

# KARAKTERISTIK PENGUJIAN TEGANGAN TEMBUS ARUS BOLAK BALIK (AC) PADA MINYAK KEDELAI (SOYBEAN OIL) SEBAGAI ALTERNATIF ISOLASI CAIR

Nanda Hardani<sup>[1]</sup>, Fri Murdiya<sup>[2]</sup>

<sup>[1]</sup>Mahasiswi 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: nanda.hardani@yahoo.co.id

## ABSTRACT

*This research looks at the comparison of the breakdown voltage between mineral oil and soybean oil as an alternative to liquid insulation. This oil test uses half spare electrodes. The value of breakdown voltage of soybean oil is higher than mineral oil. This research also examined in electrode distance variation, reduction of water content and variations in temperature rise on soybean oil to determine the effect of breakdown voltage. less water level in oil results in a higher breakdown voltage. To be used as an alternative to liquid insulation, it must meet several criteria according to the standard specifications of liquid insulating oil. Soybean oil before reducing in water content has rever several criteria requirements including density and viscosity based on standar SPLN 49-1:1982. While the specifications of breakdown voltage, the pour point and flash point not saturate the criteria as an alternative to liquid insulation. Soybean oil after reducing in water content has met several criteria requirements including breakdown voltage, density and viscosity. Whereas for the specifications of the pour point and flash point do not meet the criteria as an alternative to liquid insulation.*

*Keywords: Liquid insulation, breakdown voltage, Soybean Oil.*

## 1. PENDAHULUAN

Isolasi cair adalah bagian yang sangat penting untuk memisahkan dua atau lebih penghantar listrik yang bertegangan pada peralatan tegangan tinggi, sehingga antar penghantar-penghantar tersebut tidak menyebabkan terjadinya loncatan api (Wahyu Kunto Wibowo, 2008). Salah satu peralatan tegangan tinggi yang digunakan adalah transformator. Pada transformator, untuk memisahkan penghantar-penghantar yang bertegangan digunakan suatu bahan isolasi yaitu minyak trafo atau minyak mineral.

Berdasarkan data yang diperoleh dari Kementerian ESDM RI, bahwa cadangan minyak di Indonesia dari tahun 2009 sampai tahun 2016 selalu mengalami penurunan. Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengurangi penggunaan minyak mineral, dimana ketersediaannya terbatas, tidak terbarukan juga memiliki kelemahan diantaranya tidak terdegradasi sehingga dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi penggunaan

minyak mineral adalah dengan mencari alternatif pengganti isolasi cair menggunakan minyak nabati. (Rendy Kamerlisa Putra, 2017).

Salah satu minyak nabati yang penulis pilih sebagai alternatif minyak transformator adalah minyak Kedelai(Soybean Oil) merk Happy sebagai sample pada penelitian ini untuk dapat dilakukan pengujian untuk mengetahui kelayakan Minyak Kedelai sebagai alternatif isolasi cair

Sebagai alternatif pengganti isolasi cair maka akan dilakukan penelitian karakteristik pada minyak kedelai dengan melakukan pengujian tegangan tembus AC sesuai menggunakan standard SPLN 49-1:1982 dengan menggunakan elektroda setengah bola (Mushroom) berdiameter 36 mm dengan jarak sela antar elektroda 2,5 mm, 3 mm dan 4 mm.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1 Pembangkitan Tegangan Tinggi AC (Alternating Current)

Tegangan tinggi AC diperlukan untuk pengujian ketahanan peralatan-peralatan sistem tenaga listrik terhadap tegangan tinggi AC (Tobing, 2012). Untuk membangkitkan tegangan tinggi AC pada pengujian laboratorium diperlukan trafo uji yang berfungsi untuk mengubah tegangan rendah menjadi tegangan tinggi. Trafo uji biasanya berupa trafo satu fasa karena pengujian biasanya dilakukan untuk setiap fasa dan setiap kali yang diuji hanyalah satu fasa yang diperlukan.

### 2.2 Isolasi Cair

Isolasi cair memiliki dua fungsi yaitu sebagai pemisah antara bagian yang bertegangan dan juga sebagai pendingin sehingga banyak digunakan pada peralatan seperti transformator, pemutus tenaga, dan switch gear (Junaidi Alfian, 2008). Alasan mengapa isolasi cair digunakan, antara lain:

- Isolasi cair memiliki kerapatan 1000 kali atau lebih dibandingkan dengan isolasi gas, sehingga memiliki kekuatan dielektrik yang lebih tinggi menurut hukum Paschen.
- Isolasi cair akan mengisi celah atau ruang yang akan diisolasi dan secara serentak melalui proses konversi akan menghilangkan panas yang timbul akibat rugi energi.
- Isolasi cair cenderung dapat memperbaiki diri sendiri (self healing) jika terjadi pelepasan muatan (discharge).

Kekurangan utama isolasi cair adalah mudah terkontaminasi. Faktor yang mempengaruhi kegagalan isolasi cair pada minyak transformator meliputi: luas daerah elektroda, jarak celah (gap spacing), pendinginan, perawatan sebelum pemakaian (elektroda dan minyak), pengaruh kekuatan dielektrik dari minyak transformator yang diukur serta kondisi pengujian atau minyak transformator itu sendiri juga mempengaruhi kekuatan dielektrik minyak transformator.

