

TUGAS AKHIR

ANALISIS EFISIENSI 5 UNIT TRANSFORMATOR DI PT. CHAROEN POKPHAND INDONESIA TBK

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Elektro Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Oleh:

MUHAMMAD FAHRI
1507220106



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

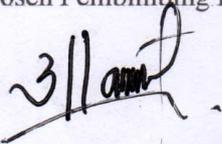
Nama : Muhammad Fahri
NPM : 1507220106
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Analisis Efisiensi 5 Unit Transformator di PT. Charoen Pokphand Indonesia Tbk

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Juni 2021

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I



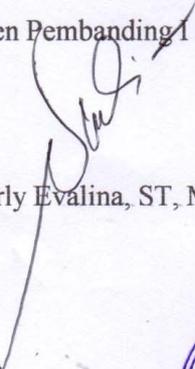
Dr. M. Fitra Jambak, ST, M.Sc

Dosen Pembimbing II



Elvy Salmur Nasution, ST, M.Pd

Dosen Pembanding I / Penguji



Noorly Evalina, ST, MT

Dosen Pembanding II / Peguji



Rohana, S.T, M.T



Program Studi Teknik Elektro
Ketua,

Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T

SURAT PERNYATAAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Muhammad Fahri
Tempat /Tanggal Lahir : B. Khalipah, 17-03-1998
NPM : 1507220106
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Analisis Efisiensi 5 Unit Transformator di PT. Charoen Pokphand Indonesia Tbk“

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Apabila ternyata di dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang – undangan yang berlaku (UU No, 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil/Mesin/Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Juni 2021

Saya yang menyatakan,



Muhammad Fahri

ABSTRAK

Muhammad Fahri: *Analisis Efisiensi 5 Unit Transformator di PT. Charoen Pokphand Indonesia TBK*. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. 2021

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nominal pembebanan terhadap efisiensi transformator dan mengetahui hubungan dengan impedansi dan kVA trafo yang sama. Analisis efisiensi dan hubungan paralel transformator distribusi dilakukan dengan menggunakan metode wawancara dan riset atau pengambilan data. Subjek dari penelitian ini adalah 5 unit transformator di PT. Charoen Pokphand Indonesia.

Pada penelitian ini dilakukan evaluasi operasi paralel lima transformator yang memiliki kapasitas 1600 kVA. Dan memiliki nilai X/R (rasio) 6,4 %, di mana transformator memiliki nilai impedansi yang sama 6%, dari hasil penelitian bahwa beban yang disuplai dari hasil memparalelkan ke 5 transformator 6236 kVA.

Berdasarkan hasil perhitungan efisiensi trafo di atas maka dapat kita simpulkan bahwa efisiensi trafo terendah terdapat pada trafo 3 yaitu sebesar 94.87%, dan efisiensi trafo tertinggi terdapat pada trafo 1 dengan efisiensi sebesar 95.71%. Sedangkan hasil perhitungan 5 unit transformator yang dihubungkan secara paralel dengan parameter impedansi, ratio, dan kVA yang sama maka masing-masing trafo akan mendapat beban yang sama.

Kata kunci : Transformator, Efisiensi, Impedansi Transformator, Paralel.

ABSTRACT

Muhammad Fahri: Efficiency Analysis of 5 Transformer Units at PT. Charoen Pokphand Indonesia TBK. Thesis. Faculty of Engineering, University of Muhammadiyah North Sumatra. 2021

The purpose of this study was to determine the nominal loading on the efficiency of the transformer and to determine the relationship with the same impedance and kVA transformer. The analysis of efficiency and parallel distribution of distribution transformers was carried out using interviews and research or data collection methods. The subjects of this study were 5 transformer units at PT. Charoen Pokphand Indonesia.

This study evaluates the parallel operation of five transformers with a capacity of 1600 kVA. And has an X/R value (ratio) of 6.4%, where the transformer has the same impedance value of 6%, from the results of the study that the load that can be supplied from the results of paralleling the 5 transformers is 6236 kVA.

Based on the results of the transformer efficiency calculations above, we can conclude that the lowest transformer efficiency is in transformer 3, which is 94.87%, and the highest transformer efficiency is in transformer 1 with an efficiency of 95.71%. While the calculation results of 5 transformer units connected in parallel with the same impedance, ratio, and kVA parameters, each transformer will receive the same load.

Keywords: Transformer, Efficiency, Impedance Transformator, Parallel.

KATA PENGANTAR



Puji syukur kehadiran ALLAH SWT atas rahmat dan karuniaNya yang telah menjadikan kita sebagai manusia yang beriman dan insyaallah berguna bagi alam semesta. Shalawat berangkaikan salam kita ucapkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad.SAW karena beliau adalah suri tauladan bagi kita semua yang telah membawakan kita pesan ilahi untuk dijadikan pedoman hidup agar dapat selamat hidup di dunia hingga nanti kembali ke akhirat.

Tulisan ini dibuat sebagai tugas akhir untuk memenuhi syarat dalam meraih gelar kesarjanaan pada Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun judul tugas akhir ini adalah **“ANALISIS EFISIENSI 5 UNIT TRANSFOMATOR DI PT. CHAROEN POKPHAND INDONESIA TBK”**

Selesainya penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT, karena atas berkah dan izin-Mu saya dapat menyelesaikan tugas akhir dan studi di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Ayahanda (Syahrudin) dan ibunda (Fauzia Hanum) tercinta, yang dengan cinta kasih & sayang setulus jiwa mengasuh, mendidik, dan membimbing

dengan segenap ketulusan hati tanpa mengenal kata lelah sehingga penulis bisa seperti saat ini.

3. Bapak Munawar Alfansury, S.T, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Partaonan Harahap, S.T,M.T, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Dr Mhd Fitra Zambak Dosen Pembimbing I Skripsi yang selalu sabar membimbing, memberikan arahan serta motivasi kepada penulis.
7. Ibu Elvy Sahnur Nst S.T, M.Pd selaku Dosen Pembimbing II Skripsi yang telah memberi ide-ide dan masukkan dalam penulisan laporan tugas akhir ini.
8. Segenap Bapak & Ibu dosen di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Kepada teman seperjuangan Fakultas Teknik yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu serta Keluarga Besar Teknik Elektro 2015 A1 PAGI yang selalu memberikan semangat, kebersamaan yang luar biasa.
10. Juga terima kasih kepada para pegawai Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah membantu dari proses awal kuliah sampai saya menyelesaikan tugas akhir ini dengan lancar.
11. Serta semua pihak yang telah mendukung dan tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

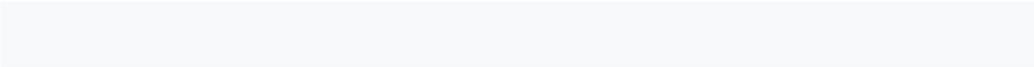
Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini disebabkan keterbatasan kemampuan penulis, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari segenap pihak.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tulisan ini dapat menambah dan memperkaya lembar khazanah pengetahuan bagi para pembaca sekalian dan khususnya bagi penulis sendiri. Sebelum dan sesudahnya penulis mengucapkan terima kasih

Medan, 03 Maret 2020

Penulis

MUHAMMAD FAHRI



DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penulisan.....	4
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Manfaat Penulisan.....	4
1.6. Metode Penulisan.....	5
1.7. Sistematika Penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Tinjauan Pustaka Relevan.....	7
2.2. Landasan Teori.....	9
2.3. Bagian – Bagian Transformator	11
2.3.1. Kumparan Transformator	12
2.3.2. Inti Besi	13
2.3.3. Bushing	13
2.3.4. Tangki	16
2.3.5. Minyak Transformator.....	19
2.3.6. Tap Changer	20

2.3.7. System Pendingin Transfomator	22
2.3.8. Isolasi Belitan Transfomator	23
2.3.9. Peralatan Proteksi	24
2.4. Hubungan Belitan Transfomator	27
2.4.1. Hubunagn bintang	27
2.4.2. Hubungan Delta	28
2.4.3. Hubungan Zig-Zag	29
2.5. Rangkaian Transfomator Dengan Beban	29
2.6. Rangkaian Transfomator Tanpa Beban	31
2.7. Temperatur transfomator	33
2.8. Rugi – Rugi Transfomator	34
2.8.1. Rugi Besi	34
2.8.2. Rugi Tembaga	35
2.9. Efisiensi Transfomator	35
2.10. Impedansi Transfomator	37
2.11. Paralel Transfomator Dengan Impedansi sama dan kva Sama	37
2.12. Sinkronisasi	38

BAB III METODOOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat Penelitian	39
3.2. Peralatan Percobaan	39
3.3. Bahan	39
3.3.1. Pengambilan Data	40
3.3.2. Rekapitulasi Data	40
3.3.3. Pengolahan Data	40

3.4. Flowchart penelitian	41
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	
4.1. One Line Diagram	42
4.2. Data Transfomator.....	44
4.3. Analisis Efisiensi Transfomator	46
4.4. Analisis 5 Unit Transfomator Dengan Hubungan Paralel.....	50
BAB V PENUTUP	
5.1. Kesimpulan	52
5.2. Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA	54

DAFTARTABEL

Tabel Halaman

Tabel 2.1 Macam–macam pendingin tranfo.....	22
Tabel 2.2 Standar temperatur pada klas isolasi	24
Tabel 4.2 Data trafo yg digunakan PT. Charoen Pokphand Indonesia	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

Gambar 2.1 Dua tipe inti transformator tipe inti dan tipe cangkang.....	10
Gambar 2.2 Elektro magnetic Pada Transformator	11
Gambar 2.3 Gambar Bagian–Bagian Utama Transformator	12
Gambar 2.4 Belitan Transformator	12
Gambar 2.5 Inti Besi	13
Gambar 2.6 Bushing.....	13
Gambar 2.7 Bagian–Bagian Bushing	15
Gambar 2.8 Kertas Isolasi Bushing.....	15
Gambar 2.9 Konservator	17
Gambar 2.10 Silica Gel	17
Gambar 2.11 Konstruksi Konservator Dengan Rubber Bag	18
Gambar 2.12 Dehydrating Breather	19
Gambar 2.13 Minyak Transformator	19
Gambar 2.14 Diverter Switch (1) Selektor Switch (2).....	21
Gambar 2.15 Kontak Switching Pada Diverter	21
Gambar 2.16 Radiator	23
Gambar 2.17 Conventional Transformers	25
Gambar 2.18 Completely Self-Protecting(csp) Transformers	26
Gambar 2.18 Completely Self-Protectingfor Secondary Banking (cspb) Transformer	28
Gambar 2.20 Kumparan hubungan bintang	28
Gambar 2.21 Kumparan Hubungan Delta.....	28
Gambar 2.22 Kumparan Hubungan Zigzag	29
Gambar 2.23 Keadaan Transformator berbeban	30
Gambar 2.24 Keadaan Transformator Tanpa berbeban	31
Gambar 2.25 Sinkronisasi kedalam sistem atau busbar	38
Gambar 2.26 Sinkronisasi dalam keadaan terbuka	39
Gambar 2.27 Double voltmeter.....	40

Gambar 2.28 Doubel frekuensi meter	40
Gambar 2.29 Alat yang di gunakan untuk mengetahui sudut phase dan kedua sumber.....	41
Gambar 2.30 Phase squence indikator	41
Gambar 4.1 One line diagram system tenaga.....	42
Gambar 4.3.1 Grafik efisiensi 5 unit trafo	48

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring semakin berkembangnya zaman, maka tenaga listrik pada saat ini menjadi salah satu kebutuhan pokok manusia. Semakin berkembangnya teknologi yang menggunakan tenaga listrik, maka secara tidak langsung manusia tergantung terhadap tenaga listrik baik untuk kebutuhan sehari-hari maupun untuk industri.

Dalam sistem tenaga listrik, aliran daya dari suatu Pembangkit Tenaga Listrik akan bergerak menuju saluran transmisi tegangan tinggi dan pada akhirnya didistribusikan menuju para konsumen. Suatu *device* atau peralatan yang memegang peranan yang sangat penting dalam kelancaran sistem tersebut adalah transformator. Transformator berfungsi untuk meningkatkan tegangan yang dihasilkan oleh pembangkit dan mengalirkannya melalui saluran transmisi dan nantinya tegangan ini akan diturunkan untuk selanjutnya didistribusikan ke pelanggan yang ada. Sebagai penghubung antara pembangkit dan saluran transmisi digunakan transformator pembangkit. Penghubung antara saluran transmisi dengan konsumen digunakan transformator distribusi.

Dalam industri tentunya sangat bergantung pada kehandalan efisiensi sistem kelistrikan tersebut. Salah satu persyaratan kehandalan sistem penyaluran tenaga listrik yang harus dipenuhi untuk penyaluran tenaga listrik untuk pelayanan kepada konsumen adalah kualitas tegangan yang baik dan stabil, karena meskipun kelangsungan catu daya dapat diandalkan.

PT CHAROEN POKPHAND INDONESIA TBK menggunakan 5 unit transformator UNINDO 1600 kVA, digunakan untuk menaikkan atau

menurunkan tegangan. transformator merupakan komponen paling utama dalam dunia kelistrikan untuk menghantarkan listrik dari pembangkit PLN yang besaran dayanya bisa mencapai ratusan kilo volt untuk mencapai ratusan kilo volt untuk kemudian disalurkan ke tower-tower yang ada dan selanjutnya disalurkan kembali melalui trafo yang akan diperlukan di setiap industri.

