

LAPORAN AKHIR

MUTASI TRANSFORMATOR DISTRIBUSI GARDU HENGKASE HT4AB0 DARI 25 KVA KE 50 KVA UNTUK MENGHINDARI KERUSAKAN AKIBAT BEBAN LEBIH



Oleh :

HENDRY LUASE

12 021 025

Dosen Pembimbing

**Ir. Yohanis S. Rompon, MT
NIP. 19581224 199003 1 001**

**KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN
PENDIDIKAN TINGGI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI MANADO
2015**

LEMBAR PENGESAHAN

MUTASI TRANSFORMATOR DISTRIBUSI GARDU HENGKASE HT4AB0 DARI 25 KVA KE 50 KVA UNTUK MENGHINDARI KERUSAKAN AKIBAT BEBAN LEBIH

Oleh :

Hendry Luase

12 021 025

*Laporan Akhir ini telah diterima dan disahkan sebagai persyaratan untuk
menyelesaikan Pendidikan Diploma III Teknik Elektro*

Program Studi Teknik Listrik

Politeknik Negeri Manado

Manado, 20 Agustus 2015

Menyetujui :

Ketua Panitia Laporan Akhir,



Fanny J. Doringin, ST.MT
NIP. 19670430 199203 1 003

Dosen Pembimbing,



Ir. Yohanis S. Rompon, MT
NIP. 19581224 199003 1 001

Ketua Jurusan Teknik Elektro,

Ir. Jusuf Luther Mappadang, MT
NIP. 19581224 199003 1 001

KATA PENGHANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat, pertolongan dan tuntunanNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Akhir ini. Pada dasarnya, tujuan dibuatnya Laporan Akhir ini adalah sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan D3 di Program Studi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Manado.

Pada proses penyusunan Laporan Akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan dari banyak pihak, baik orang tua, rekan-rekan mahasiswa, dosen dan pihak PT. PLN (Persero) Area Tahuna. Dalam penulisan Laporan Akhir ini, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan masih jauh dari kesempurnaan oleh karena itu penulis memohon maaf sebelumnya apabila terdapat kesalahan kata atau penulisan pada penyusunan Laporan Akhir ini.

Laporan Akhir ini dapat disusun dengan baik karena banyak masukan dan dukungan dari berbagai pihak yaitu berupa informasi, arahan serta bimbingan. Oleh karena itu penulis juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Jimmy Rangan, selaku Direktur Politeknik Negeri Manado.
2. Bapak Jusuf L. Mappadang, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
3. Bapak Fanny Doringin, MT selaku Panitia Penulisan Laporan Akhir.
4. Bapak Muchdar Patabo, MT selaku Panitia Penulisan Laporan Akhir.
5. Bapak Ir. Yohanis Rompon, MT selaku Dosen Pembimbing Laporan Akhir.
6. Bapak Heru Rianto, selaku Manager di PT. PLN (Persero) Area Tahuna.
7. Bapak Nofry Majampoh, selaku Assisten Manager Distribusi di PT. PLN (Persero) Area Tahuna.
8. Seluruh Staf karyawan di PT. PLN (Persero) Area Tahuna yang membantu dalam hal pengumpulan data yang diperlukan.
9. Kedua orang tua tercinta, Bapak Maltus Luase dan Ibu Getruida Tahulending yang senantiasa memberi motivasi dan doa kepada Penulis.

10. Teman-teman sekelas: Konstan, Alvin, Adrianus, Saut, Hambali, Markus, Ardi, Billy, dan semua pihak yang telah membantu penulis dalam penulisan Tugas Akhir ini, penulis menyampaikan banyak terima kasih.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan ini, baik dalam penyusunan atau materi yang disampaikan. Untuk itu Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan Laporan Akhir ini. Akhir kata, semoga Laporan Akhir ini dapat berguna bagi semua pihak.

Manado, Agustus 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I : PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penulisan	2
1.5 Manfaat Penulisan	2
1.6 Sistematika Penulisan	3
 BAB II : TINJAUAN PUSTAKA	 5
2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik	5
2.2 Jaringan Distribusi Primer	5
2.3 Jaringan Distribusi Sekunder	8
2.4 Gardu Distribusi	9
2.4.1 Gardu Distribusi Pasangan Luar	10
2.4.2 Gardu Distribusi Pasangan Dalam	11
2.4.3 Macam-macam Gardu Distribusi	11
2.4.3.1 Gardu Cantol	12
2.4.3.2 Gardu Portal	13
2.4.3.3 Gardu Tembok/ Beton	14
2.4.3.4 Gardu Kios	14
2.4.4 Peralatan Proteksi Pada Gardu Distribusi	15
2.4.4.1 Fuse Cut Out	15

2.4.4.2 NT/ NH Fuse	16
2.4.4.3 Lightning Arrester	17
2.5 Pengertian Transformator	18
2.5.1 Prinsip Kerja Transformator	19
2.6 Transformator Distribusi	19
2.6.1 Komponen Utama Transformator Distribusi	21
2.6.2 Sistem Pendinginan Transformator	23
2.6.3 Gangguan-gangguan Pada Gardu Trafo Distribusi	24
2.6.4 Pola Pembebanan Transformator Distribusi	26
2.6.5 Rugi-rugi Transformator Distribusi	27
2.6.6 Efisiensi Trafo	31
2.6.7 Macam-macam Transformator Distribusi	31
2.6.8 Penandaan Terminal Transformator Distribusi	38
2.6.9 Jenis Hubungan Pada Belitan Transformator 3 Fasa	40
2.6.10 Daya Transformator Distribusi	43
2.7 Perhitungan Menentukan Rating Transformator Distribusi	45
2.8 Perhitungan Arus Nominal dan Persentase Pembebanan Trafo Distribusi ..	45
 BAB III : HASIL DAN PEMBAHASAN	 48
3.1 Permasalahan	48
3.2 Pelaksanaan Mutasi Transformator Distribusi Gardu HT4AB0	48
3.2.1 (SOP) Mutasi Transformator Distribusi Serta Material & Peralatan	48
3.3 Data dan Hasil Pengukuran	50
3.4 Analisis Data Transformator Distribusi Sebelum dan Sesudah Mutasi	52
3.4.1 Menentukan Rating Transformator Distribusi	52
3.4.2 Menentukan Fuse Cut Out dan NH Fuse Pada Transformator 50 kVA	53
3.4.3 Menentukan Persentase Pembebanan	54
 BAB IV : PENUTUP	 58
4.1 Kesimpulan	58
4.2 Saran	58

DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar. 2.1 Konfigurasi Radial	6
Gambar. 2.2 Konfigurasi Ring/ Loop	7
Gambar. 2.3 Konfigurasi Spindle	7
Gambar. 2.4 Konfigurasi Gugus/ Kluster	8
Gambar. 2.5 Konstruksi Jaringan Distribusi Sekunder	9
Gambar. 2.6 Single Line Diagram Gardu Distribusi Portal	10
Gambar. 2.7 Single Line Diagram Gardu Distribusi Beton	11
Gambar. 2.8 Konstruksi Gardu Cantol	12
Gambar. 2.9 Konstruksi Gardu Portal	13
Gambar. 2.10 Gardu Beton/ Tembok	14
Gambar. 2.11 Konstruksi Fuse Cut Out	15
Gambar. 2.12 NT/ NH Fuse	17
Gambar. 2.13 Lightning Arrester	17
Gambar. 2.14 Konstruksi Utama Transformator	18
Gambar. 2.15 Tipe Kumparan Transformator	19
Gambar. 2.16 Transformator 1 Fasa dan Transformator 3 Fasa	20
Gambar. 2.17 Inti Besi Transformator	22
Gambar. 2.18 Kumparan Transformator Distribusi	22
Gambar. 2.19 Bushing Transformator	23
Gambar. 2.20 Rugi-rugi Transformator	27
Gambar. 2.21 Konstruksi Transformator Distribusi Tipe Konvensional	33
Gambar. 2.22 Konstruksi Transformator Distribusi Tipe CSP	33
Gambar. 2.23 Konstruksi Transformator Distribusi Tipe Subway	34
Gambar. 2.24 Konstruksi Transformator Distribusi Tipe Network	36
Gambar. 2.25 Konstruksi Transformator Distribusi Tipe Network Protector	36
Gambar. 2.26 Konstruksi Transformator Distribusi Tipe Padmounted	38
Gambar. 2.27 Penandaan Terminal Transformator Fase Tunggal	39

Gambar. 2.28 Penandaan Transformator Tiga Fase	39
Gambar. 2.29 Konstruksi Transformator 3 Fasa	40
Gambar. 2.30 Hubungan Belitan Bintang	41
Gambar. 2.31 Hubungan Belitan Delta	41
Gambar. 2.32 Hubungan Belitan Zig-Zag	42

DAFTAR TABEL

Tabel. 2.1 Fuse Link TM Sesuai Kapasitas Trafo	16
Tabel. 2.2 NH / NT Fuse TR	16
Tabel. 2.3 Susut Trafo Distribusi	26
Tabel. 2.4 Rugi-rugi Transformator fasa tunggal	28
Tabel. 2.5 Rugi-rugi transformator fasa tiga	28
Tabel. 2.6 Tegangan Pengenal Sadapan	30
Tabel. 2.7 Kelompok Hubungan Trafo	42
Tabel. 2.8 Daya Pengenal Transformator Distribusi	43
Tabel. 2.9 Susut umur sebagai fungsi dari suhu titik panas lilitan σ_c	44
Tabel. 3.1 Spesifikasi Transformator 25 kVA pada Gardu HT4AB0	50
Tabel. 3.2 Spesifikasi Transformator 50 kVA pada Gardu HT4AB0	51
Tabel. 3.3 Data Pembebanan Sebelum Mutasi Transformator Distribusi HT4AB0 ..	51
Tabel. 3.4 Data Pembebanan Sesudah Mutasi Transformator Distribusi HT4AB0 ..	52
Tabel. 3.5 Pembebanan Transformator Distribusi 25 kVA	56
Tabel. 3.5 Pembebanan Trafo Distribusi 50 kVA	57

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Sebagaimana kita ketahui, bahwa setiap instalasi PLN dan Industri sangat membutuhkan Transformator sebagai alat untuk mengubah tegangan rendah menjadi tegangan tinggi maupun sebaliknya tegangan tinggi menjadi tegangan rendah. Panjangnya jaringan listrik PLN sudah tentu memerlukan banyak transformator dan peralatan lainnya dalam mendistribusikan tenaga listrik untuk melayani konsumen.

Penggunaan energi listrik yang semakin meningkat di sisi konsumen mengakibatkan terjadinya pembebanan yang tidak sesuai kapasitas transformator itu sendiri. Setiap transformator tentu mempunyai tingkat kemampuan yang berbeda-beda sesuai dengan jumlah beban yang dilayani. Setiap saat jumlah pelanggan terus bertambah otomatis beban transformator pun terus bertambah sehingga lama kelamaan transformator sudah tidak mampu lagi untuk memikul beban yang sudah melebihi kapasitas transformator tersebut. Hal ini menjadi masalah karena isolasi yang terdapat pada transformator telah disesuaikan dengan rating arus transformator. Jika keadaan ini berlangsung dalam waktu yang lama maka akan berakibat *overload (beban lebih)* sehingga isolasi transformator mengalami kerusakan karena panas yang berlebihan dari arus yang besar (tidak sesuai standar). Maka dari itu perlu dilakukan penggantian/ mutasi transformator sebagai upaya untuk menghindari kerusakan akibat beban lebih.

Oleh karena itu penulis mengambil judul **“Mutasi Transformator Distribusi Gardu Hengkase HT4AB0 dari 25 KVA ke 50 KVA Untuk Menghindari Kerusakan Akibat Beban Lebih”**

1.2 RUMUSAN MASALAH

Rumusan masalah dalam Laporan Akhir ini, yaitu :

- Apa yang menyebabkan transformator distribusi 25 kVA pada Gardu HT4AB0 di mutasi ?
- Berapa persentase kapasitas pembebanan trafo ?

1.3 BATASAN MASALAH

Dalam pembahasan dan penulisan Laporan Akhir ini, penulis membatasi permasalahan seputar Transformator Distribusi Gardu HT4AB0.

1.4 TUJUAN PENULISAN

Yang menjadi tujuan dalam penulisan Laporan Akhir ini, yaitu untuk lebih mengetahui tentang Sistem Distribusi dan Mutasi Transformator Distribusi. Secara terperinci tujuan yang hendak dicapai dalam pembahasan ini adalah sebagai berikut :

- Untuk mengetahui penyebab dilakukannya Mutasi Transformator Distribusi di gardu Hengkase HT4AB0.
- Untuk mengetahui persentase pembebanan yang sesuai pada Transformator Distribusi.

1.5 MANFAAT PENULISAN

Laporan Akhir ini diharapkan bermanfaat untuk :

- Bagi penulis sendiri untuk menambah pengetahuan dan pengalaman.
- Bahan ajar bagi mahasiswa yang ingin membahas hal yang sama.

