



Analisis Nilai Tahanan Isolasi dan Tegangan Tembus pada Minyak Transformator 150 kV Sebelum dan Sesudah Purifikasi di PT Energi Listrik Batam

Tugas Akhir

Oleh:
Muhammad Suharian Safriandi (4232001051)

**Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Batam
2024**

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya yang berjudul : "Analisis Nilai Tahanan Isolasi Dan Tegangan Tembus Pada Minyak Transformator 150 kV Sebelum Dan Sesudah Purifikasi Di PT Energi Listrik Batam" adalah **hasil karya sendiri**, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri. Semua referensi yang dikutip atau dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Batam, 24 Desember 2023



Muhammad Suharian Safriandi
NIM: 4232001051

Lembar Pengesahan

Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T)
di
Politeknik Negeri Batam

Oleh:
Muhammad Suharian Safriandi

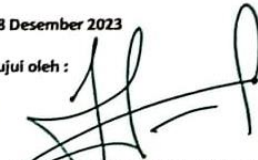
Tanggal Sidang: 28 Desember 2023

Disetujui oleh :



17-2024
01

1. Arif Febriansyah Juwito, S.T., M.Eng.
NIK: 114127



1. Ir. Jhon Hericson Purba S.Pd., M.Pd
NIK: 119230



2. Lalu Kaisar Wisnu Kita, S.T., M.Sc
NIK: 123290

Analisis Nilai Tahanan Isolasi dan Tegangan Tembus pada Minyak Transformator 150 kV Sebelum dan Sesudah Purifikasi di PT Energi Listrik Batam

Abstrak

Transformator merupakan salah satu komponen penting dalam penyaluran energi listrik, sehingga apabila terjadi kegagalan sistem merupakan kesalahan yang fatal. PT Energi Listrik Batam memiliki Transformator Daya 150 kV untuk penyaluran energi listrik yang dihasilkan. Pada bulan september 2023 terjadi kebocoran minyak transformator pada bagian *Low Voltage* dari transformator daya tersebut. Minyak transformator berfungsi sebagai bahan isolasi. Pengujian dilakukan pada Tahanan Isolasi dan Tegangan Tembus untuk mengetahui kualitas dari minyak transformator tersebut. Setelah dilakukan Pengujian Tahanan Isolasi dan tegangan tembus, minyak transformator mengalami penurunan pada sifat isolator dengan nilai sebesar 50 kV. PT Energi Listrik Batam melakukan purifikasi pada minyak transformator untuk mengembalikan nilai tegangan tembus dan tahanan isolasi. Purifikasi merupakan suatu proses pemurnian minyak transformator yang mengandung kandungan gas dan partikel-partikel yang dapat menyebabkan kualitas minyak transformator menurun. Berdasarkan hasil penelitian pada pengujian purifikasi di PT Energi Listrik Batam nilai tahanan dan tegangan tembus minyak transformator daya mengalami peningkatan mencapai 80 kV.

Kata kunci: *Tegangan Tembus, Tahanan isolasi, Purifikasi*

Analisy of Insulation Resistance Value and Breakdown Voltage in 150 kV Transformator Oil Before and After Purification at PT Energi Listrik Batam

Abstract

The transformer is an important component in the distribution of electrical energy, so if a system failure occurs it is a fatal error. PT Energi Listrik Batam has a 150 kV Power Transformer for distributing the electrical energy produced. In September 2023, a transformer oil leak occurred in the Low Voltage section of the power transformer. Transformer oil functions as an insulating material. Tests are carried out on Insulation Resistance and Breakdown Voltage to determine the quality of the transformer oil. After testing the Insulation Resistance and breakdown voltage, the transformer oil experienced a decrease in insulator properties with a value of 50 kV. PT Energi Listrik Batam purifies transformer oil to restore the breakdown voltage and insulation resistance values. Purification is a process of refining transformer oil which contains gas and particles which can cause the quality of transformer oil to decrease. Based on the results of research on purification testing at PT Energi Listrik Batam, the resistance value and breakdown voltage of power transformer oil increased to 80 kV.

Key words: Breakdown Voltage, Insulation resistance, Purification

Kata Pengantar

Bismillahirrahmanirrahim,

Assalamualaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh,

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadirat Allah SWT karena berkat Rahmat dan Karunia-Nya yang begitu besar kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Analisis Nilai Tahanan Isolasi dan Tegangan Tembus pada Minyak Transformator 150 kV Sebelum dan Sesudah Purifikasi di PT Energi Listrik Batam”**. Penulisan tugas akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat dalam untuk mencapai gelar sarjana terapan teknik (S.Tr.T) pada program studi Teknik Rekayasa Pembangkit Energi Politeknik Negeri Batam. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai penyusunan laporan tugas akhir ini tidaklah mudah bagi penulis. Oleh karena itu penulis, mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Ayah dan Ibu yang selalu memberikan kasih sayang, doa, nasehat, serta kesabarannya yang luar biasa dalam setiap langkah hidup penulis yang merupakan anugerah terbesar dalam kehidupan. Penulis berharap dapat menjadi anak yang membanggakan bagikedua orang tua.
2. Bapak Uuf Brajawidagda, ST., MT., Ph.D, Selaku Direktur Politeknik Negeri Batam.
3. Bapak Dr.Budi Sugandi, S.T., M.Eng, Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Batam.
4. Bapak Fauzun Atabiq, S.T., M.Cs, Selaku Ketua Program Studi Teknik Rekayasa Pembangkit Energi Politeknik Negeri Batam.
5. Bapak Muhammad Prihadi Eko Wahyudi, S.T., M.T, Selaku Koordinator magang di Program Studi Teknik Rekayasa Pembangkit Energi Politeknik Negeri Batam
6. Bapak Jhon Hericson Purba, S.Pd., M.Pd. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, dan memberikan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Bapak Moenasor Moersidi, Selaku Plant Manager di perusahaan PT Energi Listrik Batam
8. Bapak Muhammad Alif Fatullah, Selaku pembimbing Magang di perusahaan PT Energi Listrik Batam yang telah bersedia meluangkan waktu dan memberikan arahan dan saran kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Seluruh staff dan karyawan Perusahaan PT Energi listrik Batam yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan ilmu pengetahuan yang

belum pernah penulis terima sebelumnya.

10. Kepada seluruh teman-teman penulis, yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan dan doa kepada penulis.
11. Keluarga besar penulis, yang telah memberikan dukungan, doa, dan semangat serta arahan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih ada kekurangan. Untuk itu penulis mengharap kritik dan saran yang membangun dari para pembaca. Akhir kata penulis mengharapkan agar laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca pada umumnya dan bagi penulis khususnya.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Batam, 24 Desember 2023

