

Analisis Karakteristik Minyak Biji Karet Dengan Penambahan Zat Aditif Sebagai Alternatif Isolasi Cair

Ika Novia Anggraini¹, Aniva Juliah Fitri¹, Yanolanda Suzantry Handayani¹, Yuli Rodiah¹,
Afriyastuti Herawati¹, Reza Satria Rinaldi¹

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu, *E-mail: ikanovia@unib.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini menggunakan minyak nabati sebagai alternatif pengganti minyak trafo. Pengujian karakteristik minyak biji karet dengan penambahan zat aditif fenol dan BHT. Pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan karakteristik seperti kadar air, titik didih, viskositas dan tegangan tembus dengan variasi penambahan fenol dan BHT 16%, 18% dan 20%. Hasil pengujian kadar air minyak biji karet dengan standar IEC60296:2012 pada suhu 105°C adalah 25,32 mg/kg. Pengujian viskositas dengan standar SPLN 49-1:1982 pada suhu ruang 20°C adalah 32 cSt. Pengujian titik didih mengacu standar IEC-296 dengan hasil titik didih minyak biji karet murni 115°C, dengan tambahan fenol 149°C dan dengan tambahan zat aditif BHT 160°C. Pengujian tegangan tembus dilakukan dengan standar SPLN 49-1:1982, hasil tegangan tembus untuk minyak biji karet murni 14,3 kV, tegangan tembus dengan tambahan zat aditif fenol tidak menunjukkan peningkatan nilai tegangan tembus yaitu berkisar di 12 kV sementara itu untuk penambahan zat aditif BHT menunjukkan penambahan nilai tegangan tembus dengan peningkatan variasi campuran yaitu 19,1 kV, 26 kV dan 37 kV.

Kata Kunci: BHT, Fenol, Minyak Transformator, Minyak Biji Karet.

ABSTRACT

Keywords: BHT, Phenol, Transformer Oil, Rubber Seed Oil.

1. PENDAHULUAN

Trafo adalah peralatan listrik tegangan tinggi yang mampu menaikkan dan menurunkan tegangan. Di dalam trafo terdapat minyak trafo yang berfungsi sebagai bahan isolasi maupun pendingin. Sebagai bahan isolasi trafo mampu menahan lonjakan tegangan, sedangkan perannya sebagai pendingin harus mampu menahan panas yang dihasilkan. Dengan memiliki kedua kemampuan tersebut diharapkan dapat memberikan perlindungan pada trafo dari potensi gangguan[1].

Pada saat ini bahan isolasi cair yang biasa digunakan sebagai minyak transformator adalah bahan yang terbuat

dari olahan minyak bumi, dikarenakan daya serap dan daya isolasi yang terkandung pada minyak bumi sangat baik sebagai bahan isolasi minyak transformator, akan tetapi minyak bumi ini termasuk sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui lama kelamaan minyak bumi akan habis. Oleh sebab itu salah satu bahan alternatif yang dapat digunakan sebagai isolasi cair pada transformator adalah isolasi cair yang berasal dari tumbuh-tumbuhan atau minyak nabati.

Dari penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya mengenai kemungkinan penggunaan beberapa jenis minyak nabati sebagai alternatif minyak transformator menggunakan bahan minyak nabati, disimpulkan bahwa minyak biji karet cocok untuk dilakukan pengujian karena memiliki BDV (*Break Down Voltage*) yang tinggi sebesar 48,3 kV, titik tuang yang rendah yaitu -11°C, dan nilai asam yang rendah bernilai 0,5 mgKOH/g [2]. Kemudian alasan lainnya memilih minyak biji karet ini dikarenakan biji karet untuk di Kota Bengkulu sendiri belum ada yang mengelolanya menjadi olahan yang lain, sehingga limbah biji karet masih banyak terbuang. Dari kesimpulan penelitian tersebut, semakin menguatkan kemungkinan layak atau tidaknya minyak biji karet sebagai bahan alternatif minyak isolasi.

