

LAPORAN TUGAS AKHIR DIII

**ANALISA PEMURNIAN MINYAK TRANSFORMATOR DISTRIBUSI
PADA GARDU BB 0092 PENYULANG UBUD GARDU INDUK GIANYAR**



Oleh:

Komang Rama Adhy Parwitha

1915313099

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK LISTRIK

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI BALI

2022

LAPORAN TUGAS AKHIR DIII

Diajukan Untuk Menyelesaikan Perogram Pendidikan Diploma III

**ANALISA PEMURNIAN MINYAK TRANSFORMATOR DISTRIBUSI
PADA GARDU BB 0092 PENYULANG UBUD GARDU INDUK GIANYAR**



Oleh:

Komang Rama Adhy Parwitha

1915313099

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK LISTRIK

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI BALI

2022

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**ANALISA PEMURNIAN MINYAK TRANSFORMATOR DISTRIBUSI
PADA GARDU BB 0092 PENYULANG UBUD GARDU INDUK GIANYAR**

Oleh :

Komang Rama Adhy Parwitha

NIM.1815313059

Tugas Akhir ini Diajukan untuk
Menyelesaikan Program Pendidikan Diploma III

di

Program Studi DIII Teknik Listrik
Jurusan Teknik Elektro - Politeknik Negeri Bali

Disetujui Oleh:

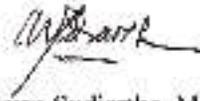
Dosen Pembimbing 1:



I Gusti Putu Arka, S.T., M.T.

NIP. 196601071991031003

Dosen Pembimbing 2:



Ir. I Wayan Sudiartha, M.T.

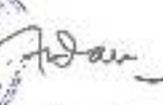
NIP. 196109221990031001

Disahkan Oleh:

Jurusan Teknik Elektro

Ketua




Ir. I Wayan Raku Ardana, M.T.

NIP. 196705021993031005

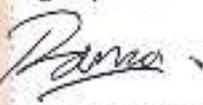
**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
LAPORAN TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Komang Rama Adhy Parwitha
NIM : 1915313099
Program Studi : Teknik Listrik
Jurusan : Teknik Elektro
Jenis Karya : Tugas Akhir

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Negeri Bali Hak **Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul: ANALISA PEMURNIAN MINYAK TRANSFORMATOR DISTRIBUSI PADA GARDU BB 0092 PENYULANG UBUD GARDU INDUK GIANYAR beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Politeknik Negeri Bali berhak menyimpan, mengalihmedia atau mengalihformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Bukit Jimbaran, 30 Agustus 2022
Yang menyatakan

Komang Rama Adhy Parwitha
1915313099



FORM PERNYATAAN PLAGIARISME

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Komang Rama Adhy Parwitha

NIM : 1915313099

Program Studi : Teknik Listrik

Jurusan : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Laporan Tugas Akhir berjudul ANALISA PEMURNIAN MINYAK TRANSFORMATOR DISTRIBUSI PADA GARDU BB 0092 PENYULANG UBUD GARDU INDUK GIANYAR adalah betul-betul karya sendiri dan bukan menjiplak atau hasil karya orang lain. Hal – hal yang bukan karya saya, dalam Tugas Akhir tersebut diberi tanda citasi dan ditunjukkan dalam daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan Tugas Akhir dan gelar yang saya peroleh dari Tugas Akhir tersebut.

Bukit Jimbaran, 30 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan



Komang Rama Adhy Parwitha

1915313099

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul “ANALISIA PEMURNIAN MINYAK TRANSFORMATOR DISTRIBUSI PADA GARDU BB 0092 PENYULANG UBUD GARDU INDUK GIANYAR”. Adapun proposal penelitian ini digunakan sebagai salah satu persyaratan akademik pada Program Studi Diploma III Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali. Penulis menyadari akan keterbatasan pengetahuan dan pengalaman yang dimiliki sehingga membutuhkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi kesempurnaan proposal tugas akhir.

Dalam penyusunan proposal penelitian ini, penulis banyak mendapat bimbingan, pengarahan serta bantuan dari berbagai pihak sehingga proposal ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Untuk itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak I Nyoman Abdi, S.E., M.eCom., selaku Direktur Politeknik Negeri Bali.
2. Bapak Ir. I Wayan Raka Ardana, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali.
3. Bapak I Made Aryasa Wiryawan, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Listrik.
4. Bapak I Gusti Putu Arka, S.T., M.T. selaku pembimbing I dalam penyusunan Tugas Akhir ini
5. Bapak Ir. I Wayan Sudiarta, M.T. selaku dosen pembimbing II dalam penyusunan Tugas Akhir ini
6. Bapak/Ibu Dosen serta staf Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali.
7. PT. PLN (Persero) ULP Gianyar, yang telah membantu dalam pencarian data penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir.
8. Bapak I Ketut Suastika selaku Manager PLN (Persero) ULP Gianyar
9. Bapak Dedy Nuriawan dan Bapak Gede Suparsa selaku Supervisor Teknik ULP Gianyar sekaligus Pembimbing Industri Praktek Kerja Lapangan (PKL).
10. Staf yang bertugas di PT. PLN (Persero) ULP Gianyar khususnya bagian TeknikSeluruh staf Dosen Jurusan Teknik Elektro yang telah banyak membantu penulis dalam menyusun proposal penelitian.

11. Orang Tua dan seluruh teman-teman mahasiswa khususnya mahasiswa Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan dukungan moril maupun materil.

Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna menyempurnakan Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis berharap Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis, mahasiswa Politeknik Negeri Bali dan pembaca pada umumnya.

Jimbaran, Agustus 2022

Penulis

ABSTRAK
Komang Rama Adhy Parwita

**ANALISA PEMURNIAN MINYAK TRANSFORMATOR DISTRIBUSI PADA
GARDU BB 0092 PENYULANG UBUD GARDU INDUK GIANYAR**

Minyak transformator merupakan salah satu bahan isolasi cair dan bisa juga dipergunakan sebagai pendingin pada transformator. Merujuk pada Surat Edaran Direksi PT.PLN (Persero) No.0017.E/DIR/2014 tentang Metode Pemeliharaan Trafo Distribusi Berbasis Kaidah Manajemen Aset halaman 10 bagian 6.6.3.7 Matriks online assessment tier-2 menyebutkan bahwa tegangan tembus minyak transformator yang dikategorikan baik ≥ 40 kV/2,5 mm. Berdasarkan hasil inspeksi jaringan transformator gardu BB 0092 penyulang Ubud mengalami kebocoran transformator mengalami kebocoran. Hasil tegangan tembus rata-rata sebelum 35,2 kV/2,5 mm dan hasil rata-rata sesudah dimurnikan 60,03 kV/2,5 mm. Hasil pengukuran suhu hot spot dan top oil telah memenuhi dalam batas operasi yang ditetapkan oleh standar IEC 354, suhu hot spot tidak boleh melebihi 140°C dan suhu top oil tidak boleh melebihi 105°C.

Kata kunci: Transformator, Minyak transformator, Tegangan tembus, Pemurnian

ABSTRACT

**ANALYSIS OF DISTRIBUTION TRANSFORMER OIL PURIFICATION AT
GUARDIAN BB 0092 UBUD FEEDER, GIANYAR SUBSTATION**

Transformer oil is a liquid insulating material and can also be used as a coolant in transformers. Referring to the Circular of the Board of Directors of PT. PLN (Persero) No. 0017.E/DIR/2014 concerning Distribution Transformer Maintenance Methods Based on Asset Management Rules page 10 section 6.6.3.7 The tier-2 online assessment matrix states that the breakdown voltage of transformer oil which is categorized as good ≥ 40 kV/2.5mm. Based on the results of the inspection of the transformer network of the substation BB 0092, the Ubud feeder has a leak, the transformer has a leak. The average breakdown voltage before is 35.2 kV/2.5 mm and the average yield after purification is 60.03 kV/2.5 mm. The hot spot and top oil temperature measurement results have met the operating limits set by the IEC 354 standard, the hot spot temperature should not exceed 140°C and the top oil temperature should not exceed 105°C.

Keywords: Transformer, Transformer oil, Voltage breakdown, Purification

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	ii
FORM PERNYATAAN PLAGIARISME.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
1.1 Latar Belakang.....	I-1
1.2 Rumusan Masalah.....	I-2
1.3 Batasan Masalah	I-2
1.4 Manfaat Tugas Akhir.....	I-3
BAB II LANDASAN TEORI	I-1
2.1 Pengertian Transformator	II-1
2.2 Bagian-Bagian Transformator	II-1
2.2.1 Inti Besi.....	II-1
2.2.2 Kumparan.....	II-2
2.2.3 Minyak Transformator.....	II-2
2.2.4 <i>Bushing</i>	II-3
2.2.6 <i>Tap Changer</i>	II-3
2.2.7 Alat Pernafasan	II-4
2.3 Pemurnian Minyak Transformator.....	II-4
2.4 Standar Tegangan Tembus Minyak Transformator.....	II-4
2.5 <i>Oil Treatment Plant</i>	II-5
2.6 <i>Oil Tester</i>	II-8
2.7 Prinsip Kerja Alat Pemurnian Minyak Transformator	II-8
2.8 Proses Pemurnian Minyak Transformator	II-9
2.9 Suhu Transformator	II-10
2.10 Thermovision	II-11
2.11 Standar Suhu Transformator.....	II-11
2.12 Perhitungan Rata-rata	II-11
2.13 Perhitungan Persentase Kenaikan/Penurunan.....	II-12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	II-1

