

# KARAKTERISTIK PENGUJIAN TEGANGAN TEMBUS ARUS BOLAK BALIK PADA MINYAK KELAPA (*COCOS NUCIFERA*) SEBAGAI ALTERNATIF ISOLASI CAIR

Ghane Sha Rizal<sup>[1]</sup>, Fri Murdiya<sup>[2]</sup>

<sup>[1]</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro S1, <sup>[2]</sup>Dosen Teknik Elektro  
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru, Riau  
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau

Email: ghane.sharizal@student.unri.ac.id

## ABSTRACT

*This research is looking for the ratio of breakdown voltage between mineral oil and Cocos nucifera oil as an alternative of liquid insulation. The test of oil uses half-spare electrode. The results of the research, the value of oil breakdown voltage Cocos Nucifera after reduced water content is higher than mineral oil. This research also examined varies gap space, water content and varies in temperature rise on Cocos Nucifera oil to determine the effect of breakdown voltage. Less water level in oil is higher value of breakdown voltage. To be used as an alternative to liquid insulation, it must meet several criteria according to the standard specifications of liquid insulation oil. Cocos Nucifera oil before reducing in water content has refer several requirements including density and viscosity based on standard SPLN 49-1:1982. Cocos nucifera oil after reducing in water content has met several criteria requirements including breakdown voltage, density, and viscosity. While for the specifications of the pour point and flash point not saturate the criteria as an alternative to liquid insulation.*

**Keywords:** *Liquid insulation, breakdown voltage, cocos nucifera oil.*

## 1. Pendahuluan

Transformator merupakan salah satu bagian peralatan yang penting dalam dunia ketenagalistrikan yang memegang peranan kelancaran pendistribusian energi listrik menuju konsumen. Dalam sistem transmisi, fungsi daripada transformator adalah menaikkan tegangan yang berasal dari pembangkit dan menyalurkannya melalui saluran transmisi kemudian tegangan ini diturunkan untuk selanjutnya didistribusikan kepada konsumen yang ada. Kelancaran sistem transmisi sangat bergantung pada efektifitas kerja dari transformator, dan efektifitas kerja transformator sangat bergantung pada komponen proteksi transformator itu sendiri, salah satunya adalah minyak isolasi transformator.

Salah satu faktor yang menyebabkan kegagalan transformator adalah timbulnya panas yang berlebih pada bagian internal, yaitu kumparan transformator dan kemudian panas ini ikut dirasakan oleh minyak isolasi transformator. Beberapa faktor yang menimbulkan panas pada transformator, yaitu: pembebanan berlebih, pelepasan beban muatan, Arus Eddy, rugi-rugi histeris, adanya proses oksidasi yang menghasilkan karat, lingkungan sekitar dengan suhu tinggi, dan lain sebagainya. Karena minyak isolasi berada pada temperatur tinggi selama beberapa waktu, maka minyak tersebut akan mendidih dan membentuk butiran-butiran uap air pada langit-langit transformator. Nantinya butiran uap air ini akan jatuh ke dalam minyak dan mengendap pada isolasi antar inti dan bagian inti transformator itu

sendiri. Butiran uap air yang menyatu dengan minyak akan memicu reaksi kimia berantai dan memutuskan ikatan rantai kimia minyak dalam bentuk radikal/ion, seperti: H\*, CH<sub>2</sub>\*, CH<sub>3</sub>\*, CH\*, dan C\*, kemudian ion-ion ini akan terkombinasi dengan cepat melalui reaksi kompleks menjadi molekul gas berbahaya, yang berujung pada percepatan degradasi & ketidakmurnian minyak sehingga mengurangi kekuatan dielektrik minyak dalam menahan tegangan tinggi. Oleh karena itu untuk menjaga keefektifitasan dan mencegah terjadinya kerusakan transformator, maka sangat dibutuhkan perawatan dan pengecekan secara berkala terhadap minyak isolasi transformator yang mana salah satunya melalui pengujian tegangan tembus (Handerson Panjaitan, 2018).

Dengan keterbatasan minyak mineral atau minyak transformator yang ada maka upaya yang dilakukan adalah dengan mengganti minyak mineral dengan minyak nabati. Minyak nabati merupakan minyak yang ramah terhadap lingkungan, terdegradasi secara biologis, mudah mendapatkannya dan ketersediaannya yang melimpah di alam. Salah satu minyak nabati yang dipilih sebagai alternatif minyak transformator adalah minyak kelapa yang berasal dari tanaman kelapa, dimana ketersediaannya yang melimpah di alam dan Indonesia merupakan Negara dengan hasil tumbuhan kelapa terbesar di dunia.