Pada penelitian ini dilakukan pengembangan lagi dengan menguji kadar air, titik didih, viskositas, serta penambahan aditif berupa fenol dan bht yang bertujuan mengotimalkan lagi pengujian minyak biji karet. Fenol memiliki keterbatasan kelarutannya dalam air, yakni 8,3 gram/100 ml [3]. Oleh sebab itu berdasarkan analisa dari beberapa jurnal peneliti menambahkan konsentrasi larutan Fenol dan BHT yang bervariasi sebesar 16%, 18%, dan 20%. Persentase fenol yang ditambahkan nantinya dapat meningkatkan nilai tegangan tembus minyak biji karet [4]. Alasan dipilihnya fenol dan bht karena kedua zat ini berfungsi sebagai antioksidan, mencegah serta menghambat oksidasi pada minyak trafo. Fenol berperan dalam menurunkan kadar asam pada minyak transformator dengan menyerap kontaminan yang terjadi akibat oksidasi, sehingga kekuatan dielektrik

meningkat dan tegangan tembus juga mengalami peningkatan [5].

2. KERANGKA TEORITIS

A. Minyak Isolasi

Minyak mineral yang dihasilkan dari pemurnian minyak mentah disebut minyak transformator. Minyak transformator dapat menahan tegangan tembus yang tinggi sebagai bahan isolasi. Minyak ini juga berfungsi sebagai media pendingin, mengurangi suhu transformator. Fungsi minyak sebagai media isolasi sangat penting untuk mencegah short circuit dan meminimalkan risiko kerusakan pada transformator. Ini karena suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada isolasi kertas di dalam gulungan, atau coil, transformator, dan suhu yang terlalu panas dapat mengurangi tahanan isolasi. Spesifikasi minyak trafo dapat dilihat pada Tabel 1.

TABEL 1

SPESIFIKASI MINYAK TRANSFORMATOR[6]

No	Paarameter Uji	Nilai	Standar
1	Kandungan Air	≤ 30 mg/kg	IEC 60296:2012
2	Titik Didih	130°C	IEC 296
3	Viskositas 20°C	≤40cSt	SPLN 49-1:1982
4	Tegangan Tembus	≥30kV/2.5mm	SPLN 49-1:1982

Sebagai bahan isolasi, minyak transformator mampu menahan tegangan tembus yang tinggi. Selain itu minyak ini berfungsi sebagai media pendingin untuk mencegah kenaikan suhu pada transformator. Jika suhu terlalu tinggi, bisa menyebabkan kerusakan pada isolasi kertas di dalam gulungan (*coil*) transformator dan suhu yang terlalu panas dapat mengurangi tahanan isolasi yang berpotensi menyebabkan *short circuit* atau hubung singkat antara fasa ke fasa dengan *body* di dalam transformator sehingga merusak transformator. Oleh karena itu, fungsi minyak sebagai media isolasi sangat penting untuk mencegah terjadinya *short circuit* dan meminimalkan risiko kerusakan pada transformator.

B. Minyak Biji Karet

Di Indonesia, karet yang dikenal dengan nama latin *hevea brasiliensis muellarg* adalah komoditas pertanian yang penting. Indonesia adalah negara penghasil karet kedua terbesar di dunia. Karena kandungan minyak dalam biji karet yang tinggi, perkebunan karet juga menghasilkan lateks dan minyak. Hasil uji di Balai Riset dan Standardisasi Industri (Baristand) Pontianak menunjukkan bahwa biji karet mengandung lemak 40,9%, protein 15,6%, dan karbohidrat 31,6%, masing-masing

merupakan kandungan gizi yang diperlukan oleh tubuh [7].

Selain itu, perkebunan karet menghasilkan biji karet yang belum dimanfaatkan sepenuhnya. Karena kandungan minyak daging biji karet sebesar 50%, minyak ini sangat potensial untuk dimanfaatkan. Minyak biji karet menjadi objek penelitian yang semakin banyak seiring dengan meningkatnya permintaan bahan bakar. Asam-asam lemak seperti asam palmitat, stearat, oleat, linoleat, dan linolenat termasuk dalam komposisi minyak biji karet. Asam-asam lemak ini sangat bermanfaat dan hemat biaya [8].

