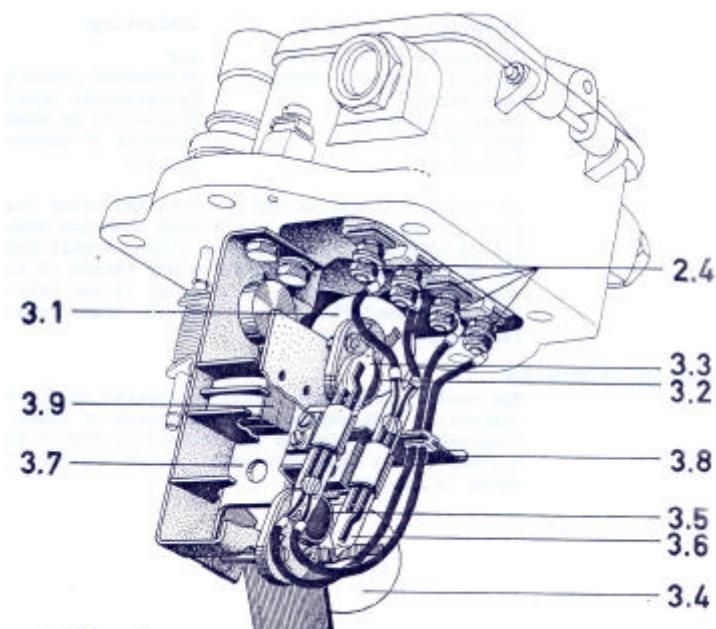
Untuk mengambil contoh gas yang terkumpul, rele mempunyai katup pengambilan contoh gas yang terkumpul dengan katup pengambilan yang cukup kecil 1/8 " pada tutupnya.

Pengukuran berikut direkomendasi jika fungsi gas terkumpul pada rele bergaransi :

1. Catat volume gas yang terkumpul dan warnanya.
2. Periksa bau dari gas tersebut.
3. Uji dengan korek api, apakah gas mudah terbakar atau tidak. Korek api tidak dipegang langsung pada ujung nozzle karena dapat terpadamkan oleh aliran gas. Jika gas terbakar, akan menyala dengan api yang berbahaya.

Untuk menguji di lapangan dari komposisi gas, peralatan sederhana analisis kimia tersedia dipasaran.

4. Untuk analisis gas lengkap, contoh gas atau contoh minyak seharusnya dikirim ke laboratorium yang dilengkapi dengan peralatan semestinya.
5. Buanglah semua gas yang terkumpul sebelum trafo dioperasikan kembali.



Gambar 3.118. Kontak Rele Deteksi Gas



Indikasi berikut dapat digunakan untuk Evaluasi Permulaan.

Karakter Gas	Indikasi
• Tidak berwarna dan tidak berbau.	Panas
• Keputih-putihan, tajam (pangkat whiltish) umumnya tidak terbakar.	Panas lebih material isolasi (presboard, paper)
• Padat (dense), kekuning-kuningan (Yellow wish).	Flash Over pada kayu
• Abu-abu atau hitam mudah terbakar	Product of deomposition from OLT

**3.10.2.5. Lembar Pemeliharaan****Lembar Pemeliharaan Rele deteksi gas (Bucholtz)**

No	Peralatan yang dipelihara	Cara pemeliharaan	Standard Hasil	Tindakan	Hasil	Keterangan
I.	Pemeliharaan fisik	<ul style="list-style-type: none">Bersihkan rumah rele buholtzPeriksa gasket antara rele ke tangki trafo dan ke konservatorPeriksa gland kabel entryBuka tutup aluminium dan bersihkan bagian dalam rele buholtzBersihkan bola pelampung, kabel konektor, kontak, dan dinding rele buholtz.Bersihkan terminal kontak alarm dan tripping	Bersih Tidak bocor Rapat Bersih Bersih Bersih			
II	Pengukuran	<ul style="list-style-type: none">Ukur tegangan DC 110 VUkur kontak-kontak alarem/ tripingUkur tahanan isolasi kabel pengawatan	110 V > 2MΩ > 2MΩ			
III	Pengujian fungsi					
	a. Menggunakan knob	<ul style="list-style-type: none">Buka mangkok penutupTekan knobPegas akan menekan rele	Indikasi alarm dan tripping			
	b. Menggunakan Pompa	<ul style="list-style-type: none">Pompa udara pada rele BucholtzBuang udara setelah selesai pengujian	Indikasi alarm dan tripping			



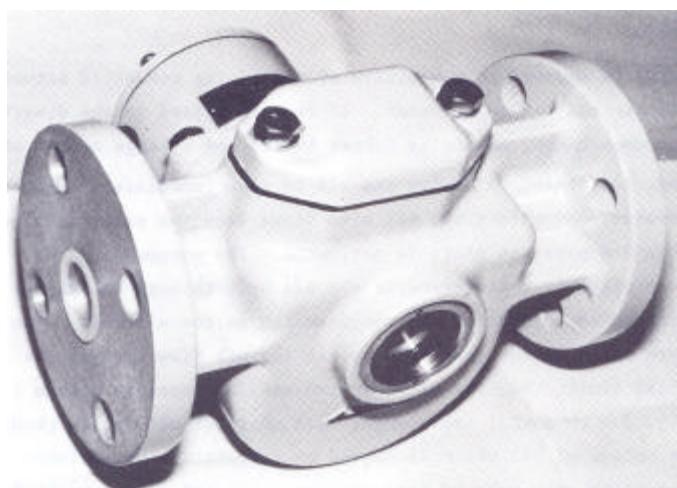
3.10.3. Oil Actuated Relay (Jansen) Tipe LC-15 dan LC 30 (Meidensha electric mfg co)

3.10.3.1.Umum

Relay oil actuated (Jansen) digunakan untuk mendeteksi kegagalan isolasi atau abnormal switching dari onload tap changer dan dapat memberikan signal guna mentripkan sumber listrik agar gangguan pada tap changer atau transformator dapat dihindari. (Lihat Gambar 3.119)

3.10.3.2.Prinsip Kerja

Rele dipasang ditengah pipa penghubung antara tap changer dan konservator. Jika terjadi gangguan pada ruang diverter switch, busur listrik akan terbentuk yang akan menghasilkan gas cukup banyak. Dengan demikian mengijinkan minyak mengalir dengan cepat ke konservator. Pada saat yang sama minyak juga mengalir ke rele utama sehingga piringan akan bertekanan dan bergerak. Pergerakan dari piringan yang bertekanan tersebut akan diteruskan ke melalui kopling magnet untuk mengoperasikan mikroswitch pada air unit tersebut. Plate bertekanan tersebut tidak akan bergerak apabila aliran minyak tidak melebihi batas yang ditentukan. Jadi mikroswitch tidak akan beroperasi apabila aliran minyak tersebut kecil karena tap changer kondisi normal atau kenaikan aliran minyak akibat volume minyak yang disebakan oleh variasi temperatur. Prinsip kerja dari piring bertekanan dan mekanis batang-lintang (toggle) adalah seperti pada gambar 3.118.



Gambar 3.119. Oil Actuated Rele (Jansen)



Batang-lintang (2) selalu memberikan gaya putar dalam arah panah oleh pegas (4). Di sekitar pusat dipegang oleh (3). Batang lintang dihubungkan dengan plate bertekanan oleh poros berputar untuk memberikan beban pada plate bertekanan 1. Apabila ada aliran minyak pada reledan beban melebihi batas yang dipakai pada plate bertekanan 1. Plate bertekanan akan bergerak dan batang lintang 2) akan berposisi seperti Fig 1-2 di sekitar pemegang geser (slide support) 3). Pada kondisi ini, batang lintang 2) berputar kearah panah oleh pegas 4) untuk memegang plate 1) pada posisi operasi ketika minyak berhenti mengalir.