Peralatan elektronik mempunyai batasan umur tertentu tak terkecuali transformator. Apabila transformator mengalami kegagalan maka akan mengganggu kelangsungan sistem tenaga listrik. Untuk mencegah hal ini perlu dilakukan pengawasan terhadap kondisi trafo dengan cara melakukan pemeliharaan secara teratur. Untuk mendeteksi kondisi isolasi dan mengidentifikasi penyebab kegagalan pada isolasi maka perlu dilakukan *preventive maintenance*.

PT. CHAROEN POKPHAND INDONESIA TBK menggunakan 5 unit transformator dengan kapasitas yang sama dimana 5 transformator tersebut telah disinkronisasikan, sinkronisasi adalah suatu cara untuk menghubungkan dua sumber atau beban arus bolak-balik (AC). Sumber AC tersebut antara lain generator (PLN) dan beban adalah transformator yang akan digunakan atau diparalel dengan tujuan untuk meningkatkan kehandalan dan kapasitas sistem tenaga listrik.

Syarat memparalel Transformator (Trafo) dua buah atau lebih trafo dapat dilakukan apabila parameter rasio trafo, % impedansi dan rasio perbandingan X/R pada trafo-trafo tersebut sama. Memparalel trafo pada salah satu parameter di atas tidak terpenuhi dapat menimbulkan arus sirkulasi antara trafo dan pembagian

pembebanan tidak sesuai dengan keinginan sehingga situasi tersebut akan menyebabkan turunnya efisiensi trafo serta menurunkan kemampuan trafo serta menurunkan kemampuan trafo dalam melayani beban.

Oleh karena itu transformator adalah komponen yang sangat penting dan mengingat kerja keras dari suatu transformator maka diusahakan agar peralatan ini berusia panjang dan dapat lebih lama dipergunakan, maka transformator harus dipelihara dengan menggunakan sistem pembebanan serta peralatan yang benar, baik dan tepat dan kinerjanya juga harus selalu di perhatikan agar penggunaannya tetap efisien. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kondisi transformator yaitu temperatur dan pembebanan.

Untuk mengetahui bagaimana kinerja transformator sebelum dipasang biasanya dilakukan pengujian menggunakan beban nominal, supaya dapat mengetahui transformator dalam keadaan baik atau tidak, sehingga kinerja transformator saat digunakan dapat optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Analisis beban nominal pembebanan terhadap efisiensi transformator?
2. Analisis sinkronisasi dengan impedansi dari kVA trafo yang sama?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penulisan ini adalah:

1. Untuk mengetahui beban nominal pembebanan terhadap efisiensi transformator.
2. Untuk mengetahui sinkronisasi dengan impedansi, ratio X/R dan kVA trafo yang sama.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah ini meliputi sebagai berikut:

1. Penulis hanya membahas efisiensi kelima transformator.
2. Penulis hanya membahas pengaruh beban nominal terhadap efisiensi transformator.
3. Data yang digunakan merupakan data dari PT. Charoen Pokphand Indonesia TBK.

1.5 Manfaat Penulisan

Dengan dilakukannya penelitian ini dapat memberi manfaat, terutama bagi penulis:

1. Mengetahui pengaruh pembebanan terhadap efisiensi dari transformator.
2. Mengetahui beban yang sanggup disuplai dari memparalelkan kelima transformator.
3. Mengetahui hubungan impedansi, ratio dan kVA trafo yang sama.

1.6 Metode Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Pada tahapan ini dilakukan pedalaman materi untuk menyelesaikan masalah yang dirumuskan, selain itu juga dilakukan studi literatur dan jurnal yang mendukung penelitian. Studi literature dilakukan agar dapat digunakan sebagai panduan informasi untuk mendukung penyelesaian pengolahan data penelitian, informasi, studi literatur juga sangat di perlukan untuk pelaksanaan penelitian.

2. Wawancara

Wawancara merupakan komunikasi verbal untuk mengumpulkan informasi dari seseorang. Denngan menggunakan Tanya jawab secara langsung terhadap pejabat instansi terkait/ataupun karyawan untuk mendapatkan data penelitian yang diperlukan.

3. Riset

Riset/pengambilan data dilakukan penulisan guna untuk melengkapi berbagai macam data-data dari tulisan yang akan di selesaikan oleh penulis agar lebih akurat dan dapat dipertanggung jawabkan.

4. Bimbingan

Bimbingan merupakan komunikasi antara penulis terhadap dosen pembimbing guna untuk memperbaiki tulisan penulis bila ada kekurangan maupun kesalahan di dalam penulisan.

1.7 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah pembahasan dan pemahaman, maka sistematika penulisan tugas akhir ini diuraikan secara singkat sebagai:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang penyusunan Tugas Akhir, latar belakang, rumusan masalah, dan batasan masalah, manfaat penulisan, metodologi penelitian serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan konsep teori yang menunjang Tugas Akhir, memuat tentang dasar teori yang digunakan dan menjadi ilmu penunjang bagi peneliti, berkenaan dengan masalah yang akan diteliti yaitu komponen komponen utama pada trafo daya, temperatur trafo, dan efisiensi trafo.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini akan menerangkan mengenai lokasi dilaksanakannya penelitian, jenis penelitian, jadwal penelitian, serta jalannya penelitian.

BAB IV ANALISA DAN HASIL PENELITIAN

Bab ini membahas mengenai analisa data.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memuat tentang kesimpulan dari seluruh hasil penelitian pengaruh pembebanan terhadap temperatur dan efisiensi trafo daya di gardu induk dan juga saran-saran yang berhubungan dengan tugas akhir.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka Relevan

Transformator merupakan peralatan penting dalam distribusi listrik ke gardu, sehingga penggunaan transformator sesuai dengan umur desainnya. Hilangnya umur pada transformator dipengaruhi oleh beberapa parameter penting, parameter tersebut adalah suhu hotspot, operasi pembebanan, dan suhu lingkungan. Metode ini mengumpulkan data, pengelolaan data dan analisis. Hasil penelitian menunjukkan hotspot dari ketiga transformator di gardu sakti masih dalam batas aman yang ditetapkan oleh *International Standar Electrotechnical Commission (IEC)*. Hilangnya umur pada transformator di gardu sakti masing – masing berjumlah 0,00017% pada trafo 1, trafo 2 sebesar 0,0004% dan trafo 3 sebesar 0,00023%. (Kurniawan, 2016)

Besar kecilnya efisiensi yang dihasilkan oleh transformator dipengaruhi oleh besar kecilnya pembebanan dan oleh rugi-rugi total yang berupa rugi inti dan rugi tembaga yang terdapat pada transformator. Efisiensi transformator merupakan perbandingan antara output (daya keluaran) dengan input (daya masukan). Rugi-rugi transformator ini menyebabkan perbedaan antara daya masukan dan daya keluaran. Semakin besar rugi-rugi yang dihasilkan pada transformator, maka akan semakin besar daya yang hilang pada transformator tersebut. Studi ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi transformator yang terdapat di gardu induk GIS Listrik saat beban tertinggi siang 99,42% dan saat beban tertinggi malam 99,44%, sedangkan saat beban terendah siang 99,43% dan saat beban terendah malam 99,42%. Adapun untuk transformator 2 saat beban

tertinggi siang 99,41% dan saat beban tertinggi malam 99,41%, sedangkan saat beban terendah siang 99,37% dan saat terendah malam 99,41%. (Yohanes, 2014)

Pemparalelan mesin-mesin pembangkit tenaga listrik dan juga transformator dilakukan untuk mendapatkan tingkat efisiensi yang lebih tinggi. Ada tiga hal yang perlu diperhatikan dalam pemparalelan, pertama adalah tegangan-tegangan yang disejajarkan mempunyai besar amplitude yang sama, kedua adalah fasanya harus sama, dan ketiga, juga frekuensinya juga harus sama. (Abdul Kadir Buku Transformator, 2010)

Gelombang tegangan ataupun arus bolak balik yang ideal untuk disalurkan ke beban adalah berbentuk sinur murni dengan frekuensi 50 Hz ataupun 60 Hz. Gelombang ini bias mengalami cacat (*Distorsi*) bentuk yang disebabkan oleh pemakaian beban non linier seperti peralatan listrik yang mengandung komponen semi konduktor (dioda, transistor, *TRIAC*), lampu hemat energy, mesin las, transformator, motor listrik, dan bahkan juga dapat berasal dari dalam generator itu sendiri walaupun jumlahnya tidak sebesar yang lain. Disibut cacat karena telah menyimpang dari sinusoidal. Cacat ini menimbulkan harmonisa. Harmonisa harus dikurangi karena bersifat merugikan. (Herman Salim, 2011)

“Analisis vector group pada hubungan paralel transformator unit gardu bergerak”. Kesimpulandari penelitian diatas yaitu hasil ukur tegangan primer – sekunder pada pengujian transformator dengan *vector group* dyn-5 adalah

$$V_{1V-2V} = V_{1V-2W} = V_{1W-2W} > V_{1W-2V}. \text{ (Firmansyah, 2016)}$$

“Evaluasi kinerja system sinkron 20 kv gardu induk siantan” berdasarkan kesimpulan dari penelitian diatas yaitu dengan konfigurasi system sinkron 20 KV Grdu Induk kondisi *existing*, maka bila terjadi *island operation* karna

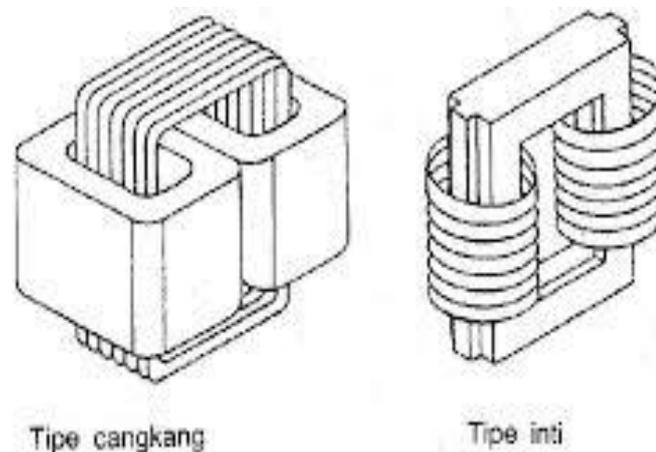
gangguan sistem antara bus II dan trafo 2 GI Siantan maka penormal interkoneksi dilakukan dengan memadamkan salah satu system yang terkecil. Dikarenakan tidak tersedianya fasilitas sinkron terhadap PMT Bus *Coupler* dan PMT inc. Trafo II 20 KV GI Siantan. Penormalan tersebut dapat menimbulkan kerugian baik dari segi PLN maupun Konsumen.

2.2. Landasan Teori

Transformator merupakan suatu alat magnetoelektrik yang sederhana, andal, dan efisien untuk mengubah tegangan arus bolak – balik dari satu tingkat ke tingkat yang lain. Pada umumnya transformator terdiri atas sebuah inti, yang terbuat dari besi berlapis dan dua buah kumparan, yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Rasio perubahan tegangan akan tergantung dari rasio jumlah lilitan pada kedua kumparan itu. Biasanya kumparan terbuat dari kawat tembaga yang dibelit seputar “ kaki “ inti transformator. Secara umum dapat dibedakan dua jenis transformator menurut konstruksinya, yaitu tipe inti, dan tipe cangkang. Pada tipe inti terdapat dua kaki, dan masing – masing kaki dibelit oleh satu kumparan. Sedangkan tipe cangkang mempunyai tiga buah kaki, dan hanya kaki yang di tengah – tengah dibelit oleh kedua kumparan. Lihat gambar 2.1 kedua kumparan saling bergabung secara magnetik melalui inti. Kumparan – kumparan itu tidak bergabung secara elektrik. Bagian datar dari inti dinamakan pemikul.

Penggunaan transformator yang sangat sederhana dan andal itu merupakan salah satu sebab penting bahwa arus bolak – balik sangat banyak dipergunakan untuk pembangkitan dan penyaluran tenaga listrik. Pada penyaluran tenaga listrik terjadi kerugian energi sebesar I^2R wattdetik. Kerugian ini akan banyak berkurang

apabila tegangan dinaikan. Dengan demikian maka saluran – saluran transmisi tenaga listrik senantiasa mempergunakan tegangan yang tinggi. Tegangan transmisi yang tertinggi di indonesia pada saat ini adalah 500 kv, atau kilovolt, yaitu sama dengan 500.000 volt. Hal ini dilakukan terutama untuk mengurangi kerugian energi yang terjadi. Dan menaikkan tegangan listrik di pusat listrik dari tegangan generator yang biasanya berkisar antara 6 kv sampai 20 kv pada awal saluran transmisi, kemudian menurunkannya lagi pada ujung akhir saluran ke tegangan yang lebih rendah, yang dilakukan dengan transformator.



