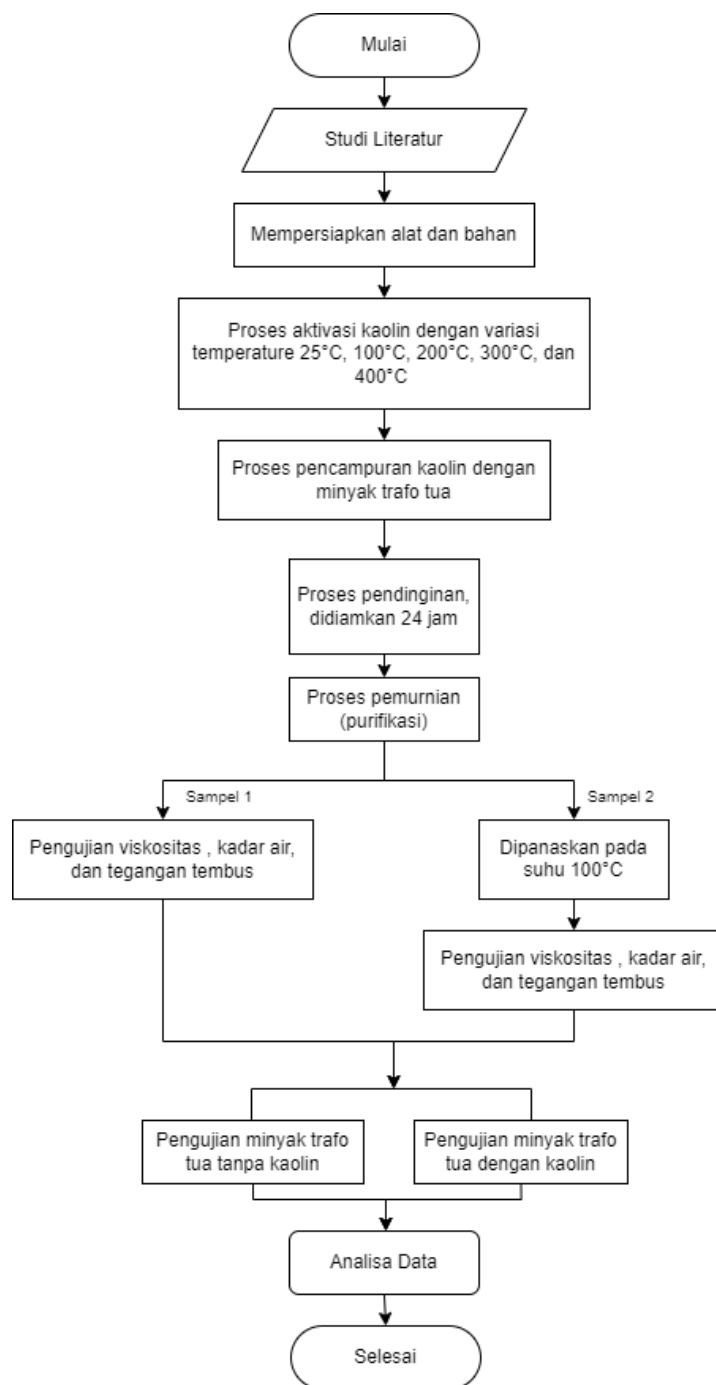


BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Flowchart Penelitian



Gambar 3. 1 Flowchart Penelitian

3.2. Studi Literatur

Studi literatur yang tercantum dalam Gambar 3.1 bertujuan untuk mengumpulkan berbagai teori yang mendukung topik yang dibahas dalam Tugas Akhir. Sumber-sumber referensi seperti jurnal ilmiah dan buku digunakan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang berbagai aspek yang relevan dengan pembahasan. Beberapa topik yang dikaji dalam Tugas Akhir ini meliputi transformator beserta komponen-komponennya, minyak transformator, sifat fisik dan kekuatan dielektrik isolasi, dan penggunaan kaolin dalam proses purifikasi minyak trafo tua.

