

TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGARUH RUGI - RUGI TOTAL AKIBAT PEMBEBANAN TERHADAP TEMPERATURE DAN EFISIENSI TRANSFORMATOR DISTRIBUSI (DI PT. MORAWA ELEKTRIK TRASBUANA, TANJUNG MORWA)

*Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-Tugas dan Sebagai Persyaratan Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik (S.T) Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Oleh:

MUHAMMAD DERIANSYAH LUBIS
1507220079



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2019**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Deriansyah Lubis

NPM : 1507220079

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : ANALISIS PENGARUH RUGI – RUGI TRAF0 PADA SAAT
PENGUJIAN BERBEBAN TERHADAP TEMPERATURE
DAN EFISIENSI TRANSFORMATOR DISTRIBUSI

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, 15 Maret 2019

Mengetahui dan Menyetujui :

Dosen Pembimbing I

(Ir. Zul Arsil Siregar)

Dosen Pembimbing II

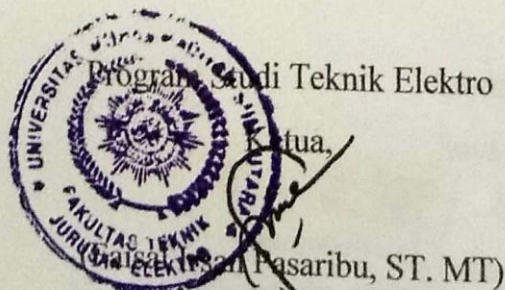
(Zulfikar, ST. MT)

Dosen Pembimbing/Penguji I

(Rohana, ST. MT)

Dosen Pembimbing/Penguji II

(Indra Roza, ST. MT)



SURAT PERNYATAAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Lengkap : Muhammad Deriansyah Lubis
Tempat/Tanggal Lahir : Tebing Tinggi 14 September 1996
NPM : 1507220079
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul :

"ANALISIS PENGARUH RUGI – RUGI TRAFKO PADA SAAT PENGUJIAN BERBEBAN TERHADAP TEMPERATURE DAN EFISIENSI TRANSFORMATOR DISTRIBUSI"

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 orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim fakultas yang dibentuk untuk verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

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, Maret 2019

Saya yang menyatakan



M. Deriansyah Lubis

ABSTRAK

Besar temperatur belitan pada sisi primer dan sekunder dipengaruhi oleh beban nominal yang ada didalam transformator tersebut, karena dalam pengujian transformator beban yang diberikan adalah beban nominal. Sehingga dapat ditentukan nilai tahanan panas pada transformator dengan menggunakan grafik untuk mendapatkan nilai temperatur belitan pada transformator tersebut pada beban nominal. Dalam pengujian temperature rise, temperatur ruang dan temperatur pada radiator sangat penting untuk menentukan temperatur akhir pada transformator distribusi. Pada penelitian ini didapat nilai temperatur belitan pada sisi primer sebesar 28,08°C dan nilai temperatur belitan pada sisi sekunder adalah sebesar 30,39°C. Pada saat pengujian beban nol tidak terdapat rugi – rugi pada belitan, sehingga temperature pada belitan sama dengan nol. Sedangkan pada saat pengujian berbeban didapat rugi – rugi pada belitan sebesar 2270 watt, dan temperature rata- rata belitan di sisi primer sebesar 28,08°C dan disisi sekunder sebesar 30,39°C. Dari pengujian beban nol dan berbeban dapat di ambil kesimpulan bahwa beban adalah salah satu faktor yang sangat berpengaruh terhadap temperature belitan rata – rata pada transformator. Besar efisiensi pada transformator tersebut adalah 97,96%, dihitung pada beban nominal yang ada pada transformator tersebut.

Kata kunci : Transformator, Temperature Belitan, Efisiensi.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr.wb

Puji syukur kehadiran ALLAH SWT atas rahmat dan karunianya yang telah menjadikan kita sebagai manusia yang beriman dan insya ALLAH berguna bagi semesta alam. Shalawat dan salam kita sampaikan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad.SAW yang mana beliau adalah suri tauladan bagi kita semua dan telah membawa kita dari zaman kebodohan menuju zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Tulisan ini dibuat sebagai tugas akhir untuk memenuhi syarat dalam meraih gelar sarjana pada Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun judul tugas akhir ini adalah “***Analisis Pengaruh Pembebanan Terhadap Temperature Dan Efisiensi Transformator Distribusi Di PT. Morawa Elektrik Transbuana, Tanjung Morawa.***”

Selesaiannya 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. Ayahanda dan Ibunda, yang dengan cinta kasih dan sayang setulus jiwa mengasuh, mendidik dan membimbing dengan segenap ketulusan hati tanpa mengenal kata lelah sehingga penulis bisa seperti saat ini.
2. Bapak Munawar Alfansury siregar, S.T, M.T, Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T, Selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro.

4. Bapak Ir. Zul Arsil Siregar Selaku Dosen Pembimbing I dalam penyusunan tugas akhir ini.
5. Bapak Zulfikar, S.T, M.T, Selaku Pembimbing II Dalam Penyelesaian Tugas Akhir Ini.
6. Bapak dan Ibu Dosen di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Karyawan Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Teman-teman Seperjuangan Fakultas Teknik, Khususnya TEKNIK ELEKTRO A-1 Pagi 2015 yang selalu memberi dukungan dan motivasi kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini disebabkan keterbatasan kemampuan penulis, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik & 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.

Wassalamu'alakum wr.wb

Medan, Februari 2019

Penulis

MUHAMMAD DERIANSYAH LUBIS

1507220079

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penulisan.....	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Manfaat.....	3
1.6. Metode Penulisan.....	3
1.7. Sistematika Penulisan.....	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka Relevan	6
2.2. Landasan Teori	7
2.3. Bagian – Bagian Transformator.....	9
2.3.1. Kumparan Transformator	10
2.3.2. Inti Besi.....	11
2.3.3. Bushing.....	11
2.3.4. Tangki.....	15

2.3.5. Minyak Transformator.....	17
2.3.6. Tap Changer.....	18
2.3.7. Sistem Pendingin Transformator	20
2.3.8. Isolasi Belitan Transformator	22
2.3.9. Peralatan Proteksi	22
2.4. Hubungan Belitan Transformator	26
2.4.1. Hubungan Bintang.....	27
2.4.2. Hubungan Delta	27
2.4.3. Hubungan Zig – Zag	28
2.5. Rangkaian Transformator Dengan Beban	29
2.6. Rangkaian Transformator Tanpa Beban	30
2.7. Temperatur Transformator	33
2.8. Rugi – Rugi Transformator	34
2.8.1. Rugi Besi	34
2.8.2. Rugi Tembaga	35
2.9. Efisiensi Transformator.....	36

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat Penelitian	38
3.2. Peralatan Penelitian.....	38
3.3. Pengujian Temperatur Rise Pada Transformator.....	42
3.4. Data Penelitian	44
3.5. Flowchart Penelitian	46

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Temperatur Transformator.....	47
4.2. Analisis Efisiensi Transformator	49
4.3. Grafik Hasil Penelitian	50

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan.....	51
5.2. Saran.....	52

DAFTAR PUSTAKA.....	53
----------------------------	-----------

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2.1 Macam – macam pendingin tranfo	21
Tabel 2.2 Standar temperature pada klas isolasi.....	22
Tabel 3.1 Data pengujian temperature rise.....	44
Tabel 3.2 Data Resistance	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1 Dua tipe inti transformator (a) tipe inti (b) tipe cangkang	8
Gambar 2.2 Elektromagnetik Pada Transformator	9
Gambar 2.3 Gambar Bagian – Bagian Utama Transformator	10
Gambar 2.4 Belitan Transformator	10
Gambar 2.5 Inti Besi	11
Gambar 2.6 Bushing	12
Gambar 2.7 Bagian – Bagian Bushing	13
Gambar 2.8 Kertas Isolasi Bushing	14
Gambar 2.9 Konservator	15
Gambar 2.10 Silica Gel	16
Gambar 2.11 Konstruksi Konservator Dengan Rubber Bag	16
Gambar 2.12 Dehydrating Breather	17
Gambar 2.13 Minyak Transformator	18
Gambar 2.14 Diverter Switch (1) Selektor Switch (2)	19
Gambar 2.15 Kontak Switching Pada Diverter	20
Gambar 2.16 Radiator	21
Gambar 2.17 Conventional Transformers	24
Gambar 2.18 Completely Self-Protecting (csp) Transformers	25
Gambar 2.19 Completely Self-Protecting for Secondary Banking (cspb) Transformers	26
Gambar 2.20 Kumparan hubungan bintang	27
Gambar 2.21 Kumparan Hubungan Delta	28
Gambar 2.22 Kumparan Hubungan Zigzag	28
Gambar 2.23 Keadaan Transformator berbeban	29

Gambar 2.24 Keadaan Transformator Tanpa beban	31
Gambar 3.1 Induction voltage regulator	39
Gambar 3.2 Power Analyzer	39
Gambar 3.3 Thermometer	40
Gambar 3.4 Winding Resistance Meter	40
Gambar 3.5 Kabel Penghubung	41
Gambar 3.6 Plat Tembaga	41
Gambar 3.7 Rangkaian Pengujian	42

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk dan perkembangan industri sangat berkembang pesat begitu pula dengan kebutuhan listrik yang juga meningkat, sehingga di butuhkan pendistribusian tenaga listrik yang optimal agar kebutuhan tersebut terpenuhi dan di butuhkan peralatan yang handal untuk melayani beban – beban yang berubah – ubah. Untuk memenuhi kebutuhan dan pendistribusian terdapat sebuah komponen penting yang harus ada dalam setiap pendistribusian yaitu transformator. Dalam pendistribusian energi listrik terdapat dua jenis transformator yaitu transformator step up untuk menaikkan tegangan dan transformator step down untuk menurunkan tegangan.