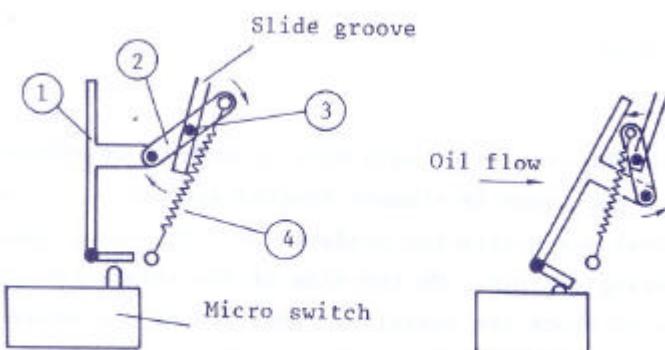


Fig. 1-1 (Switch OFF)

Fig. 1-2 (Switch ON)

Gambar 3.120. Switch Off dan ON

3.10.3.3.Cara Penggunaan

1. Kecepatan aliran minyak

Kontak-kontak akan bergerak jika aliran minyak melebihi harga yang diberikan, lihat pada tabel berikut:

Tabel Kecepatan Aliran Minyak

Tipe	Flowrate operation m/sec	Current capacity Of oltc	Operating time
LF-15	$1,5 \pm 0,15$	200A	70ms
LF-30	$3,0 \pm 0,3$	300A	70ms



2. Kapasitas kontak

AC 125 V,250 V : 12 A

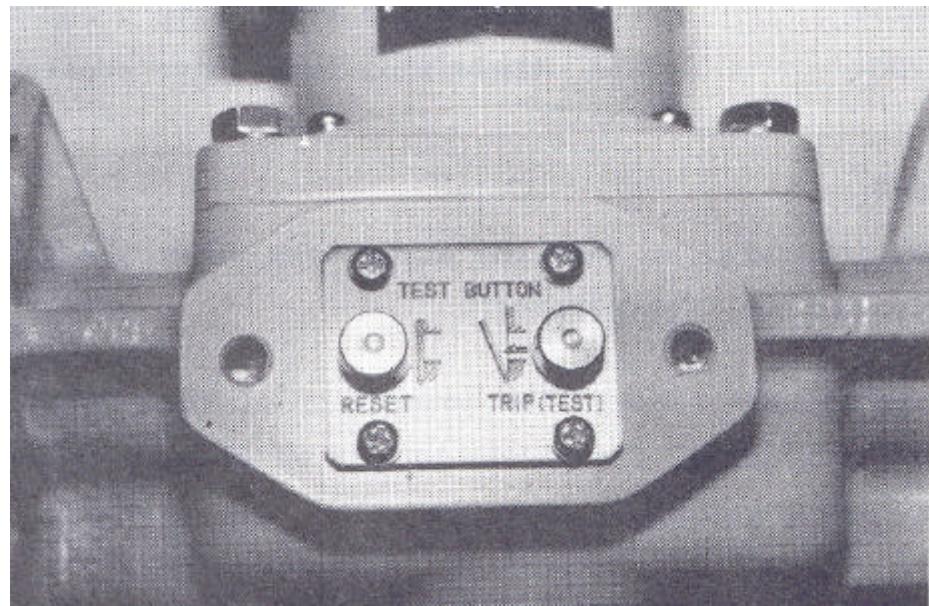
DC 125 V : 6 A

DC 250 V : 1,5 A

3.10.3.4. Pemeliharaan

1. Pasang rele sehingga tanda panah dibawah jendela periksa mengarah ke konservator.
2. Rele tersebut menggunakan flanes untuk menghubungkan ke sistem pipa pipa. Jika rele dipasang, pasangkan flanes pada kedua ujung rele menggunakan gasket.
3. Untuk kabel pengawatan keluar dari rele, gunakan $\frac{1}{2}$ B pipa atau kabel dengan ukuran kabel gland yang sesuai. Keluaran kabel pengawatan disiapkan pada sisi kiri dan kanan rele. Untuk keluaran kabel pengawatan yang tidak digunakan seharusnya ditutup menggunakan sumbat (plug).
4. Untuk pengawatan sambung kawat pada bagian dalam terminal (MS) dengan membuka piring penutup terminal. Jika rele dioperasikan dengan tegangan DC yakinkan bahwa polaritas sumber sesuai dengan yang terlihat pada terminal blok.
5. Periksa kontak-kontak rele sesuai fungsi yang tepat. Buka penutup pada sisi atas rele, maka tombol reset dan trip akan nampak didalam rele.

Dengan menekan tombol reset rele siap untuk digunakan dan saklar pada posisi off (Fig 1.1). Pada saat tersebut periksa dalam jendela periksa dan nikel plate mekanis akan nampak. Tekan tombol trip dan plate bertekanan akan bergerak.



Gambar 3.121. Reset and Trip (Test) Button

**3.10.3.5. Lembar Pemeliharaan****Rеле Tekanan Tap Changer Pada Transformator**

No	Peralatan yang dipelihara	Cara pemeliharaan	Standard Hasil	Tindakan	Hasil	Keterangan
I.	Pemeliharaan fisik	<ul style="list-style-type: none">• Bersihkan rumah rele tekanan• Periksa gasket ke tangki tap changer• Periksa gland kabel kabel entry• Buka tutup aluminium dan bersihkan bagian dalam rele tekanan• Bersihkan kontak terminal blok• Yakinkan bahwa gasket cable-entry tidak tembus air atau serangga	Bersih Tidak bocor Rapat Bersih Bersih Rapat			
II	Pengukuran	<ul style="list-style-type: none">▪ Ukur tegangan DC 110 V▪ Ukur kontak-kontak alarem/tripping▪ Ukur tahanan isolasi kabel pengawatan	110 V > 2MΩ > 2MΩ			
III	Pengujian	<ul style="list-style-type: none">• Pengujian menggunakan ruang bertekanan atau pompa udara dengan tekanan ≤ 100 kPa (UC), dan ≤ 50 kpa (UZ)• Pengujian fungsi ,hubung singkatkan kontak terminal blok	Bekerja normal Trip dan indikasi			



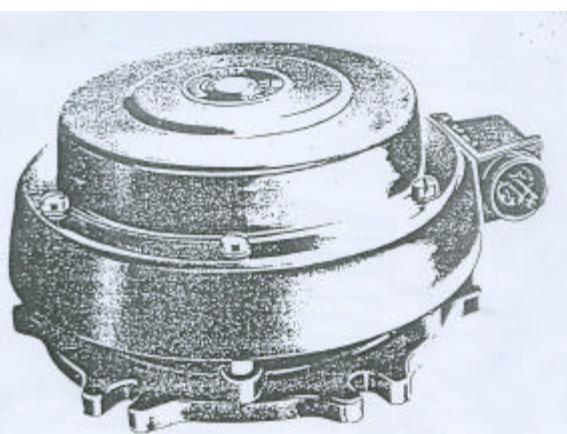
3.10.4. Pressure Relief Device (QualiTrol series 208).

3.10.4.1.Umum.

Suatu flash over atau hubung singkat yang timbul pada suatu transformator terendam minyak, umumnya akan berkaitan dengan suatu tekanan lebih didalam tangki, karena gas yang dibentuk oleh decomposisi dan evaporasi minyak. Dengan melengkapi sebuah pelepasan tekanan pada trafo maka tekanan lebih yang membahayakan tangki trafo dapat dibatasi besarnya. Apabila tekanan lebih ini tidak dapat dieliminasi dalam waktu beberapa millidetik, tangki trafo akan meledak dan terjadi panas lebih pada cairan, konsekuensinya pada dasarnya harus memberikan suatu peralatan pengaman. Peralatan pengaman harus cepat bekerja mengevakuasi tekanan tersebut.

3.10.4.2.Rancangan.

Seperti terlihat pada gambar relief valve terdiri dari sebuah aluminium flange (1), dan tutup (6), sebuah katup piringan (3), yang ditekan oleh gasket(4) dan (5) akibat gaya pegas dua closing spring (7). Gasket tersebut dibuat dari karet tahan minyak. Agar dapat memberikan indikasi dan alarem apabila pressure relief ini berfungsi,maka susunan saklar yang tertutup rapat (9), dan sebuah indikator mekanik (8) tergabung (incorporated).



Gambar 3.122. Spring-Loaded Pressure Relief Device

Katup ini tidak mempunyai bagian dalam yang dapat jatuh kedalam transformator . Berat yang cukup ringan dari katup piringan dan pegas yang ringan juga pegas penutup mengijinkan katup dapat membuka lebar dan cepat.Tidak diperlukan kalibrasi pada peralatan ini dan katup akan bekerja membuka pada tekanan 70 ± 7 kPa atau ($10 \pm$ psi).



3.10.4.3.Cara Kerja

Apabila tekanan didalam Trafo dibawah tekanan operasi katup ,maka gaya dari pegas penutup akan dikenakan pada piringan katup (3) yang akan berhenti didalam gasket (4),menyebabkan suatu seal positip. Apabila tekanan telah mencapai tekanan kerja,seal gasket ini akan melepas minyak keluar ruangan katup. Volume minyak yang sedikit akan cukup menyebabkan tekanan minyak bekerja pada seluruh luas dari piringan katup,yang kemudian membuka secara instantanous. Waktu membuka kira-kira adalah 2 millidetik pada waktu ada gangguan yang serius.Katup akan menutup kembali secara automatis bila tekanan lebih telah dilepaskan.

Mekanik indikator (8) terdiri dari batang aluminium dengan warna kuning terang dengan diameter 13 mm (1/2 ") dan ditempatkan pada titik tengah tutup dan dengan ujung terendah pada katup.Apabila katup bekerja,piringan katup membuka seketika dan gaya dari batang kuning tadi melalui bushingnya maka akan memperpanjang 45 mm diatas tutup peralatan katup .Indikator tersebut akan tetap tinggal pada posisi itu oleh tekanan (squeeze) o ring pada bushing dan indikator tersebut akan sangat jelas nampak dari jarak jauh,yang mengindikasikan bahwa katup telah bekerja.Untuk mereset batang indikator tersebut ,tekan kembali kebawah sampai pada posisi semula.