- Dapat digunakan sebagai dasar dalam mengambil tindakan untuk melakukan penanganan dalam menghadapi kasus-kasus beban lebih/ overload transformator, khususnya pada wilayah kerja PT. PLN (Persero) Area Tahuna.
- Dapat mengidentifikasi gangguan lebih awal, sehingga dapat melakukan tindakan pencegahan pada transformator distribusi yang mendekati 80% pembebanan transformator agar meminimalisir kerusakan transformator akibat overload.

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Laporan Akhir ini ditujukan untuk memaparkan hasil pengamatan, pengukuran, mutasi transformator distribusi serta analisa data sebelum dan sesudah di mutasi. Untuk mempermudah pemahaman, maka penulis menyusun laporan akhir ini dalam beberapa bab, yang masing-masing mempunyai hubungan saling terkait dengan bab yang lain. Bab yang terkandung dalam bab ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini berisikan mengenai Latar Belakang, Rumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan, Manfaat, dan Sistematika Penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini berisikan teori singkat dan teori pendukung tentang sistem distribusi tenaga listrik yang mendukung penulisan Laporan Akhir ini, khususnya teori tentang transformator distribusi.

BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini berisi tentang data transformator, data pengukuran beban transformator, mutasi transformator, analisa pembebanan transformator dan kondisi umum transformator dengan landasan teori yang sesuai.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari seluruh pembahasan.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

Sistem distribusi tenaga listrik adalah penyaluran energi listrik dari gardu induk (GI) tenaga listrik hingga kepada konsumen pada tingkat tegangan yang diperlukan. Jaringan distribusi terdiri dalam dua bagian, yang pertama adalah jaringan tegangan menengah/ primer (JTM), yang menggunakan tiga atau empat kawat untuk tiga fasa. Jaringan distribusi primer berada antara Pembangkit/ Gardu Induk dan Transformator Distribusi. Jaringan yang kedua adalah jaringan tegangan rendah/ sekunder (JTR) dengan tegangan 380/220 Volt.

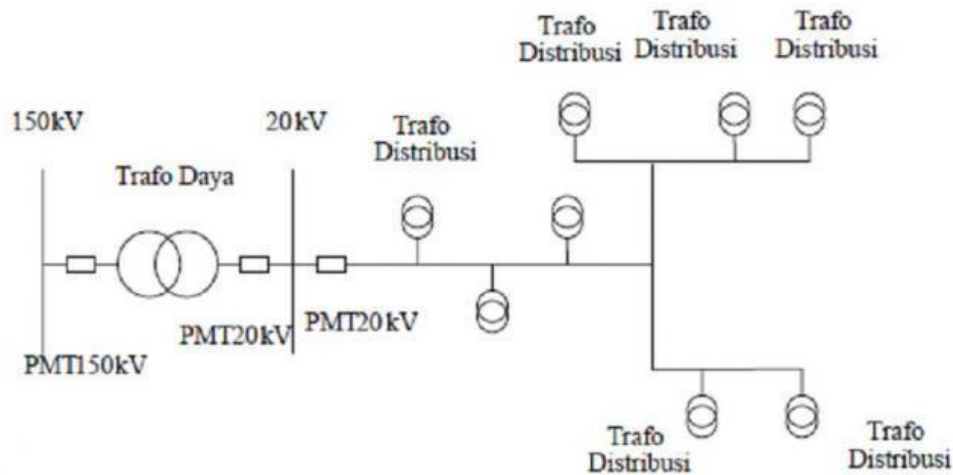
2.2 JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER

Jaringan distribusi primer adalah jaringan tegangan menengah yang berfungsi untuk menghubungkan gardu induk sebagai suplay tenaga listrik dengan gardu-gardu distribusi. Sistem tegangan menengah yang digunakan di Sistem Distribusi Sangihe adalah 20 kV. Jaringan ini mempunyai struktur/ pola yang sedemikian rupa sehingga dalam pengoperasiannya mudah dan andal.

1. Konfigurasi Radial

Sistem distribusi dengan konfigurasi radial adalah sistem distribusi yang paling sederhana dan ekonomis. Pada sistem ini terdapat beberapa penyulang yang menyuplai beberapa gardu distribusi tetapi penyulang ini tidak saling berhubungan. Kerugian tipe ini adalah apabila jalur utama pasokan terputus, maka seluruh penyulang akan padam. Kerugian lain, mutu tegangan pada gardu distribusi yang paling akhir kurang baik, hal ini dikarenakan besarnya rugi-rugi

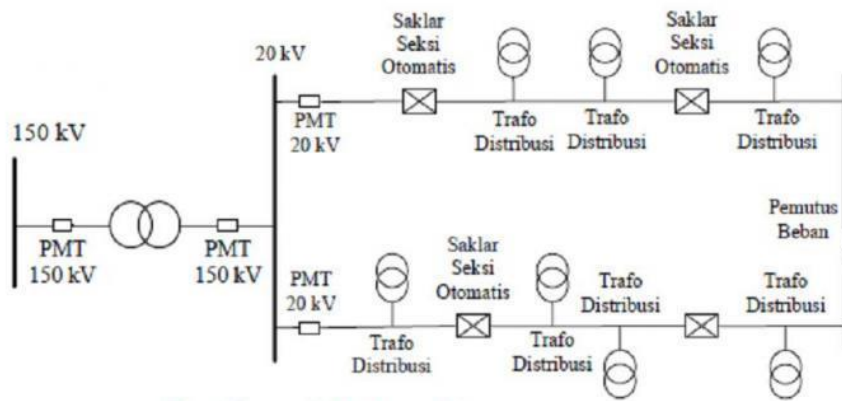
pada saluran. Konfigurasi jaringan distribusi primer radial dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.1 Konfigurasi Radial

2. Konfigurasi Ring/ Loop

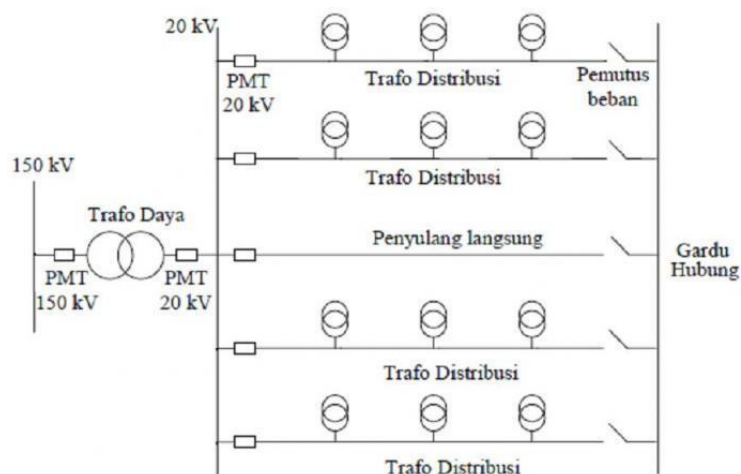
Pada sistem ini terdapat penyulang yang terkoneksi membentuk loop atau rangkaian tertutup untuk menyuplai gardu distribusi. Gabungan dari dua struktur radial menjadi keuntungan pada pola loop karena pasokan daya lebih terjamin dan memiliki keandalan yang cukup tinggi. Sistem konfigurasi ring ini secara ekonomis menguntungkan, karena pada jaringan terbatas hanya pada saluran yang terganggu, sedangkan pada saluran yang lain masih dapat menyalurkan tenaga listrik dari sumber lain yang tidak terganggu. Pola jaringan distribusi primer ring dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.2 Konfigurasi Ring/ Loop

3. Konfigurasi Spindle

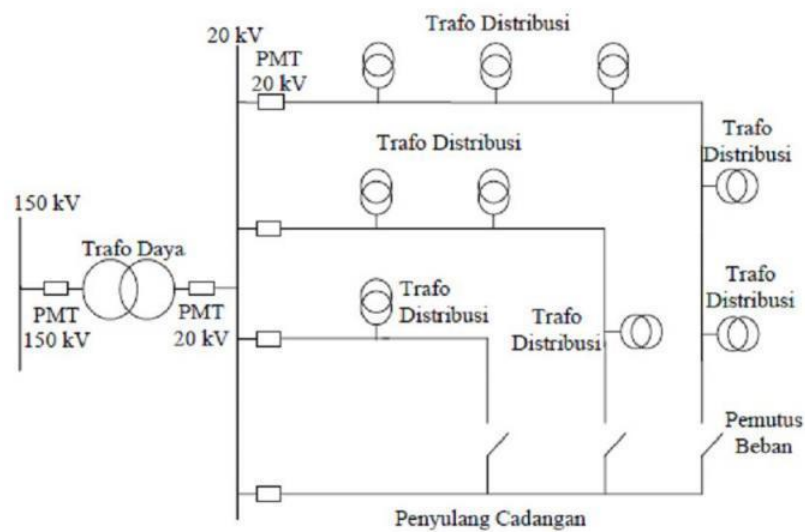
Sistem jaringan distribusi primer spindle adalah suatu pola konfigurasi jaringan dari gabungan sistem jaringan radial dan ring. Spindle terdiri dari beberapa penyulang (feeder) yang tergangannya diberikan dari gardu induk dan tegangan tersebut berakhir pada gardu hubung (GH). Pada sebuah spindle biasanya terdiri dari beberapa penyulang aktif dan sebuah penyulang cadangan (express) yang akan dihubungkan melalui gardu hubung. Pola jaringan spindle dapat dilihat dibawah ini :



Gambar 2.3 Konfigurasi Spindel

4. Konfigurasi Gugus/ Kluster

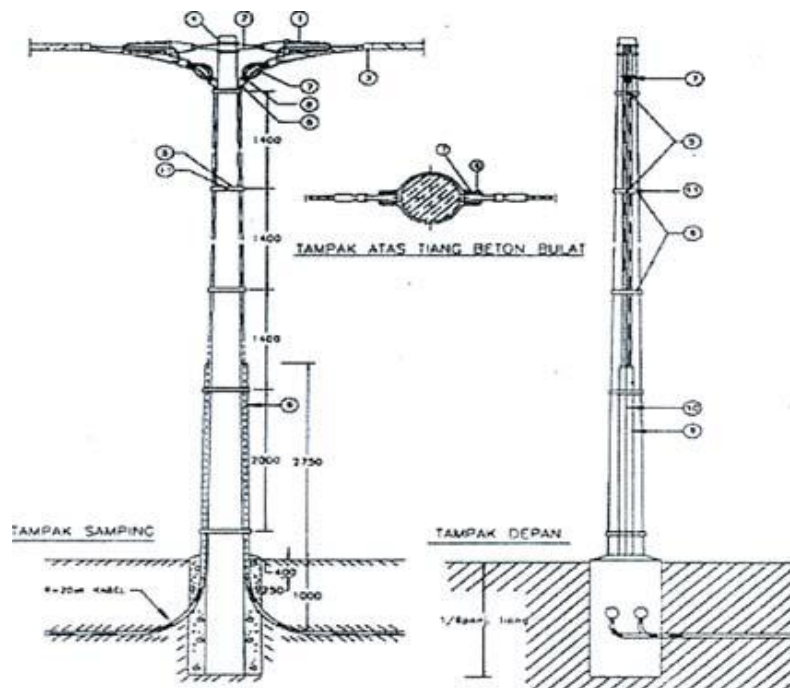
Dalam sistem ini terdapat saklar pemutus beban dan penyulang cadangan, dimana penyulang ini berfungsi jika ada gangguan yang terjadi pada salah satu penyulang konsumen maka penyulang cadangan inilah yang menggantikan supply ke konsumen.



Gambar 2.4 Konfigurasi Gugus/ Kluster

2.3 JARINGAN DISTRIBUSI SEKUNDER

Jaringan distribusi sekunder atau jaringan tegangan rendah (JTR) merupakan jaringan tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan konsumen. Oleh karena itu besarnya tegangan untuk jaringan distribusi sekunder ini 130/230 V dan 130/400 V untuk sistem lama, atau 230/400 V untuk sistem baru. Tegangan 130 V dan 230 V merupakan tegangan antara fasa netral, sedangkan 400 V merupakan tegangan fasa dengan fasa.



Gambar 2.5 Konstruksi Jaringan Distribusi Sekunder

2.4 GARDU DISTRIBUSI

Gardu distribusi merupakan salah satu komponen dari suatu distribusi yang berfungsi untuk menghubungkan jaringan ke konsumen atau untuk membagikan/mendistribusikan tenaga listrik pada beban/ konsumen baik konsumen tegangan menengah maupun tegangan rendah.

Gardu Distribusi merupakan kumpulan / gabungan dari perlengkapan hubung bagi baik Tegangan Menengah dan Tegangan Rendah. Jenis perlengkapan hubung bagi Tegangan Menengah pada Gardu Distribusi berbeda sesuai dengan jenis konstruksi gardunya.

