

SKRIPSI

**“ANALISIS KUALITAS MINYAK TRANSFORMATOR PADA PT. PLN ULTG
PANAKKUKANG”**



DISUSUN OLEH :

NURUL HUDAYANI

105821101618

IQBAL HASANUDDIN

105821106618

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2023

SKRIPSI
“ANALISIS KUALITAS MINYAK TRANSFORMATOR PADA PT. PLN ULTG
PANAKKUKANG”

Diajukan sebagai salah satu syarat Untuk

memperoleh gelar Sarjana Teknik

Program Studi Teknik Elektro

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknik

Disusun dan diajukan oleh

NURUL HUDAYANI

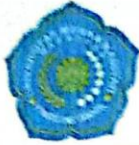
105821101618

IQBAL HASANUDDIN

105821106618

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2023



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **ANALISIS KUALITAS MINYAK TRASFOMATOR PADA PT. PLN ULTG PANAKKUKANG**

Nama : 1. Nurul Hidayani
 2. Iqbal Hasanuddin

Stambuk : 1. 105821101618
 2. 105821106618

Makassar, 27 Agustus 2023

Telah Diperiksa dan Disetujui
 Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Abdul Hafid, M.T

Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

Mengetahui,
 Ketua Prodi Teknik Elektro





بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama Nurul Hidayani dengan nomor induk Mahasiswa 105821101618 dan Iqbal Hasanuddin dengan nomor induk Mahasiswa 105821106618, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0009/SK-Y/20201/091004/2023, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu, 26 Agustus 2023.

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

Makassar,

10 Shafa' 1445 H

26 Agustus 2023 M

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., ASEAN., Eng

2. Penguji

a. Ketua : Dr. Eng. Ir. H. Zulfajri Basri Hasanuddin, M. Eng

b. Sekertaris : Ir. Adriani, S.T., M.T., IPM

3. Anggota

1. Andi Abd Halik Lateko, S.T., M.T., Ph.D

2. Dr. Ir. H. Antarissubni, S.T., M.T.

3. Rizal Ahdiyati Duyo, S.T., M.T.

Mengetahui :

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Abdul Hafid, M.T

Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

Dekan



Dr. H. H. Nurrawaty, S.T., M.T., IPM

DEKA NEM : 795 108

ABSTRAK

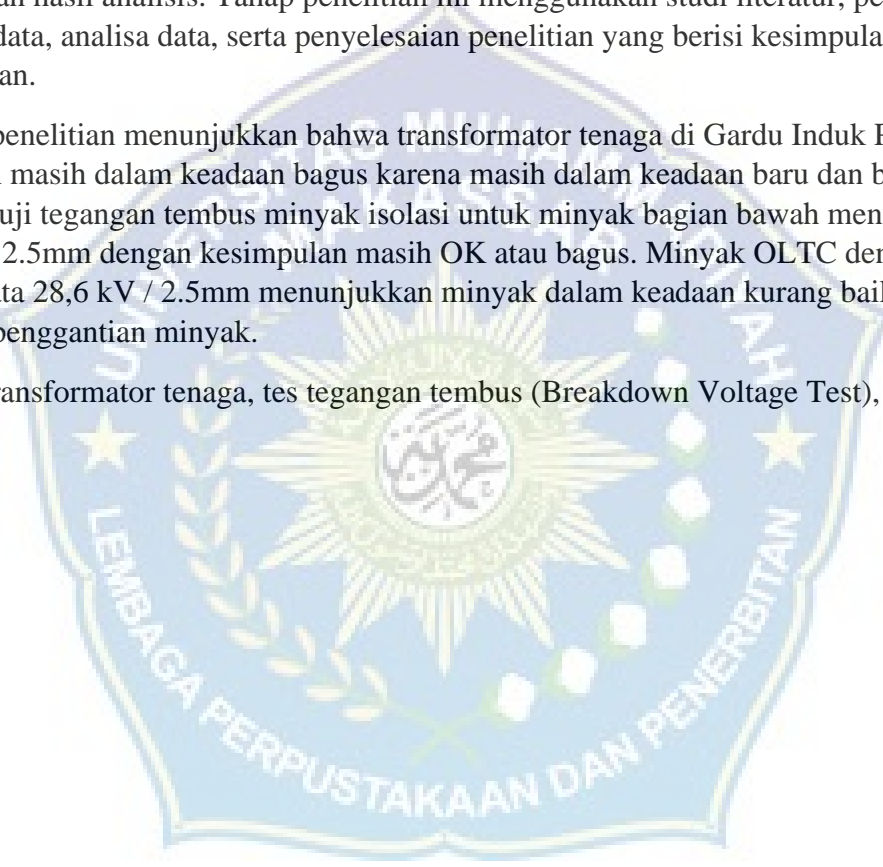
Nurul Hidayani dan Iqbal Hasanuddin. 2023. **Analisis Kualitas Minyak Transformator Pada PT. PLN ULTG PANAKKUKANG**. Dibimbing oleh Abdul Hafid dan H. Zahir Zainuddin .

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana keadaan dan kualitas tegangan tembus minyak pada transformator tenaga dan untuk mengetahui bagaimana hasil pengujian tegangan tembus minyak pada transformator tenaga di Gardu Induk Panakkukang.

Metode penelitian yang dilakukan adalah analisa deskriptif yaitu dilakukan dengan cara mengumpulkan data kemudian menganalisisnya, serta mengambil suatu kesimpulan yang sesuai dengan data dan hasil analisis. Tahap penelitian ini menggunakan studi literatur, perizinan dan pengambilan data, analisa data, serta penyelesaian penelitian yang berisi kesimpulan dan pemberian saran.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa transformator tenaga di Gardu Induk Panakkukang bisa dikatakan masih dalam keadaan bagus karena masih dalam keadaan baru dan belum lama diganti. Hasil uji tegangan tembus minyak isolasi untuk minyak bagian bawah menunjukkan rata-rata 46,6 kV / 2.5mm dengan kesimpulan masih OK atau bagus. Minyak OLTC dengan tegangan tembus rata-rata 28,6 kV / 2.5mm menunjukkan minyak dalam keadaan kurang baik sehingga perlu adanya penggantian minyak.

Kata Kunci: transformator tenaga, tes tegangan tembus (Breakdown Voltage Test), minyak trafo.



ABSTRACT

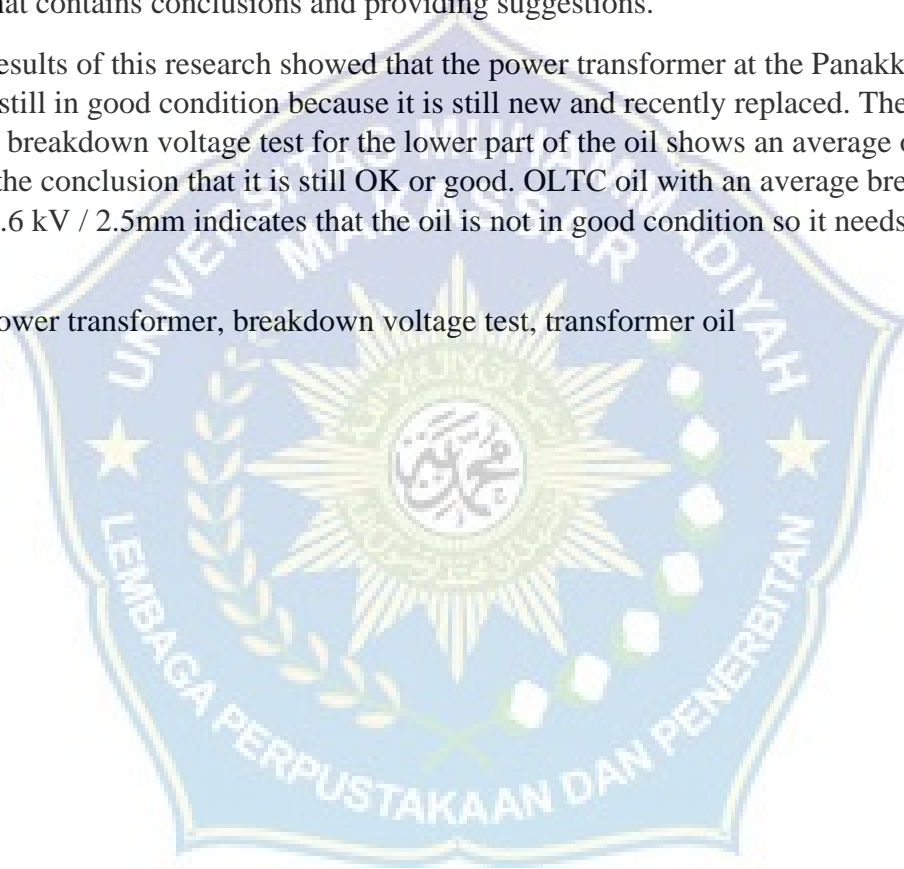
Nurul Hidayani dan Iqbal Hasanuddin. 2023. **Transformer Oil Quality Analysis at PT. PLN ULTG PANAKKUKANG.** Ied by Abdul Hafid and H. Zahir Zainuddin .

This study aims to find out the state and quality of the oil breakdown voltage in power transformers and to find out the results of the oil breakdown voltage test on power transformers at the Panakkukang substation.

The research method used is descriptive analysis, which is done by collecting data then analyzing it, and drawing conclusions according to the data and the results of the analysis. This research stage uses literature study, licensing and data collection, data analysis, and completion of research that contains conclusions and providing suggestions.

The results of this research showed that the power transformer at the Panakkukang substation is still in good condition because it is still new and recently replaced. The result of the insulating oil breakdown voltage test for the lower part of the oil shows an average of 46.6 kV / 2.5mm with the conclusion that it is still OK or good. OLTC oil with an average breakdown voltage of 28.6 kV / 2.5mm indicates that the oil is not in good condition so it needs oil replacement.

Keywords: power transformer, breakdown voltage test, transformer oil



KATA PENGANTAR

الرَّحِيمِ الرَّحْمَنُ اللَّهُ بِسْمِ

Bismillahi rahmani rahim

Syukur Alhamdulillah kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyusun skripsi ini, dan dapat kami selesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu Persyaratan Akademik yang harus ditempuh dalam rangka menyelesaikan program studi pada jurusan Teknik Elektro dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul tugas akhir kami adalah : **“ANALISIS KUALITAS MINYAK TRANSFORMATOR DI PT. PLN ULTG PANAKKUKANG”** Penulis menyadari sepenuhnya bahwa di dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan-kekurangan, hal ini disebabkan penulis sebagai manusia biasa tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan baik itu ditinjau dari segi teknis penulisan maupun dari perhitungan-perhitungan. Oleh karena itu penulis menerima dengan ikhlas dan dengan senang hati segala koreksi serta perbaikan guna penyempurnaan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat.

Skripsi ini dapat terwujud berkat adanya bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala ketulusan dan kerendahan hati, kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, S.T., M.T., sebagai dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Ibu Adriani S.T., M.T., Ketua Program Studi Elektro Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Ir. Abd Hafid, M.T selaku pembimbing I dan bapak Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.SC, selaku pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktu dalam bimbingan kami.
4. Bapak dan Ibu dosen serta staf pegawai pada Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikut proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.

5. Ayahanda dan Ibunda yang tercinta, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala kelimpahan kasih sayang, doa dan pengorbanannya terutama dalam bentuk materi dalam menyelesaikan kuliah.
6. Saudaraku-saudaraku serta rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik terkhususnya angkatan 2018 yang dengan keakraban dan persaudaraannya banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga semua pihak tersebut di atas mendapat pahala yang berlipat ganda di sisi Allah swt dan skripsi yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi penulis, rekan-rekan, masyarakat serta bangsa dan Negara. Amin.



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
ABSTRAK	ii
ABSTRCT	iii
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	2
C. Tujuan Penelitian.....	2
D. Manfaat Penelitian.....	2
E. Batasan Masalah.....	3
F. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA	4
2.1 Transformator.....	4
2.2 Bagian Utama Transformator.....	6
2.2.1 Inti Besi.....	6
2.2.2 Kumparan Transformator.....	6
2.2.3 <i>Bushing</i>	6
2.2.4 Tangki Konservator.....	6
2.3 Peralatan Bantu Transformator.....	7

2.3.1 Pendingin	7
2.3.2 Tap Charger	7
2.3.3 Alat Pernapasan (<i>Dehydrating Breather</i>)	8
2.3.4 NGR (<i>Neutral Grounding Resistance</i>)	8
2.3.5 Indikator-indikator	8
2.4 Gangguan Transformator Daya	9
2.4.1 Gangguan Eksternal	9
2.4.2 Gangguan Internal	10
2.5 Pemeliharaan	10
2.5.1 <i>Preventive Maintenance</i>	10
2.5.2 <i>Predictive Maintenance</i>	11
2.5.3 <i>Corrective Maintenance</i>	11
2.5.4 <i>Breakdown Maintenance</i>	11
2.6 Pedoman Pemeliharaan Transformator	11
2.6.1 <i>In Service Inspection</i>	11
2.6.2 <i>In Service Measurement</i>	11
2.6.3 <i>Shutdown Testing</i>	12
2.6.4 <i>Shutdown Function Check</i>	12
2.7 Minyak Trafo (<i>Transformator Oil</i>)	13
2.7.1 Pengertian Minyak	13
2.7.2 Jenis Minyak Trafo	17
2.7.3 Tingkatan Standar Minyak Trafo	18
2.7.4 Pengujian Minyak Isolasi	18

2.7.5 Ruang Lingkup Pengujian	18
2.7.6 <i>Breakdown Voltage Test</i>	18
BAB III METODE PENELITIAN	23
3.1 Jenis Penelitian.....	23
3.2 Tempat dan Waktu	23
3.3 Tahap Penelitian	25
3.4 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	27
3.4 <i>Single Line</i> Diagram.....	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Transformator Tenaga	29
4.2 <i>Breakdown Voltage Test</i>	29
4.2.1 Analisis Tegangan Tembus Minyak Bagian Bawah.....	31
4.2.2 Analisis Tegangan Tembus Minyak OLTC.....	32
4.2.3 Analisis Ketahanan Dielektrik Minyak Trafo Bagian Bawah Pada Suhu 30°C.....	33
4.2.4 Analisis Ketahanan Dielektrik Minyak Trafo OLTC Pada Suhu 30° C	33
4.3 Pembahasan.....	33
BAB V PENUTUP	35
5.1 Kesimpulan.....	35
5.2 Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rangkaian Sederhana Transformator.....	5
Gambar 2.2 Tangki Konservator.....	7
Gambar 2.3 Alat Pendingin Minyak Transformator.....	7
Gambar 2.4 Alat Pengukur Suhu dan Indikator Permukaan Minyak.....	8
Gambar 2.5 Alat Penguji Tegangan Tembus Megger OTS 100AF.....	20
Gambar 2.6 Rangkaian Pengujian Tegangan Tembus Minyak.....	20
Gambar 3.2 Lokasi PT. PLN (PERSERO) ULTG PANAKKUKANG.....	23
Gambar 3.3 <i>Flowchart</i> Metode.....	25
Gambar 3.5 <i>Single Line</i> Gardu Induk Panakkukang.....	27
Gambar 4.1 Alat Penguji Tegangan Tembus Megger OTS 100AF.....	30



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis Minyak.....	17
Tabel 2.2 Standar Minyak Trafo.....	18
Tabel 2.3 Ruang Lingkup Pengujian	19
Tabel 2.4 Standar Pengujian Tegangan Tembus Minyak.....	21
Tabel 3.1 Spesifikasi Trafo GI Panakkukang	27
Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Tegangan Tembus Minyak Trafo.....	31



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam operasi sistem tenaga listrik, kehandalan dan kestabilan sistem sangat penting agar dapat memberi kenyamanan dalam pelayanan kepada konsumen. Salah satu upaya untuk mempertahankan kehandalan dan kestabilan suatu sistem tenaga listrik yaitu dengan memperhatikan kondisi dari peralatan–peralatan tenaga listrik yang ada. Salah satu peralatan yang sangat penting dalam suatu sistem tenaga listrik adalah transformator. (Kodoati Krestovel Alvian, 2015)

Transformator merupakan suatu peralatan listrik yang mempunyai fungsi untuk mentransformasi tegangan dari tegangan tinggi ketegangan rendah maupun sebaliknya dengan cara memindahkan energi listrik dari sisi primer ke sisi sekunder melalui induksi manget. Transformator memiliki peran penting dalam proses penyaluran tenaga listrik maka kehandalan transformator harus tetap dipertahankan agar tidak ada gangguan. (Ramadhan Hendra Dwi, 2017)

Transformator yang dioperasikan melebihi batas suhu yang ditentukan dapat berakibat pada kegagalan isolasi pada minyak transformator, dimana minyak transformator berperan penting dalam isolasi dan pendingin transformator daya. Pembebanan yang terlalu tinggi akan menyebabkan minyak transformator memuai dan menghasilkan gas–gas yang larut dalam minyak. Gas–gas ini kemudian dapat mengendap dan terkontaminasi dengan minyak sehingga menyebabkan berkurangnya kemampuan isolasi minyak. (Subaga I.G. Surya, Manuaba I.B.G, & Sukerayasa I.W, 2019)

Kondisi transformator dapat dipertahankan atau dijaga dengan mengetahui kualitas minyak transformator. Sehingga pemeliharaan transformator secara berkala dinilai lebih efektif dan efisien dari segi ekonomis dibandingkan dengan penggantian transformator. (Subaga I.G. Surya, Manuaba I.B.G, & Sukerayasa I.W, 2019)

Dilapangan dijumpai juga kasus minyak transformator yang bermasalah, baik dari awal perencanaan, prosedur pemeliharaan bahkan pemeliharaan yang kurang baik sehingga kinerja minyak transformator sendiri tidak bisa optimal. Oleh karena itu perencanaan dan prosedur kinerja transformator distribusi pada jaringan tegangan menengah harus

diperhatikan dan yang lebih penting lagi, sebelum transformator dipakai sebaiknya diuji terlebih dahulu supaya dapat memastikan bahwa transformator yang akan digunakan betul-betul baik dan tepat nilai transformasinya. (Yantoro Yudi & Sabari, 2015)

Oleh karena itu untuk memaksimalkan pemeliharaan minyak transformator secara efektif dan efisien diperlukan suatu penelitian secara detail agar dapat membandingkan keunggulan pemeliharaan minyak transformator sebelumnya dengan pemeliharaan minyak transformator yang sekarang. Inilah menjadi salah satu alasan penulis untuk melakukan penelitian yang membahas tentang **“ANALISIS KUALITAS MINYAK TRANSFORMATOR PADA PT. PLN ULTG PANAKKUKANG”**

B. Rumusan Masalah

Berikut adalah rumusan masalah pada penelitian yang akan dilakukan yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana keadaan dan kualitas minyak pada transformator tenaga?
2. Bagaimana hasil dari pengujian tegangan tembus minyak transformator tenaga di Gardu Induk Panakkukang?

