

**STUDI PEMELIHARAAN TRANSFORMATOR DISTRIBUSI
PT.PLN(Persero) Rayon PANAKUKKANG**



TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
pendidikan diploma tiga (D-3) Program Studi Teknik Listrik
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Ujung Pandang**

**APRILIA DWI CAHYANI
NIM : 321 16 001**

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK LISTRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2019**

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir ini dengan judul **STUDI PEMELIHARAAN TRANSFORMATOR DISTRIBUSI PT.PLN (persero) Rayon PANAKUKKANG** oleh Aprilia Dwi Cahyani NIM 321 16 001 dinyatakan layak untuk diseminarkan.

Makassar, 04 Juli 2019

Menyetujui,

Pembimbing I



Ir. Hatma Rudito, M.T
NIP.195602021988031001

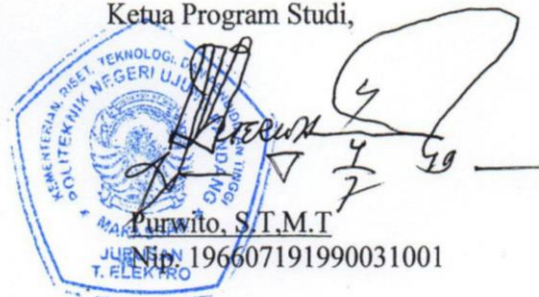
Pembimbing II



H. Ruslan L., ST., MT
NIP.196409181990031002

Mengetahui

Ketua Program Studi,



Purwito, S.T., M.T
NIP.196607191990031001

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, hari Senin tanggal 8 Juli 2019, Tim Penguji Seminar Tugas Akhir telah menerima dengan baik hasil Seminar Laporan Tugas Akhir oleh mahasiswa: Aprilia Dwi Cahyani NIM 321 16 001 dengan judul **Studi Pemeliharaan Transformator Distribusi PT.PLN(persero) Rayon Panakukkang.**

Makassar, 8 Juli 2019

Tim Seminar Proposal Skripsi:

1. Hamdani.,S.T.,M.T	Ketua	(.....)
2. Nirwan A Noor, S.T.,M.T	Sekretaris	(.....)
3.Ashar AR, S.T	Anggota	(.....)
4. Purwito, S.T.,M.T	Anggota	(.....)
5. Ir. Hatma Rudito, M.T	Pembimbing I	(.....)
6. . H.Ruslan L, S.T.,M.T	Pembimbing II	(.....)



KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis Laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Studi Pemeliharaan Transformator Distribusi PT. PLN (persero) Rayon Panakukkang” dapat diselesaikan dengan baik.

Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian yang dilaksanakan mulai tanggal 28 Januari sampai maret 2019 bertempat di PT PLN(persero) Rayon Panakukkang.

Kesempatan ini penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Muhammad Anshar, M.Si.,Ph.D , selaku direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang .
2. Ibu Dr. Ir. Hafsa Nirwana M.T, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro
3. Bapak Purwito, S.T., M.T, selaku Ketua program Studi D3 Teknik Listrik
4. Bapak Ir. Hatma Rudito, M.T, sebagai pembimbing I dan Bapak H. Ruslan L, S.T., M.T, sebagai pembimbing II yang telah mencurahkan waktu dan kesempatannya untuk mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
5. Seluru Pihak Karyawan PT. PLN(persero) Rayon Panakukkang yang telah memberi kesempatan untuk melakukan penelitian dan membantu dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

6. Para Dosen dan Staf Jurusan Teknik Listrik yang banyak membantu dari awal hingga akhir pembuatan Laporan Tugas Akhir ini.

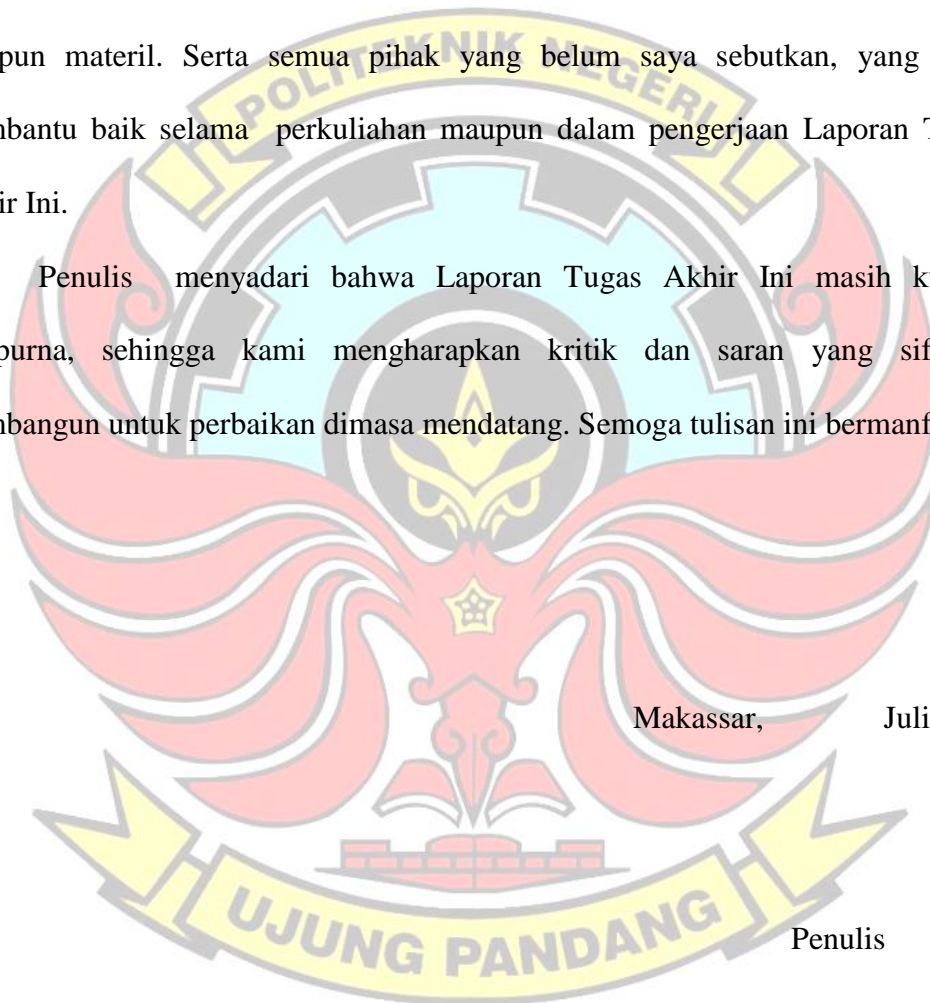
Kepada Kedua Orang Tua, Saudara-Saudari penulis dan teman-teman Kelas A D3 Teknik Listrik 2016 yang selalu memberikan bantuannya berupa doa maupun materil. Serta semua pihak yang belum saya sebutkan, yang telah membantu baik selama perkuliahan maupun dalam pengerjaan Laporan Tugas Akhir Ini.

Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir Ini masih kurang sempurna, sehingga kami mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk perbaikan dimasa mendatang. Semoga tulisan ini bermanfaat .

Makassar,

Juli 2019

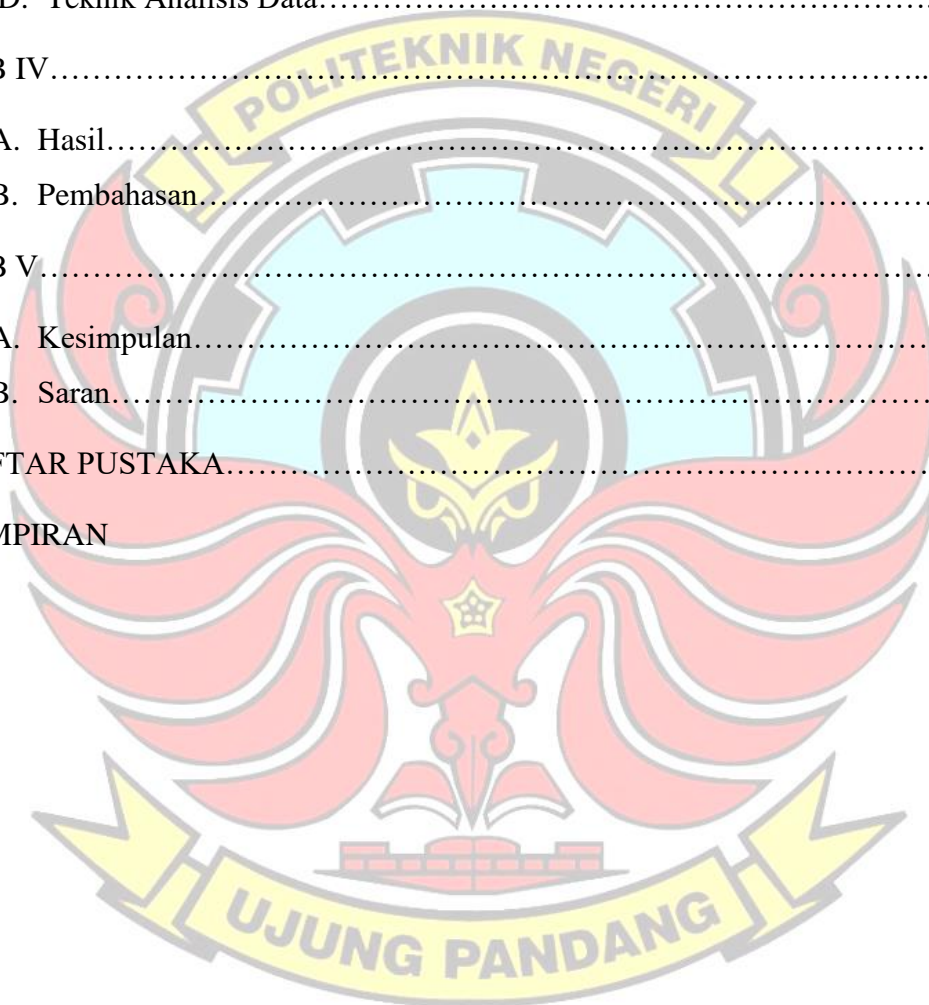
Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN Sampul	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENERIMAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Batasan Masalah.....	3
D. Tujuan Penelitian.....	3
E. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
A. Umum	4
B. Transformator Distribusi	5
C. Transformator 3 Fasa Hubung Δ -Y	7
D. Bagian-Bagian Pada Transformator.....	9
E. Ketidak Seimbangan Beban.....	24
F. Pembebanan Transformator	26
G. Jenis-Jenis Alat Ukur Transformator Distribusi	27
H. Gangguan Pada Transformator Distribusi.....	30

