

LAPORAN KERJA PRAKTEK
PENGOPERASIAN SISTEM DISTRIBUSI
DI
PT.PLN (PERSERO) AREA PEMATANG SIANTAR

DISUSUN OLEH :
RUDI EBEN EZER SIAGIAN
09 812 0018



FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS MEDAN AREA

LAPORAN KERJA PRAKTEK
PENGOPERASIAN SISTEM DISTRIBUSI
DI
PT.PLN (PERSERO) AREA PEMATANG SIANTAR

DISUSUN OLEH :
RUDI EBEN EZER SIAGIAN

09 812 0018



FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS MEDAN AREA

2014

LEMBARAN PENGESAHAN
LAPORAN KERJA PRAKTEK
PENGOPERASIAN SISTEM DISTRIBUSI
DI PT. PLN (PERSERO) AREA PEMATANG SIANTAR

OLEH :
RUDI EBEN EZER SIAGIAN 09 812 0018

TELAH DISETUJUI DAN SAHKAN
MENGETAHUI

OLEH :

Pembimbing Kerja Praktek



(Ir. Mardi Tarigan)

Pembimbing Perusahaan



(Gomgom P Simbolon)

Ketuan Jurusan Teknik Elektro FT. UMA



(Ir.H. Usman Harahap .MT)

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2013

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa , karena dengan rahmat dan karunianya penulis akhirnya dapat menyelesaikan Laporan Kerja Praktek ini . Adapun Laporan Kerja Praktek ini dibuat untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah Kerja Praktek pada jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Medan Area .

Untuk menyusun laporan ini , penulis telah melaksanakan kerja praktek selama satu bulan , mulai dari tanggal 5 Desember sampai dengan 5 Januari 2013 di PT. PLN (persero) area pematang siantar.

Atas terlaksananya kerja praktek dan selesainya laporan ini , penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Bapak. Ir.H. Usman Harahap selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Medan Area
2. Bapak. Ir. Mardi Tarigan selaku Dosen Pembimbing Kerja Praktek pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Medan Area
3. Bapak Gomgom P Simbolon selaku supervisor lapangan
4. Segenap karyawan di PT.PLN (persero) area pematang siantar
5. Rekan – rekan mahasiswa yang telah banyak membantu penulis

Penulis menyadari laporan ini masih banyak mempunyai kekurangan , untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan .

Akhir kata penulis mengucapkan banyak terima kasih

Medan , 1 November 2013

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
DAFTAR TABEL.....	v
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan	2
1.3. Manfaat	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengertian Jaringan Distribusi	3
2.2. Pengoperasian Jaringan Distribusi	4
2.2.1. Operasi Pengaturan JTM di Gardu Induk	4
2.2.2. Operasi Pengaturan JTM Sistem Radial	6
2.2.3. Operasi Pengaturan JTM Lingkar (Loop)	6
2.2.4. Operasi Pengaturan JTM Sistem Spindel	7
BAB III MANUVER JARINGAN DISTRIBUSI	
3.1. Umum.....	9
3.1.1. Peralatan Manuver	9
3.1.1.1. Peralatan Manuver Pada Jaringan Sisitem Radial	9

3.1.1.2. Peralatan Manuver Pada Jaringan Sistem Linkar/Loop SUTM...	11
3.1.1.3. Peralatan Manuver Pada Jaringan Sistem Spindel SKTM	11
3.2. Persiapan Manuver	11
3.3. SOP/Prosedur Tetap Dalam Pelaksanaan Manuver Jaringan	11
3.4. Optimasi Jaringan Distribusi	12
3.4.1. Optimasi Pembebanan Pada Penghantar	12
3.4.1.1. Penghantar Pada Saluran Udara	12
3.4.2. Optimasi Pembebanan Trafo.....	15
3.4.2.1. Transformator ONAN dan ONAF	18
3.4.2.2. Transformator ONAN DAN ONAF : $\sigma A = 24 OC$	20

BAB IV PROSEDUR TEKNIS PENGOPERASIAN PERALATAN PADA INSTALASI DISTRIBUSI

4.1. Prosedur Teknis Pengoperasian Pada Gardu Distribusi Pasang Luar	23
4.1.1. Pengoperasian Gardu Distribusi Pasang Luar	23
4.1.2. Persiapan Pengoperasian	23
4.1.2.1. Prosedu pengoperasian Gardu	24
4.1.2.2. Prosedur Pemadaman Untuk Pemeliharaan.....	25
4.1.2.3. Prosedur Pengoperasian Kembali Sesudah Pemeliharaan	25
4.1.3. Peralatan Kerja, Peralatan Ukur, Alat Pelindung Diri yang Dibutuhkan..	26
4.2. Pengoperasian Gardu Distribusi Pasangan Dalam.....	27
4.2.1. Persiapan Pengoperasian	27

4.2.2. Prosedur Pengoperasian Gardu	28
4.2.3. Prosedur Pemadaman Untuk Pemeliharaan	29
4.2.4. Prosedur Pengoperasian Kembali Sesudah Pemeliharaan	29
4.2.5. Peralatan Kerja Yang Dibutuhkan.....	30
4.3. Pengoperasian Gardu Induk 20KV Untuk Pemeliharaan.....	31
4.3.1. Persiapan Pengoperasian	31
4.3.2. Prosedur Pemadaman Sebelum Pemeliharaan	32
4.3.3. Prosedur Pengoperasian Kembali Sesudah Pemeliharaan	32
4.3.4. Peralatan Kerja Yang Dibutuhkan	33
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
V.1. Kesimpulan.....	34
V.2. Saran.....	34
DAFTAR PUSTAKA.....	35

DAFTAR GAMBAR

3.1. Grafik Transformator ONAN dan ONAF	18
3.2. Grafik Transformator ONAN dan ONAF	19
3.3. Grafik Transformator ONAN dan ONAF	20
3.4. Grafik Transformator ONAN dan ONAF $\sigma A = 24 OC$	21
3.5. Grafik transformator ONAN dan ONAF $\sigma A = 27 OC$	22
4.1. Pengoperasian Gardu Distribusi Pasangan Luar	23
4.2. Pegoperasian Gardu Distribusi Pasang Dalam	27
4.3. Pengoperasian Gardu Induk 20 kv	31

DAFTAR TABEL

3.1. Tabel Kawat Telanjang (BCC, ACC, AAAC)	13
3.2. Tabel Kawat Berisolasi	14
3.3. Tabel Kawat Tanah 20kv	15
3.4. Tabel Susut umur sebagai fungsi dari suhu titik panas lilitan σ_c (°C)	16
3.5. Tabel Nilai K2 Untuk Nilai K1 dan t Yang Ditentukan	20
3.6. Tabel Nilai K2 Untuk Nilai K1 dan t Yang Ditentukan	21

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bisnis PLN erat kaitannya dengan pelayanan masyarakat. Masalah utama dalam menjalankan fungsi jaringan distribusi tersebut adalah mengatasi gangguan dengan cepat, mengingat gangguan yang terbanyak dalam system tenaga listrik adalah pada system distribusi, penghindaran dari gangguan-gangguan yang menyebabkan sebagian besar pemadaman jaringan distribusi khususnya pada jaringan tegangan menengah 20kv yang di akibatkan oleh alam dan kerusakan peralatan sehingga membutuhkan keseimbangan yang terus menerus, energi pada penggerak awal dengan beban listriknya agar dapat beroperasi dengan stabil.

Beban listrik terus bervariasi seperti misalnya beban penerangan, peralatan listrik, atau motor-motor listrik. Perubahan sebuah beban mungkin relative kecil dibandingkan sistem tenaga listrik secara keseluruhan tetapi setiap kali beban bertambah atau berkurang harus diikuti dengan perubahan daya pada penggerak awal generator. Jika daya mekanik pada poros penggerak awal tidak dengan segera menyesuaikan dengan besarnya beban listrik maka frekuensi dan tegangan akan bergeser dari posisi normal.