## 2. Landasan Teori

### 2.1 Minyak Isolasi Transformator

Isolasi adalah sifat suatu bahan yang mampu memisahkan dua buah penghantar atau lebih yang jaraknya berdekatan untuk menghindari kebocoran arus atau hubung singkat (short circuit), dan juga sebagai pelindung mekanik dari suatu kerusakan yang ditimbulkan oleh korosif atau tekanan (stres), baik itu tekanan elektrik maupun tekanan mekanik. Salah satu isolator yang terdapat pada transformator adalah minyak isolasi transformator.

### 2.2 Minyak Kelapa

Minyak kelapa murni memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan minyak nabati lainnya seperti minyak sawit, minyak kedelai, minyak jagung dan minyak bunga matahari, yaitu pada kandungan asam lemak jenuhnya tinggi, komposisi asam lemak rantai mediumnya tinggi dan berat molekulnya rendah (Rindengan dan Novarianto, 2004).

Kriteria mutu dari minyak kelapa murni tidak sama berdasarkan cara pengolahannya. Untuk proses pengolahan melalui bahan *desiccated coconut*, kriteria mutunya adalah asam lemak bebas 0,05 – 0,08 %, kadar air 0,07 – 0,10 %, tidak berwarna (bening). Minyak yang diperoleh dengan proses ini memiliki daya simpan sampai lebih dari setahun. Untuk proses tradisional melalui pembuatan santan (fermentasi 6 – 12 jam), kriteria mutu minyaknya adalah asam lemak bebas 0,06 – 0,20 %, kadar air 0,07 – 0,14 %, dan warna agak kekuningan (tergantung proses pemanasannya). Minyak yang diperoleh dari proses ini hanya memiliki daya simpan sekitar sebulan. Sementara untuk proses fermentasi selama 36 – 48 jam dengan menggunakan mikroba, kriteria mutu minyak yang diperoleh adalah asam lemak bebas 0,28 – 0,33 %, kadar air 0,15 – 0,17% (Rindengan dan Novarianto, 2004).

**Tabel 1.** Komposisi asam lemak minyak kelapa pada umumnya.

Puncak	Persentase (%)	Asam lemak
1	0,187	Asam kaproat
2	1,12	Asam oktanoat
3	0,54	Asam siklopropanpentanoat
4	32,73	Asam laurat
5	28,55	Asam miristat
6	17,16	Asam palmitat
7	14,09	Asam oleat
8	5,68	Asam stearat

### 2.2.1 Jenis-Jenis Minyak isolasi

Minyak isolasi pada transformator terdapat tiga jenis berdasarkan pembuatannya, yaitu minyak mineral, minyak sintetik, dan minyak organik. Minyak isolasi mineral (minyak transformator) berasal dari minyak bumi yang diproses secara destilasi, agar mendapatkan tahanan yang tinggi dan stabilitas panas yang baik dibutuhkan beberapa proses destilasi. Minyak isolasi sintetik adalah minyak yang diproses secara kimia agar memiliki karakteristik lebih baik. Dari minyak isolasi mineral tetapi minyak isolasi sintetik memiliki sedikit kekurangan, yaitu berbahaya bagi lingkungan. Minyak isolasi Organik adalah minyak yang didapat dari ekstraksi beberapa tumbuhan seperti jarak, kedelai, dan kelapa (Rifqi Jauhari., 2017).

### 2.2.2 Minyak isolasi Mineral

Minyak bumi mulai digunakan pada tahun 1891 oleh Sebastian de Ferranti sebagai

minyak isolasi transformator. Minyak bumi adalah campuran dari beberapa hidrokarbon yang ada dalam fase cair dalam reservoir yang terdapat di bawah permukaan tanah dan akan tetap cair pada tekanan atmosfer melalui destilasi. Minyak bumi merupakan kumpulan senyawa hidrokarbon dan sedikit sulfur. Dengan memperhatikan susunan rantai hidrokarbon, maka senyawa inti yang ada dalam minyak bumi dapat dibedakan menjadi beberapa kelompok utama sebagai berikut :

#### 1. Linear (Senyawa Parafinis)

Rumus umum yang terdapat pada senyawa Parafinis adalah  $C_nH_{2n+2}$ , sebagai contoh adalah metana  $CH_4$  yang berbentuk gas dan normal butana  $C_4H_{10}$ . Dimana Minyak bumi linear digolongkan sebagai fraksi hidrokarbon jenuh yang memiliki titik didih relatif lebih rendah.