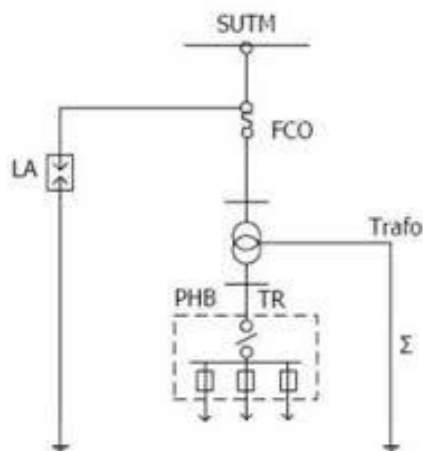
Jenis konstruksi gardu dibedakan atas 2 jenis :

- a. Gardu Distribusi konstruksi pasangan luar. Umumnya disebut Gardu Portal (Konstruksi 2 tiang), Gardu Cantol (Konstruksi 1 tiang) dengan kapasitas transformator terbatas.

- b. Gardu Distribusi pasangan dalam. Umumnya disebut gardu beton (*Masonry Wall Distribution Substation*) dengan kapasitas transformator besar.

2.4.1 GARDU DISTRIBUSI PASANGAN LUAR

Konstruksi Gardu Distribusi pasangan luar tipe Portal terdiri atas *Fused Cut Out* (FCO) sebagai pengaman hubung singkat trafo dengan elemen pelebur/ *fuse link type expulsion* dan *Lightning Arrester* (LA) sebagai sarana pencegah naiknya tegangan pada transformator akibat surja petir. Elektroda pembumian dipasang pada masing-masing lightning arrester dan pembumian titik netral transformator sisi Tegangan Rendah. Kedua elektroda pembumian tersebut dihubungkan dengan penghantar yang berfungsi sebagai ikatan penyama potensial yang digelar di bawah tanah.

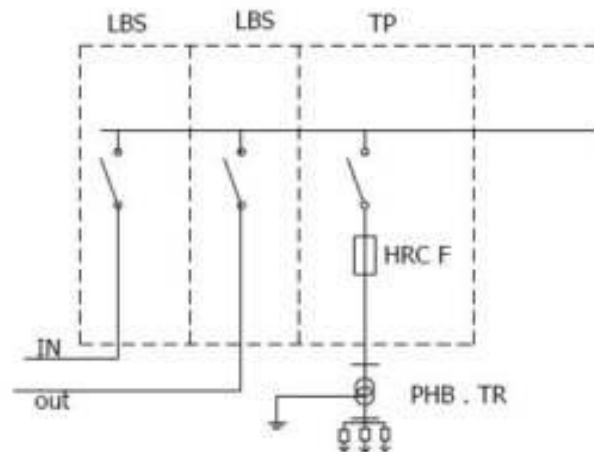


Gambar. 2.6 Single Line Diagram Gardu Distribusi Portal

Pada Gardu Distribusi tipe cantol, transformator yang terpasang adalah jenis *Completely Self Protected Transformer* (CSP). Perlengkapan perlindungan transformator tambahan adalah lightning arrester. Pada transformator tipe CSP fasa 1, penghantar pembumian arrester dihubung langsung dengan badan transformator. Konstruksi pembumian sama dengan gardu portal. Perlengkapan hubung bagi Tegangan Rendah maksimum 2 jurusan dengan saklar pemisah pada

sisi masuk dan pengaman lebur (type NH, NT) sebagai pengaman jurusan. Semua bagian konduktif terbuka dihubungkan dengan pembumian sisi Tegangan Rendah.

Nilai pengenalan LA 5 kA untuk posisi di tengah jaringan dan 10 kA untuk posisi pada akhir jaringan. Nilai tahanan pembumian tidak melebihi 1 Ohm.



Gambar. 2.7 Single Line Diagram Gardu Distribusi Beton

2.4.2 GARDU DISTRIBUSI PASANGAN DALAM

Gardu Distribusi pasangan dalam adalah gardu konstruksi beton dengan kapasitas transformator besar, dipakai untuk daerah padat beban tinggi dengan konstruksi instalasi yang berbeda dengan gardu pasangan luar. Gardu beton dipasok dari baik jaringan saluran udara ataupun saluran kabel tanah.

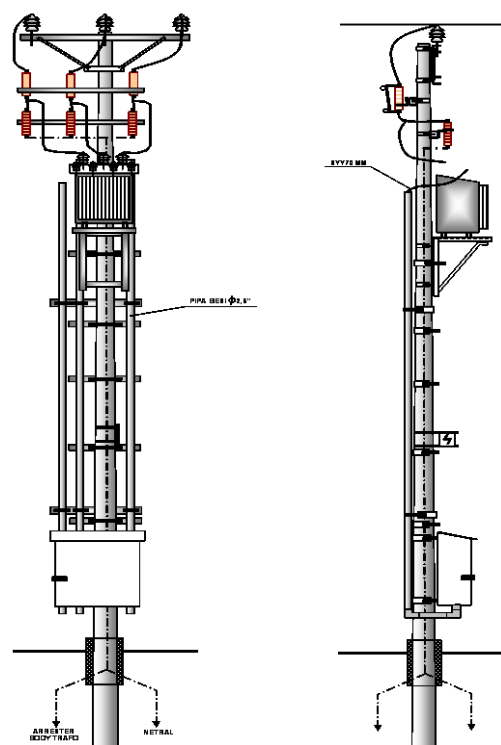
2.4.3 MACAM-MACAM GARDU DISTRIBUSI

Gardu Distribusi adalah suatu tempat/ bangunan instalasi listrik yang didalamnya terdapat alat-alat: Pemutus, penghubung, pengaman dan trafo distribusi untuk mendistribusikan tenaga listrik sesuai dengan kebutuhan tegangan konsumen. Peralatan-peralatan ini adalah untuk menunjang mencapai

pendistribusian Tenaga Listrik secara baik yang mencakup kontinuitas pelayanan yang terjamin, mutu yang tinggi dan menjamin keselamatan bagi manusia.

2.4.3.1 Gardu Cantol

Gardu cantol atau gardu tiang seluruh instalasinya dicantolkan pada tiang jaringan, biasanya kapasitas trafonya max < 100 Kva.



Gambar 2.8 Konstruksi Gardu Cantol

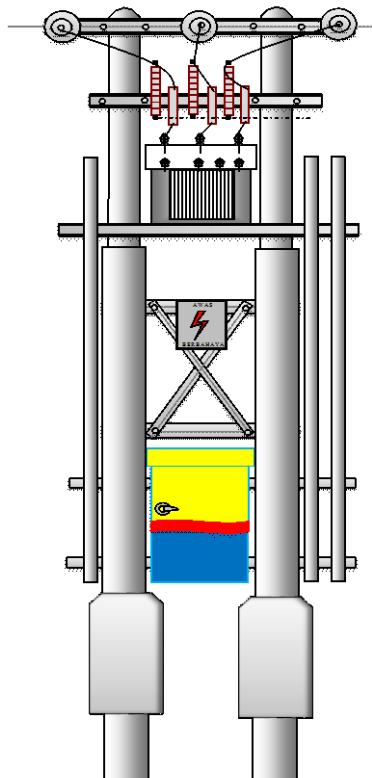
Kelengkapan gardu cantol :

- Satu set cut out (3 buah)
- Satu set arrester (3 buah)
- Satu set trafo type cantol
- Satu set pemutus beban

- Satu buah handel pemutus (TR) yang dapat dioperasikan dari bawah.

2.4.3.2 Gardu Portal

Gardu portal merupakan salah satu jenis konstruksi gardu tiang, yaitu gardu distribusi tenaga listrik tipe terbuka (outdoor), dengan memakai konstruksi dua tiang atau lebih. Dengan sistem proteksi di bagian atas dan panel hubung bagi tegangan di bagian bawah untuk memudahkan kerja dan pemeliharaan.



Gambar. 2.9 Konstruksi Gardu Portal

Gardu Portal Dilengkapi :

- Satu set cut out (3 buah).
- Satu set arrester (3 buah).
- Satu set trafo distribusi < 315 kVA.

- Satu atau dua set pemutus beban.
- Satu set rak TR untuk fasilitas 4 jurusan.

2.4.3.3 Gardu Tembok/ Beton

Gardu beton atau gardu tembok merupakan gardu yang seluruh komponen utama instalasinya seperti transformator dan peralatan proteksi terangkai di dalam bangunan sipil yang di rancang bangun dan difungsikan dengan peralatan konstruksi pasangan batu dan beton. Konstruksi bangunan gardu ini bertujuan untuk memenuhi persyaratan terbaik bagi sistem keamanan ketenagalistrikan.

Fasilitas gardu beton dilengkapi :

- Sebuah cubicel pemisah (PMS) dengan kode AS. Cubicel ini untuk incoming dari sumber.
- Sebuah cubicel pemutus beban (PMT) dengan kode AIS. Cubicel ini berupa pemutus beban dengan pengaman lebur, dengan kode cubicel PB.



Gambar. 2.10 Gardu Beton/ Tembok

2.4.3.4 Gardu Kios

Gardu kios adalah Gardu Distribusi yang pembangunannya bisanya bersifat untuk sementara saja selama ada rehabilitasi gardu. Bangunannya terdiri dari

rangka besi dan dindingnya dari Seng serta lantainya biasanya terbuat dari kayu atau beton.

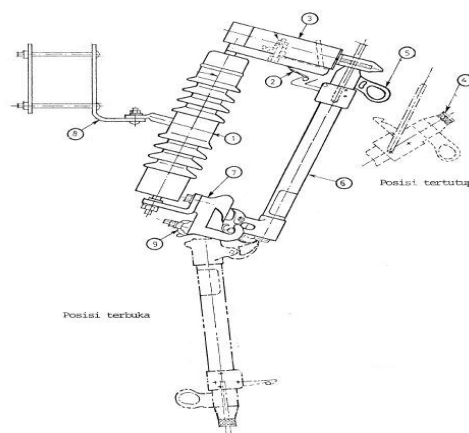
Fasilitas gardu dilengkapi :

- Sebuah PMS untuk kabel masuk dari sumber.
- Sebuah PMT untuk kabel outgoing.
- Sebuah pengaman trafo.
- Sebuah trafo.
- Satu set peralatan TR.

2.4.4 PERALATAN PROTEKSI PADA GARDU DISTRIBUSI

2.4.4.1 FUSE CUT OUT

Cut out adalah pengaman lebur yang ditempatkan pada sisi TM yang gunanya untuk mengamankan jaringan TM dan peralatan terhadap hubungan singkat di trafo, atau sisi TM sebelum trafo tetapi sesudah cut out. Untuk menentukan besarnya cut out yang harus dipasang, maka harus diketahui arus nominal trafo pada sisi TM, sedangkan besarnya cut out harus lebih besar dari arus nominal trafo sisi TM.



Gambar. 2.11 Konstruksi Fuse Cut Out

Tabel. 2.1 Fuse Link TM Sesuai Kapasitas Trafo

TRAFO DISTRIBUSI 20 KV / 231/400				FUSE LINK	
DAYA KVA	ARUS		TYPE GARDU	& MV FUSE	
	SEKUNDER	PRIMER		TEORI	PASAR
	Amper			(Amp)	
25	36	0.72	CANTOL	0.72	2
50	72	1.44	CANTOL	1.44	2
100	145	2.9	CANTOL	2.9	3
160	231	4.6	PORTAL	4.6	5
200	289	5.8	PORTAL	5.8	6
250	361	7.2	PORTAL	7.2	8
315	455	9.1	PORTAL	9.1	10
400	578	11.6	TEMBOK	11.6	12
630	910	18.2	TEMBOK	18.2	20

Catatan : Tic 35 max beban 100 amp ; tic 50 mx beban 160 amp dan tic 70 max 200 amp. Bila melebihi kapasitas max tic, maka lakukan pemecahan beban

2.4.4.2 NT FUSE / NH FUSE

Berfungsi sebagai pengaman trafo terhadap arus lebih yang disebabkan karena hubung singkat di Jaringan Tegangan Rendah (JTR) maupun karena beban lebih.

Tabel. 2.2 NH / NT Fuse TR

NH FUSE											
1 JURUSAN		2 JURUSAN		3 JURUSAN		4 JURUSAN		5 JURUSAN		6 JURUSAN	
TEORI	PASAR	TEORI	PASAR	TEORI	PASAR	TEORI	PASAR	TEORI	PASAR	TEORI	PASAR
(Amp)	(Amp)	(Amp)	(Amp)	(Amp)	(Amp)	(Amp)	(Amp)	(Amp)	(Amp)	(Amp)	(Amp)
36	50	18	36								
72	80	36	50								
145	160	72	80	48	50	36	50				
231	250	116	125	77	80	58	50				
289	315	145	160	96	100	72	80				
361	400	181	200	120	125	90	100				
455	500	228	250	152	160	114	125				
578	630	289	315	193	200	145	160	116	125	96	100
910	1000	455	500	303	315	228	250	182	200	152	160



Gambar. 2.12 NT/NH Fuse

2.4.4.3 LIGHTNING ARRESTER

Lightning Arrester adalah alat proteksi bagi peralatan listrik terhadap tegangan lebih, yang disebabkan oleh petir atau surja hubung (switching surge). Alat ini bersifat sebagai by-pass di sekitar isolasi yang membentuk jalan dan mudah dilalui oleh arus kilat ke sistem pentanahan sehingga tidak menimbulkan tegangan lebih yang tinggi dan tidak merusak isolasi peralatan listrik.