C. Butylated Hydroxytoluene (bht)

Bht atau *Butylated hydroxytoluene* memiliki rumus kimia yaitu $C_{15}H_{24}O$, dengan sifat fisika di antaranya memiliki titik lebur sebesar 70°C, titik didih 182°C, berat molekul 220,35 gram/mol, kepadatan 1.05 gr/cm³. *Butylated hydroxytoluene*, juga dikenal sebagai *dibutyl hydroxytoluene*. Sifat kimia dari bht yaitu mengandung senyawa *hidrokarbon* yang digunakan sebagai penghambat oksidasi dan penjaga kestabilan sehingga dapat memperbaiki kualitas minyak [9].

D. Fenol

Fenol adalah zat kristal yang tidak berwarna dan memiliki bau yang unik. Fenol berfungsi sebagai reduktor, senyawa fenol dapat mengalami oksidasi. Anion fenoksida $C_6H_5O^-$ —yang dapat melarut dalam air dibuat setelah ion H^+ dilepaskan. Dengan titik leleh 41°C dan titik didih 181°C, fenol hanya larut dalam air 8,3 gram per 100 ml [10]. Untuk menghitung nilai kadar air suatu minyak dapat dihitung menggunakan Persamaan 1.

$$Kadar\ air\ (\%) = \frac{w_1 - w_2}{w_1 - w} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana,

W = Berat wadah kosong (g)

W1 = Berat wadah dengan minyak(g)

W2 = Berat minya setelah dikerigkan (g)

Nilai viskositas suatu minyak dapat dihitung menggunakan Persamaan 2

$$V = \frac{\mu}{\rho} \quad (2)$$

Dimana,

V= Viskositas Kinematic (cSt)

μ = Viskositas Dinamis (poise)

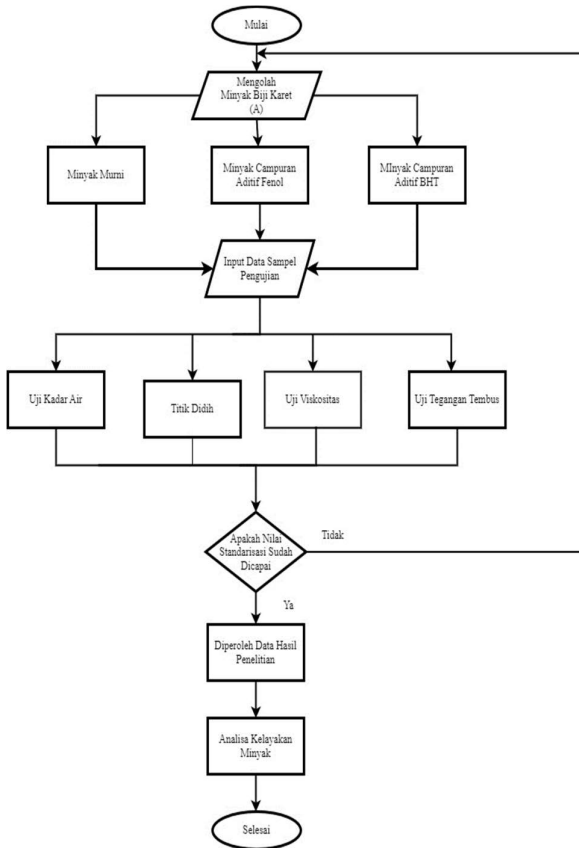
ρ = massa jenis isolasi cair (g/cm³)

3. METODE PENELITIAN

A. Alur Penelitian

Gambar 2 Pengujian Kadar Air

Alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

B. Metode Pengujian

Pengujian kadar air menggunakan metode IEC 60296:2012, pengujian viskositas menggunakan metode viscometer bola jatuh, pengujian titik didih menggunakan metode IEC 296, dan pengujian tegangan tembus menggunakan metode elektroda bola 2,5 mm. Sampel minyak yang digunakan yaitu minyak biji karet dengan penambahan zat aditif fenol dan bht dengan beberapa variasi persentase yaitu 16%, 18% dan 20%. Adapun proses pengujian yang dilakukan seperti:

1. Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air dilakukan dengan memanaskan minyak dalam oven pada suhu 105°C selama 30 menit, kemudian wadah didinginkan dalam desikator lalu ditimbang dan catat data yang dihasilkan. Pengujian kadar air dapat dilihat pada Gambar 2.



