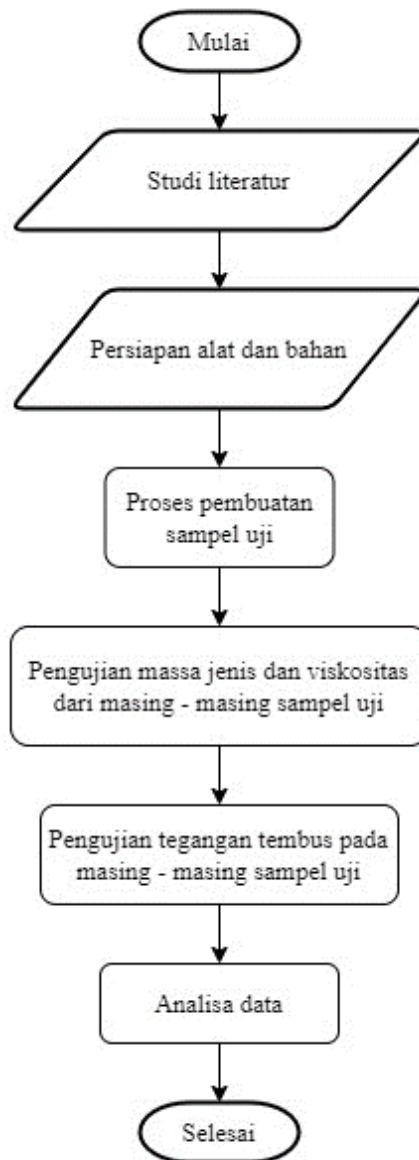


BAB III
METODE PENELITIAN

3.1. Flowchart Penelitian



Gambar 3 1. *Flowchart* Penelitian

Dari Gambar 3.1, yaitu *flowchart* penelitian, dimulai dengan studi literatur mengenai penelitian isolasi minyak, mempersiapkan bahan dan peralatan untuk nantinya di uji, proses pembuatan sampel uji dengan bahan – bahan yang sudah disediakan. Tiap Sample tersebut akan dilakukan pengujian massa jenis dan viskositas dilanjut dengan pengujian tegangan tembus. Sesudah semua sample telah di uji dengan benar maka hasil pengujian atau data pengujian akan dianalisis. Sehingga diambil kesimpulan dan rekomendasi sesuai dengan standar minyak isolasi cair transformator.

3.2. Studi Literatur

Studi literatur ini meliputi jurnal, buku - buku, artikel dengan topik serupa, Internet dan tempat lain dapat mendukung penelitian ini. Makalah kajian ini dimaksudkan sebagai dasar untuk melakukan penelitian dan pengujian tegangan tembus, massa jenis, dan viskositas dengan menggunakan minyak nabati atau minyak lainnya berbahan dasar minyak kelapa murni dan bahan tambahan BHT.

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 |

b. Pengujian Massa Jenis

- | | |
|-----------------------|-----------------------------|
| 1) Timbangsn analitik | : Mengukur berat atau massa |
|-----------------------|-----------------------------|

2) Gelas ukur (10 ml) : Menaruh sampel

c. Pengujian Viskositas

- 1) *Viscometer* NDJ – 5S : alat ukur viskometer digital
- 2) Rentang pengukuran : 1-2 x 10⁶ 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 : ± 2% (Newton cair).
- 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 kelapa murni (*virgin coconut oil*)
- b. Butylated hydroxytoluene (BHT) sebagai zat tambahan

3.4. Persiapan Objek Uji

Campuran yang digunakan pada sample uji yaitu dengan bahan zat aditif Butylated hydroxytoluene (BHT) memiliki rumus kimia $C_{15}H_{24}O$ yang merupakan suatu zat antioksidan. BHT digunakan untuk mencegah tingkat oksidasi yang tinggi dalam minyak kelapa murni. Ini dapat dilakukan dengan meningkatkan tegangan tembus minyak isolasi, yang dapat meningkatkan ketahanan isolasi minyak

Sebelum melakukan pencampuran kedua bahan akan ditakar terlebih dahulu, minyak kelapa murni akan diukur oleh gelas ukur dan BHT akan diukur beratnya menggunakan timbangan digital, apabila keduanya sudah disiapkan, maka dicampurkan kedalam gelas *magnetic stirrer*. Pencampuran antara minyak kelapa murni dan BHT dengan konsentrasi pencampuran 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, dan 70% menggunakan *magnetic stirrer* dengan suhu sekitar 70 °C dan kecepatan 1000 rpm agar percampuran keduanya dapat merata.