#### 2. Sikloalifatik (Senyawa Naftenis)

Rumus umum yang terdapat pada senyawa Naftenis adalah  $C_nH_{2n}$ . Minyak bumi Sikloalifatik memiliki struktur ikatan yang berbentuk lingkaran dengan 6 atom karbon atau 14 atom karbon yang terdiri dari tiga kelompok lingkaran.

#### 3. Aromatik

Minyak bumi aromatik adalah senyawa yang terdiri dari enam struktur atom karbon, yang terbagi menjadi dua golongan yaitu monoaromatik (satu ikatan lingkaran) dan poliaromatik (dua atau lebih ikatan lingkaran). Minyak bumi Aromatik digolongkan sebagai fraksi hidrokarbon yang paling berbahaya, dikarenakan memiliki titik didih tinggi dan mudah terlarut dalam air laut.

### 2.2.3 Karakteristik Fisik Minyak isolasi

Berikut merupakan karakteristik fisik yang harus dimiliki oleh minyak transformator diantaranya, adalah:

- Kejernihan penampilan minyak isolasi  
Kejernihan penampilan minyak dapat dilihat dari warna minyak, warna minyaknya harus memiliki warna yang jernih, bersih, dan bebas dari endapan. Saat transformator beroperasi, minyak isolasi akan melarutkan suspensi atau endapan yang terdapat didalam minyak tersebut. Warna minyak isolasi akan

menjadi gelap jika minyak isolasi memiliki banyak endapan.

- Massa Jenis

Massa jenis adalah perbandingan massa suatu volume cairan pada suhu  $15,56^\circ C$  terhadap massa volume air. Massa jenis minyak isolasi transformator sebaiknya lebih ringan dari pada massa jenis air.

- Viskositas Kinematik

Viskositas Kinematik adalah nilai tahanan cairan untuk mengalirkan minyak secara kontinu atau terus menerus dan menyeluruh tanpa menimbulkan gaya gesekan ataupun gaya yang lain pada minyak. Sebagai media pendingin transformator, nilai viskositas mempunyai peranan yang sangat penting dalam pendinginan, sebagai faktor pemindahan panas yang terjadi secara aliran konveksi. Dimana semakin rendah nilai viskositas dari minyak isolasi maka semakin baik konduktivitas termalnya, sehingga akan semakin baik pula kualitas dari minyak isolasi transformator.

- Titik Nyala (*flash point*)

Titik nyala adalah nilai batas tertinggi minyak isolasi dapat dipanaskan sampai temperatur tertentu sebelum uap yang ditimbulkan menjadi api yang berbahaya. Dimana semakin tinggi nilai dari titik nyala maka akan semakin baik pula minyak isolasi transformator tersebut.

- Titik Tuang (*pour point*)

Titik tuang adalah nilai batas pada minyak isolasi yang dapat mengalir saat didinginkan pada suhu di bawah normal. Dimana semakin rendah nilai titik tuang minyak isolasi maka semakin baik pula minyak isolasi transformator (Arigayota., 2012).

### 2.2.4 Karakteristik Elektrik Minyak isolasi

Berikut merupakan karakteristik Elektrik yang harus dimiliki oleh minyak Transformator diantaranya, adalah:

- 1) Tegangan Tembus (Voltage Breakdown)

Tegangan tembus adalah nilai batas kemampuan suatu bahan isolasi untuk menahan tekanan elektrik. Adanya kandungan air dan partikel-partikel pada minyak isolasi dapat menurunkan nilai batas tegangan tembus. Sehingga untuk minyak isolasi yang baik harus memiliki batas tegangan tembus yang tinggi. Peluahan parsial (*partial discharge*) adalah

peluahan elektrik pada medium isolasi yang terdapat diantara dua elektroda yang berbeda tegangan tetapi peluahan tersebut tidak sampai menghubungkan kedua elektroda secara sempurna. Permukaan elektroda yang runcing/lancip akan lebih memudahkan proses peluahan parsial dibanding dengan permukaan elektroda yang tumpul atau licin. Peluahan parsial dapat terjadi pada bahan isolasi minyak terutama pada ujung-ujung elektroda yang berada dalam minyak. Peluahan parsial pada minyak akan menimbulkan penguraian kimia pada minyak sehingga timbul gelembung gas dalam minyak tersebut. Keberadaan gelembung gas pada isolasi minyak akan mempermudah terjadinya tembus listrik. ( Bonggas L. Tobing, 2012).

#### 2) Tahanan Jenis

Nilai tahanan jenis berpengaruh pada kontaminasi pada minyak isolasi yang bersifat konduktif, semakin banyak kontaminan konduktif maka semakin rendah tahanan jenis dari minyak isolasi.