3.2 Metode Pengambilan Data.....	III-1
3.3 Rancangan Sistem.....	III-4
3.4 Pengolahan Data	III-5
3.5 Analisa data.....	III-5
3.6 Hasil Yang Diharapkan.....	III-5
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	III-1
4.1 Gambaran Umum.....	IV-1
4.2 Data Teknis Obyek	IV-1
4.2.1 Data Spesifikasi Transformator	IV-2
4.2.2 Data Hasil Pengukuran Arus dan Tegangan Pada Gardu BB 0092	IV-2
4.2.3 Data Pengujian Tegangan Tembus Minyak Transformator.....	IV-3
4.3.3 Hasil Pengukuran Suhu Transformator.....	IV-4
4.3 Pembahasan dan Analisa	IV-4
4.3.1 Analisa Hasil Uji Tegangan Tembus Minyak Transformator	IV-4
4.4.2 Analisa Suhu Transformator.....	IV-6
4.4.4 Analisa Penyebab Dilakukan Pemurnian Minyak Transformator Distribusi Pada Gardu BB 0092 Penyulang Ubud	IV-9
4.4.4 Analisa Penyebab Menurunnya Kualitas Minyak Transformator Distribusi Pada Gardu BB 0092 Penyulang Ubud	IV-10
4.4.5 Analisa Akibat yang Ditimbulkan Kualitas Minyak Transformator Buruk	IV-10
BAB V PENUTUP	IV-1
5.1 Kesimpulan	V-1
5.2 Saran	V-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Inti Besi	II-1
Gambar 2. 2 Kumparan	II-2
Gambar 2. 3 Bushing.....	II-3
Gambar 2. 4 Filter	II-5
Gambar 2. 5 Tabung vakum.....	II-6
Gambar 2. 6 Indikator Permukaan Minyak.....	II-6
Gambar 2. 7 Pompa 3 Fasa	II-7
Gambar 2. 8 Panel Indikator	II-7
Gambar 2. 9 Oil Tester.....	II-8
Gambar 2. 10 Diagram Alir Sederhana Sistem Pemurnian Minyak Transformator ...	II-9
Gambar 2. 11 Diagram Alir Pemurnian Minyak Transformator Secara Detail	II-9
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	III-4
Gambar 4. 1 Transformator Distribusi BB 0092.....	IV-1
Gambar 4. 2 Grafik Pengukuran Tegangan Tembus Minyak Transformator	IV-6
Gambar 4. 3 Grafik Pengukuran Suhu Hot Spot Transformator	IV-6
Gambar 4. 2 Grafik Pengukuran Tegangan Tembus Minyak Transformator	IV-6
Gambar 4. 3 Grafik Pengukuran Suhu Hot Spot Transformator.....	IV-7
Gambar 4. 4 Grafik Pengukuran Suhu Top Oil Transformator.....	IV-8
Gambar 4. 5 Standar warma ASTM D-1500.....	IV-8

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Tipikal Health Index online assessmenf tier-2 pada trafo distribusi.....	II-5
Tabel 4. 1	Data Teknis Transformator Distribusi BB 0092	IV-2
Tabel 4. 2	Data Pengukuran Arus dan Tegangan Sebelum dan Sesudah Kegiatan Pemurnian Minyak Transformator.....	IV-3
Tabel 4. 3	Data Pengujian Tegangan Tembus Sebelum Pemurnian Minyak.....	IV-3
Tabel 4. 4	Data Pengujian Tegangan Tembus Sesudah Pemurnian Minyak	IV-3
Tabel 4. 5	Data Suhu Sebelum Dan Sesudah Pemurnian Minyak	IV-4
Tabel 4. 6	Tipikal Health Index Online Assessment Tier-2 Pada Trafo Distribusi	IV-6
Tabel 4. 7	Parameter warna minyak transformator	IV-9

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Single Line Diagram Penyulang Ubud.....	L-1
Lampiran 2 Hasil Inspeksi	L-2
Lampiran 3 Name Plate Transformator	L-3
Lampiran 4 Hasil Uji Tegangan Tembus.....	L-4
Lampiran 5 Dokumentasi.....	L-5

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transformator adalah salah satu alat yang sangat penting dalam suatu sistem tenaga listrik. Fungsi utama dari transformator adalah untuk mengubah level tegangan dari satu level tegangan ke level tegangan yang lain. Pada pemakaian suatu transformator tegangan menengah, sangat diperlukan isolasi untuk memisahkan antara bagian yang bertegangan dan bagian yang tidak bertegangan serta untuk mengisolasi bagian-bagian antara fasa yang bertegangan sehingga tidak terjadi lompatan listrik atau percikan.

Untuk menjaga kontinuitas operasi transformator, maka transformator dilengkapi juga dengan minyak. Minyak transformator merupakan salah satu bahan isolasi cair dan bisa juga dipergunakan sebagai pendingin pada transformator. Perlu dikemukakan bahwa minyak transformator harus memiliki mutu yang tinggi dan senantiasa berada dalam keadaan yang bersih. Disebabkan energi panas yang dibangkitkan dari inti maupun kumparan, suhu minyak transformator akan naik. Hal ini akan mengakibatkan terjadinya perubahan pada minyak transformator. Dalam jangka waktu yang lama kemungkinan besar dapat terbentuk berbagai endapan partikel yang akan menurunkan kualitas mutu dari minyak transformator. Hal tersebut dapat menyebabkan kemampuan pendinginan maupun kemampuan isolasi minyak transformator menurun.

Oleh sebab itu diperlukan pemurnian minyak transformator yang berfungsi untuk membuat minyak transformator menjadi normal kembali. Fungsi utama dari pemurnian minyak transformator adalah untuk meningkatkan tegangan tembus minyak. Ada 2 proses dalam melakukan pemurnian minyak transformator yaitu proses filtrasi dan proses vakum. Proses filtrasi bertujuan untuk menyaring partikel-partikel, sedangkan proses vakum untuk menghilangkan Sebagian besar air terlarut dan melenyapkan kandungan gas dalam minyak transformator.

Berdasarkan hasil inspeksi jaringan transformator gardu BB 0092 penyulang Ubud mengalami kebocoran pada transformator. Setelah diukur tegangan tembusnya mendapatkan hasil rata-rata 35,2 kV/2,5 mm. Jika merujuk pada Surat Edaran Direksi PT.PLN (Persero) No.0017.E/DIR/2014 tentang Metode Pemeliharaan Trafo Distribusi Berbasis Kaidah Manajemen Aset halaman 10 bagian 6.6.3.7 Matriks online assessment tier-2 pada trafo distribusi. Hasil pengukuran tersebut belum bisa dikategorikan baik karena hasil ukur dibawah 40 kV/2,5 mm. Kebocoran ini juga menyebabkan minyak pada

transformator berkurang 2 liter sehingga pada tangki tersisa 265 liter dan terkontaminasi sehingga minyak kotor.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas ada beberapa permasalahan yang hendak dibahas meliputi :

1. Apa yang menyebabkan dilakukannya pemurnian minyak pada tranformator distribusi?
2. Berapakah nilai tegangan tembus sebelum dan sesudah dilakukan pemurnian minyak transformator?
3. Berapakah nilai suhu transformator sebelum dan sesudah dilakukan pemurnian minyak transformator?

1.3 Batasan Masalah

Agar permasalahan yang penulis buat tidak terlalu luas, maka penulis akan membatasi permasalahan yang penulis angkat. Batasan–batasan tersebut adalah:

1. Hanya membahas yang menyebabkan dilakukannya pemurnian minyak pada transformator distribusi.
2. Hanya membahas nilai tegangan tembus sebelum dan sesudah dilakukan pemurnian minyak transformator.
3. Hanya nilai suhu transformator sebelum dan sesudah dilakukan pemurnian minyak transformator.

1.4 Tujuan Tugas Akhir

1. Dapat mengetahui penyebab dilakukannya pemurnian minyak pada transformator distribusi.
2. Dapat mengetahui nilai tegangan tembus sebelum dan sesudah dilakukan pemurnian minyak transformator.
3. Dapat mengetahui nilai suhu transformator sebelum dan sesudah dilakukan pemurnian minyak transformator.

1.4 Manfaat Tugas Akhir

1. Bagi penulis

dapat menambah wawasan pengetahuan dan guna menuntaskan masa perkuliahan sebagai satu syarat untuk menyelesaikan perkuliahan saat semester akhir.

2. Bagi pembaca

dapat memberikan pemikiran baru dalam memperluas dan menambah ilmu pengetahuan di bidang elektro khususnya konsentrasi sistem tenaga listrik.

3. Bagi Lembaga

Tugas akhir ini dapat dijadikan sebagai sarana referensi di perpustakaan Politeknik Negeri Bali.

4. Bagi perusahaan

laporan tugas akhir ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan evaluasi bagi pihak PLN untuk lebih meningkatkan lagi kualitas teknologi serta menjaga aset perusahaan.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Transformator

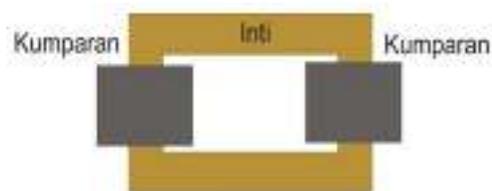
Transformator merupakan suatu alat listrik statis yang dipergunakan untuk memindahkan daya dari suatu rangkaian ke rangkaian lain dengan mengubah tegangannya baik itu menaikannya (*step up*) maupun menurunkannya (*step down*) tanpa mengubah nilai frekuensinya dan berdasar atas prinsip induksi elektromagnetik. Secara konstruksinya transformator terdiri atas dua kumparan yaitu primer dan sekunder. Bila kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik, maka fluks bolak-balik akan terjadi pada kumparan sisi primer, kemudian fluks tersebut akan mengalir pada inti transformator, dan selanjutnya fluks ini akan mengimbas pada kumparan yang ada pada sisi sekunder yang mengakibatkan timbulnya fluks magnet di sisi sekunder, sehingga pada sisi sekunder akan timbul tegangan[1].