Dikarenakan bentuk BHT butiran dan terkualifikasi dalam bentuk satuan massa (gram) maka untuk mengetahui kapasitas pencampuran sampel antara minyak kelapa murni dan BHT yang harus ditentukan terlebih dahulu yaitu menentukan masa jenis minyak kelapa murni lalu dihitung secara manual dengan persentase penambahannya. Untuk menentukan masa jenis minyak kelapa murni dihitung menggunakan rumus (3.1) sebagai berikut:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho = \frac{\text{masa gelas diisi minyak} - \text{masa gelas}}{\text{Volume gelas}}$$

$$\rho = \frac{86,0878 - 39,2462}{50,092}$$

$$\rho = \frac{46,8416}{50,092}$$

$$\rho = 0,9351 \text{ g/ml}$$

Massa jenis minyak zaitun sekitar 0,9351 gram per mililiter. Oleh karena itu, untuk minyak dengan volume 400 ml, beratnya sekitar 374,04 gram. Setelah mengetahui berat minyak, langkah berikutnya adalah menentukan berapa banyak BHT yang diperlukan berdasarkan persentase yang ditentukan, yaitu 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, dan 70%. Dengan melakukan perhitungan dibawah ini,

2. Minyak kelapa murni dengan pencampuran tambahan 0% BHT

$$\text{Jumlah BHT (gram)} = \frac{0}{100} \times 374,04 \text{ gram} = 0 \text{ gram}$$

3. Minyak kelapa murni dengan pencampuran tambahan 10% BHT

$$\text{Jumlah BHT (gram)} = \frac{10}{100} \times 374,04 \text{ gram} = 37,404 \text{ gram}$$

4. Minyak kelapa murni dengan pencampuran tambahan 20% BHT

$$\text{Jumlah BHT (gram)} = \frac{20}{100} \times 374,04 \text{ gram} = 74,808 \text{ gram}$$

5. Minyak kelapa murni dengan pencampuran tambahan 30% BHT

$$\text{Jumlah BHT (gram)} = \frac{30}{100} \times 374,04 \text{ gram} = 112,212 \text{ gram}$$

6. Minyak kelapa murni dengan pencampuran tambahan 40% BHT

$$\text{Jumlah BHT (gram)} = \frac{40}{100} \times 374,04 \text{ gram} = 149,616 \text{ gram}$$

7. Minyak kelapa murni dengan pencampuran tambahan 50% BHT

$$\text{Jumlah BHT (gram)} = \frac{50}{100} \times 374,04 \text{ gram} = 187,02 \text{ gram}$$

8. Minyak kelapa murni dengan pencampuran tambahan 60% BHT

$$\text{Jumlah BHT (gram)} = \frac{60}{100} \times 374,04 \text{ gram} = 224,424 \text{ gram}$$

9. Minyak kelapa murni dengan pencampuran tambahan 70% BHT

$$\text{Jumlah BHT (gram)} = \frac{70}{100} \times 374,04 \text{ gram} = 261,828 \text{ gram}$$

Komposisi sudah didapatkan dari masing – masing sampel, selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel seperti yang dapat dilihat pada tabel 3.1 :

Tabel 3 1. Komposisi Sampel

No	Minyak Kelapa Murni (ml)	Fraksi Penambahan (%)	Kapasitas BHT (gram)
1	400	0	0
2	400	10	37,404
3	400	20	74,808
4	400	30	112,212
5	400	40	149,616
6	400	50	187,02
7	400	60	224,424
8	400	70	261,828