I. Jenis-Jenis Pemeliharaan	31
BAB III METODE PENELITIAN.....	35
A. Tempat dan Waktu Penelitian	35
B. Prosedur Penelitian.....	35
C. Metode Pengumpulan Data.....	37
D. Teknik Analisis Data.....	38
BAB IV.....	39
A. Hasil.....	39
B. Pembahasan.....	41
BAB V.....	48
A. Kesimpulan.....	48
B. Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA.....	49
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Gardu transformator Distribusi.....	7
Gambar 2. Konstruksi Transformator Hubungan Δ -Y.....	9
Gambar 3. Inti Besi Transformator.....	10
Gambar 4. Kumbaran Transformator.....	11
Gambar 5. Bushing.....	18
Gambar 6. <i>Tap Changer</i>	19
Gambar 7. <i>Fuse cut out</i>	21
Gambar 8. <i>Lightning Arrester</i>	23
Gambar 9. Vector Diagram Arus Keadaan Seimbang.....	26
Gambar 10. Vektor Diagram Arus Keadaan Tidak Seimbang.....	27
Gambar 11. Tang Ampere.....	30
Gambar 12. Megger.....	30
Gambar 13. <i>Thermal Vision</i>	31
Gambar 14. Flowchart Prosedur Penelitian.....	36
Gambar 15. Diagram Kerusakan Transformator.....	42

DAFTAR TABEL

Tabel.1 Jadwal pemeliharaan Transformator.....37



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sistem distribusi berguna untuk menyalurkan energi listrik dari sumber daya listrik sampai ke konsumen. Transformator merupakan salah satu bagian pendistribusian energi listrik yang memiliki peran penting dalam penyaluran energi listrik. Ketika transformator dalam kondisi baik maka pendistribusian energi listrik akan sampai ke konsumen dengan baik pula. Namun sebaliknya, ketika transformator mengalami kerusakan maka akan terjadi gangguan dalam penyaluran energi listrik sehingga suplai listrik tidak sampai ke konsumen.

Metode pemeliharaan dilakukan dengan cara pemeriksaan fisik berkala pada transformator. Namun pemeliharaan transformator tidak hanya pemeriksaan fisik secara langsung tapi juga diperlukan suatu perencanaan yang baik dan pengawasan terhadap pelaksanaannya, sehingga pemeliharaan transformator dapat dilakukan dengan teratur yang sesuai dengan petunjuk dan ketentuan yang berlaku berdasarkan SOP (*Standart Operating Procedure*). Pemeliharaan itu diharapkan mampu untuk menjaga kontinuitas pelayanan distribusi ke konsumen.

Pemeliharaan transformator yang berada pada PT. PLN(Persero) Rayon Panakukang ini masih ditemukan transformator yang mengalami gangguan dan kerusakan baik kerusakan dari dalam transformator dan

kerusakan dari lingkungan, hal ini yang menyebabkan terjadinya gangguan pendistribusian energi listrik ke konsumen. Saat transformator mengalami gangguan maka prosedur yang dilakukan adalah memeriksa serta memperbaiki gangguan pada transformator atau manajemen transformator jika terjadi pembebanan lebih dan ketika transformator mengalami kerusakan maka dilakukan penggantian dengan transformator baru yang dalam pengadaannya ini akan membutuhkan waktu yang cukup lama dan biaya yang tidak sedikit .

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diangkat dalam proposal Tugas Akhir ini, dipaparkan berikut:

1. Bagaimana sistem pemeliharaan transformator distribusi pada PT. PLN (Persero) Rayon Panakukkang?
2. Bagaimana analisis ketidakseimbangan beban pada transformator distribusi PT. PLN (Persero) Rayon Panakukkang?

C. Batasan Masalah

Mengingat begitu luasnya ruang lingkup dari PT. PLN (Persero) Rayon Panakukang dan terbatasnya waktu yang diberikan, maka kami dalam penyusunan Tugas Akhir ini membatasi permasalahan pada sistem pemeliharaan transformator distribusi

D. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Menjelaskan sistem pemeliharaan Transformator Distribusi pada PT. PLN (Persero) Rayon Panakukang
2. Mengetahui analisis ketidakseimbangan beban Transformator Distribusi PT. PLN (Persero) Rayon Panakukang

E. Manfaat penelitian

Manfaat dari penelitian ini yakni dengan mengetahui kondisi dan sistem pemeliharaan transformator serta mengetahui SOP yang berkaitan dengan pemeliharaan transformator maka penggunaan transformator dapat dilakukan secara optimal dan sesuai dengan standar yang ditetapkan, sehingga mampu menghemat biaya pengadaan transformator pada suatu perusahaan agar tidak menimbulkan kerugian yang cukup besar. Selain ini penelitian ini dapat memberikan pengetahuan kepada peneliti lainnya mengenai transformator.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Umum

Transformator merupakan suatu alat listrik yang termasuk ke dalam klasifikasi mesin listrik statik yang berfungsi menyalurkan tenaga/daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan yang lebih rendah dan sebaliknya. Jadi dapat juga berfungsi mengubah tegangan arus bolak-balik dari satu tingkat ke tingkat yang lebih rendah melalui suatu gandengan magnet dengan berdasarkan prinsip-prinsip induksi elektromagnet. Transformator terdiri atas sebuah inti, yang terbuat dari besi berlapis dan dua buah kumparan yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder.

Transformator digunakan secara luas, baik dalam bidang tenaga listrik maupun elektronika. Penggunaan transformator dalam sistem tenaga listrik memungkinkan terpilihnya tegangan yang sesuai dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan, misalnya kebutuhan akan tegangan tinggi dalam pengiriman daya listrik jarak jauh.

Dasar teori dari transformator adalah apabila ada arus listrik bolak-balik yang mengalir mengelilingi satu inti besi maka inti besi itu akan berubah menjadi magnet dan apabila magnet tersebut dikelilingi oleh suatu belitan maka pada kedua ujung belitan tersebut akan terjadi beda tegangan mengelilingi magnet, sehingga timbul gaya gerak listrik (ggl).

B. Transformator Distribusi

Transformator yang digunakan untuk menurunkan tegangan menengah 20kV menjadi tegangan rendah 220/380V. Transformator ini tersebar luas di lingkungan masyarakat dan mudah mengenalinya karena biasa dicantol di tiang. Oleh karena itu, biasa juga disebut dengan gardu cantol.

Tujuan dari penggunaan transformator distribusi adalah untuk mengurangi tegangan utama dari sistem distribusi listrik ke tegangan pemanfaatan pada penggunaan konsumen. Transformator distribusi yang umum digunakan adalah transformator *step down* 20kV/400V. tegangan fasa ke fasa sistem jaringan tegangan rendah adalah 380V. Sebuah transformator distribui perangkat statis yang dibangun dengan dua atau lebih gulungan digunakan untuk mentansfer daya listrik arus bolak-balik oleh induksi elektromagnetik dari satu sirkuit ke sirkuit yang lainnya pada frekuensi yang sama tetapi dengan nilai-nilai yang berbeda tegangan dan arusnya. Contoh dari gardu distribusi pada Gambar 1.



Gambar 1. Gardu transformator Distribusi

Transformator distribusi yang terpasang pada tiang dapat dikategorikan menjadi:

1. *Conventional transformers*

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

2. *Completely self-protecting transformer*

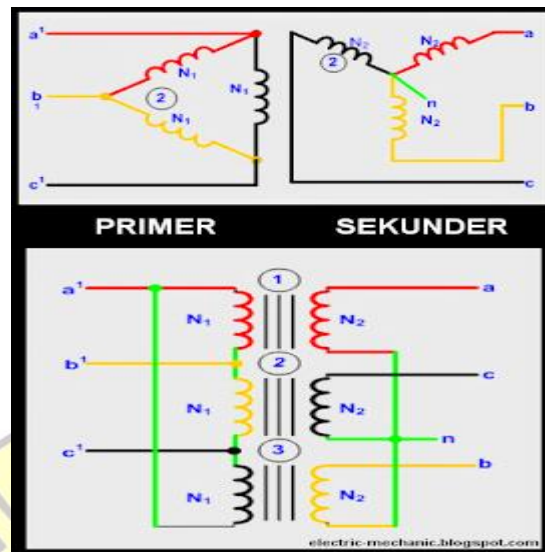
Completely self-protecting (CSP) transformer memiliki peralatan proteksi integritas terhadap petir, beban lebih, dan hubung singkat. Lightning arrester terpasang langsung pada tangki transformator sebagai proteksi terhadap petir. Untuk proteksi terhadap beban lebih, digunakan fuse yang dipasang di dalam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

3. *Completely self-protecting for secondary banking transformers*

Completely self-protecting for secondary banking (CSPB) transformers mirip dengan CSP Transformers tetapi pada transformator jenis ini terdapat sebuah circuit breaker pada sisi sekunder, circuit breaker ini akan membuka sebelum weak link melebur.