Keadaan yang lebih buruk dapat terjadi apabila ada pada sistem seperti pada saluran transmisi/Sistem Distribusinya, hilangnya pembangkitan atau beban yang besar. Adanya peralatan kontrol seperti governor pada turbin dan regulator tegangan diharapkan dapat mengembalikan tegangan dan frekuensi ke posisi normal atau masih dalam batas-batas yang dapat diterima. Namun demikian pada

umumnya terjadi osilasi di sekitar posisi akhir. Pada sebagian besar kasus osilasi ini akan teredam dan sistem kembali menjadi stabil.

Apabila terjadi ketidakstabilan dapat mengakibatkan terganggunya kontinuitas pelayanan daya pada sebagian atau bahkan ke seluruh konsumen.

1.2. Tujuan

Yang menjadi tujuan dalam penulisan laporan ini adalah untuk lebih mengerti tentang pengoperasian jaringan Distribusi. Secara terperinci tujuan yang hendak dicapai dalam pembahasan ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengetahui secara terperinci pengoperasian jaringan distribus.
- b. Sebagai bahan tinjauan antara bahan kuliah terhadap pelaksanaan kerja praktek.

1.3. Manfaat

- a. Dapat mengetahui gambaran dunia kerja sehingga dapat menyesuaikan diri dengan dunia kerja
- b. Dapat mengaplikasikan ilmu yang di dapat di bangku perkuliahan ke tempat pelaksanaan kerja praktek.
- c. Meningkatkan kedisplina dan tanggung jawab terhadap dunia kerja.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian jaringan distribusi

Jaringan distribusi adalah segala pengaturan, pembagian, pemindahan, dan penyaluran tenaga listrik dari pembangkit ke konsumen dengan efektif serta menjamin demi kelangsungan penyaluran/pelayanan. Sebagai tolok ukur atas keberhasilan pada pengoperasian dapat dilihat dari beberapa parameter yaitu ada 2 (dua) hal yang menjadi ukuran mutu listrik yaitu : tegangan dan frekwensi. Tegangan pelayanan ditentukan oleh :

- ✓ Batasan toleransi tegangan, pada konsumen TM adalah $\pm 5\%$ dari tegangan nominal 20 kV, sedangkan pada konsumen TR maksimum $+ 5\%$ dan minimum $- 10\%$ dari tegangan nominal 220 / 380 Volt
- ✓ Keseimbangan tegangan pada setiap titik sambungan
- ✓ Kedip akibat pembebanan, sekecil mungkin
- ✓ Hilang tegangan sejenak akibat manuver, secepat mungkin Frekuensi
- ✓ Batas toleransi frekuensi adalah $\pm 1\%$ dari frekuensi standar 50 Hz

Faktor yang membuat baik-tidaknya mutu listrik tersebut dari sisi distribusi adalah faktor pembebanan pada sistem distribusi yaitu pembebanan yang tidak stabil oleh karena pengoperasian normal atau karena lebih banyak akibat gangguan pada suplai dari GI dan penyulang.

2.2. Pengoperasian jaringan distribusi

- a. Kegiatan mengatur, membagi, memindahkan, dan menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk, gardu distribusi sampai ke konsumen dilakukan oleh beberapa pihak yang dikoordinir oleh Pengatur Distribusi
- b. Alur tugas ditentukan prosedur tetap SOP Pengoperasian .
- c. Operasi pengaturan dibedakan:
 - ⇒ Keadaan normal
 - ⇒ Keadaan gangguan
- d. Operasi pengaturan berdasarkan konfigurasi dan pola sistem distribusi.

2.2.1. Operasi Pengaturan JTM di Gardu Induk.

Keadaan Normal

- a. Pada pelaksanaan/pengeluaran PMT 150 & 70 kV dilaksanakan oleh Area /Pengatur Beban/Piket Pengawas secara remote control (RC) ataupun operator GI
 - Area pengatur Beban berkoordinasi dengan Area Pengatur Distribusi (APD)
 - Pengatur beban memutuskan sendiri
 - Piket pengawas konsultasi dengan piket pimpinan
- b. Posisi normal PMT TM incoming dan trafo TT/TM dalam keadaan masuk.
- c. Posisi normal PMT *feeder* TM dalam keadaan masuk.
- d. APD/piket cabang melakukan pencatatan data operasional secara langsung atau dari *display*.

- e. APD menerima pemberitahuan perubahan keadaan jaringan di GI dari Area Pengaturam Beban/Piket Pengawas atau melalui *printer* atau *display*.
- f. Pemasukan/pengeluaran *feeder* TM dilaksanakan oleh Operator GI atas permintaan APD
- g. Pemasukan/pengeluaran PMT-TM dari trafo TT/TM dilaksanakan oleh :
 - APD bila dilengkapi RC sepengetahuan operator dan konsultasi dengan area, jika gagal oleh operator
 - Operator GI atas permintaan APD
- h. Operator GI wajib bertanggung jawab untuk segera melaporkan semua pelaksanaan pengoperasian.

Keadaan Gangguan

- a. APD menerima pemberitahuan keadaan GI
 - Dari area
 - Dari *display*
- b. Pengeluaran / pemasukan PMT – TM trafo / incoming dilaksanakan oleh :
 - APD bila dilengkapi RC, sepengetahuan operator GI dan telah berkonsultasi dengan Area bila gagal oleh operator GI
 - Operator GI atas permintaan APD
- c. PMT – PMT *feeder* khusus tidak dikeluarkan pada keadaan gangguan total
- d. Pengeluaran / pemasukan PMT feeder dilaksanakan oleh ;

- APD bila dilengkapi RC, sepengetahuan operator GI , bila gagal
oleh operator GI
 - Operator GI atas permintaan APD
- a. Operator GI wajib bertanggung jawab untuk segera melaporkan semua pelaksanaan pengoperasian

2.2.1. Operasi Pengaturan JTM Sistem Radial.

Keadaan Normal :

- a. Semua peralatan hubung dalam keadaan masuk.
- b. Koordinasi pengaman PMT, Recloser dan Sectionalizer, fuse Cut Out (bila ada) harus benar.
- c. Penampang penghantar perlu diperhitungkan dengan cermat.

Keadaan Gangguan:

- a. Pemadaman pada sebagian jaringan tidak dapat dihindarkan.
- b. PTS atau saklar tiang , Fuse Cut Out , Jumper dapat dipakai untuk sarana melokalisasi gangguan.
- c. Penormalan jaringan dilakukan setelah gangguan diperbaiki.

2.2.3 Operasi Pengaturan JTM Lingkar / Loop.

Keadaan Normal:

- a. Posisi normal jaringan disusun / ditetapkan berdasarkan :
Beban, Jarak, Kemampuan penghantar, Tingkat urgensi penyaluran dan sebagai saluran cadangan.

- b. PMS tiang pada saluran utama dalam keadaan keluar / terbuka.
- c. PMS tiang pada saluran percabangan dalam keadaan masuk.
- d. APD menerima pemberitahuan perubahan pada jaringan dari operator lapangan PLN APJ / cabang.
- e. Pemasukan / pengeluaran PMS / PTS , PMT dan PMS gardu dilaksanakan oleh operator lapangan.
- f. Operator lapangan wajib dan bertanggung jawab untuk segera melaporkan pada APD atas pelaksanaan Pengaturan.

Keadaan Gangguan:

- a. APD menerima pemberitahuan keadaan gangguan Penyulang / feeder dari :
 - Indikasi keluarnya PMT dan bekejanya Rele.
 - Indikasi keluarnya secara tetap, dari kondisi Recloser section / tiang.
- b. Mengadakan pengusutan gangguan.
- c. Mengadakan manuver jaringan
- d. Penormalan jaringan dilakukan setelah gangguan diperbaiki.

2.2.4 Operasi Pengaturan JTM Sistem Spindel.

Keadaan Normal :

- a. Posisi jaringan di GH adalah :
 - PMB / LBS seluruh penyulang / feeder kerja dalam keadaan keluar.