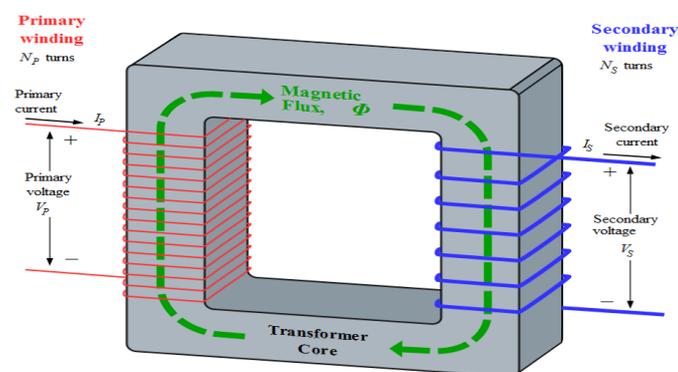
Gambar 2.1 Dua tipe inti transformator tipe cangkang dan tipe inti

Transformator yang di pakai pada jaringan tenaga listrik merupakan transformator tenaga. Di samping itu ada jenis – jenis transformator lain yang banyak dipergunakan, dan yang pada umumnya merupakan transformator yang jauh lebih kecil. Misalnya transformator yang dipakai di rumah tangga untuk menyesuaikan tegangan dari lemari es dengan yang dari jaringan umum, atau transformator yang lebih kecil, yang dipakai pada lampu TL, atau lebih kecil lagi “ mini “ yang dipergunakan pada berbagai alat elektronik, seperti pesawat penerima radio, televisi, dan sebagainya.

2.3. Bagian-Bagian Transformator

Transformator merupakan peralatan statis dimana rangkaian magnetik dan belitan yang terdiri dari 2 atau lebih belitan, secara induksi elektromagnetik, mentransformasikan daya (arus dan tegangan) sistem AC ke sistem arus dan tegangan lain pada frekuensi yang sama (IEC60076 -1 tahun 2011). Trafo menggunakan prinsip elektromagnetik yaitu hukum – hukum ampere dan induksi faraday, dimana perubahan arus atau medan listrik dapat membangkitkan medan magnet dan perubahan medan magnet / fluks medan magnet dapat membangkitkan tegangan induksi.

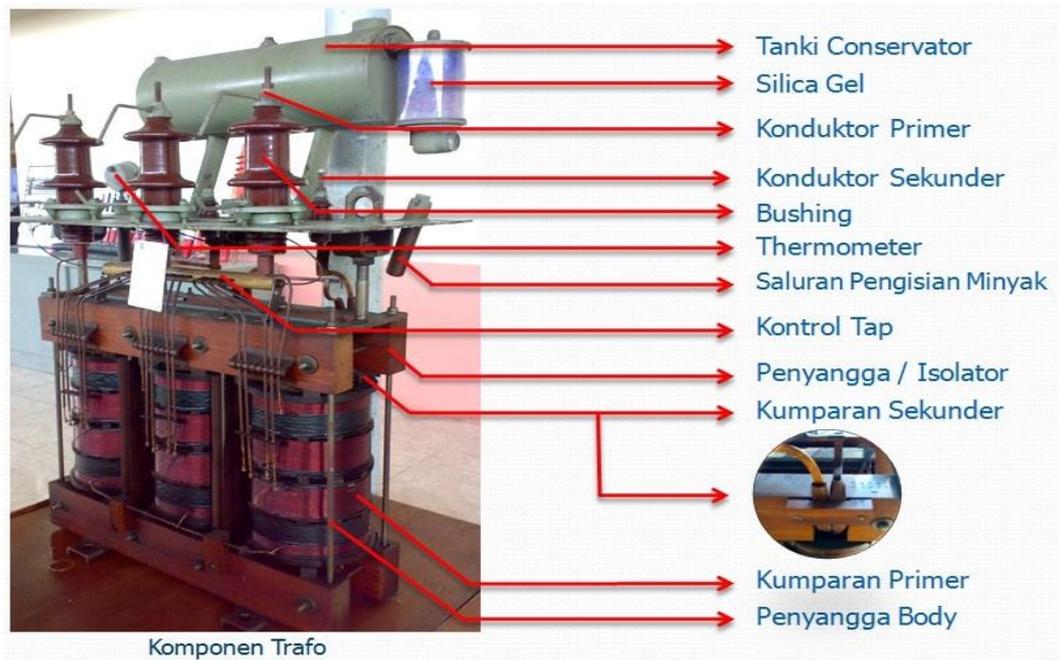
Arus AC yang mengalir pada belitan primer membangkitkan fluks magnet yang mengalir melalui inti besi yang terdapat diantara dua belitan, fluks magnet tersebut menginduksi belitan sekunder sehingga pada ujung belitan sekunder akan terdapat beda potensial / tegangan induksi (Gambar 2.2).



Gambar 2.2 Elektromagnetik Pada Transformator (buku pedoman PLN, 27

Oktober 2014)

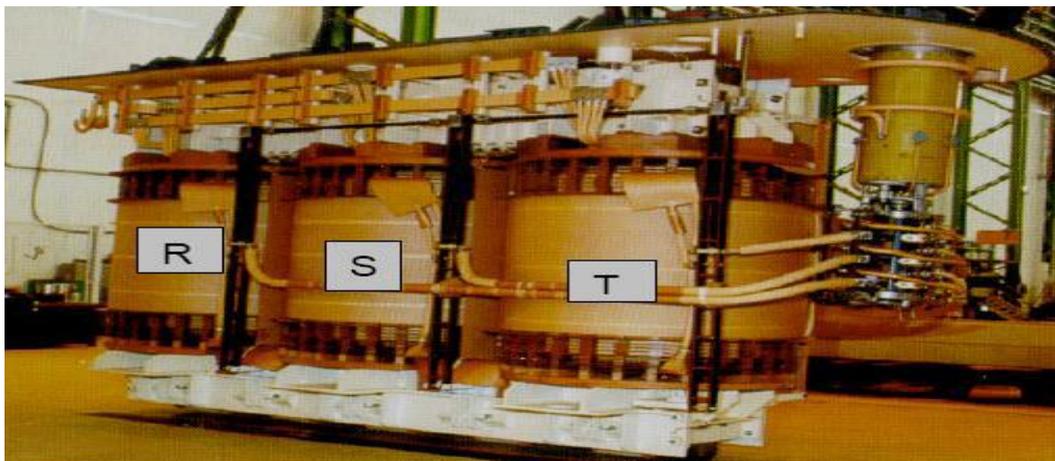
Bagian-bagian utama pada transformator adalah sebagai berikut :



Gambar 2.3 Gambar Bagian-Bagian Utama Transformator

2.3.1. Kumparan Transformator

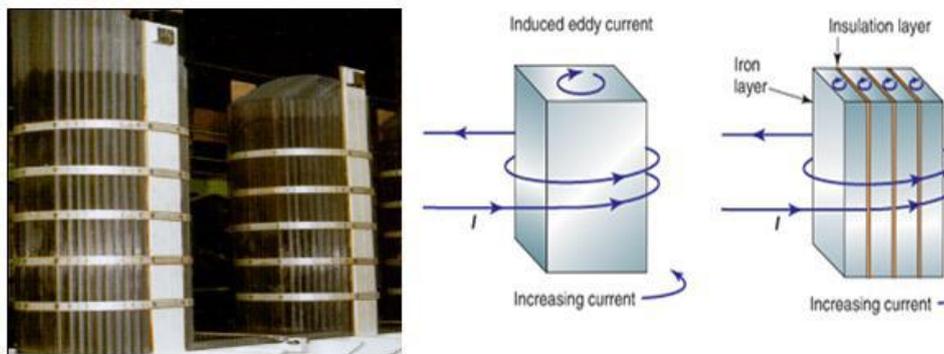
Belitan terdiri dari batang tembaga berisolasi yang mengelilingi inti besi, dimana saat arus bolak balik mengalir pada belitan tembaga tersebut, inti besi akan terinduksi dan menimbulkan fluks magnetik.



Gambar 2.4 Belitan Transformator (buku pedoman PLN, 27 Oktober 2014)

2.3.2. Inti Besi

Inti besi digunakan sebagai media mengalirnya fluks yang timbul akibat induksi arus bolak balik pada kumparan yang mengelilingi inti besi sehingga dapat menginduksi kembali ke kumparan yang lain. Dibentuk dari lempengan – lempengan besi tipis berisolasi dengan maksud untuk mengurangi *eddy current* yang merupakan arus sirkulasi pada inti besi hasil induksi medan magnet, dimana arus tersebut akan mengakibatkan rugi – rugi (*losses*).



Gambar 2.5 Inti Besi (buku pedoman PLN, 27 Oktober 2014)

2.3.3 Bushing

Bushing merupakan sarana penghubung antara belitan dengan jaringan luar. *Bushing* terdiri dari sebuah konduktor yang diselubungi oleh isolator. Isolator tersebut berfungsi sebagai penyekat antara konduktor *bushing* dengan *body main tank trafo*.



Gambar 2.6 Bushing (buku pedoman PLN, 27 Oktober 2014)

Secara garis besar bushing dapat di bagi dalam empat bagian utama yaitu :

1. Isolasi

Berdasarkan media isolasi bushing terbagi menjadi 2 (*IEC 60137* tahun 2008) yaitu :

a. *Bushing Kondenser*

Bushing kondenser umumnya dipakai pada tegangan rating bushing 72,5 kV ke atas. Bushing kondenser terdapat tiga jenis media isolasi (*IEC 60137* tahun 2008) yaitu:

1) *Resin Bonded Paper (RBP)*

Bushing tipe RBP adalah teknologi bushing kondenser yang pertama dan sudah mulai ditinggalkan.

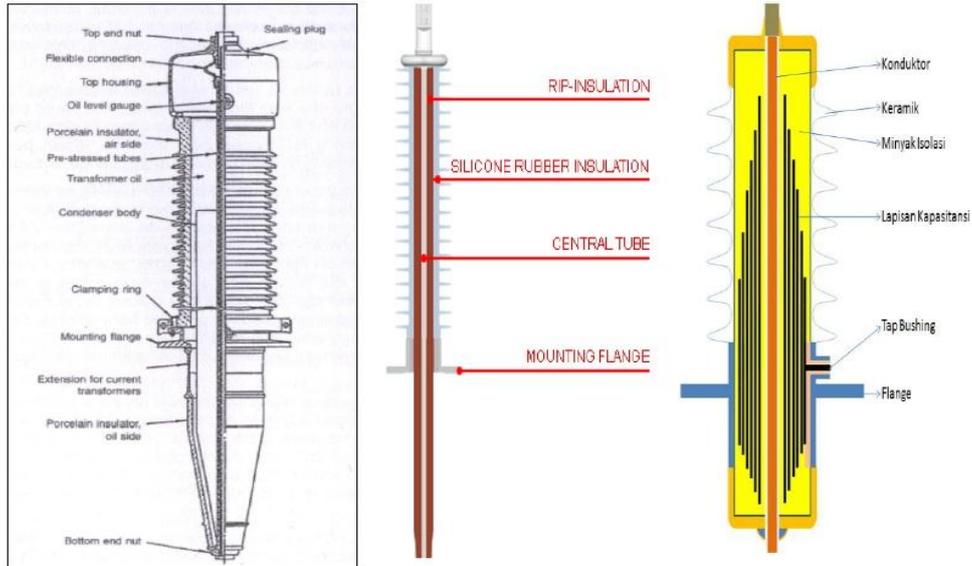
2) *Oil Impregnated Paper (OIP)*

Pada tipe OIP isolasi yang digunakan adalah kertas dan minyak yang merendam kertas isolasi.

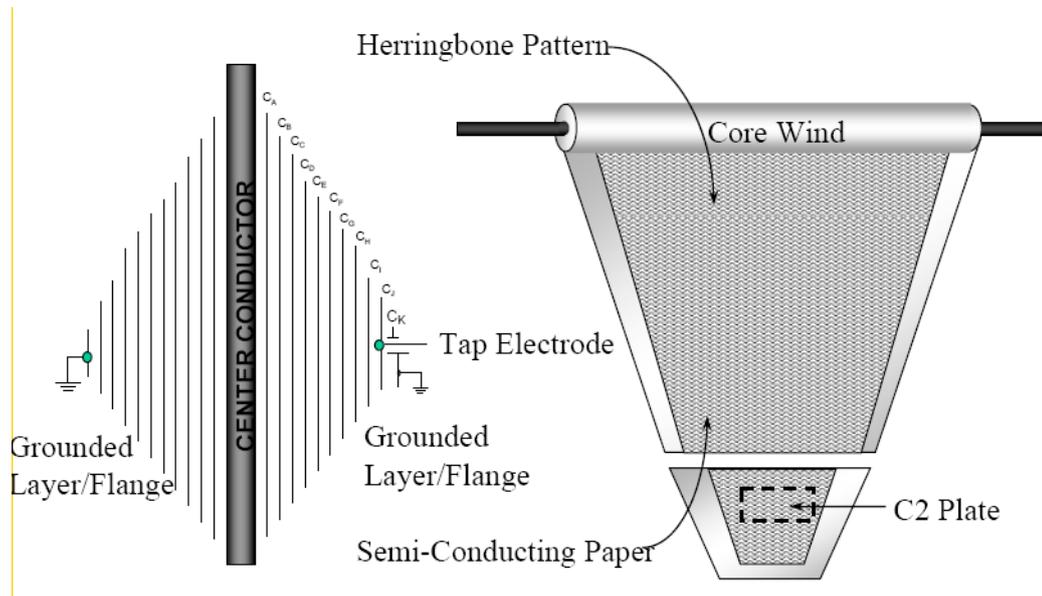
3) *Resin Impregnated Paper (RIP)*

Pada tipe RIP isolasi yang digunakan adalah kertas isolasi dan resin.