#### 3) Faktor Disipasi Dielektrik

Faktor disipasi dielektrik adalah ukuran dari rugi-rugi dielektrik minyak. Dengan tingginya nilai faktor disipasi dielektrik pada minyak isolasi menunjukkan bahwa terdapat kontaminasi atau kerusakan yang disebabkan oleh air, hasil oksidasi, koloid bermuatan, logam alkali, dan lain-lain. Faktor disipasi dielektrik juga berhubungan dengan tahanan jenis, oleh sebab itu tingginya faktor nilai disipasi dielektrik akan memperlihatkan rendahnya nilai tahanan jenis minyak.

#### 4) Tegangan Antar Permukaan

Kerusakan minyak isolasi diantaranya dikarenakan adanya kontaminasi dengan zat terlarut dan gas bebas umumnya yang akan menurunkan nilai tegangan antar permukaan. Turunnya nilai tegangan permukaan sebagai pertanda awal kerusakan minyak isolasi (Arigayota., 2012).

### 3. Metodologi Penelitian

#### 3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan April-Agustus 2018 di Laboratorium Tegangan Tinggi Teknik Elektro Universitas Riau, Laboratorium Teknik Kimia Universitas Riau dan Laboratorium Reservoir Perminyakan Universitas Islam Riau.

### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

#### 3.2.1 Alat Penelitian

Berikut alat penelitian yang digunakan:

1. Trafo Uji (*HV Test Transformer*)
2. *Control Desk*
3. Tahanan (*Resistor*)
4. *Insulating Rod*
5. *Connecting Cup*
6. *Floor Pedestal*
7. *Connecting Rod*
8. Wadah Uji beserta Elektroda
9. Pentanahan (*Earthing Switching*)
10. Altimeter
11. Heater (Pemanas minyak) dan Termometer

#### 3.2.2 Pengujian Objek Penelitian

Pengujian dalam penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi Teknik Elektro Universitas Riau yang bertujuan untuk mendapatkan hasil pengujian tegangan tembus (*Breakdown Voltage*) pada media isolasi minyak. Semua peralatan yang digunakan pada pengujian minyak isolasi ini digunakan juga oleh mahasiswa dalam praktikum sebagai matakuliah semester teknik elektro pada mata kuliah praktikum teknik tegangan tinggi. Pengujian yang dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia Universitas Riau dan Laboratorium Reservoir Perminyakan Universitas Islam Riau yang juga dilakukan yang bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat fisik minyak kelapa sebagai objek dari penelitian minyak isolasi.

### 3.3 Pengambilan Data Hasil Pengukuran

#### 3.3.1 Menghitung Viskositas (Kekentalan)

Penentuan viskositas atau kekentalan minyak isolasi dilakukan menggunakan alat yang disebut viskometer Oswald sebagai berikut:

- Persiapkan minyak isolasi dengan suhu 20°C.
- Minyak isolasi dimasukkan ke viskometer.
- Mencatat waktu yang dibutuhkan minyak isolasi sampai pada batan penanda viscometer.

#### 3.3.2 Menghitung Densitas (Massa Jenis)

Menentukan densitas dari minyak isolasi dilakukan menggunakan alat yang disebut piknometer dengan Cara sebagai berikut:

- Piknometer dicuci bersih dengan cairan akuades dan dilanjutkan dengan dikeringkan di dalam oven. Bobot

kosongnya ditimbang dahulu dan dicatat sebagai  $m_1$ .

- Piknometer diisi dengan minyak pada suhu 20°C sampai pipa kapiler pada tutup terisi penuh dan hindari terbentuknya gelembung udara.
- Piknometer yang telah berisi minyak isolasi ditimbang bobotnya dan dicatat sebagai  $m_2$ .
- Densitas minyak ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Densitas } (\rho) = \frac{m_2 - m_1}{V} \dots\dots\dots (3.2)$$

Dimana:

- $V$  = Volume Piknometer (ml/cm<sup>3</sup>)
- $m_1$  = Berat piknometer kosong (gr)
- $m_2$  = Berat piknometer diisi minyak (gr)