3.5. Pengujian Objek Uji

3.5.1 Pengujian Massa Jenis

Untuk menghitung massa jenis, pengujian massa jenis dilakukan pada sampel minyak kelapa murni dan minyak kelapa murni setelah ditambahkan beberapa variasi BHT. Parameter yang diukur adalah massa dan volume benda. Untuk mendapatkan massa sampel atau massa benda yang diuji maka Kurangi atau selisihkan massa piknometer yang berisi minyak dengan massa piknometer yang kosong tanpa minyak Untuk mendapatkan nilai massa jenis menggunakan persamaan berikut:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad 3.1$$

Dimana,

ρ = Massa jenis (g/cm^3)

m = Massa benda (gram)

v = Volume benda (cm^3)

(Ramadhan, 2019).



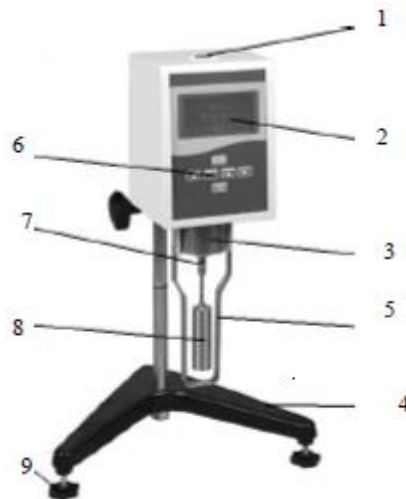
Gambar 3 2. Neraca Analitik.

3.5.2 Pengujian Viskositas

Ketahanan suatu fluida untuk mengalir secara konsisten tanpa turbulensi atau gaya lain dikenal sebagai viskositas. Viskositas minyak trafo adalah komponen penting dalam aliran konveksi terhadap perpindahan panas, dan dapat dihitung dengan mengukur waktu alir minyak dalam kondisi dan volume tertentu. Viskositas juga digunakan sebagai dasar pembagian minyak. (Suherman and Akbar, 2020).

Pengujian Viskositas menggunakan Menggunakan Digital Display Viscometer Type NDJ-5S, pengujian viskositas hanya dilakukan dengan merendam rotor dalam cairan. Prinsip kerja viskometer ini adalah sebagai berikut: motor berputar pada kecepatan yang dikendalikan oleh program yang ditampilkan pada display. Sensor torsi berputar melalui sumbu putar viskometer, yang kemudian mendorong rotor standar untuk memutar. Saat sensor mengukur torsi,

rotor bersinggungan dengan viskositas zat cair, yang terjadi karena viskose histeris cair. Saat sensor mengukur torsi, viskositas diubah menjadi nilai yang terlihat pada display.



Gambar 3 3. *Viscometer* tipe NDJ-5S, (1) Tingkat Gelembung Atas (2) Layar LCD (3) selubung pelindung (4) Rak pelindung untuk rotor (5) dudukan penyangga (6) pengoperasian panel (7)konektor rotor (8) rotor (9) Sekrup penyetelan *leveling*

Adapun hubungan antara rotor, kecepatan rotasi, dan perkiraan nilai viskositas dapat dilihat pada tabel 3.2

Tabel 3 2. Range Table

Rotor & Kecepatan Rotor	1#	2#	3#	4#
0,3	20000	100000	400000	2000000
0,6	10000	50000	200000	1000000
1,5	4000	20000	80000	400000
3	2000	10000	40000	200000
6	1000	5000	20000	100000
12	500	2500	10000	50000
30	200	1000	4000	20000
60	100	500	2000	10000

Pada alat ini terbaca viskositas dinamis, menurut standar internasional ASTM D445, dapat ditentukan viskositas dinamis (η), dari perhitungan viskositas kinematic (ν), dan massa jenis (ρ) dengan menggunakan persamaan berikut::

$$\eta = \nu \times \rho \times 10^{-3} \quad 3.5$$

Keterangan :

η : viskositas dinamis (mPa.s)