Ketembusan isolasi (insulation breakdown, insulation failure) disebabkan karena beberapa hal antara lain isolasi tersebut sudah lama dipakai, berkurangnya kekuatan dielektrik dan karena isolasi tersebut dikenakan tegangan lebih. Pada prinsipnya tegangan pada isolator merupakan suatu tarikan atau tekanan (stress) yang harus dilawan oleh gaya dalam isolator itu sendiri agar supaya

isolator tidak tembus. Karakteristik isolator akan berubah bila material tersebut termasuk suatu ketidakmurnian (impurity) seperti adanya arang atau kelembaban dalam isolasi yang dapat menurunkan tegangan tembus.

#### 2.2.1 Mekanisme Kegagalan Isolasi Cair

Teori kegagalan zat isolasi cair dapat dibagi menjadi empat jenis sebagai berikut:

- A. Teori Kegagalan Elektronik  
Teori ini merupakan perluasan teori kegagalan dalam gas, artinya proses kegagalan yang terjadi dalam zat cair dianggap serupa dengan yang terjadi dalam gas. Oleh karena itu supaya terjadi kegagalan diperlukan elektron awal yang dimasukkan kedalam zat cair. Elektron awal inilah yang akan memulai proses kegagalan.
- B. Teori Kegagalan Gelembung  
Kegagalan gelembung atau kavitasi merupakan bentuk kegagalan zat cair yang disebabkan oleh adanya gelembung-gelembung gas di dalamnya.
- C. Teori Kegagalan Bola Cair  
Jika suatu zat isolasi mengandung sebuah bola cair dari jenis cairan lain, maka dapat terjadi kegagalan akibat ketidakstabilan bola cair tersebut dalam medan listrik. Medan listrik akan menyebabkan tetesan bola cair yang tertahan didalam minyak yang memanjang searah medan dan pada medan yang kritis tetesan ini menjadi tidak stabil. Kanal kegagalan akan menjalar dari ujung tetesan yang memanjang.
- D. Teori Kegagalan Tak Murnian Padat  
Kegagalan tak murnian padat adalah jenis kegagalan yang disebabkan oleh adanya butiran zat padat (partikel) didalam isolasi cair yang akan memulai terjadi kegagalan.

#### 2.3 Minyak Trafo Sebagai Bahan Isolasi

Minyak trafo sering digunakan dalam peralatan tegangan tinggi. Minyak trafo merupakan jenis minyak organik. Minyak trafo hampir tidak berwarna yang tersusun dari senyawa hidrokarbon yang terdiri dari paraffin, iso-paraffin, naphthalene dan aromatic. Ketika diaplikasikan untuk jangka waktu tertentu, minyak trafo difungsikan untuk mengalirkan panas dan pada suhu 95°C akan mengakibatkan proses penuaan pada minyak serta mengakibatkan warna minyak akan menjadi lebih

gelap karena adanya zat pengotor dan resin atau lumpur pada minyak. Beberapa pengotor mempunyai sifat korosif terhadap material isolasi padat dan bagian-bagian konduktor pada trafo. Lumpur yang menumpuk pada inti trafo, lilitan dan didalam saluran minyak akan menghambat sirkulasi minyak sehingga proses aliran panas akan terhambat (Wibowo et al, 2008).

### 2.3.1 Karakteristik Fisik Minyak Isolasi

Minyak isolasi transformator yang baik mempunyai karakteristik fisik diantaranya, yaitu:

1. Kejernihan penampilan  
Dilihat dari warna minyak, warna yang harus dipenuhi yaitu memiliki warna jernih, bersih, dan bebas endapan. Semakin banyak minyak isolasi mengalami endapan, maka warna minyak akan menjadi gelap.
2. Massa Jenis  
Massa jenis merupakan perbandingan massa suatu volume cairan pada suhu 15,56 0C dengan massa volume air. Massa jenis minyak isolasi transformator harus lebih ringan dari pada massa jenis air.
3. Viskositas Kinematik  
Viskositas Kinematik merupakan nilai tahanan cairan untuk mengalirkan minyak secara kontinu dan menyeluruh tanpa timbulnya gaya gesekan ataupun gaya yang lain. Semakin rendah nilai viskositas dari minyak, semakin baik konduktivitas termalnya, sehingga semakin baik pula kualitas dari minyak isolasi transformator.
4. Titik Nyala  
Titik nyala merupakan nilai batas minyak isolasi dapat dipanaskan sampai temperatur tertentu sebelum uap yang timbul menjadi api yang berbahaya. Semakin tinggi nilai titik nyala semakin baik minyak isolasi transformator.
5. Titik Tuang  
Titik tuang merupakan nilai batas minyak isolasi yang dapat mengalir saat didinginkan pada temperatur di bawah normal. Semakin rendah nilai titik tuang semakin baik minyak isolasi transformator (Arigayota., 2012).