C. Tujuan Penelitian

Berkaitan dengan rumusan masalah yang di atas, adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui bagaimana keadaan dan kualitas tegangan tembus minyak pada transformator tenaga.
2. Untuk mengetahui bagaimana hasil pengujian tegangan tembus minyak pada transformator tenaga di Gardu Induk Panakkukang agar menjadi bahan acuan untuk menjaga kinerja atau umur transformator, sehingga penyaluran energi listrik ke konsumen dapat terjaga keberlangsungannya.

D. Manfaat Penelitian

Adapun Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk menjaga kualitas minyak transformator secara efektif dan efisien.

2. Untuk dapat mempertahankan kualitas minyak transformator secara berkala.

E. Batasan Masalah

Pembatasan masalah pada penelitian ini berdasarkan kemampuan dan keterbatasan dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini hanya membahas keadaan dan kualitas minyak transformator.
2. Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan cara studi lapangan secara langsung di PT. PLN ULTG PANAKKUKANG.

F. Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran umum dari seluruh penelitian ini berdasarkan sistematika penulisan yaitu:

BAB I PENDAHULUAN, dalam bab ini membahas tentang pendahuluan yang berisi tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan model sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berupa landasan teori yang berisi tentang teori dasar tentang pemeliharaan minyak transformator.

BAB III METODE PENELITIAN, berisi tentang waktu dan tempat penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, berisi tentang bagaimana merawat minyak transformator.

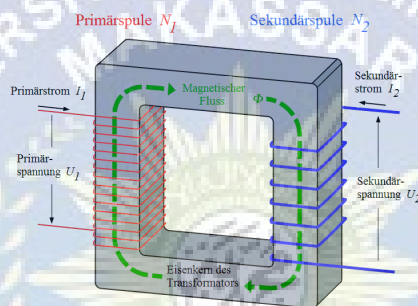
BAB V PENUTUP, berisi tentang penjelasan kesimpulan dan saran akhir dari sebuah penelitian yang dilakukan.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Transformator

Transformator adalah alat listrik yang termasuk ke dalam klasifikasi mesin listrik *static* atau rangkaian elektrik yang berfungsi menyalurkan tenaga atau daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah dan begitu juga sebaliknya. Dan dapat juga diartikan sebagai mengubah tegangan arus bolak-balik dari satu tingkat ke tingkat yang lain melalui sepasang magnet dan berdasarkan dari prinsip-prinsip induksi dan elektromagnet. Transformator terdiri dari inti, yang terbuat dari besi berlapis dan dua buah kumparan, yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

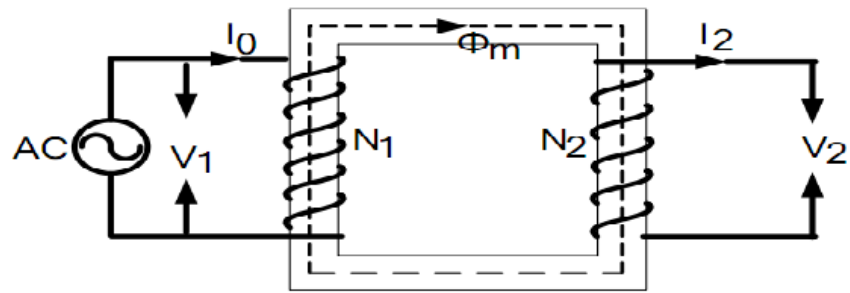


Gambar 2.1 Bagan Transformator

(Sumber : TRANSFORMER 2011.htm)

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. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

Transformator berfungsi mentransformasikan tegangan tinggi ketegangan rendah maupun sebaliknya dan terdiri dari dua koil atau lebih, yang dikopel melalui rangkaian magnetik. Pertukaran energi yang terjadi pada transformator diakibatkan oleh induksi medan magnetik. Transformator merupakan suatu komponen yang terpenting dari bermacam rangkaian elektrik dengan rentang daya rendah, arus rendah dan rangkaian control hingga sistem daya dengan tegangan ultra tinggi. (Subaga I.G. Surya, Manuaba I.B.G & Sukerayasa I.W, 2019)



Gambar 2.2 Rangkaian Sederhana Transformator

(Sumber : Demmassabu 2014,p.2)

Keterangan Gambar:

V_1 = tegangan primer

V_2 = tegangan sekunder

I_0 = arus primer

I_2 = arus sekunder

N_1 = jumlah lilitan kumparan primer

N_2 = jumlah lilitan kumparan sekunder

Φ_m = fluks magnet bersama

Transformator menggunakan prinsip Hukum Induksi Faraday dan Hukum Lorentz dalam menyalurkan daya. Dari dua prinsip tersebut (Hukum Induksi Faraday dan Hukum Lorentz) didapatkan arus yang mengalir pada belitan primer akan menginduksi inti besi transformator sehingga didalam inti besi akan mengalir flux magnet dan flux magnet ini menginduksi belitan sekunder sehingga pada ujung belitan sekunder akan terdapat beda potensial. Dalam bidang teknik listrik pemakaian transformator dikelompokkan menjadi:

1. Transformator daya
2. Transformator distribusi
3. Transformator pengukuran; yang terdiri dari transformator arus dan transformator tegangan. (Ramdhan Hendra Dwi, 2017)

Sebagai salah satu komponen elektronik yang cukup penting, transformator memiliki fungsi yang sangat penting. Salah satunya adalah memindahkan tenaga listrik antara dua buah rangkaian listrik. Biasanya pemindahan ini terjadi dalam sebuah frekuensi yang sama. (Djufri A. Idham, 2022)

2.2 Bagian Utama Transformator

2.2.1 Inti Besi

Inti besi (*electromagnetic circuit*) digunakan sebagai media jalannya flux yang timbul akibat induksi arus bolak-balik pada kumparan yang mengelilingi inti besi sehingga dapat menginduksi kembali kumparan yang lain, dibentuk dari lempengan-lempengan besi tipis berisolasi yang disusun sedemikian rupa. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

2.2.2 Kumparan Transformator

Kumparan transformator adalah beberapa lilitan kawat berisolasi yang membentuk suatu kumparan atau gulungan. Kumparan tersebut terdiri dari kumparan primer dan kumparan sekunder yang diisolasi baik terhadap inti besi maupun terhadap antar kumparan dengan isolasi padat seperti karton, pertinak dan lain-lain. Kumparan tersebut sebagai alat transformasi tegangan dan arus. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

2.2.3 Bushing

Bushing terdiri dari sebuah konduktor yang terhubung dengan kumparan yang berada di dalam transformator dan konduktor tersebut diselubungi oleh bahan isolator. Fungsinya sebagai penghubung antara kumparan transformator dengan jaringan di luar transformator. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

2.2.4 Tangki Konservator

Konservator digunakan untuk menampung minyak pada saat transformator mengalami kenaikan suhu. Seiring dengan naik turunnya volume minyak di konservator akibat pemuaihan dan penyusutan minyak, volume udara di dalam konservator juga akan bertambah dan berkurang. Gambar Tangki Konservator ditunjukkan pada gambar 2.2. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)



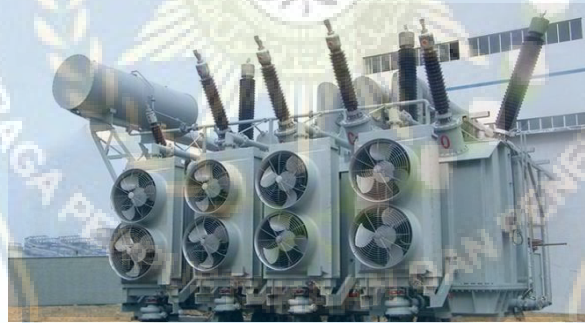
Gambar 2.3 Tangki Konservator

(Sumber : PT PLN (Persero)P3B 2003,23)

2.3 Peralatan Bantu Transformator

2.3.1 Pendingin

Pendingin pada transformator seperti Gambar 2.3 berikut ini berfungsi untuk menjaga agar transformator bekerja pada suhu rendah. Pada inti besi dan kumparan-kumparan akan timbul panas akibat rugi-rugi tembaga. Panas tersebut mengakibatkan kenaikan suhu yang berlebihan dan hal ini akan merusak isolasi. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)



Gambar 2.4 Alat Pendingin Minyak Transformator

(Sumber : PT PLN (Persero) P3B 2003,p. 26)

2.3.2 Tap Charger

Tap charger merupakan alat penstabil tegangan keluaran pada sisi sekunder transformator daya. Prinsip kerja alat ini adalah dengan mengubah jumlah kumparan primer yang memiliki masukan tegangan yang berubah-ubah untuk mendapatkan nilai tegangan keluaran yang konstan. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

2.3.3 Alat Pernapasan (*Dehydrating Breather*)

Alat pernapasan digunakan untuk mencegah terjadinya kontaminasi minyak transformator terhadap udara luar yang masuk kembali ke transformator, maka sebuah transformator daya dilengkapi dengan alat pernapasan berupa tabung yang berisi zat kristal (*silica gel*) yang terpasang di bagian luar transformator. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

2.3.4 NGR (*Neutral Grounding Resistance*)

NGR adalah sebuah tahanan yang dipasang serial dengan netral sekunder pada transformator sebelum terhubung ke *ground*/tanah. Tujuan dipasangnya NGR adalah untuk mengontrol besarnya arus gangguan yang mengalir dari sisi netral ke tanah. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

2.3.5 Indikator-indikator

Untuk mengetahui kondisi transformator dalam keadaan bekerja, maka perlu adanya indikator pada transformator seperti Gambar 2.4 yang antara lain sebagai berikut:

1. Indikator suhu minyak
2. Indikator permukaan minyak
3. Indikator suhu *winding*
4. Indikator kedudukan tap. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)



Gambar 2.5 Alat Pengukur Suhu dan Indikator Permukaan Minyak

(Sumber : PT PLN (Persero) P3B 2003,p.31)

2.4 Gangguan Transformator Daya

Gangguan pada transformator daya tidak dapat dihindari, namun akibat dari gangguan tersebut harus diupayakan seminimal mungkin dampaknya. Berdasarkan letak penyebab gangguan, ada dua jenis penyebab gangguan pada transformator, yaitu gangguan eksternal dan gangguan internal. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

2.4.1 Gangguan Eksternal

Gangguan eksternal sumber gangguannya berasal dari luar pengamanan transformator, tetapi dampaknya dirasakan oleh transformator tersebut, diantaranya:

a. Gangguan hubung singkat pada jaringan

Gangguan hubung singkat diluar transformator ini biasanya dapat segera dideteksi karena timbulnya arus yang sangat besar, dapat mencapai beberapa kali arus nominalnya.

b. Beban lebih

Transformator daya dapat beroperasi secara terus-menerus pada arus beban nominalnya. Apabila bebas yang dilayani lebih besar dari 100%, maka akan terjadi pembebanan lebih. Hal ini dapat menimbulkan pemanasan yang berlebih. Kondisi ini mungkin tidak akan menimbulkan kerusakan, tetapi apabila berlangsung secara terus menerus akan memperpendek umur isolasi.

c. Surja petir

Gelombang surja petir dapat terjadi karena cuaca, yaitu petir yang menyambar jaringan transmisi dan kemudian akan merambat ke gardu terdekat dimana transformator tenaga terpasang. Walaupun hanya terjadi dalam kurva waktu sangat singkat hanya beberapa puluh mikrodetik, akan tetapi karena tegangan puncak yang dimiliki cukup tinggi dan energi yang dikandungnya besar, maka ini dapat menyebabkan kerusakan pada transformator daya. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

2.4.2 Gangguan Internal

Gangguan internal adalah gangguan yang bersumber dari daerah pengaman/petak *bay* transformator, diantaranya:

- a. Gangguan hubung singkat antarbelitan dan inti transformator daya.
- b. Gangguan hubung singkat belitan dengan tangki transformator daya.
- c. Gangguan pada isolasi (minyak) transformator daya. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

2.5 Pemeliharaan

Pemeliharaan peralatan listrik tegangan tinggi adalah serangkaian tindakan atau proses kegiatan untuk mempertahankan kondisi dan meyakinkan bahwa peralatan dapat berfungsi sebagaimana mestinya sehingga dapat dicegah terjadinya gangguan yang menyebabkan kerusakan. Tujuan pemeliharaan peralatan listrik tegangan tinggi adalah untuk menjamin kontinuitas penyaluran tenaga listrik dan menjamin kehandalan, antara lain:

1. Meningkatkan *reliability*, *availability*, dan *efficiency*.
2. Memperpanjang umur peralatan.
3. Mengurangi resiko terjadinya kegagalan atau kerusakan peralatan.
4. Meningkatkan *safety* peralatan.
5. Mengurangi lama waktu padam akibat sering gangguan. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

Jenis-jenis pemeliharaan transformator digolongkan menjadi 4 yaitu:

2.5.1 Preventive Maintenance

Preventive maintenance adalah kegiatan pemeliharaan yang dilaksanakan untuk mencegah terjadinya kerusakan pada transformator secara tiba-tiba dan untuk mempertahankan unjuk kerja transformator secara optimal sesuai unsur teknisnya. Kegiatan ini dilakukan berkala dengan berpedoman kepada intruksi manual dari pabrik, standar-standar yang ada dan pengalaman operasi dilapangan. Ruang lingkup pekerjaan *preventif* yaitu: *inspeksi*, perbaikan kecil, pelumasan dan penyetelan, sehingga peralatan atau mesin-mesin selama beroperasi terhindar dari kerusakan. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

2.5.2 Predictive Maintenance

Predictive maintenance adalah pemeliharaan yang dilakukan dengan cara memprediksi kondisi transformator bagaimana kemungkinan transformator tersebut menuju kegagalan. Dengan memprediksi tersebut dapat diketahui gejala kerusakan sedini mungkin. Cara yang paling sering dipakai adalah memonitori kondisi secara *online*, baik pada saat transformator beroperasi maupun tidak beroperasi. Untuk itu diperlukan peralatan dan personil khusus untuk mengatasi. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

2.5.3 Corrective Maintenance

Corrective maintenance adalah pemeliharaan yang dilakukan dengan berencana pada waktu tertentu ketika transformator mengalami kelainan atau unjuk kerja rendah pada saat melakukan fungsinya dengan tujuan untuk mengembalikan pada kondisi semula disertai perbaikan dan penyempurnaan instalasi. Cara ini juga berupa penggantian yang rusak atau kurang berfungsi yang dilakukan dengan berencana. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

2.5.4 Breakdown Maintenance

Breakdown maintenance adalah pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan mendadak yang waktunya tidak tertentu dan bersifat darurat. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

2.6 Pedoman Pemeliharaan Transformator

2.6.1 In Service Inspection

In Service Inspection adalah kegiatan inspeksi yang dilakukan pada saat transformator dalam kondisi bertegangan/operasi. Tujuannya yaitu mendeteksi secara dini ketidaknormalan yang mungkin terjadi didalam transformator tanpa melakukan pemadaman. *In Service Inspection* yang dilakukan pada subsistem transformer adalah *bushing*, pendingin, pernapasan, sistem kontrol dan proteksi, *on load tap charger* (OLTC), struktur mekanik, meter suhu/temperatur, *system monitoring thermal*, belitan, NGR (*Neutral Grounding Resistor*). (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

2.6.2 In Service Measurement

In service measurement adalah kegiatan pengukuran/pengujian yang dilakukan pada saat transformator dalam keadaan bertegangan. Tujuannya mengetahui kondisi transformator tanpa

pemadam. Keadaan pengukuran dan pengujian yang dilakukan adalah DGA (*Dissolved Gas Analysis*), pengujian kualitas minyak terdiri dari pengujian kadar air, pengujian tegangan tembus, pengujian kadar asam, pengujian warna minyak, pengujian sedimen, tangens delta minyak, pengujian *partial discharge*, *vibrase* dan *noise*. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

2.6.3 Shutdown Testing

Shutdown testing adalah pekerjaan pengujian yang dilakukan pada saat transformator dalam keadaan padam. Pengujian yang dilakukan adalah pengukuran tahanan isolasi, pengukuran tan delta, pengukuran SFRA, tes rasio. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

2.6.4 Shutdown Function Check

Shutdown function check pekerjaan yang bertujuan menguji fungsi dari rele-rele proteksi maupun indikator-indikator yang ada pada transformator adalah *rele bucholtz*, *rele jense*, *rele sudden pressure*, *rele thermal*. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

Jadwal Pemeliharaan Transformator :

1. Pemeliharaan Bulanan

Dilaksanakan dalam keadaan beroperasi. Berupa pekerjaan pemeriksaan visual yang meliputi pemeriksaan: tinggi permukaan minyak, warna minyak, kondisi bushing, kondisi permukaan tangka/radiator, dan kemungkinan adanya kebocoran, suhu transformator, mengadakan pengukuran tegangan/beban transformator, serta penyetelan sadapan.