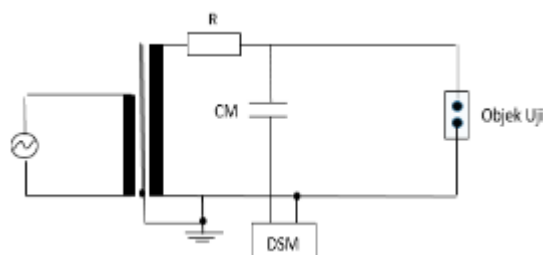
ρ : massa jenis minyak isolasi (kg/m^3)

ν : viskositas kinematik (cSt)

(ASTM D445, 1990)

3.5.3 Pengujian Tegangan Tembus

Pengujian tegangan tembus minyak kelapa murni menggunakan tegangan bolak-balik (AC). Pengujian menunjukkan bahwa tegangan tembus menunjukkan seberapa kuat minyak kelapa murni menahan tegangan tinggi sampai terjadi tegangan tembusnya. Pengujian ini menggunakan chamber, atau gelas uji standar, dengan jarak antar elektroda 2,5 mm. Ini adalah rangkaian yang dimaksudkan untuk pembangkitan tegangan tinggi AC.



Gambar 3 4. Rangkaian Pengujian Tegangan Tembus (sumber: Dhofir et al., 2017).

Gambar 3.4 menunjukkan rangkaian di mana trafo uji dihubungkan secara paralel menggunakan CM (pembagi kapasitansi) untuk mengukur tegangan. Pengujian Ini dilakukan oleh panel kendali dengan menggunakan kabel

sambungan DSM pada panel kendali, objek uji yang dihubungkan secara paralel oleh trafo uji dan CM (pembagi kapasitif), serta elektroda setengah bola pada objek uji (bagian atas dihubungkan ke tegangan, dan elektroda setengah bola pada objek uji bagian bawah dihubungkan ke ground. Pemasangan resistor dengan resistansi yang tinggi pada rangkaian yang menghasilkan tegangan AC tinggi akan membatasi besarnya arus hubung singkat yang mengalir.

Menurut IEC 156 dalam prosedur pengujian yang harus diperhatikan sebelum melakukan pengujian tegangan tembus isolasi cair antara lain:

a. Persiapan Sampel uji

Untuk memastikan bahwa kontaminan cairan homogen dan tidak ada gelembung udara pada cairan, sampel harus dikocok secara lembut segera mungkin sebelum mengisi kotak uji. Sedapat mungkin, udara dihindarkan dari suhu ruang yang tidak diperlukan.

b. Pengisian Kotak Uji

Sebelum memulai pengujian, bersihkan elektroda, dinding, dinding, dan bagian lainnya dari kotak uji. Kemudian, secara perlahan, tuangkan bahan ke dalam kotak uji agar tidak ada gelembung udara.

c. Pemberian Tegangan

Sampai tegangan tembus muncul, berikan tegangan pada elektroda dengan kenaikan seragam (konstan) dari 0 V hingga sekitar $2,0 \text{ kV/dt} \pm 0,2 \text{ kV/dt}$.

d. Pencatatan data

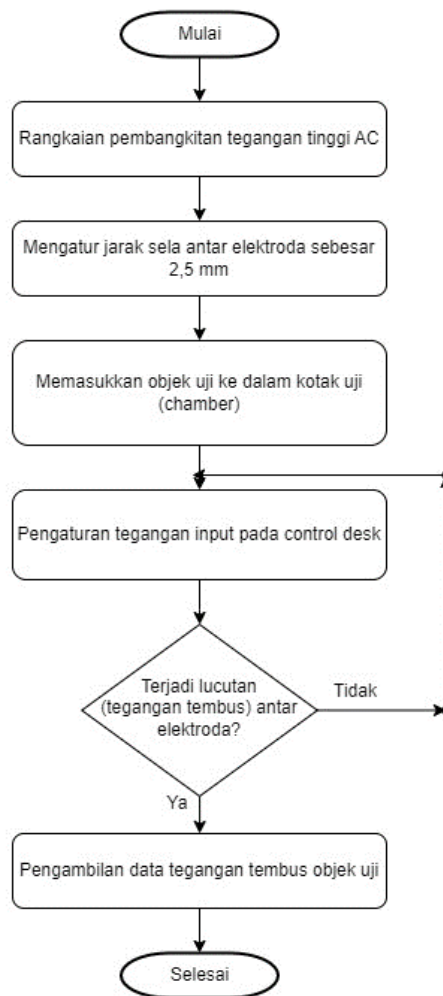
Percobaan tembus harus dilakukan enam kali pada kotak uji yang sama, dengan jeda setidaknya dua menit di antara setiap pengujian baru, dan kemudian