3.3. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk penelitian ini, diantaranya:

a. Pembuatan sampel

- | | |
|----------------------------|----------------------------------|
| 1) <i>Magnetic stirrer</i> | : Media untuk pencampuran sampel |
| 2) Botol (1 liter) | : Menaruh sampel |
| 3) Termometer | : Menentukan suhu |
| 4) Corong | : Menuangkan sampel |
| 5) Kertas Saring | : Menyaring adsorben |

b. Pengujian Massa Jenis

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------|
| 1) Timbangsn analitik | : Mengukur berat atau massa |
| 2) Neraca Digital | : Mengukur berat atau massa |
| 3) Gelas <i>Beaker</i> (500 ml) | : Menaruh sampel |

c. Pengujian Viskositas

- | | |
|-------------------------------|--------------------------------|
| 1) <i>Viscometer</i> NDJ – 5S | : alat ukur viskometer digital |
| 2) Rentang pengukuran | : 1-2 x 10 ⁶ mPa.s. |

- 3) Rotor jenis : 1#, 2#, 3#, dan 4# rotor.
- 4) Rotor kecepatan : 0,3; 0,6; 1,5; 3; 6; 12; 30; dan 60 rpm.
- 5) Power Supply : 220 V, 50 Hz.
- 6) Kesalahan pengukuran : $\pm 2\%$ (*Newton Liquid*).
- 7) Dimensi : 370 mm x 325 mm x 280 mm.
- 8) Berat bersih : 6,8 kg.
- 9) Suhu ambient : 5°C ~ 35°C.

d. Pengujian Tegangan Tembus

- 1) Trafo Uji : 220 V/ 100 kV, 50 Hz
- 2) Kapasitor : Pembagi kapasitif
- 3) Chamber : Kotak uji
- 4) Elektroda (2,5 mm) : Susunan elektroda setengah bola
- 5) Panel Control : Mengatur tegangan masukan dan alat ukur tegangan tinggi AC
- 6) Layar Monitor : Menampilkan data pengujian

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini, diantaranya:

- a. Minyak Transformator Shell Diala Tua
- b. Kaolin

3.4. Proses Aktivasi Kaolin



Gambar 3. 2 Proses Pengukuran Massa Kaolin dan Aktivasi Kaolin

Proses aktivasi kaolin bertujuan untuk meningkatkan kemampuan serap kaolin terhadap air dan zat pengotor pada minyak trafo dengan membuka pori-pori pada permukaan kaolin.

Sebelum dilakukan aktivasi, kaolin diukur beratnya untuk mengukur jumlahnya dengan tepat. Proses aktivasi dilakukan dengan memanaskan kaolin pada berbagai suhu mulai dari 25°C, 100°C, 200°C, 300°C, dan 400°C.

3.5. Proses Pemurnian (Purifikasi)

Proses pemurnian ini bertujuan untuk menghilangkan partikel-partikel pencemar seperti debu, air, dan gas dari minyak transformator. Tahapan yang dilakukan dalam proses pemurnian ini adalah:

1. Menyiapkan adsorben kaolin yang telah diaktivasi sesuai dengan variasi suhu yang ditentukan pada penelitian.
2. Menyiapkan minyak transformator bekas sebanyak 450 ml.



Gambar 3. 3 Pencampuran kaolin hasil aktivasi ke dalam minyak transformator bekas.

3. Mencampurkan 20 gram kaolin yang sudah diaktivasi ke dalam 450 ml minyak transformator bekas. Proses pencampuran kaolin ke dalam minyak transformator bekas ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 4 Proses pengadukan campuran kaolin dan minyak transformator menggunakan *magnetic stirrer*.

4. Mengaduk campuran menggunakan magnetic stirrer selama 30 menit dengan kecepatan pengadukan konstan hingga campuran homogen. Proses pencampuran ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 5 Proses Filtrasi Residu Kaolin dan Minyak Trafo

5. Melakukan proses filtrasi untuk memisahkan adsorben kaolin beserta kontaminan yang telah terserap dari minyak transformator hasil purifikasi. Proses filtrasi ditunjukkan pada Gambar 3.5.
6. Menampung minyak transformator hasil purifikasi dan menggunakannya sebagai sampel untuk pengujian tegangan tembus, massa jenis, dan viskositas.
7. Membandingkan hasil pengujian dengan standar yang digunakan dalam penelitian untuk mengevaluasi keberhasilan proses purifikasi.

3.6. Proses Pendinginan



Gambar 3. 6 Proses Pendinginan Minyak Hasil Purifikasi

Setelah proses aktivasi minyak transformator bekas menggunakan kaolin pada berbagai variasi suhu (25°C , 100°C , 200°C , 300°C , dan 400°C), sampel minyak yang telah diproses selanjutnya melalui tahap pendinginan seperti pada gambar 3.6 diatas.