Muhammad Suharian Safriandi

Daftar Isi

| | |
|--|-----|
| Pernyataan Keaslian Tugas Akhir | i |
| Lembar Pengesahan | ii |
| Abstrak | iii |
| <i>Abstract</i> | iv |
| Kata Pengantar | v |
| Daftar Isi | vii |
| Daftar Gambar | ix |
| Daftar Tabel | x |
| Bab 1. Pendahuluan | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3. Tujuan | 2 |
| 1.4. Manfaat | 3 |
| 1.5. Batasan | 3 |
| Bab 2. Tinjauan Pustaka dan Landasan Teori | 4 |
| 2.1. Transformator | 4 |
| 2.2. Bagian Utama Transformator | 5 |
| 2.3. Minyak transformator | 6 |
| 2.4. Tahanan Isolasi | 7 |
| 2.5. Indeks polaritas | 8 |
| 2.6. Tegangan Tembus | 9 |
| 2.7. Standar Minyak Transformator | 9 |
| 2.8. Pengujian Tegangan Tembus | 11 |
| 2.9. Purifikasi minyak transformator daya | 11 |
| Bab 3 Metode penelitian | 14 |
| 3.1 jenis penelitian | 14 |
| 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian | 14 |

| | |
|--|----|
| 3.3 Data Penelitian..... | 14 |
| 3.4 Alur Penelitian..... | 15 |
| 3.5 Pengumpulan Data..... | 16 |
| 3.6 Metode Pengujian..... | 16 |
| 3.7 Analisis Data..... | 16 |
| Bab 4 Hasil dan Pembahasan | 17 |
| 4.1 Objek dan Area Studi | 17 |
| 4.2 Pengambilan Sampel Minyak Transformator..... | 17 |
| 4.3 Pembahasan..... | 18 |
| 4.3.1 Pengujian minyak Transformator Sebelum Purifikasi | 18 |
| 4.3.1.1 Pengujian Tahanan Isolasi..... | 18 |
| 4.3.1.2 Pengujian Tegangan Tembus | 18 |
| 4.3.2 Proses Purifikasi | 19 |
| 4.3.3 Pengujian Tahanan Isolasi Setelah Dilakukan Purifikasi..... | 20 |
| 4.3.4 Analisis Data..... | 21 |
| 4.3.4.1 Perbandingan Data Pengujian Tahanan Isolasi dan Tegangan Tembus Sebelum dan Sesudah Purifikasi..... | 21 |
| Bab 5 Kesimpulan dan Saran | 24 |
| 5.1 Kesimpulan | 24 |
| 5.2 Saran | 24 |
| Daftar Pustaka..... | 25 |

Daftar Gambar

| | |
|--|----|
| Gambar 1. Transformator Daya..... | 4 |
| Gambar 2. Bagian Lilitan Transformator Daya..... | 5 |
| Gambar 3. Minyak Transformator..... | 7 |
| Gambar 4. Pengujian Tahanan Isolasi..... | 7 |
| Gambar 5. Pengujian Tegangan Tembus | 12 |
| Gambar 6. Mesin Purifikasi Minyak Transformator | 13 |
| Gambar 7. Flowchart Peneitian | 16 |
| Gambar 8. Hasil Pengujian Tegangan Tembus Sebelum dan Sesudah Purifikasi..... | 23 |
| Gambar 9. Hasil Pengujian Tahanan Isolasi Sebelum Purifikasi..... | 23 |
| Gambar 10. Hasil Pengujian Tahanan Isolasi Sesudah Purifikasi..... | 24 |

Daftar Tabel

| | |
|--|----|
| Tabel 1. Spesifikasi Transformator | 18 |
| Tabel 2. Hasil Pengujian Tahanan Isolasi Sebelum Purifikasi Menggunakan Insulation Tester 5000 Volt | 19 |
| Tabel 3. Hasil Pengujian Break Down Voltage Sebelum Purifikasi | 20 |
| Tabel 4. Hasil Pengujian Akhir Break Down Voltage Saat Dilakukan Purifikasi..... | 20 |
| Tabel 5. Hasil Pengujian Tahanan Isolasi Sesudah Purifikasi Menggunakan Insulation Tester 5000 Volt | 21 |
| Tabel 6. Perbandingan Pengujian Tahanan Isolasi Sebelum dan Sesudah Purifikasi Menggunakan Insulation Tester 5000 Volt | 22 |

Bab 1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Seiring berkembangnya zaman, adanya peningkatan dalam kebutuhan yang diperlukan oleh manusia. Dan tanpa disadari kebutuhan dalam bidang teknologi pun semakin berkembang. Teknologi-teknologi yang berkembang pesat sudah pasti membutuhkan energi listrik sebagai daya atau power.

Energi listrik tersebut dibangkitkan oleh pembangkit listrik yang menggunakan energi panas, air, angin, dan beberapa sumber energi lainnya. Peralatan yang dibutuhkan oleh pembangkit listrik tidak hanya satu, salah satunya transformator daya. Transformator daya berfungsi untuk mengirim daya dari generator di pembangkit listrik menuju ke gardu induk melalui saluran transmisi.

Transformator daya adalah peralatan elektromagnetik yang menaikkan dan menurunkan tegangan listrik yang menggunakan hukum faraday dan hukum Lorentz. Sistem menaikkan dan menurunkan tegangan disebut dengan *step up* dan *step down*. Transformator merupakan peralatan utama dalam penyaluran daya, agar transformator bekerja dengan baik diperlukan adanya perlindungan untuk sistem kerja transformator tersebut [1].

Sistem kerja transformator daya menggunakan prinsip induksi elektromagnetik. Dimana belitan kawat di transformator dialiri arus bolak balik, sehingga belitan kawat tersebut menghasilkan induksi elektromagnetik. Apabila suatu kawat dialiri arus secara terus menerus akan terjadi peningkatan suhu di kawat tersebut. Untuk mendinginkan kawat tersebut transformator menggunakan minyak sebagai media pendinginan serta menjadi bahan isolasi antar kawat agar tidak terjadi *Breakdown Voltage*.

Minyak transformator merupakan suatu media yang digunakan untuk mengisolasi elektroda yang bertegangan antara belitan kumparan *high voltage* dan *low voltage* serta sebagai bahan pendingin ditransformator tersebut [2]. Akan tetapi apabila terjadi pada kebocoran pada transformator akan menyebabkan kegagalan tahanan isolasi yang mengakibatkan efek-efek pada transformator, salah satunya tegangan tembus.

Tegangan tembus, juga dikenal sebagai tegangan tembus, terjadi ketika medan magnet dinaikkan secara terus menerus. Atom-atom akan terionisasi dan isolator akan berubah menjadi konduktor sampai batas kemampuan isolator untuk menahan tegangan. Hal ini dapat memicu terjadinya ledakan akibat medan magnet yang berlebihan.

Tahanan Isolasi merupakan nilai kekuatan sifat isolator yang memisahkan antara satu kumparan dengan kumparan yang lainnya. Baik dari *phase* ke *phase* ataupun *phase* ke *ground*.

Pada bulan September 2023 trafo 150 kV PT Energi Listrik Batam mengalami kebocoran pada sisi bushing *low voltage*. Kebocoran itu terjadi disebabkan oleh gasket yang menempel antara bushing dan cover Transformator daya rusak yang mengakibatkan minyak transformator di transformator daya 150 kV keluar. Keluarnya minyak tersebut mempengaruhi pada kualitas minyak transformator yang akan berakibat ke performa traansformator untuk menyalurkan tegangan listrik kepada konsumen.

Setelah dilakukan perbaikan pada kebocoran disisi *low voltage* transformator, PT Energi Listrik Batam melakukan purifikasi minyak trafo di trafo 150 kV untuk memastikan kumparan sekunder tidak bersentuhan dengan kumparan primer agar tidak terjadi *Breakdown Voltage*.

Metode purifikasi minyak transformator daya dapat membantu mengurangi tingkat kontaminasi pada minyak transformator daya. Apabila kontaminasi partikel pada minyak transformator sudah teratasi, maka minyak transformator daya dapat mencapai nilai tegangan tembus yang memenuhi standar PLN. Jika minyak transformator daya tidak memenuhi standar maka akan terjadi kegagalan sistem pada transformator daya.

Berdasarkan permasalahan diatas, dilakukan penelitian pada minyak transformator untuk mengukur nilai tahanan isolasi dan tegangan tembus sebelum dan setelah dilakukan purifikasi.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Apa penyebab nilai tahanan isolasi dan tegangan tembus pada transformator daya menurun?
2. Bagaimana menganalisis nilai tahanan isolasi dan tegangan tembus pada transformator daya sebelum proses purifikasi?
3. Bagaimana menganalisis nilai tahanan isolasi dan tegangan tembus pada transformator daya sesudah proses purifikasi?

