

Uji Karakteristik Bio Minyak Trafo Berbahan Dasar Minyak Kemiri Sunan dengan Penambahan Zat Aditif *Butylated Hydroxytoulene* (BHT) Sebagai Alternatif Isolasi Cair Transformator Daya 150 KVA

Erwin Setiyandani¹, Widjonarko², Suprihadi Prasetyono³

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

²Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

³Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

erwinsetiyandani@gmail.com¹, wijonarko.teknik@unej.ac.id², shabri_prasetyo@yahoo.com³

Abstract—This study aims to determine the effect of adding variations in Apar Poweroil TO 20 on physical characteristics, namely density and kinematic viscosity of the mixture of Sunan hazelnut oil with the addition of BHT, as well as knowing the percentage of three ingredients, namely Sunan hazelnut Oil, BHT, and Apar Poweroil TO 20 from the test results to get a composition with good characteristics. The standard liquid isolation transformer for the density is 0.8957 gram / cm³, kinematic viscosity of 40 cSt, and a breakdown voltage of 30 kV / 2.5mm. In this study there were 4 samples with variations in the addition of Apar Poweroil TO 20 by 5%, 10%, 15%, and 20%. From the results of physical characteristics testing, namely density and kinematic viscosity, it can be seen that the addition of variations of Apar Poweroil TO 20 on a sample of Sunan hazelnut oil mixture with BHT can reduce the value of density and kinematic viscosity in each addition of Apar Poweroil TO 20 by 5% can reduce a density value of 0.007 grams / cm³ and a kinematic viscosity decrease of 3.48 cSt. Where the results of density testing from the addition of Apar Poweroil TO 20 by 5% have a value of 0.8605 gram / cm³, an additional 10% density value of 0.8551 gram / cm³, an additional 15% density value of 0.8461 gram / cm³, and the addition of 20% density value 0.8397 gram / cm³. Kinematic viscosity test results are in addition to the percentage of Apar Poweroil TO 20 by 5% has a value of 20.70 cSt, an addition of 10% has a value of 17.98 cSt, an addition of 15% has a value of 13.58 cSt, an addition of 20% has a value of 10.49 cSt. From the test data for the calculation of the value of density correlation has a negative relationship that is - 0.99 and the kinematic viscosity test has a negative relationship that is - 1.06. For the breakdown voltage test value obtained from the mattematic calculation, the addition of Apar Poweroil TO 20 is able to increase the breakdown

voltage value of bio oil and also able to improve physical characteristics. The addition of APAR Poweroil TO 20 can improve the physical characteristics of transformer oil. Expected that with the tests results of Sunan hazelnut oil with the addition of BHT (Butylated Hydroxytoulene) can be used as an alternative liquid insulation raw material for power transformers 150 kVA.

Intisari— Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh penambahan variasi Apar Poweroil TO 20 terhadap karakteristik fisika yaitu massa jenis dan viskositas kinematik, pada campuran minyak kemiri sunan dengan penambahan BHT, serta mengetahui persentase dari tiga bahan yaitu minyak kemiri sunan, BHT, dan Apar Poweroil TO 20 dari hasil pengujian untuk mendapatkan komposisi dengan karakteristik yang baik. Dimana satandar isolasi cair transformator untuk massa jenis 0,8957 gram/cm³, viskositas kinematik 40 cSt, dan tegangan tembus 30 kV/2,5mm. Pada penelitian terdapat 4 sampel dengan variasi penambahan Apar Poweroil TO 20 sebanyak 5%, 10%, 15%, dan 20%. Dari hasil pengujian karakteristik fisika yaitu pengujian massa jenis dan viskositas kinematik, dapat diketahui bahwa penamhan variasi Apar Poweroil TO 20 pada sampel campuran minyak kemiri sunan dengan BHT dapat menurunkan nilai massa jenis maupun viskositas kinematik yaitu setiap penambahan Apar Poweroil TO 20 sebesar 5% mampu menurunkan nilai massa jenis sebesar 0,007 gram/cm³ dan menurunkan nilai viskositas kinematik sebesar 3,48 cSt. Dimana hasil pengujian massa jenis dari penambahan Apar Poweroil TO 20 sebesar 5% memiliki nilai 0,8605 gram/cm³, penambahan 10% nilai massa jenis 0,8551 gram/cm³, penambahan 15% nilai massa jenis 0,8461 gram/cm³, dan penambahan 20% nilai massa jenis 0,8397