Di dalam *bushing* kondenser terdapat banyak lapisan kapasitansi yang disusun secara seri sebagai pembagi tegangan. Pada *bushing* terdapat dua kapasitansi utama yang biasa disebut C1 dan C2. C1 adalah kapasitansi antara konduktor dengan tap *bushing*, dan C2 adalah kapasitansi dari tap *bushing* ke *ground* (*flange bushing*). Dalam kondisi operasi tap *bushing* dihubungkan ke *ground*, sehingga C2 tidak ada nilainya ketika *bushing* operasi.



Gambar 2.7 Bagian-bagian bushing, konduktor, keramik, minyak, lapisan kapasitansi, tap bushing, flange. (buku pedoman PLN, 27 Oktober 2014)



Gambar 2.8 Kertas Isolasi Bushing (buku pedoman PLN, 27 Oktober 2014)

b. *Busing* non-kondenser

Bushing non condenser umumnya digunakan pada tegangan ranting 72.5 kV bawah. Media isolasi utama *bushing* non-kondenser adalah isolasi pada seperti porcelain atau keramik.

2. Konduktor

Terdapat jenis – jenis konduktor pada *bushing* yaitu hollow conductor dimana terdapat besi pengikat atau penegang di tengah lubang konduktor utama, konduktor pejal dan *flexible lead*.

3. Klem Koneksi

Klem koneksi merupakan sarana pengikat antara stud *bushing* dengan konduktor penghantar di luar *bushing*.

4. Aksesoris

Aksesoris *bushing* terdiri dari indikasi minyak, seal atau gasket dan tap pengujian. Seal atau gasket pada *bushing* terletak di bagian bawah *mounting flange*.

2.3.4. Tangki

Saat terjadi kenaikan suhu operasi pada trafo, minyak isolasi akan memuai sehingga volumenya bertambah. Sebaliknya saat terjadi penurunan suhu operasi, maka minyak akan menyusut dan volume minyak akan turun. Konservator digunakan untuk menampung minyak pada saat trafo mengalami kenaikan suhu.



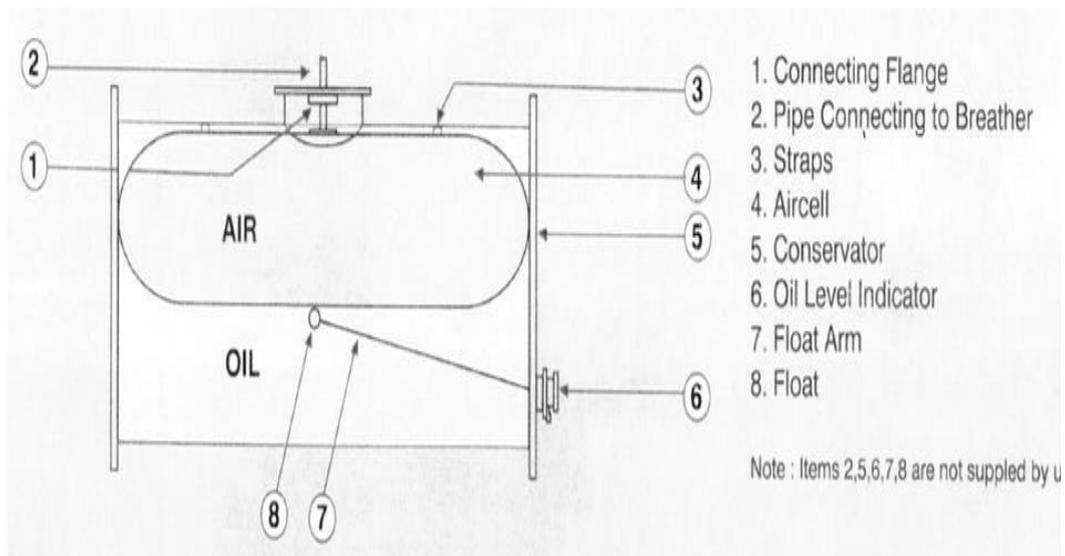
Gambar 2.9 Konservator (buku pedoman PLN, 27 Oktober 2014)

Seiring dengan naik turunnya volume minyak di konservator akibat pemuaian dan penyusutan minyak, volume udara di dalam konservator pun akan bertambah dan berkurang. Penambahan atau pembuangan udara di dalam konservator akan berhubungan dengan udara luar. Agar minyak isolasi trafo tidak terkontaminasi oleh kelembaban dan oksigen dari luar (untuk tipe konservator tanpa *rubber bag*), maka udara yang akan masuk ke dalam konservator akan *difilter* melalui *silicagel* sehingga kandungan uap air dapat diminimalkan.



Gambar 2.10 Silica Gel (buku pedoman PLN, 27 Oktober 2014)

Untuk menghindari agar minyak trafo tidak berhubungan langsung dengan udara luar, maka saat ini konservator dirancang dengan menggunakan breather bag/ rubber bag, yaitu sejenis balon karet yang dipasang di dalam tangki konservator.



Gambar 2.11 Konstruksi Konservator Dengan Rubber Bag. *Connecting flange* (1), *pipe connecting to breather* (2), *straps* (3), *aircell* (4), *conservator* (5), *oil level indikator* (6), *float arm* (7), *float* (8). (buku pedoman PLN, 27 Oktober 2014)

Silicagel sendiri memiliki batasan kemampuan untuk menyerap kandungan uap air sehingga pada periode tertentu *silicagel* tersebut harus dipanaskan bahkan perlu dilakukan penggantian. *Dehydrating Breather* merupakan teknologi yang berfungsi untuk mempermudah pemeliharaan *silicagel*, dimana terdapat pemanasan otomatis ketika *silicagel* mencapai kejenuhan tertentu.



Gambar 2.12 Dehydrating Breather(buku pedoman PLN, 27 Oktober 2014)

2.3.5 Minyak Transformator

Minyak isolasi pada trafo berfungsi sebagai media isolasi, pendingin dan pelindung belitan dari oksidasi. Minyak isolasi trafo merupakan minyak mineral yang secara umum terbagi menjadi tiga jenis, yaitu parafinik, napthanik dan aromatik. Antara ketiga jenis minyak dasar tersebut tidak boleh dilakukan pencampuran karena memiliki sifat fisik maupun kimia yang berbeda.



Gambar 2.13 Minyak Transformator (buku pedoman PLN, 27 Oktober 2014)

2.3.6 Tap Changer

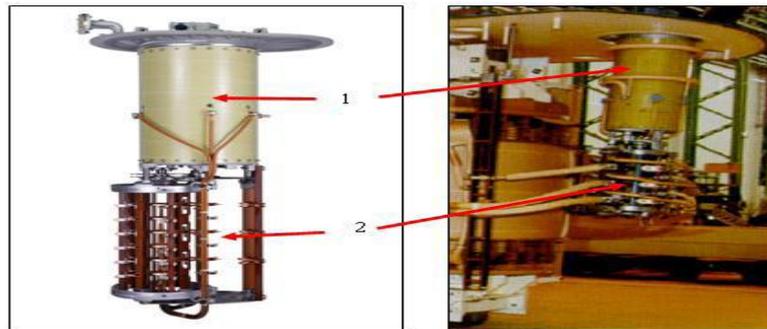
Kestabilan tegangan dalam suatu jaringan merupakan salah satu hal yang dinilai sebagai kualitas tegangan. Trafo dituntut memiliki nilai tegangan output yang stabil sedangkan besarnya tegangan input tidak selalu sama. Dengan mengubah banyaknya belitan sehingga dapat merubah ratio antara belitan primer dan sekunder dan dengan demikian tegangan output/ sekunder pun dapat disesuaikan dengan kebutuhan sistem berapapun tegangan input/ primernya. Penyesuaian ratio belitan ini disebut Tap changer. Proses perubahan ratio belitan ini dapat dilakukan pada saat trafo sedang berbeban (*On load tap changer*) atau saat trafo tidak berbeban (*Off Circuit tap changer/ De Energize Tap Charger*).

Tap changer terdiri dari:

1. *Selector Switch*
2. *Diverter Switch*
3. Tahanan transisi

Dikarenakan aktifitas tap changer lebih dinamis dibanding dengan belitan utama dan inti besi, maka kompartemen antara belitan utama dengan tap changer dipisah. *Selector switch* merupakan rangkaian mekanis yang terdiri dari terminal terminal untuk menentukan posisi tap atau ratio belitan primer. *Diverter switch* merupakan rangkaian mekanis yang dirancang untuk melakukan kontak atau melepaskan kontak dengan kecepatan yang tinggi.

Tahanan transisi merupakan tahanan sementara yang akan dilewati arus primer pada saat perubahan tap.



Gambar 2.14 Diverter Switch (1) Selektor Switch (2) (buku pedoman PLN, 27 Oktober 2014)

Media pendingin atau pemadam proses *switching* pada diverter *switch* yang dikenal sampai saat ini terdiri dari dua jenis, yaitu media minyak dan media *vaccum*. Jenis pemadaman dengan media minyak akan menghasilkan energi arcing yang membuat minyak terurai menjadi gas C_2H_2 dan karbon sehingga perlu dilakukan penggantian minyak pada periode tertentu. Sedangkan dengan metoda pemadam *vaccum* proses pemadaman arcing pada waktu *switching* akan dilokalisir dan tidak merusak minyak.



(1)

(2)

Gambar 2.15 Kontak *Switching* Pada Diverter Dengan Media Pemadaman Minyak (1) Kontak *Switching* Pada Diverter Dengan Media Pemadaman *Vaccum* (2). (buku pedoman PLN, 27 Oktober 2014)

2.3.7 Sistem Pendingin Transformator

Suhu pada trafo yang sedang beroperasi akan dipengaruhi oleh kualitas tegangan jaringan, rugi-rugi pada trafo itu sendiri dan suhu lingkungan. Suhu operasi yang tinggi akan mengakibatkan rusaknya isolasi kertas pada trafo. Oleh karena itu pendinginan yang efektif sangat diperlukan.

Minyak isolasi trafo selain merupakan media isolasi juga berfungsi sebagai pendingin. Pada saat minyak bersirkulasi, panas yang berasal dari belitan akan dibawa oleh minyak sesuai jalur sirkulasinya dan akan didinginkan pada sirip-sirip radiator. Adapun proses pendinginan ini dapat dibantu oleh adanya kipas dan pompa sirkulasi guna meningkatkan efisiensi pendinginan.

Tabel 2.1 Macam – macam pendingin pada trafo (buku pedoman PLN, 27 Oktober 2014)

NO	Macam Sistem Pendingin	Media			
		Dalam Trafo		Luar Trafo	
		Sirkulasi Alamiah	Sirkulasi Paksa	Sirkulasi Alamiah	Sirkulasi Paksa
1	AN			Udara	
2	AF				Udara
3	ONAN	Minyak		Udara	
4	ONAF	Minyak			Udara
5	OFAN		Minyak	Udara	
6	OFAF		Minyak		Udara
7	OFWF		Minyak		Air
8	ONAN/ONAF	Kombinasi 3 dan 4			
9	ONAN/OFAN	Kombinasi 3 dan 5			
10	ONAN/OFAF	Kombinasi 3 dan 6			
11	ONAN/OFWF	Kombinasi 3 dan 7			



Gambar 2.16 Radiator (buku pedoman PLN, 27 Oktober 2014)

2.3.8 Isolasi Belitan Transformator

Isolasi belitan merupakan tempat terlemah, jika dibandingkan dengan bagian- bagian lainnya. Bahan isolasi akan berubah sifat karena kenaikan temperatur. Maka dengan itu bahan-bahan isolasi yang dipergunakan untuk mengisolasi belitan memenuhi persyaratan:

1. Kekuatan mekanis yang baik
2. Kekuatan dielektrik yang tinggi
3. Tidak larut dalam minyak transformator

Tabel 2.2 Standar Temperatur Rise Pada Klas Isolasi (buku pedoman PLN, 27 Oktober 2014)

Klas Isolasi	Standar IEC (°C)
A	60
E	75
B	80
F	100
H	125

2.3.9 Peralatan Proteksi

Proteksi atau pengaman sebuah transformator terhadap akibat gangguan yang terjadi pada transformator itu sendiri atau pada bagian lain dari sistem tenaga listrik bersangkutan, secara umum dapat di golongkan menjadi dua kelompok jenis pengaman, yaitu :

1. Pengaman obyek, yaitu proteksi transformator maupun sistem terhadap gangguan yang terjadi di dalam transformator itu sendiri, dan
2. Pengaman sistem, yaitu proteksi transformator terhadap gangguan yang terjadi dalam sistem listrik itu di luar transformator.

Gangguan – gangguan yang terjadi misalnya berupa :

3. Terjadinya arus lebih karena arus hubung singkat atau beban lebih,
4. Terjadinya hubungan tanah,
5. Terjadinya gangguan di dalam transformator,
6. Terjadinya gangguan disebabkan petir.