- PMB / LBS Express Feeder / Penyulang dalam keadaan masuk.
- b. APD menerima pemberitahuan perubahan keadaan jaringan di GI dari :
 - Operator lapangan Cabang / APJ.
 - Melalui Printer / Display Dispatcher APD.
- c. Pemasukan dan pengeluaran PMB / LBS dilaksanakan oleh :
 - Operator lapangan Cabang / APJ / AJ atas permintaan APD/UPD
- d. Posisi jaringan di gardu distribusi adalah :
 - PMB / LBS incoming (kearah GI) Masuk.
 - PMB / LBS out going (kearah GH) Masuk.
- e. Operator lapangan wajib dan bertanggung jawab untuk segera melaporkan kepada APD.

Keadaan Gangguan :

- a. APD menerima pemberitahuan keadaan jaringan dari indikasi keluarnya PMT dan bekerjanya Rele.
- b. APD menetapkan Section gangguan pada Penyulang / Feeder, bila dilengkapi teleprocessing.
- c. Melokalisir gangguan berdasarkan section yang terganggu.
- d. Mengadakan manuver pada jaringan yang tidak terganggu.
- e. Mengadakan perbaikan gangguan oleh regu pemeliharaan
- f. Penormalan jaringan dilakukan setelah gangguan diperbaiki

BAB III

MANUVER JARINGAN DISTRIBUSI

3.1 Umum

Manuver / Manipulasi jaringan adalah serangkaian kegiatan membuat modifikasi terhadap operasi normal dari jaringan akibat adanya gangguan / pekerjaan jaringan sehingga tetap tercapainya kondisi penyaluran tenaga listrik yang maksimal atau dengan kata lain yang lebih sederhana adalah mengurangi daerah pemadaman. Kegiatan yang dilakukan dalam manuver :

- Memisahkan bagian-bagian jaringan yang semula terhubung dalam keadaan bertegangan / tidak bertegangan.
- Menghubungkan bagian-bagian jaringan yang terpisah menurut keadaan operasi normalnya dalam keadaan bertegangan / tidak bertegangan.

3.1.1. Peralatan Manuver

Optimalisasi atas keberhasilan manuver dari segi teknis ditentukan oleh konfigurasi jaringan dan peralatan manuver yang tersedia di sepanjang jaringan. Peralatan jaringan yang dimaksud adalah peralatan-hubung yang terdiri dari berbagai macam.

3.1.1.2 Peralatan Manuver Pada Pada Jaringan Sistem Radial SUTM

a. Pole Top Switch (PTS)

Dioperasikan secara lokal, untuk membuka setelah jaringan bebas dari beban / tegangan sedang untuk memasukkan kembali diusahakan beban di sisi hilirnya tidak terlalu besar.

b. Fuse Cut-Out (FCO) atau Cut- Out (CO)

Dioperasikan sama dengan PTS

c. Pole Top – Load Break Switch (PT – LBS)

Dioperasikan secara lokal, maupun jarak jauh bila dilengkapi peralatan control jarak jauh. Untuk membuka dan menutup kembali sirkit dapat dilakukan dalam keadaan berbeban.

d. Sectionalizer

Akan membuka secara otomatis bila jaringan di sisi hilirnya mengalami gangguan hubung singkat, setelah melalui beberapa kali PMT disisi hulunya trip. Untuk memasukkan kembali dilakukan secara manual di lokasi.

e. Recloser

Berupa PMT yang dilengkapi dengan peralatan proteksi arus lebih dan penutup-balik . Bila ada gangguan pada sisi hilirnya akan membuka secara otomatis dan akan melakukan penutupan-balik sampai beberapa kali tergantung penyetelannya atau membuka secara permanent. Penormalan kembali dilakukan secara manual di lokasi.

f. Automatic Vacum Switch (AVS)

Pengoperasiannya hampir sama dengan Sectionalizer, perbedaannya hanya pada peraltan deteksi yang menyebabkan terbukanya alat-hubungnya, yaitu berdasarkan tegangan.

3.1.1.3. Peralatan Manuver Pada Pada Jaringan Sistem Lingkar / Loop

SUTM

Peralatan manuver terletak pada ujung-ujung jaringan yang dapat dioperasikan lingkar, berupa PTS atau PT-LBS.

3.1.1.4. Peralatan Manuver pada pada jaringan sistem Spindel SKTM

Peralatan manuver berupa LBS atau PMT yang berada pada Gardu- Hubung, Gardu-Tengah atau Gardu Distribusi. Dioperasikan secara manual di lokasi atau secara jarak jauh bila dilengkapi dengan peraltan kontrol jarak jauh.

3.2 Persiapan Manuver

- a. Mengetahui keadaan operasi normal maupun darurat dari bagian jaringan yang mutakhir.
- b. Mengetahu kemampuan seluruh peralatan yang terpasang pada jaringan.
- c. Mengikuti secara kronologis keadaan yang terjadi pada jaringan, manuver-manuver yang berlangsung.
- d. Mengetahui tata cara komunikasi dalam operasi jaringan.
- e. Mempersiapkan perlengkapan manuver :
- f. Perlengkapan pengaman.
- g. Peralatan kerja, K3 /K2, Alat ukur dan SOP.
- h. Sarana transportasi / kendaraan.

3.2. SOP / Prosedur Tetap Dalam Pelaksanaan Manuver Jaringan.

- a. Manuver secara manual : mengirim petugas ketempat / lapangan.
- b. Manuver dilakukan dari GH / gardu Induk.
- c. Manuver dengan control jarak jauh : dilakukan dari pusat control APD yang melayani daerah / area yang cukup luas.

3.3 OPTIMASI JARING DISTRIBUSI

Optimasi jaring distribusi adalah pengoperasian jaring distribusi yang paling menguntungkan, tetapi masih berada pada sistem yang di tetapkan, yaitu:

- a. Daya terpasang tidak berlebihan.
- b. Beban tidak terlalu kecil.
- c. Rugi tegangan dan daya dalam batas-batas normal.
- d. Keandalan sistem distribusi menjadi prioritas.
- e. Keamanan terhadap lingkungannya terjaga.
- f. Secara ekonomismenguntungkan.
- g. Susut umur peralatan sesuai rencana.

3.3.1 Optimasi Pembebanan Pada Penghantar

Optimasi pembebanan penghantar adalah batasan arus pada penghantar sesuai dengan KHA dan kondisi sekitarnya, sebab bila arus yang dibebankan berlebihan akan mengakibatkan :

- a. Pelunakan pada titik tumpu penghantar.
- b. Pelunakkan pada titik tumpu ikatan penghantar.
- c. Berkurangnya jarak aman / andongan.
- d. Kerusakan pada isolasi.

3.3.1.1. Penghantar Pada Saluran Udara

a. Kawat telanjang (BCC, AAC, AAAC, ACSR)

- Dengan angin 0.6 m / detik
- Suhu sekitar kecepatan 35⁰c
- Suhu hantaran maks 80⁰c kecuali tembaga 70⁰

LUAS PENAMPANG (mm ²)	KEMAMPUAN HANTAR ARUS (KHA) (Amper)		
	AAC	AAAC	BCC
16	115	110	125
25	160	150	145
35	185	175	200
50	230	220	250
70	300	285	310
95	345	325	390
120	390	370	440
150	465	435	510
185	530	500	595
240	630	600	700

3.1. Tabel Kawat Telanjang (BCC, ACC, AAAC)

CATATAN : Pada keadaan tanpa angin, kha tersebut dalam tabel ini harus dikalikan dengan faktor koreksi 0.7

b. Kawat Berisolasi

- AAAC - S : Dientang di udara dipasang pada isolator TM
- NFA 2 x SEY – T : Kabel pilin direntang di udara dengan kabel penggantung
- NFA 2 x CEY – T : Kabel pilin direntang di udara dengan kabel penggantung