2. Pengujian Titik Didih

Pada pengujian titik didih dimulai dengan pengukuran minyak biji karet sebanyak 300 ml, selanjutnya minyak dimasukkan ke dalam wadah, nyalakan kompor untuk mendidihkan minyak, setelah minyak didih, ukur suhu menggunakan termometer untuk mendapatkan suhu saat minyak mendidih, nilai yang diperoleh dicatat dan dimasukkan ke dalam tabel pengujian titik didih. Pengujian titik didih dapat dilihat pada Gambar 3.



(a) (b) (c)

Gambar 3 Pengujian titik didih (a) minyak biji karet murni (b) minyak biji karet campur fenol (c) minyak biji karet campur bht

3. Pengujian Viskositas

Pengujian viskositas dilakukan dengan menimbang wadah kosong, menimbang sampel minyak biji karet dan menimbang bola uji menggunakan neraca analitik untuk memperoleh hasil massa jenis sampel dan bola, selanjutnya mengukur temperature dari alat viskometer *hoppler*, kemudian mengisi tabung dengan aquades serta memasukkan bola ke dalamnya, selanjutnya hidupkan stopwatch untuk menghitung waktu bola saat berada di bawah, hasil yang diperoleh dicatat, dan dihitung untuk mendapatkan hasil viskositas kinematik. Pengujian viskositas menggunakan viskometer *hoppler* yang terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Pengujian viskositas

4. Pengujian Tegangan Tembus

Pada pengujian tegangan tembus, langkah pertama adalah mengatur jarak sela elektroda di dalam kotak uji. Selanjutnya, minyak dimasukkan ke dalam kotak uji dan

kotak uji dipasang pada rangkaian pengujian. Untuk mendapatkan nilai tegangan tembus pada sampel minyak, pengujian dimulai dengan menekan tombol "on" pada alat tegangan tembus, lalu tombol "run" ditekan untuk memulai uji tegangan tembusnya. Setelah itu tunggu selama 1 menit untuk keadaan *stir* merupakan keadaan saat sedang mengaduk antara kadar air dan minyak biji karet, setelah itu tunggu selama 5 menit untuk keadaan static merupakan keadaan saat minyak didiamkan, setelah 5 menit maka alat BDV akan memberi tegangan tembus. Ada 5 kali percobaan pada setiap variasi, Kemudian alat BDV akan membaca seberapa tahan tegangan tembus yang dapat ditahan oleh minyak biji karet. Ketika terjadi tegangan tembus pada sampel uji, akan terdengar suara ledakan. Hal ini disebabkan oleh tumbukan dan tekanan impulsif yang terjadi pada minyak isolasi. Untuk pengujian tegangan tembus dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 pengujian Tegangan Tembus

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Kadar Air

Hasil pengujian kadar air, dapat dilihat pada Tabel 2

TABEL 2
KADAR AIR MINYAK BIJI KARET

Berat Wadah (g)	Berat Awal (g)	Berat Akhir (g)	Kadar Air murni (%)	Kadar Air murni (mg/kg)	Minyak trafo (mg/kg)
26,0935	27,2387	27,2358	0,002532	25,32	30

Berdasarkan Tabel 2 didapat parameter yang berupa berat wadah sebelum diisi minyak, berat wadah awal merupakan massa wadah beserta sampel minyak yang belum dilakukan pemanasan dan berat wadah akhir merupakan massa wadah dengan sampel minyak setelah dipanaskan. Hasil yang diperoleh pada pengujian kadar air setelah tiga kali pengulangan, dengan berat wadah