2. Pemeliharaan Tahunan

Dilaksanakan dalam keadaan tidak bertegangan pekerjaan yang dilakukan sama dengan pekerjaan pemeliharaan bulanan ditambah dengan pemeriksaan kelengkapan transformator, yaitu: arrester, spark gap, pentanahan, tempat kedudukan transformator serta pengukuran/pengujian kontinuitas belitan, tahanan isolasi, polaritas indeks dan dielektrik minyak isolasinya.

2.7 Minyak Trafo (*Transformator Oil*)

2.7.1 Pengertian Minyak

Minyak trafo atau minyak transformator adalah suatu bahan isolasi *liquid* yang digunakan sebagai isolasi serta sebagai pendingin pada transformator. Separuh bagian bahan isolasi tersebut diwajibkan memiliki kemampuan untuk dapat menahan tegangan tembus, sedangkan sebagai fungsi pendingin minyak trafo ini harus bisa meredam panas yang timbul. Dengan dua kemampuan penting yang melekat pada minyak trafo maka diharapkan penggunaan minyak trafo dapat melindungi trafo dari gangguan-gangguan yang tidak diinginkan. (K Fajar Muh & Alamsyah Muhaidir, 2020)

Minyak transformator merupakan komponen dari transformator yang menerima beban kerja paling besar dalam pengoperasian transformator. Sehingga kondisi minyak transformator harus dipantau secara berkala untuk memastikan transformator bekerja secara optimal. Peran yang dilakukan oleh minyak transformator adalah isolasi atau memisahkan bagian yang memiliki tegangan berbeda-beda serta berperan dalam pendinginan transformator. (Subaga I.G. Surya, Manuaba I.B.G & Sukerayasa I.W, 2019)

Sebagian besar kumparan-kumparan dan inti transformator tenaga direndam dalam minyak transformator, terutama transformator-transformator tenaga yang berkapasitas besar, karena minyak transformator mempunyai sifat sebagai isolasi dan media pemindah. Oleh karena itu minyak transformator memegang peran penting dalam sistem isolasi transformator dan juga berfungsi sebagai pendingin untuk menghilangkan panas akibat rugi-rugi daya pada transformator. (Subaga I.G. Surya, Manuaba I.B.G & Sukerayasa I.W, 2019)

Secara umum minyak trafo memiliki senyawa atau kandungan hidrokarbon, dimana senyawa hidrokarbon yang ada adalah senyawa hidrokarbon parafinik, aromatik dan tak ketinggalan senyawa hidrokarbon naftenik. Selain senyawa-senyawa dari keluarga hidrokarbon tadi ada pula senyawa yang dikenal dengan istilah zat aditif walaupun disebutkan bahwa zat aditif tadi kandungannya amat sangat kecil. (K Fajar Muh & Alamsyah Muhaidir, 2020)

Keuntungan minyak transformator sebagai isolator dalam transformator yaitu isolasi cair memiliki kerapatan 1000 kali atau lebih dibandingkan dengan isolasi gas, sehingga memiliki kekuatan dielektrik yang lebih tinggi, isolasi cair akan mengisi celah atau ruang yang akan

diisolasi dan secara serentak melalui proses konversi menghilangkan panas yang timbul akibat rugi daya, dan isolasi cair cenderung dapat memperbaiki diri sendiri (*self healing*) jika terjadi pelepasan muatan (*discharger*). (Subaga I.G. Surya, Manuaba I.B.G & Sukerayasa I.W, 2019)

Untuk itu minyak transformator harus memenuhi persyaratan seperti kekuatan isolasi tinggi, penyalur panas yang baik, berat jenis yang kecil, sehingga partikel-partikel dalam minyak dapat mengendap dengan cepat, viskositas yang rendah agar mudah bersirkulasi dan kemampuan pendinginan menjadi lebih baik, titik nyala yang tinggi, tidak mudah menguap yang dapat membahayakan, tidak merusak bahan isolasi padat, serta sifat kimia yang stabil. (Kodoati Krestovel Alvian, 2015)

Sebagai bahan isolasi transformator harus memiliki kemampuan diantaranya adalah sebagai berikut:

- a. Menahan terhadap tegangan tembus (semakin tinggi nilai tegangan tembusnya maka kualitas isolasinya akan semakin baik)
- b. Sebagai bahan pendingin yang harus mampu meredam panas yang ditimbulkan, untuk mengurangi kenaikan suhu yang berlebih perlu dilengkapi dengan sistem pendingin untuk menyalurkan panas dari transformator.
- c. Sebagai media untuk memadamkan busur api karena pada saat beroperasi transformator dapat menghasilkan senyawa gas sebagai hasil dari proses penuaan dan adanya dampak gangguan, kenaikan suhu yang berlebih akan memungkinkan terjadinya loncatan bunga api didalam belitan transformator tersebut.
- d. Melindungi belitan dan *body* transformator dari terjadinya oksidasi dan korosi. Minyak transformator adalah minyak mineral yang diperoleh dengan pemurnian minyak mentah. Selain itu minyak juga berasal dari bahan organik seperti piranol dan silicon. (Widodo Hari Rendy, 2015)

Minyak transformator terbuat dari bahan kimia organik, merupakan senyawa atom-atom C dan H. Kondisi operasi dari transformator dimana terdapat suhu tinggi (bisa mencapai 80°C), adanya busur listrik misalnya pada *On Load Tap Changer* (OLTC) serta udara di sekitarnya yang

lembab, menyebabkan timbulnya berbagai gas dan air dalam minyak transformator. Gas-gas yang timbul adalah H_2 , CH_4 , C_2H_2 , C_2H_4 , C_2H_6 , CO , dan CO_2 . (Widodo Hari Rendy, 2015)

Timbulnya gas-gas ini menyebabkan menurunnya kualitas minyak transformator terutama tegangan tembusnya. Untuk itu minyak transformator harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a. Kekuatan isolasi harus tinggi.
- b. Kejernihan penampilan, yaitu minyak harus memiliki warna yang jernih dan bersih. Selama dioperasikan minyak isolator akan melarutkan endapan, semakin banyak endapan yang terlarut maka warna minyak akan semakin gelap.
- c. *Viskositas* (Kekentalan) yang rendah semakin bagus pula konduktivitas termalnya sehingga kualitas minyak transformator juga semakin bagus. Dikarenakan lebih mudah bersirkulasi dan kemampuan pendingin menjadi lebih baik. Sesuai dengan standar **IEC-296**.
- d. Massa jenis, yaitu merupakan perbandingan massa suatu volume cairan dengan air pada volume dan temperatur yang sama. Massa jenis transformator harus lebih rendah daripada massa jenis air.
- e. Titik nyala, menunjukkan bahwa minyak transformator dapat dipanaskan sampai temperatur tertentu sebelum uap yang timbul menjadi api yang berbahaya. Sehingga makin tinggi nilai titik nyala maka kualitas minyak transformator semakin baik. Sesuai dengan standar **IEC-296** dengan *flash point* minyak transformator diatas $163^{\circ}C$.
- f. Titik tuang, adalah temperatur terendah saat minyak akan terus mengalir saat didinginkan pada temperatur dibawah temperatur normal. Minyak tuang diharapkan memiliki titik tuang serendah mungkin. Dengan mengacu pada standar **IEC-296** *pour point* dibawah $-30^{\circ}C$.
- g. Angka kenetralan, adalah angka yang menunjukkan penyusunan asam minyak isolator dan dapat mendeteksi kontaminasi minyak, menunjukkan kecenderungan perubahan kimia, cacar, atau indikasi perubahan kimia nahan tambahan.

- h. Kemampatan oksidasi, adalah proses oksidasi yang menyebabkan bertambahnya kecenderungan minyak untuk membentuk asam dan kotoran zat padat yang nantinya akan membentuk endapan. Asam dapat menyebabkan korosi pada logam dalam peralatan transformator sedangkan kotoran zat padat menyebabkan transfer panas menjadi terganggu.
- i. Kandungan air, dengan adanya kandungan air dalam minyak transformator akan menurunkan tegangan tembus dan tahanan jenis minyak, serta memacu munculnya *hot spot* sehingga akan mempercepat kerusakan pada isolasi kertas. Sehingga minyak isolasi diharapkan memiliki kandungan air yang serendah mungkin.
- j. Tegangan tembus, adalah kemampuan minyak untuk menahan tegangan elektrik. Kandungan air bebas dan partikel-partikel konduktif dapat menaikkan tingkat tegangan tembus. Minyak isolasi diharapkan memiliki tegangan tembus yang tinggi. (Ramdhan Dwi Hendra, 2017)

Dalam perannya sebagai pendingin maka tingkat kekentalan dari minyak trafo itu tidak boleh terlalu tinggi supaya sirkulasinya mudah, dengan begitu mekanisme pendinginan bisa berlangsung secara baik. Disebutkan bahwa tingkat kekentalan relatif yang baik dari minyak trafo maksimal 4,2 jika berada pada suhu 20°C, sedangkan ketika berada pada suhu 50°C maka tingkat kekentalan relatifnya maksimal 1,85 hingga 2. Ketentuan ini sesuai dengan sifat dasar minyak trafo yaitu semakin berat dan lama operasi dari minyak trafo itu 8 maka akan semakin kental. Sedangkan dalam perannya sebagai isolator maka minyak trafo dapat mengacu pada SPLN (1980) yang menyebutkan beberapa syarat-syarat yang harus dipenuhi yaitu:

1. Tingkat kejernihan minyak trafo sebagai isolator tidak diperkenankan memiliki kandungan suspensi atau endapan.
2. Pembatasan massa jenis dimaksudkan agar air tidak bisa berpisah dari minyak serta tidak melayang.
3. *Viskositas Kinematika* peran penting terdapat pada *viskositas kinematika* dalam hal pendinginan dimana kelas minyak ditentukan berdasar hal ini.

4. Titik nyala tak rendah titik nyala ini perlu diperhatikan dengan saksama karena titik nyala yang rendah mengindikasikan adanya suatu kontaminasi zat gabar yang sangat mudah terbakar.
5. Titik tuang identifikasi serta penentuan jenis peralatan yang hendak digunakan minyak isolasi didasarkan pada titik tuangnya.
6. Angka *netralitas* sendiri merupakan angka yang dapat menunjukkan penyusutan minyak serta mendeteksi kontaminasi pada minyak.
7. Tegangan tembus Apabila tegangan tembus yang dihasilkan dianggap terlalu rendah maka hal itu merupakan indikasi adanya kontaminasi kotoran, air maupun partikel lainnya di dalam minyak. (K Fajar Muh & Alamsyah Muhaidir, 2020)

2.7.2 Jenis Minyak Trafo

- a. Minyak trafo mineral: Minyak yang berbahan dasar dari pengolahan minyak bumi yaitu antara fraksi minyak diesel dan turbin yang mempunyai struktur kimia yang sangat kompleks.
- b. Minyak trafo sintetis (askarel): Minyak jenis ini mempunyai sifat lebih menguntungkan antara lain tidak mudah terbakar dan tidak mudah teroksidasi. Namun beracun dan dapat melukai kulit. (K Fajar Muh & Alamsyah Muhaidir, 2020)

Tabel 2.1 Jenis Minyak

Minyak Mineral	Minyak Sintesis
Diala C, B (USA)	Aroclor (USA)
Univolt (Esso)	Clopen (Jerman)
Nynas (Swedia)	Phenoclor (Perancis)

Mictrans (Jepang)	Pyroclor (Uk)
Sun Ohm-Mu (Korea)	Fenclor (Itali)
Petromi (Dubai)	Pyralene (Perancis)
BP-Energol (UK)	

2.7.3 Tingkatan Standar Minyak Trafo

Tabel 2.2 Standar Minyak Trafo

No.		Standar
1.	IEC	International standard
2.	BS, ASTM, JIS, SNI	National specifications
3.	ABB, GEC- Ahlstom, Unindo	Transformer producer specifications
4.	TNB, PLN	Power distributor Specifications

2.7.4 Pengujian Minyak Isolasi

Harga suatu transformator adalah mahal, tetapi memantau unjuk kerja sistem transformator melalui kondisi minyak tidak mahal dibanding dengan biaya jika transformator mengalami kegagalan (*failure*). Dengan demikian masa hidup transformator diharapkan lama kira-kira 40 tahun, bahkan dengan minyak trafo yang kualitasnya sangat baik diharapkan setara dengan masa hidup transformator. Menurut studi yang dilakukan *US Inspection and Insurance Companies*, bahwa 10% kegagalan transformator tenaga adalah karena deteriorasi bahan isolasi dan kegagalan internal "*over load*" dalam lilitan tegangan tinggi yang disebabkan bertambahnya *deposit/sludge*. (K Fajar Muh & Alamsyah Muhaidir, 2020)

Untuk itu pemantauan dan pemeliharaan kualitas minyak adalah sangat penting guna menjamin keandalan operasi peralatan listrik khususnya transformator, dan para ahli yang berwenang telah menetapkan petunjuk dalam bentuk standar uji dan spesifikasi teknik seperti IEC, ASTM, BS dll.

- a. Minyak trafo baru (Unused mineral insulating oil) IEC 60296-2003.
- b. Minyak trafo pakai (Mineral oil in service) SPLN 49-1:1982 IEC 422:1982 diperbahurui menjadi IEC 422:1989. (K Fajar Muh & Alamsyah Muhaidir, 2020)

2.7.5 Ruang Lingkup Pengujian

Tabel 2.3 Ruang Lingkup Pengujian

Kimia	Fisika	Kelistrikan
Keasaman	Viskositas	
Kadar air	Densitas	Tegangan tembus
Ketahanan oksidasi	Titik nyala	Tahanan jenis
Korosi lempengan	Tegangan antar muka	Factor kebocoran dielektrik
Tembaga	Titik tuang	tan delta
Sedimen		

2.7.6 Breakdown Voltage Test

Tes Tegangan tembus (*Breakdown Voltage Test*) adalah salah satu uji *predictive maintance* yang dilakukan pada minyak isolasi (minyak) yang dimana prinsipnya dilakukan pengukuran selama 6 kali percobaan, akan ada suara saat tegangan naik, diberi selang waktu 30 detik untuk *break down* lalu dilakukan tes lagi seterusnya sampai 6 kali. (K Fajar Muh & Alamsyah Muhaidir, 2020)

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. *Breakdown Voltage Merk Megger* seri OTS100AF

didesain lengkap memenuhi standar pengukuran internasional. 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 sampel minyak dengan jarak dari elektroda dapat ditentukan dengan *puller* 2,5 mm, sebagai *gap*/jarak dan tanpa memasang alat ukur melalui perpenduan meter yang disesuaikan. (K Fajar Muh & Alamsyah Muhaidir, 2020)



Gambar 2.7 Alat Penguji Tegangan Tembus Megger OTS 100AF

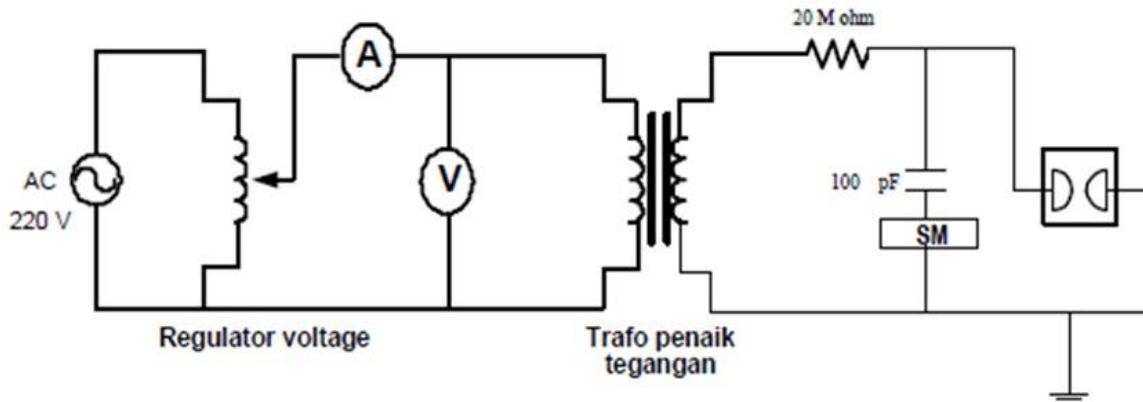
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Perhitungan ketahanan dielektrik minyak trafo memakai rumus berikut :

$$E_{rata-rata} = \frac{V_{b(rata-rata)}}{d} \text{ (kV/mm)} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

- Vb : Tegangan tembus (kV)
- E : Kekuatan Dielektrik (kV/mm)
- d : Jarak sela (mm)



Gambar 2.7 Rangkaian Pengujian Tegangan Tembus Minyak

(Sumber : Demmassabu 2014,p.3)

Untuk memastikan kelayakan tegangan tembus minyak dari minyak trafo tersebut, harus dilakukan pengujian. Pengujian tegangan tembus minyak ini dilakukan dengan memberi tegangan tinggi AC. Untuk membangkitkan tegangan tinggi arus bolak bolik, trafo uji yang digunakan adalah trafo 1 fasa. Hal ini disebabkan karena pengujian biasanya dilakukan untuk setiap fasanya. (K Fajar Muh & Alamsyah Muhaidir, 2020)

Untuk mengetahui sampel minyak dalam keadaan baik maka dibutuhkan perbandingan hasil uji dengan suatu standarisasi. Standarisasi 16 yang digunakan untuk minyak trafo adalah Standar IEC 156 yang dapat terlihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.4 Standar Pengujian Tegangan Tembus Minyak