Gambar. 2.13 Lightning Arrester

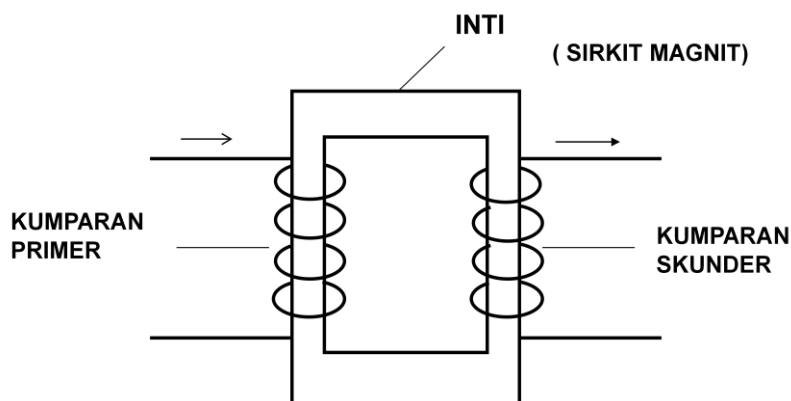
2.5 PENGERTIAN TRANSFORMATOR

Transformator adalah suatu alat listrik yang digunakan untuk mentransformasikan daya atau energi listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya, melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi-elektromagnet. Transformator digunakan secara luas, baik dalam bidang tenaga listrik maupun elektronika. Penggunaan transformator dalam sistem tenaga memungkinkan terpilihnya tegangan yang sesuai, dan ekonomis untuk tiap tiap keperluan misalnya kebutuhan akan tegangan tinggi dalam pengiriman daya listrik jarak jauh.

Dalam bidang tenaga listrik pemakaian transformator dikelompokkan menjadi :

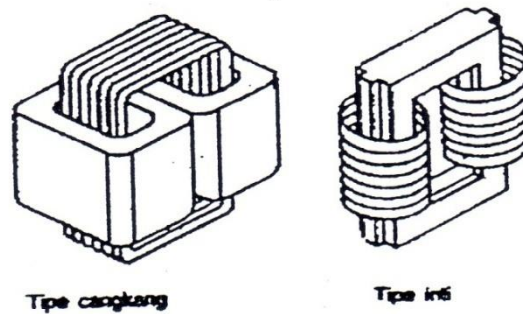
1. Transformator daya.
2. Transformator distribusi.
3. Transformator pengukuran (transformator arus dan transformator tegangan).

Kerja transformator yang berdasarkan induksi-elektromagnet, menghendaki adanya gandengan magnet antara *rangkaian primer* dan *sekunder*. Gandengan magnet ini berupa *inti besi* tempat melakukan *fluks* bersama.



Gambar. 2.14 Konstruksi Utama Transformator

Berdasarkan cara melilitkan kumparan pada inti, dikenal dua macam transformator, yaitu *tipe inti* dan *tipe cangkang*.



Gambar. 2.15 Tipe Kumpuran Transformator

2.5.1 PRINSIP KERJA TRANSFORMATOR

Transformator atau trafo merupakan seperangkat peralatan statis yang berdasarkan prinsip elektromagnetik, mentransformasikan tegangan dan arus bolak balik diantara kedua belitan atau lebih pada frekwensi yang sama dan pada nilai arus dan tegangan yang berbeda atau disebut dengan induksi.

Yang dimaksud dengan induksi adalah pengaruh yang ditimbulkan oleh medan magnit-magnit atau benda listrik kepada kumparan lain dalam rangkaian yang tertutup akan membangkitkan arus listrik.

2.6 TRANSFORMATOR DISTRIBUSI

Trafo distribusi adalah trafo yang digunakan untuk menurunkan tegangan menengah 20 kV menjadi tegangan rendah 220/ 380 V.

Transformator yang umum digunakan adalah transformator *step down* 20/400 kV. Tegangan fasa-fasa sistem JTR adalah 380 volt, mengantisipasi terjadi

drop tegangan pada ujung jaringan, maka pada tegangan sekunder trafo dibuat diatas 380 volt agar tegangan pada ujung jaringan tidak mengalami susut tegangan yang signifikan. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam Transformator Distribusi, yaitu :

a. Jumlah fasa

Berdasarkan jumlah fasanya transformator dibagi dibagi atas 2 (dua) macam, yaitu :

- a. Trafo 1 Fasa
- b. Trafo 3 Fasa



Gambar. 2.16 Transfomator 1 fasa dan Transformator 3 fasa

b. Tegangan nominal

Tegangan nominal adalah tegangan kerja yang mendasari perencanaan dan pembuatan instalasi serta peralatan listrik. Berdasarkan tegangan nominalnya, transformator distribusi dapat digolongkan ke dalam beberapa bagian yaitu :

- ✓ Tegangan primer Transformator distribusi harus disesuaikan dengan tegangan nominal pada sistem jaringan distribusi primer yang berlaku. Adapun tegangan jaringan distribusi primer yang berlaku adalah 6 kV, 12 kV, dan 20 kV.
- ✓ Tegangan sekunder yaitu tegangan nominal pada sisi sekunder transformator distribusi yang disesuaikan dengan tegangan distribusi sekunder yang berlaku di Indonesia, yaitu 220/380 V.

c. Daya nominal

Daya nominal adalah daya yang mendasari pembuatan peralatan listrik. Berdasarkan daya nominalnya dapat di kelompokkan transformator distribusi sebagai berikut yaitu 25 kVA, 50 kVA, 75 kVA, 100 kVA, 125 kVA, 160 kVA, 200 kVA, 250 kVA, 315 kVA, 400 kVA, 500 kVA, 630 kVA, 800 kVA, 1000 kVA, 1250 kVA, dan 1600 kVA.

2.6.1 KOMPONEN UTAMA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI

1. Inti Besi

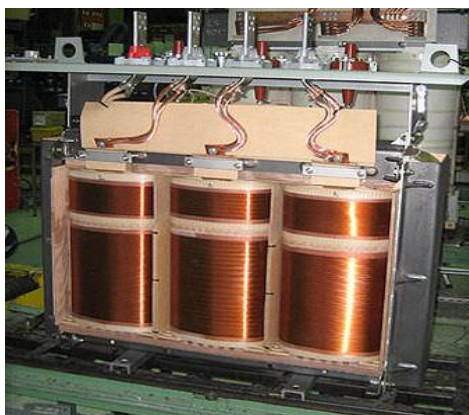
Inti besi berfungsi untuk membangkitkan dan mempermudah jalan fluks yang timbul akibat adanya arus listrik dalam belitan atau kumparan trafo. Bahan inti tersebut terbuat dari lempengan-lempengan baja tipis untuk mengurangi panas (sebagai rugi-rugi besi) yang diakibatkan oleh arus eddy (eddy current).



Gambar. 2.17 Inti Besi Transformator

2. Kumparan Trafo

Kumparan trafo terdiri dari beberapa lilitan kawat berisolasi membentuk kumparan, dan kumparan tersebut diisolasi, baik terhadap inti besi maupun terhadap kumparan lain dengan menggunakan isolasi padat seperti karton, pertinax dan lain-lain. Terdapat dua kumparan pada inti tersebut, yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Jika kumparan primer dihubungkan dengan tegangan arus bolak-balik, maka pada kumparan tersebut timbul fluks yang menimbulkan induksi tegangan, bila pada rangkaian sekunder ditutup (rangkaiannya beban) maka mengalir arus pada kumparan tersebut. Sehingga pada kumparan ini berfungsi sebagai transformasi tegangan dan arus.



Gambar. 2.18 Kumparan Transformator Distribusi

3. Bushing

Merupakan penghubung antara kumparan trafo ke jaringan luar. Bushing adalah sebuah konduktor yang diselubungi oleh isolator, yang sekaligus berfungsi sebagai penyekat antara konduktor tersebut dengan tangki trafo.



Gambar. 2.19 Bushing Transformator

4. Minyak Trafo

Sebagian besar kumparan-kumparan trafo dan intinya direndam dalam minyak trafo. Karena minyak trafo mempunyai sifat sebagai media pemindah panas (di sirkulasi) dan bersifat pula sebagai isolasi sehingga berfungsi sebagai media pendingin dan isolasi.

2.6.2 SISTEM PENDINGIN TRANSFORMATOR

Sistem pendinginan trafo dapat dikelompokkan sebagai berikut :

1. ONAN (*Oil Natural Air Natural*)

Sistem pendingin ini menggunakan sirkulasi minyak dan sirkulasi udara secara alamiah. Sirkulasi minyak yang terjadi disebabkan oleh perbedaan berat jenis antara minyak yang dingin dengan minyak yang panas.

2. ONAF (*Oil Natural Air Force*)

Sistem pendingin ini menggunakan sirkulasi minyak secara alami sedangkan sirkulasi udaranya secara buatan, yaitu dengan menggunakan hembusan kipas angin yang digerakkan oleh motor listrik. Pada umumnya operasi trafo dimulai dengan ONAN atau dengan ONAF tetapi hanya sebagian kipas angin yang berputar. Apabila suhu trafo sudah semakin meningkat, maka kipas angin yang lainnya akan berputar secara bertahap.

3. OFAF (*Oil Force Air Force*)

Pada sistem ini, sirkulasi minyak digerakkan dengan menggunakan kekuatan pompa, sedangkan sirkulasi udara menggunakan kipas angin.

2.6.3 GANGGUAN-GANGGUAN PADA GARDU TRAFU DISTRIBUSI

1. Tegangan Lebih Akibat Petir

Gangguan ini terjadi akibat sambaran petir yang mengenai kawat phasa, sehingga menimbulkan gelombang berjalan yang merambat melalui kawat phasa tersebut dan menimbulkan gangguan pada trafo. Hal ini dapat terjadi karena *arrester* yang terpasang tidak berfungsi dengan baik, akibat kerusakan peralatan/pentanahan yang tidak ada. Pada kondisi normal, *arrester* akan mengalirkan arus bertegangan lebih yang muncul akibat sambaran petir ke tanah. Tetapi apabila terjadi kerusakan pada *arrester*, arus petir tersebut tidak akan dialirkan ke tanah oleh *arrester* sehingga mengalir ke trafo. Jika tegangan lebih tersebut lebih besar dari kemampuan isolasi trafo, maka tegangan lebih tersebut akan merusak lilitan trafo dan mengakibatkan hubung singkat antar lilitan.

2. Overload dan Beban Tidak Seimbang

Overload terjadi karena beban yang terpasang pada trafo melebihi kapasitas maksimum yang dapat dipikul trafo dimana arus beban melebihi arus beban penuh (*full load*) dari trafo.

Overload akan menyebabkan trafo menjadi panas dan kawat tidak sanggup lagi menahan beban, sehingga timbul panas yang menyebabkan naiknya suhu lilitan tersebut. Kenaikan ini menyebabkan rusaknya isolasi lilitan pada kumparan trafo.

3. Loss Contact Pada Terminal Bushing

Gangguan ini terjadi pada bushing trafo yang disebabkan terdapat kelonggaran pada hubungan kawat fasa (kabel schoen) dengan terminal bushing. Hal ini mengakibatkan tidak stabilnya aliran listrik yang diterima oleh trafo distribusi dan dapat juga menimbulkan panas yang dapat menyebabkan kerusakan belitan trafo.

4. Isolator Bocor/ Bushing Pecah

Gangguan akibat isolator bocor/bushing pecah dapat disebabkan oleh :

a) Flash Over

Flash Over dapat terjadi apabila muncul tegangan lebih pada jaringan distribusi seperti pada saat terjadi sambaran petir/surja hubung. Bila besar surja tegangan yang timbul menyamai atau melebihi ketahanan impuls isolator, maka kemungkinan akan terjadi *flash over* pada bushing. Pada system 20 KV, ketahanan impuls isolator adalah 160 kV. *Flash over* menyebabkan loncatan busur api antara konduktor dengan bodi trafo sehingga mengakibatkan hubungan singkat fasa ke tanah.

b) Bushing Kotor

Kotoran pada permukaan bushing dapat menyebabkan terbentuknya lapisan penghantar di permukaan bushing. Kotoran ini dapat mengakibatkan jalannya arus melalui permukaan bushing sehingga mencapai body trafo. Umumnya kotoran ini tidak menjadi penghantar sampai endapan kotoran tersebut basah karena hujan/embun.