26,0935 gram, berat wadah awal 27,2387 gram dan berat wadah akhir 27,2358 gram. Hasil perhitungan persentase kadar air dalam sampel minyak biji karet dengan menggunakan Persamaan 1, yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Kadar air (\%)} &= \frac{27,2387 - 27,2358}{27,2386 - 26,0935} \times 100\% \\ &= 0,002532\% \times 10.000 \\ &= 25,32 \text{ mg/kg} \end{aligned}$$

Nilai kadar air pada sampel minyak biji karet sebesar 0,2532% atau 25,32 mg/kg, sedangkan nilai standar IEC 60296:2012 minyak transformator adalah ≤ 30 mg/kg atau sama dengan 30 ppm (0,003%). Dapat dilihat bahwa nilai kadar air minyak biji karet lebih rendah daripada minyak transformator. Jika kadar air yang diperoleh hasilnya besar, akan mempengaruhi tegangan tembus minyak transformator, semakin banyak kadar air yang terkandung di dalam minyak transformator maka tegangan tembus minyak transformator akan semakin cepat (buruk). Maka dapat disimpulkan bahwa nilai kadar air minyak biji karet memenuhi syarat sebagai alternatif isolasi cair pada transformator, di mana semakin kecil nilai kadar air akan semakin besar nilai tegangan tembus.

B. Hasil Pengujian Viskositas

Pengujian viskositas minyak transformator mengacu pada standar SPLN 49-1:1982. Pengujian dilakukan menggunakan alat uji viskometer *hoppler*, memanaskan minyak biji karet dengan suhu ruang yaitu 20°C. Setelah dilakukan pengujian viskositas, maka diperoleh hasilnya yang dapat dilihat pada Tabel 3.

TABEL 3
HASIL PENGUJIAN VISKOSITAS

Massa Piknometer kosong (gram)	Aquad (ml)	Massa piknometer dengan sampel (gram)	Massa jenis sampel (g/cm ³)	Massa jenis bola (kg/m ³)	Waktu (s)	Viskositas Dinamis (mPa.s)
12,6180	17,7847	17,3951	0,9246	8.137	7,4	29,89

Berdasarkan Tabel 3 mengenai hasil uji viskositas minyak biji karet murni, nilai yang diperoleh adalah viskositas dinamis sebesar 29,89 mPa.s. Sedangkan nilai yang diperlukan nilai viskositas kinematik. Oleh sebab itu, hasil nilai viskositas dinamis yang diperoleh dikonversikan menjadi nilai viskositas kinematik dapat dihitung menggunakan Persamaan 2

$$V = \frac{0,2989 \text{ cms}}{0,9246 \text{ g/cm}^3} = 0,32 \frac{\text{cm}^2}{\text{s}} = \frac{32\text{mm}^2}{\text{s}} = 32 \text{ cSt}$$

Dari perhitungan tersebut, bahwa nilai viskositas kinematik pada sampel minyak biji karet dengan suhu 20°C yaitu 32 cSt. Hasil pengujian viskositas minyak transformator dan bentuk grafik perbandingan viskositas dapat dilihat pada Tabel 4.

TABEL 4
HASIL PENGUJIAN VISKOSITAS MINYAK
TRANSFORMATOR

Parameter Uji	Minyak Biji Karet	Standar SPLN 49-1:1982
Viskositas (cSt)	32	40

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat nilai viskositas yang diperoleh yaitu 32 cSt. Sedangkan nilai standar SPLN 49-1:1982 minyak transformator yaitu ≤ 40 cSt. Hal ini berarti minyak biji karet sesuai dengan standar SPLN.

C. Hasil Pengujian Titik Didih

Pengujian titik didih minyak transformator mengacu pada standar IEC 296. Pengujian dilakukan menggunakan alat thermometer pengukur suhu 50-500°C yang digunakan untuk mengetahui suhu minyak biji karet murni, minyak biji karet campur fenol, dan minyak biji karet campur BHT.