Parameter Uji	Kategori	Penilaian Kualitatif			Rekomendasi Aksi
		Baik	Cukup Baik	Buruk	
Tegangan Tembus (kV)	O, A, D	> 60	50-60	< 50	Baik: Lanjutkan pengambilan contoh secara normal.
	B, E	> 50	40-50	< 40	Cukup Baik: Pengambilan contoh yang lebih sering.
					Periksa parameter uji lain seperti warna, kandungan

	C	> 40	30-40	< 30	partikel, DDF/ketahanan dan keasaman.
	F	< 30kV untuk OLTC pada aplikasi titik belitan bintang			Buruk: Periksa sumber air, rekondisi minyak, apabila lebih ekonomis karena parameter tes lain mengindikasikan kerusakan yang berat, ganti minyak.
	G	< 30			

Standar yang biasa digunakan di lapangan adalah untuk trafo yang sudah dipakai adalah 40 kV/2,5mm dan minyak bar 50 kV/2,5mm. Persamaan tegangan tembus minyak adalah sebagai berikut : (K Fajar Muh & Alamsyah Muhaidir, 2020)

$$V_b = A \cdot d^n \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

V_b : tegangan tembus/*breakdown* (kV)

A : konstanta

d : panjang ruang celah (mm)

n : konstanta yang nilainya kurang dari 1

BAB III

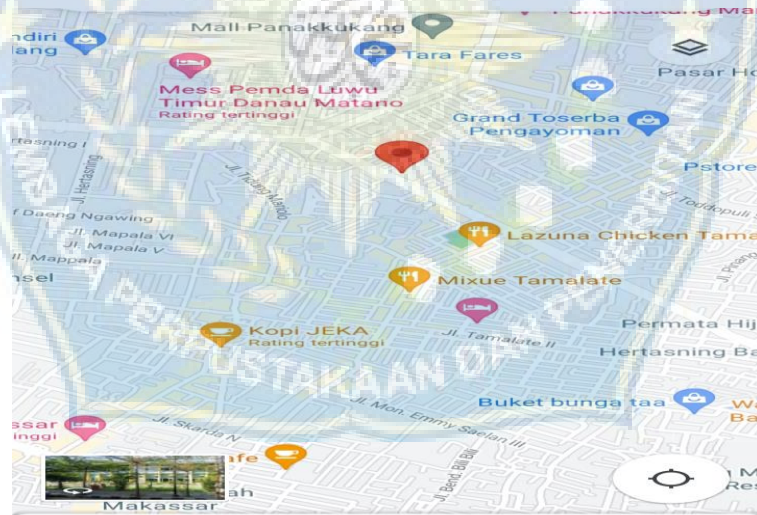
METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Hasil penelitian pengujian tegangan tembus minyak transformator tenaga pada PT. PLN (PERSERO) GARDU INDUK PANAKKUKANG menggunakan metode analisa deskriptif, merupakan metode penelitian dilakukan dengan cara mengumpulkan data kemudian menganalisisnya, serta mengambil suatu kesimpulan yang sesuai dengan data dan hasil analisis. Hasil dari analisis ini bertujuan untuk mengetahui kualitas tegangan tembus minyak pada transformator tenaga agar tidak mengalami kerusakan yang bisa menyebabkan kegagalan operasi dan pemburukan pada transformator.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

1. Lokasi PT. PLN (PERSERO) Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk Panakkukang yaitu bertempat di Jl. Hertasing Baru. Blok B, Pandang, Panakkukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan.



PT. PLN ULTG PANAKKUKANG

Gambar 3.1 Lokasi PT. PLN (PERSERO) ULTG PANAKKUKANG

2. Pembuatan proposal dan penelitian dilakukan selama 17 hari dimulai pada tanggal 15 Mei sampai dengan 31 Mei 2023.

3.2 Tahap Penelitian

1. Studi Literatur

Studi Literatur dilakukan untuk mencari sumber referensi yang baik berupa buku ataupun artikel yang berhubungan dengan materi penelitian.

2. Perizinan dan Pengambilan Data

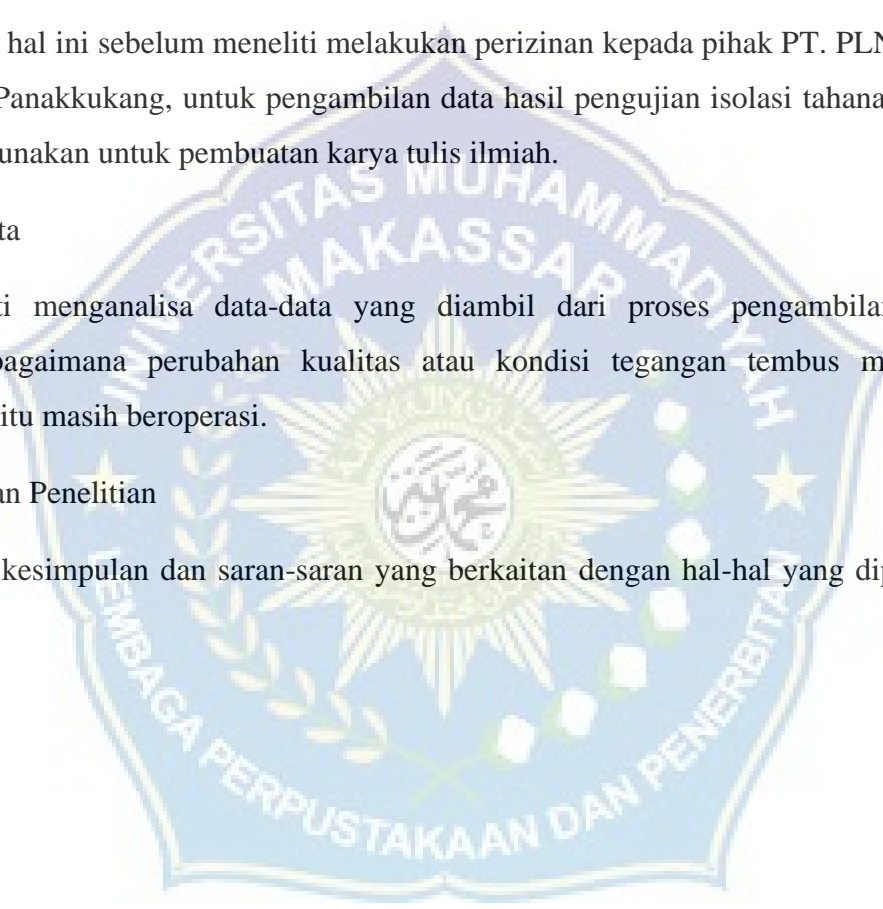
Dalam hal ini sebelum meneliti melakukan perizinan kepada pihak PT. PLN (PERSERO) Gardu Induk Panakkukang, untuk pengambilan data hasil pengujian isolasi tahanan trafo tenaga yang akan digunakan untuk pembuatan karya tulis ilmiah.

3. Analisa Data

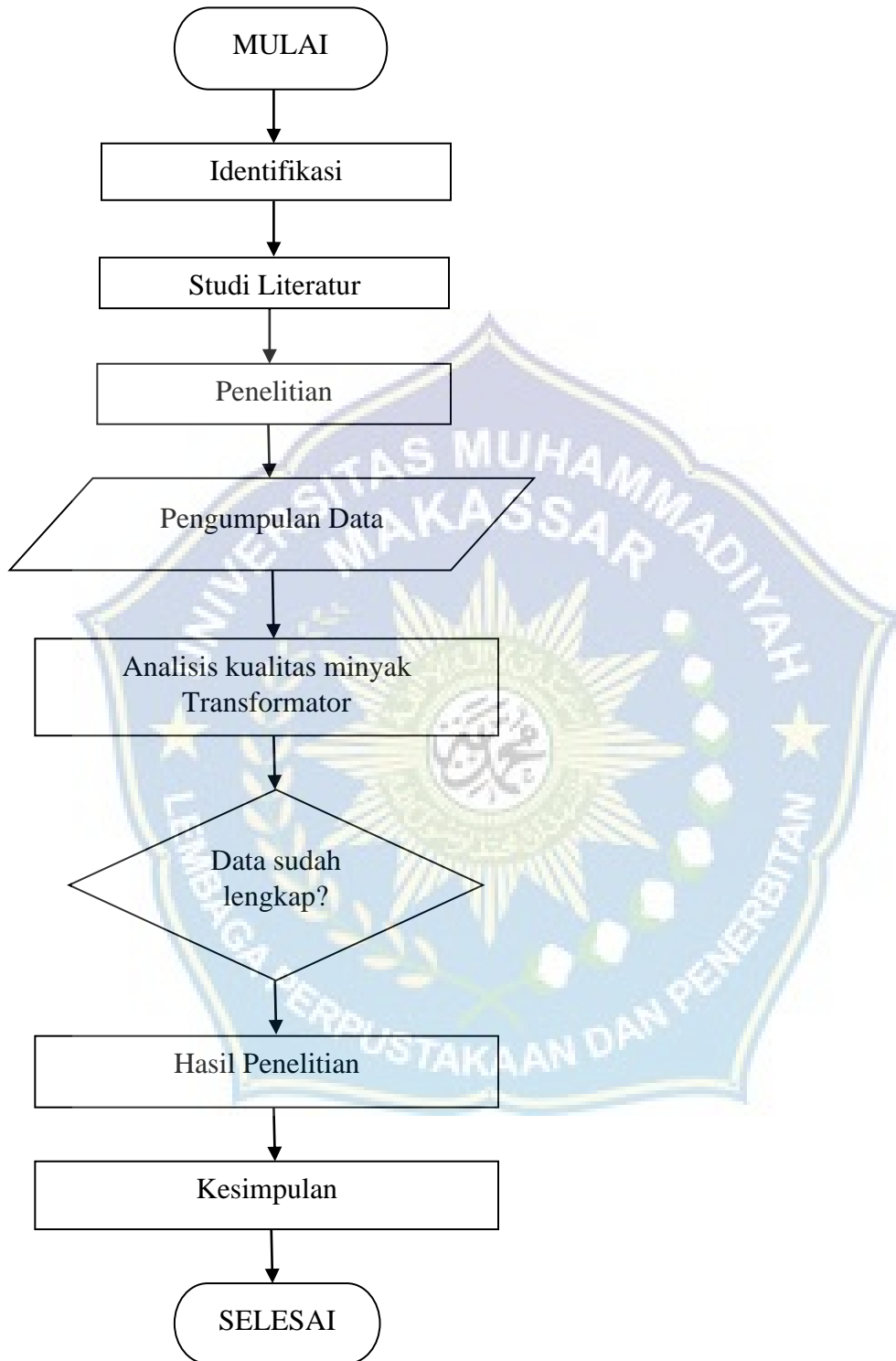
Peneliti menganalisa data-data yang diambil dari proses pengambilan data untuk mengetahui bagaimana perubahan kualitas atau kondisi tegangan tembus minyak selama transformator itu masih beroperasi.

4. Penyelesaian Penelitian

Berisi kesimpulan dan saran-saran yang berkaitan dengan hal-hal yang diperoleh dalam penelitian.



3.3 Kerangka Fikir (*Flowchart*)



Gambar 3.2 *Flowchart* Metode

Tabel 3.1 Spesifikasi Transformator GI Panakkukang

Merk : Unindo
Type : 016 / BAD - DIR / VII / 2003
Serial no. : P30 Lec 315 01
Instr. Manual : IM315

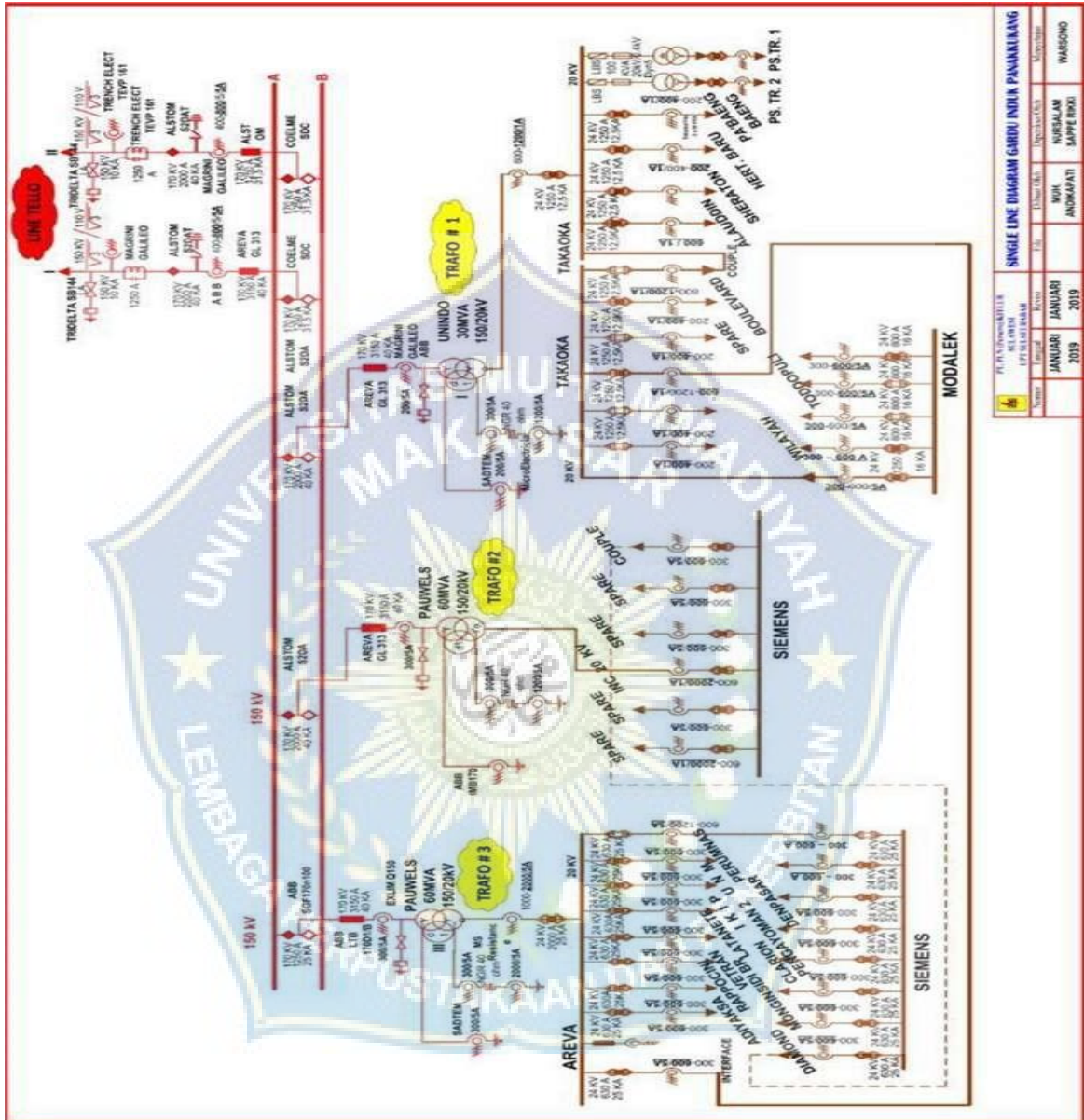
	HV / TT	LV / TR	Tersier	
<i>Rated power ONAN / ONAF</i>	18 / 30	18 / 30	-	MVA
<i>Rated voltage</i>	150	20	10	KV
<i>System highest voltage</i>	170	24	12	KV
<i>Rated current ONAN / ONAF</i>	69.28 / 115.47	519.62 / 866.03	75 / 28	A
<i>insulation level</i>				
<i>line (Bil / frequncy test)</i>	650 / 275	125 / 50	75 / 28	KV
<i>neutral (Bil / frequncy test)</i>	95 / 38	125 / 50	-	KV

impedance voltage HV – LV : 12,18%
reference power : 30 MVA
Standard : IEC 76
Freq : 50 HZ
Type of cooling : ONAN / ONAF
Vector Group : YnYn0 (D5)
Top oil : 50 °C
Windding : 55 °C
mass core & winding : 39600 kg
mass untinking : 6300 kg
weight of oil : 13900 kg
total weight : 64800 kg
Type of oil : mineral oil

Merk : PAUWELS TRAF0 ASIA
Year of manufacture : 2007
Standart : IEC 60076
Rated power : 40 / 60 MVA
Cooling : Onan / Onaf -67/100%
Freq : 50 Hz
Phases : 3
Type of oil : Nyas nitro libra
Mass : Total ; 77200 kg
Oil ; 16500 kg
Untanking ; 44200 kg
Insulation levels : LI650 AC 275
LI650 AC 38
LI125 AC 50
LI75 AC 28
Connection symbol : Ynyn0 (d1)
Tap changer : MRMS111300 Y-72,5 +ED100S



3.4 Single Line Diagram



Gambar 3.3 Single Line Gardu Induk Panakkukang

(Sumber : PT. PLN ULTG Panakkukang)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Transformator Tenaga

Transformator adalah alat yang digunakan untuk memindahkan energi listrik arus bolak-balik dari suatu rangkaian yang lain dengan prinsip kopel atau suatu gandingan magnet berdasarkan prinsip induksi elektromagnet. Sebagian besar kumparan-kumparan dan inti transformator tenaga direndam dalam minyak transformator, terutama transformator-transformator tenaga yang berkapasitas besar, karena minyak transformator mempunyai sifat sebagai isolasi dan media pemindah, sehingga minyak transformator tersebut sebagai media pendingin dan isolasi. Sebagai bahan isolasi minyak transformator memiliki beberapa kekentalan, hal ini sebagaimana dijelaskan dalam SPLN (49-1:1980). Adapun persyaratan yang harus dipenuhi oleh minyak transformator salah satunya adalah tegangan tembus dan kandungan air di dalam minyak tersebut harus sesuai dengan standar yang digunakan. Tegangan yang dihasilkan dapat lebih besar (*step-up*) atau lebih kecil (*step-down*) dengan frekuensi yang sama. Dengan adanya pembebanan pada transformator maka akan berpengaruh pada kondisi isolasi minyak transformatornya. (K Fajar Muh & Alamsyah Muhaidir 2020)

4.2 Breakdown Voltage Test

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. *Breakdown Voltage Merk Megger seri OTS100AF* didesain lengkap memenuhi standar pengukuran internasional. 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, sebagai *gap*/jarak dan tanpa memasang alat ukur melalui perpanduan meter yang disesuaikan. (K Fajar Muh & Alamsyah Muhaidir 2020)



Gambar 4.1 Alat Penguji Tegangan Tembus Megger OTS 100AF

(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Alat: Merk Megger, Tipe OTS100AF, digunakan untuk menguji/mengukur kemampuan dielektrik minyak transformator. Hal ini dilakukan karena selain berfungsi sebagai pendingin transformator, minyak/oli transformator juga berfungsi sebagai isolasi.