Pendinginan ini bertujuan untuk menstabilkan suhu minyak setelah perlakuan termal agar kembali ke kondisi lingkungan. Setelah suhu minyak mencapai keadaan stabil, sampel kemudian didiamkan selama 24 jam. Proses

pendiaman ini dilakukan untuk memastikan tidak terjadi reaksi lanjutan serta memberikan waktu bagi partikel-partikel kaolin yang tersuspensi untuk mengendap secara alami.

3.7. Proses Pengujian

3.7.1 Pengujian Massa Jenis

Pengujian massa jenis dilakukan pada sampel minyak hasil purifikasi menggunakan kaolin, yang terdiri dari dua kondisi perlakuan, yaitu tanpa pemanasan ulang (Sampel 1) dan dengan pemanasan ulang (Sampel 2). Parameter yang diukur dalam pengujian ini meliputi massa dan volume minyak.

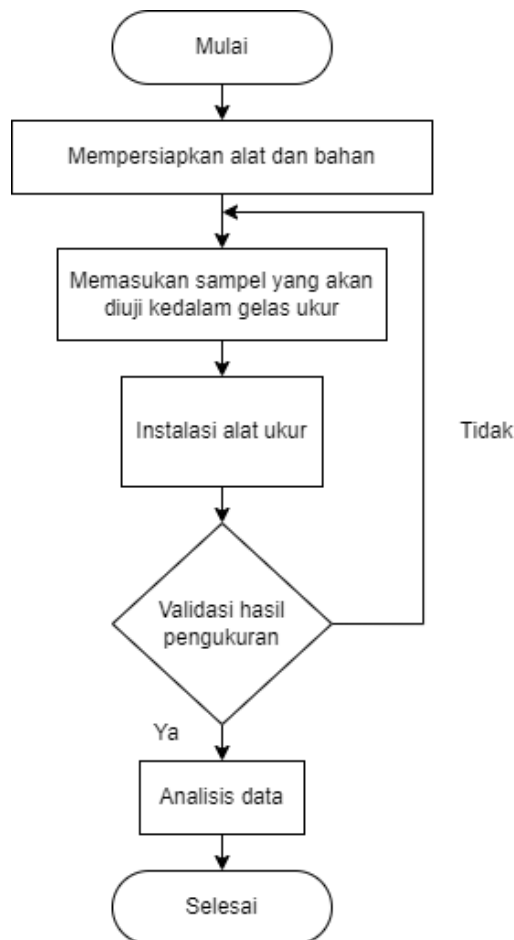


Gambar 3. 7 Proses pengukuran Massa Minyak Hasil Purifikasi

Massa sampel diperoleh dari selisih antara massa botol yang berisi minyak hasil purifikasi dengan massa botol kosong. Selanjutnya, massa tersebut dibagi dengan volume minyak yang terisi dalam botol untuk memperoleh nilai massa jenis. Nilai massa jenis selanjutnya dihitung menggunakan Persamaan (2.3).

3.7.2 Pengujian Viskositas

Pengujian Viskosits ini berkaitan dengan isolasi cair yang berkualitas optimal. Viskositas yang rendah dapat membantu mengurangi risiko kontaminasi isolasi cair oleh bahan asing. Proses pengujian viskositas bertujuan untuk memastikan bahwa minyak baru memenuhi standar yang ditetapkan untuk kinerja dan keandalan isolasi cair dalam peralatan listrik.



Gambar 3. 8 Flowchart Pengujian Viskositas

Jika dilihat pada gambar 3.8 proses pengujian dimulai dengan mempersiapkan seluruh alat dan bahan yang diperlukan untuk kegiatan pengujian viskositas. Setelah semua peralatan dinyatakan siap, langkah berikutnya adalah memasukkan sampel minyak yang akan diuji ke dalam gelas ukur, sesuai dengan volume yang telah ditentukan. Selanjutnya dilakukan instalasi alat ukur, yaitu pemasangan dan pengaturan viskometer sehingga dalam kondisi siap operasi. Setelah alat terpasang dengan benar dan rotor telah terendam sempurna pada sampel, proses pengukuran viskositas dapat dilaksanakan. Hasil pengukuran yang diperoleh kemudian melalui tahap validasi, yaitu pengecekan kesesuaian nilai hasil pengujian dengan standar atau kriteria pengukuran yang telah ditetapkan. Apabila hasil pengukuran belum valid atau terjadi kesalahan dalam pembacaan data, maka dilakukan pengulangan proses mulai dari tahap mempersiapkan sampel kembali. Namun, apabila hasil pengukuran telah dinyatakan valid, proses dilanjutkan ke tahap analisis data. Tahap akhir dari prosedur ini adalah menyimpulkan hasil pengujian berdasarkan data yang telah dianalisis, sehingga seluruh rangkaian pengujian dinyatakan selesai.