### 2.3.2 Karakteristik Elektrik Minyak Isolasi

Minyak isolasi transformator yang baik mempunyai karakteristik fisik diantaranya, yaitu:

- Tegangan Tembus  
Tegangan tembus merupakan nilai batas kemampuan untuk menahan tekanan elektrik. Kandungan air dan partikel-partikel pada minyak isolasi dapat menurunkan nilai batas tegangan tembus. Sehingga minyak isolasi yang baik memiliki batas tegangan tembus yang tinggi.
- Tahanan Jenis  
Nilai tahanan jenis sangat berpengaruh pada kontaminan yang bersifat konduktif, semakin banyak kontaminan konduktif maka semakin rendah tahanan jenis minyak isolasi.
- Faktor Disipasi Dielektrik  
Faktor disipasi dielektrik merupakan ukuran dari rugi-rugi dielektrik minyak. Tingginya nilai faktor disipasi dielektrik menunjukkan bahwa terdapat kontaminasi ataupun kerusakan disebabkan oleh air, hasil oksidasi, koloid bermuatan, logam alkali, dan lainnya. Faktor disipasi dielektrik berhubungan dengan tahanan jenis, sehingga tingginya faktor nilai disipasi dielektrik akan memperlihatkan rendahnya tahanan jenis minyak.
- Tegangan Antar Permukaan  
Hasil kerusakan minyak isolasi diantaranya ada kontaminasi dengan zat terlarut dan gas bebas umumnya akan menurunkan nilai tegangan antar permukaan. Penurunan tegangan permukaan sebagai pertanda bagi awal kerusakan minyak isolasi (Arigayota., 2012).

### 2.4 Minyak Kedelai

Minyak kedelai adalah minyak yang diperoleh dari pengolahan biji kedelai setelah melewati beberapa tahap. Minyak kedelai umumnya berwarna kuning. Untuk mengekstraksi minyak dari kacang kedelai dapat digunakan beberapa cara, salah satunya adalah dengan pengepresan mekanik.

Kandungan minyak dan komposisi asam lemak dalam kedelai dipengaruhi oleh varietas dan keadaan iklim tempat tumbuh. Lemak kasar terdiri

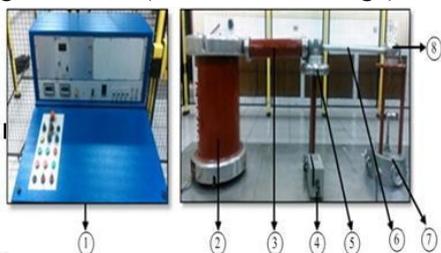
dari trigliserida sebesar 90-95 persen, sedangkan sisanya adalah fosfatida, asam lemak bebas, sterol dan tokoferol. Minyak kedelai mempunyai kadar asam lemak jenuh sekitar 15% sehingga sangat baik sebagai pengganti lemak dan minyak yang memiliki kadar asam lemak jenuh yang tinggi seperti mentega dan lemak babi.

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi Universitas Riau, Laboratorium Teknik Kimia Universitas Riau dan Laboratorium Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau. Dimana nantinya penulis akan menghasilkan Karakteristik tegangan tembus minyak kedelai, dan beberapa karakteristik isolasi cair lainnya.

#### 3.1 Peralatan Pengujian Tegangan Tembus

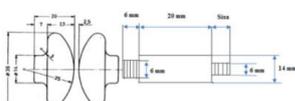
Berikut merupakan Peralatan pengujian tegangan tembus (Breakdown Voltage):



**Gambar 1.** Rangkaian pengujian tegangan tembus arus bolak-balik AC di Laboratorium Tegangan Tinggi Fakultas Teknik UNRI

1. Meja Kontrol (control desk)
2. Transformator Uji
3. Grounding Switch
4. Cennecting Cup
5. Floor Padestal
6. Tongkat Penghubung
7. Resistor 2,5 MΩ
8. Eart Rod

Berikut merupakan gambar wadah dan elektroda yang digunakan pada penelitian ini,



**Gambar 2.** Elektroda setengah bola kuningan diameter 36 mm

#### 3.2 Menghitung Viskositas (Kekentalan)

Pengukuran viskositas menggunakan viscometer Oswald yang sudah dibersihkan dan dikeringkan (oven). Suhu minyak 20°C kemudian mengukur waktu minyak dari batas pertama sampai ke batas kedua dari viscometer. Dimana rumus menentukan viskositas adalah:

$$\text{Viskositas}(\mu) = C \cdot t \dots \dots \dots (3.1)$$

Dimana:

$\mu$  = Viskositas kinematik (cSt)

C = Kontanta viskometer tube (0,4994)

t = waktu yang dibutuhkan fluida mengalir hingga tanda batas (s)

#### 3.3 Menghitung Densitas (Massa Jenis)

Penghitungan densitas menggunakan piknometer dimana piknometer kosong (bersih dan kering) yang belum diisi minyak ditimbang kemudian masukkan minyak kedalam piknometer sampai ke bagian kapiler kemudian tutup piknometer kemudian timbang liknometer yang berisi minyak tersebut. Massa jenis dari minyak isolasi akan didapatkan dengan rumus:

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

Dimana:

V = Volume Piknometer (ml/cm<sup>3</sup>)

m1 = Berat piknometer kosong (gr)

m2 = Berat piknometer yang diisi minyak (gr)

#### 3.4 Pengurangan Kadar Air

Pengurangan kadar air pada minyak kedelai dengan memanaskan minyak didalam oven sampai didapatkan berat yang tetap dalam beberapa kali timbang.