Oleh karena 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 diperhatikan agar penggunaannya tetap efisien. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kondisi transformator yaitu temperature dan pembeban.

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.

Berdasarkan uraian di atas maka di perlukan analisis tentang pengaruh pembebanan terhadap temperature transformator untuk menjaga kondisi dan kinerja transformator tetap optimal dan efisien pada saat digunakan.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana pengaruh beban nominal terhadap temperatur belitan transformator?
2. Bagaimana beban nominal pembebanan terhadap efisiensi transformator?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penulisan tugas akhir adalah sebagai berikut :

1. Untuk menganalisis pengaruh beban nominal terhadap temperatur belitan transformator.
2. Untuk menganalisis pengaruh beban nominal terhadap efisiensi transformator.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah ini meliputi sebagai berikut :

1. Pembahasan hanya menganalisa pengaruh beban nominal saat pengujian terhadap temperatur belitan transformator.
2. Pembahasan hanya menganalisa pengaruh beban nominal saat pengujian terhadap efisiensi transformator.

3. Data yang digunakan merupakan data dari PT. Morawa Elektrik Transbuana.

1.5 Manfaat Penulisan

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

1. Mengetahui bagaimana pengaruh pembebanan terhadap temperatur belitan transformator.
2. Mengetahui bagaimana pengaruh pembebanan terhadap efisiensi dari transformator.
3. Mengetahui cara perhitungan nilai temperatur belitan dan efisiensi pada transformator pada beban nominal.

1.6 Metodologi Penelitian

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

1. Studi Literatur/Pustaka

Pada tahapan ini dilakukan pedalaman materi untuk menyelesaikan masalah yang dirumuskan, selain itu juga dilakukan studi literature dan jurnal yang mendukung penelitian. Studi literatur 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. Dengan menggunakan tanya jawab secara langsung terhadap pejabat instansi terkait/ataupun karyawan untuk mendapatkan data penelitian yang diperlukan.

3. Riset

Riset/Pengambilan data dilakukan penulis guna untuk melengkapi berbagai macam data- data dari tulisan yang akan diselesaikan 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 didalam penulisan.

1.7 Sistematika Penulisan

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

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 kasus 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 Standard 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 yaitu transformator 1 dan transformator 2. Analisis efisiensi yang didapat pada transformator 1 saat beban tertinggi siang 99,42% dan saat beban tertinggi malam 99,44%, sedangkan saat beban terendah

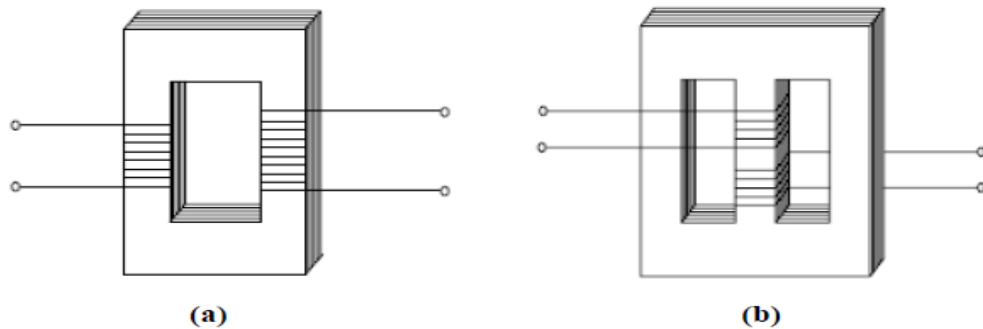
siang 99,43% dan saat beban terendah malam 99,42%. Adapun untuk transformator 2 saat beban tertinggi siang 99,41% dan saat beban tertinggi malam 99,41%, sedangkan saat beban terendah siang 99,37% dan saat terendah malam 99,41%. (Yohanes, 2014)

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 tergabung secara magnetik melalui inti. Kumparan – kumparan itu tidak tergabung 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.



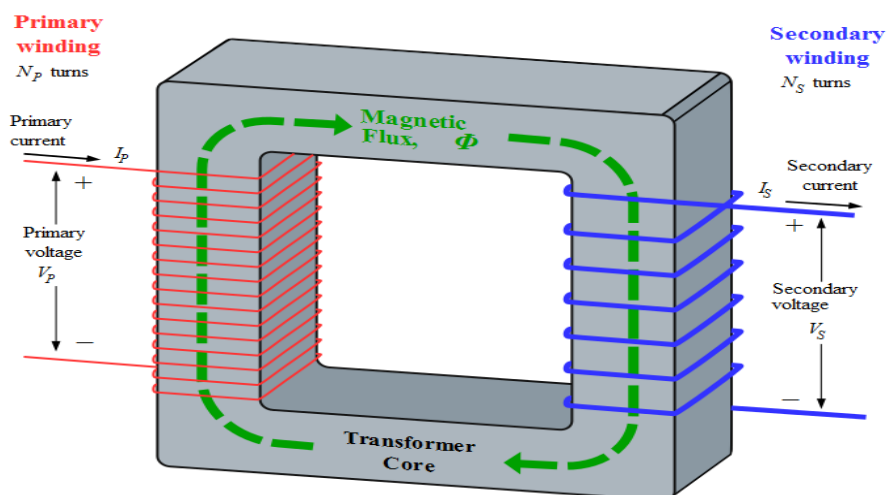
Gambar 2.1 Dua tipe inti transformator (a) tipe inti (b) tipe cangkang

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

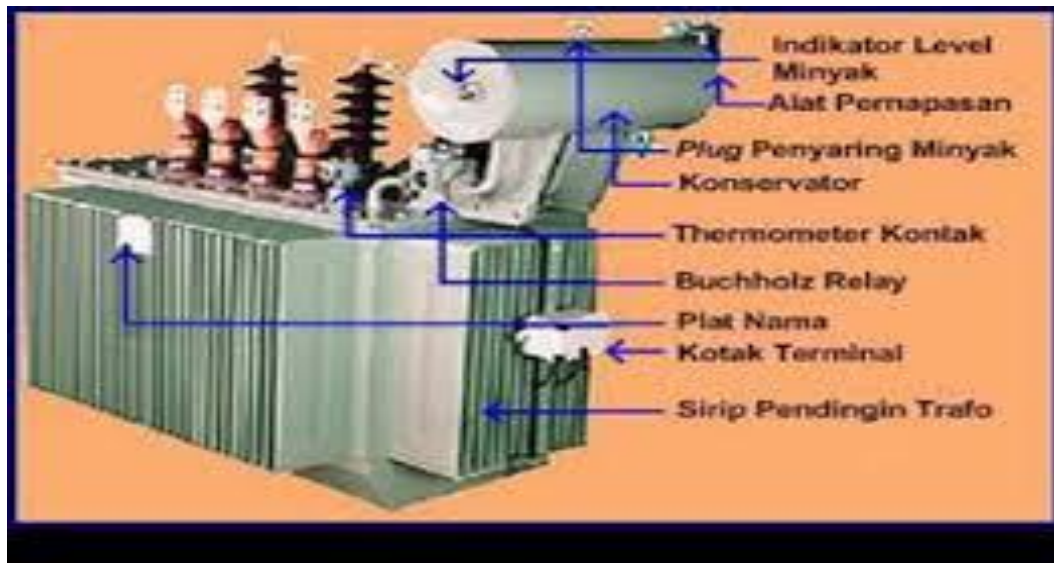
Transformator merupakan peralatan statis dimana rangkaian magnetik dan belitan yang terdiri dari 2 atau lebih belitan, secara induksi elektromagnetik, mentransformasikan daya (arus dan tegangan) sistem AC ke sistem arus dan tegangan lain pada frekuensi yang sama (IEC60076 -1 tahun 2011). Trafo menggunakan 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 flux magnet yang mengalir melalui inti besi yang terdapat diantara dua belitan, flux 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