1.3. Tujuan

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Mengetahui penyebab turunnya nilai tahanan isolasi dan tegangan tembus pada transformator daya
2. Dapat menganalisis nilai tahanan isolasi dan tegangan tembus pada minyak transformator sebelum proses purifikasi
3. Dapat menganalisis nilai tahanan isolasi dan tegangan tembus pada minyak transformator sesudah proses purifikasi

1.4. Manfaat

Manfaat yang diharapkan oleh penulis dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Memberi pengetahuan tentang Kualitas dari minyak transformator.
2. Menjadi referensi untuk melakukan pengujian tahanan isolasi dan tegangan tembus pada transformator daya.
3. Menjadi referensi untuk melakukan proses purifikasi minyak transformator pada transformator daya.
4. Sebagai data record perusahaan mengenai kualitas minyak pada transformator daya perusahaan.

1.5. Batasan

Ada beberapa batasan masalah dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Objek diteliti adalah kualitas minyak transformator 150 kV di PT Energi Listrik Batam
2. Purifikasi minyak transformator dilakukan di lingkungan PT Energi Listrik Batam.
3. Pengujian tegangan tembus minyak (breakdown voltage) dan pengujian tahanan isolasi digunakan untuk mengukur kondisi kualitas minyak transformator.
4. Pada Pengujian ini tidak dilakukan pengujian DGA untuk mengetahui kontaminan gas pada minyak transformator
5. Sampel penelitian adalah transformator daya 150 kV unit 1 di PT Energi Listrik Batam.

Bab 2. Tinjauan Pustaka dan Landasan Teori

2.1. Transformator.

Alat listrik elektromagnetik statis yang disebut transformator dapat digunakan dalam sistem tenaga listrik untuk memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu rangkaian ke rangkaian lain dengan cara yang mirip dengan induksi elektromagnetik. Mereka melakukan ini dengan frekuensi dan perbandingan transformasi yang sama. Untuk menyalurkan daya, transformator menggunakan prinsip hukum induksi Faraday dan hukum Lorentz. Apabila kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik, arus yang mengalir melalui kumparan akan mengubah fluks magnetic inti besi [2].



Gambar 1. Transformator daya.

Transformator daya adalah salah satu peralatan listrik yang dapat menaikkan dan menurunkan tegangan listrik dari satu level ke level yang lebih rendah atau lebih tinggi. Dalam sistem tenaga listrik, transformator ini biasanya digunakan untuk menaikkan dan menurunkan tegangan AC (transformator *step up* dan *step down*).

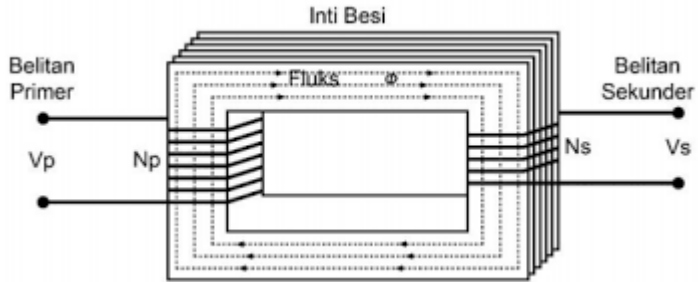
Transformator daya terdiri dari dua gulungan, gulungan primer dan gulungan sekunder, yang terhubung oleh sirkuit magnetik atau inti. Jumlah lilitan yang ada di sisi primer dan sekunder memengaruhi perubahan tegangan. Persamaan ini diterapkan oleh transformator yang ideal.

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

- N_p = banyak lilitan primer
- N_s = banyak lilitan sekunder

- V_p = Tegangan sisi primer
- V_s = Tegangan sisi sekunder
- I_p = Arus primer
- I_s = Arus Sekunder



Gambar 2. Bagian Lilitan transformator daya.

2.2. Bagian Utama Transformator

A. inti besi

Inti besi membantu jalan fluks magnetic yang dihasilkan oleh arus listrik melalui kumparan. dibuat dari lempengan lempengan besi tipis yang terpisah untuk mengurangi panas yang dihasilkan oleh aliran eddy untuk mengurangi rugi-rugi besi.

B. Kumparan Transformator.

Kumparan transformator terdiri dari beberapa lilitan kawat berisolasi yang membentuk kumparan atau gulungan. Kumparan primer dan sekunder diisolasi terhadap besi dan antarkumparan dengan menggunakan bahan seperti karton atau partikel. Kumparan tersebut digunakan untuk mengubah tegangan dan arus.

C. Bushing

Bushing berfungsi untuk menghubungkan belitan ke jaringan luar. Bushing terdiri dari isolator yang menyelubungi konduktor. Ini adalah isolator yang berfungsi untuk menyekat konduktor bushing dengan tangki transformator.

D. Minyak Transformator

Minyak transformator digunakan sebagai bahan isolasi cair untuk mengisolasi dan mendinginkan transformator. Sebagai bahan isolasi, minyak harus dapat menahan tegangan tembus dan sebagai bahan pendingin, ia harus dapat meredam panas yang dihasilkan. Dengan demikian, diharapkan minyak transformator dapat melindungi transformator dari kerusakan karena kedua kemampuan ini.

Minyak transformator ini adalah cairan yang dihasilkan dari pemurnian minyak mentah dan juga berasal dari bahan-bahan organik seperti piranol dan silikon. Diallyl A, Diallyl B, dan Mectrans adalah beberapa jenis minyak transformator yang paling umum di lapangan.

E. Tangki Konservator

Karena arus beban memanaskan transformator, tangki konservator menampung minyak cadangan, uap, dan udara. Di antara transformator dan tangki, relai Bucholtz dipasang untuk menyerap gas yang dihasilkan oleh kerusakan minyak. Untuk mencegah kontaminasi minyak dengan air, ujung masuk saluran udara melalui saluran pelepasan dan veting ditutup dengan media penyerap uap air pada udara yang dikenal sebagai silica gel. Media ini tidak keluar mencemari udara sekitar.

2.3. Minyak transformator

Cairan yang dihasilkan dari pengolahan minyak mentah yang dimurnikan disebut minyak transformator. Minyak transformator ini juga berasal dari bahan organik seperti minyak piranol dan silikon, dan berfungsi sebagai bahan isolasi cair di dalam transformator dan berfungsi sebagai pendingin. Sebagai bahan isolasi, minyak transformator harus dapat menahan tegangan tembus, juga dikenal sebagai tegangan breakdown, dan sebagai bahan pendingin, minyak transformator harus dapat menahan panas yang dihasilkan oleh operasi transformator.

Minyak transformator, juga dikenal sebagai minyak tambang, terdiri dari campuran hidrokarbon yang kompleks dengan kelompok molekul CH_3 , CH_2 , dan CH yang terikat. Jika transformator mengalami kegagalan termal atau elektrik, beberapa ikatan unsur hidrokarbon akan pecah, yang menghasilkan molekul gas mudah terbakar (combustible gas) yang disebut fault gas. Gas ini sangat berbahaya apabila terkandung dalam jumlah yang banyak karena mudah terbakar dan jika timbul percikan (seperti percikan pental), akan terjadi pembakaran yang dapat membahayakan transformator daya.



Gambar 3. Minyak transformator.

2.4. Tahanan Isolasi

Tahanan isolasi penghantar listrik adalah indikator kualitas instalasi listrik. Tahanan isolasi adalah nilai sifat dielektrik yang memisahkan konduktor yang dialiri arus. Ini digunakan untuk membatasi aliran arus antara belitan transformator dengan belitan yang satu dan tanah, atau antara satu kawat saluran dan tanah [3].