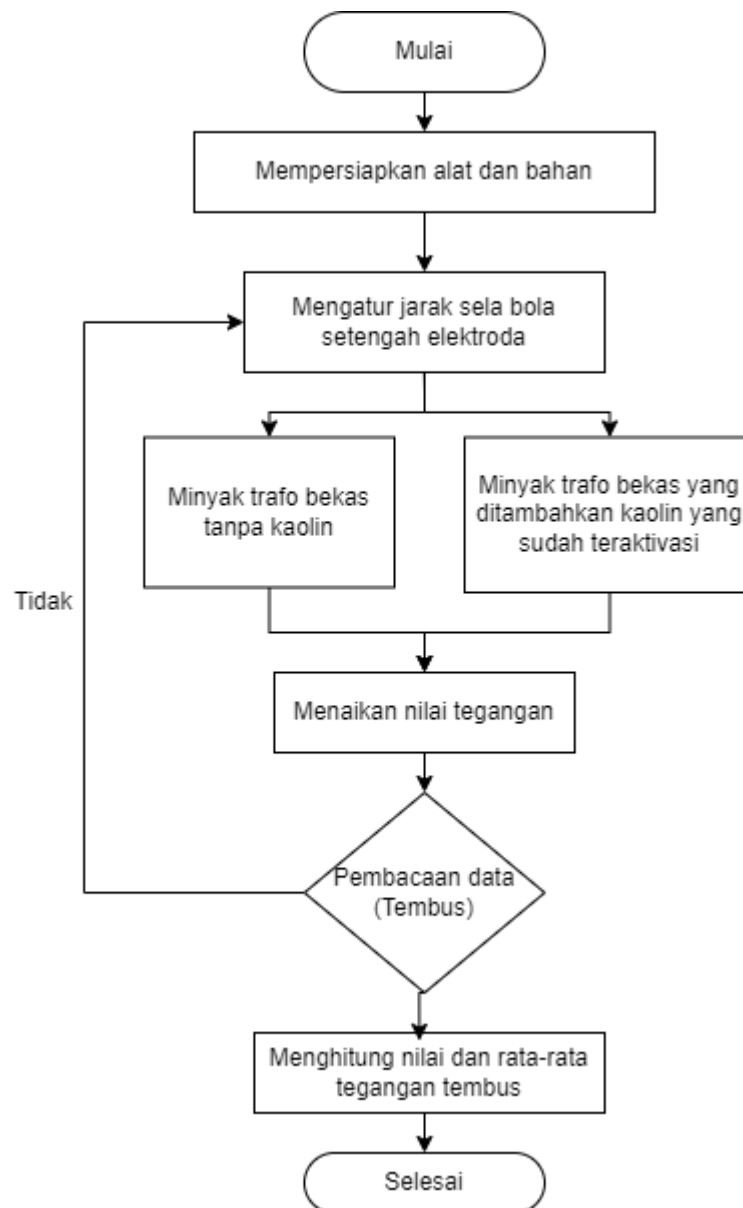


Gambar 3. 9 Viscometer NDJ – 5S

Pengujian Viskositas ini menggunakan alat ukur *Viscometer* NDJ – 5S seperti pada gambar 3.9, dengan prosedur pengujian yang cukup sederhana, yaitu dengan merendam rotor ke dalam sampel cairan. Prinsip kerja alat ini adalah motor yang berputar pada kecepatan tertentu dan dikontrol oleh sistem yang tampil pada layar digital. Putaran motor diteruskan ke sensor torsi melalui poros putar, yang kemudian menggerakkan rotor standar untuk berputar di dalam cairan. Ketika rotor berputar dan mengalami hambatan akibat gaya viskositas fluida, sensor torsi mendeteksi besarnya hambatan tersebut (disebabkan oleh viscous hysteresis pada cairan). Nilai torsi yang terukur kemudian dikonversi menjadi nilai viskositas yang ditampilkan pada layar.

Alat ukur *Viscometer* NDJ – 5S mengukur nilai viskositas dinamis. Berdasarkan standar ASTM D445, nilai viskositas dinamis (η) diperoleh dari hasil perhitungan menggunakan nilai viskositas kinematik (ν) dan massa jenis (ρ). Adapun nilai massa jenis (ρ) ditentukan berdasarkan Persamaan (2.2).