Saklar alarm

Katup relief disediakan saklar alarem (9) yang ditempatkan pada sisi penutup.Rumah saklar itu sendiri tertutup rapat ,jenis tahan air dilengkapi dengan saklar single pole, double throw yang mempunyai konduktor kabel sebanyak 3 urat yang dapat dihubungkan untuk sistem alarem,atau suatu peralatan signal untuk lokal atau indikasi jarak jauh (remote) apabila katup tersebut bekerja.

Switch rating:

1 x s.p.d.t

2 x s.p.d.t

15 amp,125 -235 V AC

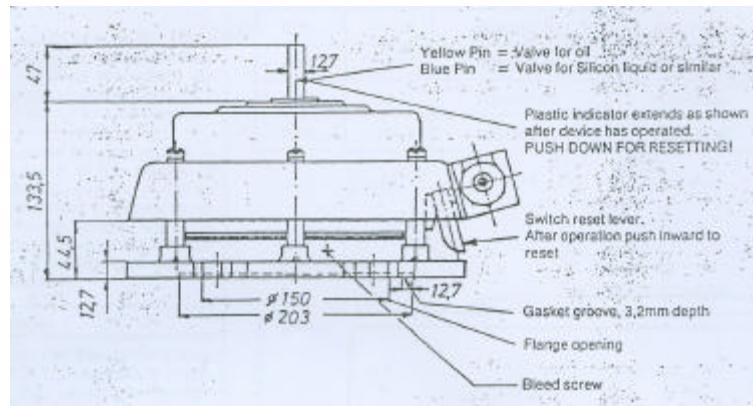
5 amp ,125-235 VAC each

0,5 amp ,125 V DC ---> ohm load

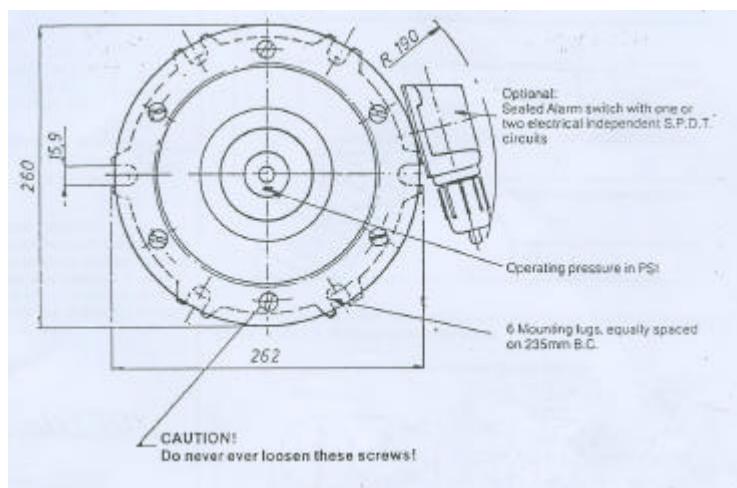
0,3 amp, 125 V Dceach---> ohm load

0,25 amp,250 V DC

0,1 amp,250 V DC each



Gambar 3.123. Relay Sudden Pressure tampak samping



Gambar 3.124. Relay Sudden Pressure tampak atas

3.10.4.4.Cara Penggunaan

QualiTroll relief device umumnya dipasang dengan posisi mendatar. Namun demikian pemasangan secara posisi horizontal disarankan dan peralatan juga dapat dipasang pada sisi trafo secara vertikal. Apabila peralatan ini dipasang dibawah level cairan, head presssure harus dipertimbangkan pada waktu menentukan operasi katup. Tambahan lagi, ketetapan harus dibuat untuk pemeriksaan indikator operasi. Sementara tidak ada rumusan yang tepat,didalam menentukan jumlah pressure relief device yang digunakan per instalasi,adalah umum untuk penggunaan satu buah pressuure relief device untuk masing-masing minyak pendingin sebanyak 35.000 liter.

**Material Gasket.**

Operating pressure		Perbunga gasket For transformer oil	Viton gasket For silicon liquid
0,28	4	208-007-01	208-011-01
0,35	5	208-007-02	208-011-02
0,55	8	208-007-03	208-011-03
0,70	10	208-007-04	208-011-04
0,85	12	208-007-05	208-011-05

3.10.4.5.Pengujian

Tarik penggerak yang condong pada piringan katup (3) kearah rumah saklar sehingga mengunci dan tetap pada posisi cukup jauh dari piringan dan hampir pada lengan untuk reset(10) .Reset dengan menekan lengan (10) kearah katup.



3.10.4.6. Lembar Pemeliharaan

Lembar Pemeliharaan Rele Tekanan Pada Transformator (Pressure Relief)

No	Peralatan yang dipelihara	Cara pemeliharaan	Standard Hasil	Tindakan	Hasil	Keterangan
I.	Pemeliharaan fisik	<ul style="list-style-type: none">Bersihkan rumah rele tekananPeriksa gasket ke tangki tap changerPeriksa gland kabel kabel entryBuka tutup aluminium dan bersihkan bagian dalam rele tekananBersihkan kontak terminal blokYakinkan bahwa gasket cable-entry tidak tembus air atau serangga	Bersih Tidak bocor Rapat Bersih Bersih Rapat			
II	Pengukuran	<ul style="list-style-type: none">Ukur tegangan DC 110 VUkur kontak-kontak alarem/trippingUkur tahanan isolasi kabel pengawatan	110 V > 2MΩ > 2MΩ			
III	Pengujian	<ul style="list-style-type: none">Pengujian menggunakan ruang bertekanan atau pompa udara dengan tekananPengujian fungsi, hubung singkatkan kontak terminal blok	Bekerja normal Trip dan indikasi			



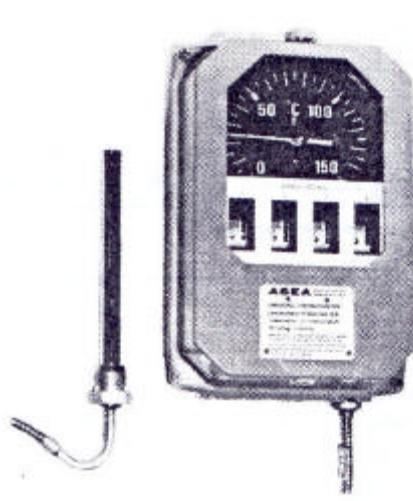
3.10.5. Indikator Temperatur Kumparan dengan Resistor Pemanas

3.10.5.1.Umum

Indikator temperatur kumparan dengan resistor pemanas adalah suatu pengembangan dari sistem penggambaran yang berkenaan dengan panas lebih awal yang dimiliki ASEA.

Resistor pemanas dibuat sebagai pengukuran dari indikasi instrumen. Resistor ini memberikan suatu peningkatan suhu pada instrumen, secara proporsional disekelilingnya melalui arus resistor, begitu juga sebanding dengan tegangan keseberang resistor.

Jika resistor dilakukan dari suatu penempatan trafo arus pada beban terhadap kumparan yang ingin kita ukur, dengan begitu kita mendapatkan suatu indikasi suhu kumparan riil yang baik pada semua beban dan kondisi-kondisi suhu.



Gambar 3.125. Indikator Suhu Kumparan (TITA 64 dan TITG 64)

3.10.5.2.Prinsip Kerja

Indikator temperatur kumparan (TITA 64 dan TITG 64) dengan resistor pemanas adalah suatu pengembangan dari sistem penggambaran yang berkenaan dengan panas lebih awal yang dimiliki ASEA, lebih lanjut untuk indikasi hot-spot trafo.

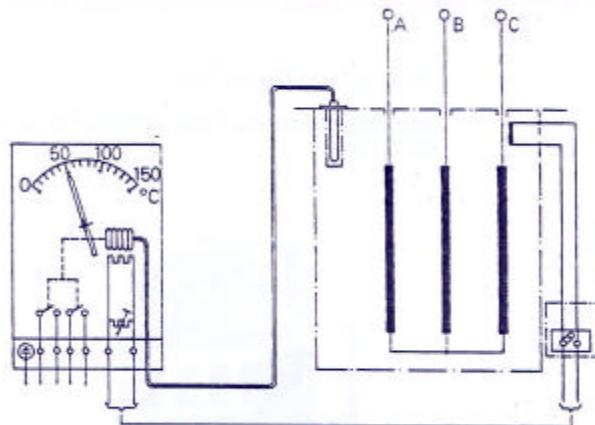
Sistem yang baru, seperti salah satu yang ada, adalah sesuatu yang didasarkan pada gelembung thermometer yang ditempatkan pada saku thermometer, pada umumnya ditempatkan diatas trafo.