5. Kegagalan Isolasi Minyak Trafo/ Packing Bocor

Kegagalan isolasi minyak trafo dapat terjadi akibat penurunan kualitas minyak trafo sehingga kekuatan dielektrisnya menurun. Hal ini disebabkan oleh :

1. Packing bocor, sehingga air masuk dan volume minyak trafo berkurang.
2. Karena umur minyak trafo sudah tua.

2.6.4 POLA PEMBEBANAN TRAFD DISTRIBUSI

Pola pembebanan trafo distribusi hendaknya mengikuti karakteristik trafo sesuai dengan spesifikasi trafo sesuai SPLN no. 50 : 1997, agar didapatkan susut yang minimal yaitu pembebanan trafo sebesar 40% - 70% dari kapasitas trafo.

Tabel. 2.3 Susut Trafo Distribusi

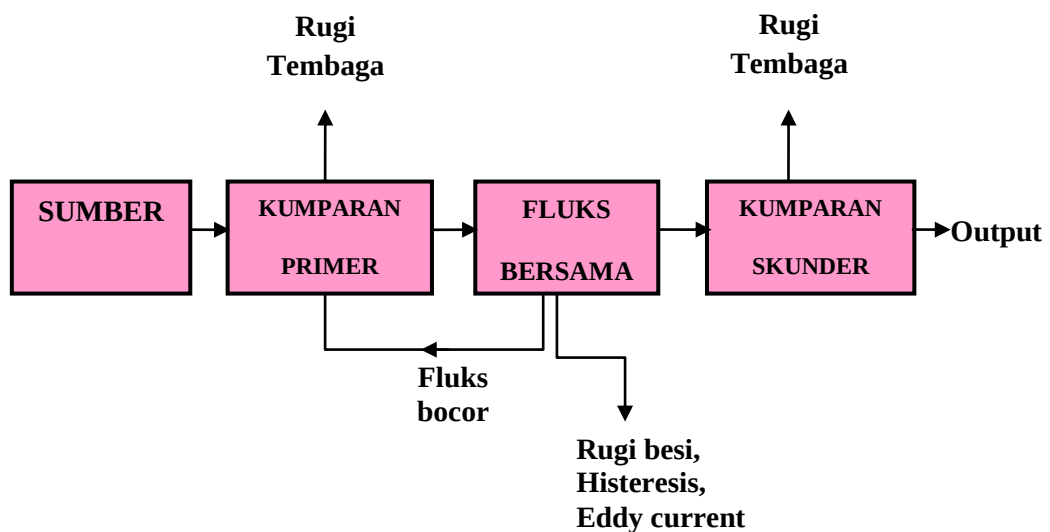
DAYA	SUSUT DALAM % PADA PEMBEBANAN TRAFD									
kVA	10 %	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
25	4,91	2,70	2,08	1,84	1,77	1,78	1,83	1,91	2,00	2,12
50	4,90	2,68	2,05	1,81	1,72	1,72	1,76	1,83	1,92	2,02
100	4,90	2,66	2,05	1,81	1,72	1,72	1,76	1,83	1,92	2,02
160	4,08	2,22	2,68	1,47	1,39	1,38	1,41	1,46	1,53	1,60
200	3,92	2,14	2,63	1,43	1,36	1,36	1,39	1,44	1,51	1,59
250	3,92	2,13	2,61	1,41	1,34	1,33	1,35	1,40	1,46	1,54
315	3,99	2,17	2,65	1,45	1,37	1,36	1,39	1,44	1,51	1,58
400	3,79	2,06	2,56	1,36	1,29	1,28	1,30	1,35	1,41	1,48
500	3,59	1,95	1,48	1,30	1,23	1,22	1,24	1,28	1,34	1,41
630	3,37	1,83	1,39	1,22	1,15	1,14	1,16	1,20	1,26	1,32
800	3,57	1,95	1,48	1,30	1,24	1,24	1,26	1,31	1,37	1,44
1000	3,76	2,95	1,56	1,38	1,31	1,31	1,34	1,39	1,46	1,53

2.6.5 RUGI-RUGI TRANSFORMATOR

Rugi-rugi merupakan daya yang diserap oleh transformator untuk menyalurkan daya. Rugi transformator terdiri dari :

- Rugi tanpa beban
- Rugi berbeban

Pada revisi 1997, rugi-rugi total ($W_{\text{losses}} / \text{KVA}$) dibatasi maksimum 2%.



Gambar. 2.20 Rugi-rugi pada transformator

Pada penerapannya, rugi-rugi ditentukan oleh $\cos \phi$ dan presentase pembebanan.

1. Rugi Tanpa Beban (Rugi Besi) :

Daya aktif yang diserap ketika tegangan pengenal pada frekuensi pengenal diberikan pada terminal salah satu belitan sedangkan belitan lainnya terbuka.

2. Rugi Berbeban (Rugi Belitan) :

Daya aktif yang diserap pada frekuensi pengenal ketika arus pengenal mengalir melalui terminal fase salah satu belitan, sedangkan terminal belitan lainnya dihubungkan-singkat. Nilai rugi berbeban ditetapkan pada suhu acuan 75°C.

3. Rugi Total :

Jumlah dari rugi tanpa beban dan rugi berbeban.

Tabel 2.4 Rugi-rugi Transformator fasa tunggal

TABEL-A Rugi-rugi transformator fasa tunggal		
Daya	Rugi tanpa beban	Rugi berbeban pada 75°C
kVA	W	W
1	2	3
10	40	185
16	50	265
25	70	370
50	120	585

Tabel 2.5 Rugi-rugi transformator fasa tiga

TABEL-B Rugi-rugi transformator fasa tiga		
Daya	Rugi tanpa beban	Rugi berbeban pada 75°C
kVA	W	W
1	2	3
25	75	425
50	125	800
100	210	1420
160	300	2000
200	355	2350
250	420	2750
315	500	3250
400	595	3850
500	700	4550
630	835	5400
800	1000	6850
1000	1100	8550
1250	1400	10600
1600	1680	13550
2000	1990	16900
2500	2350	21000

a) Inti besi :

Inti besi dibentuk dari laminasi baja silikon (*cold-rolled grain oriented*) atau baja amorphous (*amorphous steel*) dengan rugi-rugi yang rendah dan arus magnetisasi sekecil mungkin.

Konstruksi inti besi dapat dibentuk dengan dua cara :

- Susunan (*stacking*).
- Gulungan (*wound type*)

b) Kenaikan suhu :

Kelas suhu isolasi transformator adalah A.

Batas maksimum kenaikan suhu di atas suhu ambien pada kapasitas pengenalan :

- Suhu minyak atas : 50 K
- Suhu belitan rata-rata: 55 K

c) Tegangan primer :

Tegangan primer adalah tegangan nominal sistem jaringan tegangan menengah :

- a) Transformator fase tiga : 20 kV.
- b) Transformator fase tunggal
 - untuk sistem distribusi JTM 3 kawat : 20 kV
 - untuk sistem distribusi JTM 4 kawat : $20/\sqrt{3}$ kV

d) Tegangan sekunder :

Tegangan sekunder pada keadaan tanpa beban adalah tegangan nominal sistem jaringan tegangan rendah :

1. Transformator fase tiga : 400 V
2. Transformator fase tunggal : 231 V

e) Tegangan sadapan :

Penyadapan belitan menggunakan pengubah sadapan 5 (lima) langkah yang ditempatkan pada belitan primer. Sadapan No. 3 merupakan sadapan utama. Nilai-nilai tegangan sadapan tercantum pada tabel.

Tabel 2.6 Tegangan Pengenal Sadapan

No. Sadapan	JTM 3 kawat		JTM 4 kawat			
	Fasa tiga dan fasa tunggal		Fase tiga		Fase tunggal	
	Tipe 1	Tipe 2	Tipe 1	Tipe 2	Tipe 1	Tipe 2
1	21 kV	22 kV	21 kV	22 kV	21/?3 kV	22/?3 kV
2	20,5 kV	21 kV	20,5 kV	21 kV	20,5/?3 kV	21/?3 kV
3	20 kV	20 kV	20 kV	20 kV	20/?3 kV	20/?3 kV
4	19,5 kV	19 kV	19,5 kV	19 kV	19,5/?3 kV	19/?3 kV
5	19 kV	18 kV	19 kV	18 kV	19/?3 kV	18/?3 kV

f) Minyak isolasi :

Minyak sebagai media pendingin dan isolasi transformator adalah jenis mineral dan tidak beracun.

Minyak harus memenuhi persyaratan IEC 60296 dengan tegangan tembus $\geq 50 \text{ kV}/2,5 \text{ mm}$.

2.6.6 EFISIENSI TRAF0

Rugi – rugi besi pada trafo besarnya tetap tidak tergantung pada beban, sedang rugi – rugi tembaga besarnya sebanding dengan beban, efisiensi trafo dalam keadaan berbeban, besarnya berubah – ubah tergantung besarnya beban.

$$\eta (\%) = \left(100 - \frac{P_c + K^2 \cdot P_{cu}}{S \cdot \cos \gamma} \right) \times 100\% \quad (2.1)$$

$$k = \frac{\text{beban trafo}}{\text{beban penuh}} \quad (2.2)$$

Dimana :

S = Daya semu trafo

P_{cu} = Rugi - rugi tembaga pada keadaan beban penuh

P_c = Rugi - rugi besi

K = Konstanta

2.6.7 MACAM-MACAM TRANSFORMATOR DISTRIBUSI

Untuk mengurangi panas akibat pembebanan pada transformator, maka diperlukan pendinginan. Menurut jenis pendinginannya, transformator distribusi dibedakan menjadi 3 macam, yaitu :

1. Transformator konvensional.
2. Transformator lengkap dengan pengaman sendiri.
3. Transformator lengkap dengan pengaman pada sisi sekunder.

Transformator konvensional , peralatan sistem pengamannya terdapat diluar

transformator, sedangkan transformator dengan pengaman sendiri terdapat di dalam transformator itu sehingga dikenal juga dengan Transformator Berpengaman Sendiri (BPS).

Untuk maksud penyesuaian dengan tegangan beban, pada belitan sisi tegangan tinggi diberi sadapan (*tapping*), sehingga dapat dipilih sampai 5% diatas atau 10% dibawah tegangan nominalnya.

Trafo yang umum dipakai distribusi yaitu trafo 3 fasa dan trafo satu fasa. Trafo tiga fasa paling banyak pemakaiannya karena:

- a. Tidak memerlukan ruangan yang besar.
- b. Lebih murah.
- c. Pemeliharaan per satuan barang lebih mudah dan lebih murah.

Menurut jenisnya, trafo distribusi dibedakan menjadi :

1. Jenis Overhead

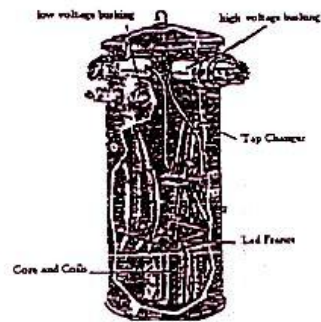
Jenis ini dibedakan menjadi :

a. Tipe Konvensional

Tipe ini tidak memiliki alat pengaman seperti arrester, pengaman beban lebih sebagai satu kesatuan unit trafo. Jadi alat-alat pengaman tersebut dipasang secara terpisah.

Untuk rating yang tidak terlalu besar, tipe ini adalah dalam bentuk pasangan tiang. Sedangkan untuk rating yang besar, ditempatkan pada gardu distribusi.

Pada gambar terlihat trafo distribusi tipe konvensional yang dilengkapi dengan terminal-terminalnya.

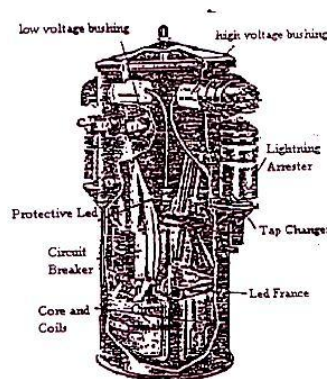


Gambar- . Trafo Konvensional

Gambar. 2.21 Konstruksi Transformator Distribusi Tipe Konvensional

b. Transformator Dengan Pengaman Sendiri (*Csp - Completely Self Protection*)

Trafo distribusi tipe ini memiliki pengaman sebagai kesatuan unit trafo. Pengaman yang lain adalah pengaman terhadap gangguan surya petir dan surya hubung, pengaman beban lebih dan pengaman hubung singkat.