Hasil pengujian titik didih minyak biji karet dengan sampel minyak biji karet sebanyak 300 ml yaitu sebesar 115°C dengan waktu 1 jam 26 menit 71 detik, titik didih minyak biji karet campuran aditif fenol sebesar 160°C dengan waktu 5 jam 39 menit 79 detik dan titik didih minyak biji karet campuran aditif BHT sebesar 149°C dengan waktu 2 jam 13 menit 63 detik. Hasil pengujian titik didih minyak biji karet yang tinggi terdapat pada saat minyak biji karet dicampurkan fenol. Hasil pengujian titik didih minyak transformator dan grafik perbandingan titik didih dapat dilihat pada Tabel 5.

TABEL 5
HASIL PENGUJIAN TITIK DIDIH MINYAK
TRANSFORMATOR

Parameter Uji	Minyak Biji Karet			Standar IEC 296°C
	Murni	BHT	Fenol	
Titik Didih (°C)	115	149	160	130

Berdasarkan Tabel 5 dapat dilihat nilai titik didih yang diperoleh minyak biji karet murni lebih rendah

sedangkan minyak biji karet campur bht dan fenol melebihi standar IEC 296 untuk minyak transformator. Hal ini berarti nilai titik didih minyak biji karet murni belum memenuhi standar, sedangkan minyak biji karet campur fenol dan bht sudah memenuhi standar IEC 296 minyak isolasi transformator.

D. Hasil Pengujian Tegangan Tembus

Pengujian tegangan tembus minyak transformator mengacu pada standar SPLN 49-1:1982. Pengujian dilakukan menggunakan alat uji tegangan tembus *YJJ-II Series Transformer Oil Test* menggunakan elektroda bola 2,5 mm dengan lima kali pengulangan proses pengujian. Untuk sampel minyak yang digunakan yaitu minyak biji karet murni, minyak biji karet campur fenol dan minyak biji karet campur BHT.

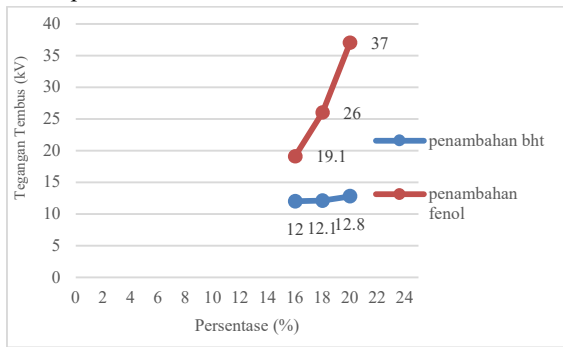
Hasil pengujian tegangan tembus dapat dilihat pada Tabel 6.

TABEL 6
HASIL PENGUJIAN TEGANGAN TEMBUS

Sampel Uji	Percobaan Ke	Kapasitas Sampel (ml)	Tegangan Tembus (kV)
Minyak Biji Karet Murni	1	250	14.1
	2	250	15.2
	3	250	12.5
	4	250	18.8
	5	250	10.9
	Rata-rata	250	14.3
Minyak Biji Karet dengan Penambahan Fenol 16%	1	250	10.1
	2	250	12.5
	3	250	24.6
	4	250	23.5
	5	250	25.0
	Rata-rata	250	19.1
Minyak Biji Karet dengan Penambahan Fenol 18%	1	250	30.1
	2	250	25.0
	3	250	23.9
	4	250	23.9
	5	250	27.4
	Rata-rata	250	26.0
Minyak Biji Karet dengan Penambahan Fenol 20%	1	250	27.8
	2	250	43.5
	3	250	40.3
	4	250	38.4
	5	250	35.2
	Rata-rata	250	37.0
Minyak Biji Karet dengan Penambahan BHT 16%	1	250	11.7
	2	250	12.1
	3	250	12.1
	4	250	12.1
	5	250	12.1
	Rata-rata	250	12.0
Minyak Biji Karet dengan Penambahan BHT 18%	1	250	12.1
	2	250	12.1
	3	250	12.1
	4	250	12.1
	5	250	12.1
	Rata-rata	250	12.1
Minyak Biji Karet dengan Penambahan BHT 20%	1	250	12.1
	2	250	14.5
	3	250	9.8
	4	250	13.7
	5	250	14.8
	Rata-rata	250	12.8