3.10.5.3. Dasar Untuk Pengukuran Tinggi Suhu Minyak Trafo

Resistor pemanas dibuat sebagai pengukuran dari indikasi instrumen. Resistor ini memberikan suatu peningkatan suhu pada instrumen, secara proporsional disekelilingnya melalui arus resistor, begitu juga sebanding dengan tegangan keseberang resistor. Jika resistor dilakukan dari suatu penempatan trafo arus pada beban terhadap kumparan yang ingin kita ukur, dengan begitu kita mendapatkan suatu indikasi suhu kumparan riil yang baik pada semua beban dan kondisi-kondisi suhu.

Waktunya tetap untuk indikator pada suatu perubahan mendadak, yaitu sekitar 9 menit, yang sama besarnya dengan waktu yang tetap dengan kumparan itu sendiri.



Gambar 3.126. Rangkaian indikator kumparan tipe TITA 64 dan TITG 64

Suatu resistor-shunt dapat disetel juga dibangun dalam instrumen itu. Arus max. 1.5 A pada nilai beban trafo diberikan dari suatu trafo arus yang ditempatkan disekitar koneksi beban atau bashing dari kumparan yang diukur.

Resistor shunt disetel guna memberi suatu tegangan balik resistor pemanas yang merespon pada pengukuran atau kumpulan over-temperatur pada kumparan hot-spot diatas tingginya suhu minyak.

System ini mempunyai suatu konsumsi tenaga yang rendah dan mudah menyesuaikan dari level (tingkat) yang bawah.



3.10.5.4.Cara Pemasangan

Intensitas dari trafo akan ditunjukkan pada suhu hot-spot dari kumparan dibawah semua kondisi beban.

Data yang otentik selama panas keluar dari trafo digunakan sebagai dasar untuk penyetelan, jika panas yang keluar tidak terasa, hasil dari perhitungan trafo atau keluar panas lebih atau sama dengan suhu trafo yang digunakan.

- δ = Kenaikan suhu diatas suhu minyak
 I = Arus dari CT
 U = Tegangan mengalir ke terminal-terminal instrumen
 U_{max} = 4.6 V cont. 20 V untuk 5 detik
 R_{tot} = U/I (hanya untuk kalibrasi dengan ohm.meter dan CT dihubungkan)

Contoh

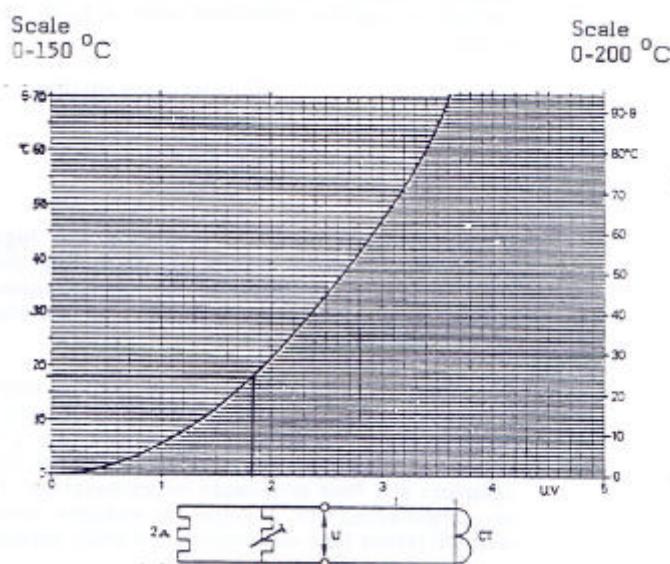
$$\delta = 18^\circ\text{C} \quad (0 - 150^\circ\text{C} \text{ scala})$$

$$I = 1.5 \text{ A}$$

Dari kurva kalibrasi

$$U = 1.83 \text{ V}$$

$$(R_{tot} = 1.83 / 1.5 = 1.22 \Omega)$$



Gambar 3.127. Kurva Kalibrasi Indikator Kumparan Tipe TITA Dan TITG



Kurva kalibrasi memberi tegangan yang diperlukan kearah terminal input instrumen, agar memberi suhu yang diinginkan naik, sebagai contoh memberi 1.83 V untuk 18 °C, pada 1.5 A arus masuk.

Penyetelan resistor-shunt dilakukan dengan tujuan mengukur tegangan & arus atau dengan bantuan dari suatu ohm.meter, dalam hal ini harga R.tot = 1.22 ohm.detik.

Ketelitian over-temperatur menandai cara ini 15 %. Jika suatu ketelitian lebih tinggi diperlukan, kalibrasi harus dilakukan dengan memberi arus yang benar kedalam instrumen untuk sedikitnya 30 menit.

Untuk trafo-trafo dengan pendingin lebih dari satu, kenaikan suhu akan disesuaikan untuk merespon dengan nilai yang paling tinggi.

Kesalahan pada tingkat-tingkat pendingin yang lebih rendah akan menjadi kurang dari 2 °C.

3.10.5.5. Penyetelan Kontak

Agar sedapat mungkin pembebahan trafo terdiri dari pada penunjukan perubahan pembebahan, kami menyarankan sebagai berikut ini, setting dari kontak-kontak untuk indikasi suhu kumparan, dimana tidak diperlukan tempat khusus diberikan pada spesifikasi konsumen. Tiap kontak akan dikombinasi dengan *Delay Time Relay* untuk sinyal.

Tabel Delay Time Relay

No. kontak	Setting Suhu	Time delay
1	110 °C	8 Jam
2	125 °C	2 Jam
3	140 °C	2 menit

Bila hanya 2 (dua) kontak yang dapat berfungsi, nilai suhu yang tertinggi dan yang terendah yang akan dipergunakan. Untuk tripping langsung dari trafo, kami merekomendasikan nilai yang paling tinggi (140 °C), dikombinasi dengan suatu time delay kecil untuk menghindari kejutan mekanik dan menyebabkan kegagalan tripping.



3.10.5.6. Konstruksi

System thermometer terdiri dari suatu thermometer silinder gelembung dengan rangkaian bingkai, tabung kapiler dan satu rumah thermometer berisi satu skala penunjuk, satu tongkat penunjuk suhu dan indikator suhu maksimum merah dan resistor penyeimbang dan pemanas dengan 4 (empat) penyetel micro-switch.

System pengukuran dikompensasi untuk perubahan suhu lingkungan. Dua jenis dengan perbedaan skala dimensi cakupan ada tersedia.

1. Dengan memasukan (janta) R $\frac{3}{4}$ (BSPT) dan gelembung $\varnothing 16$, panjang 170 mm untuk kantong pengisian minyak. Cakupan skala : 0 – 15 °C. Type TITA.
2. Dengan sambungan ulir 7/8 " – 14 UNF dan gelembung $\varnothing 12.16$, panjang 150 mm untuk kantong kering menurut ANSI C57.12.00. cakupan skala : 0 – 200 °C.

Semua thermometer dilengkapi dengan suatu angka hitam dengan skala putih dengan angka-angka.

Tanda tongkat penunjuk adalah putih dan indikator maksimum merah.

Dimungkinkan untuk mereset dengan pertolongan satu obeng dari luar, dengan memutar sekrup itu dipusat skala.

Tabung kapiler dilindungi dengan satu spiral 8 mm tabung baja tahan karat. Instrumen dibuat untuk penggunaan diluar, dan perubahan memberi perlindungan terhadap endapan debu berbahaya dan tampias terdiri dari IP53 menggambarkan IEC Publ. 144. **Kontak-Kontak.** Banyaknya kontak ada 4 (empat). Kontak secara elektris dipisahkan dan dapat disetel didalam skala mencakup 0 – 150 °C dan 0 - 200 °C, berturut-turut.

Setting dapat membaca sampai habis tutup jendela. Micro-switch dibingkai dengan tangkai dengan soket dari rumahnya dan dihubungkan dengan terminal blok.

Terminal ditandai dengan 11-12-14, 21-22-24 dan seterusnya. Terminal alat pemanas ditandai 5-5. Masing-masing kontak digerakkan oleh suatu piringan cakram dengan memutar angka suhu untuk pengaturan terpisah. Kontak menutup pada suhu yang di-set dan membuka pada 7 ± 2 °C suhu lebih rendah.

**Data Kontak Untuk Micro-Switch dari Type Blow-Out.**

Nilai tegangan : 110/250 V AC atau DC.

110 V AC 15 A	resistive	15 A	Induktive	
250 V AC 15 A	resistive		Induktive	(cos = 0.4)
110 V DC 10 A	resistive		Induktive	
250 V DC 3 A	resistive		Induktive	
110 V DC 0.4 A	Induktive			
220 V DC 0.2 A	Induktive		L/R=max.40 ms	

3.10.5.7. Lembar Pemeliharaan

Lembar pemeliharaan thermometer pada transformator dapat dilihat pada pembahasan **bab 3.5.3. Pemeliharaan Thermometer**.

3.10.6. Pendingin Trafo**3.10.6.1. Umum**

Transformator umumnya diisi minyak sebagai bahan isolasi antara kumparan dengan kumparan dan kumparan dengan tangki.