C. Transformator 3 Fasa Hubung Δ -Y

Hubungan transformator segitiga-bintang (Δ -Y), atau delta-wye, merupakan hubungan pada transformator 3 fasa dimana belitan disisi primer adalah segitiga (Delta- Δ -) dan pada sisi sekunder adalah bintang (wye-Y), seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Konstruksi Transformator Hubungan Δ -Y

Pada transformator hubungan Δ -Y, terdapat pergeseran sudut fasa antara tegangan saluran primer dan sekunder sebesar 30° , sehingga perbandingan tegangan antara saluran primer dan saluran sekunder sama dengan $1/\sqrt{3}$ kali perbandingan transformasi tiap transformator.

Pada umumnya transformator hubungan Δ -Y digunakan untuk menaikkan tegangan pada permulaan sistem tegangan tinggi di pusat-pusat pembangkit. Keberadaan belitan hubungan delta pada hubungan Δ -Y ini memberikan jalan bagi mengalirnya arus *harmonic* ketiga sehingga bentuk tegangan tidak mengalami distorsi

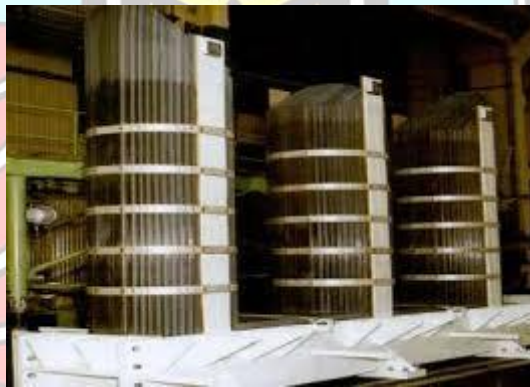
Pada saat sekarang ini hubungan Δ -Y dengan sisi sekunder empat kawat, digunakan juga untuk melayani beban tegangan rendah, baik beban tiga fasa maupun beban satu fasa.

D. Bagian-Bagian Pada Transformator

Suatu transformator terdiri atas beberapa bagian yang mempunyai fungsi masing-masing

1. Inti Besi Transformator

Inti besi berfungsi untuk mempermudah jalan fluksi, yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melalui kumparan. Dibuat dari lempengan-lempengan besi tipis yang berisolasi, untuk mengurangi panas (sebagai rugi-rugi besi) yang ditimbulkan oleh “Eddy Current”, bisa dilihat bentuk dari Inti Besi Transformator yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Inti Besi Transformator

2. Kumparan Transformator

Beberapa lilitan kawat berisolasi membentuk suatu kumpara. Kumparan tersebut diisolasi baik terhadap inti besi maupun terhadap kumparan lain dengan isolasi pada seperti karton, pertinax dan lain-lain.

Umumnya pada transformator terdapat kumparan primer dan sekunder. Bila kumparan primer dihubungkan dengan tegangan/arus bolak-balik maka pada kumparan tersebut timbul fluksi yang menginduksikan tegangan, bila pada rangkaian sekunder ditutup (rangkaian beban) maka akan mengalir arus pada kumparan ini, jadi kumparan sebagai alat transformasi tegangan dan arus, bisa kita lihat bentuk dari Kumparan Transformator pada Gambar 4.



Gambar 4. Kumparan Transformator

3. Minyak Transformator

Sebagian besar transformator tenaga kumparan-kumparan dan intinya direndam dalam minyak transformator, terutama transformator-

transformator tenaga yang berkapasitas besar, karena minyak transformator mempunyai sifat sebagai media pendingin dan isolasi.

Bahan dasar untuk pembuatan minyak transformator berasal dari minyak mineral yang diperoleh dari pemurnian minyak mentah

(*crude oil*). Untuk mendapatkan kualitas dielektrik yang baik maka pabrik-pabrik pembuatan minyak transformator menambahkan zat-zat tertentu ke bahan tersebut. Dalam pemakaiannya, minyak ini karena pengaruh panas dan rugi-rugi di dalam transformator akan timbul hidrokarbon. Selain berasal dari minyak mineral, minyak transformator dapat pula yang dapat dibuat dari bahan organik, misalnya: minyak transformator piranol, silikon. Sebagai bahan isolasi, minyak transformator harus mempunyai tegangan tembus yang tinggi.

Parameter minyak transformator agar memenuhi persyaratan sebagai bahan isolasi adalah kekentalan minyak transformator. Minyak transformator yang tidak memenuhi syarat kekentalan tidak akan berfungsi mengisolasi melainkan dapat berfungsi untuk menghantarkan arus. Parameter ini yang harus dipenuhi bahan isolasi adalah tegangan tembus.

Ketahanan listrik minyak transformator dapat menurun karena pengaruh asam karena kandungan air. Keasaman minyak transformator dapat dinetralkan dengan menggunakan *potas hidroksida* (KOH). Sedangkan kandungan air di dalam minyak transformator dapat dihilangkan dengan memakai bahan higroskopis yaitu silikagel. Fungsi dari minyak transformator adalah:

- a. Insulator yaitu mengisolasi kumparan di dalam transformator supaya tidak terjadi loncatan bunga api listrik (hubungan pendek) akibat tegangan tinggi
- b. Pendingin yaitu mengambil panas yang ditimbulkan sewaktu transformator berbeban lalu melepaskan.
- c. Proteksi yaitu melindungi komponen-komponen di dalam transformator terhadap korosi dan oksidasi.

Pada pendingin transformator inti besi dan kumparan-kumparan akan timbul panas akibat rugi-rugi tembaga. Maka panas tersebut mengakibatkan kenaikan suhu yang berlebihan, ini akan merusak isolasi, maka untuk mengurangi kenaikan suhu yang berlebihan tersebut transformator perlu dilengkapi dengan alat atau sistem pendingin untuk menyalurkan panas keluar transformator, media yang dipakai pada sistem pendingin dapat berupa: udara/gas, minyak dan air.

Pada cara alamiah, pengaliran media sebagai akibat adanya perbedaan suhu media dan untuk mempercepat pendinginan dari media-media (minyak-udara/gas) dengan cara melengkapi transformator dengan sirip-sirip (radiator). Bila diinginkan penyaluran panas yang lebih cepat lagi, cara manual dapat dilengkapi dengan peralatan untuk mempercepat sirkulasi media pendingin dengan pompa pompa sirkulasi minyak, udaran dan air, cara ini disebut pendingin paksa (*forced*)

Adapun jenis-jenis sistem pendinginan pada transformator adalah sebagai berikut:

a. *Oil Natural Air Natural*

Oil Natural Air Natural (ONAN) ini menggunakan sirkulasi minyak dan sirkulasi udara secara alamiah. Sirkulasi minyak yang terjadi disebabkan oleh perbedaan berat jenis antara minyak yang dingin dengan minyak yang panas.

b. *Oil Natural Air Force*

Oil Natural Air Force (ONAF) Sistem pendingin ini menggunakan sirkulasi minyak secara alami sedangkan sirkulasi udaranya secara buatan, yaitu dengan menggunakan hembusan kipas angin yang digerakkan oleh motor listrik.

c. *Oil Force Air Force*

Oil Force Air Force (OFAF) Pada sistem ini, sirkulasi minyak digerakkan dengan menggunakan kekuatan pompa, sedangkan sirkulasi udara menggunakan kipas angin.

Transformator dengan sistem pendingin ONAN banyak digunakan pada pasokan daya pelanggan

yang pemasangannya di gardu beton atau gardu tiang (transformator distribusi), sedangkan transformator dengan sistem pendingin ONAF dan OFAF banyak digunakan pada pasokan daya ke pelanggan yang pemasangannya di Gardu Induk (transformator tenaga).

Untuk minyak transformator harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a. Kekuatan isolasi tinggi,
- b. Penyalur panas yang tidak berat jenis yang kecil, sehingga partikel-partikel dalam minyak dapat mengendap dengan cepat,
- c. Viskositas yang rendah agar lebih mudah bersirkulasi dan kemampuan pendinginan menjadi lebih baik,
- d. Titik nyala yang tinggi, tidak mudah menguap yang dapat membahayakan,
- e. Tidak merusak bahan isolasi padat,
- f. Sifat kimia yang stabil.

Pengujian minyak transformator dilakukan baik untuk kondisi baru ataupun terpakai. Sebelum minyak transformator digunakan (minyak baru), perlu dilakukan pengujian untuk mengetahui sifat-sifat transformator (umumnya pengujian kegagalan isolasi), begitupula saat minyak sedang digunakan, secara rutin dalam jangka waktu tertentu minyak perlu diuji

kembali, karena setelah dipakai minyak menjadi terkontaminasi, oleh karena itu jika diketahui batas kegagalan isolasi telah menurun melampaui batas.

Minyak akan diuji diambil dari katup pembuangan transformator, masukkan dalam botol yang bersih botol harus penuh dengan minyak, caranya setelah botol terisi, putarlah secara perlahan-lahan hingga posisi terbalik. Amati adanya udara dan bila ternyata ada, botol diisi lagi dan ulangi membalik posisi botol. bila perangkat penguji berada dekat transformator, pengujian dapat dilaksanakan, tetapi bila jaraknya jauh, pengujiannya menunggu 15-20 menit setelah minyak tiba di tempat.