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

Dimana:

W = Berat wadah Kosong (gr)

W1 = Berat wadah dengan contoh (gr)

W2 = Berat contoh uji setelah dikeringkan (gr)

#### 3.5 Pengukuran Titik Tuang (Pour Point)

Pengujian titik tuang dilakukan dengan memasukkan lebih kurang 60 ml minyak isolasi pada tabung uji berbentuk silindris kemudian

tabung uji ini dimasukkan ke dalam wadah yang telah berisi es batu dan NaCl, masukkan thermometer pada pada tabung uji silindris sambil mengamati minyak didalamnya perhatikan juga perubahan suhu dari thermometer tersebut. Ketika minyak telah membeku ukur berapa suhu minyak pada saat pertama mengalir setelah minyak beku.

### 3.6 Pengukuran Titik Nyala (Flash Point)

Pengujian titik nyala menggunakan alat khusus yang memiliki bahan bakar gas sebagai sumber apinya, dimana sampel (minyak isolasi) sebanyak 2 ml dimasukkan kebagian pengujian kemudian dengan menggunakan suntik khusus, atur suhu pada alat tersebut kemudian nyalakan nyalakan api pada sisi dimana tadi minyak isolasi (sampel) dimasukkan. Ketika terjadi proses loncatan api pada bagian sampel maka itu merupakan titik nyala dari minyak isolasi.

### 3.7 Pengujian Tegangan Tembus

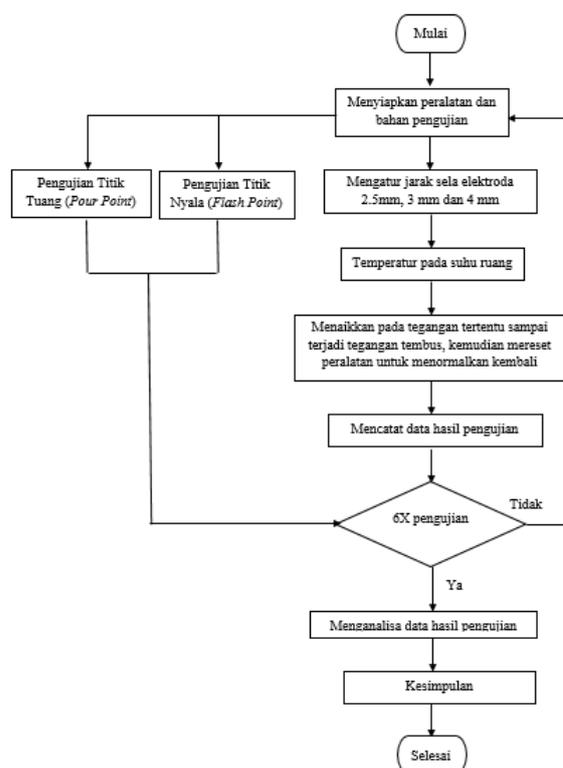
Pengujian tegangan tembus (Breakdown Voltage) dilakukan dengan menyiapkan rangkaian pengujian sesuai dengan rangkaian pada gambar 1, kemudia menyiapkan wadah uji beserta jarak sela elektroda yang akan digunakan pada pengujian. Isi wadah dengan minyak isolasi kemudian lakukan percobaan tegangan tembus dengan dengan cara menaikkan tegangan pada meja uji (control desk) sampai terjadi tegangan tembus yang ditandai dengan terjadinya loncatan api (flash over) kemudian catat tegangan tembus tersebut kemudian ulangi sampai 6 kali percobaan. Untuk mengetahui pengaruh jarak sela terhadap tegangan tembus juga dapat dilakukan dengan pengujian diatas tetapi setiap satu kali percobaan selesai, kemudian ganti jarak sela sesuai dengan yang diinginkan. Untuk mengetahui pengaruh kenaikan variasi suhu terhadap tegangan tembus maka minyak yang akan diuji dipanaskan terlebih dahulu sesuai dengan suhu yang diinginkan kemudian lakukan pengujian tegangan tembus sesuai dengan cara pengujian sebelumnya.

### 3.8 Karakteristik dan Standar Metode Penelitian

**Tabel 3.1** Tabel karakteristik dan standar metode penelitian

No.	Karakteristik	Satuan	Standar Metode Pengujian	Tipikal Data
1.	Penampilan	-	SPLN 49-1: 1982	Jernih, bebas dari endapan
2.	Titik Tuang (Pour Point)	°C	SPLN 49-1: 1982	≤ -30 °C
3.	Titik Nyala (Flash Point)	°C	SPLN 49-1: 1982	≥ 140 °C
4.	Tegangan Tembus (Breakdown Voltage)	kV/2,5 mm	SPLN 49-1: 1982	≥ 30
5.	Massa Jenis (densitas)	g/cm <sup>3</sup>	SPLN 49-1: 1982	≤ 0.895
6.	kekentalan(viskositas)	cSt	SPLN 49-1: 1982	≤ 40

### 3.9 Diagram alir Penelitian



**Gambar 3.** Flowchart penelitian minyak isolasi.

### 3.10 Distriburi Normal

Menguji Normalitas Data dan varians salah satunya dengan menggunakan metode Kolmogorov Smirnov dengan pedoman pengambilan keputusan:

1. Nilai Sig. atau Signifikansi atau nilai probabilitas < 0,05, Distribusi adalah tidak normal.
2. Nilai Sig. atau Signifikansi atau nilai probabilitas > 0,05, Distribusi adalah normal.