Gambar 4. Pengujian tahanan isolasi.

Nilai isolasi dapat berubah karena kondisi luar dan struktur bahan yang digunakan. Oleh karena itu, pengukuran isolasi harus dilakukan. Teori kegagalan isolasi minyak transformator dibagi menjadi empat jenis:

1. Teori tentang kegagalan elektronik

Menurut teori ini, medan listrik yang tinggi di antara elektroda akan menyebabkan timbulnya elektron, yang pada gilirannya akan menyebabkan banjir elektron, menyebabkan kegagalan.

2. Teori kegagalan kavitasi

Mengatakan bahwa gelembung udara dalam cairan yang terbentuk karena tabrakan elektron memicu kegagalan total pada zat cair.

3. Teori kegagalan partikel padat

Mengatakan bahwa kegagalan terjadi karena butiran penghantar di antara elektroda dalam minyak transformator.

4. Teori kegagalan bola cair

Mengatakan bahwa bola cair yang mengandung uap air dalam sekitarnya tidak stabil.

Adapun untuk mengetahui hasil nilai minimal pengukuran tahanan isolasi dapat dihitung menggunakan rumus pendekatan:

$$R = \frac{(1000 \cdot U)}{Q} \cdot U \cdot 2,5 \dots\dots\dots(2).$$

Dimana:

- R = Tahanan isolasi minimal.
- U = Tegangan kerja.
- Q = Tegangan insulation tester
- 100 = Bilangan tetap
- 2,5 = Faktor Keamanan (apabila baru)

2.5. Indeks polaritas

Indeks polarisasi digunakan untuk menentukan besar kebocoran arus, juga dikenal sebagai kebocoran arus, pada tahanan isolasi minyak transformator[4]. Indeks polaritas rasio hasil tes tahanan isolasi selama sepuluh menit dengan tes satu menit.

Persamaan[1] yang digunakan untuk menghitung indeks polarisasi sebagai berikut;

$$IP = \frac{R_{10}}{R_1} \dots\dots\dots(3).$$

Keterangan ;

- Ip = Indeks Polarisasi
- R10 = Nilai tahanan isolasi saat pengujian selama 10 menit (Ω)
- R1 = Nilai tahanan isolasi saat pengujian selama 1 menit (Ω)

2.6. Tegangan Tembus

Tegangan tembus adalah Kemampuan isolasi cair untuk menahan tekanan listrik, atau tekanan listrik, yang dihasilkan oleh medan listrik di antara elektroda dengan perbedaan potensial, dikenal sebagai tegangan tembus [5]. Tegangan tembus dapat juga diartikan sebagai suatu nilai tegangan minimum yang dapat menyebabkan terjadinya kegagalan isolasi. Besaran arus tinggi yang melewati bahan isolator akan menyebabkan karakteristik dielektrik berubah setiap waktu. Oleh karena itu, tegangan tembus menjadi salah satu indikator penting dalam sifat dielektrik minyak transformator. Proses tembus listrik pada minyak transformator dipengaruhi oleh banyak variabel. Salah satunya dapat terjadi ketika kontaminan bergerak ke area dengan tekanan listrik di antara kedua elektroda. Sifat alami tegangan, sistem tegangan, dan durasi waktu tegangan diterapkan dapat memengaruhi tegangan tembus pada isolator cair. Besar tegangan tembus juga bergantung pada kekuatan dielektrik bahan dan kehadiran unsur lain.

Berikut faktor-faktor yang dapat mempengaruhi tegangan tembus:

1. Luas permukaan elektroda
2. Jarak celah (gap spacing)
3. Pendinginan
4. Perawatan sebelum pemakaian (elektroda dan minyak)
5. Kekuatan dielektrik dari minyak transformator yang diuji.

2.7. Standar Minyak Transformator

1. Kejernihan (appearance);

Kejernihan penampilan dapat dilihat dari warna minyak. Minyak yang baik adalah jernih, bersih, dan bebas endapan. Selama operasi transformator, isolasi minyak akan melarutkan suspensi atau endapan. Semakin banyak isolasi minyak yang terlarut, semakin gelap warna minyak.

2. Massa Jenis (Density);

Massa jenis merupakan perbandingan massa suatu volume cairan pada suhu 15,56°C dengan massa volume air. Agar air dapat terpisah dari minyak isolasi dan tidak melayang, massa jenis minyak harus dibatasi. Agar partikel-partikel dapat mengendap dengan cepat, minyak transformator harus memiliki massa jenis yang kecil. Penuhi massa jenis minyak 0,895 gram per centimeter.

3. Tegangan tembus (breakdown voltage);

Nilai batas kemampuan untuk menahan tekanan elektrik disebut tegangan tembus. Tegangan tembus yang terlalu rendah menunjukkan bahwa ada kontaminasi, seperti air, kotoran, atau partikel konduktif dalam minyak. Isolasi minyak yang baik memiliki batas tegangan tembus yang tinggi karena kandungan

air dan partikel padanya dapat menurunkan batas tegangan tembus. Jadi, tegangan tembus minyak baru adalah:

- Sebelum difilter : minimal 30kV/2.5mm
- Setelah difilter : >70kV/2.5mm

4. Viskositas kinematic;

Kekentalan minyak transformator, juga dikenal sebagai viskositasnya, sangat penting untuk mendinginkan transformator. Minyak transformator yang baik memiliki viskositas yang rendah, sehingga dapat bersirkulasi dengan baik dan memungkinkan inti dan belitan transformator mendingin dengan baik. Minyak isolasi baru harus memiliki viskositas $\leq 18\text{Cst}$. Metode ini menggunakan ISO 3104.

5. Titik nyala (flash point);

Titik nyala, atau flash point, adalah titik yang menunjukkan bahwa ada gas yang mudah terbakar yang tercemar. IEC memutuskan untuk melakukan pengujian titik nyala minyak transformator dengan metode pensky martin tertutup. Karakteristik titik nyala minyak menunjukkan seberapa banyak penguapan yang terjadi dalam minyak. Jika titik nyala minyak rendah, itu menunjukkan bahwa minyak mengandung komposisi yang mudah menguap, yang menyebabkan volume minyak berkurang dan pada akhirnya menjadi lebih kental (memiliki viskositas yang lebih tinggi). Titik standar nyala adalah 140oC.

6. Titik tuang (pour point);

Nilai titik tuang digunakan untuk menemukan dan mengidentifikasi peralatan yang akan digunakan untuk minyak isolasi karena nilai ini menunjukkan bahwa minyak isolasi akan terus mengalir ketika didinginkan pada suhu di bawah normal. Nilai standar adalah -40oC.

7. Angka kenetralan (neutralization number);

Angka kenetralan menunjukkan penyusun asam minyak isolasi dan dapat mendeteksi kontaminasi minyak. Ini menunjukkan kecenderungan perubahan kimia atau cacat atau indikasi perubahan kimia dalam bahan tambah (additive). Jumlah kenetralan ini dapat digunakan sebagai referensi umum.

8. Korosi Belerang (Corrosiven Sulphur);

Pengujian ini bertujuan untuk menunjukkan kemungkinan korosi yang disebabkan oleh adanya belerang (sulphur) bebas atau senyawa belerang yang tidak stabil dalam minyak. Jika ada kadar belerang dalam minyak, ion S akan terikat untuk membentuk senyawa H_2SO_3 (yang akan terjadi korosif) atau gas H_2S .

9. Kandungan Air (Water Content);

Adanya air dalam minyak isolasi akan menurunkan tegangan tembus dan ketahanan jenis minyak isolasi. Selain itu, adanya air akan mempercepat

kerusakan kertas pengisolasi. Dengan demikian, kerusakan isolasi minyak di transformator dan minyaknya dapat dicegah dengan pemeriksaan rutin.