Karena pentingnya minyak transformator, maka perlu dilakukan pemeriksaan berkala, menurut IEC-156 untuk :

1. Minyak baru sebelum diolah 30kV/2.5mm
2. Minyak yang telah diolah 50kV/2.5mm
3. Minyak yang telah digunakan 30kV/2.5mm

Pemeriksaan tegangan tembus minyak dianjurkan 3 tahun pertama setelah transformator diprasikan dan tiap tahun untuk tahun-tahun berikutnya. Jika hasil pemeriksaan laboratorium minyak tersebut dibawah standar maka perlu dimurnikan kembali atau diganti dengan minyak yang baru.

4. Bushing

Hubungan antara kumparan transformator ke jaringan luar melalui sebuah bushing yaitu sebuah konduktor yang diselubungi oleh isolator, yang sekaligus berfungsi sebagai penyekat antara konduktor tersebut dengan tangki transformator, bushing bisa kita liat pada gambar 5.



Gambar 5. Bushing

5. Tap Charger

Tap Changer (Perubah Tap) adalah perubahan perbandingan transformator untuk mendapatkan tegangan operasi sekunder sesuai yang diinginkan dari tegangan jaringan/primer yang berubah-ubah. *Tap Changer* dapat dilakukan baik dalam keadaan

berbeban (on-load) atau dalam keadaan tak berbeban(*off load*) tergantung jenisnya. *Tap changer* bisa kita liat pada gambar 6



Gambar 6. *Tap Changer*

6. Alat Pemasangan

Karena pengaruh naik turunnya beban transformator maupu suhu udara luar, maka suhu minyak pun akan berubah-ubah mengikuti keadaan tersebut. Bila suhu minyak tinggi, minyak akan memuai dan mendesak udara luar akan masuk ke dalam tangki.

Kedua proses di atas disebut pernapasan transformator. Permukaan minyak transformator akan selalu bersinggungan dengan udara luar yang menurunkan nilai tegangan tembus minyak transformator, maka untuk mencegah hal tersebut, pada ujung pipa penghubung udara luar dilengkapi tabung berisi Kristal zat hygroskopis.

7. Indicator

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

1. Indicator suhu minyak,
 2. Indicator permukaan minyak,
 3. Indicator sistem pendingin,
 4. Indicator kedudukan uap,
 5. dan sebagainya
8. Peralatan Proteksi pada Transformator dan Fungsinya
- a. *Fuse*

Fuse adalah peralatan proteksi arus lebih yang bekerja dengan menggunakan prinsip melebur. Terdapat dua tipe *fuse* berdasarkan kecepatan melebur elemen *fusenya* (*fuse link*), yaitu tipe K (cepat) dan tipe T(lambat). *Fuse* yang didesain untuk digunakan pada tegangan di atas 600V dikategorikan sebagai *fuse cutout*. *Fuse cut out* jenis ekspulsi (*expulsion type*) adalah jenis yang paling sering digunakan pada sistem distribusi saluran udara. *Fuse* jenis ini menggunakan elemen *fuse* yang relative pendek yang dipasang di dalam *fuse cartridge*. Pada umumnya *fuse cut out* dipasang antara transformator distribusi dengan saluran ditribusi primer. Pada saat terjadi gangguan, elemen *fuse* akan melebur dan memutuskan rangkaian sehingga akan melindungi transformator

distribusi dari kerusakan akibat gangguan dan arus lebih pada saluran primer, atau sebaliknya memutuskan saluran primer dari transformator distribusi apabila terjadi gangguan pada transformator atau seluruh jaringan primer bentuk dari *fuse cut out* seperti Gambar 7.



Gambar 7. *Fuse cut out*

b. *Lightning Arrester*

Penggunaan *lightning Arrester* pada sistem distribusi adalah untuk melindungi peralatan dari gangguan akibat sambaran petir. *Arrester* juga dipergunakan untuk melindungi saluran distribusi dari *flashover*. *Arrester* dipasang pada peralatan yang dihubungkan dari fasa konduktor ke tanah.

Agar perlindungan saluran menjadi lebih efektif, *arrester* harus dipasang pada setiap fasa pada tiap tiang. Pada saat sistem bekerja keadaan normal, *arrester* memiliki sifat sebagai isolator. Apabila terjadi sambaran petir, *arrester* akan berubah

menjadi konduktor dan membuat jalan pintas (*bypass*) ke tanah yang mudah dilalui arus petir, sehingga tidak menimbulkan tegangan lebih yang tinggi pada transformator. Jalur ke tanah tersebut harus sedemikian rupa sehingga tidak akan mengganggu aliran daya normal. Setelah petir hilang, *arrester* harus menutup dengan cepat kembali menjadi isolator, sehingga tidak mengakibatkan pemutus daya terbuka. Pada kondisi operasi normal, arus bocor pada *arrester* tidak boleh melebihi 2 mA. Apabila arus bocor melebihi angka tersebut, kemungkinan besar *arrester* mengalami kerusakan. Pada saluran distribusi, *arrester* yang biasanya digunakan adalah *arrester* jenis katup (*valv type*). *Arrester* jenis katup terdiri dari sela percik dan sela seri yang terhubung dengan elemen tahanan yang mempunyai karakteristik tidak linier. Tegangan frekuensi dasar tidak dapat menimbulkan tembus pada sela seri. Apabila sela seri tembus pada saat tibanya suatu surja yang cupu tinggi, sela tersebut berfungsi menjadi penghantar. Sela seri tidak bisa memutuskan arus susulan. Dalam hal ini sela seri dibantu oleh tahanan non linier yang mempunyai karakteristik tahanan kecil untuk arus besar dan tahanan besar untuk arus susulan dari frekuensi dasar. Bentuk dari *arrester* bisa kita lihat di Gambar 8.



Gambar 8. *Lightning Arrester*

c. *Pembumian (Grounding)*

Pembumian adalah penghubungan suatu bagian dari rangkaian listrik atau bagian bersifat konduktor tetapi bukan bagian dari rangkaian listrik yang pada keadaan normal tidak bertegangan kebumi. Tujuan dari pembumian adalah :

1. Mengurangi tegangan kejut listrik pada peralatan.
2. Memberi jalan bagi arus gangguan, baik akibat terjadinya arus hubung singkat ke tanah maupun akibat terjadinya sambaran petir.
3. Untuk membatasi tegangan pada fasa yang tidak mengalami gangguan.

d. *Tiang*

Pada umumnya tiang listrik yang sekarang pada Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20kV terbuat dari beton bertulang dan tiang besi. Pemakaian tiang kayu sudah

jaang digunakan karena daya tahannya (umurnya) relative pendek dan memerlukan pemeliharaan khusus. Dilihat dari fungsinya, tiang listrik dibedakan menjadi dua yaitu tiang pemikul dan tiang Tarik. Tiang pemikul berfungsi untuk memikul konduktor dan isolator, sedangkan tiang Tarik berfungsi untuk menarik konduktor. Pada SUTM 20kV, jarak antara tiang ditetapkan sebesar 40meter, tetapi jarak tersebut perlu disesuaikan dengan kondisi wilayah sehingga diberi standar yang jelas sejauh 30-50 meter. Untuk pemasangan tiang, sudah ada standar untuk kedalaman tiang yang harus ditanam di bawah permukaan tanah yaitu $\frac{1}{6}$ dari Panjang tiang.

e. *Rele Bucholz*

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

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

f. Pengaman tekanan lebih, alat ini berupa membran yang dibuat dari kaca, plastik, tembaga atau katup berpegas, berfungsi sebagai pengaman tangki transformator terhadap gangguan kenaikan tekanan gas yang timbul di dalam tangka yang akan pecah pada tekanan tertentu dan kekuatannya lebih rendah dari kekuatan tangka transformator.

g. Rele Tekanan Lebih, rele ini berfungsi hampir sama seperti rele *Bucholz*, yakni mengamankan terhadap gangguan di dalam transformator. Bedanya rele ini hanya bekerja oleh kenaikan tekanan gas yang tiba-tiba dan langsung mentriapkan P.M.T

h. Rele Diferensial berfungsi mengamankan transformator dari gangguan di dalam transformator antara lain *flash over* antara kumparan dengan kumparan atau kumparan dengan tangki atau belitan dengan belitan di dalam kumparan araupun beda kumparan.

i. Rele Arus Lebih berfungsi mengamankan transformator arus yang melebihi dari arus yang diperkenankan lewat dari transformator tersebut dan arus lebih ini dapat terjadi oleh karena beban lebih atau gangguan hubung singkat.

j. Rele Tangki Tanah berfungsi untuk mengamankan transformator bila ada hubung singkat antara bagian yang bertegangan dengan bagian yang tidak bertegangan pada transformator.

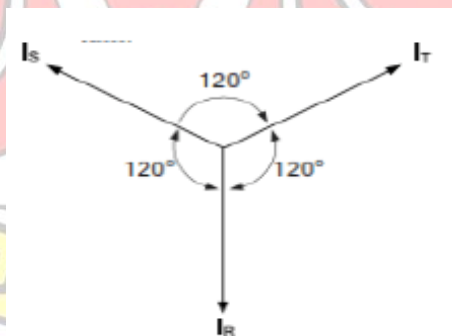
k. Rele Hubung Tanah berfungsi untuk mengamankan transformator bila terjadi gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah.

l. Rele Termis berfungsi untuk mencegah/mengamankan transformator dari kerusakan isoalsi kumparan, akibat adanya panas lebih yang ditimbulkan oleh arus lebih. Besaran yang diukur di dalam rele ini adalah kenaikan temperature.