Gambar. 2.22 Konstruksi Transformator Distribusi Tipe CSP

Selain itu trafo jenis ini juga dilengkapi dengan lampu merah peringatan yang akan menyala bila temperatur gulungan melebihi batas yang diijinkan untuk isolasinya. Apabila tidak diambil tindakan dan temperatur mencapai batas bahaya, maka circuit breaker akan membuka. Apabila diperlukan,

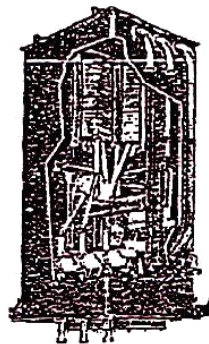
circuit breaker bisa diset pada posisi darurat untuk melakukan beban lebih sementara. Dalam gambar terlihat bentuk trafo tipe CSP satu fasa dan alat-alat proteksinya.

2. Jenis Underground

Jenis ini dibedakan menjadi :

a. Tipe Subway

Trafo distribusi tipe ini dipasang pada ruangan bawah tanah untuk sistem distribusi bawah tanah. Tipe ini bisa berbentuk trafo konvensional, maupun trafo berproteksi arus. Trafo berproteksi arus mempunyai perlengkapan pengaman yang sama seperti trafo CSP hanya saja tidak memiliki pengaman gangguan surya petir yang memang tidak diperlukan untuk sistem distribusi bawah tanah.



Gambar. 2.23 Konstruksi Transformator Distribusi Tipe Subway

b. Tipe Network

Trafo network dirancang untuk melayani sistem distribusi jaringan tegangan rendah (LV network). Trafo distribusi ini didiklasifikasikan menjadi 3, berdasarkan pendinginannya yang masing-masing :

1. **Berisi Minyak**

Merupakan jenis yang biasa digunakan, sebagai minyak pengisi pada umumnya dipakai askarel yang mempunyai sifat tidak bisa terbakar (non flammable). Meskipun demikian trafo jenis ini belum terhindar dari kemungkinan meledaknya tangki, karena kegagalan gulungan dengan dengan kekuatan tertentu akan menghasilkan tekanan besar, yang biasa menyebabkan tangki meledak. Oleh sebab itu sering ditambahkan peralatan mekanis pelepas tekanan.

2. **Tipe Kering Berventilasi**

Digunakan bila ada tempat kering pada lantai dasar sebuah bangunan, dimana udara cukup bersih. Adanya lubang-lubang hawa pada rumah trafo yang terbuat dari metal memungkinkan udara mengalir ke koil dan inti trafo. Tipe ini memberikan keamanan maksimum dengan biaya pemasangan dan perawatan minimum.

3. **Tipe Kering Tertutup**

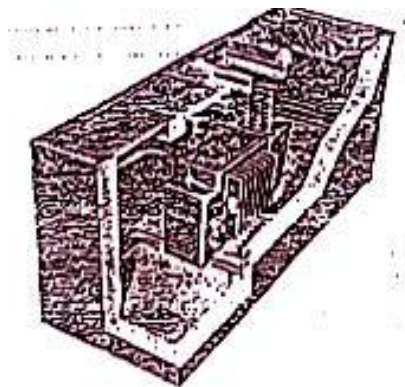
Pada tipe ini trafo ditempatkan pada tangki yang tertutup rapat, dengan sedikit tekanan positif dari gas nitrogen. Trafo tipe ini menghilangkan sama sekali kemungkinan terbakar ataupun meledak juga biaya pemeliharaan minyak karena isolasi utamanya adalah udara, tipe kering tertutup ini ukurannya lebih lebih besar dari trafo network yang berisi minyak.

Trafo tipe ini juga dilengkapi dengan network protector pada sisi sekundernya dimana network protector ini sudah merupakan satu unit dengan trafonya. Network protector ini adalah alat pengaman jaringan distribusi tipe LV network, dimana bisa timbul kemungkinan pembalikan arus dari sekunder ke primer atau pada trafo distribusi yang menyebabkan membukanya circuit breaker saluran saluran primer. Network protector (pengaman jaringan) ditempatkan pada bagian

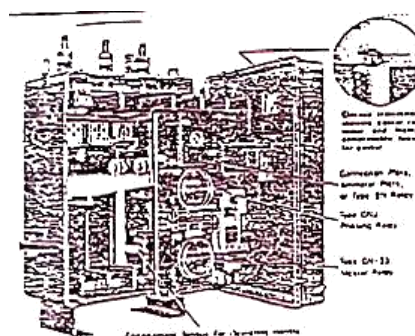
sekunder trafo distribusi merupakan jenis air circuit breaker dengan relay-relay dan peralatan pembantu dan mempunyai fungsi

- Mengerjakan pemutus bila terjadi gangguan pada kabel primer atau trafo distribusi.
- Mengerjakan pemutus bila terjadi pembalikan daya.
- Menutup kembali rangkaian jika tegangan pada bagian primer dan sudut fasanya sudah sesuai dengan tegangan jaringan, sehingga setelah penutupan, daya akan mengalir dari feeder ke jaringan.

Pada gambar terlihat trafo tipe network dan terletak di dalam ruangan bawah tanah. Dalam gambar berikutnya adalah bentuk dari network protector.



Gambar. 2.24 Konstruksi Transformator Distribusi Tipe Network



Gambar. 2.25 Konstruksi Transformator Distribusi Tipe Network Protektor

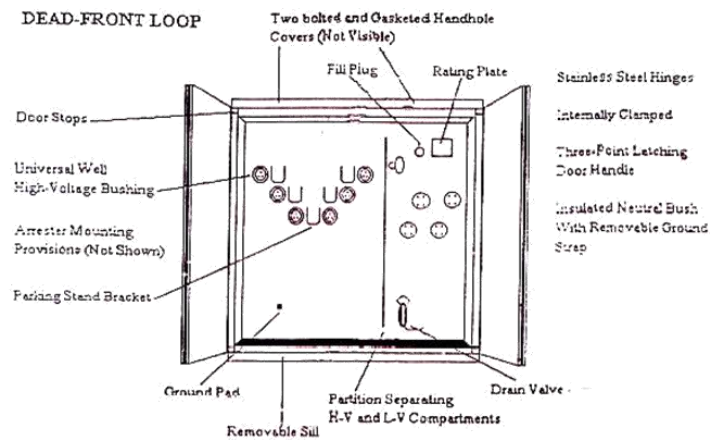
4. Tipe Padmounted

Trafo ini pada mulanya digunakan untuk di distribusi daerah rumah tinggal dengan sistem jaringan bawah tanah. Dengan diadakannya pengembangan trafo ini dapat dipakai untuk beban-beban yang besar sampai 2500 KVA per unitnya. Trafo ini merupakan satu kesatuan dengan rumah trafo yang terbuat dari metal dan dilengkapi dengan pengaman-pengaman untuk tegangan rendah yang terdiri dari sekring, pemutusan switch.

Trafo-trafo padmounted ini dapat diletakkan langsung diatas tanah untuk daerah perumahan atau gedung. Dengan perlengkapan penyambung tertutup dari bahan sintesis trafo padmounted bias berkemampuan:

- Tahan banjir.
- Dapat dipegang (Dead Front), aman terhadap tegangan.
- Dapat dengan cepat dipasang dan dilepas tanpa memutuskan circuit primer, dengan menggunakan hot stick, sehingga aliran daya ke unit lain tetap terjaga. karena merupakan trafo yang self contained, sehingga tak dibutuhkan lagi gardu-gardu distribusi. Juga ukurannya jauh lebih kecil daripada trafo distribusi yang menggunakan gardu-gardu. Dalam gambar berikut diperlihatkan unit gadu transformator padmounted dan daftar perlengkapannya. Daya sampai 500KVA.

Dalam gambar, selanjutnya diperlihatkan imensi gardu transformator 3 fasa, sampai dengan 500 KVA, 20KV, lengkap dengan load break elbow connector.



Gambar. 2.26 Konstruksi Transformator Distribusi Tipe Padmounted

2.6.8 PENANDAAN TERMINAL TRANSFORMATOR DISTRIBUSI

1. Transformator Fase Tunggal

Penandaan terminal transformator fase tunggal :

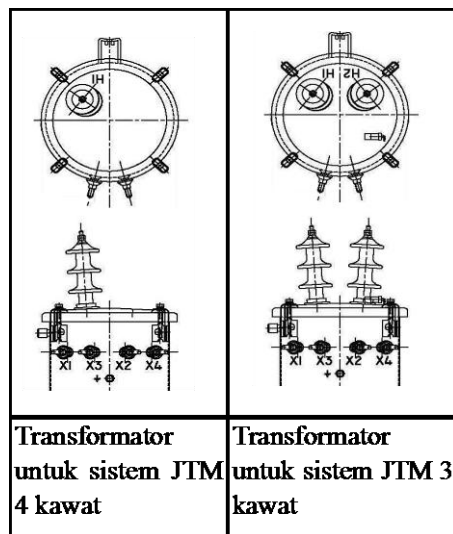
Terminal tegangan tinggi

- JTM 3 kawat : H1 - H2

- JTM 4 kawat : H1 - $\oplus$

Terminal tegangan rendah : x1 - x3 - x2 - x4

Terminal pembumian : $\oplus$ diantara x3 dan x2



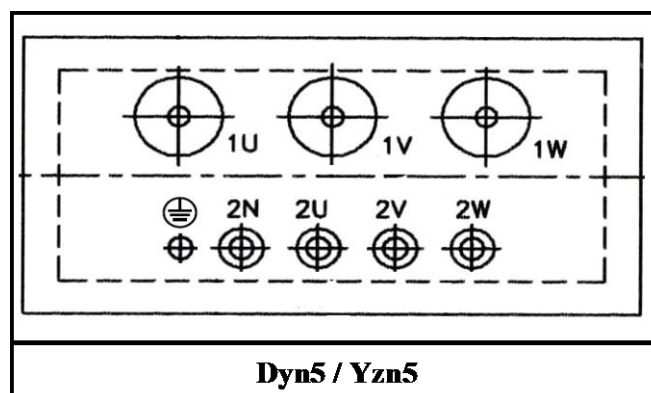
Gambar 2.27 Penandaan terminal transformator fase tunggal

2. Transformator Fase Tiga

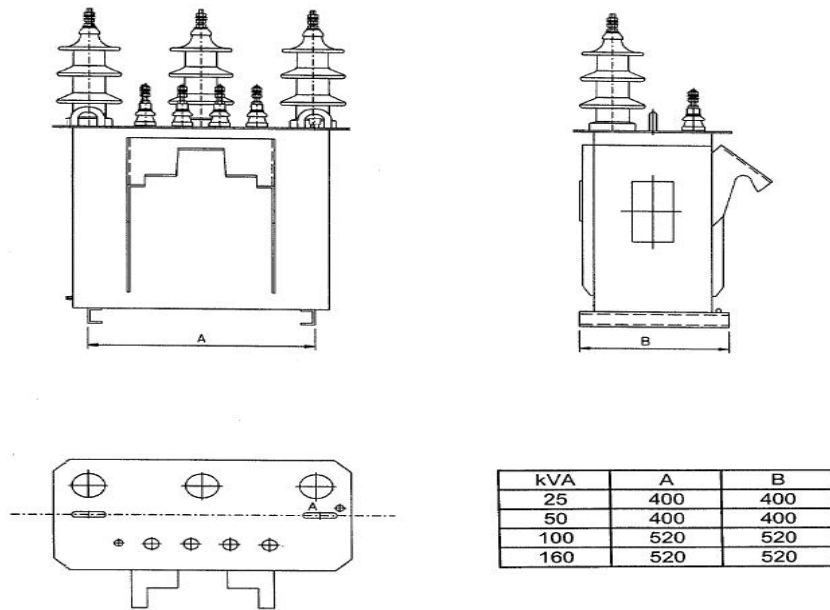
Urutan penandaan terminal transformator fase tiga, dari kiri ke kanan dilihat dari sisi tegangan rendah berturut-turut adalah :

Terminal primer : (1N) - 1U - 1V - 1W

Terminal sekunder : (2N) - 2U - 2V - 2W



Gambar 2.28 Pendandaan Transformator Tiga Fase

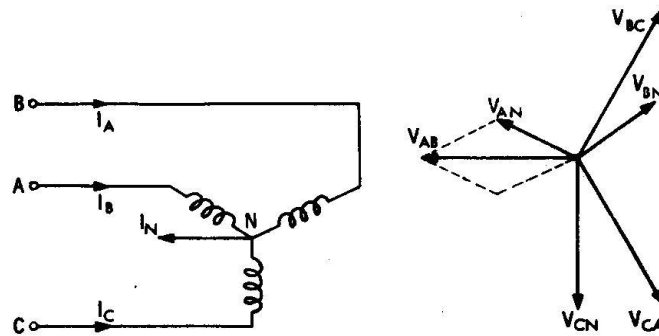


Gambar 2.29 konstruksi Transformator 3 fasa

2.6.9 JENIS HUBUNGAN PADA BELITAN TRANSFORMATOR 3 FASA

1. Hubungan Bintang (Y)

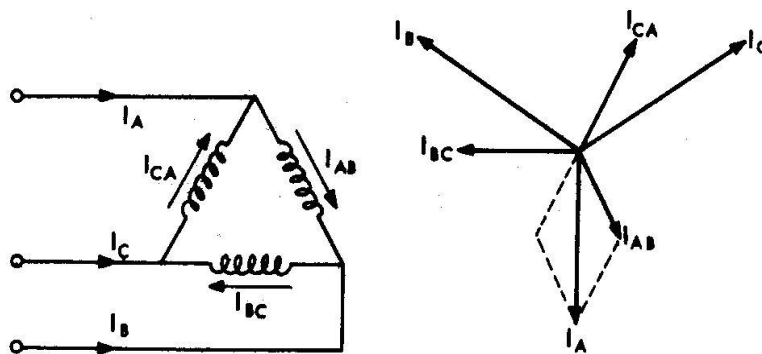
Hubungan belitan yang disusun sedemikian rupa sehingga salah satu ujung dari setiap belitan transformator tiga fasa atau salah satu ujung setiap belitan transformator fasa tunggal yang bertegangan pengenal sama dalam gugus tiga fasa, dihubungkan ke titik bersama (titik netral) dan ujung lainnya adalah terminal fasa.