2.2 Bagian-Bagian Transformator

Transformator terdiri atas beberapa bagian yang mempunyai fungsi masing-masing :

2.2.1 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*)[2].



Gambar 2. 1. Inti Besi^[2]

2.2.2 Kumbaran

Kumbaran 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[2].



Gambar 2. 2. Kumbaran^[2]

2.2.3 Minyak Transformator

Dalam penggunaannya minyak transformator dipakai untuk merendam transformator baik kumbaran maupun intinya, karena minyak transformator ini berfungsi sebagai media pemindah panas (disirkulasi) dan bersifat pula sebagai isolasi (daya tegangan tembus tinggi). Jenis-jenis minyak transformator ada 3 yaitu:

- Minyak Organik

Kelompok minyak organik meliputi minyak sayur, minyak damar, dan ester. Jenis minyak ini mulai banyak dipakai sebagai bahan isolasi pada akhir abad ke-19, terlebih dengan semakin menipisnya cadangan mineral tak terbarukan dan masih kecilnya pemakaian minyak sintetik membuat minyak organik mendapatkan perhatian lebih[3].

- Minyak mineral

Minyak isolasi mineral adalah minyak isolasi yang bahan dasarnya berasal dari minyak bumi yang diproses dengan cara destilasi. Minyak isolasi hasil destilasi ini harus mengalami beberapa proses lagi agar diperoleh tahanan isolasi yang tinggi, stabilitas panas yang baik, mempunyai karakteristik panas yang stabil, dan memenuhi syarat-syarat teknis yang lain. Minyak isolasi mineral banyak digunakan pada transformator daya, kabel, pemutus daya (CB) dan kapasitor[3].

- Minyak sintesis

Minyak isolasi sintetis adalah minyak isolasi yang diolah dengan proses kimia untuk mendapatkan karakteristik yang lebih baik. Sifat – sifat penting dari minyak isolasi sintetis bila dibandingkan dengan minyak isolasi mineral adalah memiliki kekuatan dielektriknya di atas 40 kV. Berat jenisnya adalah 1.56 dan jika dicampur dengan air, minyak isolasi berada di bawah permukaan air sehingga mempermudah dalam proses pemurnian dan pemisahan kadar air dalam minyak. Pada kondisi pemakaian yang sama

dengan minyak mineral, uap lembab akan menyebabkan oksidasi yang berlebih serta penurunan kekuatan dielektrik lebih cepat pada minyak sintetis bila dibandingkan dengan minyak mineral[3].

Selain jenis-jenis minyak transformator adapun beberapa syarat yang harus dipenuhi oleh minyak transformator yaitu [3]:

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

2.2.4 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[4].



Gambar 2.3. *Bushing*^[3]

2.2.6 Tap Changer

Tap changer adalah alat perubahan perbandingan transformasi untuk mendapatkan tegangan operasi sekunder yang lebih baik dari tegangan jaringan primer yang berubah ubah. Tap changer yang dapat beroperasi untuk memindahkan tap transformator dalam keadaan berbeban disebut “On Load Tap Changer” dan dapat beroperasi secara manual atau otomatis. Untuk memenuhi kualitas tegangan pelayanan suatu kebutuhan konsumen (PLN distribusi) tegangan keluaran harus dapat di ubah sesuai keinginan. Untuk memenuhi

kebutuhan hal tersebut, maka pada salah satu atau pada kedua sisi belitan transformator di buat tap (penyadap) untuk merubah perbandingan transformasi (rasio) trafo[4].

2.2.7 Alat Pernafasan

Karena pengaruh naik turunnya beban transformator maupun suhu udara luar, maka suhu minyak akan berubah-ubah mengikuti keadaan tersebut, bila suhu tinggi minyak akan memuai dan mendesak udara diatas permukaan minyak keluar dari dalam tangka, sebaliknya bila suhu minyak dingin maka minyak akan menyusut dan udara luar akan masuk ke dalam tangki. Proses tersebut disebut pernafasan trafo. Akibat pernafasan diatas maka permukaan minyak akan bersinggungan dengan udara luar. Untuk mencegah hal ini maka pada ujung pipa penghubung udara luar dilengkapi dengan alat pernafasan berupa tabung berisi Kristal zat *hygroskopis*[4].

2.3 Pemurnian Minyak Transformator

Pemurnian Minyak Transformator adalah menghilangkan atau mengurangi kontaminasi berupa partikel-partikel, kandungan air, kandungan gas, dan lain-lain pada minyak transformator sehingga kekuatan dielektrik minyak dapat meningkat kembali. Ada berbagai teknik pemurnian minyak seperti filterisasi, partikel-partikel padat seperti debu, endapan, dan sejenisnya yang terkandung dalam minyak dapat termuati oleh muatan listrik, hal ini akan menurunkan kekuatan dielektrik, oleh karena itu untuk memisahkan partikel-partikel tersebut dari minyak isolasi digunakan teknik filterisasi. Untuk menghilangkan kandungan air dapat dilakukan dengan vakum pengering[4].

2.4 Standar Tegangan Tembus Minyak Transformator

Pada sebuah transformator terdapat dua komponen yang secara aktif membangkitkan energi panas yaitu besi (inti) dan tembaga (belitan). Bila energi panas itu tidak disalurkan melalui suatu sistem pendinginan, maka besi dan tembaga akan mencapai suhu tertinggi sehingga dapat merusak minyak isolasi. Oleh karena itu belitan dan inti besi direndam ke dalam minyak transformator. Minyak ini mempunyai fungsi ganda yaitu sebagai pendingin dan isolasi.

Untuk standar tegangan tembus minyak transformator tercantum dalam Surat Edaran Dereksi PT PLN (Persero) Nomor 0017 E DIR/2014 tentang metode pemeliharaan Trafo Distribusi berbasis Kaidah Manajemen Aset[5].

Tabel 2. 1. Tipikal Health Index online assessment tier-2 pada trafo distribusi [6]

Item Diagnose	Health Index			
	Baik	Cukup	Kurang	Buruk
Colour & Appearance	Clear (Jernih)	Medium (Keruh)	Amber (Berah gelak)	Dark (Mitam Bekat)
Breakdown Voltage (K ₂₅ mm)	≥ 40	30 - <40	20 - <30	<20

2.5 Oil Treatment Plant

Mesin *Oil Treatment Plant* merupakan alat yang dirancang khusus untuk pemurnian minyak transformator dengan jalan sirkulasi, terdapat 6 komponen utama dalam mesin ini, yaitu:

a. Filter

Berfungsi untuk menyaring minyak dari butiran-butiran pengotor yang dapat mempercepat terjadinya penurunan tegangan tembus. Mesin treatment menggunakan 2 buah filter yang ditempatkan di masukan dan keluaran mesin purifikasi[6].



Gambar 2.4. Filter

b. Tabung Vakum

Tabung vakum juga diperlukan dalam melakukan treatment. Di dalam tabung vacuum berisi alat pemanas (heater) yang berfungsi Memanaskan minyak sehingga butiran-butiran air dapat menguap[6].



Gambar 2.5. Tabung vakum

c. Indikator Permukaan Minyak

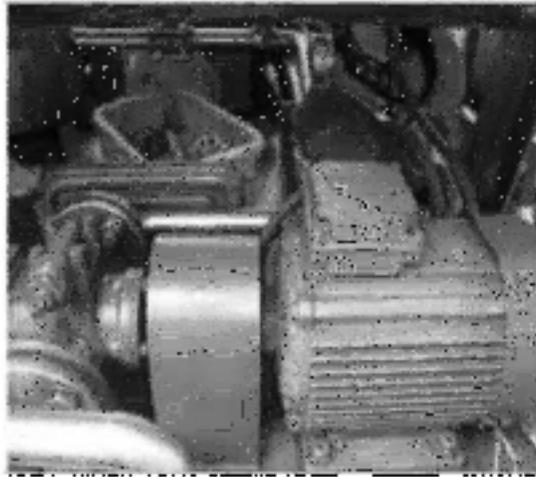
Berfungsi sebagai pengatur ketinggian permukaan minyak yang terdapat dalam tabung vakum. Sehingga dalam tabung vacuum tersebut masih terdapat rongga yang digunakan untuk pemapasan. Indikator permukaan minyak ini terletak pada tabung vakum[6].



Gambar 2.6. Indikator Permukaan Minyak^[6]

d. Pompa 3 Fasa

Motor ini berfungsi untuk menyedot dan memompa minyak yang akan dilakukan pemurnian minyak transformator[6].



Gambar 2. 7. Pompa 3 Fasa^[6]

e. Mesin Vakum

Mesin vakum digunakan untuk menyedot udara keluar dari dalam tabung untuk mengurangi tekanan udara didalamnya[6].

f. Panel Indikator

Panel indikator berfungsi untuk mengatur frekuensi putaran motor dan derajat panas heater [6].



Gambar 2. 8. Panel Indikator

2.6 Oil Tester

Tes Tegangan tembus (Breakdown Voltage Test) adalah salah satu uji predictive maintenance yang dilakukan pada minyak isolasi (minyak). Tujuan uji ini adalah untuk mengetahui kemampuan isolasi minyak terhadap tegangan yang diberikan jika nilai tegangan tembus tinggi bisa disimpulkan bahwa minyak dalam kondisi yang masih baik dan begitu juga sebaliknya. Alat ini dilengkapi dengan bejana minyak yang sangat mudah untuk dibersihkan Elektroda dimasukan mendatar ke dalam bejana pengukur, yaitu mencegah medan listrik yang disebabkan turbulensi dan korona. Ini juga memungkinkan penentuan sample minyak dengan jarak dari elektroda dapat ditentukan dengan puller 2,5 mm [6].