Dapat dilihat dari data yang diperoleh nilai tegangan tembus yang memenuhi standar SPLN pada saat minyak biji karet campuran fenol 20% dengan nilai tegangan tembus sebesar 37,0 kV, berarti semakin besar persentase penambahan zat aditif fenol maka tegangan tembus akan semakin besar pula. Akan tetapi pengujian tegangan tembus minyak biji karet murni dan penambahan BHT belum memenuhi standar SPLN.

Adapun penyebab rendahnya tegangan tembus minyak biji karet murni dan minyak biji karet campur BHT dikarenakan adanya endapan BHT ataupun sisa ampas pada saat pembuatan sampel minyak biji karet, walaupun telah dilakukan beberapa kali penyaringan. Partikel-partikel yang terkandung dalam minyak biji karet dapat mempengaruhi tegangan tembus, hal ini menyebabkan partikel lama-kelamaan akan bersatu dan membentuk suatu jembatan yang dapat mempercepat terjadinya tegangan tembus pada isolasi minyak. Perbandingan uji tegangan tembus minyak biji karet dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Perbandingan Uji Tegangan Tembus Minyak Biji Karet

Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat dengan adanya penambahan persentase zat aditif maka semakin besar pula nilai tegangan tembusnya.

E. Analisis Kelayakan Minyak Biji Karet sebagai Alternatif Isolasi Cair

Berdasarkan data hasil pengujian pada minyak biji karet murni, minyak biji karet campur bht dan minyak biji karet campur fenol dengan para meter uji seperti: kadar air, viskositas, titik didih dan tegangan tembus, maka dapat dibandingkan dengan nilai yang telah diperoleh dari hasil pengujian minyak biji karet murni, minyak biji karet variasi zat aditif fenol dan bht serta minyak trafo dengan standar yang digunakan adalah IEC 60296:2012, IEC 296, dan SPLN 49-1:1982. Adapun perbandingan hasil uji minyak biji karet dengan standar minyak transformator dapat dilihat pada Tabel 7.

TABEL 7

Variabel Uji	Memenuhi Standar Minyak Isolasi	Hasil Pengujian Sampel Minyak Biji Karet						
		Murni	Persentase BHT			Persentase Fenol		
			16%	18%	20%	16%	18%	20%
Kandungan Air	≤ 30 mg/kg (IEC6029 6:2012)	25,32						
Titik Didih	130°C (IEC296)	115 °C	160 °C	160 °C	160 °C	149 °C	149 °C	149 °C
Viskositas 20°C	≤ 40cSt (SPLN 49-1:1982)	32 cSt	32 cSt	32 cSt	32 cSt	32 cSt	32 cSt	32 cSt
Tegangan Tembus	≥ 30kV/ 2.5mm (SPLN 4901:192)	14,3 kV	12,0 kV	12,1 kV	12,8 kV	19,1 kV	26,0 kV	37,0 kV

Variabel uji yang berupa kadar air, untuk sampel yang diuji hanya minyak biji karet saja, dimana nilai kadar air minyak biji karet murni yang terkandung telah memenuhi standar. Selanjutnya variabel uji titik didih untuk sampel yang diuji minyak biji karet, minyak biji karet campur fenol dan minyak biji karet campur bht, nilai titik didih minyak biji karet murni belum memenuhi standar minyak isolasi, sedangkan minyak biji karet campur bht dan campur fenol memenuhi standar. Kemudian variabel uji viskositas yang didapatkan hanya minyak biji karet murni dengan suhu 20 °C, nilai viskositas yang diperoleh telah memenuhi standar, Sementara itu, untuk pengujian tegangan tembus, hanya minyak biji karet campur fenol dengan persentase 20% yang memenuhi persyaratan yakni sebesar 37,0 kV.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dan analisis yang dilakukan, adapun kesimpulan yang dapat ditarik sebagai berikut.