### 3.3.3 Pengurangan Kadar Air

Menentukan Kadar air pada minyak isolasi dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- Wadah dan sendok aduk minyak yang akan dipakai dikeringkan dan kemudian dimasukkan ke dalam oven pada suhu 100°C selama 15 menit, kemudian wadah didinginkan dalam desikator lalu ditimbang dan dicatat datanya.
- Kemudian minyak kelapa dituangkan ke wadah yang telah dikeringkan dan ditimbang kembali kemudian dicatat.
- Minyak kelapa yg sudah di dalam wadah beserta sendok aduk dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 103 °C.
- Kemudian untuk mendapatkan hasil pengurangan kadar air yang baik maka minyak dalam oven tersebut diaduk setiap 15 menit sekali.
- Setelah melewati beberapa pengujian dan penelitian minyak mulai stabil (tidak berubah) setelah dipanaskan lebih kurang 4 jam di dalam oven.
- Kadar air ditentukan dengan menggunakan persamaan :

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{(W_1 - W_2)}{W_1 - W} \times 100\% \dots\dots\dots (3.3)$$

Dimana:

- $W$  = Berat wadah Kosong (gr)

- $W_1$  = Berat wadah dengan contoh (gr)
- $W_2$  = Berat contoh uji dikeringkan (gr)

### 3.3.4 Menentukan Titik Nyala (*Flash Point*)

- Siapkan sampel minyak dengan baik, lalu periksa tutup dan *sutter* dalam keadaan bersih dan bebas dari kontaminasi.
- Nyalakan panel ke posisi ‘T’ (ON).
- Pastikan suntik dalam keadaan bersih, kering dan bebas dari kontaminasi.
- Ambil sampel minyak sebanyak 2 ml dengan menggunakan suntik tersebut dan masukkan minyak sampel tersebut ke dalam cup.
- Atur suhu temperature control sambil menekan saklar preset yang telah di tetapkan sampai meter digital membaca suhu yang diinginkan.
- Mengatur timer dengan cara menekan saklar pada waktu 1 menit, tujuannya agar suhu yang diinginkan tercapai dan suhu merata pada alat tersebut sesuai dengan yang kita inginkan.
- Buka kutub kontrol gas dan lampu uji menyala, lalu putar kutub kontrol gas searah jarum jam untuk dapat mengatur besar kecilnya nyala api.
- Setelah *timer* berhenti dengan suhu yang diinginkan, buka *lid* dan *sutter* sepenuhnya selama 2,5 detik sambil mengamati *flash point* pada minyak. Jika terjadi lonjakan api (*flash point*) maka catat suhu hasil pengukuran pengujian *flash point* tersebut.

### 3.3.5 Menentukan Titik Tuang (*Pour Point*)

- Mengukur minyak isolasi sebanyak 20 ml menggunakan gelas ukur.
- Minyak dituang ke dalam botol kaca kemudian ditutup rapat.
- Atur suhu freezer hingga suhu -24°C.
- Masukkan botol yang berisi minyak ke dalam freezer untuk dibekukan.
- Keluarkan minyak yang sudah beku dari freezer.
- Buka tutup botol kemudian masukkan termometer untuk mengukur suhu minyak isolasi.
- Amati perubahan suhu minyak kemudian catat suhu minyak jika minyak sudah

mulai mengalir sedikit atau menunjukkan sifat mencair. Suhu tersebut merupakan nilai pour point yang terukur.

### 3.3.6 Mengatur Jarak sela Elektroda

Penelitian tegangan tembus dimulai dengan mengatur sela pada elektroda. Elektroda yang digunakan dalam penelitian ini adalah elektroda setengah bola. Berikut adalah cara mengatur jarak sela elektroda pada wadah uji :

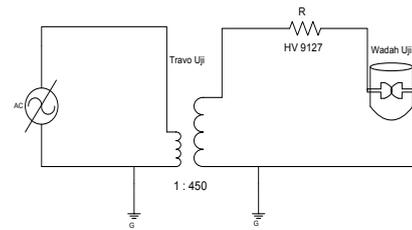
1. Bersihkan terlebih dahulu wadah uji agar minyak terhindar dari kontaminasi kotoran – kotoran.
2. Wadah uji dalam pengujian ini tidak bisa mengatur jarak sela elektroda dengan otomatis, maka dilakukan dengan pengaturan jarak sela elektroda dengan manual menggunakan kertas yang sudah dipotong dengan jarak yang diinginkan.
3. Jarak sela elektroda diatur mulai dari jarak 2.5 mm, 3 mm dan 4 mm.
4. Langkah 1-3 diulang kembali untuk pengujian dengan jarak sela elektroda yang berbeda.

### 3.3.7 Memasukan Minyak Isolasi Kedalam Wadah Uji

Setelah elektroda dipasang di dalam wadah uji kemudian atur jarak sela elektroda, selanjutnya masukkan sampel minyak isolasi pada wadah uji dari tempat penyimpanan minyak dengan cara menuangkan minyak pada kertas saring secara perlahan agar tidak terjadinya gelembung-gelembung pada sampel minyak isolasi. Elektroda yang ada pada wadah uji harus terendam sempurna oleh sampel minyak isolasi agar mendapatkan hasil pengujian yang baik.