Gambar 2.30 Hubungan Belitan Bintang

2. Hubungan Belitan Delta (Δ)

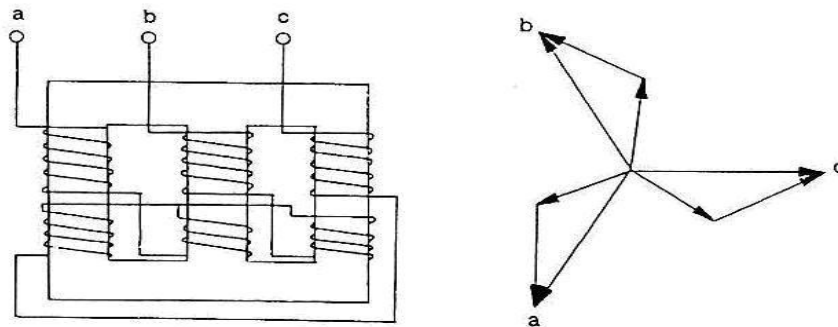
Hubungan belitan yang disusun sedemikian rupa sehingga belitan-belitan fase transformator fase-tiga, atau belitan dari tiga unit transformator fase-tunggal yang bertegangan pengenal sama dalam gugus fase-tiga, dihubung seri hingga membentuk sirkit tertutup.



Gambar 2.31 Hubungan Belitan Delta (Δ)

3. Hubungan zigzag (Z)

Hubungan belitan yang disusun sedemikian rupa sehingga salah satu ujung dari setiap belitan fase transformator fase tiga, dihubungkan ke titik bersama (titik netral) dan tiap belitan fase terdiri dari dua bagian yang tegangan induksinya berbeda fase. Kedua bagian ini mempunyai jumlah lilitan yang sama.



Gambar 2.32 Hubungan Belitan Zig Zag

Tabel 2.7 Kelompok Hubungan Trafo

Angka jam	Kelompok hubungan	TT Tegangan Tinggi	tr Tegangan rendah	Hubungan lilitan TT	Hubungan lilitan tr	Perbandingan lilitan a
0	Dd0					$\frac{N_1}{N_2}$
	Yy0					$\frac{N_1}{N_2}$
	Dz0					$\frac{2N_1}{3N_2}$
5	Dy5					$\frac{N_1}{\sqrt{3}N_2}$
	Yd5					$\frac{\sqrt{3}N_1}{N_2}$
	Yz5					$\frac{2N_1}{\sqrt{3}N_2}$
6	Dd6					$\frac{N_1}{N_2}$
	Yy6					$\frac{N_1}{N_2}$
	Dz6					$\frac{2N_1}{3N_2}$
11	Dy11					$\frac{N_1}{\sqrt{3}N_2}$
	Yd11					$\frac{\sqrt{3}N_1}{N_2}$
	Yz11					$\frac{2N_1}{\sqrt{3}N_2}$

2.6.10 DAYA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI

1. Daya Pengenal

Nilai-nilai daya pengenal yang lebih disukai dalam SPLN 8° : 1978 IEC 76 –1 (1976) seperti dibawah ini sedang yang bertanda * adalah nilai-nilai standar PLN.

Tabel 2.8 Daya Pengenal Transformator Distribusi

kVA	KVA	KVA
5	25*	200*
6,3	31,5	250*
8	40	315*
10	50*	400*
12,5	63	500*
16*	80	500*
20	100*	630*
	125	630*
	160*	800*
		1000*
		1250*
		1600* dst

Catatan :

Nilai-nilai dalam tabel diatas berlaku bagi transformator fasa tiga dan fasa tunggal. Bagi transformator fasa tunggal yang akan dipasang pada bangku fasa tiga, nilainya seperti dari nilai-nilai tercantum dalam tabel diatas.

2. Pembebanan Transformator :

Pembebanan transformator dilaksanakan sesuai dengan SPLN 17° : 1979 (Publikasi IEC 354.1972) lampiran dan SPL 17 : 1979 masing-masing tentang Pedoman Pembebanan Transformator Terendam minyak dan Pedoman Penerapannya. Nilai-nilai beban yang tercantum dalam tabel 1 s/d x dari lampiran A menunjukkan dimungkinkannya pembebanan lebih pada suhu sekitar dan

jangka waktu tertentu. Dengan nilai-nilai tersebut transformator dijamin tidak mengalami susut umur (umur transformator tetap sesuai dengan desain) karena pengaruhnya dengan isolasi sama dengan transformator yang bekerja pada daya pengenal dan suhu sekitar 20 C, sehingga suhu tidak panas pada lilitan mencapai 98 C. Dengan demikian untuk menguji pemanfaatan Publikasi IEC 354 (1872 tersebut, maka umur transformator perlu ditetapkan yaitu selama 20 tahun atau 7300 hari, sehingga transformator akan mempunyai susut normal (normal loss of life) 0,0137 % perhari.

Catatan :

Dalam SPLN 17 A ; 1979, lampiran A, sub ayat 2.2. diberikan pengertian dan contoh perhitungan mengenai susut umur (use of life) sbb :

Dengan dibebaninya transformator pada daya pengenal dan suhu sekitar 20 C, maka transformator akan mengalami pemburukan isolasi dan karenanya mengalami susut umur yang normal, sehingga umur transformator sesuai dengan desain, misalnya 30 tahun.

Dibawah ini adalah tabel susut umur sebagai fungsi dari suhu titik panas σ_c :

Tabel 2.9 Susut umur sebagai fungsi dari suhu titik panas lilitan σ_c

σ_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

2.7 PERHITUNGAN MENENTUKAN RATING TRANSFORMATOR DISTRIBUSI

Pemilihan kapasitas KVA trafo distribusi didasarkan pada beban yang akan dilayani. Diusahakan persentase pembebanan Trafo Distribusi mendekati 80%. Trafo Distribusi umumnya mencapai efisiensi maksimum (rugi-rugi trafo minimum). Bila beban trafo terlalu besar, maka dilakukan penggantian trafo atau penyisipan trafo atau mutasi trafo (trafo yang melayani beban kecil dimutasikan ke beban besar, dan begitu sebaliknya). Mutasi antar trafo dapat dilakukan setelah hasil pengukuran beban diperoleh. Rumus berikut dapat digunakan untuk rating transformator distribusi yang dipilih.

$$\text{Rating Trafo Distribusi} = \frac{\text{Daya Beban (KVA)}}{0.8} \quad (2.3)$$

Dipilih rating Trafo Distribusi yang sebenarnya (tersedia) yang mendekati hasil perhitungan dari rumus diatas.

2.8 PERHITUNGAN ARUS NOMINAL DAN PERSENTASE PEMBEBANAN TRAFD DISTRIBUSI

Diketahui bahwa daya transformator bila ditinjau dari sisi tegangan menengah (primer) dan tegangan rendah (sekunder), maka dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \quad (2.4)$$

Dimana :

S = Daya Transformator (kVA)

V = Tegangan sisi primer/ sekunder transformator (V)

I = Arus sisi primer/ sekunder transformator (A)

Dengan demikian untuk menghitung arus nominal/ arus beban penuh (*full load*) dapat menggunakan rumus :

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} \quad (2.5)$$

Dimana :

I_n = arus nominal (A)

S = daya transformator (kVA)

V = tegangan sisi primer/ sekunder transformator (V)

Untuk menghitung persentase pembebanan per fasa menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\%b = \frac{I_{ph}}{I_n} 100\% \quad (2.6)$$

Dimana :

$\%b$ = presentase pembebanan (%)

I_{ph} = arus phasa (A)

I_n = arus nominal sisi sekunder (A)

Sedangkan untuk menghitung persentase Daya beban (kVA) transformator, dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\% \text{Daya beban} = \frac{\text{Daya}_{\text{terukur}}}{\text{Daya}_{\text{terpasang}}} \times 100\% \quad (2.7)$$

Dimana:

%Daya beban = Persentase Daya Beban (%)

Daya_{terukur} = Daya yang terukur (kVA)

Daya_{terpasang} = Daya yang terpasang (kVA)

BAB III

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 PERMASALAHAN

Masalah yang terjadi pada Gardu Distribusi Hengkase HT4AB0 yaitu transformator mengalami beban lebih/ *overload*.

Setelah dilakukan pengukuran beban di gardu HT4AB0, didapati bahwa beban yang ada sudah melebihi 80% pembebanan trafo atau sudah overload.

Permasalahan ini dapat dicegah atau diatasi dengan 2 cara, yaitu dengan mutasi/ penggantian trafo untuk *up-rating* trafo atau dengan melakukan sisip gardu. Mengingat, besarnya biaya investasi jika dilakukan sisip gardu, karena harus membangun konstruksi gardu yang baru, maka tindakan yang dilakukan untuk masalah *overload* (beban lebih) pada transformator distribusi Gardu Hengkase HT4AB0 adalah dengan melakukan Mutasi Transformator.

3.2 PELAKSANAAN MUTASI TRANSFORMATOR GARDU HT4AB0

3.2.1 (SOP) Mutasi Transformator Distribusi Serta Material & Peralatan

1. Persiapan

- Menyiapkan surat Perintah Kerja dari atasan yang berwenang
- Menyiapkan peralatan kerja :
 - *Toolkit* 1 set
 - *Shackel Stock* 20 kV
 - *Fuse Puller*
 - *Tali Tambang*
 - *Katrol*

- *Takel*
- *Tirfor*
- *Tangga*
- Menyiapkan Peralatan ukur :
 - Multimeter
 - Tang Amper
- Menyiapkan peralatan K3 :
 - Helm Pengaman
 - Sepatu
 - Sarung tangan isolasi
 - Pakaian kerja
 - Tali Pengaman / Safety Belt
 - P3K
- Menyiapkan Trafo Yang akan di ganti

2. **Pelaksanaan**

- a. Memeriksa keadaan di sekitar trafo dan yakinkan trafo aman untuk di mutasi.
- b. Melaporkan kepada pihak yang berwenang bahwa pemadaman siap dilaksanakan , tunggu sampai jawaban izin pengoperasian keluar.
- c. Kurangi beban trafo, dengan cara melepas satu-persatu NH-fuse, bila beban tidak terlalu besar.
- d. Melepas saklar utama pada kotak PHB supaya lebih aman saat pengerjaan.
- e. Melepas FCO dengan menggunakan *shackel stock* 20 kV.
- f. Naik ke atas tiang menggunakan tali pengaman guna melepas semua kabel/ kawat dan juga baut-baut yang terpasang pada trafo sehingga hanya trafo saja yang akan di pindahkan ke kendaraan angkut guna untuk di simpan di tempat penyimpanan.
- g. Pada pemasangan, trafo dinaikkan ke tiang. Setelah itu baru memasang baut-baut supaya trafo tidak terguncang dan kokoh.

- h. Selanjutnya memasang kawat phase di sisi primer, dan juga kabel phase di sisi sekunder trafo serta pastikan bahwa semua terpasang dengan benar supaya tidak merusak peralatan listrik yang ada.
- i. Bila sudah terpasang dengan benar semua, maka para petugas tersebut turun dari tiang dan memasukkan FCO supaya aliran listrik dari kawat phase terhubung ke trafo.
- j. Mengukur tegangan tiap phase dengan menggunakan multimeter.
- k. Hubungkan kembali aliran listrik dengan cara menghubungkan saklar utama pada kotak PHB.
- l. Pasang NH Fuse pada kotak PHB untuk melindungi trafo.
- m. Mengukur beban dengan menggunakan tang amper.

3.3 DATA DAN HASIL PENGUKURAN

Dalam penyelesaian laporan akhir ini dilakukan pengambilan data teknis transformator dan data pengukuran beban untuk Gardu Distribusi HT4AB0 di PLN Area Tahuna.