Atau dengan pedoman normalitas yang lain yaitu:

1. Jika Rasio skewness berada diantara -2 sampai dengan +2, maka distribusi data adalah normal.
2. Jika Rasio kurtosis berada diantara -2 sampai dengan +2, maka distribusi data adalah normal.

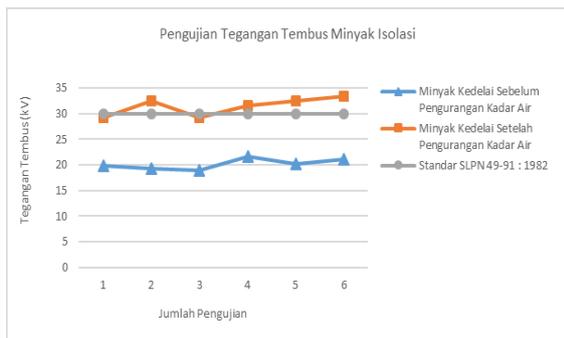
Pada penelitian yang dilakukan oleh penulis, pada tampilan dan penyajian data penulis menyajikannya dengan menggunakan software SPSS versi 25.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Pengujian Tegangan Tembus (Breakdown Voltage)

###### 4.1.1 Karakteristik Fisik Minyak Isolasi

Karakteristik dari pengujian tegangan tembus dilakukan berdasarkan standar SPLN 49-1:1982 dengan menggunakan elektroda setengah bola (Mushroom), dimana memiliki tegangan tembus tinggi dengan jarak 2,5 mm/30kV. Karakteristik yang diteliti pada eksperimen ini adalah karakteristik terhadap tegangan tembus AC minyak isolasi, pengaruh jarak sela elektroda setengah bola terhadap tegangan tembus dan pengaruh kenaikan variasi suhu pada minyak isolasi terhadap tegangan tembus.

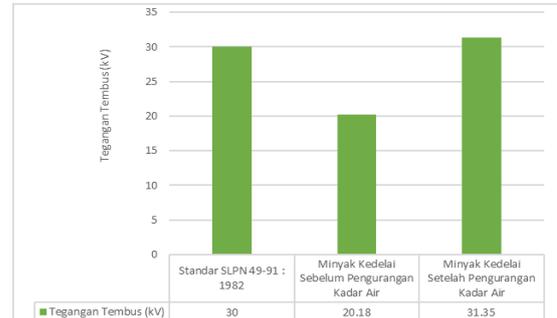


**Gambar 4.** Grafik pengujian tegangan tembus minyak isolasi

Grafik diatas yaitu data hasil pengujian tegangan tembus minyak isolasi dengan gap 2.5 mm, dapat dilihat bahwa karakteristik tegangan tembus minyak isolasi yang paling baik adalah minyak kedelai setelah pengurangan kadar air dengan tegangan tembus rata-rata 31,35 kV. Sedangkan untuk minyak kedelai sebelum pengurangan kadar air nilai tegangan tembusnya paling rendah yaitu 20,18 kV.

Berikut ditampilkan juga diagram perbandingan tegangan tembus rata-rata minyak

kedelai sebelum dan setelah pengurangan kadar air beserta minyak mineral yang digunakan sebagai pembanding dalam pengujian ini.



**Gambar 5.** Diagram pengujian tegangan tembus minyak isolasi

Dari diagram diatas dapat disimpulkan juga bahwa proses pengurangan kadar air dapat menaikkan tegangan tembus. Dimana hasil tegangan tembus minyak kedelai setelah pengurangan kadar air diperoleh nilai tegangan tembus rata-rata yang sudah memenuhi standar SPLN 49-1:1982.

Pada pengujian tegangan tembus sebagaimana data diatas penulis juga menyajikan tampilan data dalam format statistik seperti penjelasan berikut:

Distribusi Normal data tegangan tembus dengan software SPSS untuk minyak kedelai sebelum pengurangan kadar air.

**Tabel 4.1** Tabel statistik minyak kedelai sebelum pengurangan kadar air dengan software SPSS.

Data Hasil statistik SPSS	
Mean	20.18
Std. Error of Mean	0.42
Median	20.02
Mode	18.90
Std. Deviation	1.04
Variance	1.09
Skewness	0.30
Std. Error of Skewness	0.85
Kurtosis	-1.42
Std. Error of Kurtosis	1.74
Rasio Skewness	0.36
Rasio Kurtosis	-0.81

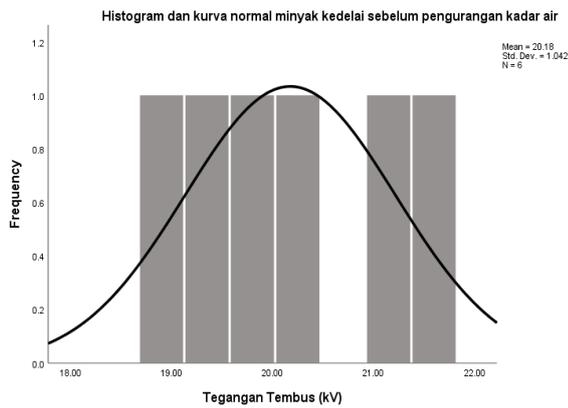
Tabel 4.1 diatas memuat informasi seperti mean, median dan mode pada data distribusi dan nantinya akan berguna dalam penghitungan

penentuan rasio skewness dan rasio kurtosis sebagai uji normalitas suatu data penelitian.