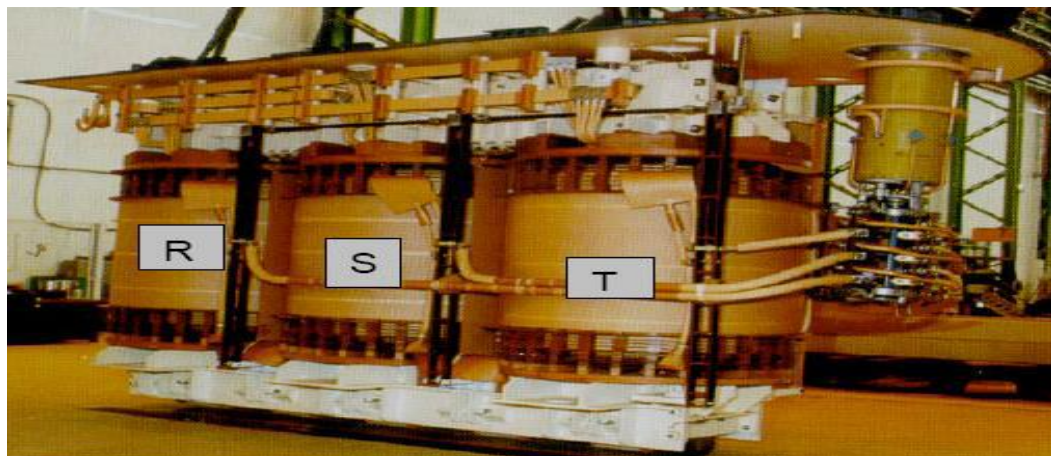
Bagian – bagian utama pada transformator adalah sebagai berikut :



Gambar 2.3 Gambar Bagian – Bagian Utama Transformator

2.3.1. Kumparan Transformator

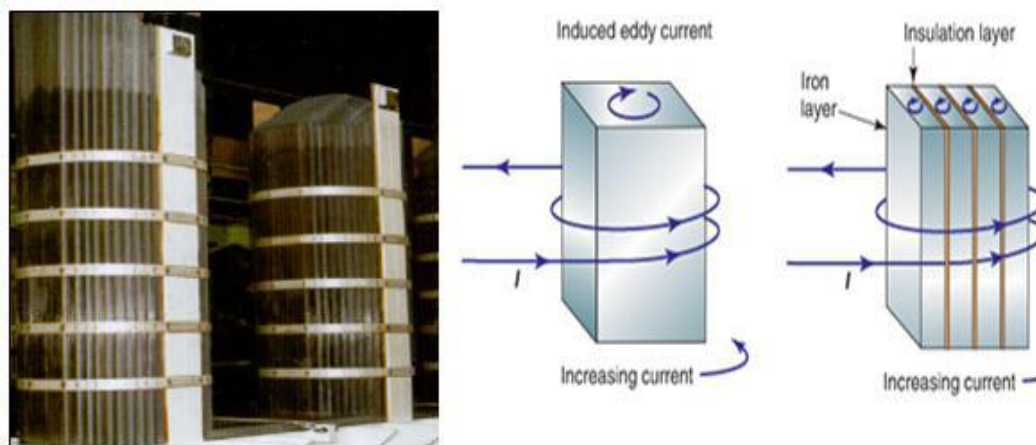
Belitan terdiri dari batang tembaga berisolasi yang mengelilingi inti besi, dimana saat arus bolak balik mengalir pada belitan tembaga tersebut, inti besi akan terinduksi dan menimbulkan flux magnetik.



Gambar 2.4 Belitan Transformator

2.3.2. Inti Besi

Inti besi digunakan sebagai media mengalirnya flux 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

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

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:

- Resin Bonded Paper (RBP)

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

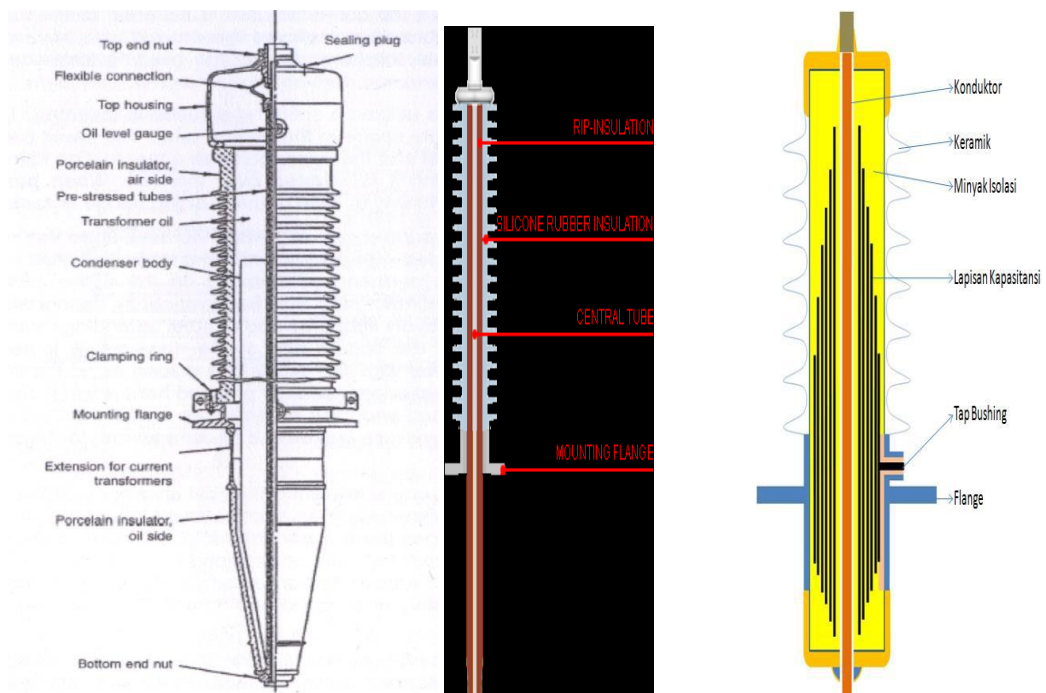
- Oil Impregnated Paper (OIP)

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

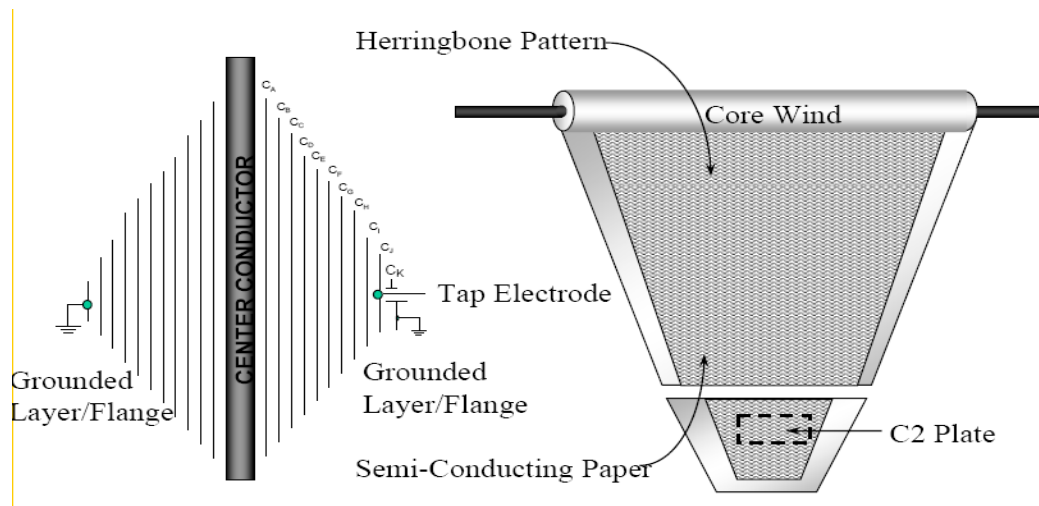
- Resin Impregnated Paper (RIP)

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.



Gambar 2.8 Kertas Isolasi Bushing

b. Bushing Non-kondenser

Bushing non kondenser umumnya digunakan pada tegangan rating 72,5 kV ke bawah. Media isolasi utama bushing non-kondenser adalah isolasi padat 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. Asesoris

Asesoris 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.



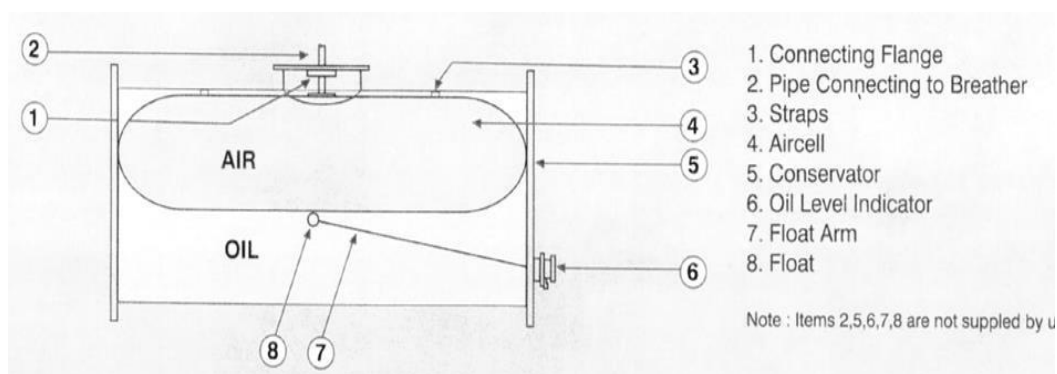
Gambar 2.9 Konservator

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

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).