10. Kandungan Gas (Gas Content);

Adanya gas terlarut dan gas bebas dalam minyak isolasi dapat digunakan untuk mengetahui kondisi operasi transformator. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui gas apa saja yang terdapat dalam transformator.

2.8. Pengujian Tegangan Tembus

Untuk mengetahui titik kritis isolasi minyak transformator daya, pengujian tegangan tembus diperlukan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan besarnya tegangan tembus minyak transformator daya setelah terpapar tegangan tinggi AC dan DC pada suhu minyak 500 °C, 700 °C, dan 900 °C. Selain itu, pengujian harus memastikan bahwa minyak transformator yang telah dibuang masih dapat digunakan. Tujuan dari uji perawatan prediktif pada minyak isolasi, bersama dengan uji gas terlarut DGA dan Furan, adalah untuk mengetahui kemampuan minyak untuk isolasi tegangan tertentu. Nilai tegangan tembus yang tinggi berarti minyak transformator tidak mudah ditembus tegangan (isolasinya baik), sehingga dapat kita asumsikan minyak transformator dalam kondisi baik jika nilai BDV-nya tinggi.



Gambar 5. Pengujian tegangan tembus.

2.9. Purifikasi minyak transformator daya

Satu metode perawatan transformator daya adalah purifikasi minyak, yang digunakan untuk menghilangkan minyak dari endapan debu dan kotoran serta air. Pembersihan atau minyak transformator bekerja dengan prinsip bahwa selama proses akhir, suhu tetap konstan. Dirancang untuk memisahkan air dari minyak, menghasilkan uap, dan kemudian melepaskannya ke udara. Setelah minyak dipanaskan, diatomisasi menjadi menjadi, memisahkan antara minyak dan uap. Selama proses vakum, tekanan minyak meningkat menjadi 0,68

bar, dan kemudian uap air dan kandungan asam dipisahkan dari minyak transformator.

Peringkat tegangan tembus standar yang dapat diterima oleh beberapa perusahaan listrik dapat menunda penggantian minyak pada transformator daya. Menurut Standar PLN dalam manual produk transformator daya, proses pemurnian minyak transformator adalah proses yang berulang. Untuk minyak baru, hanya diperlukan beberapa siklus, sementara untuk minyak lama diperlukan empat hingga enam siklus. Kapasitas minyak transformator menentukan lamanya proses pembersihan.

Minyak transformator daya tidak hanya berfungsi sebagai pendingin, tetapi juga berfungsi sebagai isolator cair. Kekuatan dielektrik minyak harus selalu dalam standar. Minyak transformator daya harus dirawat dengan proses purifikasi atau pemurnian untuk mendapatkan tegangan tembus yang sesuai dengan standar. Sebelum pemurnian minyak dilakukan, pengujian tegangan tembus minyak transformator harus dilakukan. Jika nilai tegangan tembus minyak hasil uji di bawah standar, maka minyak harus dipurifikasi.

Purifikasi minyak transformator biasanya dilakukan dengan mensirkulasikan minyak transformator yang akan dimurnikan. Ini dilakukan dengan menyedot minyak ke dalam alat purifikasi untuk dimurnikan, dan kemudian minyak yang sudah bersih dipompa untuk dimasukkan kembali ke dalam transformator daya. Ada dua cara untuk melakukan proses ini:

1. Metode *offline*

Perawatan ini dilakukan ketika transformator dalam keadaan mati atau tidak bekerja. Keunggulan metode purifikasi minyak transformator dibandingkan dengan metode off-line adalah sebagai berikut:

- a) Metode ini paling efisien dan aman bagi pekerja dan staf
- b) Perakitan peralatan dan perlengkapan lebih mudah dan aman.

Kelemahan metode purifikasi minyak transformator adalah sebagai berikut:

- a) Perlu ada padam transformator daya, yang memerlukan manuver pemindahan beban
- b) Komunikasi antara pihak lapangan, ccr, dan bcc membutuhkan waktu yang cukup lama.

2. Metode *online*

Treatment on line dilakukan ketika transformator sedang bekerja, yang berarti ada aliran listrik. Metode purifikasi minyak transformator memiliki dua keuntungan. Pertama, tidak perlu mengatur beban transformator daya dan kedua, transformator daya tidak perlu padam/dinonaktifkan, yang mengurangi kemungkinan overload.

Kelemahan metode purifikasi minyak transformator adalah pertama tingkat keamanan yang rendah untuk peralatan dan staf, dan kedua ada indikasi trip transformator daya, yang meningkatkan kerugian karena transformator dan pelanggan padam.



Gambar 6. Mesin purifikasi minyak transformator.

Bab 3 Metode penelitian

3.1 jenis penelitian

Penelitian ini adalah penelitian kuantitatif yang menggunakan pendekatan induktif deduktif. Penelitian ini akan menguji metode purifikasi untuk mendaur ulang minyak transformator daya. Ini akan melakukannya dengan menguji tahanan isolasi dan tegangan tembus minyak transformator.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

3.2.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini pasti membutuhkan data pendukung. Data ini dikumpulkan di PT. Energi Listrik Batam Transformator daya 1 150kV merek UNINDO. Alasan pengambilan sampel pada transformator daya 1 150kV di PT. Energi Listrik Batam dikarenakan transformator daya 1 mengalami kebocoran minyak transformator pada bagian bushing transformator daya di sisi *low voltage*, sehingga minyak transformator daya berkemungkinan mengalami penurunan kualitas minyak transformator akibat dari kebocoran tersebut.

3.2.2 Waktu Penelitian

Adapun waktu penelitian kualitas minyak transformator daya pada tanggal 30 September tahun 2023.

3.3 Data Penelitian

3.3.1 Data primer

Penelitian ini akan mengumpulkan data dasar tentang hasil pengukuran sifat elektrik pada minyak transformator daya, subjek penelitian. Pengukuran sifat dielektrik yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Uji ketahanan isolasi sebelum purifikasi
2. Pengujian tegangan tembus pada minyak transformator sebelum dilakukan purifikasi,
3. Pengujian tegangan tembus minyak transformator pada saat dilakukan purifikasi,
4. Pengujian *tegangan tembus* minyak transformator setelah dilakukan purifikasi,
5. Pengujian tahanan isolasi setelah purifikasi.

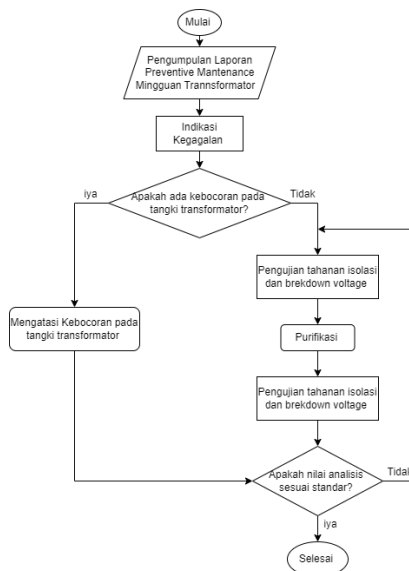
Tujuan pengujian tegangan tembus pada minyak transformator daya adalah untuk mengetahui apakah kondisi minyak transformator masih dalam keadaan baik atau tidak, berdasarkan standar PLN.

3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder untuk penelitian ini berasal dari hasil pengujian tahanan isolasi dan tegangan tembus, informasi tentang karakteristik transformator daya yang telah melalui proses purifikasi sebelumnya, dan referensi tentang teknik purifikasi minyak transformator daya.