**Tabel 4.2** Tabel pengujian normalitas data minyak kedelai sebelum pengurangan kadar air.

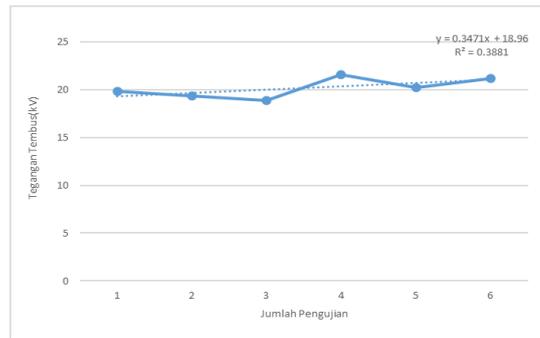
Tests of Normality			
	Kolmogorov-		
	Statistic	df	Sig.
Minyak Kedelai Sebelum	0.159	6	0.20

Tabel 4.2 diatas merupakan tabel penunjukan normalitas dari distribusi data penelitian dengan penunjukan sig. 0,20 dimana nilai sig. (signifikan) > 0,05 merupakan distribusi normal.



**Gambar 6.** Histogram statistik dengan kurva normal minyak kedelai sebelum pengurangan kadar air.

Dari gambar 6 dapat dilihat bahwa grafik tersebut merupakan distribusi data tegangan tembus minyak kedelai sebelum pengurangan kadar air dalam tampilan histogram dan kurva normal. Dari gambar tersebut dapat dilihat kurva normal yang mulus berbentuk lonceng dengan memenuhi syarat sebagai distribusi normal yaitu dapat dilihat dari tabel 4.1 bahwa nilai rasio skewness 0,36 dan rasio kurtosis 0,81 berada pada -2 sampai dengan +2 dan pada tabel 4.2 pada tabel normalitas didapatkan nilai sig. (signifikansi) adalah 0,20 dan merupakan nilai yang lebih tinggi dari 0,05. Dengan terpenuhinya syarat sebagai distribusi normal maka data tegangan tembus minyak kedelai sebelum pengurangan kadar air dapat disebut terdistribusi normal.

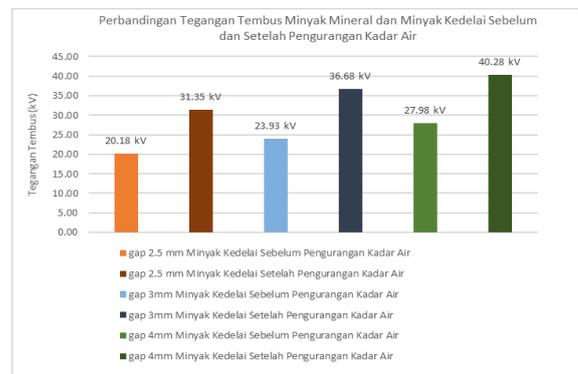


**Gambar 7.** Normal Q-Q plot pada minyak kedelai sebelum pengurangan kadar air

Dari gambar 7 dapat dilihat bahwa Q-Q plot pada variabel minyak kedelai sebelum pengurangan kadar air terlihat ada garis lurus dari kiri ke kanan atas. Garis itu berasal dari nilai Z dimana Jika suatu distribusi data normal maka data akan tersebar di sekeliling garis. Pada penelitian ini dapat dilihat data tersebar di sekeliling garis, maka dapat dikatakan bahwa distribusi adalah normal. Untuk nilai Koefesien Determinasi ( $R^2$ ) yaitu sebesar 0,3881 sama dengan 38,81%.

Untuk minyak kedelai setelah pengurangan kadar air juga termasuk pada distribusi normal.

#### 4.1.2 Karakteristik Pengaruh Jarak Sela Elektroda Setengah Bola (Mushroom) Terhadap Tegangan Tembus.



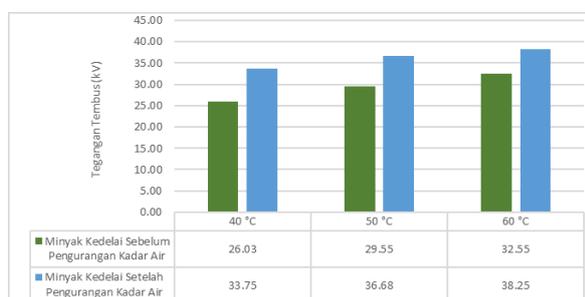
**Gambar 8.** Diagram perbandingan tegangan tembus minyak kedelai sebelum dan setelah pengurangan kadar air dengan jarak sela 2.5 mm, 3 mm dan 4 mm.

Dari diagram diatas dapat disimpulkan bahwa dengan bertambahnya jarak sela antar elektroda setengah bola, maka akan dibutuhkan energi listrik yang semakin besar pula untuk

mencapai terjadinya tembus pada minyak isolasi yang membuat nilai tegangan tembus juga akan semakin besar. Begitu juga sebaliknya, jika jarak sela antar elektroda kecil maka energi elektron untuk melakukan perpindahan dari elektroda satu ke elektroda yang lainnya juga kecil dikarenakan jarak yang dibutuhkan elektron menuju elektroda satunya tidak terlalu jauh.