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

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, naphthanik 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

2.3.6. Tap Changer

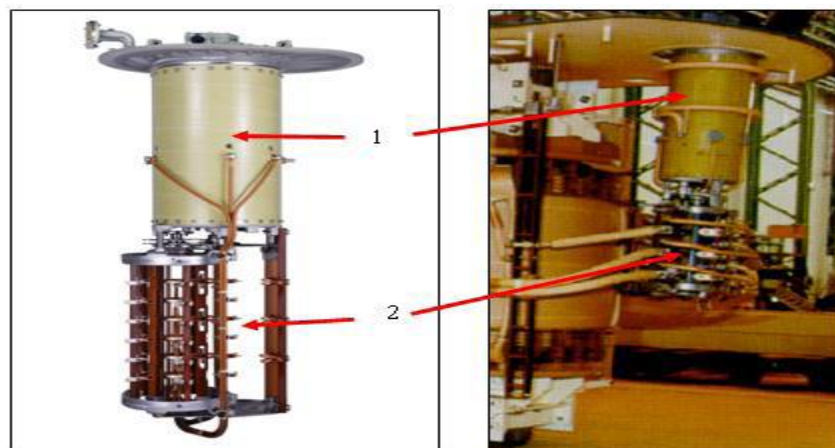
Kestabilan tegangan dalam suatu jaringan merupakan salah satu hal yang dinilai sebagai kualitas tegangan. Trafo dituntut memiliki nilai tegangan output yang stabil sedangkan besarnya tegangan input tidak selalu sama. Dengan mengubah banyaknya belitan sehingga dapat merubah ratio antara belitan primer 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:

- Selector Switch
- Diverter Switch
- Tahanan transisi

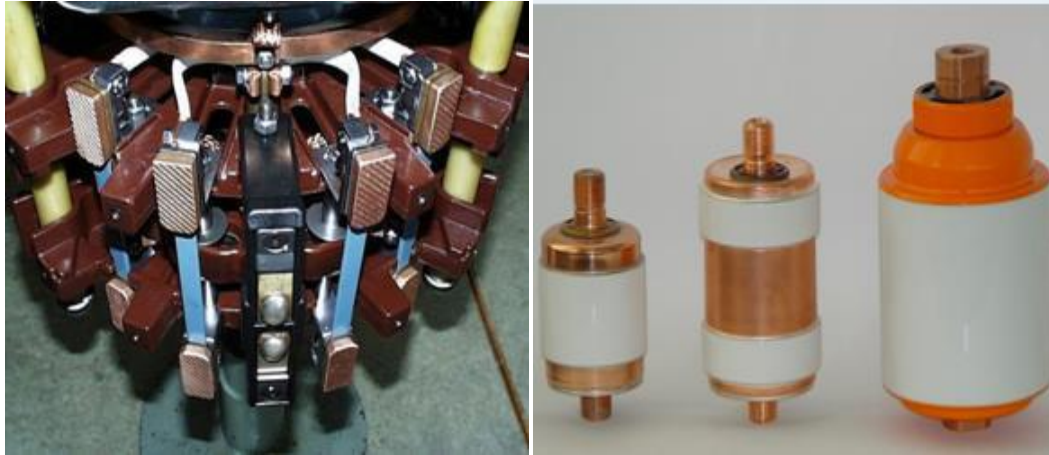
Dikarenakan aktifitas tap changer lebih dinamis dibanding dengan belitan utama dan inti besi, maka kompartemen antara belitan utama dengan tap changer dipisah. Selector switch merupakan rangkaian mekanis yang terdiri dari terminal terminal untuk menentukan posisi tap atau ratio belitan primer. Diverter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

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.



(a)

(b)

Gambar 2.15 Kontak Switching Pada Diverter Dengan Media Pemadaman Minyak (a) Kontak Switching Pada Diverter Dengan Media Pemadaman Vaccum (b).

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

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

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:

- Kekuatan mekanis yang baik
- Kekuatan dielektrik yang tinggi
- Tidak larut dalam minyak transformator

Tabel 2.2 Standar Temperature Rise Pada Klas Isolasi

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 golongan menjadi dua kelompok jenis pengaman, yaitu :

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

Gangguan – gangguan yang terjadi misalnya berupa :

- Terjadinya arus lebih karena arus hubung singkat atau beban lebih,
- Terjadinya hubungan tanah,
- Terjadinya gangguan di dalam transformator,
- 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 terlampaui mahal untuk daya terpasang yang tidak begitu besar ini. Sebaliknya transformator – transformator daya yang besar – besar 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.

- Proteksi Transformator Distribusi

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

- 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

- 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

- 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

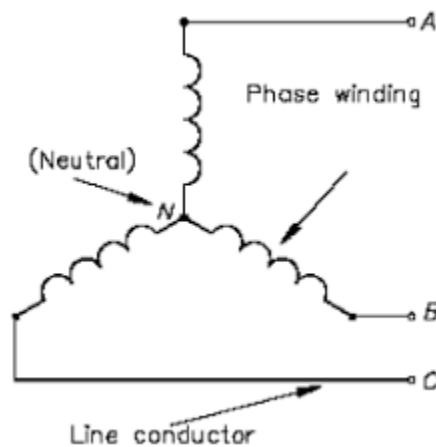
2.4. Hubungan Belitan Transformator

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

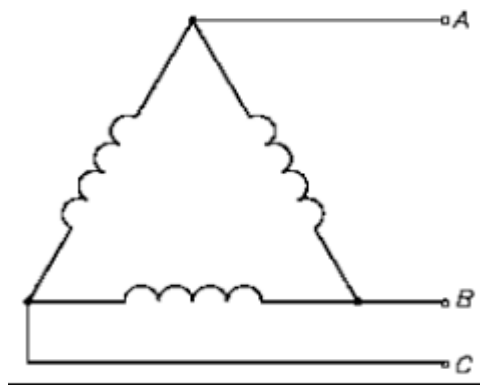
Pada hubungan bintang tiga ujung bersamaan dari ketiga kumparan dihubungkan pada apa yang dinamakan titik bintang. Simbol untuk sisi tegangan tingginya adalah Y (dengan huruf kapital), dan y untuk sisi tegangan rendahnya dengan huruf kecil.



Gambar 2.20 Kumparan hubungan bintang

2.4.2. Hubungan Delta

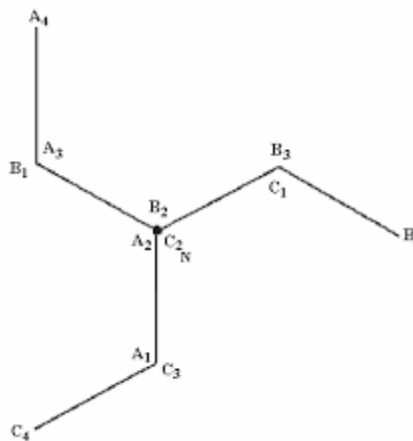
Dalam hubungan delta (segitiga) tiap ujung kumparan disambung pada ujung yang berlainan kumparan berikutnya, sehingga terbentuk semacam segitiga. Simbol untuk hubungan ini adalah D untuk sisi tegangan tinggi, dan d untuk sisi tegangan rendah transformator.



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 :

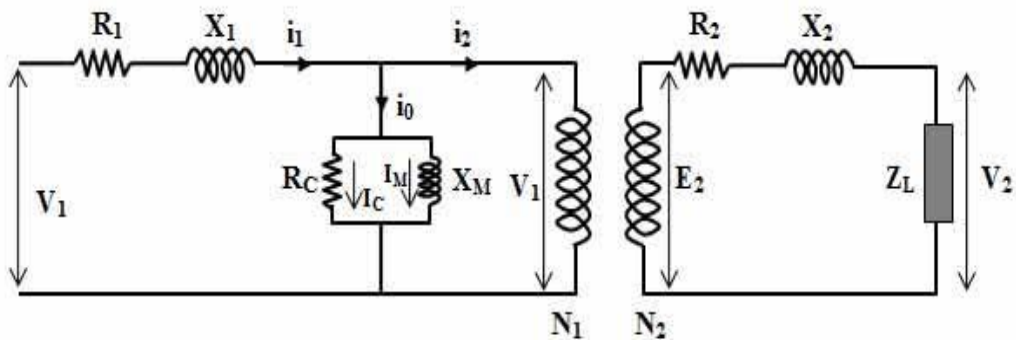
$$I_2 = \frac{V_2}{Z_L} \dots\dots\dots(2.1)$$

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_2I_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 $N_1 I_2 = N_2 I_2$

Karena nilai I_m dianggap kecil, maka $I_2' = I_1$.