JENIS KABEL	PENAMPANG NOMINAL (mm²)	KHA (Amper)
AAAC-S	35	150
	50	180
	70	246
	95	282
	120	319
	150	378
	185	423
	240	523
NFA 2 x SEY - T NFA 2 x CEY - T	2 x 35 + 50	110
	2 x 50 + 50	134
	2 x 70 + 50	163
	2 x 95 + 50	203
	2 x 120 + 50	234
	3 x 35 + 50	127
	3 x 50 + 50	151
	3 x 70 + 50	188
	3 x 95 + 50	228
	3 x 120 + 50	262
	3 x 150 + 50	293
	3 x 240	393

3.2. Tabel Kawat Berisolasi

C. Kabel Tanah 20 kV.

- Kabel ditanam langsung di dalam tanah sedalam 70 cm
 - Temperature tanah 30°C
 - Faktor beban 100%
 - Spesifikasi tahanan jenis panas tanah 1000°C cm/W
- Kabel digelar di udara bebas
 - Temperature tanah 30°C
 - Faktor beban 100%
- Suhu maksimal di dalam keadaan hubung singkat maksimal 2500°C, berlangsung paling lama 5 detik

3.3. Tabel Kawat Tanah 20kv

JENIS KABEL	PENAMPANG NOMINAL mm ²	KUAT HANTAR ARUS			
		TEGANGAN KERJA 6 / 10 KV		TEGANGAN KERJA 9 / 15 KV & 12 / 20 KV	
		Di Tanah (A)	Di Udara (A)	Di Tanah (A)	Di Udara (A)
1	2	3	4	5	6
N2XSEBY	35	164	173	164	173
N2XSEFGbY	50	194	206	194	206
N2XSERGbY	70	236	257	236	257
N2XSYBY	95	293	313	285	313
N2XSEFGbY	120	322	360	322	360
N2XSERGbY	150	362	410	362	410
N2XCYBY	185	409	469	409	469
N2XCYGbY	240	474	553	474	553
N2XCYRGbY	300	533	629	533	629
N2XSEBY					
N2XSEFGbY	50	148	161	146	161
N2XSERGbY	70	184	199	179	204
N2XSYBY	95	220	242	214	242
N2XSEFGbY	120	250	280	246	282
N2XSERGbY	150	281	318	272	319
N2XCYBY	185	319	365	308	365
N2XCYFGbY	240	370	425	358	425
N2XCYRGbY	300	420	481	398	481

3.3.2 Optimasi Pembebanan Trafo

Seperti kita ketahui fluktuasi beban di Indonesia secara umum sangat tajam perbedaan antara beban puncak dan di luar beban puncak. Hal ini bila ditinjau dari segi efisien trafo menjadi kurang baik terutama pada beban yang sangat rendahnya selanjutnya bila penyediaan kapasitas trafo didasarkan pada beban (beban puncak) bila dikaitkan pada segi ekonomi, menjadi kurang efisien. Sebab bisa jadi hanya untuk memikul beban yang rendah dilayani oleh trafo dengan kapasitas yang besar. Untuk pemecahan masalah diatas, sebenarnya trafo dapat dibebani melebihi daya pengenalnya pada suhu sekitar trafo tersebut pada nilai tertentu tetapi harus dibatasi oleh lamanya pembebanan lebih, agar susut umur trafo sesuai dengan yang direncanakan. Susut trafo sangat dipengaruhi oleh suhu titik panas pada lilitan.

TABEL 3.4. Susut umur sebagai fungsi dari suhu titik panas lilitan σ_c (°C)

σ_c (°C)	SUSUT UMUR
80	0,125
86	0,25
92	0,5
98	1,0
104	2,0
110	4,0
116	8,0
122	16,0
128	32,0
134	64,0
140	128,0

Trafo dengan susut umur sama dengan 1,0 berarti trafo tersebut akan mempunyai susut umur normal, dan itu terjadi bila suatu suhu titik panas pada lilitan mencapai 98 °C.. Suhu tersebut tercapai untuk trafo yang bekerja pada daya pengenal dengan suhu sekitar 20°C.. Pada umumnya suhu sekitar di Indonesia

terutama di kota-kota besar suhu sekitar rata-rata tahunan sekitar $25,5^{\circ}\text{C}$. dan mengingat sifat beban di Indonesia, maka dimungkinkan trafo dapat dipakai sampai batas waktu yang direncanakan pabriknya.

Dari tabel susut umur diatas dapat dihitung umur trafo:

Contoh 1. Trafo dibebani 10 jam pada $\sigma_c = 104^{\circ}\text{C}$ dan 14 jam pada $\sigma_c = 86^{\circ}\text{C}$.
susut umurnya = $(10 \times 2) + (14 \times 0,25) = 23,5$ jam umur selama 24 jam. Karena kurang dari 24 jam, trafo tidak mengalami kenaikan susut umur, sehingga umurnya tetap sama dengan desain.

Contoh 2. Trafo dibebani 12 jam pada $\sigma_c = 104^{\circ}\text{C}$ & 12 jam pada $\sigma_c = 98^{\circ}\text{C}$.
Susut umurnya = $(12 \times 2) + (12 \times 1) = 36$ jam umur selama 24 jam. Susut umur = 1,5 susut umur normal, sehingga umur trafo = $2/3 \times$ umur desain.

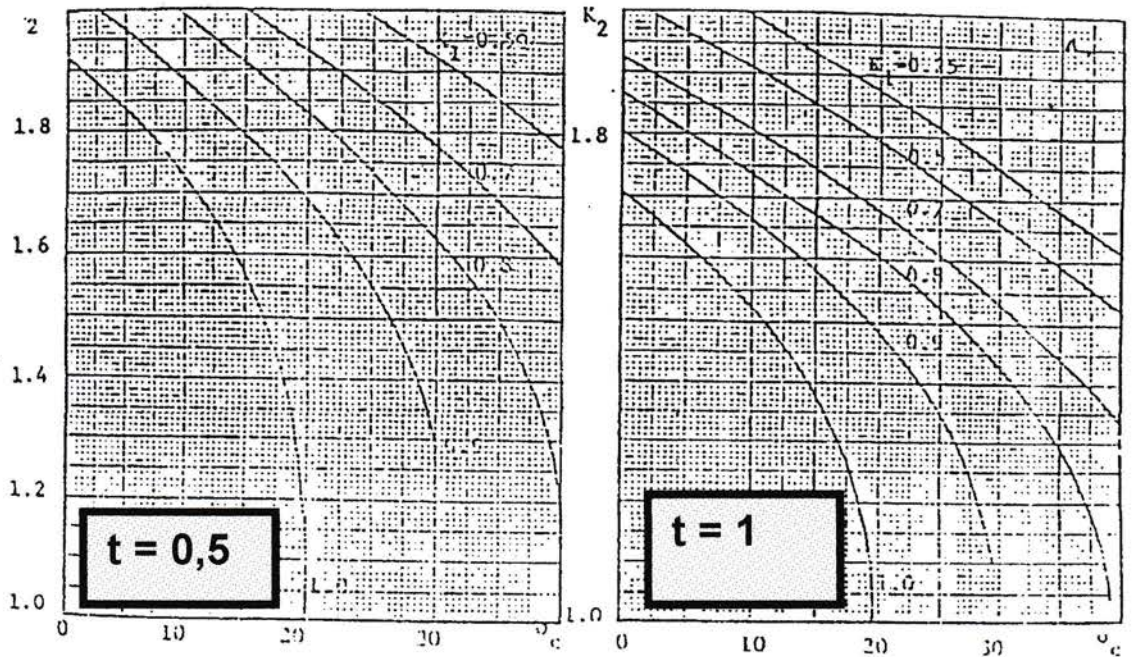
Contoh 3 : Trafo dibebani 4 jam pada $\sigma_c = 110^{\circ}\text{C}$ (pada beban puncak) dan 20 jam pada $\sigma_c = 90^{\circ}\text{C}$. Susut umurnya = $(4 \times 4) + (20 \times 0,4) = 24$ jam umur selama 24 jam, berarti susut umur normal.