#### 4.1.3 Karakteristik Pengujian Tegangan Tembus dengan Pengaruh Variasi Kenaikan Suhu Minyak Isolasi

Pemberian temperatur pada sampel minyak dilakukan dengan proses memanaskan minyak dengan menggunakan bejana pemanas sampai temperatur yang ditentukan, yaitu 40°C, 50°C, dan 60°C, dengan menggunakan jarak sela 2,5 mm.

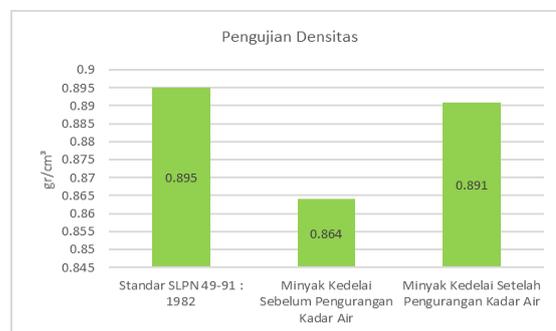


**Gambar 9.** Diagram pengujian perbandingan tegangan tembus minyak kedelai sebelum dan setelah pengurangan kadar air pada suhu 40°C, 50°C dan 60°C

Dari gambar 9 yaitu diagram batang yang menunjukkan perbandingan rata-rata nilai tegangan tembus minyak kedelai sebelum dan setelah pengurangan kadar air dengan jarak sela 2.5 mm. Dimana nilai tegangan tembus rata – rata tiap sampel semakin tinggi seiring dengan naiknya temperatur yang telah diterapkan. Dapat dilihat pada diagram diatas, pada saat minyak kedelai setelah pengurangan kadar air diberikan panas (heat) kemudian dilakukan pengujian tegangan tembus, maka didapatkan nilai tegangan tembusnya yang paling tinggi dibandingkan dengan minyak kedelai sebelum pengurangan kadar air. 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.

#### 4.2 Pengujian Densitas

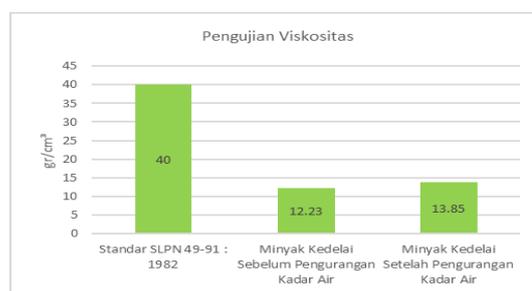
Pengujian massa jenis minyak isolasi yang dilakukan pada penelitian ini berdasarkan pada standar SPLN 49-1:1982 yang menyatakan bahwa nilai densitas minyak isolasi yang harus dipenuhi maksimal yaitu  $\leq 0,895 \text{ g/cm}^3$ .



**Gambar 10.** Pengujian Densitas Minyak Isolasi.

Hasil pengujian minyak kedelai sebelum pengurangan kadar air didapatkan nilai 0,864 g/cm<sup>3</sup> dan setelah pengurangan kadar air didapatkan densitasnya 0,891 g/cm<sup>3</sup>. Melihat hasil yang didapatkan dari penelitian yang telah dilakukan penulis dapat disimpulkan bahwa minyak kedelai sebelum dan setelah pengurangan kadar air nilai densitas minyaknya sesuai dengan spesifikasi standar SPLN 49-1: 1982 sebagai minyak isolasi cair.

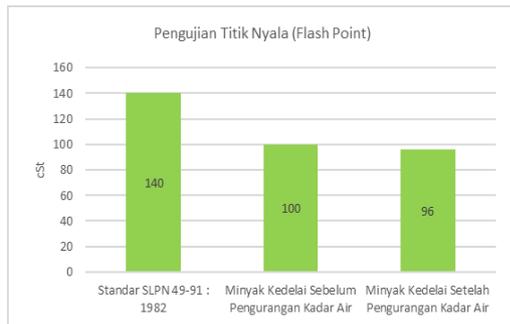
#### 4.3 Pengujian Viskositas



**Gambar 11.** Pengujian Densitas Minyak Isolasi.

Sesuai dengan standar SPLN 49-1:1982 hasil pengujian viskositas minyak isolasi adalah  $\leq 40 \text{ cSt}$ . Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai viskositas minyak kedelai sebelum pengurangan kadar air yaitu 12,23 cSt dan setelah pengurangan kadar air memiliki nilai 13,85 cSt dimana nilai ini sesuai dengan standar SPLN 49-1:1982, sehingga dari pengujian densitas ini maka minyak kedelai ini dapat masuk kedalam spesifikasi isolasi cair.

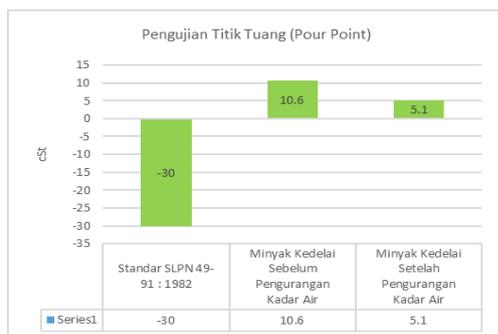
#### 4.4 Pengujian Titik Nyala (*Flash Point*)



**Gambar 12.** Pengujian Titik Nyala (Flash Point) Minyak Isolasi.

Dari gambar diatas dapat disimpulkan bahwa titik nyala minyak kedelai sebelum pengurangan kadar air 100°C dan setelah pengurangan kadar air 96°C dan hasil ini belum sesuai dengan standar SPLN 49-91:1982 dimana titik nyala minyak isolasi yaitu  $\geq 140^{\circ}\text{C}$ . Maka hasil dari titik nyala (flash point) minyak kedelai ini belum masuk kedalam spesifikasi minyak isolasi sesuai standar SPLN 49-1:1982.