Transformator tenaga umumnya dilengkapi dengan sistem pendingin, yang dimaksudkan agar trafo dapat bekerja sesuai dengan rating yang tertera pada spesifikasinya. Trafo yang dilengkapi pendingin adalah yang berkapasitas diatas 10 MVA. Tipe pendinginan trafo adalah secara alami dan paksaan, yaitu menggunakan riben(sirip), radiator dan bantuan motor untuk mengembus udara. Banyaknya riben atau motor- motor yang terpasang sesuai dengan kapasitas trafo dan permukaan yang didinginkan.



3.10.6.2. Prinsip Kerja

Transformator dalam keadaan bertegangan dan belum dibebani akan timbul rugi-rugi yang dapat menimbulkan kondisi trafo tersebut panas, namun panas yang timbul cukup kecil. Apabila transformator tersebut dibebani maka kumparan dan minyak didalam trafo akan bertambah panas sesuai dengan kenaikan bebananya. Panas yang timbul pada kumparan akan diteruskan secara konduksi pada minyak trafo yang berfungsi sebagai pendingin. Baik kumparan maupun minyak trafo mempunyai batas-batas operasi panas yang diijinkan. Isolasi kumparan yang terdiri dari kertas **kraft** mempunyai batas panas yang diijinkan sesuai dengan klas isolasi spesifikasi trafo. Demikian juga minyak isolasi trafo mempunyai batas panas yang diijinkan. Apabila panas-panas tersebut dilampui maka isolasi akan rusak dan secara keseluruhan transformator tersebut akan rusak. Panas tersebut harus direduksi dengan memasang sistem pendingin yaitu : riben, radiator kipas-kipas dan pompa minyak.

a. Pendingin dengan riben

Transformator dengan kapasitas 10 sampai dengan 30 MVA menggunakan riben atau sirip-sirip sebagai pendingin. Minyak panas yang ditimbulkan oleh panas kumparan akan terjadi pada bagian atas trafo sementara minyak yang dingin berada dibawah bagian trafo. Kondisi ini secara alami akan mengalir dari bawah trafo dan diteruskan melalui riben atau sirip pendingin, yang dirancang sedemikian sehingga minyak panas yang melalui riben akan didinginkan oleh aliran udara luar.

b. Pendingin menggunakan kipas

Transformator dengan kapasitas lebih dari 30 MVA biasanya dilengkapi dengan riben, kipas pendingin, radiator dan pompa minyak.

1. Menggunakan riben dan kipas

Minyak trafo panas yang dialirkkan melalui riben seperti yang dijelaskan diatas, akan dihemus dengan udara dari kipas pendingin, baik secara vertikal ataupun horisantal sehingga minyak panas sebelum masuk kedalam trafo telah didinginkan dengan udara luar dengan bantuan kipas pendingin.



2. Menggunakan radiator dan kipas pendingin

Minyak panas dari dalam trafo dipompa dengan bantuan motor pompa minyak dialirkan melalui radiator-radiator dan pada bagian depan radiator terpasang kipas-kipas pendingin yang akan menarik udara panas yang ditimbulkan oleh minyak panas keudara luar dan dari sela-sela radiator akan mengalir udara segar yang akan mendinginkan minyak trafo.



Gambar 3.128. Pendingin Sirip dan Kipas

3.10.6.3. Penggunaan

a. Panas Lebih

Panas lebih pada trafo disebabkan baik oleh pembuat trafo maupun oleh pemilik atau operator trafo.

1. Pabrik trafo pada beberapa dasawarsa merancang trafo dengan tujuan mencapai harga KVA maksimum per pound material yang digunakan sehingga trafo akan lebih panas. Kondisi sekarang rancangan trafo khususnya rancangan yang baru ditekankan tahan terhadap panas lebih.
2. Banyak pemilik atau operator trafo sering mengabaikan transformator mereka atau salah mengoperasikan yang menghasilkan running hot akibat sludge oil, beban lebih cat bagian luar yang gelap, katup radiator yang tertutup dan multifunction pengukur temperatur.

Tabel berikut merupakan contoh bagaimana trafo dioperasikan, khususnya suhu rata-rata trafo pada waktu operasi.

**Tabel Suhu minyak trafo bagian atas**

Top Temperature Of Transformer In Service *)					
Transformer					
Temperature(C)	Poletype	Network	Substation	Transmline	Gen Stati
High	150	140	150	150	150
Low	60	60	60	60	60
Average	105	98	95	95	94
Number of responses	61	48	83	78	80

*) EPRI utility survey in 1977

b. Pengaruh Panas Pada Transformator

Panas lebih pada trafo adalah sangat merusak pengaruhnya baik pada sistem isolasi maupun minyak trafo. Besi maupun tembaga umumnya tidak terpengaruh.

1. Kertas Selulose

Material isolasi dapat mencuat dan menjadi sangat rapuh. Pengaruh sekunder dari panas lebih juga sangat penting misalnya produksi gas dan free water pada waktu terjadi dekomposisi dari material pressboard dan kertas. Jika ada free water yang tersisa selanjutnya akan mempercepat proses degradasi isolasi. Jika terdapat gasses selama decomposisi tak dapat keluar dari winding ,gelembung-gelembung dapat terkumpul pada daerah tekanan listrik yang tinggi,akan memindahkan minyak (displace oil) dan akan memberikan kerusakan sebelum waktunya (premature failure). Oleh karena itu, sejak transformator tidak tahan terhadap hubung singkat, tegangan impulse, switching surge ,beban lebih dari transformator harus dibatasi dari hot spot temperatur tidak lebih dari 140 °C.

2. Minyak Mineral

Mengingat lagi aturan untuk kertas selulose sebagai "8°C" sementara minyak



trafo beroperasi pada “10°C”. Pemilik atau operator harus berpendapat dua temperatur kritis yaitu 105°C dan 110 °C untuk isolasi padat dan 60°C untuk isolasi minyak trafo.

Umur minyak trafo yang berguna dapat diharapkan jika temperatur minyak bagian atas tidak lebih dari 60 °C. Harapan umur berguna minyak trafo kondisi energize dapat mencapai 20 tahun sebelum mencapai titik kritis jumlah kandungan asam 0,25 mg KOH/g. Jumlah kandungan asam ini tak tercapai, tingkat perubahan umur minyak trafo dari linier menjadi fungsi eksponensial. Umur berguna minyak trafo diptong $\frac{1}{2}$ untuk kenaikan setiap 10°C beyond 60°C faktor yang lain konstan. Tabel berikut memperlihatkan periode waktu yang diharapkan pada bermacam-macam suhu operasi untuk mencapai jumlah kandungan asam kritis. Sementara ANSI/IEEE membuat kriteria untuk kertas kraft dan untuk isolasi minyak tidak ada petunjuk. Selanjutnya disarankan pemilik atau operator menjaga kebenaran pikiran: umur maksimum minyak dan kertas adalah 60°C adalah temperatur maksimum minyak bagian atas yang diijinkan. Apabila temperatur melebihi 60°C , segera diambil langkah untuk membenarkan masalah ini.

Tabel Suhu Operasi Dan Umur Trafo

Estimated Time For Transformer Oil To Reach Neutralization	
Naumber Of 0,25 Mg KOH/G *)	
Operating Temperature(°C)	Transformer Oil Life (Years)
60	20
70	10
80	6
90	2 $\frac{1}{2}$
100	1 $\frac{1}{4}$
110	7 mounth

*) Critical acid number 0,25 mg KOH/g of oil.

3. Rugi Listrik

Rugi-rugi I²R konduktor dan rugi inti yang bertambah dengan naiknya temperatur. Ini merupakan pemborosan energi dalam bentuk panas.



4. Polimeric Wire Coating

Untuk beberapa jenis coating polimeric konduktor temperatur mencapai 120°C dan lebih tinggi lagi dapat menghasilkan rugi-rugi dielektrik yang signifikan .

3.10.6.4. Spesifikasi Pendingin

a. Motor

Type motor adalah totally enclosed, permanent split capacitor dengan pengaman beban lebih yang automatik.Ball bearing yang rapat dan pelumas untuk kerja cukup berat. Motor tersebut tahan terhadap cuaca dengan shaft slinger, rotor dan bagian bagian kecil yang tahan terhadap korosi dan spesial isolasi kelas B. Motor mempunyai lobang pembuangan membuang kondensasi.Sambungan kabel dibuat pada ujung braket dengan kabel masuk melalui lubang $\frac{1}{2}$. Motor dapat digunakan dalam berbagai posisi (vertikal dan horisontal).

b. Pisau (Blade)

Cast alluminium air-foil desain,untuk efisiensi yang tinggi dan operasi yang tidak berisik.

c. Coating.