Dari contoh 3 bisa digambarkan seperti pada umumnya pembebanan trafo untuk konsumen umum di Indonesia, dimana beban puncak terjadi pada malam hari yaitu antara jam 18.00 s.d. 22.00.

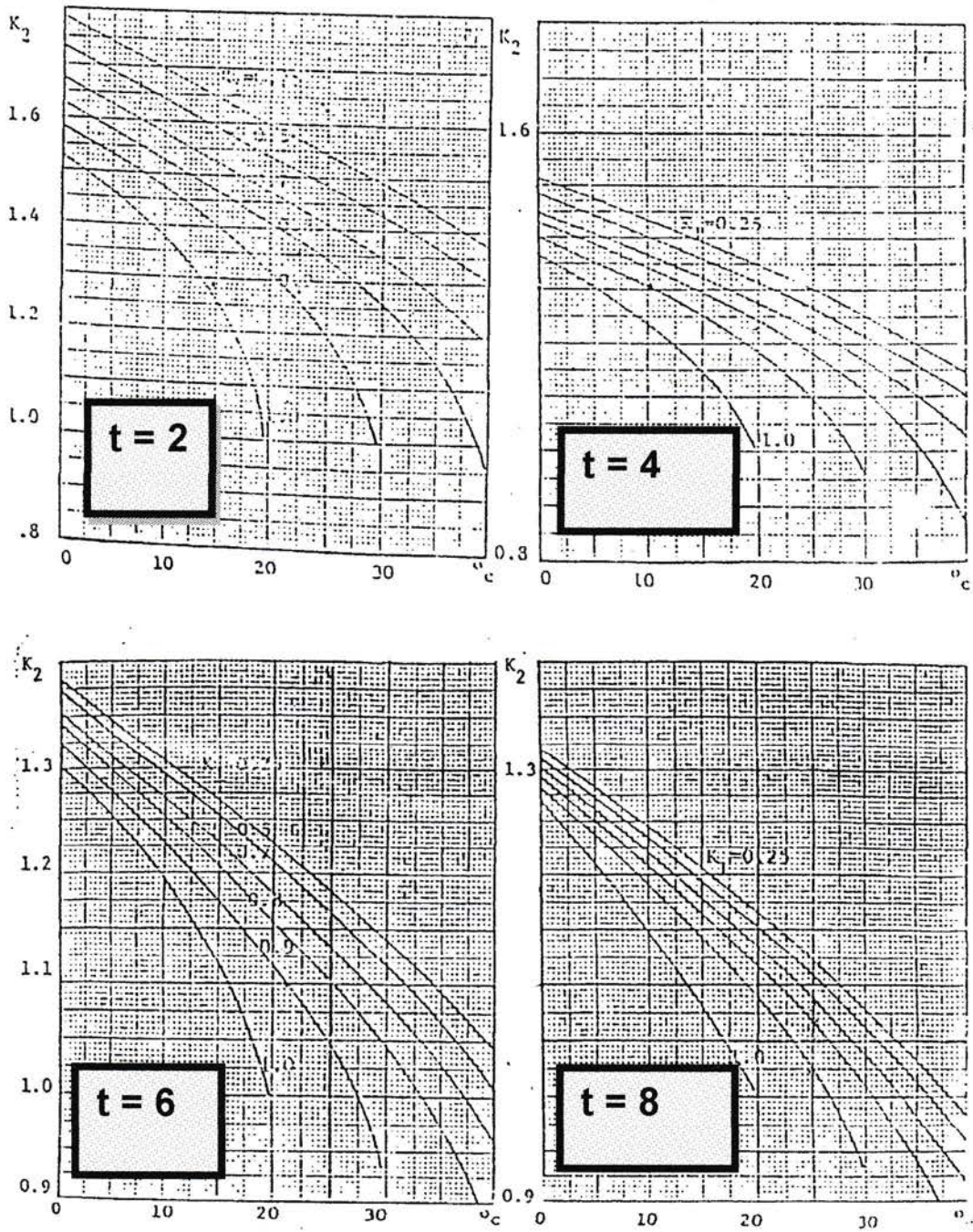
Sebagai pedoman pembebanan trafo untuk keperluan tertentu, dan dengan beban yang melebihi daya pengenalnya, waktu lamanya pembebanan tersebut dapat dilihat pada grafik dan tabel dibawah ini :

3.3.2.1. Transformator ONAN dan ONAF

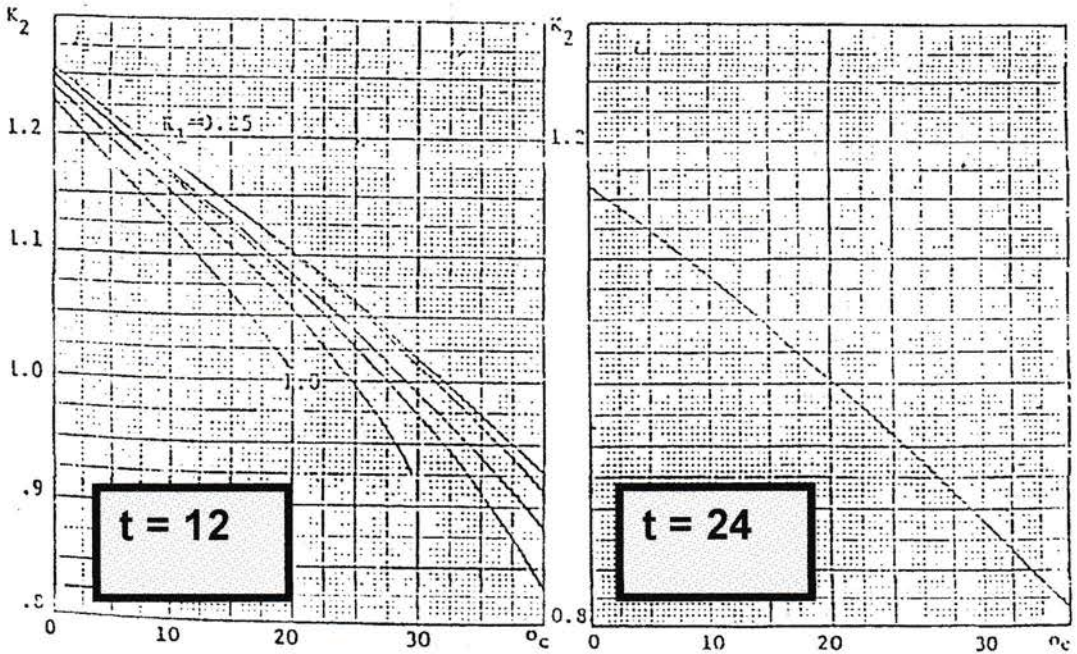
Grafik k_2 (pembebanan lebih) sebagai fungsi dari suhu-kitar dengan berbagai t (lamanya pembebanan) sebagai parameter untuk berbagai k_1 (pembebanan kurang)