Gambar 2.9. Oil Tester

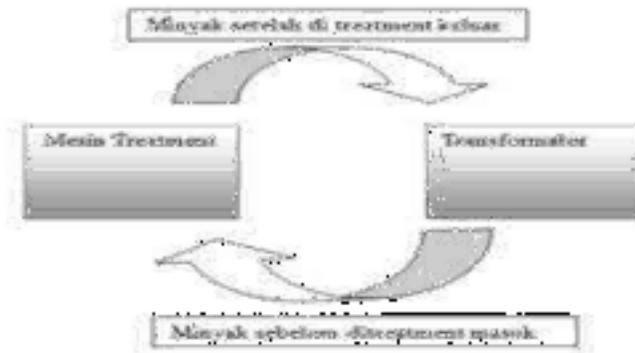
2.7 Prinsip Kerja Alat Pemurnian Minyak Transformator

Dalam proses treatment minyak trafo, terdapat 2 proses utama yaitu:

- a. *Heating*, minyak dipanaskan hingga titik didih air sehingga air yang ada dalam minyak akan menguap karena titik didih minyak lebih tinggi dari pada titik didih air. Pemanasan minyak dilakukan didalam ruang tabung vakum. Penggunaan ruang vacuum ini bertujuan agar air mendidih pada suhu rendah sehingga air menguap lebih cepat. Dengan suhu rendah diharapkan minyak tidak memuai dengan cepat[6].
- b. Penyaringan (*filter press*), setelah minyak terpisah dari uap air dan asam, minyak trafo tersebut disaring oleh filter yang berbahan *creape paper* sehingga pengotoran dapat disaring[6]

2.8 Proses Pemurnian Minyak Transformator

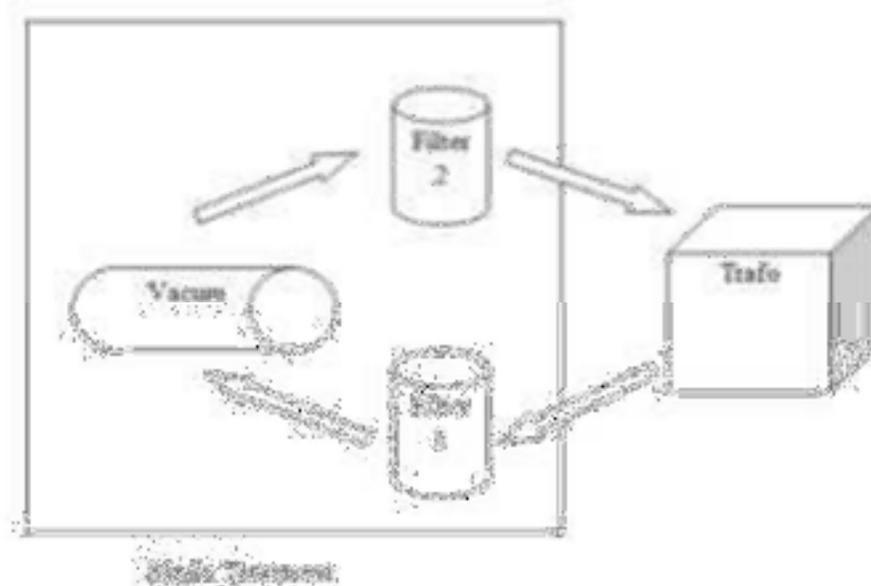
Adapun secara sederhana, prinsip kerja pemurnian minyak transformator ini yaitu mensirkulasikan minyak transformator yang akan dimurnikan. Minyak transformator



Gambar 2.10. Diagram Alir Sederhana Sistem Pemurnian Minyak Transformator^[7]

akan disedot masuk dengan menggunakan selang ke dalam alat pemurnian untuk dimurnikan, kemudian dipompa kembali dimasukkan ke dalam transformator^[6].

Secara detail, proses purifikasi minyak transformator dapat dilihat pada diagram alir berikut ini :



Gambar 2.11. Diagram Alir Pemurnian Minyak Transformator Secara Detail^[7]

Adapun tahapan proses pemurnian minyak transformator sebagai berikut :

Pertama, menghidupkan genset lalu dilanjutkan dengan beroperasinya motor 3 fasa yang terpasang diantara filter pertama dan tabung vakum menyebabkan minyak transformator mengalir keluar transformator menuju filter pertama pada *Oil Treatment Plant*. Didalam

filter ini butiran-butiran pengotor seperti butiran pasir sampai debu-debu yang berukuran 1 mikron akan tersaring. Setelah itu minyak akan dialirkan menuju tabung vakum. Pada tabung vakum terdapat heater yang berfungsi memanasi minyak untuk mencegah adanya air yang mengkontaminasi. Selain itu terdapat indikator ketinggian permukaan minyak yang terdapat pada tabung vakum, sehingga dalam tabung tersebut masih terdapat rongga yang digunakan untuk pernapasan. Kemudian dalam tabung vakum, minyak dipanaskan hingga kira-kira 60°C. Uap air yang berasal dari pemanasan disedot keluar melalui mesin vakum. Dengan metode vakum tersebut minyak tidak akan terkontaminasi oleh udara luar[6].

Setelah minyak terpisah dari kandungan air, kemudian minyak dialirkan menuju ke filter kedua. Pori-pori filter ini berukuran lebih kecil dari filter pertama yaitu 0,5 mikron. Butiran pengotor yang tidak tersaring pada filter pertama dan butiran pengotor yang terdapat pada tabung vakum, seperti debu-debu halus akan tersaring pada filter ini. Dengan adanya filter kedua ini diharapkan minyak yang melewati filter ini dan menuju kembali ke transformator benar-benar sudah bersih tidak mengandung partikel-partikel pengotor[6].

Proses tersebut dilakukan secara berulang-ulang sampai dengan beberapa kali sirkulasi hingga minyak benar-benar kembali baik. *Oil Treatment Plant* ini dapat melakukan sirkulasi minyak maksimal sebanyak 10 kali. Menurut standar PLN (*Manual Book Product Trafo*) untuk minyak lama dibutuhkan 4-6 sirkulasi sedangkan minyak baru membutuhkan 2-3 sirkulasi. Durasi proses purifikasi tergantung pada kapasitas minyak pada trafo. 1 liter minyak membutuhkan waktu ± 17 menit untuk 1 kali sirkulasi. Sehingga untuk minyak trafo yang baru memerlukan waktu purifikasi sekitar $\pm 34-51$ menit. Sedangkan minyak yang sudah lama digunakan memerlukan waktu $\pm 68-102$ menit [6].

2.9 Suhu Transformator

Transformator daya yang digunakan di Indonesia, baik produksi lokal maupun produksi luar negeri, kebanyakan didesain untuk digunakan pada suhu lingkungan 20°C, sesuai dengan standar IEC. Sementara data dari Badan Meteorologi dan Geofisika menunjukkan bahwa Indonesia mempunyai suhu lingkungan rata-rata 30°C[7].

Standar pembebanan transformator daya menggunakan standar IEC yang telah ditetapkan menjadi standar PLN. Berdasarkan standar PLN tersebut, dijelaskan bahwa pada suhu titik-panas belitan sebesar 98°C (110°C Standar IEEE), maka transformator daya akan

mengalami pemburukan isolasi yang normal. Suhu 98°C ini ditetapkan berdasarkan suhu sekitar (lingkungan) sebesar 20°C, (30°C Standar IEEE). Dengan kata lain bahwa transformator daya tidak akan mengalami kenaikan susut-umur jika suhu titik-panas (hot-spot temperature) tidak melebihi nilai 98°C (110°C untuk Standar IEEE)[7].

Suhu lingkungan (ambient temperature) adalah suhu udara sekeliling transformator. Untuk transformator pemasangan luar yang berpendingin udara, suhu lingkungan yang diambil adalah suhu udara dimana transformator tersebut ditempatkan. Jika suhu lingkungan berubah-ubah selama pembebanan, maka digunakan nilai suhu lingkungan efektif. Suhu lingkungan efektif (weighted ambient temperature) adalah suhu lingkungan yang konstan pada selang waktu tertentu yang menyebabkan penuaan yang sama dengan pengaruh suhu lingkungan yang berubah-ubah pada selang waktu tersebut (hari, bulan, tahun)[7].

2.10 Thermovision

Thermovision adalah alat untuk memvisualisasikan dan mendeteksi suhu pada suatu objek yang di tangkap dan di tampilkan ke sebuah display dengan teknologi inframerah. untuk mengetahui suhu panas pada sambungan dan konduktor[7].

2.11 Standar Suhu Transformator

Batas operasi ditetapkan oleh standar IEC 354 sebagai berikut[8]:

- a. Suhu *hot spot* tidak boleh melebihi 140°C
- b. Suhu *top oil* tidak boleh melebihi 105°C

2.12 Perhitungan Rata-rata

Rata-rata adalah suatu bilangan yang mewakili sekumpulan data. Nilai rata-rata ini digunakan untuk menentukan nilai akhir dari pengukuran tegangan tembus.

$$\bar{X} = \frac{x_1+x_2+\dots+x_n}{n} \quad (2.1)$$

Keterangan:

\bar{X} = Rata – Rata Tegangan Tembus

x_i = Data Hasil Pengukuran Tegangan Tembus

n = Banyak Data

2.13 Perhitungan Persentase Kenaikan/Penurunan

Persentase adalah suatu perbandingan (rasio) untuk menyatakan pecahan dari seratus yang ditunjukkan dengan simbol %. Perhitungan persentase kenaikan/penurunan ini digunakan untuk menghitung besarnya kenaikan atau penurunan ketika melakukan uji tegangan tembus dan pengukuran suhu.

$$\% \text{ Kenaikan/Penurunan} = \frac{\text{Nilai akhir}-\text{Nilai awal}}{\text{Nilai awal}} \times 100 \% \quad (2.2)$$

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. PLN (Persero) Umit Layanan Pelanggan (ULP) Gianyar pada tanggal 25 agustus 2021. Objek penelitian ini pada gardu distribusi BB 0092 Penyulang Ubud yang mengalami rembes bushing sehingga dapat menyebabkan menurunnya tegangan tembus pada minyak transformator. Gardu ini terletak di JL. Serma Darya, Blahbatuh, Gianyar.