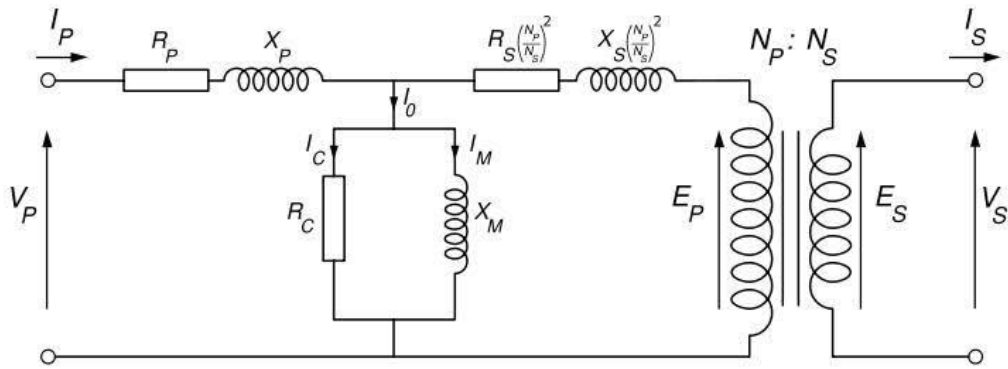
Jadi, $N_1 I_1 = N_2 I_2$

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 berbeban

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 :

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

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 :

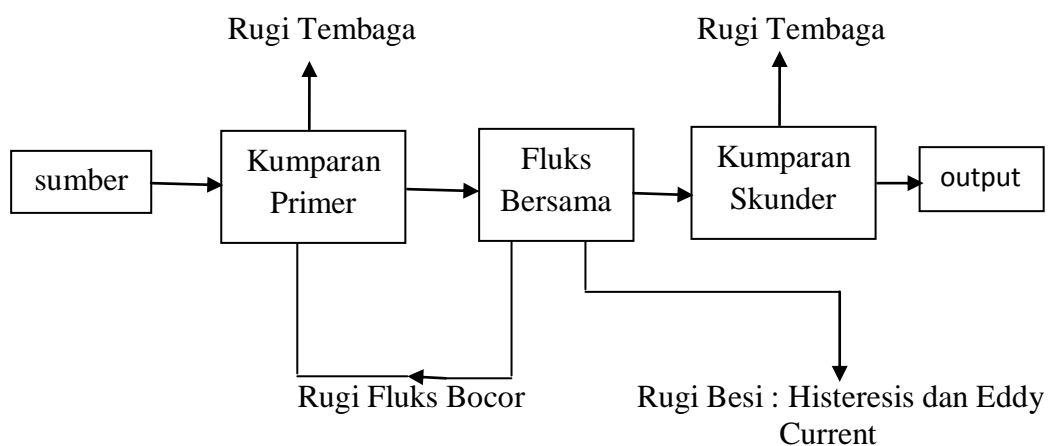
$$\theta = \frac{R_2}{R_1} (234,5 + t_1) - (234,5 + t_2) \dots \dots \dots (2.12)$$

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 :

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

Keterangan :

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

S : Beban Trafo (VA)

S_r : Kapasitas Trafo (VA)

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

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

- 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)

- 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)

BAB III

METODOLOGI 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. MORAWA ELECTRIC TRANSBUANA, Jl. Raya Medan – Tg. Morawa Km 20,5 Sumatera - Indonesia, mulai dari tanggal 17 Desember 2018 sampai dengan 22 Desember 2018. data yang dikumpulkan adalah data transformator distribusi di PT. MORAWA ELECTRIC TRANSBUANA. Metode pengolahan data dilakukan secara perhitungan manual.

3.2. Peralatan Percobaan

Dalam melakukan pengujian / percobaan ini digunakan peralatan - peralatan yang tersedia di Departemen Quality Control PT. MORAWA ELECTRIC TRANSBUANA, Tanjung Morawa. Peralatan-peralatan tersebut adalah :

- Transformator Iv_r (Induktion Voltage Regulator)

Alat ini berfungsi untuk mengatur tegangan pada test karakteristik transformator.



Gambar 3.1 Induction voltage regulator

➤ Digital Power Analyzer

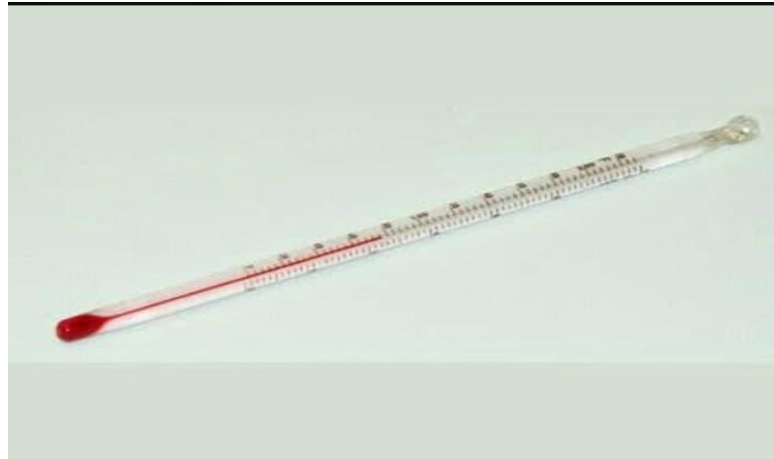
Alat ini berfungsi sebagai alat ukur tegangan, arus, daya, dan frekuensi test, dan dapat menampilkannya dalam bentuk digital.



Gambar 3.2 Power Analyzer

➤ Termometer

Alat ini berfungsi untuk mengukur suhu.



Gambar 3.3 Termometer

➤ Transformer Winding Resistance Meter

Alat ini digunakan untuk mengukur resistansi lilitan transformator, alat ini dapat mengukur resistansi secara akurat dengan range dari satu mikro ohm sampai ratusan ohm.



Gambar 3.4 Winding Resistance Meter

➤ Kabel Penghubung

Sebagai penghubung antar peralatan dan transformator.



Gambar 3.5 Kabel Penghubung

➤ Kopel Plat Tembaga

Sebagai penghubung antar terminal sekunder.



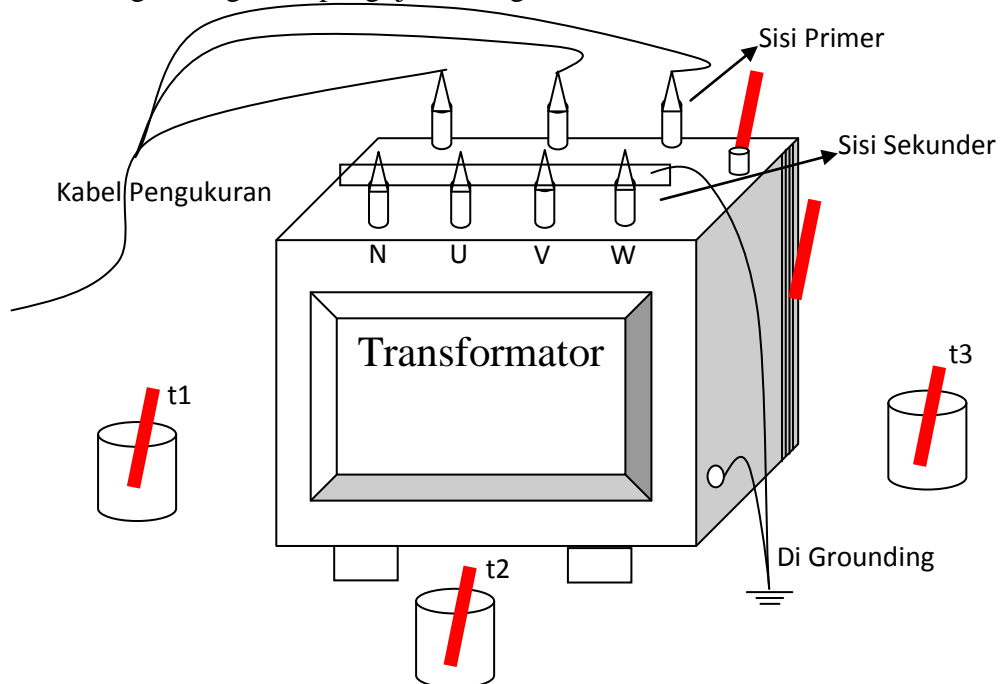
Gambar 3.6 Plat Tembaga

3.3. Pengujian Temperature Rise

Objek pengujian yang digunakan dalam percobaan ini adalah transformator distribusi. Transformator yang diuji dalam percobaan dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Trafo 3 phasa
- Kapasitas 250 kVA
- Rated tegangan 20.000 Volt / 400 Volt
- Frekuensi 50 Hz
- Arus Nominal : 7,22 Amp
- Belitan Teg.Tinggi (HV) = $20 \text{ kV} \pm 2 \times 5\%$; Teg.Rendah (LV) = 231 / 400V
- Hubungan : Dyn 5