3.1. Grafik Transformator ONAN dan ONAF



3.2. Grafik Transformator ONAN dan ONAF



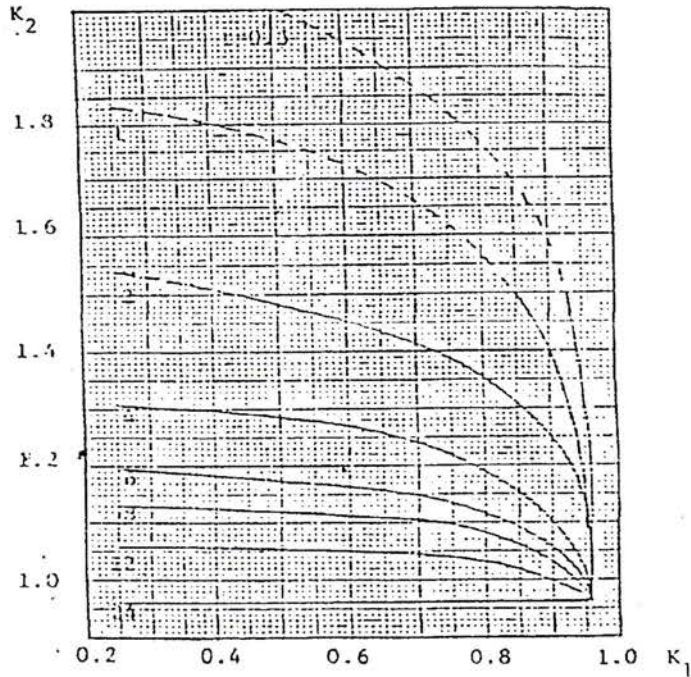
3.3. Grafik Transformator ONAN dan ONAF

3.3.2.2. Transformator Onan Dan Onaf : $\sigma A = 24 \text{ OC}$

Nilai – Nilai K2 Untuk Nilai-Nilai K1 Dan t Yang Ditentukan

3.5. Tabel Nilai K2 Untuk Nilai K1 dan t Yang Ditentukan

$t \backslash K_1$	0,25	0,50	0,70	0,80	0,90	1,00
0,5	+	2.00	1.87	1.76	1.59	-
1	1.84	1.76	1.64	1.56	1.40	-
2	1.55	1.49	1.42	1.35	1.22	-
4	1.31	1.27	1.23	1.19	1.10	-
6	1.20	1.17	1.14	1.11	1.05	-
8	1.13	1.12	1.10	1.08	1.03	-
12	1.06	1.05	1.04	1.03	1.00	-
24	0.965	0.965	0.965	0.965	0,965	-



3.4. Grafik Transformator ONAN dan ONAF $\sigma A = 24 OC$

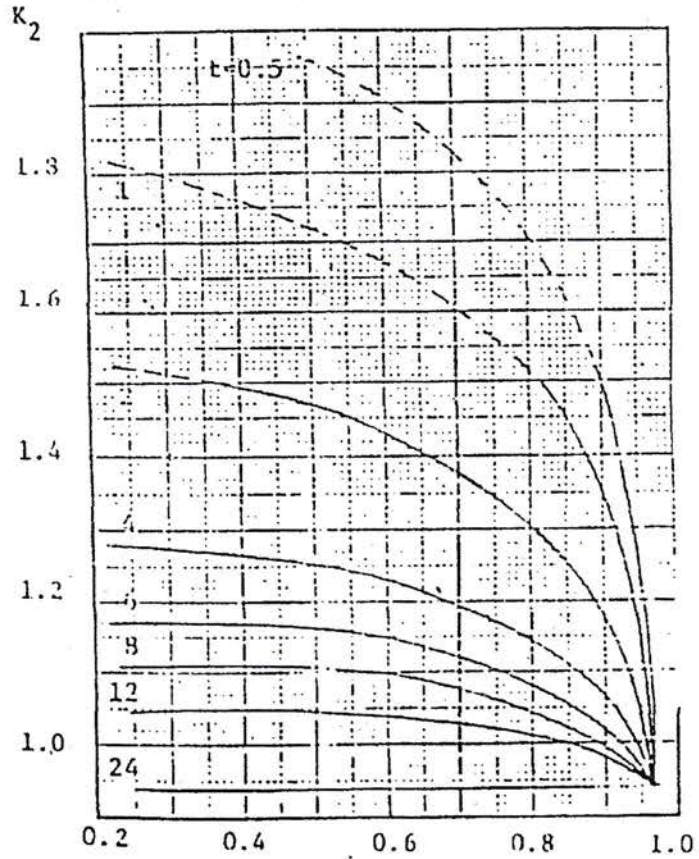
CATATAN : Dalam tugas siklis normal nilai k_2 tidak lebih dari 1.5. Nilai-nilai k_2 yang lebih besar dari 1.5, terlukis dengan garis-putus-putus, dipakai untuk tugas darurat. Tanda + menunjukkan bahwa k_2 lebih tinggi dari 2.0.

a. **Transformator Onan Dan Onaf : $\sigma A = 27 OC$**

Nilai – Nilai K_2 Untuk Nilai-Nilai K_1 Dan t Yang Ditentukan

3.6 Tabel Nilai K_2 Untuk Nilai K_1 dan t Yang Ditentukan

$T \backslash K_1$	0,25	0,50	0,70	0,80	0,90	1,00
0,5	+	1.96	1.83	1.71	1.49	-
1	1.81	1.72	1.60	1.51	1.30	-
2	1.52	1.45	1.38	1.31	1.13	-
4	1.28	1.24	1.20	1.15	1.04	-
6	1.17	1.125	1.12	1.08	1.00	-
8	1.11	1.09	1.07	1.04	0.99	-
12	1.04	1.03	1.02	1.00	0.96	-
24	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	-



3.5. Grafik transformator ONAN dan ONAF $\sigma A = 27 \text{ OC}$

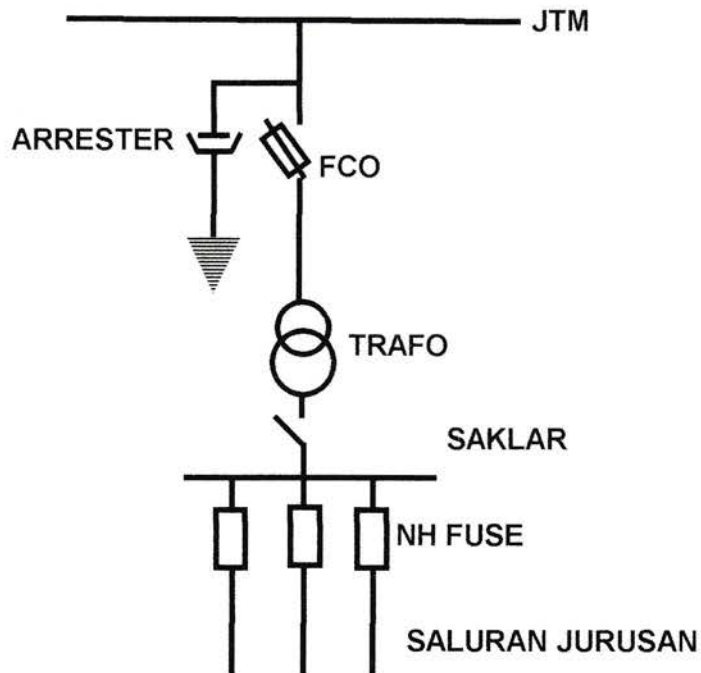
CATATAN : dalam tugas siklis normal nilai k_2 tidak lebih dari 1.5. Nilai-nilai k_2 yang lebih besar dari 1.5, terlukis dengan garis-putus-putus, dipakai untuk tugas darurat. Tanda + menunjukkan bahwa k_2 lebih tinggi dari 2.0.