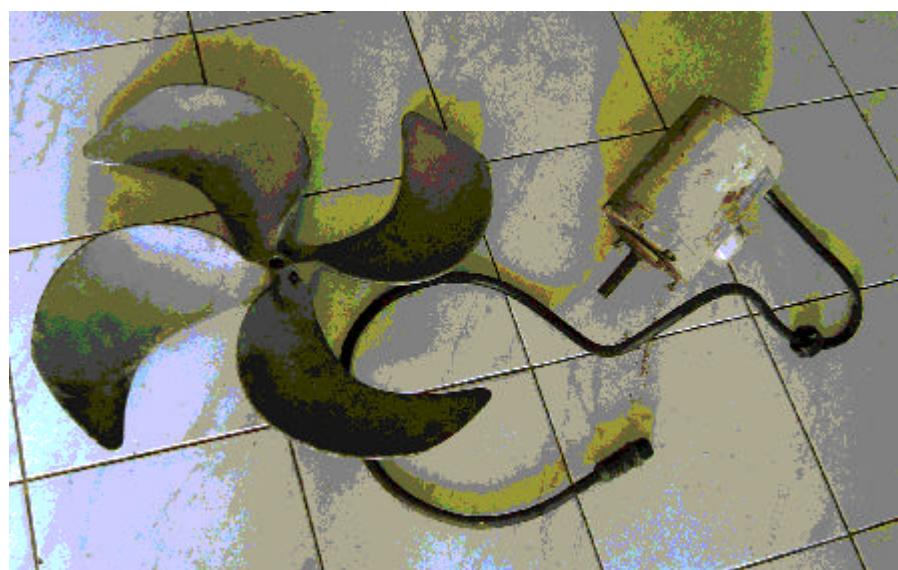
Housing dan screen adalah hot dipped galvanism untuk umur yang lama pada kondisi yang berat. Lapisan akhir adalah abu-abu (ANSI 70).

**d. Pengenal (Rating)****Tabel Pengenal (Rating)**

Model	Fan dia	HP	RPM	CFM	Dimension Spec(See Diagram)						
					A	B	C	D	E	F	G
TC16-8HS	16	1/8	850	2200	12	15	20,5	20,5	19	5 3/8	12 5/8
TC16-6HS	16	1/6	1140	2900	12	15	20,5	20,5	19	5 3/8	12 5/8
TC16-4HS	16	1/4	1750	4500	12	15	20,5	20,5	19	5 3/8	12 5/8
TC24-8HB	24	1/8	850	3900	18 ,5	-	28	28	23	5 1/8	14 1/16
TC24-6HB	24	1/6	960	4330	18,5	-	28	28	23	5 1/8	12 1/16
TC24-2HB	24	1/2	1750	7800	18,5	-	28	28	23	5 1/8	12 1/16

Keistimewaan motor pendingin Krenz-vent adalah :

1. Automatik overload protection, krenz-motor akan berhenti secara automatik akibat gangguan misalnya karena es, salju pada pisau/poros atau ada barang lain pada pisau (blade). Automatik overload disembunyikan (concealed) didalam motor untuk menghindari kemungkinan kelembaban masuk ke motor.
2. Kapasitor permanent digunakan untuk mengurangi starting yang cukup tinggi dalam hal pemeliharaan.
3. Kapasitor diletakkan didalam motor untuk mengurangi kerusakan akibat kemungkinan air atau lembab.
4. Bearing motor ganda yang rapat tahan terhadap debu dan lembab dan tahan dari pelumasan.
5. Lubang pembuangan yang strategis letaknya pada motor untuk memudahkan pembuangan kondensasi. Tanpa memperhatikan posisi motor, kondensasi dapat dilakukan pembuangan.
6. Semua bagian dari motor seperti : rotor, stator dan poros adalah tahan korosi.

**Gambar 3.129. Kipas Pendingin Krenz-Vent Tipe TC-24****Gambar 3.130. Motor Kipas Pendingin Merk: Krenz-Vent**

**3.10.6.5. Lembar Pemeliharaan**

No	Peralatan yang dipelihara	Cara pemeliharaan	Standar hasil	Tindakan	Hasil pemeliharaan	Keterangan
1.	Kipas	<ul style="list-style-type: none">• Membersihkan daun-daun kipas• Mengencangkan baut pengikat• Mengukur udara hembus	Bersih Kencang (torsinya) Spec. vol udara			*sebelum melakukan pekerjaan agar sumber ac dilepas
2	Motor	<ul style="list-style-type: none">• Membersihkan body• Mengukur putaran• Mengukur tegangan• Mengukur arus• Mengukur tahanan isolasi lilitan• Memeriksa pendingin kipas• Memeriksa paking karet• Memeriksa bearing• Memeriksa putaran	Bersih Spec. motor 220/380V spec.motor 1kv= 1mohm tidak pecah tidak bocor normal kekanan			
3	pengawatan	<ul style="list-style-type: none">• Membersihkan klem terminal• Memeriksa setting termis• Memeriksa gland kabel	Bersih 1,5 x ln tidak bocor/rapat			



3.10.7. Pompa Sirkulasi Minyak

3.10.7.1.Umum

Transformator dalam keadaan beroperasi dan dibebani maka akan timbul panas pada kumparannya. Panas yang timbul akan sebanding dengan bebananya, makin tinggi beban yang dilayani makin tinggi temperatur kumparan. Transformator umumnya direndam minyak dimaksudkan sebagai bahan isolasi dan berfungsi sebagai pendingin. Sebagai bahan isolasi, minyak akan mengisolasi bagian-bagian bertegangan dan/atau ke body trafo. Sedangkan minyak sebagai pendingin akan berfungsi mendinginkan kumparan (lilitan) trafo. Minyak yang baik akan menyerap panas yang terjadi pada kumparan dan melepaskan kembali panas tersebut serta minyak tidak terjadi panas berlebihan. Untuk menjaga panas yang tinggi pada minyak trafo, maka dipasang instalasi pendingin, yang akan berfungsi mendinginkan minyak trafo. Minyak isolasi trafo dalam kondisi panas akan berada di bagian atas trafo, dan agar minyak panas ini bersirkulasi, maka diperlukan alat untuk membuat aliran minyak panas. Aliran minyak panas ini dilewatkan melalui *riben* (sirip) atau minyak dipompa dan dialirkan melalui radiator pendingin. Luas permukaan radiator atau besarnya motor pompa sirkulasi bergantung kepada besar dan kecilnya kapasitas transformator tenaga.

3.10.7.2.Prinsip Kerja.

Untuk mendinginkan minyak panas yang ada didalam transformator maka minyak tersebut dipompa menggunakan pompa sirkulasi dari sisi bawah tangki trafo melalui radiator dan keluar pada sisi atas trafo. Pada waktu minyak melalui radiator-radiator tersebut, minyak panas dilakukan pendinginan, yaitu dengan menyedot udara dari dalam radiator untuk dialirkan ke udara luar. Dari sisi lain pada sela-sela radiator akan mengalir udara luar yang segar dan melewati sela-sela radiator dan terjadi proses pendinginan. Motor sirkulasi minyak tersebut akan bekerja secara terus menerus selama transformator bertegangan.



Gambar 3.131. Motor Pompa Sirkulasi Minyak Pada Trafo .

3.10.7.3.Cara Penggunaan

Motor dan kerangka pompa untuk desain pompa sirkulasi,diikat dengan mur baut sehingga menjadi satu unit tunggal. Poros penggerak rotor (12) dijaga menggunakan dua roller-bearing(11) yang ditempatkan pada bearing plate sisi luar(2) dan didalam (5).

Turbin aliran sisi luar,dipasang pada sisi atas poros rotor penggerak (12).Turbin dan rolling dipasang pada posisi di poros menggunakan circlip (8) (9) dan (14). Kerapatan antara beberapa susunan elemen motor dijamin oleh gasket yang tidak mudah rusak dari karet dan tidak terpengaruh oleh minyak panas. Sekrup (10) untuk membuang gas dari pompa apabila bekerja.

Sebelum bekerja,diperlukan pemeriksaan, melalui degasing plug jika motor seluruhnya terendam minyak (terbenam). Motor tidak dapat dijalankan tanpa



adanya minyak. Seluruh rangkaian katup-katup harus terbuka. Arah putaran yang tepat dapat diperiksa sebagai berikut:

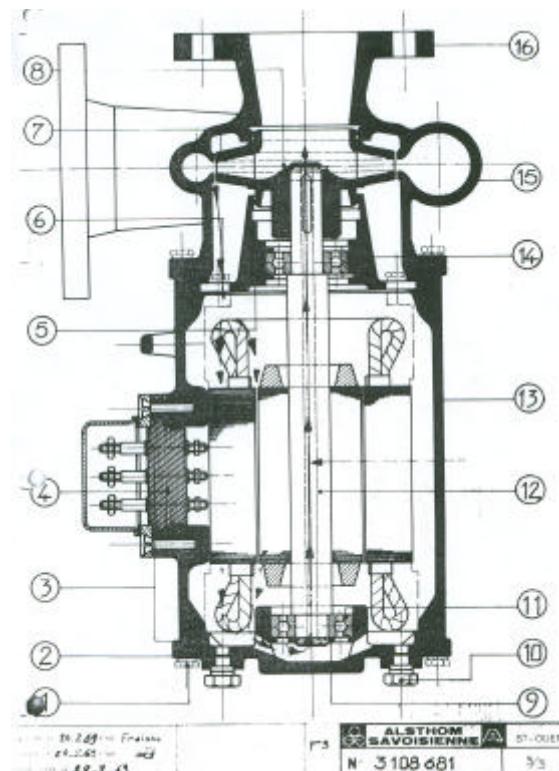
1. Jika tepat maka bekerjanya motor tenang
2. Jika tidak tepat maka akan menimbulkan berisik
3. Jika arah putarannya tepat maka tekanan keluar dan bekerjanya motor lebih baik.