### 3.3.8 Memasang Rangkaian Pengujian

Peralatan yang digunakan sesuai dengan buku panduan tegangan tinggi, Rangkaian yang digunakan dalam pengujian ini adalah rangkaian AC. Rangkain AC yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1. dan Gambar 2 Peralatan tarfo uji yang akan digunakan hanya bias membangkitkan tegangan maksiamal sebesar 140 kV.



**Gambar 1.** Rangkain AC secara teoritis (Sumber : Buku petunjuk laboratorium tegnagan tinggi TERCO



**Gambar 2.** Rangkain AC sebagai rangkaian Pengujian di laboratorium Tegangan Tinggi Fakultas Teknik UNRI

### 3.3.9 Pengujian Tegangan Tembus Pada Minyak Isolasi

Berikut langkah pegujian tegangan tembus isolasi minyak :

1. Temperatur dan tekanan udara pada ruangan pengujian tegangan tembus di catat untuk mengetahui kondisi ruangan pengujian tegangan tembus sebelum dan sesudah pengujian.
2. Tegangan pada Control desk dinaikkan secara perlahan sehingga terjadinya tembus listrik pada isolasi minyak yang ditandai dengan adanya loncatan api antara elektroda pada wadah uji yang disertai dengan adanya kenaikan arus pada control desk dan diulang kembali sebanyak 12 kali dengan jeda waktu 2-3 menit.
3. Setiap hasil tegangan tembus yang ditunjukkan pada monitor *Control Desk* dicatat sebagai hasil pengujian.

### 3.3.10 Pengujian Tegangan Tembus Minyak Isolasi yang Dipanas kan dan Dipanaskan Menggunakan Heater

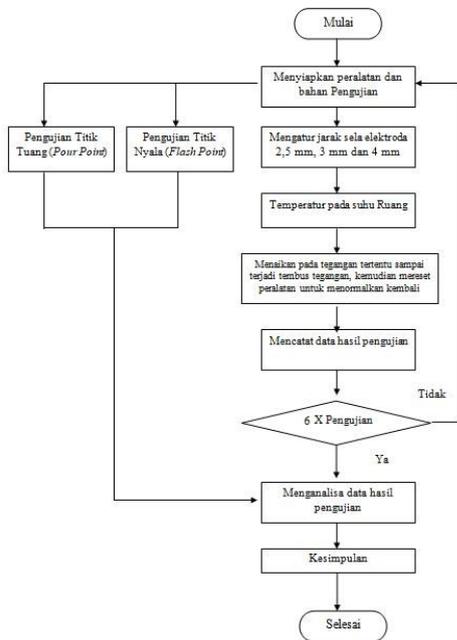
Berikut merupakan langkah atau urutan pengujian tegangan tembus isolasi minyak

ketika minyak dalam kondisi panas setelah dipanaskan dengan pemanas (heater):

1. Minyak Isolasi dipanaskan sesuai dengan temperature yang telah ditetapkan. Panaskan sedikit diatas dari temperature yang akan diuji agar ketika menguji minyak masih dalam kondisi temperature yang diinginkan.
2. Mengerjakan langkah langkah sesuai dengan urutan pada poin 3.3.9.
3. Setelah itu kembali ke langkah pertama dgn menaikkan suhu minyak isolasi ke suhu berikutnya dan kembali mengulang langkah pada poin 3.3.9.
4. Ulangi sesuai dengan langkah sebelumnya sampai pada suhu yang diinginkan pada minyak isolasi selesai.

### 3.4 Diagram Alir Penelitian

Berikut ditampilkan gambar diagram alir penelitian ini:



Gambar 3. Diagram alir penelitian

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Karakteristik Pengujian Tegangan Tembus Minyak Isolasi



Gambar 4. Kurva pengujian tegangan tembus minyak isolasi

Dengan melakukan penelitian atau pengujian tegangan tembus di laboratorium teknik tegangan tinggi Universitas Riau didapatkan tegangan tembus pada jarak sela elektroda 2,5 mm untuk minyak kelapa setelah pengurangan kadar air nilainya jauh diatas nilai tegangan tembus yang dimiliki oleh *mineral oil* (minyak mineral) sebagai minyak trafo yang digunakan sebagai pembanding pada penelitian ini. Dapat kita lihat dari hasil kurva diatas yaitu Gambar 4 dapat kita ambil kesimpulan bahwa karakteristik tegangan tembus minyak isolasi yang paling baik adalah minyak kelapa setelah pengurangan kadar air yaitu dengan rata-rata tegangan tembus 34,2 kV. Selanjutnya diikuti oleh minyak isolasi minyak kelapa sebelum pengurangan kadar air dengan rata-rata tegangan tembus 26,1 kV, kemudian sebagai pembanding nilai tegangan tembus *Mineral Oil* yang digunakan adalah standard SPLN 49-1:1982 yaitu 30 kV/2,5 mm.