3.2 Metode Pengambilan Data

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini ada beberapa metode yang dilakukan, berikut merupakan metode-metode yang digunakan untuk memperoleh data-data yang diperlukan, yaitu:

a. Observasi

Dalam penulisan proposal ini, metode observasi yang dilakukan adalah mengobservasi langsung gardu distribusi BB 0092 Penyulang Ubud di lapangan pada bulan agustus 2021. Observasi yang dilakukan yaitu dengan cara mencari kebenaran kondisi dari objek penelitian.

b. Metode wawancara

Penulis mencari dan mengumpulkan data dengan berdiskusi maupun tanya jawab dengan dosen pembimbing, mentor dan pegawai di PT. PLN (persero) ULP GIANYAR, maupun vendor pelaksana kegiatan di lapangan mengenai semua yang berhubungan dengan permasalahan yang akan dibahas.

c. Pengukuran

Metode Pengukuran adalah cara yang digunakan untuk memperoleh data beban dan tegangan pada gardu dengan menggunakan tang ampere, data tegangan tembus minyak transformator dengan menggunakan *oil tester*. Metode pengumpulan data dilakukan dengan cara pengukuran langsung pada transformator yang akan dilakukan pemurnian minyak transformator, yang dilakukan pada sebelum dan sesudah proses pemurnian minyak transformator. Berikut adalah tahapan pemurnian minyak transformator :

1. Berkordinasi antara pengawas PT ASR (Vendor) dengan pengawas PLN mengenai pekerjaan pemurnian minyak transformator distribusi pada gardu BB 0092 Penyulang Ubud.
2. Melakukan pemeriksaan peralatan kerja dan kelengkapan K3, *briefing* dan do'a. (CBD)
3. Melakukan pengukuran tegangan dan arus pada PHB-TR.
4. Pengawas PLN berkordinasi dengan pengatur distribusi (Dispatcher) UP3 Bali Timur bahwa akan diadakan pemurnian minyak transformator distribusi di gardu BB 0092 Penyulang Ubud.
5. Melakukan pemadaman pada gardu dimulai dari melepas Helfboom kemudian melepas Fuse Cut Out (FCO).
6. Menaikkan alat kerja.
7. Mengendurkan dan melepas baut sepatu kabel TM (Tegangan Menengah) dan TR (Tegangan Rendah) pada bushing transformator.
8. Mengambil sampel minyak transformator yang belum disaring untuk melakukan uji tegangan tembus minyak.
9. Mencatat hasil pengukuran tegangan tembus minyak transformator sebelum dimurnikan.
10. Menaikkan dan memasang selang mesin treatment dengan kencang pada level oil indicators dan Oil Drain Valve.
11. Melakukan penyaringan dan pemurnian minyak transformator.
12. Mencatat hasil pengukuran tegangan tembus minyak transformator sesudah dimurnikan.
13. Menambahkan minyak transformator sebanyak 2 Liter.
14. Melepas selang mesin pemurnian.
15. menutup kembali level oil indicators dan Oil Drain Valve.
16. Mengencangkan baut di bagian Ductseal dan Bushing
17. Membersihkan area bodi transformator.
18. Pengawas PLN melakukan pengecekan kembali setelah dilakukan pekerjaan pemurnian minyak transformator serta memastikan pekerjaan sudah aman sebelum gardu dinormalkan.
19. Melakukan koordinasi dengan piket UPJ.
20. Memasukkan Fuse Cut Out transformator.
21. Menutup Saklar utama (Helfboom).

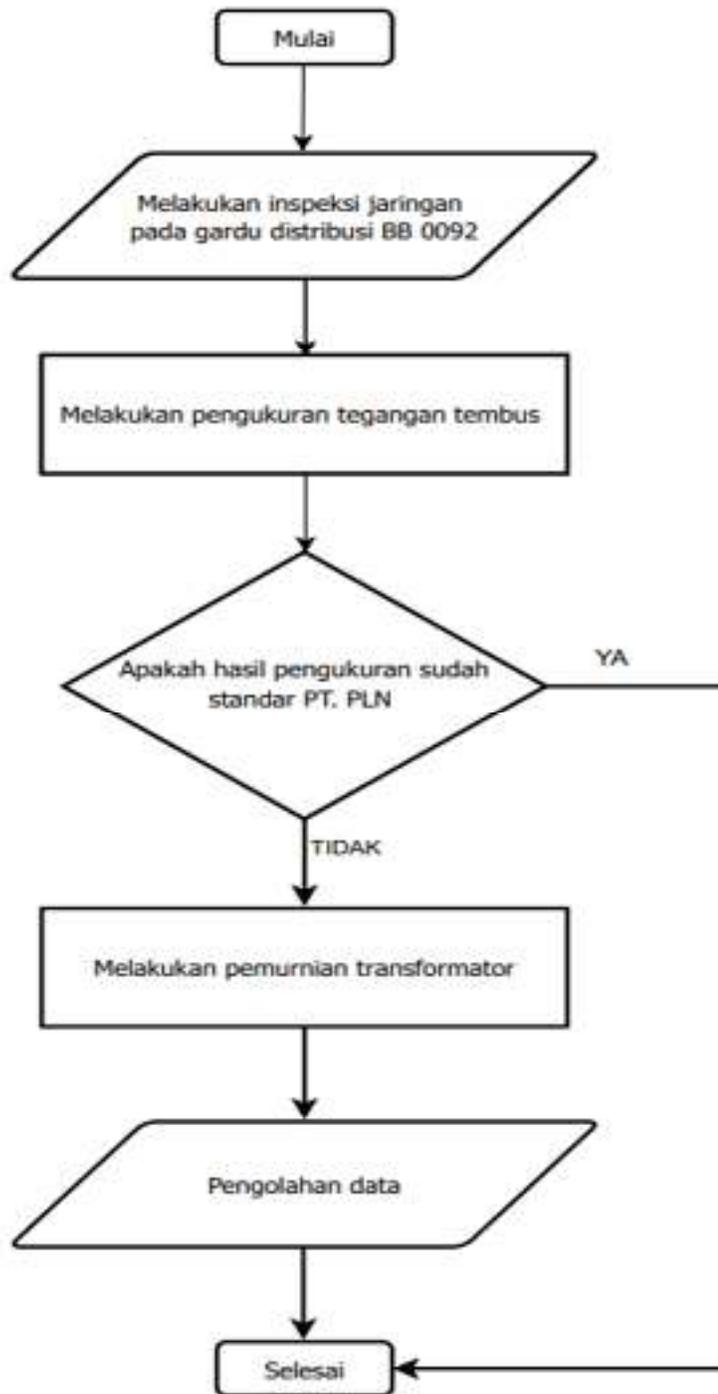
22. Melakukan pengukuran tegangan dan arus pada PHB-TR.

23. Pekerjaan selesai dan membersihkan lingkungan sekitar.

d. Dokumentasi

Metode dokumentasi dilakukan dengan cara mendokumentasikan kegiatan dilapangan serta mengumpulkan dokumen-dokumen ataupun arsip- arsip di PT. PLN (persero) ULP GIANYAR maupun vendor pelaksana kegiatan yang berkaitan.

3.3 Rancangan Sistem



Gambar 3. 1. Diagram Alir Penelitian

3.4 Pengolahan Data

Data yang sudah didapatkan selanjutnya akan diolah sesuai dengan referensi. Data yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah hasil dari pengukuran tegangan tembus minyak transformator menggunakan oil tester. Pengolahan data dilakukan dengan cara melakukan perhitungan rata-rata dan persentase kenaikan tegangan tembus minyak transformator, serta persentase penurunan suhu transformator

3.5 Analisa data

Analisa data yang penulis lakukan setelah melakukan pengolahan data gardu distribusi BB 0092 adalah analisis perbandingan tegangan tembus minyak transformator BB 0092 sebelum dan sesudah dilakukannya pemurnian minyak transformator, serta Analisa perbandingan suhu transformator sebelum dan sesudah pemurnian minyak transformator serta sehari sesudah dilakukannya pemurnian minyak transformator.

3.6 Hasil Yang Diharapkan

Setelah melakukan penelitian ini penulis berharap bisa menghitung, mengukur dan menganalisa kualitas tegangan tembus pada transformator yang sudah dilakukan pemurnian minyak. Dengan harapan juga dapat mengetahui tegangan tembus dan suhu transformator yang dianggap baik agar kinerja transformator optimal serta sesuai dengan standar yang berlaku.

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum

Transformator distribusi BB 0092 yang berlokasi di Desa Blahbatuh, Gianyar memiliki kapasitas maksimum sebesar 160 kVA. Salah satu unsur penting yang harus dijaga yaitu kondisi transformator, di dalam transformator terdapat minyak yang berfungsi sebagai pendingin sekaligus isolator pada transformator. Minyak transformator memiliki jenis mineral oil dan minyak ini haruslah dijaga kualitasnya agar transformator dapat bekerja dengan baik. Pada transformator distribusi BB 0092, transformator mengalami kebocoran di bagian *seal bushing* hingga mengurangi 2 liter dari jumlah minyak keseluruhan yaitu 265 liter. Setelah dilakukan test tegangan tembus dari minyak tersebut juga mengalami penurunan hingga mencapai 35,2 kV/2,5 mm maka dilihat dari data tersebut perlu dilakukannya pemurnian minyak transformator.