3.4 Alur Penelitian

Fokus penelitian ini adalah untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang langkah-langkah yang diperlukan untuk melakukan proses penelitian yang diinginkan penulis. Proses penelitian dimulai dengan menentukan tujuan penelitian penulis, pengumpulan data, dan analisis hasil penelitian. Secara sistematis, alur penelitian dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 7. Flow Chart Penelitian.

3.5 Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan metode IEC dan SPLN untuk mengukur dan menguji berbagai sifat elektrik. Data primer dari alat ukur laboratorium dan instalasi pengujian tegangan tinggi juga diamati dan dibandingkan dengan spesifikasi standar.

3.6 Metode Pengujian

Proses penelitian terdiri dari sejumlah langkah, mulai dari menyiapkan sampel dan peralatan uji, melakukan pengujian tegangan tembus, purifikasi dan pengujian tahanan isolasi sampel (minyak transformator), dan akhirnya mencatat dan memeriksa hasilnya. Hasil uji coba terdiri dari tampilan grafik yang diolah dengan Microsoft Excel.

Peralatan yang digunakan untuk pengujian tegangan tembus meliputi *tegangan tembus* dan mangkok *oil vassel*. Sedangkan peralatan yang digunakan untuk pengujian tahanan isolasi menggunakan alat uji megger delta 4000. Percobaan dilakukan enam kali pada kotak uji yang sama dengan jeda waktu minimal dua menit dan dilakukan secara berulang untuk mencegah munculnya gelembung udara di antara jarak sela. Jika pengujian dilakukan menggunakan pengaduk pada minyak transformator, percobaan dapat dilakukan secara berulang.

3.7 Analisis Data

Setelah mengumpulkan data yang diperlukan, proses pengolahan data dapat dimulai, di antaranya:

1. Analisis hasil pengujian

Pengujian elektrik dapat digunakan untuk menilai efektivitas metode purifikasi terhadap minyak transformator daya. Tujuan lain adalah untuk membandingkan hasil minyak transformator daya setelah dan sebelum purifikasi terhadap minyak transformator daya.

2. Analisis Pemanfaatan

Ada tiga cara untuk melakukan analisis pemanfaatan, yaitu Pertama data dapat dianalisis secara kuantitatif dengan menggunakan data yang digunakan kembali setelah pengujian purifikasi minyak isolasi transformator daya. Kedua menganalisis bagaimana pemanfaatan metode purifikasi minyak isolasi transformator daya dilakukan dengan tepat dengan menggunakan sumber daya yang sesuai dengan kebutuhan di lapangan.

Bab 4 Hasil dan Pembahasan

4.1 Objek dan Area Studi

Objek yang diteliti ialah Transformator Daya 150 kV di PT. Energi Listrik Batam. Transformator Daya ini merupakan Transformator daya Utama di PT. Energi Listrik Batam yang berfungsi untuk menyalurkan energi Listrik ke Gardu Induk Tanjung Uncang. Penelitian ini dilakukan pada tanggal 30 september 2023. Berikut spesifikasi Transformator tersebut:

Tabel 1. Spesifikasi Transformator Daya.

| Spesifikasi Transformator | | |
|---------------------------|---|-------------|
| Nomor Transformator | : | P06LD786-01 |
| Nilai Daya | : | 40/60 MVA |
| Jumlah phasa | : | 3 phasa |
| Frekuensi | : | 50Hz |
| Nilai Tegangan | : | 11.5/150 KV |
| Koneksi | : | YNd1 |
| Tipe Pendingin | : | ONAN |

4.2 Pengambilan Sampel Minyak Transformator

Tata cara pengambilan sampel minyak transformator mengikuti standar IEC 60076-3:2016. Standar ini merupakan pedoman yang diterapkan secara nasional terkait dengan tingkat insulasi, uji dielektrik dan jarak bebas eksternal diudara. Pengambilan sampel dilakukan sebelum dan sesudah purifikasi untuk mengetahui kualitas dari minyak transformator. pengambilan minyak transformator di lakukan di *oil drain valve*. Pada pengujian ini proses pengambilan diambil dari mesin purifikasi yang tersambung ke transformator.

Pengambilan data sampel minyak transformator dilakukan sebelum pelaksanaan purifikasi minyak transformator, pada tanggal 30 Septekmber 2023. Pengambilan data dilakukan ketika kondisi unit transformator aktif.

4.3 Pembahasan

4.3.1 Pengujian Minyak Transformator Sebelum Purifikasi

Sebelum dilakukan proses purifikasi pada minyak transformator, perlu dilakukan pengujian tahanan isolasi dan tegangan tembus untuk mengetahui kelayakan minyak transformator. Berikut hasil pengujian data sebelum dilakukan purifikasi:

4.3.1.1 Pengujian Tahanan Isolasi

Tabel2. Hasil Pengujian-1 Tahanan Isolasi sebelum purifikasi menggunakan *Insulation Tester 5000 volt*

| Menit | HV+NHV - LV (GΩ) | LV – Ground (GΩ) | HV+NHV – Ground (GΩ) |
|-------|------------------|------------------|----------------------|
| 1 | 9,2 | 14,6 | 9,05 |
| 2 | 11,9 | 17,41 | 15,25 |
| 3 | 13,8 | 20,04 | 16,78 |
| 4 | 15,06 | 21,07 | 17,42 |
| 5 | 16,15 | 22,04 | 17,7 |
| 6 | 17,63 | 24,01 | 18,6 |
| 7 | 18,68 | 24,03 | 18,96 |
| 8 | 19,85 | 29,08 | 19,53 |
| 9 | 20,06 | 29,03 | 20,01 |
| 10 | 21,5 | 33,04 | 20,01 |
| PI | 2,32 | 2,33 | 2,1 |

Pengujian tahanan isolasi ini dilakukan untuk mengetahui kondisi awal minyak transformator sebelum dilakukan Purifikasi.

4.3.1.2 Pengujian Tegangan Tembus

Sebelum dilakukan proses purifikasi perlu dilakukan pengambilan data pengujian tegangan tembus dengan hasil rata-rata tegangan tembus sebesar 53.0 kV. pengujian tegangan tembus dilakukan untuk mengetahui seberapa kuat tahanan isolasi dari minyak transformator. berikut hasil pengujian yang diperoleh dari proses pengujian:

Tabel 3. Hasil Pengujian tegangan tembus sebelum purifikasi

| No | Hasil Pengujian | suhu (°C) |
|---------------|-----------------|-----------|
| 1 | 55.5 kV | 36 |
| 2 | 52.6 kV | 36 |
| 3 | 57.2 kV | 36 |
| 4 | 53.9 kV | 36 |
| 5 | 53.2 kV | 36 |
| 6 | 45.9 kV | 36 |
| MEAN: 53.0 kV | | |

Hasil pengujian pada tabel berdasarkan pengujian *break down voltage* sebanyak satu kali percobaan. Rata-rata nilai pengujian tersebut adalah 53.0 kV. Nilai tersebut masih di atas standar yang ditetapkan oleh PLN dengan nilai batasan 30 kV.

4.3.2 Proses Purifikasi

Sebelum dilakukan proses purifikasi perlu dilakukan pengambilan data pengujian tegangan tembus dengan hasil rata-rata tegangan tembus = 53,0 KV.

Setelah mendapatkan hasil pengujian tegangan tembus dilanjutkan dengan proses purifikasi pada minyak transformator. proses purifikasi dilakukan untuk menghilangkan kontaminan partikel-partikel pada minyak transformator. purifikasi minyak transformator dilakukan hingga tidak ada kontaminan partikel partikel di minyak transformator.

Pada proses purifikasi yang dilakukan terdapat kadar air dan udara yang tercampur di minyak transformator. proses purifikasi ini dilakukan lebih dari 3 kali *cycle* selama 20 jam agar kontaminasi partikel hilang.