Sebuah transformator distribusi dengan daya yang relatif kecil biasanya mendapatkan pengaman yang sederhana terhadap arus lebih atau arus hubung

singkat dengan sekring saja. Proteksi yang lebih lengkap akan menjadi terlampau mahal untuk daya terpasang yang tidak begitu besar ini. Sebaliknya transformator-transformator daya yang besar-esar pada umumnya dilengkapi dengan berbagai jenis pengaman untuk melindungi terhadap gangguan-gangguan yang dapat terjadi pada transformator itu sendiri maupun bagian lain dari sistem tenaga listrik.

1. Proteksi Transformator Distribusi

Berdasarkan peralatan proteksinya transformator distribusi yang terpasang di tiang dapat di kategorikan menjadi tiga :

a) *Conventional Transformers*

Conventional transformers tidak memiliki peralatan proteksi terintegrasi terhadap petir, gangguan dan beban lebih sebagai bagian dari trafo itu. Oleh karena itu dibutuhkan *fuse cut out* untuk menghubungkan *conventional transformers* dengan jaringan distribusi primer. *lightning arrester* juga perlu di tambahkan untuk trafo jenis ini.



Gambar 2.17 *Conventional Transformers*

b) *Completely Self-Protecting (csp) Transformers*

Completely self protecting (csp) transformers memiliki peralatan proteksi terintegrasi terhadap petir, beban lebih, dan hubung singkat. *Lightning arrester* terpasang langsung pada tangki trafo sebagai proteksi terhadap petir. Untuk proteksi terhadap beban lebih, digunakan fuse yang dipasang di dalam tangki (*fuse* ini disebut dengan *weak link*). Proteksi trafo terhadap gangguan internal menggunakan hubungan proteksi internal yang terpasang antara belitan primer dengan *bushing* primer.

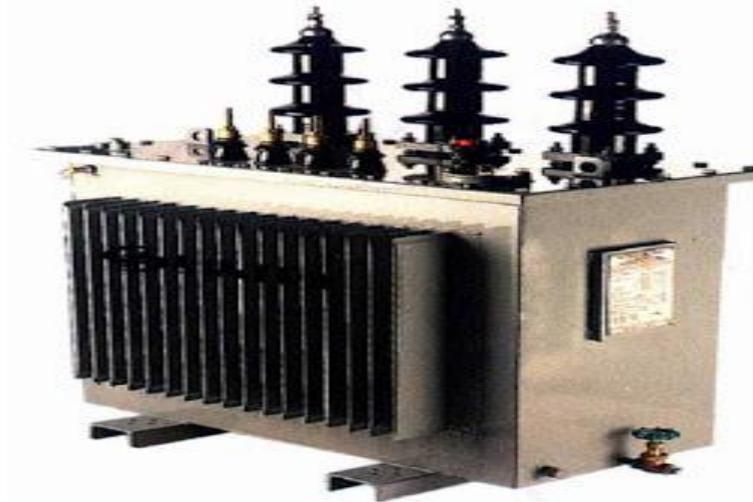


Gambar 2.18 *Completely Self-Protecting (csp) Transformers*

c) *Completely Self-Protecting for Secondary Banking (cspb) Transformers.*

Completely self-protecting for secondary banking (cspb)

Transformers mirip dengan *completely self protecting (csp)* transformers, tetapi pada trafo jenis ini terdapat sebuah circuit breaker pada sisi sekunder, circuit breaker ini akan membuka sebelum weak link (*fuse*) melebur.



*Gambar 2.19 Completely Self-Protecting for Secondary Banking
(cspb) Transformers*

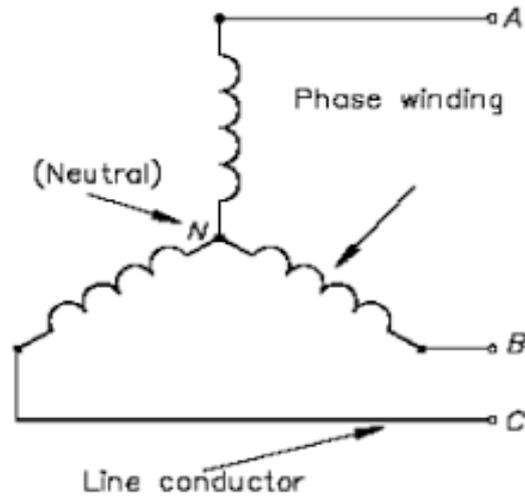
2.4 Hubungan Belitan Transformator

Didalam Pelaksanaannya, tiga buah lilitan fasa pada sisi primer dan sisi sekunder dapat dihubungkan dalam bermacam – macam hubungan, seperti bintang dan segitiga (delta), dengan kombinasi Y-Y, Y- Δ , Δ -Y, Δ - Δ , bahkan untuk kasus tertentu lilitan sekunder dapat di hubungkan secara berliku – liku (zig-zag), sehingga didapatkan kombinasi Δ -Z dan Y-Z.

Hubungan zig – zag merupakan sambungan bintang “istimewa”, hubungan ini untuk mengantisipasi kejadian yang mungkin terjadi apabila dihubungkan secara bintang dengan beban setiap fasanya tidak seimbang.

2.4.1. Hubungan Bintang

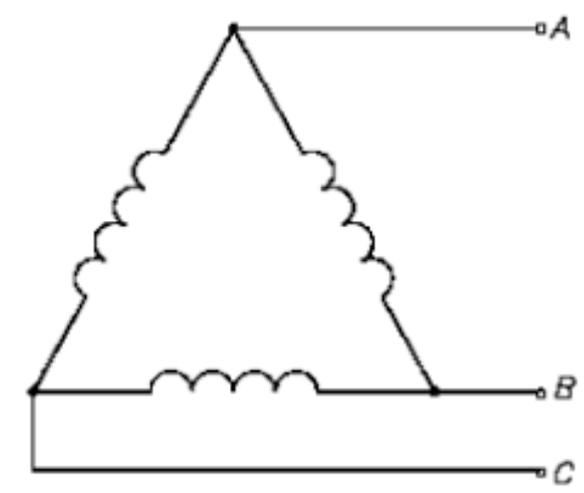
Pada hubungan bintang tiga ujung bersamaan dari ketiga kumparan dihubungkan pada apa yang dinamakan titik bintang. Simbol untuk sisi tegangan tingginya adalah Y (dengan huruf kapital), dan y untuk sisi tegangan rendahnya dengan huruf kecil.



Gambar 2.20 Kumparan hubungan bintang

2.4.2. Hubungan Delta

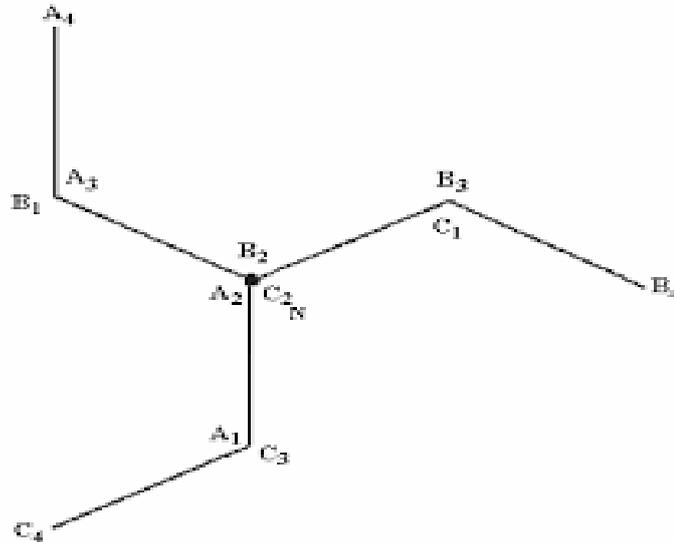
Dalam hubungan delta (segitiga) tiap ujung kumparan disambung pada ujung yang berlainan kumparan berikutnya, sehingga terbentuk semacam segitiga. Simbol untuk hubungan ini adalah D untuk sisi tegangan tinggi, dan d untuk sisi tegangan rendah transformator.



Gambar 2.21 Kumparan Hubungan Delta

2.4.3. Hubungan Zig – zag

Hubungan ini adalah hubungan yang khusus. Simbol untuk hubungan ini adalah Z untuk sisi tegangan tinggi dan z untuk sisi tegangan rendah..



Gambar 2.22 Kumparan Hubungan Zigzag

2.5. Rangkaian Transformator Dengan Beban

Apabila kumparan sekunder dihubungkan dengan beban Z_L , maka I_2 akan mengalir pada kumparan sekunder, dimana :

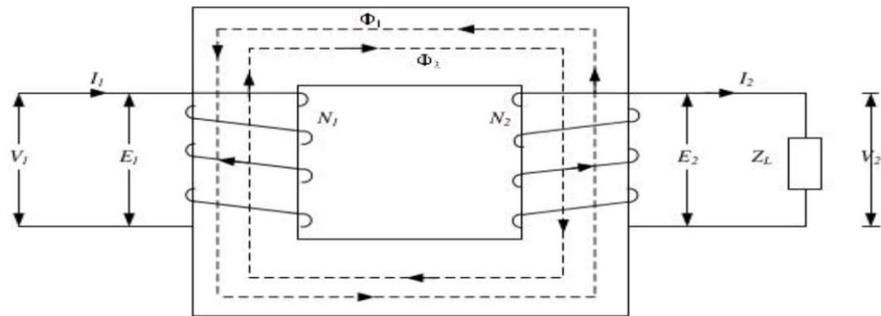
$$I_2 = \frac{V_2}{Z_L} \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana : I_2 = arus sekunder (ampere)

V_2 = tegangan sekunder (volt)

Z_L = beban (ohm)

dengan Θ_2 = faktor kerja beban.



Gambar 2.23 Keadaan Transformator berbeban

Arus beban I_2 ini menimbulkan gaya gerak magnet (ggm) $N_2 I_2$ yang cenderung menentang fluks bersama yang telah ada akibat arus pemagnetan I_M . Agar fluks bersama itu tidak berubah nilainya, pada kumparan primer harus mengalir arus I'_2 , yang menentang arus yang dibangkitkan oleh beban I_2 , sehingga keseluruhan arus yang mengalir pada kumparan primer menjadi :

$$I_1 = I_0 + I'_2 \dots \dots \dots (2.2)$$

Bila komponen arus rugi inti (I_c) diabaikan, maka $I_0 = I_m$, sehingga :

$$I_1 = I_m + I'_2$$

Dimana : I_1 = arus pada sisi primer (ampere)

I'_2 = arus yang menghasilkan Φ'_2 (ampere)

I_0 = arus penguat (ampere)

I_m = arus pemagnetan (ampere)

I_c = arus rugi-rugi tembaga (ampere).

Untuk menjaga agar fluks tetap tidak berubah, sebesar ggm yang dihasilkan oleh arus pemagnetan I_m saja, berlaku hubungan :

$$N_1 I_m = N_1 I_1 - N_2 I_2$$

$$N_1 I_m = N_1 (I_m - I_2) - N_2 I_2$$

hingga $N_1 I_2 = N_2 I_1$

Karena nilai I_m dianggap kecil, maka $I_2 \approx I_1$.

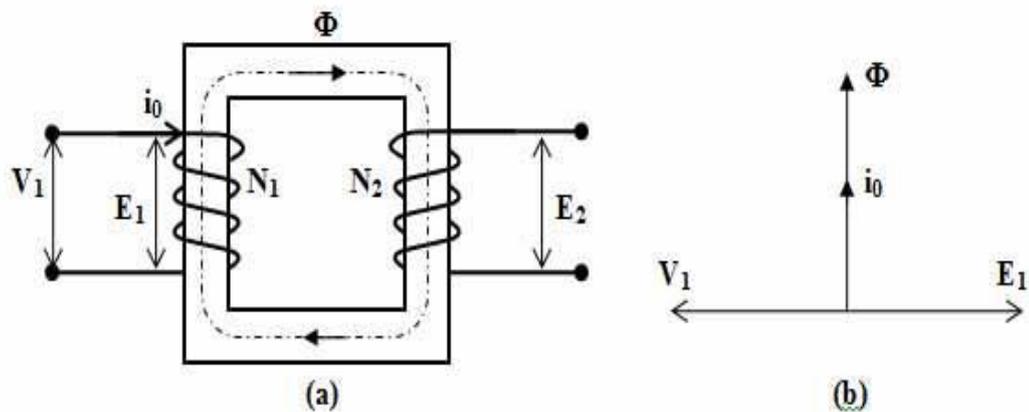
Jadi, $N_1 I_1 = N_2 I_2$

atau :

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{\alpha} \dots\dots\dots(2.3)$$

2.6. Rangkaian Transformator Tanpa Beban

Bila kumparan primer suatu transformator dihubungkan dengan sumber tegangan V_1 sinusoidal, akan mengalirkan arus primer I_0 yang juga sinusoidal dan dengan menganggap belitan N_1 reaktif murni. I_0 akan tertinggal 90° dari V_1 . Arus primer I_0 menimbulkan fluks (Φ) yang sefasa dan juga berbentuk sinusoid.