Dengan rangkaian pengujian sebagai berikut :



Gambar 3.7 Rangkaian Pengujian

Prosedur pengujian temperature rise adalah sebagai berikut :

1. Rangkaian dibuat seperti gambar.
2. Siapkan thermometer sebagai alat untuk mengukur temperatur minyak dan temperatur sirip radiator.
3. Pengujian beban nol, untuk mengetahui rugi – rugi inti.
4. Pengujian berbeban, untuk mengetahui rugi – rugi tembaga.
5. Ukur tahanan kumparan primer dan sekunder sebelum dibebani.
6. Sisi primer atau tegangan rendah dihubung singkat dengan kopel tembaga.
7. Tegangan pada sisi primer atau tegangan tinggi dihubungkan, secara perlahan – lahan tegangan dinaikan sampai arus hubung singkat mencapai nominal.
8. Suplay rangkaian sampai dengan total rugi – rugi.
9. Kondisi langkah 7 dipertahankan sampai suhu trafo jenuh (untuk mengetahui suhu trafo jenuh, kenaikan suhu minyak tidak berubah minimal 1°).
10. Setelah transformator jenuh, diturunkan sesuai arus nominalnya (sesuai dengan trafo yang diuji). Dan dipertahankan selama 1 jam.
11. Catat suhu minyak, suhu ruang, suhu dinding radiator.
12. Lakukan percobaan 1- 10 untuk mendapatkan hasil paling akurat. Dalam pengujian ini dilakukan selama ± 10 jam.
13. Mengukur tahanan primer dan sekunder dengan transformer winding resistance meter.
14. Catat tahanan primer dan sekunder dengan penurunan waktu setiap $\frac{1}{2}$ menit atau 30 detik.
15. Selesai.

3.4. Data Percobaan

Data yang diambil dalam penyelesaian tugas akhir ini menggunakan data – data yang di peroleh dari PT. MORAWA ELECTRIC TRANSBUANA, Tanjung Morawa, adapun data – data pengujiannya adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1 Data Pengujian Temperature Rise

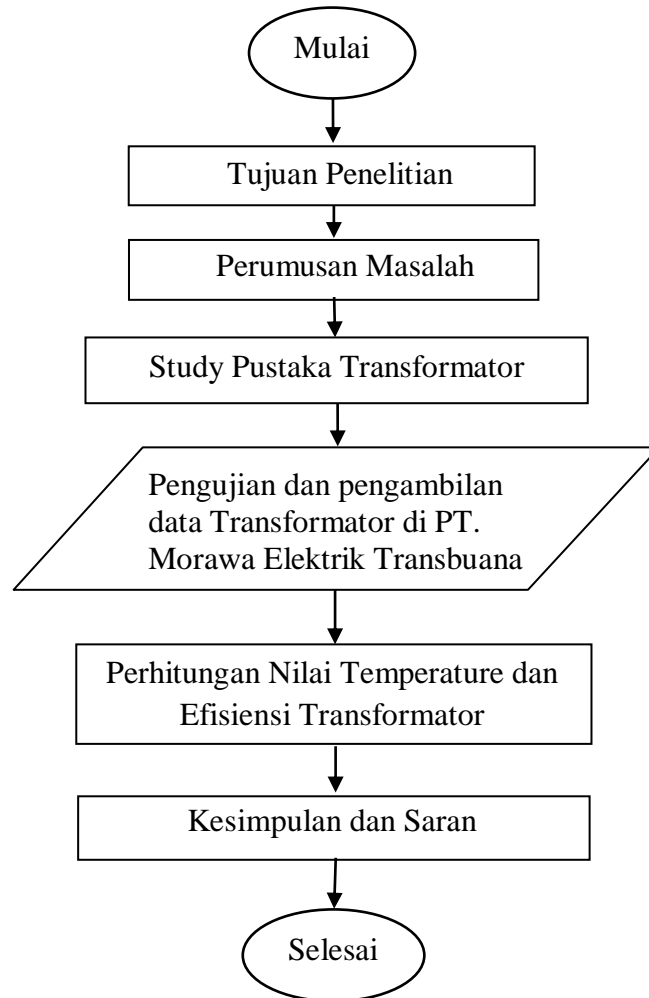
Kapasitas Transformator : 250 KVA											
Tegangan Primer / Skunder : 20 KV						231/400 Volt					
Arus Primer/Skunder : 7,22 A						360,8 A					
Hubungan Belitan : Dyn 5											
Cos ϕ : 0,9											
Rugi Inti : 432 W											
Rugi Tembaga : 2270 W											
Kenaikan Temperature : - Minyak : 50°C											
- Belitan : 55°C											
Sistem Pendingin : ONAN											
Waktu Pengujian (jam)	Temperature						Ave ambient (°C)	Top oil rise (°C)	Arus (A)	Tegangan (V)	K input (Watt)
	Top Oil (°C)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	T ₃ (°C)	Radiator						
					Top (°C)	Bott Om (°C)					
19.00	30	29	29	29	29,1	28			8,5	890	
22.00	48,5	28	28	28	37	32,5			8,1	820	
23.00	51,5	28	28	28	38,5	33			8,1	820	
24.00	52	28	28	28	40	34			8,1	820	
01.00	52,5	27,5	27,5	27,5	41	34,5					
02.00	53	27	27	27	42	35			8,1	820	
03.00	54	27	27	27	41,5	35					
04.00	55	27	27	27	42	35,5			8,1	820	
05.00	56	27	27	27	42	35					
06.00	55,5	26	26,5	26,5	42	35					
07.00	56	26	26	26,5	41	35,5			8,1	820	
08.00	56	27	27	27,5	41	34	27,2	28,8	8,1	820	
09.00	56	28	28	28	41	34	28	28	8,1	830	
10.00	57	29	29,5	29	42	35	29,2	27,8			
10.30	57,5	29,5	30	30	43	36	29,8	27,7			
Memasukan nilai arus nominal											
11.30	56,5	30,5	31	31	43	36			7,22	750	2280
Selesai											

Tabel 3.2 Data Resistance

Primer		Skunder	
Tahanan (ohm)	Waktu	Tahanan (ohm)	waktu
16,741	2 min	0,0037873	2 min
16,702	3 min	0,0037794	3 min
16,662	4 min	0,0037732	4 min
16,625	5 min	0,0037663	5 min
16,591	6 min	0,0037600	6 min
16,560	7 min	0,0037545	7 min
16,534	8 min	0,0037495	8 min
16,506	9 min	0,0037448	9 min
16,482	10 min	0,0037400	10 min
16,459	11 min	0,0037355	11 min
16,438	12 min	0,0037325	12 min
16,416	13 min	0,0037292	13 min
	14 min		14 min
	15 min		15 min
	16 min		16 min

3.4. Flowchart Penelitian

Adapun diagram alir dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :



BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini penulis akan menganalisis pengaruh pembebanan transformator terhadap temperature belitan dan efisiensi pada transformator tersebut. Untuk mengetahui berapa besar temperature rata - rata pada belitan primer dan sekunder pada beban nominal. Serta untuk mengetahui besar efisiensi transformator tersebut pada beban nominal.

4.1. Analisis Pengujian Beban Nol Dan Berbeban

Pada pengujian beban nol di masukan tegangan sebesar 400 volt sebagai tegangan masukan dalam pengujian beban nol tersebut, sehingga dapat terukur rugi beban nol dengan alat ukur yang bernama digital power analyzer sebesar 0,432 Kw atau 432 watt.