Pada saat proses purifikasi dilakukan pengujian dilakukan sebanyak enam kali sehingga nilai hasil pengujian *break down voltage* mencapai 80.0 kV.

Berikut hasil pengujian tegangan tembus setelah dilakukan purifikasi pada minyak transformator:

Tabel 4. Hasil Pengujian akhir tegangan tembus saat dilakukan purifikasi

| NO | HASIL PENGUJIAN | SUHU ($^{\circ}\text{C}$) |
|---------------|-----------------|-----------------------------|
| 1 | 80.6 kV | 38 |
| 2 | 80.7 kV | 38 |
| 3 | 80.3 kV | 38 |
| 4 | 80.7 kV | 38 |
| 5 | 80.7 kV | 38 |
| 6 | 80.6 kV | 38 |
| MEAN: 86.0 kV | | |

4.3.3 Pengujian Tahanan Isolasi Setelah Dilakukan Purifikasi

Setelah dilakukan purifikasi pada minyak transformator, perlu dilakukan pengujian tahanan isolasi pada transformator daya. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai isolator dari minyak transformator. berikut hasil pengujian tahanan isolasi setelah purifikasi:

Setelah dilakukan pengujian tahanan isolasi nilai tahanan isolasi pada transformator mengalami kenaikan sebesar 4,5 Ω pada transformator.

**Tabel 5. Hasil Pengujian Tahanan isolasi sesudah purifikasi menggunakan
*Insulation Tester 5000 volt***

| Menit | HV+NHV - LV ($\text{G}\Omega$) | LV – Ground ($\text{G}\Omega$) | HV+NHV – Ground ($\text{G}\Omega$) |
|-------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| 1 | 11,4 | 17,15 | 12,05 |
| 2 | 13,9 | 18,41 | 13,25 |
| 3 | 15,8 | 19,04 | 14,78 |
| 4 | 17,01 | 20,07 | 15,42 |
| 5 | 19,1 | 21,04 | 16,7 |
| 6 | 20,6 | 22,01 | 17,6 |
| 7 | 22,6 | 23,03 | 18,96 |
| 8 | 24,8 | 24,08 | 19,53 |
| 9 | 25 | 25,03 | 20,01 |
| 10 | 26 | 25,04 | 20,01 |
| PI | 2,27 | 1,46 | 1,6 |

4.3.4 Analisis Data

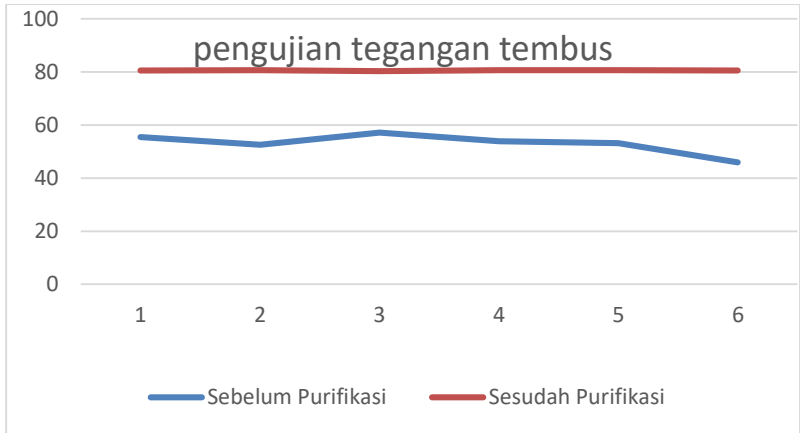
4.3.4.1 Perbandingan Data Pengujian Tahanan Isolasi dan Tegangan Tembus Sebelum dan Sesudah Purifikasi

Setelah dilakukan Purifikasi pada minyak transformator, penulis mendapatkan perbandingan data antara sebelum dan sesudah pengujian minyak transformator. Berikut tabel perbandingan hasil pengujian:

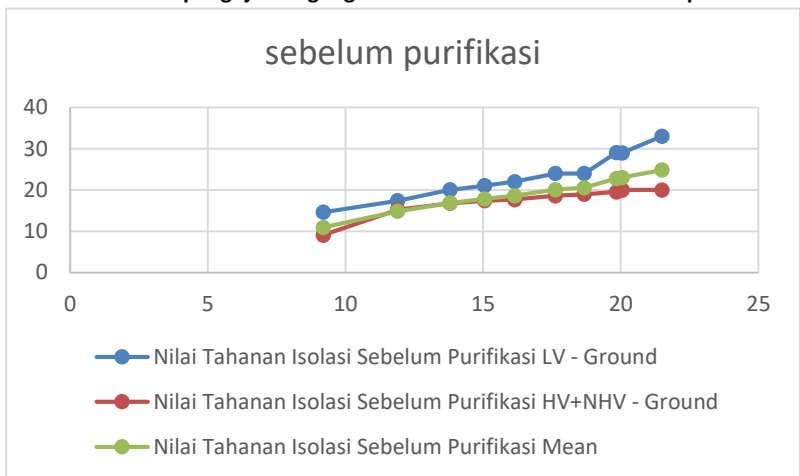
Tabel 6. Perbandingan Pengujian Tahanan isolasi sebelum dan sesudah purifikasi menggunakan *insulation tester* 5000 volt

| Waktu (Menit) | Nilai Tahanan Isolasi Sebelum Purifikasi | | | Nilai Tahanan isolasi sesudah purifikasi | | | Persentase Perbandingan | | |
|---------------|--|-------------------|------------------------|--|-------------------|------------------------|-------------------------|-------------|-------------------|
| | HV+NH V – LV(GΩ) | LV – Groun d (GΩ) | HV+NH V – Groun d (GΩ) | HV+NHV - LV (GΩ) | LV – Groun d (GΩ) | HV+NH V – Groun d (GΩ) | HV+NH V - LV | LV- Groun d | HV+NH V - Groun d |
| 1 | 9,2 | 14,6 | 9,05 | 11,4 | 17,15 | 12,05 | 41.8% | 57.2% | 30.1% |
| 2 | 11,9 | 17,41 | 15,25 | 13,9 | 18,41 | 13,25 | 59.5% | 10% | 76.25% |
| 3 | 13,8 | 20,04 | 16,78 | 15,8 | 19,04 | 14,78 | 69% | -10% | 83.9 |
| 4 | 15,06 | 21,07 | 17,42 | 17,01 | 20,07 | 15,42 | 77.2 | -21% | 87.1% |
| 5 | 16,15 | 22,04 | 17,7 | 19,1 | 21,04 | 16,7 | 54.7 | -22% | 17.7% |
| 6 | 17,63 | 24,01 | 18,6 | 20,6 | 22,01 | 17,6 | 59.3 | -8% | -9% |
| 7 | 18,68 | 24,03 | 18,96 | 22,6 | 23,03 | 18,96 | 47.6% | 24.04% | 0% |
| 8 | 19,85 | 29,08 | 19,53 | 24,8 | 24,08 | 19,53 | 40.1% | 59.6% | 0% |
| 9 | 20,06 | 29,03 | 20,01 | 25 | 25,03 | 20,01 | 40.6% | 73.25% | 0% |
| 10 | 21,5 | 33,04 | 20,01 | 26 | 25,04 | 20,01 | 61.4% | 41.3% | 0% |
| PI | 2,32 | 2,33 | 2,1 | 2,27 | 1,46 | 1,6 | | | |