#### 4.5 Pengujian Pour Point (*Pour Point*)



**Gambar 13.** Pengujian Titik Tuang (Pour Point) Minyak Isolasi.

Berdasarkan gambar diatas dapat disimpulkan bahwa titik tuang minyak kedelai sebelum pengurangan kadar air 10.6°C dan setelah pengurangan kadar air 5.1 °C nilai ini masih sangat jauh dibandingkan dengan titik tuang minyak isolasi berdasarkan standar SPLN 49-1:1982 yaitu  $\leq -30^{\circ}\text{C}$ . Berdasarkan hasil pengujian titik tuang (Pour Point) minyak isolasi ini belum memenuhi spesifikasi sesuai standar SPLN 49-1:1982.

#### 4.6 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Standar Spesifikasi Minyak Isolasi

**Tabel 4.3** Tabel Perbandingan hasil penelitian terhadap standar minyak isolasi baru.

Jenis Minyak Isolasi	Tegangan Tembus (Kv)	Densitas (kg/dm <sup>3</sup> )	Viskositas (mm <sup>2</sup> /s)	Titik Tuang (°C)	Titik Nyala (°C)	Kejernihan
Minyak Kedelai sebelum pengurangan kadar air	20.18	0.864	13.85	10.6	100	
Minyak Kedelai setelah pengurangan kadar air	31.35	0,891	12.23	5.1	96	
Minyak Mineral (standar SPLN 49-1:1982)	30	$\leq 0.895$	$\leq 40$	$\leq -30$	$\geq 140$	Jernih, bebas endapan

Tabel diatas merupakan tabel perbandingan hasil pengujian minyak kedelai sebelum dan setelah pengurangan kadar air terhadap standar SPLN 49-1:1982 untuk spesifikasi isolasi cair. Dari tabel diatas dapat dilihat untuk parameter tegangan tembus minyak kedelai sebelum pengurangan kadar air, titik tuang dan titik nyala belum dapat memenuhi standard SPLN-49:1982 dikarenakan nilainya yang masih sangat jauh dari standard. Sehingga dapat disimpulkan bahwa minyak kedelai ini belum dapat dijadikan sebagai alternatif isolasi cair sampai dengan nantinya dilakukan penelitian terhadap titik tuang dan titik nyala sampai dengan nilai yang masuk pada standar minyak isolasi cair SPLN 49-1:1982 nantinya.

### 5. KESIMPULAN

Tegangan tembus minyak kedelai dengan merek Happy, nilai tegangan tembus rata - rata minyak kedelai nya sebelum pengurangan kadar air lebih rendah dibandingkan minyak mineral yang digunakan untuk transformator yang dimana dalam penelitian ini digunakan sebagai pembanding. Sementara untuk minyak kedelai setelah pengurangan kadar air nilai tegangan tembus nya lebih tinggi dibandingkan minyak kedelai sebelum pengurangan kadar air dan minyak mineral yang digunakan sebagai pembanding.

Minyak Kedelai memiliki nilai viskositas dan densitas yang baik dan memenuhi standar sebagai minyak isolasi cair.

Titik Nyala dan Titik Tuang pada minyak Kedelai belum memenuhi standar sebagai minyak isolasi cair.

Perubahan jarak sela elektroda akan mengubah nilai tegangan tembus minyak isolasi. Semakin besar jarak elektroda, maka kenaikan nilai tegangan tembus akan terjadi. Sedangkan semakin kecil jarak sela elektroda, maka yang terjadi adalah penurunan nilai tegangan tembus.

Dengan adanya beberapa parameter yang belum memenuhi standar minyak isolasi baru, maka minyak Kedelai dengan merek Happy ini belum dapat dijadikan sebagai alternatif isolasi cair.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alfian, Junaidi. (2008). "*Pengaruh Perubahan Suhu Terhadap Tegangan Tembus Pada Bahan Isolasi Cair*". Jurnal Teknik Elektro Universitas Tridharma. Balikpapan.
- Arigayota, Abdul Rahman. (2012). "*Memantau Kualitas Minyak Trafo*". Teknologi dan Energi Vol.2 No.4: Halaman 392.
- Kamerlisa Putra, Rendy. (2017). "*Karakteristik Tegangan Tembus Arus Bolak Balik Pada Minyak Jarak Pagar (*Jatropha Curcas*) Sebagai Alternatif Isolasi Cair*". Universitas Riau.
- PT. PLN (Persero), Diktat. (2003). "*Panduan Pemeliharaan Transformator*". SPLN
- Tobing, Bonggas L. (2012). "*Dasar-Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi Edisi Kedua*". Penerbit Erlangga: Jakarta .
- Wibowo, W. K., Yuningtyastuti, & Syakur, A. (2008). "*Analisis Karakteristik breakdown Voltage Pada Dielektrik Minyak Shell Diala B Pada Suhu 30 C - 130 C*". Jurnal Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Semarang.