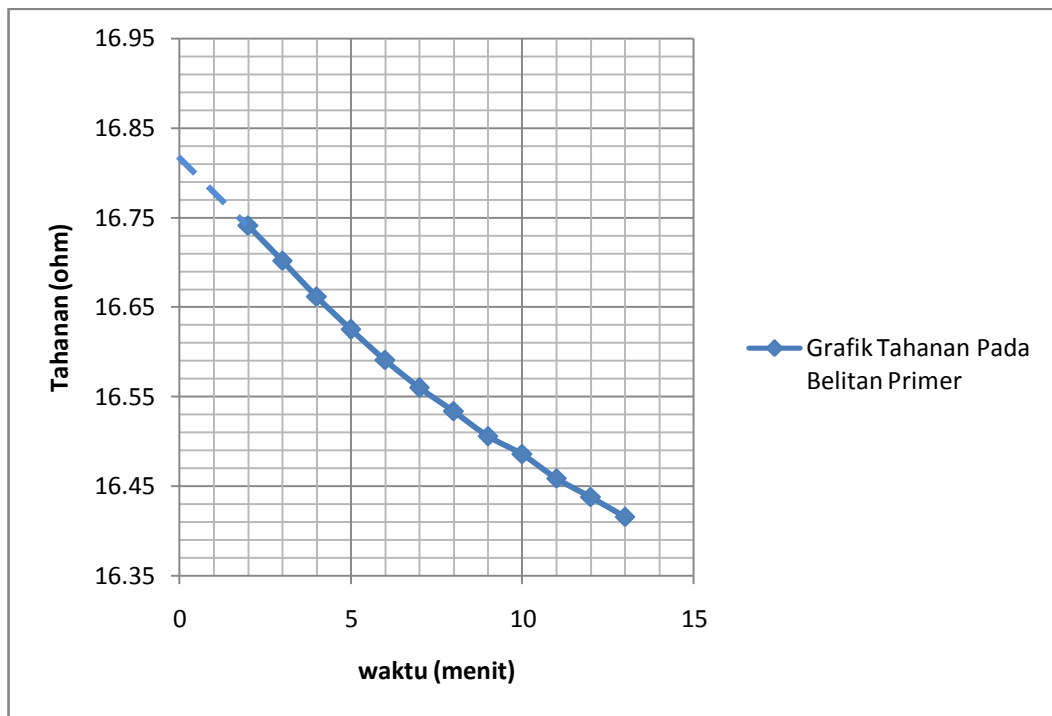
Pada pengujian berbeban yang di masukkan ke trafo sebagai input adalah arus yang besarnya sudah ditetapkan oleh PLN sebesar 7,22 A, sehingga dapat terukur rugi berbeban dengan alat ukur digital power analyzer sebesar 1940 watt pada suhu 30°C. Namun pada standart PLN rugi berbeban harus pada suhu 75°C, sehingga dapat di analisis besar rugi berbeban pada suhu 75°C sebagai berikut :

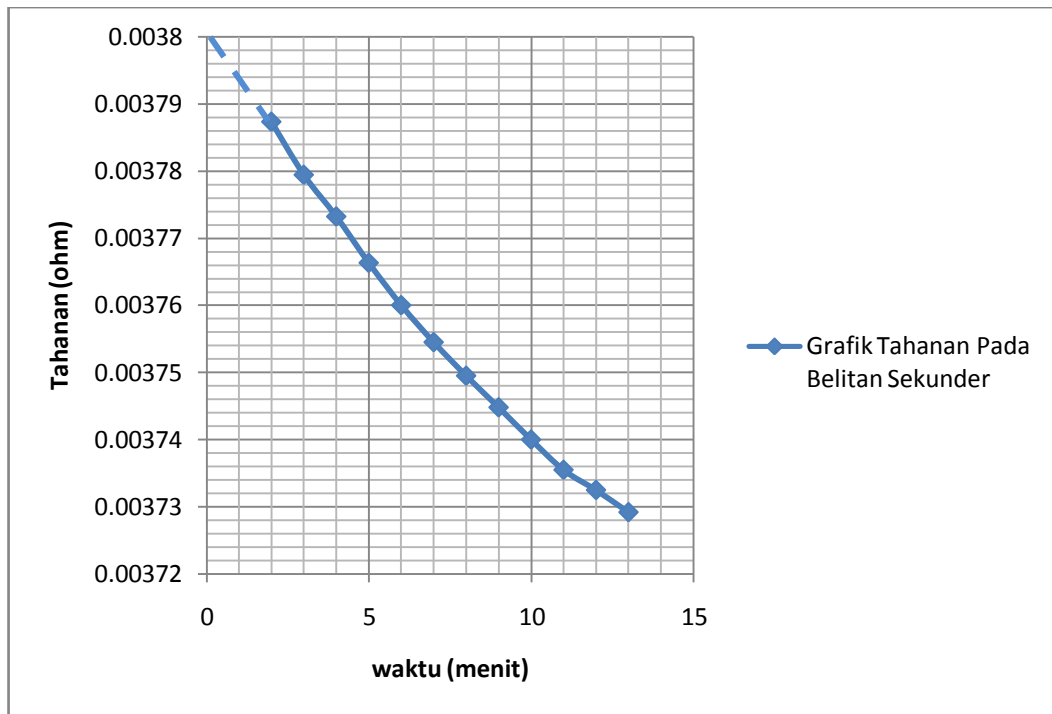
$$\begin{aligned} P_{cu2} &= \frac{234,5+t2}{234,5+t1} \times P_{cu1} \\ &= \frac{234,5+75}{234,5+30} \times 1940 \\ &= 2270 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Dari pengujian dan analisis diatas di dapatlah total rugi – rugi pada trafo tersebut sebesar 2702 watt.

4.2. Grafik Penelitian

Berdasarkan data tahanan pada tabel 3.2 maka dibuatlah grafik untuk mengetahui besar R_2 (tahanan panas) pada transformator tersebut, untuk menghitung temperature belitan pada sisi primer dan sekunder. Adapun grafiknya adalah sebagai berikut :





4.3. Analisis Temperatur Belitan Transformator

Berdasarkan data pada tabel 3.1 dan grafik diatas, dari grafik diatas didapat nilai R_2 pada sisi primer sebesar 16,82 ohm dan pada sisi sekunder sebesar 0,0038. Maka dapat dianalisis nilai temperature belitan pada transformator tersebut sebagai berikut :

- Temperatur belitan primer

$$\begin{aligned}
 \theta &= \frac{R_2}{R_1} (234,5 + t_1) - (234,5 + t_2) \\
 &= \frac{16,82}{15,134} (234,5 + 29,5) - (234,5 + 30,83) \\
 &= 28,08 \text{ } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

➤ Temperatur belitan sekunder

$$\begin{aligned}\theta &= \frac{R_2}{R_1} (234,5 + t_1) - (234,5 + t_2) \\ &= \frac{0,00384}{0,003428} (234,5 + 29,5) - (234,5 + 30,83) \\ &= 30,39 \text{ } ^\circ\text{C}\end{aligned}$$

Pada sebuah transformator minyak, suhu belitan dalam keadaan dingin dianggap sama dengan suhu minyak lapisan atas dalam keadaan dingin. Transformator harus sekurang – kurangnya 8 jam didiamkan/tidak bekerja. Suhu minyak di ukur dengan menggunakan sebuah thermometer. Pengukuran tahanan panas (R_2) harus dilakukan dengan cepat sekali setelah pembebanan tertentu, agar suhunya tidak sempat turun. Oleh karena pengukuran – pengukuran ini memerlukan banyak waktu, maka nilai tahanan panas hanya dapat diperoleh dengan melakukan eksplorasi menggunakan grafik yang akan digambarkan pada grafik penelitian.

4.4. Analisis Efisiensi Transformator

Berdasarkan data pada tabel 3.1, maka dapat dianalisis nilai efisiensi pada transformator tersebut sebagai berikut :

$$\begin{aligned}P_{\text{out}} &= V \times I \times \text{Cos } \varphi \\&= 400 \times 360,8 \times 0,9 \\&= 129888 \text{ Watt}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Rugi total} &= \text{Rugi inti} + \text{Rugi tembaga} \\&= 432 + 2270 \\&= 2702 \text{ Watt}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{P}{P+P_r} \times 100\% \\&= \frac{129888}{129888+2702} \times 100\% \\&= 97,96\%\end{aligned}$$

BAB V

PENUTUP

5.1. KESIMPULAN

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

1. Besar temperatur belitan pada sisi primer dan sekunder dipengaruhi oleh beban nominal yang ada didalam transformator tersebut, karena dalam pengujian transformator beban yang diberikan adalah beban nominal. Sehingga dapat ditentukan nilai tahanan panas pada transformator dengan menggunakan grafik untuk mendapatkan nilai temperatur belitan pada transformator tersebut pada beban nominal.
2. Pada transformator tersebut dengan beban nominal didapatlah besar nilai temperature belitan pada sisi primer sebesar $28,08^{\circ}\text{c}$ dan nilai temperatur belitan pada sisi sekunder adalah sebesar $30,39^{\circ}\text{c}$.
3. Pada saat pengujian beban nol tidak terdapat rugi – rugi pada belitan, sehingga temperature pada belitan sama dengan nol. Sedangkan pada saat pengujian berbeban didapat rugi – rugi pada belitan sebesar 2270 watt, dan temperature rata- rata belitan di sisi primer sebesar $28,08^{\circ}\text{c}$ dan disisi sekunder sebesar $30,39^{\circ}\text{c}$. Dari pengujian beban nol dan berbeban dapat di ambil kesimpulan bahwa beban adalah salah satu faktor yang sangat berpengaruh terhadap temperature belitan rata – rata pada transformator.
4. Besar efisiensi pada transformator tersebut adalah 97,96%, dihitung pada beban nominal yang ada pada transformator tersebut.