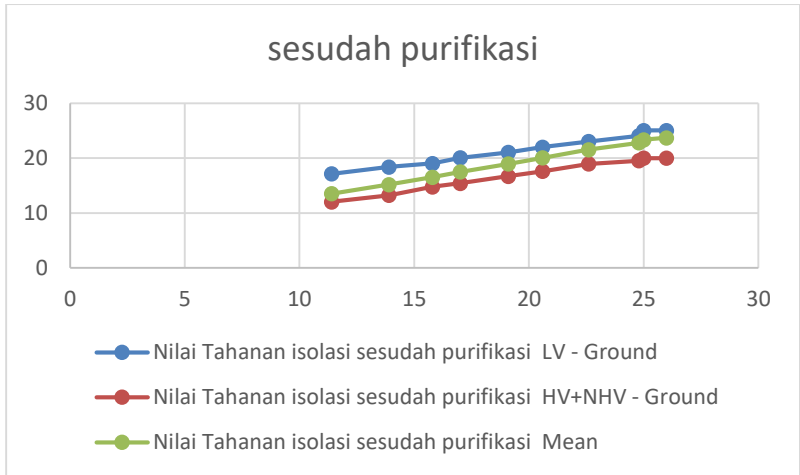
Setelah dilakukan perbandingan dapat diperoleh hasil perbandingan dimana nilai tahanan isolasi yang meningkat. dengan adanya peningkatan tahanan isolasi dapat diartikan adanya peningkatan dari kualitas minyak transformator. Berikut grafik hasil pengujian tegangan tembus dan tahanan isolasi.



Gambar 8. Hasil pengujian tegangan tembus sebelum dan sesudah purifikasi.



Gambar 9. Hasil pengujian Tahanan Isolasi sebelum purifikasi.



Gambar 10. Hasil pengujian Tahanan Isolasi sesudah purifikasi.

Berdasarkan grafik hasil pengujian, nilai tahanan isolasi dan tegangan tembus pada minyak transformator mengalami kenaikan. Nilai tegangan tembus mengalami kenaikan sebesar ± 20 kV sehingga nilai tegangan tembus pada minyak transformator mencapai 80 kV kualitas Minyak Transformator mengalami kenaikan dimana nilai sesudah purifikasi lebih tinggi daripada sebelum purifikasi. Hal ini dapat diartikan bahwa dengan dilakukan purifikasi nilai tegangan tembus pada transformator mengalami kenaikan.

Nilai tegangan tembus setelah purifikasi juga dibandingkan dengan nilai tegangan tembus yang diperoleh dari sampling oli transformator 150 kV ditahun 2022. Dari data pengujian dapat dilihat bahwa nilai tegangan tembus di tahun 2022 dan tahun 2023 memiliki nilai yang sama yaitu 80 kV.

Bab 5 Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis Tugas Akhir yang dilakukan, kesimpulan dapat ditarik sebagai berikut:

1. Kebocoran pada transformator menyebabkan nilai tegangan tembus menurun yang dapat mengakibatkan isolasi pada minyak transformator berkurang.
2. Setelah dilakukan proses purifikasi pada minyak transformator, nilai tegangan tembus dan sifat isolasi pada transformator Kembali menjadi standar kualitas minyak transformator tersebut.
3. Proses purifikasi pada minyak transformator meningkatkan tahanan isolasi dan nilai tegangan tembus pada minyak transformator.

5.2 Saran

Setelah penulis melakukan penelitian berikut ada beberapa saran yang perlu diketahui:



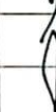


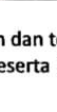
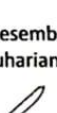



1. Perlu dilakukan pengujian DGA untuk mengetahui kontaminan gas yang terdapat pada minyak transformator.
2. Jika transformator dalam kondisi normal, tetap dilakukan pengujian secara berkala untuk menjaga kualitas dari traformator yang diuji
3. Transformator daya harus mendapatkan pemeliharaan yang rutin agar terhindar dari resiko kerusakan.

Daftar Pustaka

- [1] Ahmad Nur H.L.A. "Analisis pengaruh kontaminan air terhadap kelayakan minyak transformator baru jenis minereal pada transformator tiga fasa dengan pengujian breakdown voltage" skripsi, universitas jember.
- [2] Badarudin, Fery Agung Firdianto "Analisa Minyak Transformator Pada Transformator Tiga Fasadi PT X"Universitass mercu buana, 2016
- [3] Andi Makkulau, Nurmiati Pasra, Rifaldi Riska Siswanto "Pengujian Tahanan Isolasi dan Raso Pada Trafo PS T15 PT. Indonesia Power Up Mrica" Teknik Elektro Sekolah Tinngi Teknik-PLN.
- [4] Devianto Alif Febriari."Analisis tahanan isolasi transformator daya berdasarkan hasil uji indeks polarisasi, tangen delta dan *break down voltage* di gardu induk 150kv kentungan" Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- [5] Azeli Puteri "pengaruh suhu terhadap tegangan tembus minyak transformator jenis mineral" Universitas Negeri Jakarta,2017
- [6] Doris Sandi. "Analisis metode purifikasi dalam mendaur ulang minyak trafo dilingkungan pt. pln (persero)" Tugas Akhir, Universitas Batanghari.
- [7] Suganda, Abdul Muis "Analisa kualitas tahanan isolasi transformator daya" Institut Sains dan Teknologi Nasional.
- [8] Hadi Rofii' Haekal "Penggunaan Metdode DGA dalam mengidentifikasi masalah pada 2 transformator daya 2 MVA 11.5KV-0.4KV" tugas akhir, Politeknik Negeri Batam.
- [9] Christiono, M. Reza Hidayat, Bagus Widiyantoro "Analisis Kemampuan Minyak Isolasi Transformator Daya Merek Unindo Dengan Pengujian Dissolved Gas Analysis dan Breakdown Voltage di Gardu Induk Serpong" Institut Teknologi PLN,2020.
- [10] Hoppe Khoiru Mubarak "Analisis Pengaruh Purifikasi (Filtering) Terhadap Kualitas Tegangan Tembus Minyak Transformator" Universitas PGRI Semarang,2022.


**FORMULIR LOGBOOK BIMBINGAN DAN PENGAJUAN
SIDANG TUGAS AKHIR**

Nama : Muhammad Suharian Safriandi
NIM : 4232001051
Pembimbing : Ir. Jhon Hericson Purba, S.Pd., M.Pd ✓
Judul : Analisis Nilai Tahanan Isolasi dan Tegangan Tembus Pada Transformator
Daya 150KV Sebelum dan Sesudah Purifikasi di PT Energi Listrik Batam.

| No | Hari/Tgl | Rincian Kegiatan | TTD Pembimbing |
|----|------------|---|---|
| 1 | 14/09/2023 | Diskusi mengenai judul tugas akhir |  |
| 2 | 19/09/2023 | Pemilihan judul tugas akhir |  |
| 3 | 28/09/2023 | Diskusi mengenai Bab I dan Bab II |  |
| 4 | 05/10/2023 | Revisi Bab I dan Bab II |  |
| 5 | 11/10/2023 | Diskusi mengenai Bab III |  |
| 6 | 13/10/2023 | Revisi Bab III |  |
| 7 | 14/11/2023 | Diskusi mengenai pengolahan data |  |
| 8 | 14/12/2023 | Diskusi mengenai Analisa data yang telah diolah |  |
| 9 | 20/12/2023 | Diskusi Mengenai Bab IV dan V |  |
| 10 | 22/12/2023 | Revisi Bab IV dan V |  |

Berdasarkan hasil bimbingan yang telah dilaksanakan selama 6 bulan dan telah disetujui oleh dosen pembimbing, maka dengan ini saya mengajukan diri sebagai peserta Sidang Tugas Akhir.

Batam, 22 Desember 2023
Muhammad Suharian Safriandi



NIM: 4232001051