3.7.3 Pengujian Tegangan Tembus



Gambar 3. 10 Flowchart Pengujian Tegangan Tembus

Gambar 3.10 menunjukkan flowchart untuk pengujian tegangan tembus, yang meliputi serangkaian langkah-langkah. Pengujian tegangan tembus dilakukan menggunakan sumber tegangan bolak-balik (AC). Hasil pengujian menunjukkan kemampuan minyak tersebut dalam menahan tegangan tinggi hingga terjadi kerusakan isolasi atau tembus listrik. Pengujian dilaksanakan

menggunakan sebuah chamber atau gelas uji standar dengan jarak elektroda sebesar 2,5 mm seperti pada gambar 3.11.

Mengacu pada standar IEC 156, terdapat beberapa prosedur yang perlu



Gambar 3. 11 Pengaturan jarak sela bola setengah elektroda

diperhatikan sebelum melakukan uji tegangan tembus pada isolasi cair, yaitu:

a) Persiapan Sampel

Sampel minyak harus dikocok perlahan sebelum dimasukkan ke dalam alat uji untuk memastikan tidak ada gelembung udara dan agar kontaminan tercampur secara merata. Udara pada suhu ruang sedapat mungkin dihindari.

b) Pengisian Kotak Uji



Gambar 3. 12 Sampel Minyak Trafo yang berada dalam Kotak Uji

Gambar 3.12 menunjukkan sampel minyak transformator yang telah ditempatkan pada kotak uji sebelum proses pengukuran tegangan tembus dilakukan. Selanjutnya, elektroda dihubungkan dengan sumber tegangan

tinggi dan pengujian dilaksanakan sesuai prosedur pengujian yang telah ditetapkan.

c) Pemberian Tegangan

Tegangan diberikan secara bertahap dari 0 V dengan kenaikan konstan sekitar $2,0 \text{ kV/dt} \pm 0,2 \text{ kV/dt}$ hingga terjadi percikan tembus (breakdown).

d) Pencatatan Data

Pengujian dilakukan enam kali pada chamber yang sama dengan jeda minimal dua menit antar pengujian. Pengujian dapat dilanjutkan apabila tidak muncul gelembung udara di antara jarak sela elektroda.

e) Pelaporan Hasil

Nilai tegangan tembus dilaporkan dalam bentuk rata-rata dari enam hasil percobaan tersebut.

Berdasarkan standar SPLN 49-1, nilai tegangan tembus minimum untuk minyak isolasi baru adalah $\geq 30 \text{ kV}$ untuk jarak elektroda 2,5 mm.

Setelah pengujian pada minyak transformator tanpa menggunakan kaolin selesai, langkah berikutnya adalah melakukan pengujian pada minyak transformator yang telah dipurifikasi dengan menggunakan kaolin. Tegangan dinaikkan dan hasilnya diamati untuk menentukan apakah tegangan tembus telah tercapai. Jika belum, proses pengujian akan diulangi dengan menaikkan tegangan secara bertahap. Setelah enam kali percobaan baik ketika menggunakan kaolin maupun tanpa kaolin dilakukan untuk setiap sampel, data hasil pengujian dicatat dan rata-rata tegangan tembus dihitung untuk setiap sampel minyak transformator.

3.7.4 Pengukuran Kadar Air

Dalam proses pengukuran kadar air, tujuan utamanya adalah untuk menentukan jumlah air yang terkandung dalam minyak transformator. Langkah awal melibatkan pemanasan minyak transformator, yang bertujuan untuk memfasilitasi pengukuran kadar air yang ada di dalamnya. Metode pengukuran ini sangat penting karena tingkat kelembaban yang tepat dalam minyak transformator merupakan faktor krusial untuk memastikan kinerja dan keandalan peralatan listrik. Persamaan yang digunakan untuk melakukan perhitungan nilai kadar air yaitu persamaan (2.4).

3.8. Pemanasan pada Suhu 100°C



Gambar 3. 13 Proses Pemanasan Ulang untuk Sampel 2

Setelah melalui proses aktivasi dan purifikasi, sampel 2 dipanaskan kembali pada suhu 100°C selama 30 menit. Proses pemanasan ulang pada sampel 2 ditunjukkan pada Gambar 3.13. Perlakuan ini bertujuan untuk mengamati perubahan karakteristik fisik dan elektrik minyak transformator hasil purifikasi setelah diberikan paparan temperatur tinggi. Lama pemanasan selama 30 menit merupakan waktu perlakuan eksperimental dan tidak dimaksudkan untuk mensimulasikan durasi operasi transformator yang sebenarnya.

3.9. Waktu dan Tempat Penelitian