BAB IV

PROSEDUR TEKNIS PENGOPERASIAN PERALATAN PADA INSTALASI DISTRIBUSI

4.1. Prosedur Teknis Pengoperasian Peralatan Pada Gardu Distribusi

4.1.1. Pengoperasian Gardu Distribusi Pasangan Luar



4.1. Pengoperasian Gardu Distribusi Pasangan Luar

4.1.1.1. Persiapan Pengoperasian

- Membaca dan memahami prinsip kerja gardu distribusi dan sistem JTM
- Mampu berkomunikasi dengan pengatur / posko untuk pengoperasian instalasi Gardu Distribusi

- ✓ Untuk pelanggan industri : masukkan seluruh nh fuse, menyusul kemudian saklar utama
- ✓

4.1.1.3. Prosedur Pemadaman Untuk Pemeliharaan

- Kurangi beban trafo, caranya :
 - ✓ Untuk pelanggan umum dan beban kecil, maka bukalah satu persatu nh fuse, kemudian bukalah saklar masuk
 - ✓ Untuk pelanggan industri, bukalah saklar utama, kemudian bukalah seluruh NH fuse
- Buka FCO
- Hubungkan kabel pentanahan yang sudah dihubungkan ke elektrode pentanahan dimulai dari ke empat bushing trafo sisi tegangan rendah, lalu ketiga bushing trafo sisi tegangan menengah
- Buka kabel / kawat yang terhubung pada terminal / bushing sisi TR dan TM.
- Kabel / kawat yang sudah terlepas hubungkan jadi satu dan tersambung pada kabel pentanahan
- Lakukan pemeliharaan gardu

4.1.1.4. Prosedur Pengoperasian Kembali Sesudah Pemeliharaan

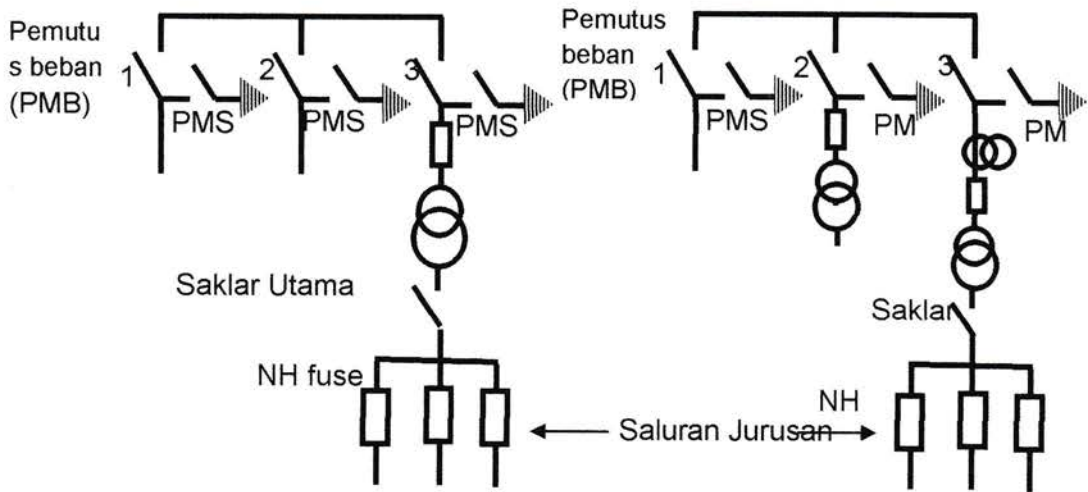
- Pasang kembali kabel / kawat pada terminal/bushing sisi TR maupun TM
- Lepaskan kawat pentanahan
- Periksa keadaan di sekitar trafo dan yakinkan trafo aman dioperasikan
- Laporkan kepada pihak yang berwenang untuk pengoperasian kembali, sampai jawaban izin pengoperasian keluar
- Masukkan FCO

- Ukur tegangan sisi TR, pastikan bahwa penyetelan sadapan trafo sudah benar
- Operasikan saluran jurusan dengan cara :
 - ✓ Untuk pelanggan umum : masukkan saklar utama, menyusul kemudian NH fuse satu persatu sambil di test kemungkinan adanya hubung singkat pada saluran jurusan
 - ✓ Untuk pelanggan industri : masukkan seluruh nh fuse, menyusul kemudian saklar utama
- Melaporkan pada pengatur, kejadian yang diakibatkan pengoperasian tersebut
- Membuat berita acara serah terima operasi yang berisi antara lain :
 - ✓ Kondisi peralatan
 - ✓ Posisi peralatan hubung
 - ✓ Temuan-temuan kelainan operasi
- Membuat laporan pengoperasian

4.1.1.5. Peralatan kerja, peralatan ukur, alat pelindung diri yang dibutuhkan

- Single line diagram
- Tangga
- Helm
- Sabuk Pengaman
- Sepatu Isolasi 20 KV
- Sarung tangan Isolasi
- Tongkat / stock FCO
- Grounding Aparatus
- Tool Kit
- Megger 1.000 – 5.000/10.000V
- Fuse holder / fuse puller
- AVO meter
- Phase squence indicator
- Handy-talk

4.2. Pengoperasian Gardu Distribusi Pasangan Dalam



4.2. Pegoperasian Gardu Distribusi Pasang Dalam

4.2.1. Persiapan Pengoperasian

- Membaca dan memahami prinsip kerja Gardu distribusi pasangan dalam dan sistem JTM
- Berkomunikasi dengan pengatur / posko untuk pengoperasian instalasi Gardu Distribusi
- Menyusun rencana kerja yang berisi langkah-langkah pelaksanaan pekerjaan
- Menyiapkan alat kerja, alat K3 / K2 dan alat bantu yang diperlukan dan dalam kondisi siap pakai dan aman
- Memeriksa hasil ukur atau mengukur indikator kondisi peralatan instalasi gardu :
 - ✓ Tahanan isolasi trafo sesuai ketentuan
 - ✓ Nilai MV Fuse sesuai dengan kapasitas trafo
 - ✓ Nilai NH fuse sesuai dengan ukuran kabel dan kapasitas trafo

- ✓ Tahanan isolasi, tahanan kontak kubikel sesuai ketentuan
- ✓ Tahanan pembumian kerangka peralatan/ konstruksi instalasi gardu sesuai ketentuan
- Menghubungi pihak-pihak yang berwenang untuk memastikan bahwa pekerjaan telah dikoordinasikan secara efektif dengan pihak-pihak terkait
- Memastikan bahwa surat perintah kerja dapat dilaksanakan sesuai SOP
- Memahami dan dapat melaksanakan prosedur dan peraturan K3 / K2

4.2.2. Prosedur Pengoperasian Gardu

- Periksa keadaan disekitar gardu dan yakinkan aman untuk dioperasikan
- Laporkan kepada pihak yang berwenang untuk pengoperasian gardu dan tunggu izin pengoperasian keluar
- Masukkan PMB 1, periksa adanya kelainan, lanjutkan pengoperasian bila tidak ada kelainan
- Masukkan PMB 2, periksa adanya kelainan, lanjutkan pengoperasian bila tidak ada kelainan
- Masukkan PMB 3, periksa adanya kelainan, lanjutkan pengoperasian bila tidak ada kelainan
- Periksa urutan fasa keluaran trafo
- Ukur tegangan sisi TR, pastikan bahwa penyetelan sadapan trafo sudah benar
- Operasikan saluran jurusan dengan cara :

- ✓ Untuk pelanggan umum, masukkan saklar utama menyusul kemudian nh fuse satu persatu sambil di test kemungkinan adanya hubung singkat pada saluran jurusan
- ✓ Untuk pelanggan industri masukkan saluran nh fuse, menyusul kemudian saklat utama

4.2.3. Prosedur Pemadaman Untuk Pemeliharaan

- Buka pemutus beban (PMB) 3
- Masukkan pemisah bumi (PMS) 3
- Buka seluruh NH fuse
- Lakukan pemeliharaan
- Lakukan pemeliharaan gardu