Gambar 2.24 Keadaan Transformator Tanpa beban (a) Vektor

Transformator Tanpa beban (b)

Keterangan :

N_1 = Jumlah lilitan sisi primer

N_2 = Jumlah lilitan sisi skunder

V_1 = Tegangan input

- I_0 = Arus sisi primer
 E_1 = Gaya gerak listrik sisi primer (efektif)
 E_2 = Gaya gerak listrik sisi skunder
 Φ = Fluks magnet

$$\Phi = \Phi_{\max} \sin \omega t \text{ (weber) } \dots\dots\dots(2.4)$$

Fluks yang sinusoidal ini akan menghasilkan tegangan induksi e_1 (Hukum Faraday).

$$e_1 = - N_1 \frac{d\Phi}{dt} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$e_1 = - N_1 \frac{d(\Phi_{\max} \sin \omega t)}{dt}$$

$$N_1 \omega \Phi_{\max} \cos \omega t \text{ (volt) (tertinggal } 90^\circ \text{ dari } \Phi) \dots\dots\dots(2.6)$$

- Keterangan :
- e_1 = gaya gerak listrik (volt)
 N_1 = jumlah belitan di sisi primer (turn)
 ω = kecepatan sudut putar (rad/sec)
 Φ = fluks magnetik (weber)

Harga efektif :

$$e_1 = \frac{N_1 \omega \Phi_{\max}}{\sqrt{2}}$$

$$e_1 = \frac{N_1 2\pi f \Phi_{\max}}{\sqrt{2}}$$

$$e_1 = \frac{N_1 2 \times 3,14 f \Phi_{\max}}{\sqrt{2}}$$

$$e_1 = 4,44$$

$$N_1 \Phi_{\max} \text{ (Volt) } \dots\dots\dots(2.7)$$

Pada rangkaian sekunder, fluks (Φ) bersama tadi menimbulkan :

$$e_2 = - N_2 \frac{d\Phi}{dt} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$e_2 = N_2 \omega \Phi_{\max} \cos \omega t \text{ (volt)} \dots \dots \dots (2.9)$$

Harga efektifnya :

$$e_2 = 4,44 N_2 \omega \Phi_{\max} \text{ (Volt)} \dots \dots \dots (2.10)$$

Bila rugi tahanan dan adanya fluks bocor diabaikan, maka akan terdapat hubungan :

$$\frac{e_1}{e_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = a \dots \dots \dots (2.11)$$

Keterangan :

- e_1 = ggl induksi disisi primer (Volt)
- e_2 = ggl induksi disisi sekunder (Volt)
- V_1 = tegangan terminal disisi primer (Volt)
- V_2 = tegangan terminal disisi sekunder (Volt)
- N_1 = Jumlah lilitan disisi primer (turn)
- N_2 = Jumlah lilitan disisi sekunder (turn)
- a = Faktor transformasi

2.7. Temperatur Transformator

Penentuan suhu belitan pada umumnya ditentukan dengan melakukan pengukuran tahanan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\theta = \frac{R_2}{R_1} (234,5 + t_1) - (234,5 + t_2) \dots \dots \dots (2.12)$$

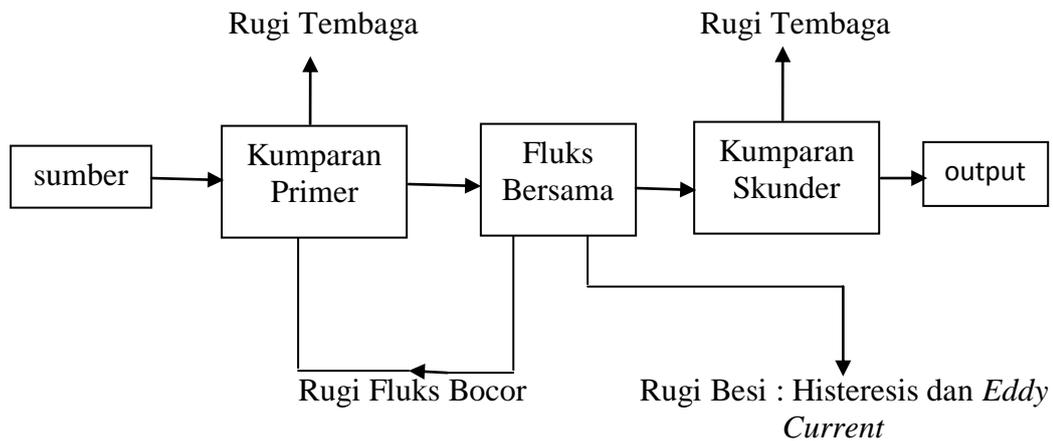
Keterangan :

- θ : Suhu rata – rata belitan ($^{\circ}\text{C}$)
- t_1 : Suhu belitan dalam keadaan dingin ($^{\circ}\text{C}$)
- t_2 : Suhu minyak transformator ($^{\circ}\text{C}$)
- R_1 : Tahanan belitan daalam keadaan dingin (ohm)

R_2 : Tahanan belitan dalam keadaan panas (ohm)

2.8. Rugi-Rugi Transformator

Berikut merupakan blok diagram rugi-rugi pada transformator :



2.8.1. Rugi Besi (P_i)

Rugi besi terdiri atas, rugi histeresis dan rugi *eddy current*. Rugi histeresis, yaitu rugi yang disebabkan fluks bolak – balik pada inti besi, yang di nyatakan sebagai berikut :

$$P_h = K_h f B_{maks}^{1.6} \text{ (watt) } \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan :

- K_h : Konstanta
- B_{maks} : fluks maksimum (weber)
- f : frekuensi (Hz)

Sedangkan rugi eddy current yaitu rugi yang disebabkan arus pusar pada inti besi. dirumuskan sebagai berikut :

$$P_e = K_e f^2 B_{maks}^2 \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan :

K_e : Konstanta

B_{maks} : fluks maksimum (weber)

f : frekuensi (Hz)

Jadi, rugi besi (rugi inti) adalah :

$$P_i = P_h + P_e$$

2.8.2. Rugi Tembaga (P_{cu})

Rugi tembaga adalah rugi yang disebabkan oleh arus beban yang mengalir pada kawat tembaga, dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_{cu} = I^2 R \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan :

I : Arus (ampere)

R : Resistansi (ohm)

Karena arus beban berubah – ubah, rugi tembaga juga tidak konstan bergantung pada beban.

2.9. Efisiensi Transformator

Untuk menentukan rugi – rugi daya saat transformator diberi beban maka dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_{loss} = \left(\frac{S}{S_r} \right)^2 \times (P_t) \dots\dots\dots(2.16)$$

Keterangan :

P_{loss} : Rugi daya pada trafo (Watt)

S : Beban Trafo (VA)

S_r : Kapasitas Trafo (VA)

P_t : Total rugi – rugi (rugi tembaga dan rugi inti) (Watt)

Penentuan rendemen dapat di lakukan dengan dua cara yaitu cara tidak langsung dan cara langsung.

a) Cara tidak langsung

Rumus umum untuk rendemen ini berbunyi sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P}{P+P_r} \times 100\% \dots\dots\dots(2.17)$$

Keterangan :

P : Daya yang dihasilkan oleh trasformator (VA)

P_r : Kerugian – kerugian transformator (rugi tembaga dan rugi inti) (Watt)

b) Cara langsung

Penentuan rendemen dengan cara langsung adalah dengan memberikan beban nominal pada transformator, kemudian mengukur beban padaq sisi primer, dan juga beban pada sisi skunder, lalu menentukan besar rendemen dengan mempergunakan rumus sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_k}{P_m} \times 100\% \dots\dots\dots(2.18)$$

Keterangan :

P_k : daya yang dikeluarkan pada sisi skunder (Watt)

P_m : daya yang dimasukkan pada sisi primer (VA)

2.10. Impedansi Transformator

Impedansi transformator merupakan total jumlah keseluruhan perlawanan terhadap arus bolak – balik (AC) di dalam sebuah peralatan listrik. Nilai impedansi sebuah transformator umumnya dicantumkan pada *name plat*

transformator itu sendiri dalam satuan persen (%), misalnya 3%, 4%, 5%, 6%, dan seterusnya. Pengertian nilai tersebut adalah bahwa drop tegangan yang timbul karena impedansi adalah sekian persen dari tegangan yang ditetapkan. Maka drop tegangan pada transformator tersebut didapat dengan persamaan :

$$V_{drop} = V \times Z(\%)$$

Atau untuk menentukan impedansi pada sebuah transformator dengan berdasarkan kepada tegangan drop dan tegangan dari transformator itu sendiri, persamaannya :

$$Z(\%) = \left(\frac{V_{drop}}{V} \right) \times 100\%$$

2.11. Paralel Transformator Dengan Impedansi Sama Dan kVa Sama

Penghitungan pembebanan masing-masing transformator yang akan diparalel dengan impedansi, ratio dan kVA yang sama adalah sebagai berikut :

$$kVA_1 = kVA_{Beban} \times \left(\frac{kVA_{Trafo\ 1}}{\%Z_1} \right) : \left(\frac{kVA_{Trafo\ 1}}{\%Z_1} + \frac{kVA_{Trafo\ 2}}{\%Z_2} \right)$$

Keterangan :

kVA : beban (load) masing-masing transformator.

kVA Beban : beban dari PLN

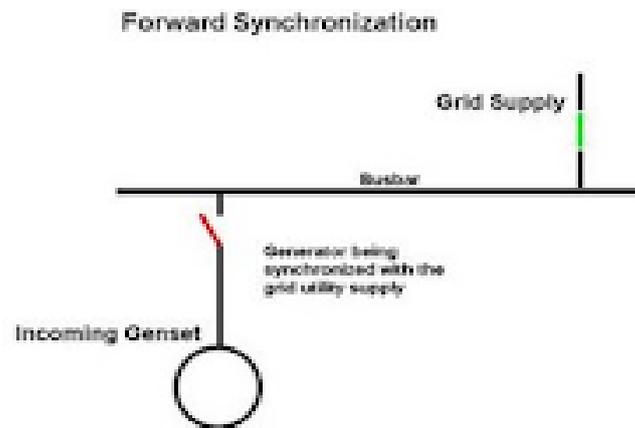
%Z : impedansi transformator

2.12. Sinkronisasi

Sinkronisasi adalah suatu cara untuk menghubungkan dua sumber atau beban arus bolak-balik (AC). Sumber AC tersebut antara lain generator dan beban adalah transformator yang akan digabungkan atau diparalel dengan tujuan untuk meningkatkan keandalan dan kapasitas sistem tenaga listrik.

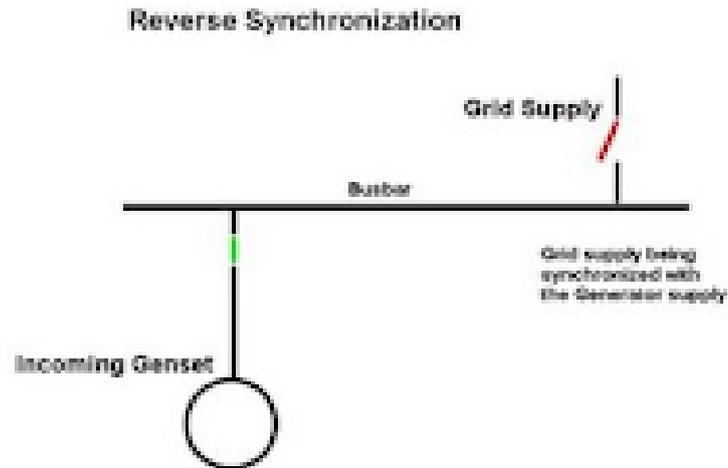
Maka dari itu sinkronisasi merupakan proses untuk menyamakan tegangan, frekuensi, sudut phase dan squence phase antara 2 sumber daya AC. Maka berdasarkan arah atau susunan peralatan pada sistem tegangan listrik, sinkronisasi di bagi menjadi 2 jenis, yaitu :

- 1) Forward synchronization (sikronisasi maju), yaitu proses sinkronisasi generator kedalam sistem atau busbar.



Gambar 2.25. sinkronisasi kedalam sitem atau busbar.

- 2) Reverse synchronization atau backward synchronization (sinkronisasi terbalik), biasanya terjadi pada sistem tenaga listrik di suatu pabrik, dimana suatu jaringan suplai akan di gabungkan kedalam suatu jaringan sistem atau busbar yang ada. Pada kondisi iini tidak dimungkinkan untuk mengatur parameter sinkron pada sisi incoming (jaringan yang akan disinkronkan),yang terpenting (PMT)dari vevan-beban pada jaringan suplai (grd supply) dalam keadaan terbuka.



Gambar 2.26. sinkronisasi dalam keadaan terbuka

Peralatan instrumentasi untuk proses sinkronisasi

1. *Double voltmeter*

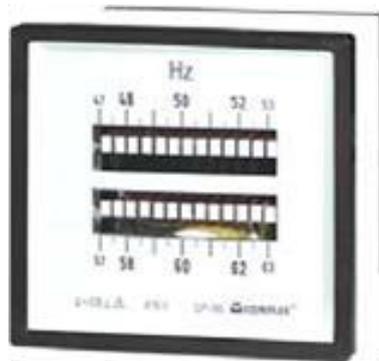
Double voltmeter adalah voltmeter dengan tampilan 2 pengukuran tegangan yaitu tegangan dari peralatan yang akan disinkron (generator) dan tegangan sistem yang bekerja simultan.