### 4.2 Karakteristik Pengujian Tegangan Tembus Pengaruh Sebelum dan Setelah Pengurangan Kadar Air

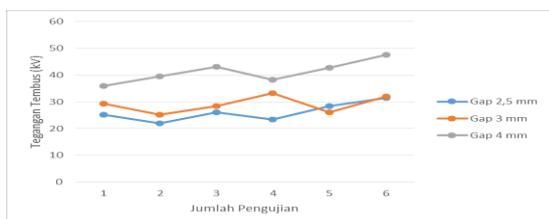


Gambar 5. Kurva Perbandingan hasil pengujian minyak kelapa sebelum dan sesudah pengurangan kadar air

Dengan melakukan penelitian atau pengujian tegangan tembus di laboratorium teknik tegangan tinggi Universitas Riau didapatkan tegangan tembus pada jarak sela elektroda 2,5 mm untuk minyak kelapa setelah pengurangan kadar air nilainya jauh diatas nilai tegangan tembus sebelum dilakukan pengurangan kadar air. Hal ini dikarenakan adanya air di dalam minyak isolasi akan membentuk kanal peluahan akibat dikenai medan elektrik pada minyak isolasi, sehingga arus akan mengalir pada kanal tersebut dan

mempercepat terjadinya tembus listrik. Dapat kita lihat dari hasil kurva diatas yaitu Gambar 5 dapat kita ambil kesimpulan bahwa karakteristik tegangan tembus minyak isolasi yang paling baik adalah minyak kelapa setelah pengurangan kadar air yaitu dengan rata-rata tegangan tembus 34,2 kV. Selanjutnya diikuti oleh minyak isolasi minyak kelapa sebelum pengurangan kadar air dengan rata-rata tegangan tembus 26,1 kV.

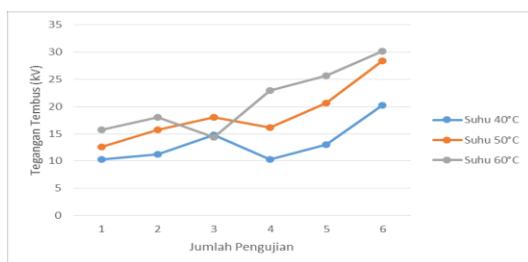
#### 4.1.3 Karakteristik Pengujian Tegangan Tembus Pengaruh Jarak Sela



**Gambar 6.** Kurva pengujian tegangan tembus minyak kelapa sebelum pengurangan kadar air dengan jarak sela 2,5 mm, 3 mm dan 4 mm.

Dari kurva diatas dapat disimpulkan bahwa pada minyak kelapa sebelum pengurangan kadar air didapatkan nilai tegangan tembus akan semakin naik atau besar ketika jarak sela elektroda yang digunakan pada penelitian juga diperbesar. Nilai rata-rata tegangan tembus pada setiap jarak sela elektroda berbanding lurus dengan pertambahan jarak sela itu sendiri pada minyak kelapa tersebut.

#### 4.1.4 Karakteristik Pengujian Tegangan Tembus dengan Pengaruh Variasi Kenaikan Suhu



**Gambar 7.** Kurva Pengujian pengujian tegangan tembus minyak kelapa sebelum pengurangan kadar

air yang diberikan panas (*heater*) jarak sela 2,5 mm pada suhu 30°C, 40°C, 50°C dan 60°C

Hal ini sesuai dengan penguapan kadar air yang paling kecil adalah minyak sawit (CPO) dibandingkan dengan minyak transformator, (Ika Novia Anggraini, 2015). Sehingga didapatkan nilai tegangan tembus yang paling tinggi ketika minyak isolasi diberikan panas (*heat*) pada saat pengujian adalah minyak transformator (*trafo*). Dikarenakan kandungan air pada minyak isolasi merupakan hal yang sangat mempengaruhi nilai tegangan tembus dimana air dapat membentuk kanal yang diakibatkan oleh medan listrik yang dihasilkan sehingga memudahkan arus mengalir pada elektroda sehingga minyak isolasi kehilangan fungsinya sebagai isolasi cair.