Prosedur Kerja

- a. Bersihkan tempat sampel oli dari kotoran dengan mencucinya dengan oli sampai bersih.
- b. Ambil contoh/sampel oli yang akan diuji, usahakan pada saat pengambilan sampel oli tidak tersentuh tangan atau terlalu lama terkena udara luar karena oli/minyak ini sangat sensitive.
- c. Tempatkan sampel oli pada alat test.
- d. Nyalakan *power* alat test.
- e. Tekan tombol *start* dan *counter* akan mencatat secara otomatis sejauh mana kemampuan dielektrik oli tersebut. Setelah *counter* berhenti dan tombol *reset* menyala, tekan tombol *reset* untuk mengembalikan ke posisi semula.
- f. Hasil pengujian tegangan tembus diambil rata-ratanya setelah dilakukan 6 (enam) kali dengan selang waktu 30 detik. (Mudjiono Urip & Hidayat Prasetyo Edy 2012)

Cara Kerja

Cara pengujian minyak transformator dilakukan sesuai dengan standar SPLN'50-1982 dan IEC No.56.Thn1991. Cara kerja pengujian tersebut adalah sebagai berikut:

1. Pengambilan sampel sebanyak setengah liter dengan cara membuka katup buang tanki yang terletak pada bagian bawah dari tanki.
2. Selanjutnya minyak tersebut dimasukkan ke dalam alat uji. Alat pengujian tersebut dilengkapi dengan dua buah elektroda positif dan negatif dengan diameter 12,5 mm. kerapatan diatur 2,5 mm kemudian disambung pada jalur listrik, tuas *Main Circuit Breaker* (MCB) yang terdapat pada panel penguji dinaikkan. *Regulator* atur pada posisi 2 kV, naikkan setiap detik sampai terjadi loncatan bunga api antara dua buah elektroda. Hal ini dilakukan 6 kali pengujian dengan selang waktu 30 detik, dilakukan setiap kali proses pengujian sebanyak 6 kali, dan diambil rata-rata. (Mudjiono Urip & Hidayat Prasetyo Edy 2012)

Pengujian tegangan tembus isolasi minyak transformator dilakukan pada suhu 30°C dengan menggunakan alat uji merk: Megger tipe OTS100AF. Berdasarkan SPLN, transformator di Indonesia dirancang untuk bekerja pada suhu sekitar tidak melebihi 40°C dan pada suhu rata-rata harian 30°C serta suhu rata-rata tahunan 30°C. *International Electrotechnical Commission* (IEC) menetapkan umur transformator 20 tahun atau setara 7300 hari, sehingga susut umur normal adalah 0,0137% perhari. (Kodoati Alvian Krestovel 2015)

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Tegangan Tembus Minyak Trafo

No	Uraian Kegiatan	Acuan		Selang waktu 5 menit-an ke	Hasil (kV/2,5mm)
		Tegangan	Teg. Tembus yang diijinkan		
1	Tebegangan Tembus Minyak	<i>Standar IEC 156</i>			
	-Minyak Bagian Bawah	<70kV	>30kV/2.5mm	1	44,5
		70-170kV	>40kV/2.5mm	2	43,2
				3	45,9

		>170	>50kV/2.5mm	4	50,2
				5	53,4
				6	42,3
				Rata-rata	46,6
	-Minyak OLTC	<70kV	>30kV/2.5mm	1	29,1
		70-170kV	>40kV/2.5mm	2	29,4
		>170	>50kV/2.5mm	3	28,6
				4	29,5
				5	28,3
				6	26,4
				Rata-rata	28,6

4.2.1 Analisis Tegangan Tembus Minyak Bagian Bawah

Berdasarkan Tabel 4.1 terlihat bahwa adanya perubahan mempengaruhi tegangan tembus minyak transformator pada 6 kali pengujian, yaitu nilai tegangan tembus mengalami peningkatan yang tidak terlalu besar. Cara menghitung rata-rata pengujian dari pertama sampai ke 6 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 V_b \text{ (rata-rata)} &= \frac{44,5+43,2+45,9+50,2+53,4+42,3}{6} \\
 &= 46,6 \text{ kV/2,5mm}
 \end{aligned}$$

4.2.2 Analisis Tegangan Tembus Minyak OLTC

Berdasarkan Tabel 4.1 terlihat bahwa adanya perubahan mempengaruhi tegangan tembus minyak transformator pada 6 kali pengujian, yaitu nilai tegangan tembus mengalami penurunan yang sangat besar. Cara menghitung rata-rata pengujian dari pertama sampai ke 6 adalah sebagai berikut : Perhitungan nilai rata-rata tegangan tembus minyak OLTC adalah :

$$V_b \text{ (rata-rata)} = \frac{29,1+29,4+28,6+29,5+28,3+26,4}{6}$$

$$= 28,6 \text{ kV}/2,5\text{mm}$$

4.2.3 Analisis Ketahanan Dielektrik Minyak Trafo Bagian Bawah Pada Suhu 30°C

Berdasarkan hasil perhitungan rata-rata minyak trafo bagian bawah dapat diketahui Ketahanan dielektrik minyak trafo berlawanan lurus oleh nilai tegangan tembus kemudian misalnya terjadi peningkatan nilai pada tegangan tembus ketahanan dielektrik juga akan semakin berkembang. Perhitungan kekuatan dielektrik minyak trafo bagian bawah memakai rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Minyak bawah} \quad E_{\text{rata-rata}} &= \frac{46,6 \text{ kV}}{2,5\text{mm}} \\ &= 18,64 \text{ (kV/mm)} \end{aligned}$$

4.2.4 Analisis Ketahanan Dielektrik Minyak Trafo OLTC Pada Suhu 30°C

Berdasarkan hasil perhitungan rata-rata minyak trafo OLTC dapat diketahui ketahanan dielektrik minyak trafo berlawanan lurus oleh nilai tegangan tembus kemudian misalnya terjadi peningkatan nilai pada tegangan tembus ketahanan dielektrik juga akan semakin berkembang. Perhitungan kekuatan dielektrik minyak trafo bagian bawah memakai rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Minyak OLTC} \quad E_{\text{rata-rata}} &= \frac{28,6 \text{ kV}}{2,5\text{mm}} \\ &= 11,44 \text{ (kV/mm)} \end{aligned}$$

4.3 Pembahasan

Bagian minyak yang diuji tegangan tembusnya, minyak bagian bawah, dan minyak OLTC. Standar yang digunakan sebagai acuan adalah *standar IEC 156*. Ada tiga parameter standar :

- b. Untuk tegangan <70kV, tegangan tembus yang diijinkan >30kV/2.5mm
- c. Untuk tegangan 70 – 170kV, tegangan tembus yang diijinkan >40kV/2.5mm
- d. Untuk tegangan >170kV, tegangan tembus yang diijinkan >50kV/2.5mm

Hasil di minyak bagian bawah dari uji pertama sampai uji keenam dengan tegangan <70kV dan tegangan tembus yang diijinkan 30kV/2.5mm menunjukkan hasil rata-rata dengan

nilai 46,6kV/2.5mm dan ketahan dielektrik pada suhu 30° sebesar 18,16kV/mm dimana nilai tersebut masih bagus menurut *standar IEC 156*.

Hasil di minyak OLTC (*On Load Tap Changer*) dengan tegangan yang sama <70kV dan tegangan tembus yang diijinkan 30kV/2.5mm menunjukkan hasil rata-rata dengan nilai 28.6kV/2.5mm dan ketahan dielektrik pada suhu 30°C sebesar 11,44kV/mm menunjukkan kondisi yang kurang baik sehingga perlu adanya penggantian minyak sesuai dengan *standar IEC 156* . Minyak yang sudah tidak layak biasanya akan berwarna coklat dan minyak yang masih baru berwarna kuning bening.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian uji kualitas minyak transformator, menggunakan Standar IEC 156 dan dilengkapi dengan alat pengujian tegangan tembus Megger OTS 100AF dapat disimpulkan bahwa :

1. Dari hasil uji keadaan dan kualitas minyak transformator tersebut dapat diketahui bahwa pada minyak bagian bawah masih layak untuk digunakan. Sementara pada bagian minyak OLTC perlu segera dilakukan penggantian sehingga umur ekonomis dari transformator dapat ditingkatkan.
2. Hasil uji tegangan tembus minyak pada transformator tenaga di Gardu Induk Panakkukang menggunakan alat Megger OTS 100AF pada minyak bagian bawah menunjukkan rata-rata 46,6kV/2.5mm dengan kesimpulan masih bagus. Sementara minyak OLTC dengan tegangan tembus rata-rata 28,6kV/2.5mm menunjukkan minyak dalam keadaan kurang baik sehingga perlu adanya penggantian minyak.

5.2 Saran

1. Minyak trafo apabila sudah dalam keadaan yang tidak bagus perlu dilakukan penyaringan tapi untuk minyak OLTC bila dalam keadaan tidak bagus harus diganti.

DAFTAR PUSTAKA

- Djufri A. Idham 2022. *Transformator* Yogyakarta: CV Budi Utami
- Irdianto Indra, Suhartini 2019. *Penggunaan Metode Markov Chain Dalam Penjadwalan Perawatan Mesin Untuk Meminimalkan Biaya Kerusakan Mesin Dan Perawatan Mesin Mill 303 di PT. STEEL PIPE INDUSTRY OF INDONESIA UNIT 3* (Jurnal). Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Adhi Tama Surabaya.
- K Fajar Muh & Alamsyah Muhaidir, 2020. *Analisis Transformator Pada PT. PLN (PERSERO) di GI Gardu Induk Panakkukang. (Skripsi)*. Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Kodoati Alvian Krestovel, 2015. *Analisa Perkiraan Umur Transformator. (Jurnal)* Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Mubarak Saad, Jusriadi 2018. *Analisis Pemeliharaan Transformator Distribusi di PT. PLN (PERSERO) Rayon Makassar. Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Mudjiono Urip, Hidayat Prasetyo Edy 2012. *Pengujian Tegangan Tembus Isolasi Minyak Transformator Fasilitas Gedung Rektorat Universitas Airlangga Surabaya. (Jurnal)*. Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal, Universitas Airlangga Surabaya.
- PT. PLN GI Blimbing Malang dengan Metode Markov. Skripsi. Universitas Brawijaya.
- Ramdhan Dwi Hendra 2017. *Analisis Pemeliharaan Prediktif Transformator Daya di PT. PLN GI Blimbing Malang dengan Metode Markov. Skripsi*. Universitas Brawijaya.
- Subaga I.G. Surya, Manuaba I.B.G., Sukeraya I.W. 2019. *Analisis Prediktif Pemeliharaan Minyak Transformator Menggunakan Metode Markov. (Jurnal)*. Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Bali.
- Sabari 2012. *Pemeliharaan Transformator 60 MVA di Gardu Induk 150 kV Kebasen. (jurnal)*. Politeknik Harapan Bersama, Mataram.

Widodo Hari Rendy 2015. *Pengaruh Filterisasi Minyak Trafo Terhadap Kinerja Transformator Daya 30 MVA di Gardu Induk Sengkaling. (Jurnal). Teknik Elektro, Universitas Brawijaya, Malang.*

Yantoro Yudi, Sabari 2015. *Pemeliharaan Minyak Transformator Pada Minyak Transformator Nomor 4 di Gardu Induk Kebasen. (Jurnal). Teknik Elektro Harapan Bersama.*



LAMPIRAN

1. Surat Permohonan Penelitian



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Nomor : 117/05/C.4-VI/III/44/2023

Makassar, 10 Sya'ban 1444 H

Lamp. :-

02 Maret 2023 M

Hal : Permintaan Data Dalam Penyelesaian Tugas Akhir

Kepada yang Terhormat Bapak/Ibu,
Pimpinan PT. PLN ULTG PANAKKUKANG

Di -
Tempat

Assalamu 'Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dengan Rahmat Allah SWT, Sehubungan dengan rencana penelitian tugas akhir, mahasiswa Universitas Muhammadiyah Makassar tersebut di bawah ini :

No	NIM	NAMA	JUDUL
1	10582 11016 18	Nurul Hidayani	ANALISIS PEMELIHARAAN MINYAK TRANSFORMATOR PADA PT. PLN ULTG PANAKKUKANG
2	10582 11066 18	Iqbal Hasanuddin	

Untuk Keperluan diatas, kiranya dapat diberikan izin untuk Pengambilan Data selama 1 Minggu guna keperluan penelitian. Dengan Data Sebagai Berikut:

1. Data jenis kerusakan minyak transformator
2. Data data waktu pemeliharaan, pencegahan dan perbaikan
3. Data pengelompokan status pemeliharaan minyak transformator
4. Data transisi status minya transformator
5. Data waktu kerusakan dan biaya *downtime*

Data di atas diperlukan dalam rangka penyelesaian Tugas Akhir pada Fakultas Teknik Prodi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Makassar.

Demikian permohonan kami atas perhatian dan kerjasama Bapak/Ibu di haturkan banyak terima kasih.

Jazakumullah Khaeran Katsiran
Wassalamu 'Alaikum warahmatullah Wabarakatuh

Wakil Dekan I,

Muhammad Fauzan S Kuba, S.T, M.T
NIP. 197305288

Tembusan: Kepada Yang Terhormat,
1. Wakil Dekan I Fakultas Teknik
2. Ketua Prodi Teknik Elektro

2. Surat Balasan Penelitian



Nomor : 0383/STH.01.04/F48060000/2023
Lampiran : -
Sifat : Segera
Hal : Izin Pengambilan Data

11 Mei 2023

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah
Makassar
Di
Tempat

Menunjuk Surat Saudara dengan nomor : 117/05/C.4-VIII/44/2023, tanggal 02 Maret 2023 Perihal Permintaan Data Dalam Penyelesaian Tugas Akhir, dengan ini kami sampaikan bahwa :

No	Nama	NIS	Keterangan
1.	Nurul Hidayani	10582 11016 18	
2.	Iqbal Hasanuddin	10582 11066 18	

Dapat kami setujui untuk melaksanakan Pengambilan Data pada ULTG Panakkukang PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Transmisi Makassar, pada Bulan 15 Mei 2023 s.d 31 Mei 2023.

Perlu kami sampaikan bahwa selama pelaksanaan kegiatan tersebut mahasiswa harus mematuhi segala peraturan yang berlaku di PT PLN (Persero) UPT Makassar serta pihak PT PLN tidak menyediakan sarana transportasi maupun sarana lainnya. Untuk itu yang bersangkutan harap melapor ke PT PLN (Persero) UPT Makassar Cq. Supervisor ADM & Umum dan membawapas photo ukuran 2x3 sebanyak 2 (dua) lembar.




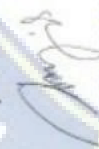

Demikian kami sampaikan, dan atas perhatiannya diucapkan terima kasih.




Tembusan

- MANAGER ULTG PANAKUKANG PLN

3. Data Pengujian

	PT PLN (PERSERO) UIKL SULAWESI UNIT PELAYANAN TRANSMISI MAKASSAR UNIT LAYANAN TRANSMISI DAN GARDU INDUK-PANAKKUKANG		RELAY MEKANIK TRAF0 No. Dokumen : : 01 Revisi : Tanggal : 01 JANUARI 2019									
LEMBAR HASIL PEMELIHARAAN TRANSFORMATOR PENGUJIAN / PENGUKURAN RELAI JANSEN, BUCHOLZ, & SUDDEN PRESSURE												
ULTG : PANAKKUKANG LOKASI GI : PANAKKUKANG		MERKTYPE : PAUWELS TEG. / DAYA : 150/20 KV / 60 MVA										
		NO. TRAF0 : DISTRIBUSI #3 TANGGAL : 25.06.19										
NO	URAIAN KEGIATAN	ACU A N	HASIL SEBELUMNY	KONDISI AWAL	TINDAKAN	KONDISI AKHIR	KESIMPULAN	PELAKSANA				
A	B	C	D	E	F	G	H	I				
1	UJI FUNGSI BUCHOLZ JANSEN SUDDEN PRESSURE	Membenarkan indikasi timbul alarm dan trip pada PMT 150/70 KV	OK OK OK	OK OK OK	OK OK OK	OK OK OK	OK OK OK	HAR PNK HAR PNK HAR PNK				
CATATAN:				PELAKSANA TIM HAR  HAR FTRK					MENGETAHUI Spv. OPHAR  ABDUL HAFID		MENGETAHUI Manajer  NURSALAM SR.	