E. Ketidak Seimbangan Beban

Yang dimaksud dengan keadaan seimbang adalah suatu keadaan :

1. Ketiga vector arus / tegangan adalah sama besar
2. Ketiga vector saling membentuk sudut 120° satu sama lain, seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Vector Diagram Arus Keadaan Seimbang

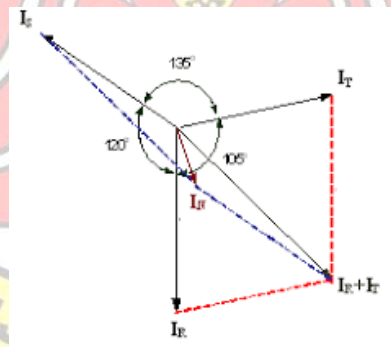
Dari Gambar 9 menunjukkan vector diagram arus dalam keadaan seimbang. Disini terlihat bahwa penjumlahan ketiga vector

arusnya (I_R, I_S, I_T) adalah sama dengan nol, sehingga tidak muncul arus netral.

Sedangkan yang dimaksud dengan keadaan tidak seimbang adalah keadaan dimana salah satu atau kedua syarat keadaan seimbang tidak terpenuhi. Kemungkinan keadaan tidak seimbang ada tiga yaitu:

1. Ketiga vektor sama besar tetapi tidak membentuk sudut 120° satu sama lain,
2. Ketiga vektor tidak sama besar tetapi membentuk sudut 120° satu sama lain,
3. Ketiga vektor tidak sama besar dan tidak membentuk sudut 120° satu sama lain.

Seperti yang pada Gambar 10.



Gambar 10. Vektor Diagram Arus Keadaan Tidak Seimbang

Dari gambar di atas menunjukkan vektor diagram arus dalam keadaan tidak seimbang. Disini terlihat bahwa penjumlahan ketiga vektor arusnya (I_R, I_S, I_T) adalah tidak sama dengan nol

sehingga muncul suatu besarnya yaitu arus netral (I_N) yang besarnya bergantung pada seberapa besar faktor ketidakseimbangannya.

Dalam keadaan tidak seimbang besarnya arus-arus fasa dapat dinyatakan dengan koefisien a,b, dan c sebagai berikut:

$$[I_R] = a[I]$$

$$[I_S] = b[I]$$

$$[I_T] = c[I]$$

Berikut ini perhitungan arus rata-rata transformator:

$$I_{rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} \quad (1)$$

Pada keadaan seimbang, besarnya koefisien a,b, dan c adalah 1. Dengan demikian rata-rata ketidakseimbangan beban (%) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\% = \frac{\{|a-1|+|b-1|+|c-1|\}}{3} \times 100\% \quad (2)$$

F. Pembebanan Transformator

Yang dimaksud dengan pembebanan yaitu pembebanan transformator pada daya pengenal (*rated power*) dan suhu sekitar (*ambient temperature*) 20°C. Apabila sebuah transformator dioperasikan dengan beban penuh secara *continue* dan tidak terputus, maka transformator ini akan mengalami “kenaikan susut umur”, dengan kata lain mengalami umur yang lebih pendek. Beban nominal transformator

sesuai dengan *name plate* umumnya pada suhu lingkungan rata-rata 25°C dan maksimum 40°C. Untuk menghitung beban nominal transformator digunakan persamaan berikut :

$$x = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_L} \quad (3)$$

I_N = Arus nominal (A)

S = Kapasitas transformator (kVA)

V_L = Tegangan sisi sekunder (V)

Sedangkan untuk menentukan presentase pembebanan suatu transformator distribusi digunakan persamaan berikut :

$$x = \frac{I_R + I_S + I_T}{\frac{S}{V_{L-N}}} \times 100 \% \quad (4)$$

I_R = Arus pada fasa R (A)

I_S = Arus pada fasa S (A)

I_T = Arus pada fasa T (A)

S = Kapasitas transformator (VA)

V_{L-N} = Tegangan *line to netral* sisi sekunder (V)

Beban transformator pada Gardu Distribusi adalah pelanggan rumah tangga yang sifat bebannya tidak tetap, antara beban siang dan malam bebannya tidak sama, beban pada malam hari biasanya lebih tinggi dari pada siang hari.

G. Jenis-Jenis Alat Ukur Transformator Distribusi

1. Tang Ampere (*Clamp Meter*)

Tang ampere adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengukur arus, tegangan, daya dan tahanan dalam jumlah yang besar, tanpa memutus sirkit. Tang ampere digunakan

untuk mengukur arus listrik pada saat melakukan perawatan atau perbaikan. Untuk mengukur arus listrik caranya cukup masukkan salah satu kabel (positif atau negatif) ke dalam mulut tang ampere. Bentuk dari tang ampere dapat kita lihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Tang Ampere

2. Megger

Mega Ohm Meter atau yang biasa disebut megger merupakan salah satu alat ukur yang berfungsi untuk mengukur tahanan isolasi dari suatu instalasi atau untuk mengetahui apakah penghantar dari suatu instalasi terdapat hubung langsung, apakah antara fasa dengan fasa atau dengan nol (tanah). Megger dapat kita lihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Megger

3. *Thermal Vision*

Salah satu kegunaan *thermovisi* dan sangat bermanfaat sekali adalah untuk mengetahui suhu peralatan kelistrikan pada saat bertegangan. Pada saat transformator dalam keadaan operasi, bagian transformator yang dialiriarus akan menghasilkan panas. Panas pada radiator transformator dan maintank yang berasal dari belitan transformator akan memiliki tipikal suhu bagian atas akan lebih panas dari bagian bawah secara gradasi. Sedangkan untuk *bushing*, suhu klem pada *stud bushing* akan lebih panas dari sekitarnya.

Suhu yang tidak normal pada transformator dapat diartikan sebagai adanya ketidak normalan pada bagian atau lokasi tersebut. Metode pemantauan suhu transformator secara menyeluruh untuk melihat ada tidaknya normalan pada transformator dilakukan dengan menggunakan *thermovisi thermal image camera* seperti pada Gambar 13.



Gambar 13. *Thermal Vision*

4. Sela Bola

Jenis ini digunakan untuk menguji tegangan kegagalan dari minyak transformator yang masih baru. Elektroda ini sangat sensitive terhadap sejumlah kecil pengotoran minyak. Dalam melakukan pengujian tegangan tembus ini, kedua elektroda dihubungkan dengan sumber tegangan yang dapat diatur. Tegangan

dinaikkan perlahan-lahan sampai terjadi kegagalan (*flash over*). Pengujian dilakukan beberapa kali (biasanya empat sampai lima kali pengujian), dan setiap selesai dari satu pengujian harus menunggu beberapa saat (biasanya lima menit) untuk melakukan pengujian berikutnya sehingga kotoran yang timbul akibat loncatan bunga api pada pengujian sebelumnya dapat mengendap lebih dahulu.

H. Gangguan Pada Transformator Distribusi

1. Gangguan Sambaran Petir

Gangguan sambaran petir dibagi atas dua, yaitu sambaran langsung dan sambaran tidak langsung. Sambaran langsung adalah sambaran petir dari awan yang langsung menyambar jaringan sehingga menyebabkan naiknya tegangan dengan cepat. Daerah yang terkena sambaran dapat terjadi pada tower dan juga kawat penghantar

2. Gangguan Hubung Singkat

Hubung singkat dapat terjadi melalui dua atau tiga saluran fasa sistem distribusi. Arus lebih yang dihasilkan hubung singkat tergantung pada besar kapasitas daya penyulang, besar tegangan, dan besar impedansi rangkaian yang mengalami gangguan. Hubung singkat menghasilkan panas yang cukup tinggi pada sisi primer transformator sebagai akibat dari naiknya rugi-rugi tembaga sebagai perbandingan dari kuadrat arus gangguan. Arus gangguan yang besar ini mengakibatkan tekanan mekanik (*mechanical stress*) yang tinggi pada transformator.

3. Gangguan Kegagalan Minyak Transformator

Kegagalan isolasi minyak transformator dapat terjadi akibat penurunan kualitas minyak transformator sehingga kekuatan dielektriknya menurun. Hal ini disebabkan *packing* minyak transformator mengalami kebocoran sehingga air masuk dan volumeminyak transformator berkurang serta umur minyak transformator sudah tua.

4. Gangguan *Overload* dan Beban Tidak Seimbang

Overload terjadi karena beban yang terpasang pada transformator melebihi kapasitas maksimum yang dapat ditampung transformator dimana arus beban melebihi arus beban penuh (*full load*) dari transformator. *Overload* akan menyebabkan transformator menjadi panas dan kawat tidak sanggup lagi menahan beban, sehingga timbul panas yang menyebabkan naiknya suhu lilitan tersebut. Kenaikan ini menyebabkan rusaknya isolasi lilitan pada kumparan transformator.