Gambar 4. 1. Transformator Distribusi BB 0092

4.2 Data Teknis Obyek

Sebelum membahas dan menganalisa suatu permasalahan, maka sebelum itu harus diketahui terlebih dahulu data pendukung dari permasalahan yang diambil. Data tersebut adalah sebagai berikut:

4.2.1 Data Spesifikasi Transformator

Data teknis transformator adalah sebuah data yang menunjukkan spesifikasi dari sebuah transformator. pada umumnya data ini terletak pada sebuah *nameplate*/papan nama transformator. adapun data dari transformator BB 0092 adalah tabel sebagai berikut:

Tabel 4. 1. Data Teknis Transformator Distribusi BB 0092

Name Plate Transformator GD BB 0092	
Nomor Seri	11137509
Merk	TRAFINDO
Tahun Pembuatan	2011
Daya	160 kVA
Berat/isi minyak	267 liter
Berat total transformator	980 Kg
Jenis Transformator	Hermetik
Jenis Minyak	Mineral
Frekuensi	50 Hz
Tipe Pendinginan	ONAN
Tegangan Pengenal Primer	20000 Volt
Tegangan Pengenal Sekunder	400 Volt
Arus Pengenal Primer	4,61 A
Arus Pengenal Sekunder	230,94 A

4.2.2 Data Hasil Pengukuran Arus dan Tegangan Pada Gardu BB 0092

Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan di lv board gardu BB 0092 didapat hasil pengukuran arus dan tegangan sebelum dan sesudah kegiatan pemurnian minyak transformator distribusi dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 2. Data Pengukuran Beban dan Tegangan Sebelum dan Sesudah Kegiatan Pemurnian Minyak Transformator

WAKTU	ARUS BEBAN TRANSFORMATOR (A)				TEGANGAN SEKUNDER TRANSFORMATOR (V)					
	R	S	T	N	R-S	S-T	T-R	R-N	S-N	T-N
Sebelum pemurnian	107	105	102	38	408	402	409	232	237	237
Sesudah pemurnian	132	182	136	52	419	412	420	238	243	239

4.2.3 Data Pengujian Tegangan Tembus Minyak Transformator

Dalam penyusunan tugas akhir ini, data pengujian tegangan tembus minyak transformator ini diperoleh ketika penulis mengikuti kegiatan pemurnian minyak transformator distribusi pada gardu BB 0092 pada tanggal 25 Agustus 2021. Pengujian tegangan tembus minyak transformator dilakukan untuk mengetahui kondisi isolasi minyak. Pengujian ini dilakukan sebelum dilakukan pemurnian dan sesudah dilakukan pemurnian. Pengujian sebelum maupun sesudah pemurnian minyak transformator akan dilakukan 6 kali pengujian dengan setiap pengujian memerlukan waktu 2 menit untuk mendapatkan nilai hasil pengujian. Berikut hasil uji tegangan tembus sebelum dilakukan pemurnian minyak transformator pada BB 0092:

Tabel 4. 3 Data Pengujian Tegangan Tembus Sebelum Pemurnian Minyak

Waktu Pengujian	Pengujian	Hasil Pengujian Tegangan Tembus (kV/2,5 mm)
25 Agustus 2021	Test 1	31,5
	Test 2	35,5
	Test 3	38
	Test 4	28,6
	Test 5	38,4
	Test 6	39

Setelah melakukan pemurnian minyak transformator akan dilakukan pengujian tegangan tembus. berikut adalah hasil pengujian minyak transformator setelah pemurnian minyak:

Tabel 4. 4. Data Pengujian Tegangan Tembus Sesudah Pemurnian Minyak

Waktu Pengujian	Pengujian	Hasil Pengujian Tegangan Tembus (kV/2,5 mm)
25 Agustus 2021	Test 1	59,9
	Test 2	59,9
	Test 3	59,9
	Test 4	60,2
	Test 5	60,1
	Test 6	60,2

4.3.3 Hasil Pengukuran Suhu Transformator

Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan didapat hasil pengukuran suhu transformator sehari sebelum kegiatan purifikasi minyak transformator distribusi pada gardu BB 0092 dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 5. Data Suhu Sebelum Dan Sesudah Pemurnian Minyak

WAKTU	SUHU (°C)	
	HOT SPOT	TOP OIL
Sebelum Pemurnian Minyak	34,1	34,6
Sesudah Pemurnian Minyak	28,7	30,3

4.3 Pembahasan dan Analisa

Dalam penelitian ini penulis akan menganalisis perbandingan tegangan tembus sebelum dan sesudah pemurnian minyak transformator, serta menganalisis suhu *hot spot* dan *top oil* sebelum dan sesudah pemurnian minyak transformator.

4.3.1 Analisa Hasil Uji Tegangan Tembus Minyak Transformator

Pengujian tegangan tembus minyak transformator dilakukan menggunakan alat *oil tester*. Pada pengujian tersebut alat uji secara otomatis melakukan pengujian tegangan tembus minyak transformator sebanyak 6 kali dalam satu pengujian. Untuk mengetahui nilai akhir dari hasil pengujian tersebut, maka nilai hasil uji harus dirata-ratakan terlebih dahulu. Dengan menggunakan persamaan 2.1. Maka nilai rata-rata hasil pengujian

tegangan tembus minyak transformator sebelum dilakukannya pemurnian dapat dihitung sebagai berikut:

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

$$\bar{X} = \frac{31,5 + 35,5 + 38 + 28,6 + 38,4 + 39}{6}$$

$$\bar{X} = 35,2 \text{ kV}/2,5 \text{ mm}$$

Setelah mengetahui nilai rata-rata sebelum dilakukan pemurnian minyak lalu dilanjutkan dengan menghitung rata-rata hasil uji tegangan tembus minyak transformator sesudah dilakukan pemurnian minyak dengan persamaan 2.1 sebagai berikut:

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

$$\bar{X} = \frac{59,9 + 59,9 + 59,9 + 60,2 + 60,1 + 60,2}{6}$$

$$\bar{X} = 60,03 \text{ kV}/2,5 \text{ mm}$$

Setelah mengetahui nilai rata-rata sesudah dan sebelum dilakukan pemurnian minyak lalu dilanjutkan dengan menghitung persentase kenaikan tegangan tembus minyak transformator dengan persamaan 2.2 sebagai berikut:

$$\% \text{ Kenaikan} = \frac{\text{Nilai Akhir} - \text{Nilai Awal}}{\text{Nilai Awal}} \times 100 \%$$

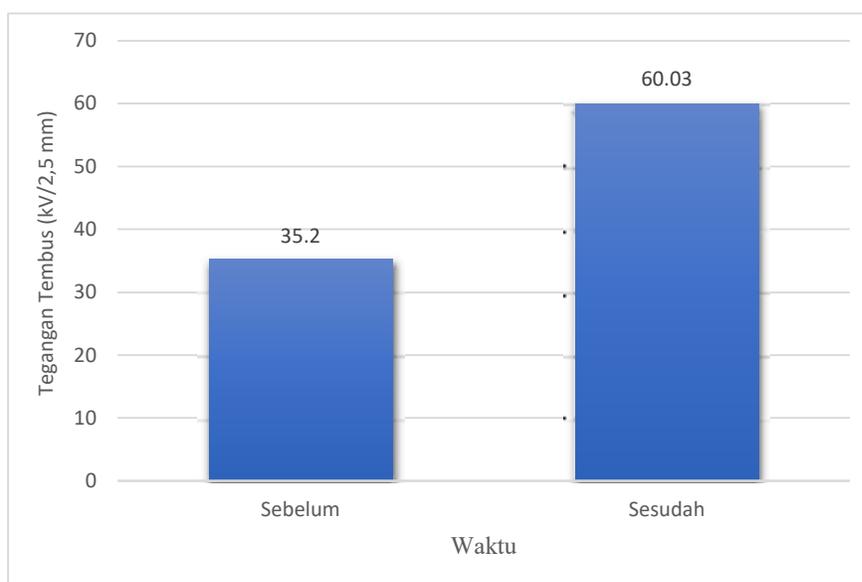
$$= \frac{60,03 - 35,2}{35,2} \times 100 \%$$

$$= 70,54 \%$$

Jika merujuk pada Surat Edaran Direksi PT.PLN (Persero) No.0017.E/DIR/2014 tentang Metode Pemeliharaan Trafo Distribusi Berbasis Kaidah Manajemen Aset halaman 10 bagian 6.6.3.7 Matriks online assessment tier-2 pada trafo distribusi menetapkan *Oil Quality Analysis* terhadap *Breakdown Voltage* (kV/2,5 mm) yang disarankan seperti tabel 4.6 berikut:

Tabel 4. 6. Tipikal Health Index Online Assessment Tier-2 Pada Trafo Distribusi

Item Diagnosa	<i>health Index</i>			
	Baik	Cukup	Kurang	Buruk
Breakdown Voltage (kV/2,5 mm)	≥ 40	30 - <40	20 - <30	<20



Gambar 4. 2. Grafik Pengukuran Tegangan Tembus Minyak Transformator

Pada gambar 4.2 ditunjukkan grafik besarnya nilai tegangan tembus minyak transformator sesuai dengan standar yang digunakan PLN. Setelah dilakukan pemurnian minyak transformator terdapat kenaikan nilai tegangan tembus yaitu 60,03 kV/2,5 mm. Dengan nilai yang didapatkan kualitas isolasi minyak transformator dapat dikategorikan sebagai kondisi baik karena nilainya ≥ 40 kV/2,5 mm dan persentase kenaikannya mencapai 70,54 %.