Pemeliharaan motor pompa sirkulasi tidak memerlukan yang istimewa. Pemeliharaannya sangat mudah, rolling yang terendam minyak tidak perlu dilumasi. Berkenaan dengan pekerjaan pemeliharaan motor pompa sirkulasi untuk melepas motor diperlukan prosedur berikut (gambar 3.132.).

1. Unscrew screw(14).
2. Remove pump carcase(15)
3. Screw out screw(6) dan bearing plate (5)
4. Pull out the complete motor

Mengganti Bearing.

1. Take out circlip (8)
2. Dismount turbin (7)
3. Remove circlip(9) and (14)
4. Push back end bearing plate (5)
5. Release roller bearing (11)



Gambar 3.132. Motor Sirkulasi Minyak Trafo CGE ALSTHOM



Gambar 3.134. Motor Sirkulasi Minyak dan Radiator

**3.10.7.4. Lembar Pemeliharaan**

No	Peralatan yang dipelihara	Cara pemeliharaan	Standar hasil	Tindakan	Hasil pemeliharaan	Keterangan
1.	Motor	<ul style="list-style-type: none">• Membersihkan body motor• Memeriksa paking• Memeriksa paking tutup terminal• Memeriksa kabel gland• Memeriksa terminal klem• Mengukur tahanan isolasi• Mengukur arus beban• Mengukur tegangan input• Partial discharge**) 	<p>Bersih</p> <p>Tidak bocor</p> <p>Tidak rusak</p> <p>Rapat/tidak berlubang</p> <p>Tidak karat</p> <p>1 kv= 1M ohm</p> <p>sesuai spec</p> <p>220/380V</p>			*sebelum melakukan pekerjaan agar sumber ac dilepas **) jika perlu
2	Radiator	<ul style="list-style-type: none">• Membersihkan radiator• Mengukur tekanan udara	<p>Bersih</p> <p>Spec.motor</p>			
3	Pengawatan	<ul style="list-style-type: none">• Membersihkan klem terminal• Memeriksa setting termis• Memeriksa gland kabel	<p>Bersih</p> <p>1,5 x In</p> <p>tidak bocor/rapat</p>			

**DAFTAR PUSTAKA**

1. Buku Petunjuk Operasi Dan Memelihara Peralatan Transformator Tenaga.
2. Buku-buku Pelaksanaan O&M Transformator dari STET & SJKT.
3. Buku-buku Pelaksanaan O&M Transformator dari PLN KJB.
4. Perusahaan Umum Listrik Negara SE.032/PST/1984; Himpunan Buku Petunjuk Operasi dan Pemeliharaan Peralatan Penyaluran Tenaga Listrik.
5. PT PLN (Persero) P3B; Suplemen SE.032/PST/1984; Perihal : Uraian Kegiatan Pemeliharaan Listrik; 2000.
6. PT PLN (Persero) P3B, Divisi Penyaluran, Dinas Operasi dan Pemeliharaan, Perihal : Buku Petunjuk Pemeriksaan On Load Tap Changer .
7. West Java Transmission Project, Contract Number pj.089 090/pst/78 ASEA Ref. FKUA 8529.19xx; file 8, Transformator.
8. 60 MVA On Load Tap Changer Transformator (Cable Box Type) 200 KVA Transformer for Ketapang Substation, Meidensha Electric Mfg.Co.Ltd, Tokyo Japan
9. Instruction Manual For Oil-Immersed Transformer, Hyundai electrical engineering co. Ltd.
10. Standard Handbook For Electrical Enginers; Donald G. Fink & John M. Carroll; Mc Graw - Hill book Company.
11. A Guide To Transformator Maintenance.
12. The J&P Transformer Book; S. Austen Stigant C.Eng, F.I.E.E., F.I.E.E. & A.C. Franklin C.Eng. F.I.E.E.; Newnes – Butterworts. London
13. Power Transformer Maintenance And Acceptance Testing; Headquarters, Department of the Army. 16 November 1998.
14. Instruction Manual for Power Transformer 60 MVA 150/20 kV; PT Unindo. No. A 9415159;
15. Buku manual Diverter switch merk ELIN, Rated current 1000 A.



LEMBAR HASIL PEMELIHARAAN TRANSFORMATOR
PENGUJIAN/PENGUKURAN TAHANAN ISOLASI BELITAN TRAFO

UPT/UJT : MERK/TYPE : NO. TRAFO :
 LOKASI GI : TEG. / DAYA : KV / MVA TANGGAL :

NO	URAIAN KEGIATAN	ACUAN	HASIL SEBELUMNYA		KONDISI AWAL	TINDAKAN	KONDISI AKHIR	KESIMPULAN	PELAKSANA	
			A	B						
1	SETELAH TRAFO OFF Suhu : °C		1 '	10 '			1 '	10 '		
	1 PRIMER - TANAH	Standar VDE (Catalogue 228/4) 1 k Volt = 1 M Ohm								
	2 SEKUNDER - TANAH									
	3 TERTIER - TANAH									
	4 PRIMER - SEKUNDER									
	5 PRIMER - TERTIER									
	6 SEKUNDER - TERTIER									
	7 PRIMER & SEKUNDER - TERTIER									
	8 PRIMER & SEKUNDER - TANAH									
2	SETELAH PEMELIHARAAN Suhu : °C									
	1 PRIMER - TANAH	Standar VDE (Catalogue 228/4) 1 k Volt = 1 M Ohm								
	2 SEKUNDER - TANAH									
	3 TERTIER - TANAH									
	4 PRIMER - SEKUNDER									
	5 PRIMER - TERTIER									
	6 SEKUNDER - TERTIER									
	7 PRIMER & SEKUNDER - TERTIER									
	8 PRIMER & SEKUNDER - TANAH									
CATATAN :										
							Penanggung Jawab			
							Pengawas Pekerjaan			
							(.....)			
							(.....)			



PT PLN (Persero) P3B
REGION :

LEMBAR HASIL PEMELIHARAAN TRANSFORMATOR PENGUJIAN/PENGUKURAN TAHANAN PENTANAHAN & NGR

UPT/UJT **MERK/TYPE** **NO. TRAFO**

LOKASI GI : **TEG. / DAYA** : **KV /** **MVA** **TANGGAL** :

NO	URAIAN KEGIATAN	ACUAN	HASIL SEBELUMNYA	KONDISI AWAL	TINDAKAN	KONDISI AKHIR	KESIMPULAN	PELAKSANA
A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Pengukuran Tahanan - Isolasi - Element - Body - Isolasi Body - Ground - Pentanahan - Elemen	150/70 kV = 40 Ohm 150/70 kV = 12 Ohm R < 1 Ohm	M Ohm M Ohm Ohm Ohm	M Ohm M Ohm Ohm Ohm		M Ohm M Ohm Ohm Ohm		
2	Chek Tinggi Air	Antara Min - Max						



PT PLN (Persero) P3B
REGION :

LEMBAR HASIL PEMELIHARAAN TRANSFORMATOR PENGUJIAN/PENGUKURAN TEMPERATUR/KALIBRASI

UPT/UJT : **MERK / TYPE** : **NO TRAFO** :
LOKASI GI : **TEG. / DAYA** : KV / MVA **TANGGAL** :

CATATAN :

Penanggung Jawab

Pengawas Pekerjaan

(.....) (.....)