I. Jenis-jenis Pemeliharaan

a. *Predictive Maintenance*

Predictive Maintenance adalah pemeliharaan yang dilakukan dengan cara memprediksi kondisi suatu peralatan listrik, apakah dan kapan kemungkinannya peralatan listrik tersebut menuju kegagalan. Dengan memprediksi kondisi tersebut dapat diketahui gejala kerusakan secara dini. Cara yang biasa dipakai adalah memonitor kondisi secara *online* baik pada saat peralatan beroperasi atau tidak beroperasi. Untuk

ini diperlukan peralatan dan personil khusus untuk Analisa. Pemeliharaan ini juga disebut juga pemeliharaan berdasarkan kondisi (*condition base maintenance*)

b. Preventive Maintenance

Preventive maintenance adalah kegiatan pemeliharaan yang dilaksanakan untuk mencegah terjadinya kerusakan peralatan secara tiba-tiba dan untuk mempertahankan unjuk kerja peralatan yang optimum sesuai umur teknisnya. Kegiatan ini dilaksanakan secara berkala dengan berpedoman kepada : *Instruction Manual* dan pabrik, standar-standar yang ada (IEC, CIGRE, dll) dan pengalaman operasi di lapangan. Pemeliharaan ini disebut juga dengan pemeliharaan berdasarkan waktu (*Time Base Maintenance*)

c. Corrective Maintenance

Corrective maintenance adalah pemeliharaan yang dilakukan dengan berencana pada waktu-waktu tertentu ketika peralatan listrik mengalami kelainan atau unjuk kerja rendah pada saat menjalankan fungsinya dengan tujuan untuk mengembalikan pada kondisi semula disertai perbaikan dan penyempurnaan instalasi. Pemeliharaan ini disebut juga *curative maintenance*, yang bisa berupa *trouble shooting* atau penggantian bagian yang rusak atau kurang berfungsi yang dilaksanakan dengan terencana.

d. Breakdown Maintenance

Breakdown maintenance adalah pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan mendadak yang waktunya tidak tertentu dan sifatnya darurat.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

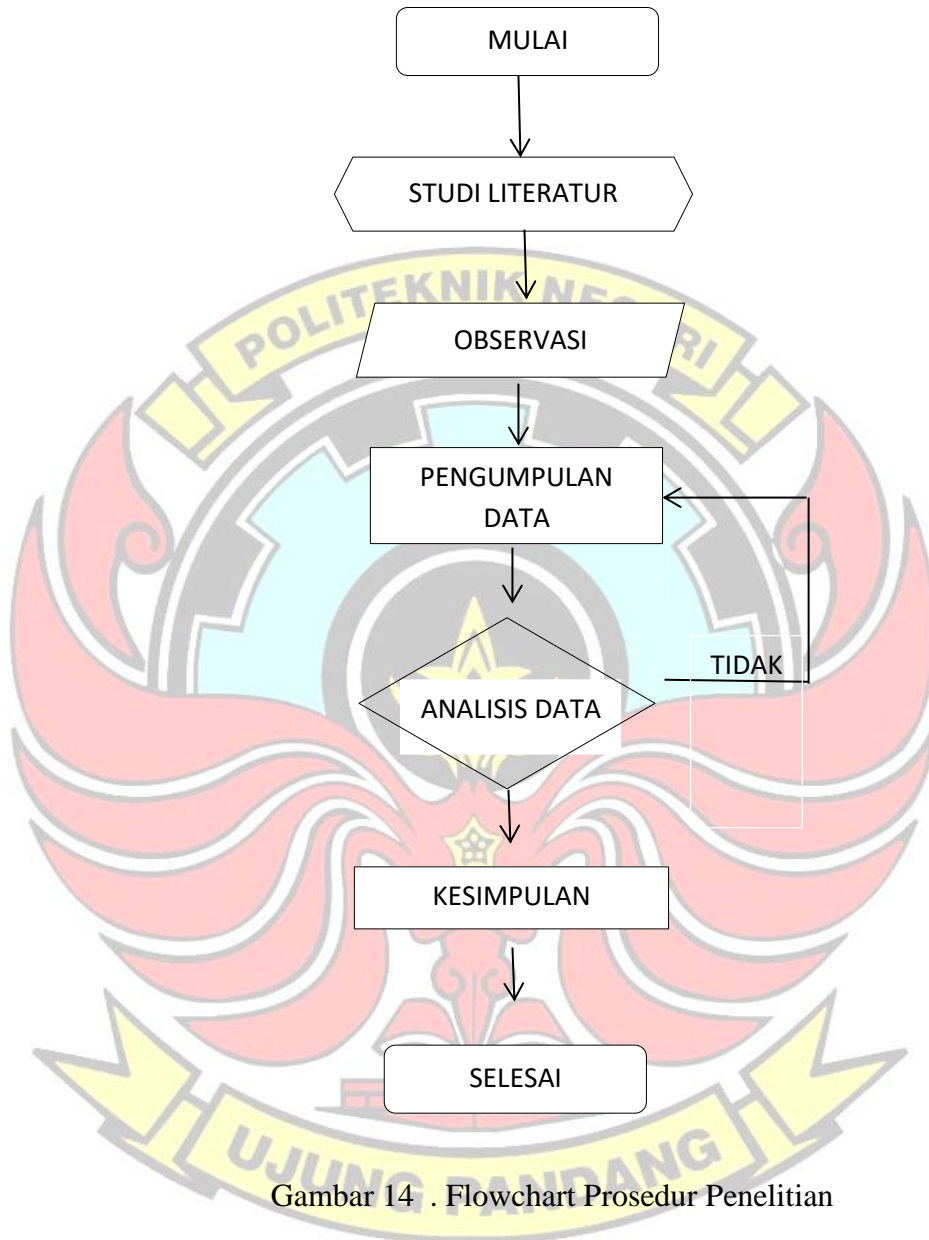
Lokasi penelitian dilaksanakan di PT.PLN(persero) Rayon PANAKUKKANG Makassar, yang dirangkaikan dengan kegiatan PKL selama kurang lebih Satu bulan terhitung tanggal 24 Januari- 24 Februari 2019.

B. Prosedur Penelitian

Prosedur yang dilakukan dalam menyelesaikan penelitian ini dibagi beberapa langkah yaitu:

1. Menganali permasalahan yang akan diteliti,
2. Melakukan observasi langsung dan wawancara terhadap permasalahan yang akan diteliti
3. Mengumpulkan data yang terkait dengan pemeliharaan transformator
4. Menganalisa data-data yang terkait dengan pemeliharaan transformator
5. Menarik kesimpulan terhadap penelitian yang dilakukan

Prosedur penelitian ini digambarkan dalam *flowchart* berikut



Gambar 14 . Flowchart Prosedur Penelitian

C. Metode Pengumpulan Data

Metode yang digunakan dalam pengumpulan data yaitu wawancara, observasi dan dokumentasi. Dalam pengumpulan data ini masing-masing memiliki kekurangan dan kelebihan. Oleh karena itu dalam penelitian ini peneliti menggunakan beberapa teknik sekaligus dengan harapan antara satu dengan yang lain saling melengkapi. Teknik yang peneliti gunakan antara lain :

1. Studi Literatur

Metode ini dilakukan dengan banyak membaca referensi baik dari buku-buku yang berkaitan dengan pemeliharaan transformator dan juga membaca referensi yang diambil dari internet

2. Observasi

Metode observasi ini dilakukan dengan survey lapangan untuk melihat kondisi secara langsung pada *transformator-transformator* yang dilakukan pemeliharaan. Selain itu peneliti juga melakukan pengambilan data- data *transformator* yang diperlukan informasi yang terkait.

3. Wawancara

Metode wawancara ini bertujuan untuk kejelasan dari data-data yang diperoleh melalui metode observasi. Metode wawancara ini dilakukan dengan mewawancarai beberapa pihak dari

PT.PLN(persero) Rayon Panakukkang khususnya pada bagian Pemeliharaan Distribusi dan pihak-pihak lainnya yang memiliki pengetahuan yang lebih tentang permasalahan yang diteliti.

4. Dokumentasi

Metode dokumentasi ini, peneliti mengumpulkan data melalui buku-buku, referensi yang berkaitan dengan obyek yang diteliti guna memperoleh data teoritis yang berkaitan dengan obyek yang diteliti guna memperoleh data teoritis, selain itu data juga diperoleh dari dokumen-dokumen yang ada di PT.PLN(persero) Rayon Panakukkang.

D. Teknik Analisi Data

Dari data yang diperoleh melalui teknik pengumpulan data mulai dari observasi, pengambilan data dan bertanya kepada staf yang bersangkutan serta mencari data-data yang lain yang terkait dengan hal yang diteliti melalui literature lainnya. Sehingga data yang diperoleh bersifat kualitatif dan kuantitatif. Data tersebut akan dianalisa berdasarkan teori yang telah diperoleh kemudian dibandingkan dengan yang terjadi di lapangan. Data-data yang tidak sesuai berdasarkan teori yang ada dapat dikaitkan dengan sistem pemeliharaan yang dilakukan selama ini.