4.2. SARAN

1. Sebaiknya transformator diperhatikan pemeliharaannya untuk tetap menjaga kondisi temperature tetap bagus dan kenaikan nya tidak terlalu tinggi.
2. Sebaiknya transformator dioperasikan dengan beban yang sesuai standar 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 tekan untuk meningkatkan efisiensi transformator pada beban lebih*. volume 9 no.1 : 7 - 12.
- Kadir, A. 2010. *Transformator*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia(UI-Press).
- Kurniawan dan Firdaus. 2016. *Studi analisa pengaruh pembebanan dan temperature terhadap susut umur transformator daya pada gardu induk garuda sakti*. volume 3 no.2 : 1 – 6.
- P.T. PLN (Persero). 2014. *Buku pedoman pemeliharaan transformator tenaga*. Jakarta : P.T PLN (Persero).
- Short, T. 2004. *Electric power distribution handbook*. New york.
- SPLN D3.002 – 1. 2007. Spesifikasi transformator distribusi bagian 1: Transformator tiga fasa. Jakarta
- Wijaya, M. 2001. *Dasar – dasar mesin listrik*. Jakarta : Djambatan.
- Zuhal. 1988. *Dasar teknik tenaga listrik dan elektronika daya*. Jakarta : Gramedia pustaka umum.



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

Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir (Skripsi)

Nama : MUHAMMAD DERIANSYAH LUBIS
NPM : 1507220079
Judul Tugas Akhir : ANALISIS PENGARUH PEMBEBANAN TERHADAP
TEMPERATURE DAN EFISIENSI TRAFO
DISTRIBUSI

No	Tanggal	Catatan	Paraf
1	8/2/19	Pemeriksaan trafo isi tes trah -	
2	11/2/19	Pemeriksaan bab II trafo yg diambil gbr. sebelum nytrafo distribusi (sum)	
3	13/2/19	Gbr. rangk. lebih fokus	
4	15/2/19	Rumus ² dibuat yg stabil	
5	18/2/19	Hasil uji dan kesimpulan kesesuaian	

Dapat mengahenti
SEMINAR 19 - 19 Pembimbing I
2

Ir. Zularsil Siregar



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 DERIANSYAH LUBIS
NPM : 1507220079
Judul Tugas Akhir : ANALISIS PENGARUH PEMBEBANAN TERHADAP
TEMPERATURE DAN EFISIENSI TRAFODISTRIBUSI

No	Tanggal	Catatan	Paraf
1)	14/1/19	penulisan judul buat yang benar dan spesi ketika buat 2 spesi	J
2)	17/1/19	jenis huruf times new roman dan besarnya huruf. buat. 12	J
3)	6/2/19	Ace untuk di lanjut ke Bgk pem bimbingan I	J
4)	11/2/19	minyak tergofta buat kanyg lebih stabil. Kny sangat bor pengontrol pida temperatur	J
5)	13/2/19	buat rerus hubungan trafo meter - nya	2
6)	20/2/19	tabel buat yg rapi. kelua pula selvaika dg ty - m	2
7)	22/2/19	Ace untuk seminar	J

Pembimbing II

Zulfikar, ST., MT

**PT. MORAWA ELECTRIC TRANSBUANA**

INDUSTRI TRANSFORMATOR DISTRIBUSI

Medan, 12 Desember 2018

No : 041/XII/Pab/PT.ME/20148
Hal : Riset / Pengambilan Data
Kepada : Bapak

Pembantu Dekan
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
di Medan

Dengan Hormat
Membalas surat Bapak No. 4020 / II.-3AU / UMSU-07 / 2018
tanggal 15 Desember 2018 tentang kegiatan Riset / Pengambilan
Data atas nama mahasiswa :

No	NAMA	NIM	JURUSAN
1	AGUNG BUDI SANTOSO	1507220047	(T.ELEKTRO)
2✓	M. DERIANSYAH LUBIS	1507220079	(T.ELEKTRO)

Dengan ini kami sampaikan bahwa kami dapat mengizinkan mahasiswa tersebut untuk melaksanakan Riset / Pengambilan Data di pabrik kami

Selama melakukan Riset Tugas Sarjana mahasiswa yang bersangkutan harus mematuhi tata tertib / ketentuan yang diatur Perusahaan.

Demikianlah kami sampaikan dan atas perhatian Bapak kami ucapkan terima kasih.

Hormat Kami

PT. MORAWA ELECTRIC TRANSBUANA


L. H. L. TOBING

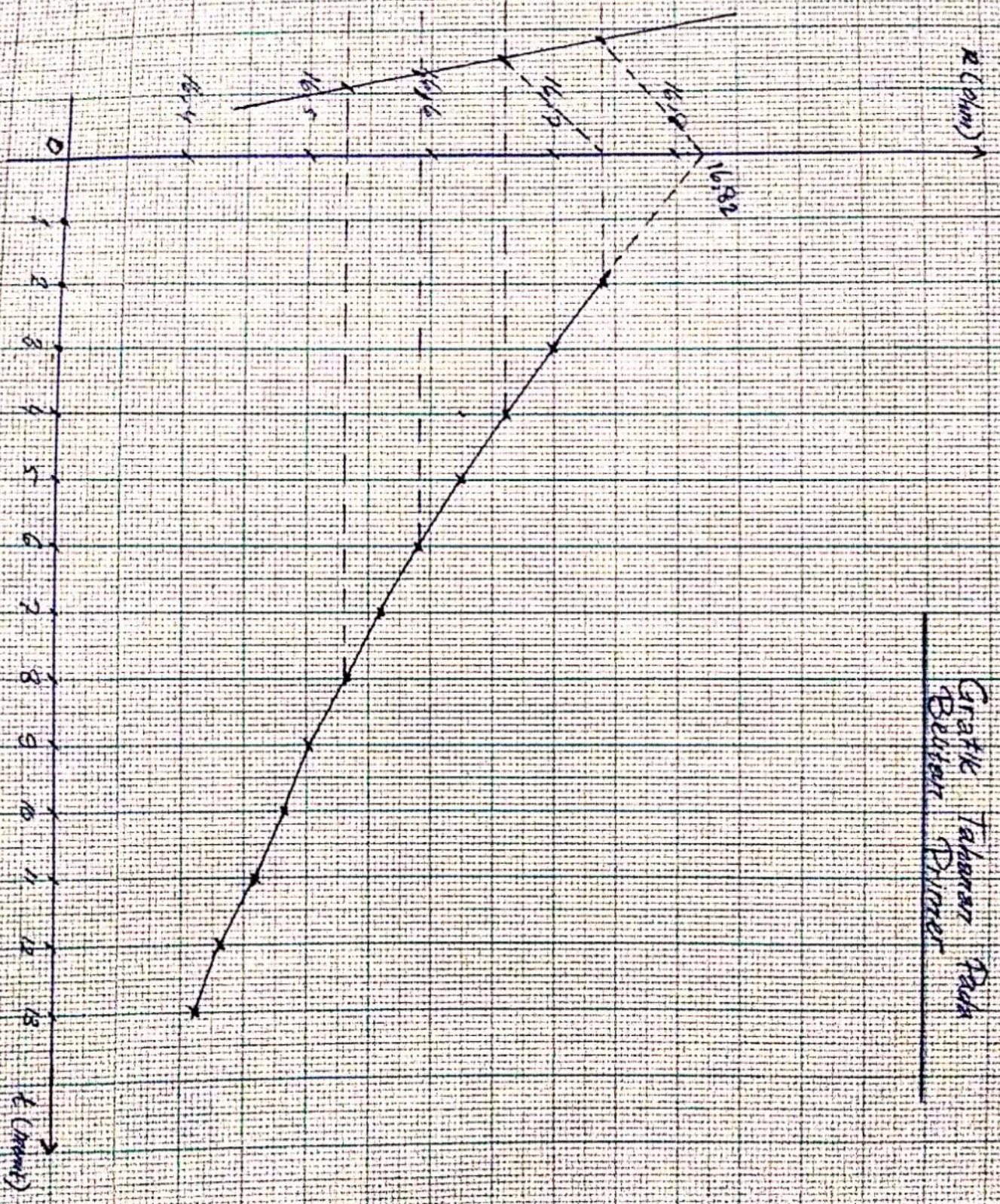
Kepala Pabrik

Tembusan: 1. Mahasiswa ybs
2. Arsip

P.T. MORAWA ELECTRIC TRANSBUANA
Kantor :
Jl. Perniagaan Baru No. 48D-50D
Medan-Indonesia
Tel. (061) 4515382, 4536457
Fax. (061) 4515423

Pabrik :
Jl. Raya Medan-Tg.Morawa Km. 20,5
Sumatera Utara-Indonesia
Tel. (061) 7940335
Fax. (061) 7940287

GRATIC
 BEUTNER
 THERMOMETER
 PAPER



Gratik Tabaran Pada Belitan Skunder