PT PLN (PERSERO) UIKL SULAWESI
 UNIT PELAYANAN TRANSMISI MAKASSAR
 UNIT LAYANAN TRANSMISI DAN GARDU INDUK PANAKKUKANG



SENSOR SUHU MINYAK TRAFU
 No. Dokumen :
 Revisi : 01
 Tanggal : 01 JANUARI 2019

**LEMBAR HASIL PEMELIHARAAN TRANSFORMATOR
 PENGUJIAN / PENGUKURAN TEMPERATUR / KALIBRASI**

NO. TRAFU : DISTRIBUSI #3
 TANGGAL : 25 JUNI 2019

MERK / TYPE : PAUWELS
 TEG. / DAYA : 150/20 KV / 60 MVA

ULTG : PANAKKUKANG
 LOKASI GI : PANAKKUKANG

NO	URAIAN KEGIATAN	ACUAN		HASIL SEBELUMNYA		HASIL AWAL		TINDAKAN	KONDISI AKHIR		KESIMPULAN	PELAKSANA
		C	D	E	F	G	H					
1	10	Thermometer	Thermometer	Thermometer	Thermometer	Thermometer	Thermometer	Thermometer	Thermometer	Thermometer		
2	15	Standard	Oil	Widling	Widling	Oil	Oil	Widling	Widling	Oil		
3	20	Penyimpangan	Oil	Widling	Widling	Oil	Oil	Widling	Widling	Oil		
4	25	± 2,5%										
5	30											
6	35											
7	40											
8	45											
9	50											
10	55											
11	60											
12	65											
13	70											
14	75											
15	80											
16	85											
17	90											
18	95											
19	100											
20	110											

CATATAN:
 PELAKSANA
 TIM HAR


 HAR PNK


MENGETAHUI
 Spv. OPHAR

 ABUUL HARU

MENGETAHUI
 Manager

 NURSALAM SR.


PT PLN (PERSERO) UIKL SULAWESI
 UNIT PELAYANAN TRANSMISI MAKASSAR
 UNIT LAYANAN TRANSMISI DAN GARDU INDUK PANAUKKANG



TEGANGAN TEMBUS MINYAK TRAFU
 No. Dokumen :
 Revisi : 01
 Tanggal : 01 JANUARI 2019

LEMBAR HASIL PEMELIHARAAN TRANSFORMATOR
PENGUJIAN / PENGUKURAN TEGANGAN TEMBUS MINYAK ISOLASI

NO. TRAFU : DISTRIBUSI #3
 TANGGAL : 25.06.19

MERK/TYPER : PAULWELS
 TEG. / DAYA : 150/20 KV / 60 MVA

ULTG : PANAKUKKANG
 LOKASI GI : PANAKUKKANG

NO	URAIAN KEGIATAN		A C U A N		HASIL SEBELUMNYA	KONDISI AWAL	TINDAKAN	KONDISI AKHIR	KESIMPULAN	PELAKSANA
	A	B	C	D						
1	TEGANGAN TEMBUS MINYAK (diukur pada suhu o C)	STANDARD IEC 156	TEGANGAN TEG. TEMBUS YG. DITUNJUKAN	(KV / 2.5 mm) Selang Waktu / 5 Menit						
	- MENYAK BAGIAN ATAS	< 70 KV 70 - 170 KV > 170 KV	>=30 KV/2,5mm >=40 KV/2,5mm >=50 KV/2,5mm							
	- MENYAK BAGIAN BAWAH	< 70 KV 70 - 170 KV > 170 KV	>=30 KV/2,5mm >=40 KV/2,5mm >=50 KV/2,5mm							
	- MENYAK OLTC	< 70 KV 70 - 170 KV > 170 KV	>=30 KV/2,5mm >=40 KV/2,5mm >=50 KV/2,5mm							
					Put					
					1			44.5		
					2			43.2		
					3			45.9		
					4			50.2		
					5			53.4		
					6			42.3		
					Put			46.6		
					1			29.1		
					2			25.4		
					3			28.6		
					4			29.5		
					5			28.3		
					6			25.4		
					Put			28.6		

CATATAN:

PELAKSANA
 TIM HAR


 HAR HAR

MENGETAHUI
 Spv. OPUAR

 ARIF HARIAN

MENGETAHUI
 Manager

 MURDANI AMAN


PT PLN (PERSERO) UIKL SULAWESI
 UNIT PELAYANAN TRANSMISI MAKASSAR
 UNIT LAYANAN TRANSMISI DAN GARDU INDUK PANAKKUKANG

TEGANGAN TEMBUS MINYAK TRAFU
 No. Dokumen : :01
 Revisi :
 Tanggal : 01 JANUARI 2019

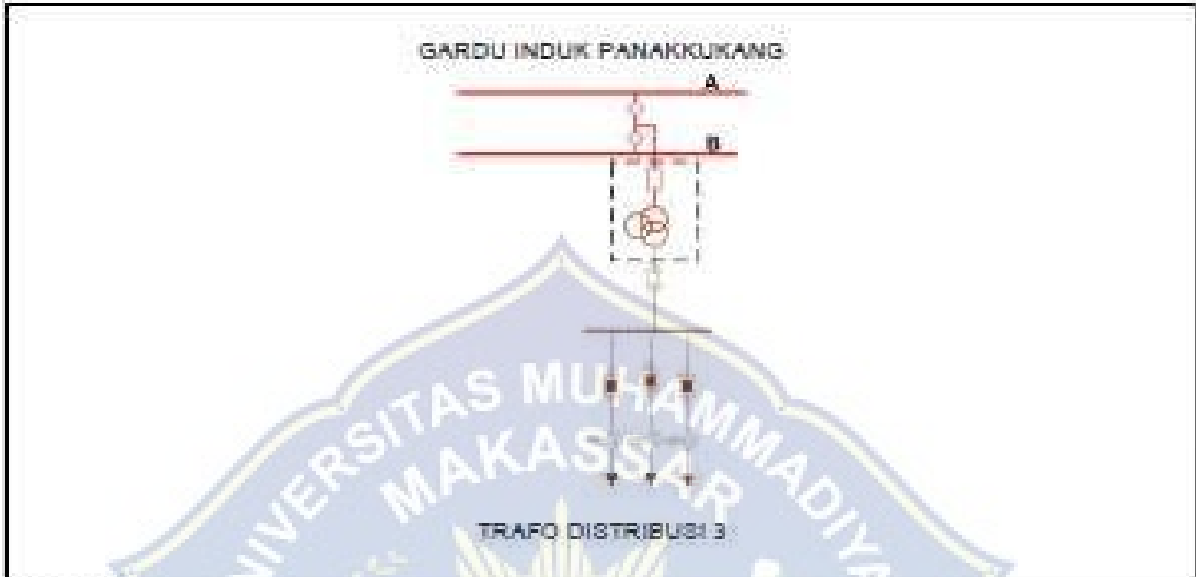
LEMBAR HASIL PEMELIHARAAN TRANSFORMATOR
PENGUJIAN / PENGUKURAN TAHANAN ISOLASI BELTAN TRAFU

ULTG : PANAKKUKANG
 LOKASI GI : PANAKKUKANG
 MERK/TYPE : PAUMWELS
 TEG. / DAYA : 150,00 KV / 60 MVA
 NO. TRAFU : DISTRIBUSI # 3
 TANGGAL : 25.06.19

NO	URAIAN KEGIATAN	A C U A N	HASIL SEBELUMNYA	KONDISI AWAL	TINDAKAN	KONDISI AKHIR	KESIMPULAN	PELAKSANA								
									D	E	G	H				
1	SETELAH TRAFU OFF Substansi : e-C 1 PRIMER - TANAH (MQ) 2 SEKUNDER - TANAH (MQ) 3 TERITIER - TANAH (MQ) 4 PRIMER - SEKUNDER (MQ) 5 PRIMER - TERITIER (MQ) 6 SEKUNDER - TERSEK (MQ) 7 PRIMER & SEKUNDER - TERSEK (MQ) 8 PRIMER & SEKUNDER - TANAH (MQ)	Standar VCR (Overhaul) 228/4 1 k Volt = 1 M Ohm	1. Membr. 10 Mgrn. 1 Memr. 10 Mgrn. 2. 3,04 3. 3,84 4. 3,40 5. 3,64 6. 1,49 7. 1,42 8. 1,38	1. Membr. 10 Mgrn. 2. 4,83 3. 4,42 4. 9,56 5. 2,83 6. 3,21 7. 2,97 8. 2,70	1. Membr. 10 Mgrn. 2. 2,26 3. 1,86 4. 2,81 5. 1,73 6. 2,15 7. 2,09 8. 1,96	PT PT = PT = PT = PT = PT = PT = PT =	I									
								2 SETELAH PEMELIHARAAN Substansi : e-C 1 PRIMER - TANAH (MQ) 2 SEKUNDER - TANAH (MQ) 3 TERITIER - TANAH (MQ) 4 PRIMER - SEKUNDER (MQ) 5 PRIMER - TERITIER (MQ) 6 SEKUNDER - TERITIER (MQ) 7 PRIMER & SEKUNDER - TERSEK (MQ) 8 PRIMER & SEKUNDER - TANAH (MQ)	Standar VCR (Overhaul) 228/4 1 k Volt = 1 M Ohm	1. Membr. 10 Mgrn. 1 Memr. 10 Mgrn. 2. 3,04 3. 3,84 4. 3,40 5. 3,64 6. 1,49 7. 1,42 8. 1,38	1. Membr. 10 Mgrn. 2. 4,83 3. 4,42 4. 9,56 5. 2,83 6. 3,21 7. 2,97 8. 2,70	1. Membr. 10 Mgrn. 2. 2,26 3. 1,86 4. 2,81 5. 1,73 6. 2,15 7. 2,09 8. 1,96	PT = PT = PT = PT = PT = PT = PT =	MENGETAHUI Spv. OF HAR ABOUT HARID		
															CATATAN : PELAKSANA TIM HAR HAR PINK	MENGETAHUI Manager NURSALAM SR.



GAMBAR SINGEL LINE DIAGRAM (DENAH KERJA YANG AMAN)



CATATAN

- Gambarkan single line diagram / lay out
- Nyatakan lokasi daerah kerja yang aman
- Nyatakan lokasi pemasangan kawat pelepasan muatan
- Cantumkan No.urut sesuai urutan pengamanan

Makassar, 24 Juni 2018

MENYETUJUI:

Approved By

(NURBALAM SAPPE RIKKI)
MANAGER ULTG PANAKUKANG

MEMOHON:

Requested By

(ABD. HAFID)

MENGETAHUI:

Acknowledged By

(MUH. IQBAL)
K3 ULTG PANAKUKANG

(MUH. AWALUDDIN KADIR MAWA)
SPV GI PANAKUKANG

4. Dokumentasi



BAB I Nurul Hudayani / Iqbal Hasanuddin 105821101618 / 105821106618

by Tahap Tutup



Submission date: 11-Aug-2023 02:00PM (UTC+0700)

Submission ID: 2144326061

File name: BAB_I_tutup0.doc (36K)

Word count: 570

Character count: 3962

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam pengoprasian sistem tenaga listrik, keseimbangan sistem sangat penting agar mudah dalam memberi kenyamanan dalam pelayanan untuk pelanggan. Dengan cara mempertahankan kenyamanan suatu sistem tenaga listrik yaitu dengan memperhatikan kondisi dari alat – alat tenaga listrik yang ada. Peralatan yang sangat penting dalam suatu sistem tenaga listrik adalah transformator. (Kodoati Krestovel Alvian, 2015)

Transformator yaitu suatu peralatan listrik untuk mentransformasi tegangan dari tegangan tinggi ketegangan rendah begitupula sebaliknya dengan cara memindahkan energi listrik dari sisi primer ke sisi sekunder melalui induksi manget. Transformator penting dalam proses penyaluran tenaga listrik maka kenyamanan transformator harus dipertahankan supaya tidak rusak. (Ramadhan Hendra Dwi, 2017)

Apabila transformator mengoprasi lebih dari batas suhu yang ditentukan dapat berakibat kegagalan isolasi pada minyak transformator, sehingga minyak transformator sangat penting dalam isolasi dan pendingin transformator daya. Pembebanan secara berlebihan akan menimbulkan minyak transformator memuai dan menghasilkan gas – gas yang larut dalam minyak. Gas – gas ini lalu mengendap dan terkontaminasi dengan minyak maka berakibat berkurangnya kemampuan isolasi minyak. (Subaga I.G. Surya, Manuaba I.B.G, & Sukerayasa I.W, 2019)

Keadaan transformator harus dipertahankan dengan mengetahui kualitas minyak transformator. Sehingga pemeliharaan transformator secara rutin dinilai lebih baik dari segi ekonomis dibandingkan dengan penggantian transformator. (Subaga I.G. Surya, Manuaba I.B.G, & Sukerayasa I.W, 2019)

Dilapangan biasanya ditemui kasus minyak transformator yang adanya gangguan, baik dari awal perencanaan, prosedur pemeliharaan bahkan pemeliharaan yang kurang baik sehingga kinerja minyak transformator sendiri tidak bisa bagus. Sehingga perencanaan dan prosedur kinerja transformator pada jaringan tegangan menengah harus sangat diperhatikan, alangkah baiknya transformator sebelum digunakan diuji terlebih dahulu agar dapat

memastikan bahwa transformator yang akan digunakan benar-benar baik dan tepat nilai transformasinya. (Yantoro Yudi & Sabari, 2015)

Oleh karena itu untuk mengoptimalkan pemeliharaan minyak transformator secara berkala dilakukan penelitian secara detail agar dapat membandingkan keunggulan pemeliharaan minyak transformator sebelumnya dengan pemeliharaan minyak transformator yang sekarang. Inilah menjadi salah satu alasan penulis untuk melakukan penelitian yang membahas tentang “ANALISIS KUALITAS MINYAK TRANSFORMATOR PADA PT. PLN ULTG PANAKKUKANG”

B. Rumusan Masalah

Berikut adalah rumusan masalah pada penelitian yang akan dilakukan yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana sistem pemeliharaan yang dilakukan pada minyak transformator di PT. PLN ULTG PANAKKUKANG?
2. Bagaimana cara mempertahankan kualitas pemeliharaan minyak transformator di PT. PLN ULTG PANAKKUKANG?

C. Tujuan Penelitian

Berkaitan dengan rumusan masalah yang di atas, adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis kondisi pemeliharaan transformator yang dapat berpengaruh pada kegagalan isolasi pada minyak transformator.
2. Menganalisis prosedur kinerja pemeliharaan minyak transformator.

D. Manfaat Penelitian

Adapun Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk menjaga pemeliharaan minyak transformator secara efektif dan efisien.
2. Untuk dapat mempertahankan kualitas minyak transformator secara berkala.

E. Batasan Masalah

Pembatasan masalah pada penelitian ini berdasarkan kemampuan dan keterbatasan dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini hanya membahas sistem pemeliharaan minyak transformator.
2. Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan cara studi lapangan secara langsung di PT. PLN ULTG PANAKKUKANG.

F. Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran umum dari seluruh penelitian ini berdasarkan sistematika penulisan yaitu:

BAB I PENDAHULUAN, dalam bab ini membahas tentang pendahuluan yang berisi tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan model sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berupa landasan teori yang berisi tentang teori dasar tentang pemeliharaan minyak transformator.

BAB III METODE PENELITIAN, berisi tentang waktu dan tempat penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, berisi tentang bagaimana merawat minyak transformator.

BAB V PENUTUP, berisi tentang penjelasan kesimpulan dan saran akhir dari sebuah penelitian yang dilakukan.

ORIGINALITY REPORT

9%

SIMILARITY INDEX

9%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	unimed- proteksisistemtenagalistrik.blogspot.com Internet Source	2%
2	text-id.123dok.com Internet Source	2%
3	www.researchgate.net Internet Source	2%
4	ejournal.iaida.ac.id Internet Source	2%
5	repository.ub.ac.id Internet Source	2%

Exclude quotes On

Exclude matches < 2%

Exclude bibliography On

BAB II Nurul Hudayani / Iqbal Hasanuddin 105821101618 / 105821106618

by Tahap Tutup



Submission date: 11-Aug-2023 02:01PM (UTC+0700)

Submission ID: 2144326349

File name: BAB_II_tutup.doc (661.5K)

Word count: 2460

Character count: 16044

BAB II

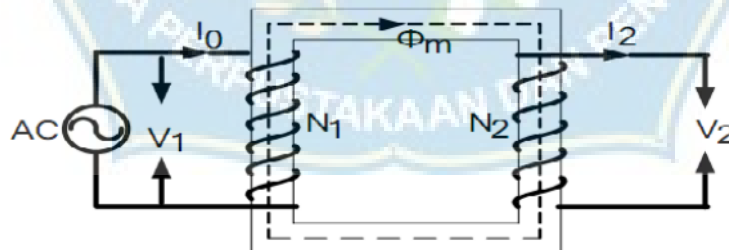
KAJIAN PUSTAKA

2.1 Transformator

Transformator berfungsi untuk menyalurkan daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah dan begitu juga sebaliknya. Disamping itu diartikan juga sebagai pengubah tegangan arus bolak-balik dari satu tingkat ke tingkat yang lain melalui sepasang magnet dan berdasarkan dari prinsip-prinsip induksi dan elektromagnet. Inti transformator itu sendiri terbuat dari besi berlapis dan dua buah kumparan, yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

Transformator digunakan secara merata, dalam bidang tenaga listrik maupun elektronika. Kegunaan transformator itu sendiri dalam sistem tenaga listrik memungkinkan terpilihnya tegangan yang baik dan ekonomis untuk kebutuhan, contohnya kebutuhan tegangan tinggi dalam pengiriman daya listrik jarak jauh. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

Transformator berfungsi mentransformasikan tegangan tinggi ketegangan rendah begitu pula sebaliknya dan terdiri dari dua koil atau lebih, dikopel melalui rangkaian magnetik. Proses pertukaran energi pada transformator diakibatkan oleh induksi medan magnetik. Transformator salah satu komponen yang penting dalam rangkaian elektrik dengan rentang daya rendah, arus rendah dan rangkaian control hingga sistem daya dengan tegangan ultra tinggi. (Subaga I.G. Surya, Manuaba I.B.G & Sukerayasa I.W, 2019)



Gambar 2. 1 Rangkaian Sederhana Transformator

Keterangan Gambar:

V_1 = tegangan primer

V_2 = tegangan sekunder

I_1 = arus primer

I_2 = arus sekunder

N_1 = jumlah lilitan kumparan primer

N_2 = jumlah lilitan kumparan sekunder

Φ_m = fluks magnet bersama

Prinsip transformator di hukum induksi Faraday dan hukum Lorentz dalam menyalurkan daya. Dari kedua prinsip tersebut (Hukum induksi Faraday dan hukum Lorentz) disimpulkan bahwasanya arus yang mengalir pada belitan primer akan mendorong inti besi transformator kemudian didalam inti besi mengalir flux magnet dan flux magnet ini mendorong belitan sekunder sehingga dari itu pada ujung belitan sekunder akan terdapat beda potensial. Pemakaian transformator dikelompokkan sebagai berikut:

1. Transformator daya
2. Transformator distribusi
3. Transformator pengukuran; yang terdiri dari transformator arus dan transformator tegangan. (Ramdhan Hendra Dwi, 2017)

Transformator bagian dari komponen elektronik yang memiliki fungsi sangat penting. Salah satunya yaitu memindahkan tenaga listrik antara dua buah rangkaian listrik. Pemindahan ini biasanya terjadi dalam sebuah frekuensi yang sama. (Djufri A. Idham, 2022)

B. 2.2 Bagian Utama Transformator

2.2.1 Inti Besi

Inti besi (*electromagnetic circuit*) adalah jalannya flux yang timbul akibat induksi arus bolak-balik pada kumparan yang mengelilingi inti besi kemudian mendorong kembali ke kumparan yang lain. Berasal dari lempengan-lempengan besi tipis berisolasi yang disusun secara rapi.