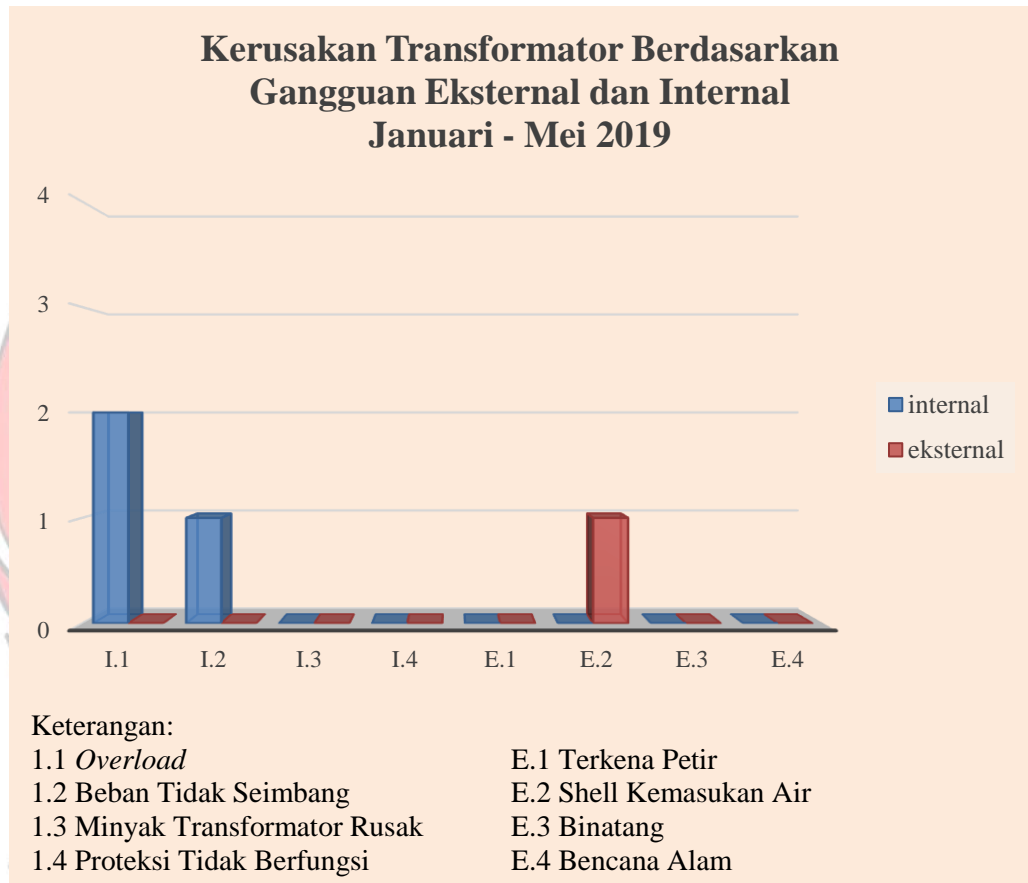
BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Pemeliharaan transformator distribusi yang dilakukan PT. PLN (persero) Rayon Panakukkang sejak bulan Januari – Mei 2019 berjalan sesuai jadwal yang telah dibuat oleh Rayon Panakukkang. Adapun jadwal pemeliharaan transformator yang dilakukan PT. PLN (persero) Rayon Panakukkang terlihat pada tabel 1

BULAN	TANGGAL	ITEM Pengerjaan	LOKASI/ALAMAT	PENGAWAS
Januari	14 Jan 19	Pemasangan Pentanahan Netral Trafo Pada Gardu	Jl. Minasa Upa	Nanang
Maret	18 Mar 19		Jl. Pendidikan	Rijal
April	26 Apr 19		Jl. Talasalapang	Rijal
Mei	14 & 28 Mei 19		Komp IDI, Jl. Inspeksi Pam	Reza
Januari	05, 14, 27 Jan 19	Manajemen Trafo Agar Bushing Tidak Pecah/ Minyak Bocor	Jl. Abdesir, Jl. Borong	Reza
Februari	26, 27 Feb 19		Komp. Golde Hill, Jl. Bumi Karsa	Reza
Maret	05, 12, 21 Mar 19		Jl. Urip Sumoharjo, Jl. Dr. Leimena, Jl. AP Pettarani	Nanang
April	24, 30 Apr 19		Jl. Boulevard, Jl. Hertasning, Komp LILI	Rijal
Januari	28 Jan 19	Perawatan PHB-TR	Jl. AP Pettarani 2	Saiful
Februari	27 Feb 19		Jl. Urip Sumoharjo	Rijal
Mei	21 Mei 19		Komp IDI	Rijal

Selain dari beberapa transformator yang dilakukan pemeliharaan, terdapat 4 buah transformator yang mengalami kerusakan. Berikut grafik transformator yang mengalami kerusakan beserta factor penyebabnya di semua wilayah kerja PT.PLN (persero) Rayon Panakukkang dari bulan Januari- Mei 2019 yang terlihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Kerusakan Transformator Berdasarkan Gangguan Eksternal dan Internal.

Dari grafik diatas, dapat dilihat bahwa selama bulan Januari- Mei 2019 penyebab kerusakan pada transformator yang paling banyak terjadi adalah pada internal yaitu terdapat 2 buah transformator yang mengalami *overload*, dan 1 buah transformator mengalami beban tidak seimbang.

Sedangkan pada gangguan eksteral yaitu terdapat 1 buah transformator yang Shell Kemasukan air.

B. Pembahasan

➤ Pemeliharaan Transformator Distribusi

Dalam pemeliharaan transformator distribusi, PT. PLN (persero) Rayon Panakukkang memiliki SOP yang harus dijalankan agar tidak terjadi hal yang tidak diinginkan. Adapun SOP dari pemeliharaan transformator distribusi sebagai berikut :

1. PERALATAN KERJA

- 1.1 Kendaraan Operasional
- 1.2 Alat Ukur Tahanan Isolasi 5000 Volt.
- 1.3 Tool Set.
- 1.4 AVO Meter.
- 1.5 Kain Majun.
- 1.6 Sackel Stick 20 kV.
- 1.7 Earth Tester.
- 1.8 Tangga

2. PERALATAN BANTU/MATERIAL

- 2.1 Cairan TCE / Alkohol 90 %.
- 2.2 Sakhapen/WD 48.
- 2.3 Multi Purpouse Cleaner (MPC).

3. PERALATAN K3

- 3.1. Safety helmet
- 3.2. Safety Belt
- 3.3. Sarung Tangan 20 Kv
- 3.4. Sarung Tangan kain
- 3.5. Sarung tangan Vinyl

- 3.6. Sepatu safety elektrik 20 kV
- 3.7. Sepatu safety
- 3.8. Rambu.- Rambu K3

4. LANGKAH KERJA

4.1 Persiapan Pekerjaan

- 4.1.1 Mengecek PK/SPK.
- 4.1.2 Membuat Surat Pemberitahuan Pemadaman ke Pelanggan jika diperlukan.
- 4.1.3 Menginput rencana pemadaman ke APKT, dilaksanakan oleh operator Rayon.
- 4.1.4 Membuat daftar permintaan material sesuai kebutuhan.
- 4.1.5 Untuk pekerjaan yang membutuhkan pembebasan tegangan, Pengawas Pekerjaan koordinasi dengan Piket Operasi Area/Rayon.
- 4.1.6 Pengawas Melaporkan ke Piket Operasi Area/Rayon pada saat :
 - 4.1.6.1 Pekerjaan siap dilaksanakan
 - 4.1.6.2 Pekerjaan telah selesai dan siap dioperasikan

4.2 Pelaksanaan Pekerjaan :

- 4.2.1 Penggunaan perlengkapan K3
- 4.2.2 Pasang dan ikat tangga pada posisi yang benar dengan kemiringan 60°.
- 4.2.3 Pasang Rambu-rambu tanda pekerjaan
- 4.2.4 Menyiapkan material.
- 4.2.5 Apabila diperlukan pembebasan tegangan maka dilakukan dengan cara :
 - 4.2.5.1. Untuk pembebasan tegang tanpa SCADA
 - Menyampaikan ke Piket Area untuk pelepasan LBS/FCO/DS/KUBIKEL.
 - Melakukan manuver beban untuk meminimalisir daerah padam.
 - Membuka FCO Sumber : memakai sakle stick 20 KV dan sarung tangan 20 kV

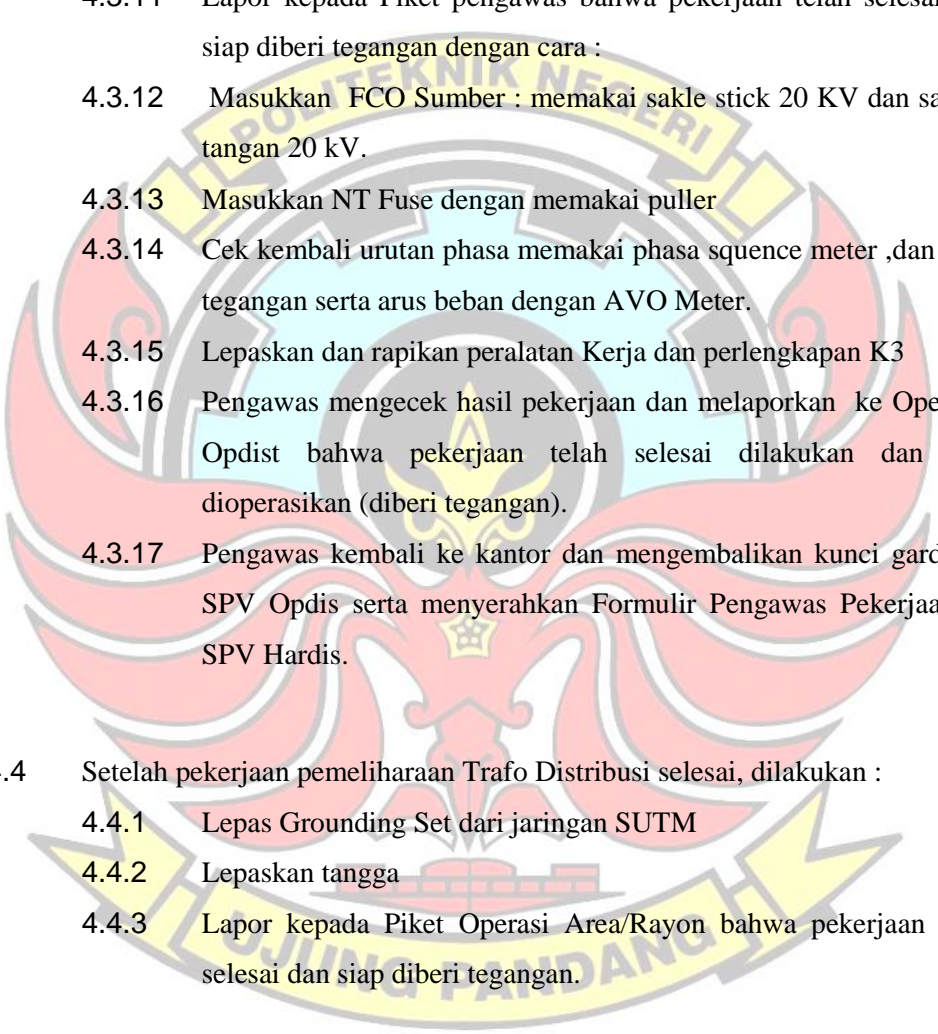
- Setelah PMT/LBS/Recloser/ FCO Terbuka, Melakukan pengecekan tegangan dengan menggunakan Voltage Detektor lalu memasang Grounding set pada 2 sisi titik pekerjaan.