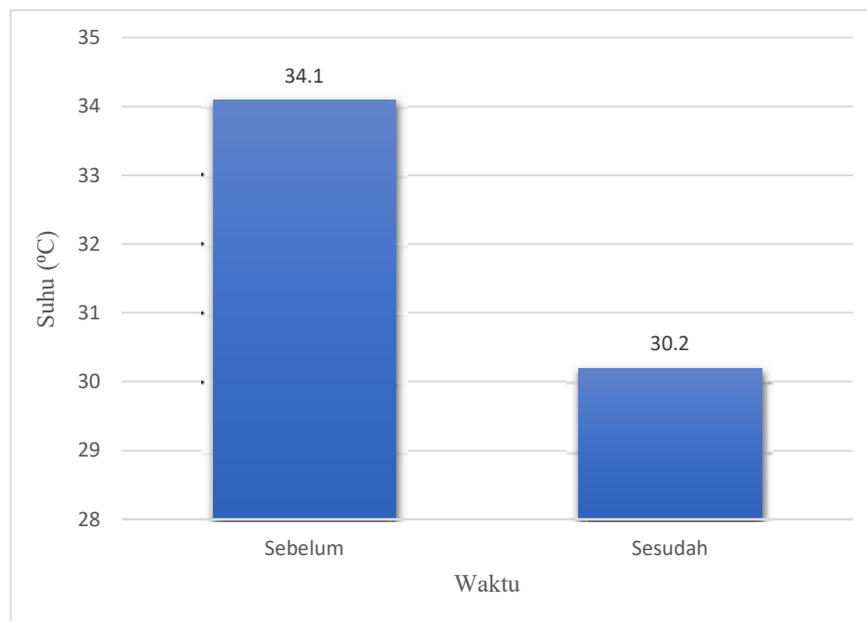
4.4.2 Analisa Suhu Transformator

1. Analisa Suhu Hot Spot

Berdasarkan data hasil pengukuran pada tabel 4.6 maka perhitungan persentase penurunannya menggunakan persamaan 2.2:

$$\begin{aligned} \% \text{ Penurunan} &= \frac{\text{Nilai akhir} - \text{Nilai awal}}{\text{Nilai awal}} \times 100 \% \\ &= \frac{30,2 - 34,1}{34,1} \times 100 \% \\ &= -15,84 \% \end{aligned}$$

Jika dilihat dari hasil perhitungan diatas suhu *hot spot* sesudah mengalami penurunan 15,84 % dari suhu *hot spot* sebelum. Nilai suhu *hot spot* sebelum dilakukan pemurnian 34,1 °C menjadi 30,2 °C Ketika sesudah dilakukan pemurnian seperti gambar 4.3 berikut:



Gambar 4. 5. Grafik Pengukuran Suhu Hot Spot Transformator

Dengan suhu *hot spot* yang menurun berarti fungsi dari minyak transformator sebagai pendingin menjadi lebih baik. Mengacu pada IEC 354 suhu *hot spot* sebelum dan sesudah masih normal karena tidak ada suhu *hot spot* yang melebihi 140 °C.

2. Analisa Suhu Top Oil

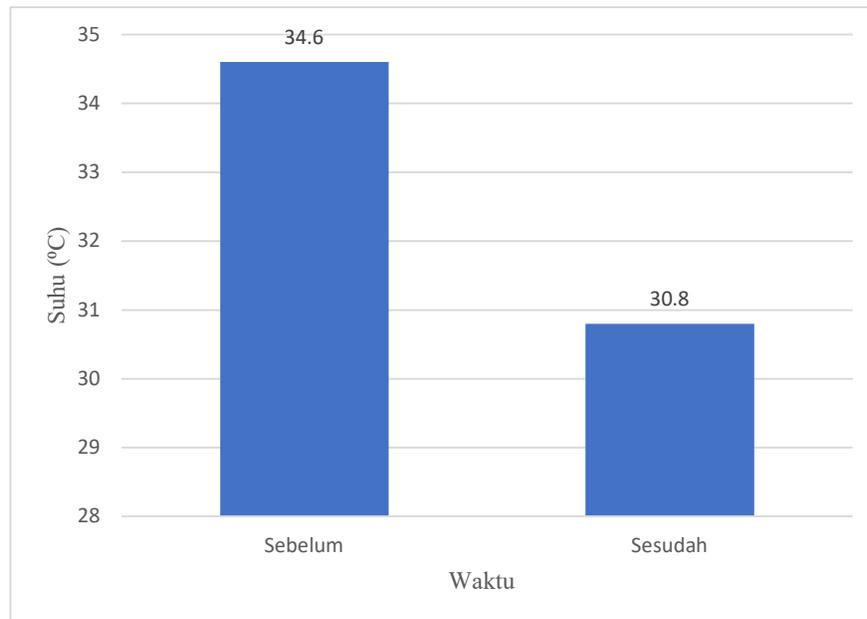
Berdasarkan data hasil pengukuran pada tabel 4.6 maka perhitungan persentase penurunannya menggunakan persamaan 2.2:

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{\text{Nilai akhir} - \text{Nilai awal}}{\text{Nilai awal}} \times 100 \%$$

$$= \frac{30,8 - 34,6}{34,6} \times 100 \%$$

$$= -12,43 \%$$

Dilihat dari perhitungan diatas suhu *top oil* transformator sesudah mengalami penurunan 12,43 % dari suhu *top oil* sebelum. Nilai suhu *top oil* sebelum dilakukan pemurnian 34,6 °C menjadi 30,8 °C Ketika sesudah dilakukan pemurnian minyak seperti gambar 4.4 berikut:

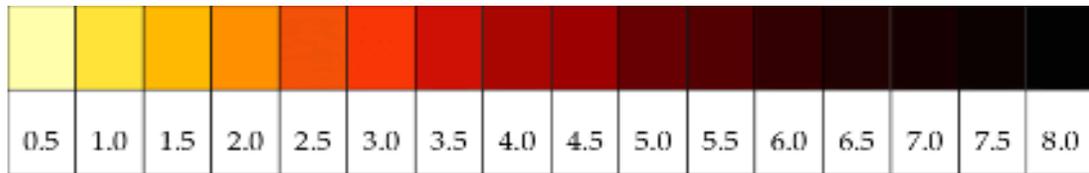


Gambar 4. 6. Grafik Pengukuran Suhu Top Oil Transformator

Penurunan ini dikarenakan minyak yang baru dimurnikan berfungsi semakin baik sebagai penndingin. Minyak akan lebih mudah mensirkulasi udara ketika hasil dari pemurnian minyak tersebut maksimal, Suhu *top oil* sebelum dan sesudah masih normal karena tidak ada suhu *top oil* yang melebihi batasan 105 °C yang tercantum pada IEC 354.

4.4.3 Analisa Warna Minyak

Warna dari minyak transformator diberi nilai parameter agar kita dapat mengambil keputusan apabila minyak tersebut masih dalam kondisi bersih atau sudah mengandung banyak pengotor (zat lain).



Gambar 4. 9. Standar warna ASTM D-1500

Tabel 4. 7. Parameter warna minyak transformator

Standar warna ASTM D-1500		
Bagus	Cukup	Buruk
<3.0	3.0-4.5	>4.5

Setelah dilakukan pemurnian minyak transformator warna minyak dikategorikan bagus jika merujuk pada tabel 4.7 dan mendapatkan nilai 1.0 jika dilihat pada gambar 4.5.

4.4.4 Analisa Penyebab Dilakukan Pemurnian Minyak Transformator Distribusi Pada Gardu BB 0092 Penyulang Ubud

Saat tim *Ground Patrol* melakukan inspeksi pada transformator distribusi gardu BB 0092 penyulang Ubud. Ditemukan tetesan minyak yang menetes pada bodi transformator gardu BB 0092 penyulang Ubud. Setelah dilakukan pengecekan, ditemukan transformator mengalami kebocoran atau rembes pada *seal bushing*. Jika kebocoran tidak ditangani segera. Dapat mengakibatkan minyak transformator berkurang dan dapat menimbulkan bahaya berupa hubung singkat. Hal tersebut dapat terjadi jika level dari minyak transformator tidak menutupi seluruh belitan primer dan sekunder di dalam transformator. Selain daripada itu, hasil nilai pengujian minyak transformator sebelum dilakukannya pemurnian minyak transformator dinilai cukup. Akan tetapi nilai dari pengujian tersebut sebesar 35,2 kV/2,5 mm sehingga nilai pengukurannya masih belum bisa dikatakan baik menurut Surat Edaran Dereksi PT PLN (Persero) Nomor 0017 E DIR/2014 Maka dari itu transformator BB 0092 penyulang Ubud harus segera dilakukan pemurnian minyak transformator.

4.4.4 Analisa Penyebab Menurunnya Kualitas Minyak Transformator Distribusi Pada Gardu BB 0092 Penyulang Ubud

Pada pengujian tegangan tembus minyak transformator distribusi gardu BB 0092 Penyulang Ubud sebelum pemeliharaan, didapatkan hasil bahwa minyak isolasi sudah menurun kualitasnya. Salah satu faktor penyebab menurunnya kualitas minyak transformator adalah proses pernapasan transformator dimana udara lembab akan masuk kedalam minyak sehingga menimbulkan adanya gelembung air, pemakaian transformator pada suhu tinggi untuk waktu lama dapat menimbulkan penuaan, berakibat warna minyak menjadi lebih gelap dikarenakan pembentukan asam dan resin atau endapan. Sebagian besar asam dapat mengakibatkan korosi pada bagian-bagian transformator seperti pada bagian isolasi padat transformator atau bagian-bagian metal transformator. Tumpukan-tumpukan endapan atau kotoran pada inti dan kumparan akan menurunkan sirkulasi minyak yang dapat menimbulkan penurunan transfer panas. Keberadaan zat-zat kontaminan seperti gelembung air, gelembung udara, gas terlarut, endapan-endapan atau kotoran-kotoran, debu, dan sebagainya pada minyak isolasi sudah tentu akan mengakibatkan degradasi kekuatan bahan isolasi minyak, sehingga menimbulkan penurunan tingkat tegangan kegagalan isolasi.