4.2.4. Prosedur pengoperasian kembali sesudah pemeliharaan

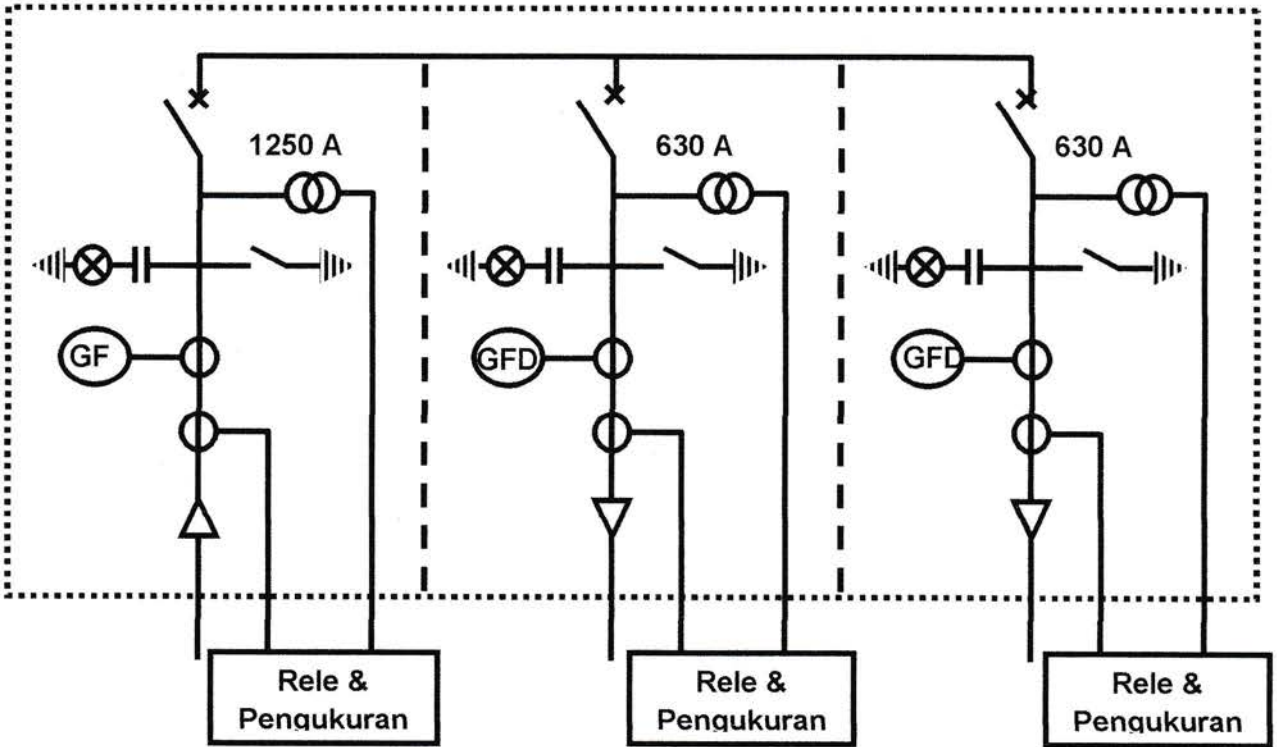
- Periksa keadaan disekitar gardu dan yakinkan aman untuk dioperasikan
- Laporkan kepada pihak yang berwenang untuk pengoperasian kembali, sampai jawaban izin pengoperasian keluar
- Lepaskan PMS bumi (PMS) 3
- Masukkan PMB 3
- Ukur tegangan sisi TR, pastikan bahwa penyetelan sadapan trafo sudah benar
- Operasikan saluran jurusan dengan cara :
 - ✓ Untuk pelanggan umum, masukkan saklar utama menyusul kemudian nh fuse satu persatu sambil di test kemungkinan adanya hubung singkat pada saluran jurusan

- ✓ Untuk pelanggan industri masukkan saluran nh fuse, menyusul kemudian saklat utama
- Melaporkan pada pengatur, kejadian yang diakibatkan pengoperasian tersebut
- Membuat berita acara serah terima operasi yang berisi antara lain :
 - Kondisi peralatan
 - ✓ Posisi peralatan hubung
 - ✓ Temuan-temuan kelainan operasi

4.2.5. Peralatan kerja yang dibutuhkan

- Single line diagram
- Handle / tuas kubikel
- Tool Set
- Multi meter
- Phase squence indicator
- HT
- Sepatu Isolasi 20 KV
- Sarung tangan Isolasi
- AVO meter
- Fuse holder / fuse puller

4.3. Pengoperasian Gardu Induk 20 KV Untuk Pemeliharaan



4.3. Pengoperasian Gardu Induk 20 kv

4.3.1. Persiapan Pengoperasian

- Membaca dan memahami prinsip kubikel dan sistem jaringan tegangan menengah
- Mampu berkomunikasi dengan pengatur / posko untuk pengoperasian instalasi kubikel tm
- Menyusun rencana kerja yang berisi langkah-langkah pelaksanaan pekerjaan
- Menyiapkan alat kerja, alat K3 / K2 dan alat bantu yang diperlukan dan dalam kondisi siap pakai dan aman

- Menghubungi pihak-pihak yang berwenang untuk memastikan bahwa pekerjaan telah dikoordinasikan secara efektif dengan pihak-pihak terkait
- Memastikan bahwa surat perintah kerja dapat dilaksanakan sesuai SOP
- Memahami dan dapat melaksanakan prosedur dan peraturan K3 / K2

4.3.2. Prosedur Pemadaman Sebelum Pemeliharaan

- Buka PMT penyulang dan
- Pastikan bahwa Amper meter menunjukkan angka nol
- Periksa kabel penyulang tidak bertegangan
- Bebaskan PMT dari kontaknya dengan Busbar dan kabel penyulang, dengan cara membuka PMS sisi masuk dan sisi keluar PMT atau menarik PMT secara mekanis melepaskan kontaknya dengan busbar dan kabel penyulang
- Masukkan PMS pentanahan
- Lakukan pemeliharaan

4.3.3. Prosedur Pengoperasian Kembali Sesudah Pemeliharaan

- Memeriksa hasil pengujian relai dan instalasi dan hasilnya sesuai SOP
- Menyatakan kepada pengatur bahwa kubikel dalam kondisi aman untuk diisi tegangan, urutan fasa kabel benar posisi PMT terbuka
- Masukkan kembali kontak PMT dengan Busbar dan Kabel Penyulang
- Buka PMS pentanahan
- Masukkan PMT dan yakinkan tegangan sudah masuk pada ketiga fasanya

- Memeriksa urutan fase R , S , T
- Memeriksa kerja alat ukur dengan melihat penunjuk jarum atau putaran piringan
- Melaporkan pada pengatur, kejadian yang diakibatkan pengoperasian tersebut
- Membuat berita acara serah terima operasi yang berisi antara lain :
 - ✓ Kondisi peralatan
 - ✓ Posisi peralatan hubung
 - ✓ Temuan-temuan kelainan operasi
- Membuat laporan pengoperasian

4.3.4. Peralatan Kerja Yang Dibutuhkan

- Handle / tuas kubikel
- Kunci pas / ring / shok sesuai ukuran
- Multi meter

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

1. Pada saat manuver jaringan diperlukan peralatan - peralatan yang bisa menjamin keselamatan pekerja yang melakukan manuver jaringan Selain proses penyediaan tenaga listrik.
2. Sistem jaringan distribusi memerlukan pemeliharaan dan perawatan yang berkala. Dengan tujuan system jaringan distribusi bisa optimal dalam menghantarkan tegangan dan peralatan yang terdapat pada sistem jaringan dapat berumur panjang.
3. Sistem proteksi distribusi merupakan salah satu faktor utama dalam menjamin kontinuitas proses penyaluran tenaga listrik dari pembangkit pada konsumen, karena sistem proteksi melindungi jaringan dari kerusakan yang disebabkan oleh gangguan yang dapat timbul karena berbagai faktor.

4.2. Saran

1. Pada pengerjaan pemeliharaan jaringan sebaiknya pekerja yang melaksanakan perbaikan memperhatikan keselamatan kerja dengan menggunakan peralatan yang berisolasi.
2. Peralatan pada sistem jaringan distribusi sebaiknya diperiksa kelayakannya, apabila tidak layak maka harus diganti dengan peralatan yang layak pakai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] <http://dayatthepieceofworld.blogspot.com>
- [2] http://anak-elektro-ustj.blogspot.com/2011/11/ayo-sama-sama-belajar-3_10.html
- [3] <http://batharawisnu.wordpress.com/2013/06/14/pengoperasian-sistem-distribusi/>
- [4] <http://dayatthepieceofworld.blogspot.com>
- [5] Buku PLN 3 standart kontruksi jaringan tegangan rendah tenaga listrik,2010
- [6] Buku PLN 5 standart kontruksi jaringan tegangan Menengah tenaga listrik,2010