### 5. Kesimpulan

Dari analisa data yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan, yaitu:

Berdasarkan spesifikasi standar minyak isolasi baru sesuai yang harus dipenuhi sebagai syarat agar suatu minyak isolasi dapat digunakan sebagai minyak isolasi baru maka minyak kelapa belum dapat digunakan sebagai alternatif pengganti isolasi cair dikarenakan karakteristik yang dapat dipenuhi pada pengujian ini adalah, tegangan tembus, pengaruh kenaikan suhu terhadap tegangan tembus, tingkat kejernihan minyak, densitas, viskositas, sementara untuk karakteristik titik tuang (*pour point*), titik nyala (*flash point*) belum masuk kedalam standar spesifikasi isolasi cair.

### DAFTAR PUSTAKA

Anggaraini, I.N., Diana, Rosa, M. kahirul A., (2015). *Analisis Tegangan Tembus Minyak Nabati Dengan Perlakuan Pemanasan Berulang*. Teknik Elektro Universitas Bengkulu.

Garniwa, I., & S, J. F. (2011). *Analisis Pengaruh Kenaikan Temperatur Dan Umur Minyak Transformator Terhadap Degradasi Tegangan Tembus Minyak Transformator*. Jurnal Teknik Elektro, Universitas Indonesia. Depok.

Junaidi Alfian. 2008. *Pengaruh Perubahan Suhu Terhadap Tegangan Tembus Pada Bahan Isolasi Cair*. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Tridharma

- Kementrian Energi Dan Sumber Daya Mineral. 2016. *Data Grafis Cadangan Minyak Bumi*. Jakarta Pusat. Indonesia.
- Krismandanu, E., Syakur, A., & Facta, M. (2008). *Uji Tegangan Tembus Arus Bolak-Balik Pada Minyak Jarak Sebagai Alternatif Isolasi Cair*. Jurnal Teknik Elektro Universitas Diponegoro. Semarang.
- Kurrahman, H. T., & Abduh, S. (2016). *Studi Tegangan Tembus Minyak Kemiri Sunan Sebagai Alternatif Pengganti Minyak Transformator Daya*. Jurnal Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri. Universitas Trisakti.
- Prasetyo, A., Syakur, A., & Facta, M. (2006). *Analisis Tegangan Tembus Minyak Kelapa Sebagai Isolasi Cair Pada Variasi Elektroda Uji*. Teknik Elektro Universitas Diponegoro. Semarang.
- Rahmawati, & Raharjo, E. P. (2014). *Evaluasi Kandungan Gas (DGA) Dengan Metode Kromatografi Gas Terhadap Nilai Tegangan Tembus Pada Minyak Jarak Yang Telah Melalui Proses Transesterifikasi Sebagai Alternatif Minyak Transformator*. Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.
- Santoso, B. B. (2009). *Potensi Hasil Tanaman Nyamplung (Jatropha Curcas) Ekotipe Lombok Barat Asal Biji Dan Stek Selama Tiga Tahun Pertama*. Fakultas Pertanian Universitas Mataram.
- Saprianto, Firdaus, 2017. *Analisis Pengaruh Pembebanan Terhadap Kekuatan Dielektrik Minyak Isolasi Transformator 6,6 kV/380 V di PT. INTIBENUA PERKASATAMA Dumai*. Teknik Elektro Universitas Riau.
- SPLN 49-91 1982. *Standar minyak isolasi baru*.
- Suherman, A., Herudin, & Puspitasari, E. (2016). *Pengaruh Kontaminan Ait Terhadap Tegangan Tembus Pada Minyak Transformator dan Minyak Kelapa Murni*. Jurnal Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Syakir, M. (2010). *Prospek Dan Kendala Pengembangan Nyamplung (Jatropha Curcas L) Sebagai Bahan Bakar Nabati Di Indonesia*. Pusat Penelitian Dan Pengembangan Perkebunan.
- Tobing, Bonggas L. (2012) “*Dasar-Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi Edisi Kedua*”. Penerbit Erlangga: Jakarta.
- Umiati, N. K. (2009). *Pengujian Kekuatan Dielektrik Minyak Sawit Dan Minyak Castrol Menggunakan Elektrode Bola-Bola Dengan Variasi Jarak Antar Elektrode Dan Temperatur*. Teknik Fisika, Universitas Diponegoro. Semarang.
- Wijaya, I. I. (2009). *Karakteristik Korona Dan Tegangan Tembus Isolasi Minyak Pada Konfigurasi Elektroda Jaruk-Plat*. Jurnal Teknik Elektro-FTI, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.