4.2.5.2. Untuk pembebasan tegangan melalui SCADA/APD

- Menyampaikan ke Piket Area dan selanjutnya diteruskan ke Dispatcher APD mengenai lokasi pekerjaan yang membutuhkan pembebasan tegangan. untuk pelepasan PMT / LBS/ RECLOSER/ SSO/ KUBIKEL dan manuver selanjutnya di lakukan oleh APD.
- Setelah menerima informasi dari APD melalui piket Area bahwa telah dilakukan pembebasan tegangan, Melakukan pengecekan tegangan dengan menggunakan Voltage Detektor lalu memasang Grounding set pada 2 sisi titik pekerjaan.

4.3 Pemeliharaan Trafo Distribusi :

- 4.3.1 Petugas membuka kunci pintu Lemari Bagi, melepas NT Fuse dengan fuse carrier dan FCO Gardu.
- 4.3.2 Untuk Bagian FCO Gardu pakai sarung tangan 20 kV dan sackle stick.
- 4.3.3 Pakai sarung tangan kain dan kunci pas/ring untuk melepas kabel sisi TM/TR, dan menandai urutan phasanya.
- 4.3.4 Petugas mengukur tahanan isolasi trafo dengan menggunakan Megger.
- 4.3.5 Pakai sarung tangan vinyl dan masker untuk membersihkan karat-karat pada terminal TM/TR menggunakan kain majun yang sudah dibasahi cairan pembersih.
- 4.3.6 Pasang kembali kabel sisi TM/TR dan mengencangkan baut-baut bushing TM/TR.

- 
- 4.3.7 Ukur nilai pentanahan arrester dengan alat earth tester dan bersihkan body trafo dengan kain majun.
 - 4.3.8 Periksa kondisi badan trafo (bocor, rembes, cembung atau posisi miring).
 - 4.3.9 Petugas memeriksa kembali semua pekerjaan yang telah dilakukan.
 - 4.3.10 Lepaskan tangga
 - 4.3.11 Laporkan kepada Piket pengawas bahwa pekerjaan telah selesai dan siap diberi tegangan dengan cara :
 - 4.3.12 Masukkan FCO Sumber : memakai sakle stick 20 KV dan sarung tangan 20 kV.
 - 4.3.13 Masukkan NT Fuse dengan memakai puller
 - 4.3.14 Cek kembali urutan phasa memakai phasa squence meter ,dan ukur tegangan serta arus beban dengan AVO Meter.
 - 4.3.15 Lepaskan dan rapikan peralatan Kerja dan perlengkapan K3
 - 4.3.16 Pengawas mengecek hasil pekerjaan dan melaporkan ke Operator Opdist bahwa pekerjaan telah selesai dilakukan dan siap dioperasikan (diberi tegangan).
 - 4.3.17 Pengawas kembali ke kantor dan mengembalikan kunci gardu ke SPV Opdis serta menyerahkan Formulir Pengawas Pekerjaan ke SPV Hardis.
 - 4.4 Setelah pekerjaan pemeliharaan Trafo Distribusi selesai, dilakukan :
 - 4.4.1 Lepas Grounding Set dari jaringan SUTM
 - 4.4.2 Lepaskan tangga
 - 4.4.3 Laporkan kepada Piket Operasi Area/Rayon bahwa pekerjaan telah selesai dan siap diberi tegangan.

Transformator distribusi di PT. PLN (persero) Rayon Panakukkang menggunakan minyak jenis ONAN. Minyak itu sendiri biasanya mendidih didalam trafo sehingga jika minyak trafo tersebut keseringan mendidih kadar tahan isolasi minyak akan berkurang sehingga setiap lima tahun sekali PT. PLN (persero) Rayon Panakukkang mengganti minyak pada trafo tersebut.

Namun saat ini PT. PLN (persero) Rayon panakukang melakukan inovasi, hampir seluruh transformator distribusi di wilayah kerja PT. PLN (persero) Rayon Panakukang menggunakan transformator jenis herematic yang dimana trafo jenis ini memiliki keunggulan yaitu mutu minyak yang lebih baik. Selain itu transformator tersebut sangat mengefesiensikan pemeliharaan minyak transformator yang dimana apabila minyak transformator mengalami gangguan maka pihak PT.PLN (persero) Rayon Panakukang mengembalikan transformator yang mengalami gangguan kepada pihak pembuat transformator dalam hal ini sesuai dengan merk transformator itu sendiri.

➤ **Ketidakseimbangan Beban**

Tabel 4.2 hasil pengukuran beban trafo pada gardu distribusi GT.PRC026

DATA TRAFO		PENAMPANG	HASIL PENGUKURAN BEBAN (A)		
KAP.	PRIM/SEK		R	S	T
250kVA	20kV/220V	A (LVTC 3X70+50MM)	38	145	115
		B (LVTC 3X70+50MM)	42	76	112
		TOTAL	80	145	227

Berdasarkan wawancara kepada staf divisi yang menangani distribusi di PT.PLN (Persero) ULP Panakkukang, adapun faktor yang sangat mempengaruhi terjadinya jatuh tegangan yaitu faktor beban trafo dalam hal ini adalah ketidakseimbangan beban.

Ketidakseimbangan beban merupakan hal yang sering terjadi di PT.PLN (Persero) Rayon Panakkukang, dimana penggunaan beban di setiap fasa sangat tidak seimbang. Berdasarkan SPLN No.1 tahun 1995 standar untuk persentasi ketidakseimbangan beban yaitu diatas 20%.

Untuk mengetahui besar ketidakseimbangan beban trafo dapat dihitung berdasarkan persamaan koefisien a, b dan c, juga dengan mengingat bahwa arus rata-rata akan sama besar dengan arus fasa dalam keadaan seimbang. Adapun hasil perhitungan persentasi ketidakseimbangan beban trafo adalah:

1) Gardu GT.PRC026

Berdasarkan tabel 4.2, maka hasil perhitungan persentasi ketidakseimbangan beban pada gardu distribusi GT.PRC026 yaitu sebagai berikut:

a. Menghitung $I_{rata-rata}$

$$I_{rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$
$$I_{rata-rata} = \frac{80 + 145 + 227}{3} = 150.6 \text{ A}$$

b. Menghitung besar ketidakseimbangan beban trafo berdasarkan persamaan koefisien a, b dan c:

$$a = \frac{I_R}{I_{rata-rata}} = \frac{80}{150.6} = 0.53$$

$$b = \frac{I_S}{I_{rata-rata}} = \frac{145}{150.6} = 0.96$$

$$c = \frac{I_T}{I_{rata-rata}} = \frac{227}{150.6} = 1.50$$

berdasarkan perhitungan diatas, persentasi rata-rata

ketidakseimbangan beban trafo dapat dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned} &= \frac{\{|a - 1| + |b - 1| + |c - 1|\}}{3} \times 100\% \\ &= \frac{\{|0.53 - 1| + |0.96 - 1| + |1.50 - 1|\}}{3} \times 100\% \\ &= \frac{0.47 + 0.04 + 0.5}{3} \times 100\% \\ &= \frac{1.01}{3} \times 100 \end{aligned}$$

= 33%



BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diperoleh setelah melakukan penelitian ini yakni sebagai berikut :

1. System pemeliharaan Transformator distribusi yang dilakukan PT. PLN(persero) Rayon Panakukkang memiliki jadwal rutin yang tertera pada data yang dimiliki, selain itu pemeliharaan yang dilakukan sesuai dengan Standar Oprasional Prosedur (SOP) yang telah ditetapkan oleh PT. PLN (persero) Rayon Panakukkang
2. Adapun penyebab terjadinya kerusakan transformator distribusi yang terjadi di PT.PLN (Persero) Rayon Panakkukang adalah faktor beban trafo dalam hal ini adalah ketidakseimbangan beban setiap phasa, dimana:
Pada gardu GT.PRC026 persentasi ketidakseimbangan beban trafo sebesar 33%

B. Saran

1. Pada setiap pengerjaan di lapangan, diharapkan ikut menggunakan alat keselamatan kerja agar tidak terjadi hal yang tidak diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

Aprianto, Abgung.2010. *Pemeliharaan Trafo Distribusi*.Semarang:Universitas

Diponegoro

Kadir,Abdul.2010.*Transformator*,Jakarta:Universitas Indonesia

Anton.2012.*Cara Kerja dan Fungsi Bagian-Bagian Trafo*.(online).

(<http://www.bloganton.info/2012/11/cara-kerja-dan-fungsi-bagian-bagian.html>/diakses 28 Februari 2019).

Rikadiantoro.2014.*Makalah tangmeter*, (online).

(<http://rikadiantoro.wordpress.com/2014/03/25/makalah-tangmeter/>diakses 28 Februari2019).

Guntoro, Hanif,dkk.2009.*komponen-komponen Transformator*, (online).

(<http://dunia-listrik.blogspot.com/200901/komponen-komponen-transformator.html>/diakses 28 Februari 2019).

Politeknik Negeri Ujung Pandang.2015. Pedoman Penulisan Proposal Dan Laporan Tugas Akhir Program Diploma Tiga (D-3) Bidang Rekayasa dan Tata Niaga. Makassar.



LAMPIRAN