Gambar 2.27. *double voltmeter*

2. *Double frequency meter*

Menampilkan nilai frekuensi dari kedua sumber AC



Gambar 2.28. *double frekuensi meter*

3. *Synchroscope*

Alat yang digunakan untuk mengetahui sudut phase dari kedua sumber terdiri dari jarum berputar (rotating pointer), jika jarum berputar tersebut berada pada posisi tepat di jam 12, maka sudut phase dari kedua sumber sama dengan nol dan dapatkan kedua sumber sefasedalam sudut phase yang sama.



Gambar 2.29. alat yang di gunakan untuk mengetahui sudut phase dari kedua sumber .

4. *Phase sequence* indikator

Alat ini sama dengan yang digunakan untuk mengetahui sequence phase dari motor induksi. Dilengkapi dengan jarum berputar (*rotating pointer*), jika jarum berputar searah jarum jam, maka dapat dikatakan memiliki sequence positif RST dan jika berputar sebaliknya bersequence negative atau RTS.



Gambar 2.30. *phase sequence* indikator.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat Penelitian

Metode yang dilakukan dalam penulisan tugas akhir ini adalah metode pengumpulan data dan pengolahan data. Metode pengumpulan data dilakukan di PT. CHAROEN POKPHAND INDONESIA TBK, JL.P.Sumbawa No. 5, Mabar, Medan Deli, Sumatra Utara 20242, mulai dari tanggal 03 februari 2020 sampai dengan 28 februari 2020. Data yang di kumpulkan adalah data transformator distribusi di PT. CHAROEN POKPHAND INDONESIA TBK. Metode pengolahan data dilakukan secara perhitungan manual.

3.2 Peralatan Percobaan

1. Multitester
2. Tang Amper
3. Kwh Meter

3.3 Bahan

Bahan yang digunakan untuk melakukan penelitian analisis efisiensi 5 unit transformator di PT. Charoen Pokphand Indonesia Medan, antara lain :

1. Sistem instalasi tenaga kelistrikan di PT Charoen Pokphand Indonesia TBK Medan.
2. Data total beban di PT Charoen Pokphand Indonesia TBK Medan.
3. Data frekuensi transformator di PT Charoen Pokphand Indonesia TBK Medan.

3.3.1 Pengambilan data

Pengambilan data dilakukan dengan cara melakukan observasi data transformator yang digunakan pada sistem tenaga listrik PT. Charoen Pokphand Indonesia serta melakukan pengukuran efisiensi kapasitas transformator yang ditujukan sebagai data primer untuk melakukan analisis. Pengambilan data berikutnya melihat data terkait yang dimiliki trafo di PT. Charoen Pokphand Indonesia, pengambilan data ini dilakukan sebagai pembandingan antara data primer dengan data yang dimiliki pihak perusahaan.

Data yang diperlukan meliputi :

1. Data sistem kelistrikan (*Single Line Diagram*) PT. Charoen Pokphand Indonesia.
2. Data dan jumlah beban.
3. Data daya aktif (P), daya reaktif (Q), daya semu (S), dan faktor daya sekarang.

3.3.2 Rekapitulasi Data

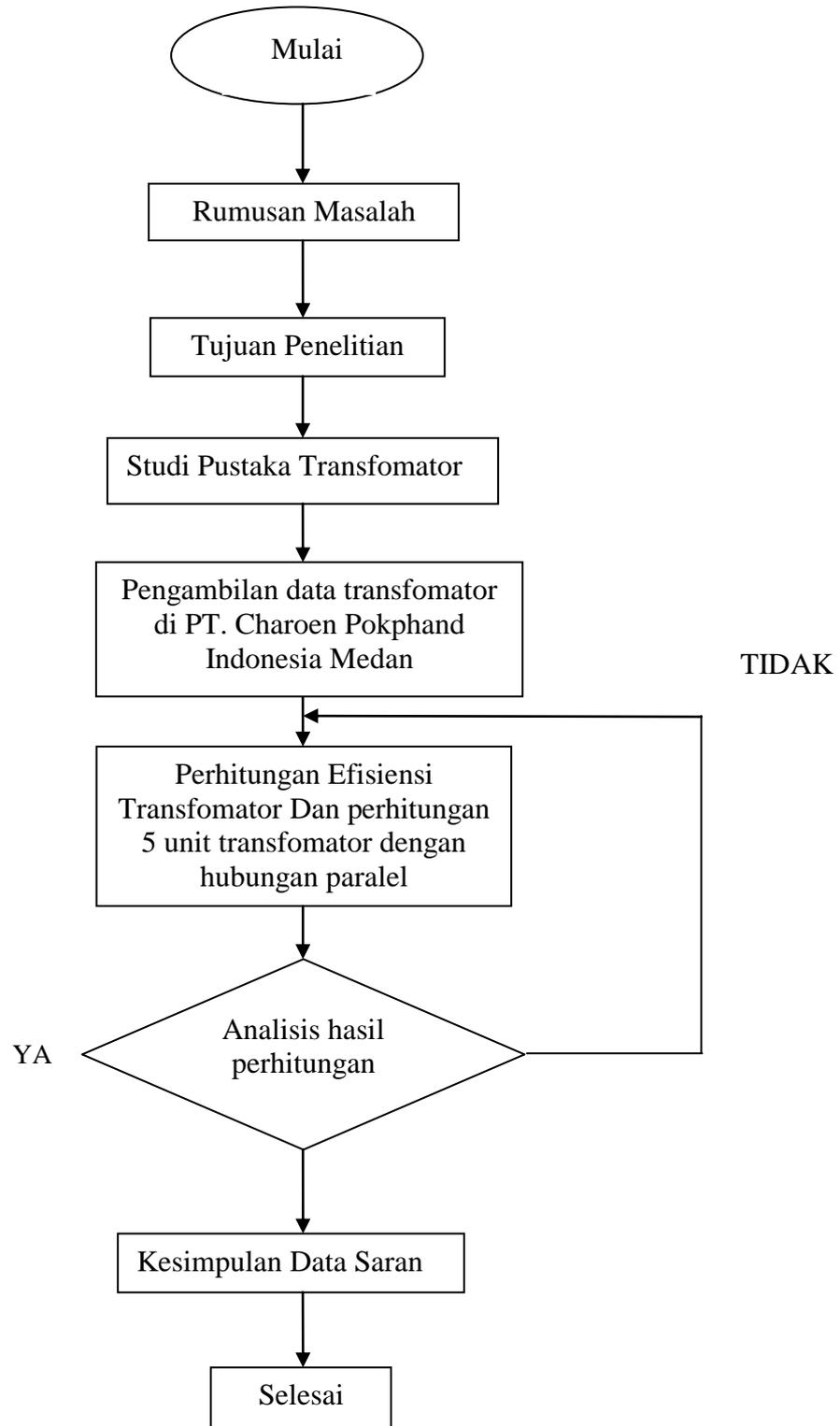
Perekapan data dilakukan dengan cara mengumpulkan data-data dari proses pengumpulan data dan dilakukan penyeleksian data dengan tujuan untuk mempermudah dalam melakukan pengolahan data.

3.3.3 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan metode dan rumusan-rumusan yang berkaitan dengan apa yang akan dianalisa. Jika pada saat proses pengolahan data dirasa kurang lengkap maka dilakukan proses pengumpulan data ulang guna melengkapi kekurangan data yang diolah.

3.4 Flowchart Penelitian

Adapun diagram alir dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :



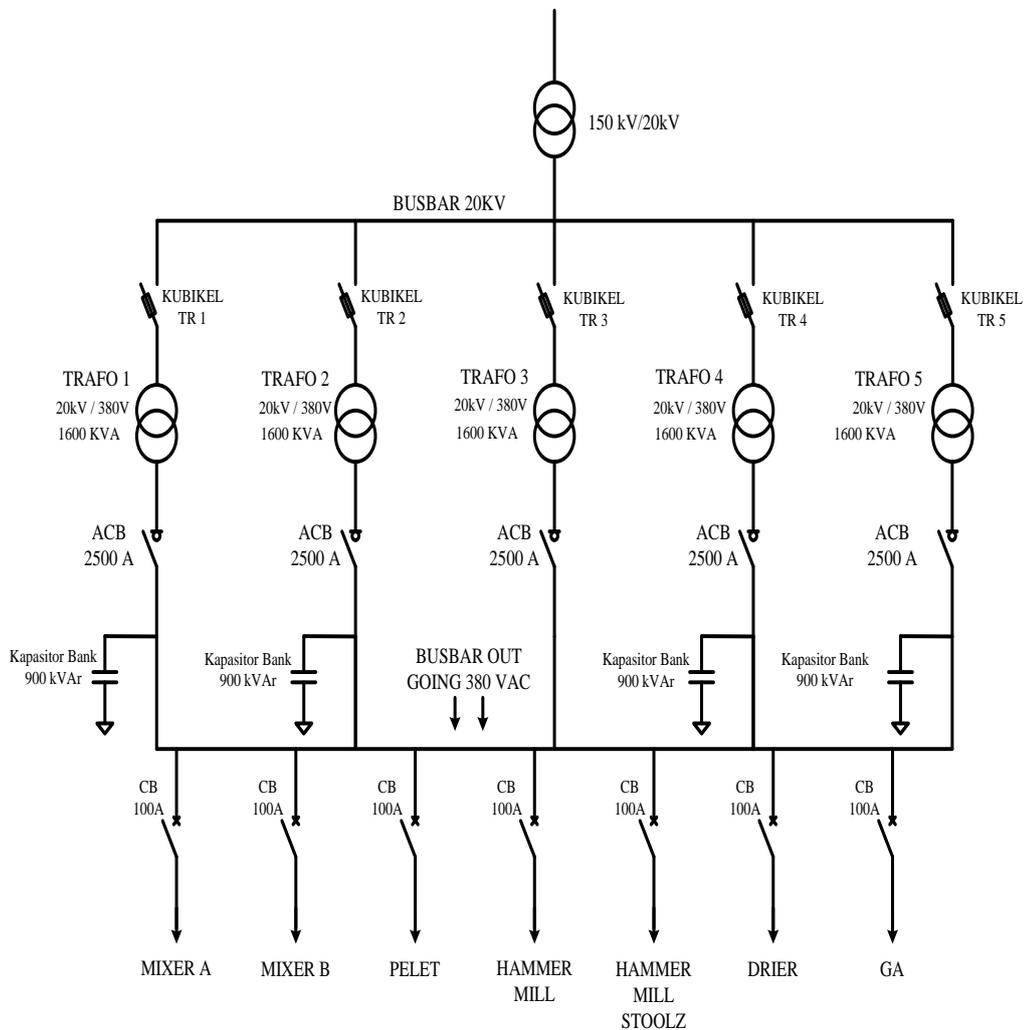
Gambar 3.1 diagram alir penelitian

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

PT. Charoen Pokphand Indonesia medan, mendapatkan suplai dari PLN dengan kapasitas daya listrik 6236 kVA yang terdiri dari 5 buah trafo 1600 kVA. Faktor daya jaringan listrik PLN saat ini 0,86 lag dan akan dilakukan analisa untuk mengoptimalkan nilai $\cos \varphi$.

4.1 One Line Diagram



Gambar 4.1 One line diagram sistem tenaga di PT. Charoen Pokphand Indonesia

TBK medan

4.2 DATA TRANSFORMATOR

Data dari penelitian yang akan dianalisa adalah dari single line diagram area PT. Charoen Pokphand Indonesia TBK Medan, diawali dengan perhitungan beban maksimum, menghitung besar efisiensi transformator dengan keadaan transformator berbeban. PT. Charoen Pokphand Indonesia TBK Medan mendapatkan suplai dari PLN dengan kapasitas daya listrik 6236 KVA yang terdiri dari 5 unit transformator 1600 KVA.