LEMBAR HASIL PEMELIHARAAN TRANSFORMATOR
PENGUJIAN/PENGUKURAN TEGANGAN TEMBUS MINYAK ISOLASI

UPT/UJT : MERK/TYPE : NO. TRAFO :
 LOKASI GI : TEG. / DAYA : KV / MVA TANGGAL :

NO	URAIAN KEGIATAN		ACUAN		HASIL SEBELUMNYA	KONDISI AWAL	TINDAKAN	KONDISI AKHIR	KESIMPULAN	PELAKSANA	
A	B	C	D	E	F	G	H	I			
I	TEGANGAN TEMBUS MINYAK (diukur pada suhu ° C)	STANDARD IEC 156		(KV / 2,5mm)	Selang Waktu 5 Menit						
		TEGANGAN	TEG. TEMBUS YG. DIIJINKAN								
		- MINYAK BAGIAN ATAS	< 70 KV 70 - 170 KV > 170 KV	>=30 KV/2,5mm >=40 KV/2,5mm >=50 KV/2,5mm		1					
						2					
						3					
						4					
						5					
						6					
		- MINYAK BAGIAN BAWAH	< 70 KV 70 - 170 KV > 170 KV	>=30 KV/2,5mm >=40 KV/2,5mm >=50 KV/2,5mm		Rata ²					
						1					
						2					
						3					
						4					
						5					
		- MINYAK OLTC	< 70 KV 70 - 170 KV > 170 KV	>=30 KV/2,5mm >=40 KV/2,5mm >=50 KV/2,5mm		6					
						Rata ²					
						1					
						2					
						3					
						4					

UPT/UJT :

MERK/TYPE :

NO. TRAFO :

LOKASI GI :

TEG. / DAYA : KV / MVA

TANGGAL :

NO	URAIAN KEGIATAN	ACUAN	HASIL SEBELUMNYA	KONDISI AWAL	TINDAKAN	KONDISI AKHIR	KESIMPULAN	PELAKSANA
A	B	C	D	E	F	G	H	I
2	SAMPLE MINYAK UNTUK DIUJI Karakteristik Minyak a. Netralisasi Number (NN) b. Interfacial Tention (IFT) c. Color d. Viscosity e. Acid Number f. Flash Point g. Water Content h. Carbon Number i. Sedimen Content - GAS CHROMATOGRAF	> = 30 KV/2,5mm untuk tegangan Peralatan < = 70 KV (IEC 156) > = 40 KV/2,5mm untuk tegangan Peralatan < = 70 KV (IEC 156) > = 30 KV/2,5mm untuk tegangan Peralatan < = 70 KV (ISO R 760) > = 30 KV/2,5mm untuk tegangan Peralatan < = 70 KV (ISO R 760) > = 0,5 mh KOH/g untuk semua tegangan (IEC 296) Penurunan max. 15° C (IEC 296) > = 15 x 10 ' NM ' (IEC 296) GAS Normal H 2 < 150 ppm CH 2 < 25 C,H 2 < 10 C,H 2 < 20 CO < 500 CO 2 < 10.000 N 2 < 1 - 10 % O 2 < 0.2 - 0.35 %	Diuji di Lab					

CATATAN :

Penanggung Jawab

Pengawas Pekerjaan

(.....) (.....)



PT PLN (Persero) P3B
REGION :

LEMBAR HASIL PEMELIHARAAN TRANSFORMATOR PENGUJIAN/PENGUKURAN MOTOR KIPAS TRAFO

UPT/UJT : MERK/TYPE : NO. TRAFO :

LOKASI GI : TEG. / DAYA : KV / MVA TANGGAL :

NO	URAIAN KEGIATAN	ACUAN	HASIL SEBELUMNYA	KONDISI AWAL	TINDAKAN	KONDISI AKHIR	KESIMPULAN	PELAKSANA
				E				
A	B	C	D					
1	PUTARAN KIPAS (rpm)	Name Plate						
2	ARUS (Ampere)	Name Plate	R :	R :		R :		
			S :	S :		S :		
			T :	T :		T :		
3	TEGANGAN (KV)	Name Plate						
4	TAHANAN ISOLASI (M Ohm)	Manual Book Trafo Hyundai R > 2 M Ohm Dengan Meger 500 V	R-G :	R-G :		R-G :		
			S-G :	S-G :		S-G :		
			T-G :	T-G :		T-G :		
5	ARAH PUTARAN	Name Plate						

CATATAN :

Penanggung Jawab

Pengawas Pekerjaan

(.....) (.....)



PT PLN (Persero) P3B
REGION :

LEMBAR HASIL PEMELIHARAAN TRANSFORMATOR
PENGUJIAN/PENGUKURAN RELAI JANSEN, BUCHOLZ, & SUDDEN PRESSURE

UPT/UJT : MERK/TYPE : NO. TRAFO :

LOKASI GI : TEG. / DAYA : KV / MVA TANGGAL :

NO	URAIAN KEGIATAN	ACUAN	HASIL SEBELUMNYA	KONDISI AWAL	TINDAKAN	KONDISI AKHIR	KESIMPULAN	PELAKSANA
A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	PENGUJIAN BUCHOLZ JANSEN SUDDEN PRESSURE SERGI	Phasa - Ground Phase - Phase Phasa - Ground Phase - Phase Phasa - Ground Phase - Phase Phasa - Ground Phase - Phase	Tegangan alat ukur 500 Volt Manual Book Trafo Hyundai $R > 2 \text{ M Ohm}$					
2	UJI FUNGSI BUCHOLZ JANSEN SUDDEN PRESSURE		Memberikan indikasi, timbul alarm dan trip pada PMT 150/20 kV					

CATATAN :

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Penanggung Jawab

Pengawas Pekerjaan

(.....) (.....)



PT PLN (Persero) P3B
REGION :

LEMBAR HASIL PEMELIHARAAN TRANSFORMATOR PENGUJIAN/PENGUKURAN TAHANAN DC BELITAN TRAFO

UPT/UJT : **MERK / TYPE** : **NO TRAFÖ** :

LOKASI GI : **TEG. / DAYA** : **KV /** **MVA TANGGAL** :

CATATAN :

Penanggung Jawab

Pengawas Pekerjaan

(.....) (.....)



LEMBAR HASIL PEMELIHARAAN TRANSFORMATOR
PENGUJIAN/PENGUKURAN TANGEN DELTA

UPT/UJT : MERK/TYPE : NO. TRAFO :

LOKASI GI : TEG. / DAYA : KV / MVA TANGGAL :

NO	URAIAN KEGIATAN		ACUAN	HASIL SEBELUMNYA		KONDISI AWAL		TINDAKAN	KONDISI AKHIR		KESIMPULAN	PELAKSANA
A	B		C	D	E	F	G	H	I			
1	PRIMER			TAN (%)	CAP (nF)	TAN (%)	CAP (nF)		TAN (%)	CAP (nF)		
	UST A	CHL										
	UST B	CHT										
	UST A + B	CHL + CHT										
	GST A + B	CHG + CHL + CHT										
	GSTg A	CHT + CHG										
	GSTg B	CHL + CHG										
	GSTg + B	CHG										
2	SEKUNDER			TAN (%)	CAP (nF)	TAN (%)	CAP (nF)		TAN (%)	CAP (nF)		
	UST A	CHL										
	UST B	CHT										
	UST A + B	CHL + CHT										
	GST A + B	CHG + CHL + CHT										
	GSTg A	CHT + CHG										
	GSTg B	CHL + CHG										
	GSTg + B	CHG										
3	TERTIER			TAN (%)	CAP (nF)	TAN (%)	CAP (nF)		TAN (%)	CAP (nF)		
	UST A	CHL										
	UST B	CHT										
	UST A + B	CHL + CHT										
	GST A + B	CHG + CHL + CHT										
	GSTg A	CHT + CHG										
	GSTg B	CHL + CHG										
	GSTg + B	CHG										

UPT/UJT : MERK/TYPE : NO. TRAFO :

LOKASI GI : TEG. / DAYA : KV / MVA TANGGAL :

NO	URAIAN KEGIATAN		ACUAN	HASIL SEBELUMNYA		KONDISI AWAL		TINDAKAN		KONDISI AKHIR		KESIMPULAN	PELAKSANA	
A	B	C	D	E	F	G	H	I						
4	BUSHING PRIMER <i>(Kondisional)</i>		UST A - CD	TAN (%)	CAP (nF)	TAN (%)	CAP (nF)			TAN (%)	CAP (nF)			
				R										
				S										
				T										
				R										
				S										
			UST B - CD	T										
5	BUSHING SEKUNDER <i>(Kondisional)</i>		UST A - CD	TAN (%)	CAP (nF)	TAN (%)	CAP (nF)			TAN (%)	CAP (nF)			
				R										
				S										
				T										
				R										
				S										
			UST B - CD	T										

CATATAN :

Penanggung Jawab

Pengawas Pekerjaan

(.....) (.....)



LEMBAR HASIL PEMELIHARAAN TRANSFORMATOR
PENGUJIAN/PENGUKURAN RATIO TEST

UPT/UJT :

MERK / TYP :

NO TRAFO :

LOKASI GI :

TEG. / DAYA: KV / MVA TANGGAL :

NO TAP	ACUAN	HASIL SEBELUMNYA / NAME PLATE						HASIL AWAL						TINDAKAN	HASIL AKHIR						KESIMPULAN	PELAKSANA
		A	B	D				D				E	F				G	H				
		Sekunder		Primer		Sekunder		Primer						Sekunder		Primer						
Vr	Vs	Vt	VR	VS	VT	Vr	Vs	Vt	VR	VS	VT	Vr	VS	VT	VR	VS	VT					
-4																						
-3																						
-2																						
-1																						
0																						
1																						
2																						
3																						
4																						
5																						
6																						
7																						
8																						
9																						
10																						
11																						
12																						
13																						
14																						
15																						
16																						
17																						

CATATAN :

.....
.....
.....
.....
.....

Penanggung Jawab

Pengawas Pekerjaan

(.....)

(.....)