2.2.2 Kumparan Transformator

Kumparan transformator ialah lilitan kawat yang berisolasi membentuk suatu gulungan. Kumparan terbagi menjadi dua yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder yang berisolasi baik dengan inti besi ataupun terhadap antar kumparan dengan isolasi padat seperti karton, pertinak dan lain-lain. Kumparan itu sendiri alat transformasi tegangan dan arus. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

2.2.3 Bushing

Bushing memiliki sebuah konduktor yang terhubung dengan kumparan berada dalam transformator dan konduktor dan diselubungi oleh bahan isolator. Fungsi *bushing* itu penghubung antara kumparan transformator dengan jaringan di luar transformator. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

2.2.4 Tangki Konservator

Konservator untuk menampung minyak saat transformator mengalami kenaikan suhu. Saat naik turunnya volume minyak di konservator akibat pemuaian dan penyusutan minyak, volume udara di dalam konservator akan semakin bertambah dan berkurang. Gambar Tangki Konservator ditunjukkan pada gambar 2.2. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

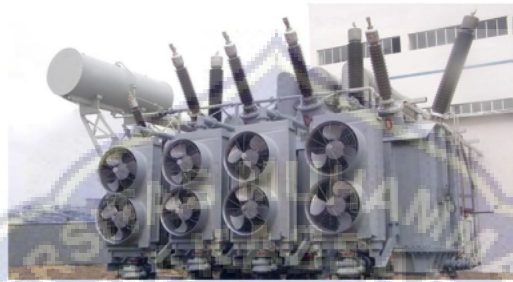


Gambar 2. 2 Tangki Konservator

C. 2.3 Peralatan Bantu Transformator

2.3.1 Pendingin

Pendingin pada transformator seperti Gambar 2.3 berikut ini untuk menjaga kinerja transformator pada suhu rendah. Inti besi dan kumparan-kumparan akan timbul panas berasal dari rugi-rugi tembaga. Panas tersebut karena naiknya suhu secara berlebihan dan hal ini akan merusak isolasi. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)



Gambar 2. 3 Alat Pendingin Minyak Transformator

2.3.2 Tap Charger

Tap charger itu alat penstabil tegangan keluaran pada sisi sekunder transformator daya. Cara kerjanya dengan merubah jumlah kumparan primer yang memiliki masukan tegangan yang berubah-ubah untuk menghasilkan nilai tegangan keluaran yang konstan. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

2.3.3 Alat Pernapasan (*Dehydrating Breather*)

Alat pernapasan berfungsi agar mencegah terjadi kontaminasi minyak transformator terhadap udara luar yang masuk kembali ke transformator, maka transformator daya dilengkapi dengan alat pernapasan yaitu tabung yang berisi zat kristal (*silica gel*) yang terpasang di bagian luar transformator. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

2.3.4 NGR (*Neutral Grounding Resistance*)

NGR sebuah tahanan yang dipasang secara serial dengan netral sekunder di transformator sebelum terhubung ke *ground* / tanah. Fungsi NGR untuk mengontrol besarnya arus gangguan yang mengalir dari sisi netral ke tanah. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

2.3.5 Indikator-indikator

Indikator-indikator yang dibutuhkan ketika transformasi bekerja pada Gambar 2.4 yang antara lain sebagai berikut:

1. Indikator suhu minyak
2. Indikator permukaan minyak
3. Indikator suhu *winding*
4. Indikator kedudukan tap. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)



Gambar 2. 4 Alat Pengukur Suhu dan Indikator Permukaan Minyak

D. 2.4 Gangguan Transformator Daya

Rentang kecil transformator terhindar dari gangguan, tapi akibat dari gangguan itu diusahakan seminimal mungkin dampaknya. Menurut letak penyebab gangguan, terdiri dari dua jenis penyebab gangguan pada transformator, yaitu gangguan eksternal dan gangguan internal. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

2.4.1 Gangguan Eksternal

Gangguan eksternal sumber gangguannya berasal dari luar pengamanan transformator, tetapi dampaknya dirasakan oleh transformator tersebut, diantaranya:

- a. Gangguan hubung singkat pada jarigan
Gangguan hubung singkat diluar transformator ini sering terjadi timbulnya arus yang sangat besar, dan mencapai beberapa kali arus nominalnya.

b. Beban lebih

Transformator daya beroperasi terus-menerus pada arus beban nominalnya. Apabila beban yang dilayani lebih besar dari 100%, maka terjadi pembebanan lebih. Ini biasanya berakibat pemanasan yang berlebihan. Situasi ini biasanya tidak menimbulkan kerusakan, hanya saja berlangsung secara terus menerus akan memperpendek umur isolasi.

c. Surja petir

Gelombang surja petir ini terjadi karena cuaca, yaitu petir yang menyambar jaringan transmisi lalu mengenai ke gardu terdekat dimana transformator tenaga terpasang. Terkadang terjadi dalam kurva waktu sangat singkat dalam beberapa puluh mikrodetik, tapi tegangan puncak yang dimiliki cukup tinggi dan energi yang dikandungnya besar, maka hal ini menyebabkan terjadinya kerusakan pada transformator daya. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

2.4.2 Gangguan Internal

Gangguan internal adalah gangguan yang bersumber dari daerah pengaman / *petak bay* transformator, diantaranya:

- a. Gangguan hubung singkat antarbelitan dan inti transformator daya.
- b. Gangguan hubung singkat belitan dengan tangki transformator daya.
- c. Gangguan pada isolasi (minyak) transformator daya. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

E. 2.5 Pemeliharaan

Sistem pemeliharaan listrik tegangan tinggi yaitu suatu proses aktivitas untuk pertahanan keadaan dan menjaga agar peralatan dapat berfungsi sebagaimana mestinya dan dapat mencegah terjadinya gangguan yang menyebabkan kerusakan. Pemeliharaan peralatan listrik tegangan tinggi memiliki tujuan untuk menjamin kontinuitas penyaluran tenaga listrik dan menjamin kehandalan, antara lain:

1. Meningkatkan *reliability*, *availability*, dan *efficiency*.
2. Memperpanjang umur peralatan.
3. Mengurangi resiko terjadinya kegagalan atau kerusakan peralatan.

4. Meningkatkan *safety* peralatan.
5. Mengurangi lama waktu padam akibat sering gangguan. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

Jenis-jenis pemeliharaan transformator digolongkan menjadi 4 yaitu:

2.5.1 Preventive Maintenance

Preventive maintenance yaitu kegiatan pemeliharaan dilakukan supaya tidak terjadinya kerusakan pada transformator secara tiba-tiba dan untuk menjaga agar kerja transformator secara rutin sesuai unsur teknisnya. Biasanya dilakukan sesuai berpedoman terhadap intruksi manual dari pabrik, standar-standar yang ada dan pengalaman operasi dilapangan. Ruang lingkup pekerjaan *preventif* yaitu: *inspeksi*, perbaikan kecil, pelumasan dan penyetelan, sehingga peralatan atau mesin-mesin selama operasi terhindar dari kerusakan. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

2.5.2 Predictive Maintenance

Predictive maintenance adalah pemeliharaan yang dilakukan dengan cara memperhatikan keadaan transformator kemungkinan transformator akan menuju kegagalan. Memperhatikan hal itu dapat diketahui gejala kerusakan sedini mungkin. Hal paling sering digunakan antara lain, memonitori kondisi secara *online*, walaupun transformator sedang operasi maupun tidak beroperasi. Maka itu diperlukan peralatan dan alat khusus untuk mengatasi. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

2.5.3 Corrective Maintenance

Corrective maintenance adalah pemeliharaan dilakukan dengan rencana pada waktu tertentu ketika transformator mengalami kelainan atau unjuk kerja rendah saat melakukan fungsinya dengan tujuan untuk mengembalikan di kondisi semula disertai perbaikan dan penyempurnaan instalasi. Cara ini juga berupa penggantian yang rusak atau kurang berfungsi yang dilakukan dengan berencana. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

2.5.4 Breakdown Maintenance

Breakdown maintenance yaitu pemeliharaan dilakukan atas dasar kerusakan yang tiba – tiba dimana waktunya tidak tertentu dan bersifat darurat. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

F. 2.6 Pedoman Pemeliharaan Transformator

2.6.1 In Service Inspection

In Service Inspection adalah kegiatan inspeksi dilakukan saat transformator dalam keadaan sedang bertegangan / operasi. Tujuannya dapat mengetahui secara dini gangguan ketidaknormalan mungkin terjadi dalam transformator tanpa melakukan pemadaman. *In Service Inspection* dilakukan pada subsistem transformer adalah *bushing*, pendingin, pernapasan, sistem control dan proteksi, *on load tap charger (OLTC)*, struktur mekanik, meter suhu / temperatur, *system monitoring thermal*, belitan, NGR (*Neutral Grounding Resistor*). (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

2.6.2 In Service Measurement

In service measurement adalah kegiatan pengukuran / pengujian dilakukan saat transformator dalam keadaan yang sedang bertegangan. Tujuannya agar mengetahui keadaan transformator tanpa pemadam. Keadaan pengukuran dan pengujian dilakukan dengan proses DGA (*Dissolved Gas Analysis*), pengujian kualitas minyak terdiri dari pengujian kadar air, pengujian tegangan tembus, pengujian kadar asam, pengujian warna minyak, pengujian sedimen, tangens delta minyak, pengujian *partial discharge*, *vibrase* dan *noise*. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

2.6.3 Shutdown Testing

Shutdown testing adalah kegiatan pengujian dilakukan saat transformator dalam keadaan padam. Pengujian dilakukan adalah pengukuran tahanan isolasi, pengukuran tan delta, pengukuran SFRA, tes rasio. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

2.6.4 Shutdown Function Check

Shutdown function check kegiatan tujuan menguji fungsi dari rele-rele proteksi maupun komponen – komponen yang ada pada transformator adalah rele bucholtz, rele jense, rele *sudden pressure*, rele *thermal*. (Mubarak Saad & Jusriadi, 2018)

G. 2.7 Minyak Trafo (Transformator Oil)

H. 2.7.1 pengertian Minyak

Minyak transformator yaitu bagian ² dari transformator menerima beban kerja paling besar dalam kinerja transformator. Sebab itu keadaan minyak tranformator harus dipantau secara rutin agar memastikan transformator bekerja secara baik. Hal yang dilakukan dari minyak transformator adalah isolasi atau memisahkan bagian yang memiliki tegangan berbeda-beda serta berperan dalam pendinginan transformator. (Subaga I.G. Surya, Manuaba I.B.G & Sukerayasa I.W, 2019)

³ Disamping itu minyak transformator digunakan harus memenuhi syarat yaitu kekuatan isolasi tinggi, penyalur panas yang baik, berat jenis yang kecil, sehingga partikel-partikel dalam minyak dapat mengendap dengan cepat, viskositas yang rendah agar mudah bersirkulasi dan kemampuan pendinginan menjadi lebih baik, titik nyala yang tinggi, tidak mudah menguap yang dapat membahayakan, tidak merusak bahan isolasi padat, serta sifat kimia yang stabil. (Kodoati Krestovel Alvian, 2015)

Kemampuan transformator sebagai bahan isolasi yaitu sebagai berikut:

- a. Menahan terhadap tegangan tembus.
- ¹ b. Sebagai bahan pendingin mampu meredam panas yang timbul, untuk mengurangi kenaikan suhu yang berlebih perlu dilengkapi dengan sistem pendingin untuk menyalurkan panas dari transformator.
- c. Sebagai media untuk memadamkan busur api karena ketika transformator sedang beroperasi menghasilkan senyawa gas yang dihasilkan dari proses penuaan dan adanya dampak gangguan, selain itu kenaikan suhu yang berlebih akan menimbulkan terjadinya loncatan bunga api didalam belitan transformator tersebut.
- d. Melindungi belitan dan body transformator dari terjadinya oksidasi dan korosi. Minyak transformator merupakan salah satu minyak mineral yang diperoleh dengan pemurnian minyak mentah. Selain itu minyak juga berasal dari bahan organik seperti piranol dan silicon. (Widodo Hari Rendy, 2015)

Minyak transformator berasal dari bahan kimia organik, yaitu senyawa atom-atom C dan H. Transformator beroperasi menghasilkan suhu tinggi (bisa mencapai 80°C), adanya busur listrik misalnya pada *on load tap changer* (OLTC) udara di sekitarnya yang lembab,

menyebabkan timbulnya berbagai gas dan air dalam minyak transformator. Gas-gas yang timbul adalah H_2 , CH_4 , C_2H_2 , C_2H_4 , C_2H_6 , CO , dan CO_2 . (Widodo Hari Rendy, 2015)

Minyak transformator harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a. Kekuatan isolasi harus tinggi.
- b. Kejernihan penampilan, yaitu minyak harus memiliki warna yang jernih dan bersih.
- c. *Viskositas* (Kekentalan) yang rendah semakin bagus pula konduktivitas termalnya sehingga kualitas minyak transformator juga semakin bagus.
- d. Massa jenis, yaitu merupakan perbandingan massa suatu volume cairan dengan air pada volume dan temperatur yang sama.
- e. Titik nyala, menunjukkan bahwa minyak transformator dapat dipanaskan sampai temperatur tertentu sebelum uap yang timbul menjadi api yang berbahaya.
- f. Titik tuang, adalah temperatur terendah saat minyak akan terus mengalir saat didinginkan pada temperatur dibawah temperatur normal.
- g. Angka kenetralan, adalah angka yang menunjukkan penyusunan asam minyak isolator dan dapat mendeteksi kontaminasi minyak, menunjukkan kecenderungan perubahan kimia, cacar, atau indikasi perubahan kimia nahan tambahan.
- h. Kemampatan oksidasi, adalah proses oksidasi yang menyebabkan bertambahnya kecenderungan minyak untuk membentuk asam dan kotoran zat padat yang nantinya akan membentuk endapan.
- i. Kandungan air, dengan adanya kandungan air dalam minyak transformator akan menurunkan tegangan tembus dan tahanan jenis minyak, serta memacu munculnya *hot spot* sehingga akan mempercepat kerusakan pada isolasi kertas.
- j. Tegangan tembus, adalah kemampuan minyak untuk menahan tegangan elektrik. (Ramdhan Dwi Hendra, 2017)

2.7.2 Jenis Minyak Trafo

- a. Minyak trafo mineral: Minyak yang berbahan dasar dari pengolahan minyak bumi yaitu antara fraksi minyak diesel dan turbin yang mempunyai struktur kimia yang sangat kompleks.
- b. Minyak trafo sintetis (askarel): Minyak jenis ini mempunyai sifat lebih menguntungkan antara lain tidak mudah terbakar dan tidak mudah teroksidasi. Namun beracun dan dapat melukai kulit. (K Fajar Muh & Alamsyah Muhaidir, 2020)

Tabel 2.1 Jenis Minyak

Minyak Mineral	Minyak Sintesis
Diala C, B (USA)	Aroclor (USA)
Univolt (Esso)	Clophen (Jerman)
Nynas (Swedia)	Phenoclor (Perancis)
Mictrans (Jepang)	Pyroclor (Uk)
Sun Ohm-Mu (Korea)	Fenclor (Itali)
Petromi (Dubai)	Pyralene (Perancis)
BP-Energol (UK)	Pyranol (USA)

2.7.3 Tingkatan Standar Minyak Trafo

Tabel 2.2 Standar Minyak Trafo

No.		Standar
1.	IEC	International standard
2.	BS, ASTM, JIS, SNI	National specifications
3.	ABB, GEC- Ahlstom, Unindo	Transformer producer specifications
4.	TNB, PLN	Power distributor Specifications

2.7.3 Pengujian Minyak Isolasi

Harga transformator itu sangatlah mahal, tetapi memantau unjuk kerja sistem transformator melalui kondisi minyak tidak mahal dibanding dengan biaya jika transformator mengalami kegagalan (*failure*). Sehingga masa hidup transformator lama kira-kira 40 tahun, bahkan dengan minyak trafo yang kualitasnya sangat baik diharapkan setara dengan masa hidup transformator. Menurut studi yang dilakukan *US Inspection and Insurance Companies*, bahwa 10 % kegagalan transformator tenaga adalah karena deteriosasi bahan isolasi dan kegagalan internal "over load" dalam lilitan tegangan tinggi yang disebabkan bertambahnya *deposit/ sludge*. (K Fajar Muh & Alamsyah Muhaidir, 2020)