4.4.5 Analisa Akibat yang Ditimbulkan Apabila Kualitas Minyak Transformator Buruk

Pada pengujian tegangan tembus minyak transformator distribusi gardu BB 0092 Penyulang Ubud sebelum dilakukan pemurnian minyak transformator, didapatkan hasil bahwa minyak isolasi kualitasnya sudah mulai memburuk. Apabila kondisi ini dibiarkan, maka akan timbul berbagai permasalahan. Akibat yang ditimbulkan apabila kualitas minyak berada pada kondisi yang cukup buruk adalah kerusakan pada peralatan. Apabila kondisi minyak sudah sangat buruk. hal ini dapat menyebabkan minyak yang sebelumnya berfungsi sebagai media isolasi dan pendingin akan kehilangan daya isolasinya (daya isolasi menurun), sehingga dapat menyebabkan short circuit yang dapat mengakibatkan kerusakan pada transformator.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari pembahasan dan analisa yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada pengujian tegangan tembus isolasi minyak transformator sesudah dilakukan pemurnian minyak, didapatkan hasil uji yang awalnya 35,2 kV/2,5 mm menjadi 60,03 kV/2,5 mm. Hasil ini sudah bisa dikatakan baik seperti yang sudah tertera pada tabel 4.6. Secara persentase kenaikan tegangan tembus mencapai 70,54 %.

2. Dari hasil pengukuran suhu hot spot transformator yang dilakukan menggunakan Thermovision diperoleh hasil sebelum pemurnian minyak adalah 34.1°C dan suhu *hot spot* sesudah pemurnian minyak adalah 30.2°C, dari hasil pengukuran suhu hot spot sebelum dan sesudah dilakukan pemurnian minyak mengalami penurunan 15,84 % dan tidak ada yang melebihi batasan yang ada pada IEC 354 yaitu 140°C. Untuk hasil pengukuran suhu *top oil* transformator sebelum pemurnian minyak adalah 34,6°C dan suhu *top oil* sesudah pemurnian adalah 30,8°C dari hasil pengukuran suhu *top oil* sebelum dan sesudah dilakukan pemurnian minyak mengalami penurunan 12,43 % dan tidak ada yang melebihi batasan yang melebihi batasan yang ada pada IEC 354 yaitu 105°C.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Dalam menjaga kualitas isolasi minyak transformator, sebaiknya pengujian tegangan tembus minyak lebih sering dilakukan tanpa harus menunggu kegiatan inspeksi *ground patrol* untuk pengawasan transformator. Hal ini dikarenakan seiring bertambahnya pembebanan transformator, maka penurunan kualitas minyak akan terjadi lebih cepat. Dikhawatirkan transformator dapat mengalami gangguan secara mendadak.

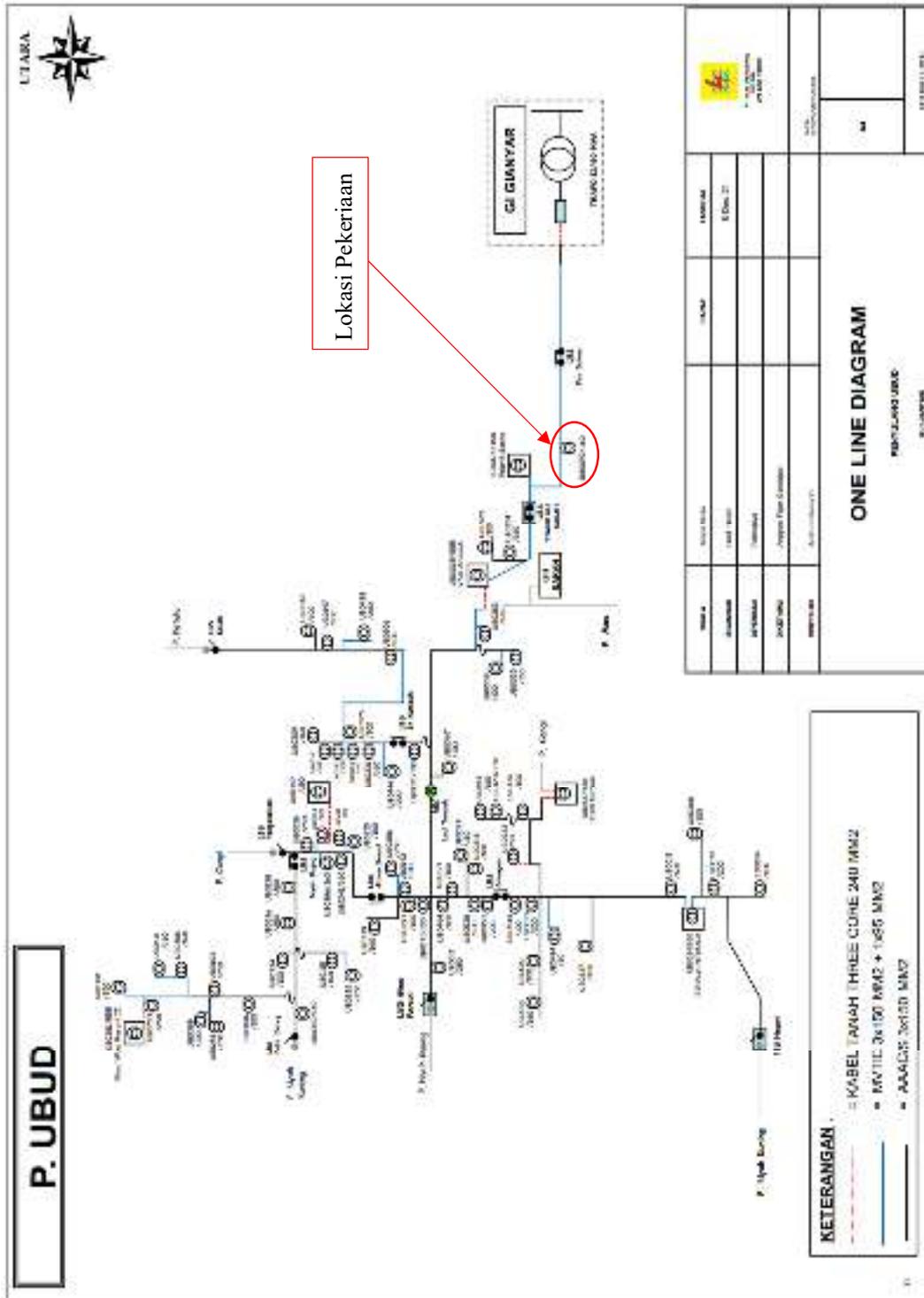
2. Dalam melakukan pengujian tegangan tembus, sebaiknya dalam pengambilan sampel minyak dilakukan dengan lebih teliti dan tertutup. Hal ini dikarenakan kondisi dari lingkungan seperti misalnya udara dari nafas pegawai dapat menkontaminasi sampel minyak isolasi. Kontaminasi tersebut dapat mengurangi akurasi dari pengujian tegangan tembus dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sofyan dan Risaldi. Tanpa Tahun. Analisis Faktor Penuaan Minyak Transformator Distribusi Akibat Pengaruh Pembebanan
- [2] Ujang Wiharja. 2009. Transformator
- [3] Jumardin. 2019. Studi karakteristik minyak nilam sebagai alternatif pengganti minyak transformator
- [4] Dedy Nugroho. 2010. Kegagalan Isolasi Minyak Trafo.
- [5] Surat Edaran Direksi PT PLN (Persero) Nomor 0017 E DIR/2014 tentang metode pemeliharaan Trafo Distribusi berbasis Kaidah Manajemen Aset
- [6] I Gusti Ketut Abasana dan I Wayan Teresna . 2013. Treatment Oli Trafo Terhadap Peningkatan Tegangan Tembus Pada Trafo Distribusi KA 756 Di BY PASS Ngurah RAI.
- [7] Janny Olly Wuwung, “Pengaruh Pembebanan Terhadap Kenaikan Suhu Pada Belitan Transformator Daya Jenis Terendam Minyak” TEKNO, Vol. 07, No. 52, Apr 2010.
- [8] International Electrotechnical Commission (IEC), “Loading Guide for OilImmersed Transformer”, No. 354, Jan 1972
- [9] Kelompok Bidang Distribusi, SPLN D3.002-1:2007 Spesifikasi Transformator Distribusi, Jakarta Selatan: PT PLN (Persero), 2007

LAMPIRAN

Lampiran 1 Single Line Diagram Penyulang Ubud



Lampiran 2 Data Hasil Inspeksi

Tanggal Inspeksi	No Gardu	Penyulang	Alamat	Kelas	Pengawas	Status
2021-06-22	BB0092	UBUD	DS. BLAHBATUH PEDESAAN		Reza Wilantara	VALIDASI PENGAWAS VENDOR

Detail Inspeksi

Urutan	STATUS	KETERANGAN	FOTO
01	OK		Download
ARRESTER	OK		Download
JUMPERAN	OK		Download
ISALD	KOROSI	terdapat korosi di bagian M	Download
YUPE WKK	OK		Download
IV BOARD	OK		Download

Close



Lampiran 3 Name Plate Transformator



Lampiran 4 Hasil Uji Tegangan Tembus