diulangi lagi. Percobaan harus dilakukan secara terus-menerus jika tidak ada gelembung udara di antara jarak sela.

e. Laporan

Data dalam laporan berasal dari nilai rata-rata dari enam percobaan yang telah dilakukan.

Menurut standarisasi SPLN 49-1 tegangan tembus untuk spesifikasi minyak isolasi baru adalah ≥ 30 kV/2.5 mm. Diagram alur untuk pengujian tegangan tembus ditunjukkan dalam Gambar 3.3



Gambar 3 5. Diagram Alur Pengujian Tegangan Tembus.

Flowchat untuk pengujian tegangan tembus ditunjukkan pada Gambar 3.3. Dalam tahap pertama, benda uji dimasukkan ke dalam chamber atau kotak uji yang telah disiapkan sebelumnya. Untuk memastikan bahwa tidak ada gelembung udara pada minyak, minyak atau sampel uji secara perlahan ke dalam chamber. Sebelum memulai, lepaskan dan diamkan selama kira-kira sepuluh menit untuk mengurangi gelembung udara. (Kind, 1993).



Gambar 3 6. HV Trafo

HV Trafo yang ditunjukkan pada gambar 3.6 dengan spesifikasi 220/100 kV, 1 fasa, 3 belitan,, 5 kVA, $U_k = 3,5\%$ merek TERCO merupakan penaik tegangan, Tegangan primer 220 volt, tegangan sekunder 100 kV,



Gambar 3 7. Panel Control

Panel Control yang ditunjukkan pada Gambar 3.7 pengatur dalam memberikan tegangan masukan dan sekaligus membaca tegangan input dan tegangan output yang nantinya akan ditampilkan dilayar monitor.



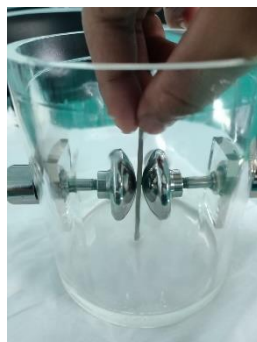
Gambar 3.8. Kapasitor

Gambar 3.8 adalah pembagi kapasitif (Kapasitor), berfungsi untuk pembagi tegangan dengan spesifikasi 100 pF, 100 kV merk Terco.



Gambar 3.9. Layar Monitor

Layar Monitor yang ditunjukkan pada Gambar 3.9 berfungsi untuk mengatur tegangan masukan dan menampilkan hasil pengujian.



Gambar 3 10. Elektroda Setengah Bola

Elektroda yang digunakan adalah elektroda setengah bola seperti gambar 3.10 yang dikur jarak selanya menggunakan pengukur besi yang sudah terukur 2,5 mm.

Selanjutnya, sampel akan diuji tegangan tembusnya, dengan menggunakan masukan tegangan tinggi AC yang terhubung melalui control panel dan melalui trafo uji. Saat terjadi tegangan tembus rangkaian harus diputuskan dengan saklar pemutus yang ada pada control, dan besarnya tegangan yang dibaca saat terjadi lucutan adalah nilai tegangan tembusnya. Untuk mendapatkan data yang akurat, pengambilan data dilakukan enam kali berturut-turut yang nantinya akan dirata - ratakan..

3.6. Analisis Data

Data diolah dan dianalisis setelah dikumpulkan melalui pengujian tegangan tembus enam kali dan pengujian masa jenis dan viskositas untuk setiap sampel. Setelah itu, membuat kesimpulan dari setiap percobaan yang sudah dilakukan..