1. Nilai kadar air minyak biji karet murni sebesar 25,32 mg/kg telah memenuhi standar IEC60296:2012 yaitu kurang dari 30 mg/kg.
2. Nilai viskositas pada saat pengujian dengan suhu 25 °C nilai yang diperoleh yaitu 32 cSt telah memenuhi standar SPLN 49-1:1982 dengan suhu 20 °C kurang dari 40 cSt.
3. Nilai titik didih yang telah memenuhi standar isolasi cair trafo IEC 296, 130 °C pencampuran fenol 160 °C dan bht 149 °C
4. Nilai tegangan tembus pencampuran fenol dengan persentase 20% diperoleh 37 kV artinya telah memenuhi standar SPLN 49-1:1982 yaitu 30 kV.

REFERENSI

- [1] D. Idham A., *Transformator*. Yogyakarta: Cv Budi Utama, 2022.
- [2] O. J. Tola, A. M. Zungeru, F. O. Usifo, and A. J. Garba, "Experimental Study of the Characteristics of Transformer Oil and Some Selected Vegetable Oils," *Int. J. Eng. Res. Afr.*, vol. 23, pp. 13–23, Apr. 2016, doi: 10.4028/www.scientific.net/JERA.23.13.
- [3] F. Pramudya, "Studi Proses Purifikasi Dan Rekonsiliasi Minyak Transformator Dengan Penambahan Senyawa Fenol Pada Pt. Pln (Persero) Upt Banda Aceh Uip3b Sumatera," 2021.
- [4] T. Koerniawan, "Pengaruh Zat Aditif Fenol dalam Memperbaiki Nilai Tegangan Tembus (Breakdown Voltage) Minyak Transformator Terkontaminasi," *Pros. Sains Nas. Dan Teknol.*, vol. 12, no. 1, p. 619, Dec. 2022, doi: 10.36499/psnst.v12i1.7262.
- [5] V. Aprilia, S. K. L. Bhima, and A. Ismail, "Pengaruh Pemberian Butylated Hydroxytoluene (2,6-Di- Tert-Butyl-4-Methylphenol) Per Oral Dosis Bertingkat Terhadap Gambaran Histopatologis Ginjal," vol. 7, no. 2, 2018.
- [6] L. M. K. Amali, M. Alim, and A. Gunawan, "Uji Kelayakan Minyak Jarak Sebagai Bahan Isolasi Cair Pada Transformator," vol. 19, no. 3, 2022.
- [7] J. Kamase, "Alternatif Pemberdayaan Masyarakat Melalui Pelatihan Pemanfaatan Biji Karet Sebagai Produk Olahan Emping, Di Desa Bontomangiri, Kecamatan Bulukumpa, Kabupaten Bulukumpa," vol. 7, no. 1, 2022.
- [8] H. H. Sinaga, D. Roza, H. B. H. Sitorus, C. R. Harahap, D. Permata, and N. Purwasih, "Analysis of Chemical-Physical Properties and Breakdown Voltage of Rubber Seed Oil," in *2021 International Conference on Converging Technology in Electrical and Information Engineering (ICCTEIE)*, Bandar Lampung, Indonesia: IEEE, Oct. 2021, pp. 138–141. doi: 10.1109/ICCTEIE54047.2021.9650630.
- [9] E. Setiyandani, Widjonarko, and Supriyadi Prasetyono, "Uji Karakteristik Bio Minyak Trafo Berbahan Dasar Minyak Kemiri Sunan dengan Penambahan Zat Aditif Butylated Hydroxytoluene (BHT) Sebagai Alternatif Isolasi Cair Transformator Daya 150 KVA," *J. Intake J. Penelit. Ilmu Tek. Dan Terap.*, vol. 12, no. 1, pp. 1–8, Apr. 2021, doi: 10.48056/jintake.v12i1.140.
- [10] A. I. Pratiwi and K. Nurkamiden, "Pengaruh Penambahan Fenol Terhadap Tegangan Tembus Minyak Transformator," vol. 2, 2020.