Data transformator daya yang digunakan di PT.Charoen Pokphand Indonesia TBK Medan :

- Transformator Daya Merk : UNINDO, STANDARD IEC 76/SPLN-50
- Rated Capacity : 1600 KVA
- Phase : 3 Phasa
- Frequency : 50 Hz
- Impedance Voltage : 6%
- Nominal Current (A) : - Primary = 46,2 Ampere
- Secondary = 2309,4 A
- Nominal Voltage (V) : - Primary = 20000 Volt
- Secondary = 400 Volt
- Cooling System : ONAN
- Type Of Oil : Mineral – Oil
- Temperature Rise (°C) : - Oil = 60°C - Winding = 65°C
- Insulation Level : 125 kV
- Rugi Inti : 3300 W
- Rugi Tembaga : 18100 W

Tabel 4.2 Data Pada Transformator di PT. Charoen Pochand Indonesia

Nama	Volt	Arus Rata-rata /I (Ampere)	Daya Total (KW)	Cos φ	Rasio (X/R)
Transfomator 1	390	1441	827.385	0.85	6,4
Transfomator 2	390	1323	759.633	0.85	6,4
Transfomator 3	388	1200	693.540	0.85	6,4
Transfomator 4	388	1253	732.592	0.87	6,4
Transfomator 5	392	1173	720.611	0.88	6,4

4.3 Analisis Efisiensi Transformator

Berdasarkan data transformator dan data pada tabel 4.1, maka dapat di analisis nilai efisiensi pada transformator tersebut sebagai berikut :

1. Analisis efisiensi pada trafo 1

Daya Aktif

$$\begin{aligned}
 P_{out} &= V \times I \times \cos \varphi \\
 &= 390 \times 1441 \times 0,85 \\
 &= 477.691,5 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rugi total} &= \text{Rugi Inti} + \text{Rugi Tembaga} \\
 &= 3300 + 18.100 \\
 &= 21.400 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{P}{P + Pr} \times 100\% \\
 &= \frac{438.574,5}{438.574,5 + 21.400} \times 100\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{438.574,5}{459.974,5} \times 100\% \\
 &= \mathbf{95,35\%}
 \end{aligned}$$

2. Analisis efisiensi pada trafo 2

$$\begin{aligned}
 P_{(out)} &= V \times I \times \cos \varphi \\
 &= 390 \times 1323 \times 0,85 \\
 &= 438.574,5 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rugi total} &= \text{Rugi Inti} + \text{Rugi Tembaga} \\
 &= 3300 + 18.100 \\
 &= 21.400 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{P}{P + P_r} \times 100\% \\
 &= \frac{438.574,5}{438.574,5 + 21.400} \times 100\% \\
 &= \frac{438.574,5}{459.974,5} \times 100\% \\
 &= \mathbf{95,35\%}
 \end{aligned}$$

3. Analisis efisiensi pada trafo 3

$$\begin{aligned}
 P_{(out)} &= V \times I \times \cos \varphi \\
 &= 388 \times 1200 \times 0,85 \\
 &= 395.760 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rugi total} &= \text{Rugi Inti} + \text{Rugi Tembaga} \\
 &= 3300 + 18.100 \\
 &= 21.400 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\eta = \frac{P}{P + P_r} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}
 &= (395.760)/(395.760 + 21.400) \times 100\% \\
 &= 395.760/417.160 \times 100\% \\
 &= \mathbf{94,87\%}
 \end{aligned}$$

4. Analisis efisiensi pada trafo 4

$$\begin{aligned}
 P_{(out)} &= V \times I \times \cos \varphi \\
 &= 388 \times 1253 \times 0,87 \\
 &= 422.962,68 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rugi total} &= \text{Rugi Inti} + \text{Rugi Tembaga} \\
 &= 3.300 + 18.100 \\
 &= 21.400 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \eta &= P/(P + Pr) \times 100\% \\
 &= (422.962,68)/(422.962,68 + 21.400) \times 100\% \\
 &= (422.962,68)/444.362,68 \times 100\% \\
 &= \mathbf{95,18\%}
 \end{aligned}$$

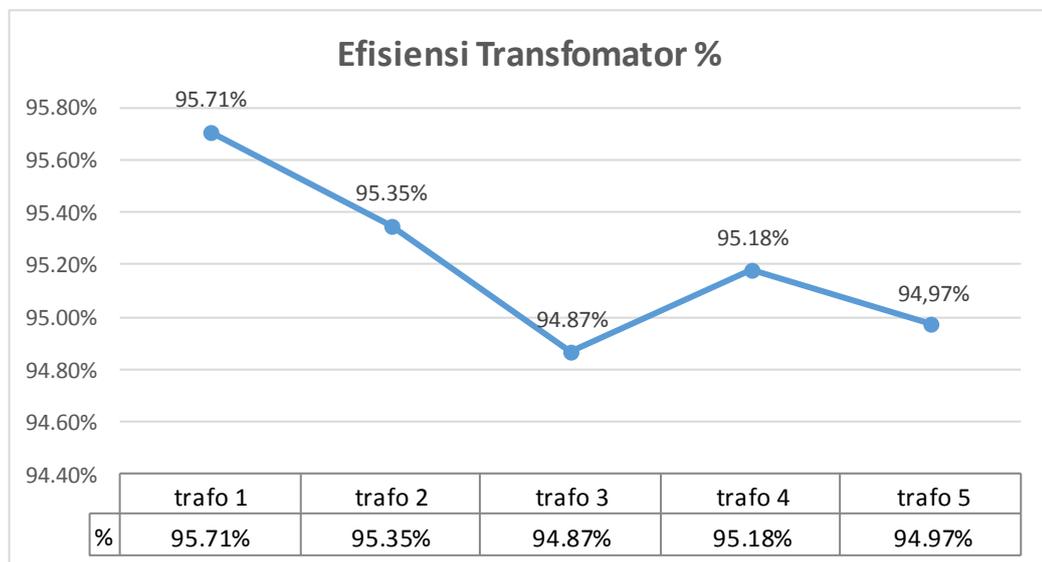
5. Analisis efisiensi pada trafo 5

$$\begin{aligned}
 P_{(out)} &= V \times I \times \cos \varphi \\
 &= 392 \times 1173 \times 0,88 \\
 &= 404.638,08 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rugi total} &= \text{Rugi Inti} + \text{Rugi Tembaga} \\
 &= 3.300 + 18.100 \\
 &= 21.400 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\eta &= P/(P + Pr) \times 100\% \\ &= 404.638,08/(404.638,08 + 21.400) \times 100\% \\ &= 404.638,08/426.038,08 \times 100\% \\ &= \mathbf{94,97\%}\end{aligned}$$

4.3.1 Grafik Penelitian Efisiensi 5 Unit Transformator



4.4.1 Gambar Grafik Efisiensi 5 Unit Transformator

Berdasarkan hasil perhitungan efisiensi trafo di atas maka dapat disimpulkan bahwa efisiensi trafo terendah terdapat pada trafo 3 yaitu sebesar **94,87%**, dan efisiensi trafo tertinggi terdapat pada trafo 1 dengan efisiensi sebesar **95,71%**.

4.4 Analisis 5 unit transformator dengan hubungan paralel

Perusahaan PT. Charoen Pokphand Indonesia TBK Medan menggunakan 5 Unit Transformator dengan kapasitas yang sama 1600 kVA, mendapatkan suplai dari PLN dengan kapasitas daya listrik 6236 kVA. Dan memiliki nilai impedansi yang sama sebesar 6%.

Berdasarkan data di atas dapat dianalisis paralel transformator dengan rasio trafo yang sama, impedansi yang sama dan kVA yang sama, sehingga dapat diketahui hasil memparalelkan ke lima unit transformator di PT Charoen Pokphand Indonesia TBK Medan :

$$\begin{aligned}
 kVA\ 1 &= kVA\ Beban \times \left(\frac{kVA\ Tf\ 1}{\%Z\ 1} \right) \\
 &: \left(\frac{kVA\ Tf\ 1}{\%Z\ 1} + \frac{kVA\ Tf\ 2}{\%Z\ 2} + \frac{kVA\ Tf\ 3}{\%Z\ 3} + \frac{kVA\ Tf\ 4}{\%Z\ 4} + \frac{kVA\ Tf\ 5}{\%Z\ 5} \right) \\
 &= 6236 \times \left(\frac{1600}{6} \right) : \left(\frac{1600}{6} + \frac{1600}{6} + \frac{1600}{6} + \frac{1600}{6} + \frac{1600}{6} \right) \\
 &= 6236 \times 266,66 : (266,66 + 266,66 + 266,66 + 266,66 + 266,66) \\
 &= 1247,17\ kVA
 \end{aligned}$$

Dari hasil di atas menunjukkan bahwa Trafo 1 akan dibebani 1247,17 kVA jika diparalel dengan trafo yang memiliki parameter paralel yang sama pada beban 6236 kVA. Dikarenakan parameter yang sama, maka trafo yang lain (trafo 2,3,4 dan 5) akan terbebani sebesar 1247,17 kVA juga.

BAB V

PENUTUP

5.1. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan pada bab IV (empat) maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil perhitungan efisiensi trafo di atas maka dapat kita simpulkan bahwa beban nominal pembebanan terhadap efisiensi transformator terendah terdapat pada trafo 3 yaitu sebesar 94,87%, dan efisiensi transformator tertinggi terdapat pada trafo 1 dengan efisiensi sebesar 95.71%.
2. Berdasarkan hasil perhitungan 5 unit transformator yang dihubungkan secara paralel dengan parameter impedansi, ratio, dan kVA yang sama maka, trafo 1 akan dibebani 1247,17 kVA jika diparalel dengan trafo yang memiliki parameter paralel yang sama pada beban 6236 kVA. Dikarenakan parameter yang sama, maka trafo yang lain (trafo 2,3,4 dan 5) akan terbebani sebesar 1247,17 kVA juga, maka dapat disimpulkan suplai kebutuhan power listrik (beban) tersebut akan dibagi rata ke masing-masing trafo.

5.2. SARAN

1. Sebaiknya transformator diperhatikan pemeliharaannya untuk tetap menjaga kondisi transformator tetap bagus.
2. Sebaiknya transformator dioperasikan dengan beban yang sesuai standart dan tidak mengoperasikan transformator dalam beban tinggi dalam waktu

yang lama, untuk menjaga kondisi transformator tetap dalam kondisi yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Anugrah, Y. dan E. Warman. 2014. *Studi penggunaan sistem pendingin udara tekanan untuk meningkatkan efisiensi transformator pada beban lebih*.
Volume 9 no.1 : 7 – 12
- Direktori listrik. *Paralel transformator dengan ratio trafo sama, impedansi sama dan KVA sama*. October 2012.
- Dunia-listrik.blogspot.com/2009/11/sinkronisasi.htm
- <https://lumbanrajateddy.wordpress.com/2012/03/07/transformator/> (7 maret 2012)
- Jhonson siburian. *Jurnal teknologi energy uda*, Volume VIII, Nomor 1, Maret 2019.
- Kadir, A. 2010. *Transformator*. Jakarta: penerbit universitas Indonesia (UI-Press).
- P.T. PLN (Persero). 2014. *Buku pedoman pemeliharaan transformator tenaga*. Jakarta : P.T PLN (Persero).
- Sulistiyono, Haris Nur Azis, *Analisis pengaruh masa operasional terhadap penurunan kapasitas transformator distribusi PT PLN (PERSERO)* (1 Januari 2017)
- Wijaya, M. 2001. *Dasar – dasar mesin listrik*. Jakarta : Djambatan.
- Zuhal. 1988. *Dasar teknik tenaga listrik dan elektronika daya*. Jakarta : Gramedia pustaka umum.



**CHAROEN
POKPHAND
INDONESIA PT.**
A tradition of quality

Medan, 31 Januari 2020

Nomor : 012/PGA/CPI-KIM/I/2020
Lamp. : --
Hal : Izin Pengambilan Data

Kepada Yth.
Bapak Dekan Fakultas Teknik
Universita Muhammadiyah Sumatera Utara
MEDAN

Dengan hormat,

Membalas Surat No. 181/II.3-AU/UMSU-07/F/2020 mengenai permohonan izin pengambilan data untuk penulisan tugas akhir yang berjudul "*Analisis Efisiensi Pada 5 Unit Transformator di PT Charoen Pokphand Indonesia, Tbk.*" mahasiswa an.:

Nama : Muhammad Fahri
NPM : 1507220106
Semester : X (Sepuluh)
Jurusan : Teknik Elektro

Managemen Perusahaan *mengizinkan* mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tersebut diatas untuk melaksanakan pengambilan data pada PT. Charoen Pokphand Indonesia, Tbk. terhitung sejak tanggal 03 Februari 2020 s/d 28 Februari 2020.

Demikian hal ini kami sampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.

Hormat kami,

SURYANI PANE
Pers. & GA Manager

 **A member of the CP Group**

Jl. Pulau Sumbawa No. 5 Kawasan Industri Modern II
Mabar 20242 - Indonesia
Phone : (061) 6852288 (hunting)



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan Sumatera Utara 20238 Indonesia

Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir (Skripsi)

Nama : MUHAMMAD FAHRI
NPM : 1507220106
Judul Tugas Akhir : ANALISIS EFISIENSI 5 UNIT
TRANSFOMATOR DI PT. CHAROEN POKPHAND
INDONESIA

No	Tanggal	Catatan	Paraf	
1	22-2-2020	1. Abstract 2. Di semua Daftar 3. Tujuan no 2. ? 4. sumber Photo 5. Simbolkan semua bus & bus & bus terhadap tujuan penelitian.	zh	
		- Abstract	zh	
		- One line diagram cara kerja	zh	
		- Daftar pustaka. min 15.	zh	
		- Kesimpulan no 2 di projekas	zh	
	03-02-20	Ace Seminar	zh	

Pembimbing I

Dr. M. Fitra Zambak, ST., M.Sc.



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan Sumatera Utara 20238 Indonesia

Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir (Skripsi)

Nama : MUHAMMAD FAHRI
NPM : 1507220106
Judul Tugas Akhir : ANALISIS EFISIENSI 5 UNIT
TRANSFORMATOR DI PT. CHAROEN POKPHAND
INDONESIA

No	Tanggal	Catatan	Paraf
1.	10-10-2019	Rumusan Masalah Tugasan Penelitian	f
2.	18-11-2019	Latar belakang - penelitian yang relevan Jurnal	f
3.	20-01-2020	- Penulisan	f
4.	23-01-2020	- Parameter dari Sinkronisasi.	f
5.	29-01-2020	- Kesimpulan	f
6.	2-02-2020	- Analisis data/parameter	f
7.	17-02-2020	- Perhitungan, Impedansi dipelajari	f
8.	2-02		
9.	2-03-2020	- Perhitungan arus tigo dipelajari	f

- Ace Seminar (pelajar lebih mendalam)

Pembimbing N

Elvy Sahnur Nasution, ST, M.Pd