Tabel. 3.1 Spesifikasi Transformator 25 kVA pada Gardu HT4AB0

Merk	SINTRA
Type	Outdoor
Phasa	3
Nomor Pabrik	6733412
Daya	25 KVA
Tegangan Primer	20.000 Volt
Tegangan Sekunder	400 Volt
Arus Primer	0,72 A
Arus Sekunder	36,08 A
Hubungan	Yzn5
Impedansi	4,0 %
Jenis Minyak	ONAN
Tingkat Isolasi	50°C
Jumlah Berat	490 Kg
Berat Minyak	115 Ltr
Milik	PLN

Tabel. 3.2 Spesifikasi Transformator 50 kVA pada Gardu HT4AB0

Merk	TRAFINDO
Type	Outdoor
Phasa	3
Nomor Pabrik	6132191
Daya	50 KVA
Tegangan Primer	20.000 Volt
Tegangan Sekunder	400 Volt
Arus Primer	1,44 A
Arus Sekunder	76 A
Vector Group	Yzn5
Impedansi	4.00%
Jenis Minyak	ONAN
Tingkat Isolasi	50°C
Jumlah Berat	568 Kg
Berat Minyak	148 Ltr
Milik	PLN

Tabel. 3.3 Data Pembebanan Sebelum Mutasi Transformator Distribusi HT4AB0

NO GARDU	NAMA LOKASI	JENIS GARDU	DAYA KVA
HT4AB0	HENGKASE	CANTOL	25
PHASA	I (A)	Vp - n (V)	S (KVA)
R	35,6	230	24,32
S	35,25	230	
T	34,89	230	
N	24		

Catatan : Pengukuran dilakukan Waktu Beban Puncak (17.00 – 22.00)

Tabel. 3.4 Data Pembebanan Sesudah Mutasi Transformator Distribusi HT4AB0

NO GARDU	NAMA LOKASI	JENIS GARDU	DAYA KVA
HT4AB0	HENGKASE	CANTOL	50
PHASA	I (A)	V _{p - n} (V)	S (KVA)
R	36	230	24,17
S	35,3	230	
T	33,78	229	
N	25		

Catatan : Pengukuran dilakukan pada Waktu Beban Puncak (17.00 – 22.00)

3.4 ANALISIS DATA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI SEBELUM DAN SESUDAH MUTASI

3.4.1 MENENTUKAN RATING TRANSFORMATOR DISTRIBUSI

Untuk menentukan kapasitas daya transformator distribusi yang akan dipasang, dapat menggunakan persamaan (2.3) dan berdasarkan tabel 3.3, yaitu sebagai berikut :

Diketahui : S (Daya Semu) yang terukur = 24,32 kVA

$$\begin{aligned} \text{Rating Trafo Distribusi} &= \frac{\text{Daya Beban (KVA)}}{0.8} \\ &= \frac{24,32 \text{ kVA}}{0.8} \end{aligned}$$

$$= 30,4 \text{ kVA}$$

Trafo yang dipilih sesuai tabel 2.8 yaitu dengan kapasitas 50 kVA.

3.4.2 MENENTUKAN FUSE CUT OUT DAN NH FUSE PADA TRANSFORMATOR 50 KVA

1. Untuk menentukan besarnya Fuse Cut Out maka terlebih dahulu kita menghitung besarnya arus nominal di sisi primer trafo dengan menggunakan persamaan (2.5) dan berdasarkan tabel 3.2, yaitu sebagai berikut :

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I$$

$$50 \text{ kVA} = \sqrt{3} \cdot 20 \text{ kV} \cdot I$$

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot kV}$$

$$I_n = \frac{50 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 20 \text{ kV}}$$

$$I_n = 1,44 \text{ A}$$

Fuse Cut Out yang dipilih adalah Fuse Link dengan rating 2 A.

2. Untuk menentukan besarnya NH Fuse, maka harus dihitung besarnya arus nominal di sisi sekunder transformator dengan menggunakan persamaan (2.5) dan berdasarkan data pada tabel 3.2, yaitu sebagai berikut :

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V}$$

$$I_n = \frac{50 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V}}$$

$$I_n = 72,25 \text{ A}$$

$$\begin{aligned}\text{Arus tiap jurusan} &= \frac{72,25 \text{ A}}{2} \\ &= 36,12 \text{ A}\end{aligned}$$

Maka NH Fuse yang dipilih adalah 50 A pada masing-masing jurusan.

3.4.3 MENENTUKAN PERSENTASE PEMBEBANAN

1. Persentase Pembebanan Transformator Sebelum di Mutasi

Untuk menghitung persentase pembebanan transformator per fasa, terlebih dahulu kita menghitung arus nominal di sisi sekunder transformator, menggunakan persamaan (2.5) dan persamaan (2.6) serta berdasarkan pada tabel 3.1 adalah :

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V}$$

$$I_n = \frac{25 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V}}$$

$$I_n = 36,13 \text{ A}$$

Maka persentase pembebanan transformator per fasa adalah :

$$\%b = \frac{I_{ph}}{I_n} 100\%$$

$$I_R = 35,6 \text{ A}$$

$$I_S = 35,25 \text{ A}$$

$$I_T = 34,89 \text{ A}$$

$$\%b_R = \frac{35,6}{36,13} 100\% = 98,53 \%$$

$$\%bS = \frac{35,25}{36,13} 100\% = 97,56 \%$$

$$\%bT = \frac{33,89}{36,13} 100\% = 93,8 \%$$

Kemudian kita menghitung persentase Daya Transformator (kVA), menggunakan persamaan (2.7) dan berdasarkan tabel 3.3 sebagai berikut :

Diketahui: $S_{\text{terukur}} = 24,32 \text{ kVA}$

dan Persentase beban transformator 25 kVA adalah :

$$S\% = \frac{S_{\text{terukur}}}{S_{\text{terpasang}}} \times 100 \%$$

$$S\% = \frac{24,32}{25} \times 100 \%$$

$$S\% = 97,28 \% \longrightarrow \text{Trafo Overload}$$

2. Persentase Pembebanan Transformator Sesudah di Mutasi

Untuk menentukan persentase pembebanan pada transformator 50 kVA, terlebih dahulu kita menghitung persentase pembebanan per fasa, menggunakan persamaan (2.5) dan berdasarkan pada tabel 3.4 adalah :

Diketahui : Arus Nominal Sekunder Transformator = 72,25 A

$$\%b = \frac{I_{ph}}{I_n} 100\%$$

$$I_R = 36 \text{ A}$$

$$I_S = 35,3 \text{ A}$$

$$I_T = 33,78 \text{ A}$$

$$\%bR = \frac{36}{72,25} 100\% = 49,83\%$$

$$\%bS = \frac{35,3}{72,25} 100\% = 48,86\%$$

$$\%bT = \frac{33,78}{72,25} 100\% = 46,75\%$$

Kemudian kita menghitung persentase Daya Transformator (kVA), menggunakan persamaan (2.7) dan berdasarkan tabel 3.4 sebagai berikut :

Diketahui : $S_{\text{terukur}} = 24,18 \text{ kVA}$

dan Persentase beban trafo 50 kVA adalah :

$$\%S = \frac{S_{\text{terukur}}}{S_{\text{terpasang}}} \times 100 \%$$

$$\%S = \frac{24,18}{50} \times 100 \%$$

$$\%S = 48,36\%$$

Data Beban Sebelum Mutasi Transformator

Tabel. 3.5 Pembebanan Transformator Distribusi 25 kVA

NO GARDU	NAMA LOKASI	JENIS GARDU	DAYA KVA	PHASA	Arus (A)								Daya	
					R	%	S	%	T	%	N	%	KVA	%
HT4AB0	HENGKASE	CANTOL	25	3	35,6	98,53	35,25	97,56	34,89	93,8	24	66,43	24,32	97,28

Data Beban Sesudah Mutasi Transformator

Tabel. 3.5 Pembebanan Trafo Distribusi 50 kVA

NO GARDU	NAMA LOKASI	JENIS GARDU	DAYA KVA	PHASA	Arus (A)								Daya	
					R	%	S	%	T	%	N	%	KVA	%
HT4AB0	HENGKASE	CANTOL	50	3	36	49,83	35,3	48,86	33,78	46,75	25	34,6	24,18	48,36

BAB IV

PENUTUP

4.1 KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan dan analisa yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- ✓ Persentase pembebanan pada gardu distribusi HT4AB0
 - a. Sebelum Dilakukan Mutasi Trafo:

Persentase pembebanan pada waktu beban puncak (WBP) adalah sebesar 97,28% (24,32 kVA) melebihi 80% kapasitas trafo/ sudah overload dan persentase pembebanan per fasa yaitu fasa R (98,53), fasa S (97,56%), dan fasa T sebesar (93,89%).
 - b. Sesudah Dilakukan Mutasi Trafo:

Persentase pembebanan pada waktu beban puncak (WBP) adalah sebesar 48,36% (24,18 kVA) dan persentase pembebanan per fasa yaitu fasa R (49,83%), fasa S (48,86%) dan fasa T sebesar (46,75%).
- ✓ Trafo yang sebelumnya sudah overload dapat di selamatkan sebelum mengalami kerusakan, sehingga tidak terjadi kerugian bagi PLN dan Pelanggan.

4.2 SARAN

- ✓ Perlu adanya koordinasi (memberikan informasi) antara Petugas PLN maupun Instalatur dengan bagian Transaksi Energi Listrik (TEL) agar Penyambungan Baru dan Tambah Daya di daerah yang beban trafonya sudah mencapai 80% distop atau ditunda.
- ✓ Petugas PLN perlu melakukan inspeksi secara berkala untuk mengetahui transformator-transformator yang berbeban sudah melebihi 80% dari

kapasitas transformator atau yang sudah Overload, agar dapat meminimalisir kerusakan akibat beban lebih pada transformator.

- ✓ Pada Panel Hubung Bagi perlu adanya alat pengukuran seperti Ampere meter, Voltmeter dan Cos ϕ meter agar dapat mengetahui Arus Beban, Tegangan, serta Cos ϕ agar masalah beban lebih dapat kita ketahui sedini mungkin.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ir. Badarrudin, MT, (2012), *Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses Pada Trafo Distribusi Proyek Rusunami Gading Icon*, Jakarta, Universitas Mercu Buana.
2. Kelompok Kerja Standar Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik dan Pusat Penelitian Sains dan Teknologi Universitas Indonesia, (2010), *Kriteria Disain Enjinering Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*, PT. PLN (Persero), Jakarta Selatan.
3. Odianto Tjahja, (2014), *Analisis Pengaruh Pembebanan Terhadap Usia Transformator Distribusi Di PT. PLN Distribusi APJ Gresik*, Jurnal IPTEK: Vol 18 No.1 Mei 2014, Hal 46 - 48.
4. Kelompok Kerja Standar Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik dan Pusat Penelitian Sains dan Teknologi Universitas Indonesia, (2010), *Kriteria Disain Enjinering Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*, PT. PLN (Persero), Jakarta Selatan.
5. Odianto Tjahja, (2014), *Analisis Pengaruh Pembebanan Terhadap Usia Transformator Distribusi Di PT. PLN Distribusi APJ Gresik*, Jurnal IPTEK: Vol 18 No.1 Mei 2014, Hal 46 - 48.
6. Pusat Pendidikan dan Pelatihan, (2002), *Teknik Pemeliharaan Trafo*, PLN UDIKLAT, Pandaan.
7. Pusat Pendidikan dan Pelatihan, (2013), *Trafo Distribusi dan Proteksi Gardu*, PLN UDIKLAT, Pandaan.

LAMPIRAN

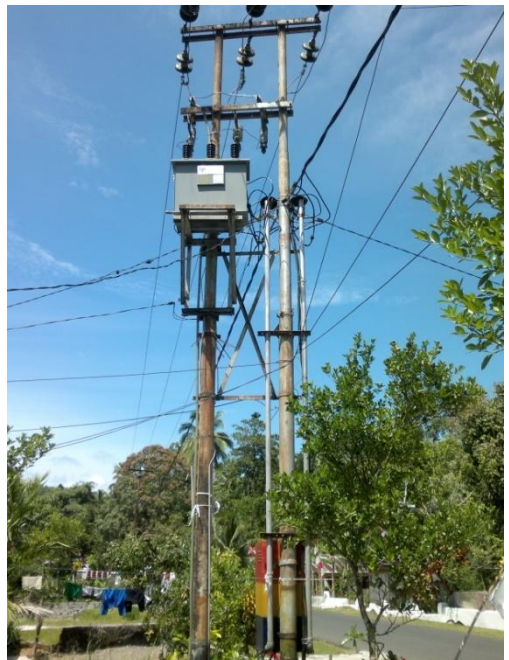
FOTO MUTASI TRAFU



**PETUGAS SEDANG MELEPAS SEMUA KABEL DAN PENGAMAN DAN
JUGA BAUT BAUT YANG TERPASANG DENGAN TRAFU**



SAAT MENAIKAN TRAFU KE ATAS TIANG



SELESAI PEKERJAAN