2.7.3.1 Ruang Lingkup Pengujian

Tabel 2.3 Ruang Lingkup Pengujian

Kimia	Fisika	Kelistrikan
Keasaman	Viskositas	
Kadar air	Densitas	Tegangan tembus
Ketahanan oksidasi	Titik nyala	Tahanan jenis
Korosi lempengan	Tegangan antar muka	Factor kebocoran dielektrik
Tembaga	Titik tuang	tan delta
Sedimen		

2.7.3.2 Breakdown Voltage Test

Tes Tegangan tembus (*Breakdown Voltage Test*) adalah uji *predictive maintance* yang dilakukan pada minyak isolasi (minyak) prinsipnya dengan pengukuran selama 6 kali percobaan, akan ada suara saat tegangan naik, diberi selang waktu 5 menit untuk break down lalu dilakukan tes lagi seterusnya sampai 6 kali. (K Fajar Muh & Alamsyah Muhaidir, 2020)



Gambar 2.5 Alat Penguji Tegangan Tembus Megger OTS 100AF

Perhitungan ketahanan dielektrik minyak trafo memakai rumus berikut :

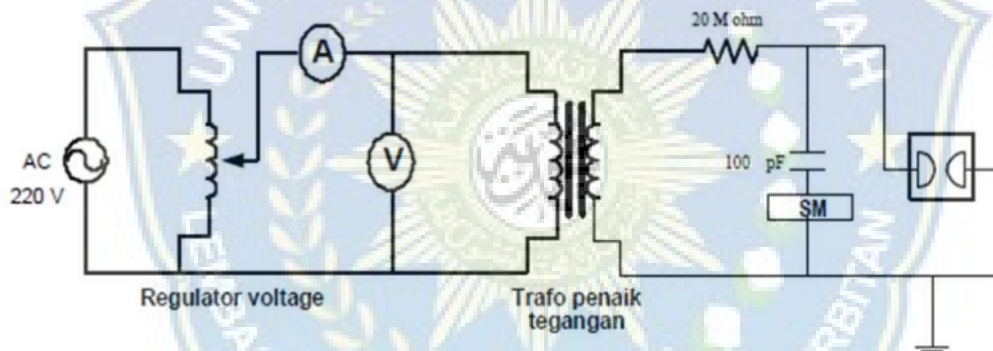
$$E_{rata-rata} = \frac{V_{b(rata-rata)}}{d} \text{ (kV/mm)}$$

Keterangan :

V_b : Tegangan tembus (kV)

E : Kekuatan Dielektrik (Kv/mm)

D : Jarak sela (mm)



Gambar 2.6 Gambar Rangkaian Pengujian Tegangan Tembus Minyak

Memastikan kelayakan tegangan tembus minyak dari minyak trafo tersebut, harus dilakukan pengujian. Pengujian tegangan tembus minyak dilakukan memberi tegangan tinggi AC. Untuk membangkitkan tegangan tinggi arus bolak bolak, trafo uji yang digunakan adalah trafo 1 fasa. Karena pengujian biasanya dilakukan untuk setiap fasanya. (K Fajar Muh & Alamsyah Muhaidir, 2020)

$$V_b = A \cdot d^n$$

4

Dimana :

Vb : tegangan tembus/*breakdown* (kV)

A : konstanta

D : panjang ruang celah (mm)

N : konstanta yang nilainya kurang dari 1



ORIGINALITY REPORT

16%

SIMILARITY INDEX

13%

INTERNET SOURCES

4%

PUBLICATIONS

8%

STUDENT PAPERS


PRIMARY SOURCES

1	e-jurnal.pnl.ac.id Internet Source	4%
2	ocs.unud.ac.id Internet Source	4%
3	ikaapriliaayu.blogspot.com Internet Source	3%
4	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	2%
5	Submitted to Universitas Muhammadiyah Makassar Student Paper	2%
6	ejournal.unsri.ac.id Internet Source	2%

Exclude quotes On

Exclude matches < 2%

Exclude bibliography On



BAB III Nurul Hudayani / Iqbal
Hasanuddin 105821101618 /
105821106618

by Tahap Tutup

Submission date: 11-Aug-2023 02:02PM (UTC+0700)

Submission ID: 2144326777

File name: BAB_III_tutup.doc (682K)

Word count: 100

Character count: 583

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

1. Lokasi PT. PLN (PERSERO) Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk Panakkukang yaitu bertempat di Jl. Hertasning Baru. Blok B, Pandang, Panakkukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan.



Gambar 3.1 Lokasi PT. PLN (PERSERO) ULTG PANAKKUKANG

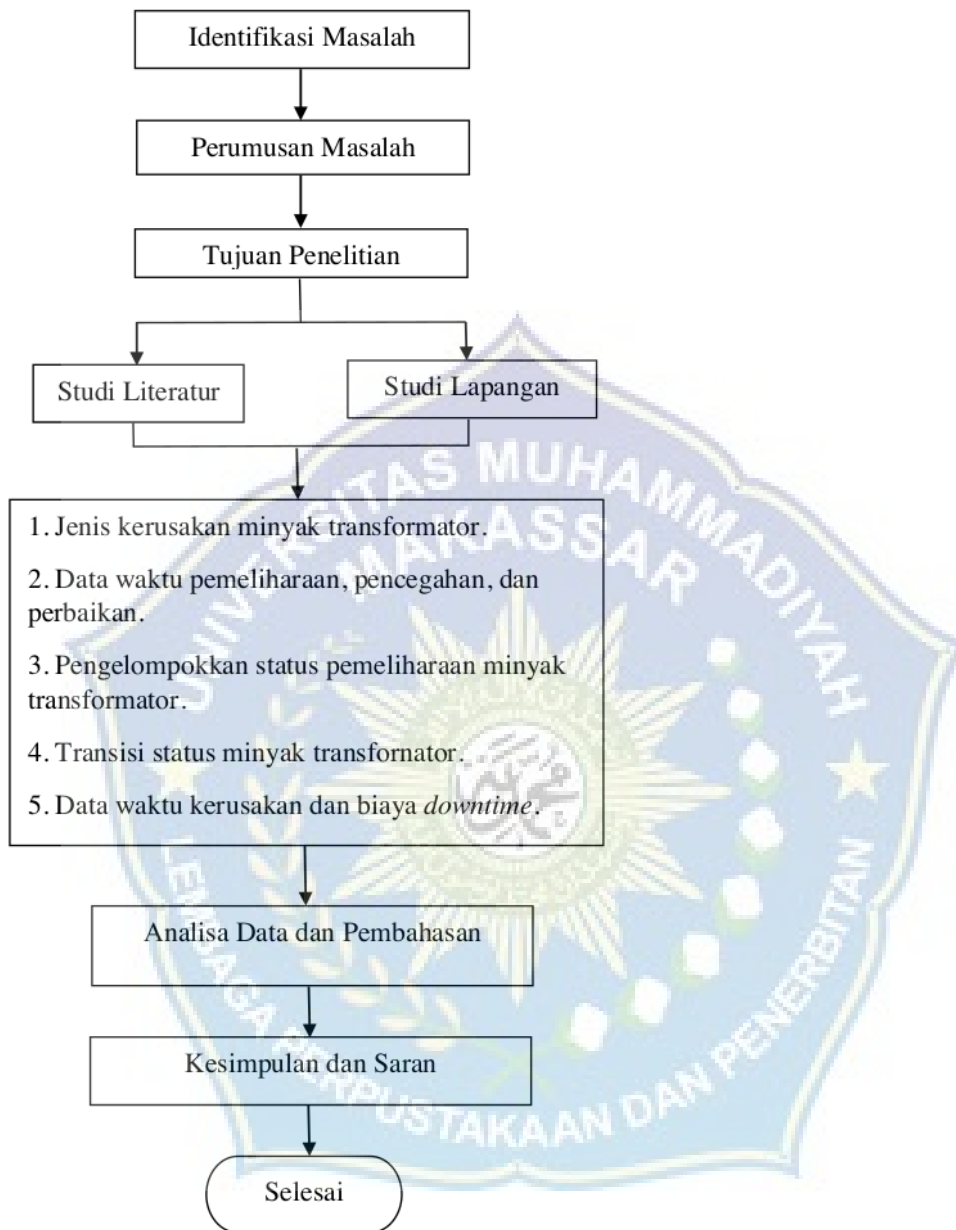
2. Pembuatan proposal dan penelitian dilakukan selama 17 hari dimulai pada tanggal 15 Mei sampai dengan 31 Mei 2023.

3.2 Metode Penelitian

Adapun langkah-langkah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Tahap Identifikasi
2. Tahap Pengumpulan
3. Tahap Pengolahan Data
4. Tahap Analisa dan Pembahasan
5. Tahap Kesimpulan dan Saran

3.3 Kerangka Fikir (*Flowchart*)



Gambar 3.1 *Flowchart* Metode

BAB III Nurul Hudayani / Iqbal Hasanuddin 105821101618 / 105821106618

ORIGINALITY REPORT

5%

SIMILARITY INDEX

5%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

123dok.com

Internet Source

5%

Exclude quotes

On

Exclude matches

< 2%

Exclude bibliography

On



BAB IV Nurul Hudayani / Iqbal Hasanuddin 105821101618 / 105821106618

by Tahap Tutup



Submission date: 11-Aug-2023 02:03PM (UTC+0700)

Submission ID: 2144326950

File name: BAB_IV_tutup.doc (193.5K)

Word count: 652

Character count: 3829

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Minyak Trafo (*Transformer Oil*)

Minyak transformator yaitu bagian dari transformator menerima beban kerja paling besar dalam kinerja transformator. Sebab itu keadaan minyak tranformator harus dipantau secara rutin agar memastikan transformator bekerja secara baik. Hal yang dilakukan dari minyak transformator adalah isolasi atau memisahkan bagian yang memiliki tegangan berbeda-beda serta berperan dalam pendinginan transformator. (Subaga I.G. Surya, Manuaba I.B.G & Sukerayasa I.W, 2019)

4.2 *Breakdown Voltage Test*

Tes Tegangan tembus (*Breakdown Voltage Test*) adalah uji *predictive maintance* yang dilakukan pada minyak isolasi (minyak) prinsipnya dengan pengukuran selama 6 kali percobaan, akan ada suara saat tegangan naik, diberi selang waktu 5 menit untuk break down lalu dilakukan tes lagi seterusnya sampai 6 kali. (K Fajar Muh & Alamsyah Muhaidir, 2020)



Gambar 4.1 Alat Penguji Tegangan Tembus Megger OTS 100AF

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Tegangan Tembus Minyak Trafo

No	Uraian Kegiatan	Acuan		Selang waktu 5 menit-an ke	Hasil (kV/2,5mm)
		Tegangan	Teg. Tembus yang diijinkan		
1	Tegangan Tembus Minyak	<i>Standar IEC 156</i>			
	-Minyak Bagian Atas	<70kV 70-170kV >170	>30kV/2.5mm >40kV/2.5mm >50kV/2.5mm	1 2 3 4 5 6 Rata-rata	
	-Minyak Bagian Bawah	<70kV 70-170kV >170	>30kV/2.5mm >40kV/2.5mm >50kV/2.5mm	1 2 3 4 5 6 Rata-rata	74,9 80 80,2 80,0 79,4 80,1 79,1
	- Minyak OLC	<70kV 70-170kV >170	>30kV/2.5mm >40kV/2.5mm >50kV/2.5mm	1 2 3 4 5 6 Rata - rata	67,6 64,6 58,4 51,0 50,1 57,9 58,3

4.2.1 Analisis Tegangan Tembus Minyak Bagian Bawah

Berdasarkan Tabel 4.1 bahwa adanya perubahan mempengaruhi tegangan tembus minyak transformator pada 6 kali pengujian, yaitu nilai tegangan tembus mengalami peningkatan yang tidak terlalu besar. Cara menghitung rata-rata pengujian dari pertama sampai ke 6 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_b \text{ (rata-rata)} &= \frac{74,9+80+80,2+80,0+79,4+80,1}{6} \\ &= 79,1 \text{ kV/2,5mm} \end{aligned}$$

4.2.2 Analisis Tegangan Tembus Minyak OLTC

Berdasarkan Tabel 4.1 bahwa adanya perubahan mempengaruhi tegangan tembus minyak transformator pada 6 kali pengujian, yaitu nilai tegangan tembus mengalami penurunan yang sangat besar. Cara menghitung rata-rata pengujian dari pertama sampai ke 6 adalah sebagai berikut : Perhitungan nilai rata-rata tegangan tembus minyak OLTC adalah :

$$\begin{aligned} V_b \text{ (rata-rata)} &= \frac{67,6+64,6+58,4+51,0+50,1+57,9}{6} \\ &= 58,3 \text{ kV/2,5mm} \end{aligned}$$

4.2.3 Analisis Ketahanan Dielektrik Minyak Trafo Bagian Bawah Pada Suhu 30°C

Hasil perhitungan rata-rata minyak trafo bagian bawah dapat diketahui Ketahanan dielektrik minyak trafo berlawanan lurus oleh nilai tegangan tembus lalu misalnya terjadi peningkatan nilai pada tegangan tembus ketahanan dielektrik juga akan semakin berkembang. Perhitungan kekuatan dielektrik minyak trafo bagian bawah memakai rumus sebagai berikut :

$$E_{rata-rata} = \frac{V_b \text{ (rata-rata)}}{d} \text{ (kV/mm)}$$

Keterangan :

Vb : Tegangan tembus (kV)

E : Kekuatan Dielektrik (kV/mm)

D : Jarak sela (mm)

Minyak bawah $E_{rata-rata} = \frac{79,1 \text{ kV}}{2,5 \text{ mm}}$

$$= 31,64 \text{ (kV/mm)}$$

4.2.4 Analisis Ketahanan Dielektrik Minyak Trafo OLTC Pada Suhu 30° C

Hasil perhitungan rata-rata minyak trafo OLTC diketahui ketahanan dielektrik minyak trafo berlawanan lurus oleh nilai teggangan tembus lalu misalnya terjadi peningkatan nilai pada teggangan tembus ketahanan dielektrik juga akan semakin berkembang. Perhitungan kekuatan dielektrik minyak trafo bagian bawah memakai rumus sebagai berikut :

$$E_{rata-rata} = \frac{V_b \text{ (rata-rata)}}{d} \text{ (kV/mm)}$$

Keterangan :

Vb : Teggangan tembus (kV)

E : Kekuatan Dielektrik (kV/mm)

D : Jarak sela (mm)

Minyak OLTC

$$E_{rata-rata} = \frac{58,3 \text{ kV}}{2,5 \text{ mm}} = 23,32 \text{ (kV/mm)}$$

4.3 Pembahasan

Bagian minyak yang diuji teggangan tembusnya, minyak bagian bawah, dan minyak OLTC. Standar yang digunakan sebagai acuan adalah standart IEC 156. Ada tiga parameter standar :

- Untuk teggangan <70kV, teggangan tembus yang diijinkan >30kV/2.5mm
- Untuk teggangan 70 – 170kV, teggangan tembus yang diijinkan >40kV/2.5mm
- Untuk teggangan >170kV, teggangan tembus yang diijinkan >50kV/2.5mm

Hasil di minyak bagian bawah dari uji pertama sampai uji keenam dengan teggangan 30kV/2.5mm hasil rata-rata dengan nilai 79,1 kV/2.5mm dan ketahan dielektrik pada suhu 30° sebesar 31,64 kV/mm dimana masih bagus menurut standart IEC 156.

Hasil di minyak OLTC (*On Load Tap Changer*) dengan teggangan yang sama 30kV/2.5mm hasil rata-rata dengan nilai 58,3 kV/2.5mm dan ketahan dielektrik pada suhu 30°

sebesar 23,32kV/mm keadaan yang kurang baik lalu perlu penggantian minyak sesuai dengan standar IEC 156 . Minyak yang sudah tidak layak akan berwarna coklat dan minyak yang masih baru berwarna kuning bening.



BAB IV Nurul Hudayani / Iqbal Hasanuddin 105821101618 / 105821106618

ORIGINALITY REPORT

6%

SIMILARITY INDEX

6%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

ocs.unud.ac.id

Internet Source

6%

Exclude quotes

On

Exclude matches

< 2%

Exclude bibliography

On



BAB V Nurul Hudayani / Iqbal Hasanuddin 105821101618 / 105821106618

by Tahap Tutup



Submission date: 11-Aug-2023 02:03PM (UTC+0700)

Submission ID: 2144327091

File name: BAB_V_tutup.doc (23K)

Word count: 79

Character count: 462

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Transformator tenaga di Gardu Induk Panakkukang bisa dikatakan masih dalam keadaan bagus dan belum lama diganti.
2. Hasil uji tegangan tembus minyak isolasi untuk minyak bagian rata-rata 79.1kV/2.5mm dengan kondisi masih bagus. Minyak OLTC dengan tegangan tembus rata-rata 58.3kV/2.5mm minyak kondisi baik lalu tidak perlu adanya penggantian minyak.

5.2 Saran

1. Minyak trafo sudah dalam keadaan yang tidak bagus perlu dilakukan penyaringan tapi untuk minyak OLTC bila dalam keadan tidak bagus harus diganti.



BAB V Nurul Hidayani / Iqbal Hasanuddin 105821101618 / 105821106618

ORIGINALITY REPORT

0%

SIMILARITY INDEX

0%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

Exclude quotes

On

Exclude matches

< 2%

Exclude bibliography

On