gram/cm³. Hasil pengujian viskositas kinematik yaitu pada penambahan persentase Apar Poweroil TO 20 sebesar 5% memiliki nilai 20,70 cSt, penambahan 10% memiliki nilai 17,98 cSt, penambahan 15% memiliki nilai 13,58 cSt, penambahan 20% memiliki nilai 10,49 cSt. Dari data hasil pengujian untuk nilai perhitungan korelasi massa jenis memiliki hubungan negatif yaitu - 0,99 dan pada pengujian viskositas kinematik memiliki hubungan negatif yaitu - 1,06. Untuk nilai tegangan tembus yang didapat dari perhitungan secara matematis, maka penambahan Apar Poweroil TO 20 mampu meningkatkan nilai tegangan tembus dari bio minyak tafo dan juga mampu memperbaiki karakteristik fisika. Penambahan Apar Poweroil TO 20 dapat memperbaiki karakteristik fisika pada bio minyak trafo. Diharapkan dengan hasil pengujian tersebut minyak kemiri sunan dengan penambahan BHT (*Butylated Hydroxytoluene*) bisa dijadikan alternatif bahan baku isolasi cair untuk transformator daya 150 kVA.

Kata Kunci— Apar Poweroil TO 20, BHT, Bio Minyak Trafo, Minyak Kemiri Sunan, Transformator Daya.

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan masyarakat untuk memanfaatkan energi listrik menjadi kebutuhan pokok dimana permintaan energi listrik semakin hari semakin meningkat mulai dari meningkatnya keperluan industri, telekomunikasi, kebutuhan listrik pada rumah tangga, serta lain sebagainya. Dengan meningkatnya kebutuhan listrik yang dibutuhkan masyarakat, maka proses penyaluran daya listrik dari pusat-pusat pembangkit kepada konsumen harus terorganisir dengan baik dan optimal. Adapun peralatan listrik tegangan tinggi yang mempunyai peran vital dalam pendistribusian listrik dari pusat pembangkit ke konsumen yaitu transformator tenaga.

Transformator tenaga memiliki peran merubah listrik bertegangan tinggi menjadi listrik bertegangan menengah maupun listrik bertegangan rendah. Transformator pada sistim pentransmision energi listrik memiliki peranan yang sangat penting dan transformator harus bisa bekerja secara

maksimal demi memenuhi kebutuhan masyarakat akan energi listrik. Dikarenakan kerja transformator dalam suatu sistim transmisi maupun distribusi cukup keras dan transformator sendiri mempunyai peran yang sangat vital, maka harus dilakukan pemeliharaan transformator secara berkala yang bertujuan untuk menjaga keandalan dari transformator itu sendiri agar dapat meminimalisir jika terjadi gangguan, terutama pada isolasi trafo yang umumnya transformator tenaga menggunakan minyak.

Isolasi trafo sendiri memiliki peranan sebagai media isolasi belitan yang ada didalam trafo serta sebagai media pendingin trafo saat transformator berkerja. Minyak trafo yang digunakan pada umumnya berbahan baku minyak dari hasil tambang bumi (fosil) yang dapat kita ketahui bahwa minyak hasil dari tambang bumi (fosil) tidak dapat diperbarui, artinya persediaan minyak bumi suatu saat akan terus berkurang dan habis. Oleh karena itu, perlunya usaha untuk meminimalisir penggunaan minyak trafo yang berbahan baku dari hasil tambang bumi (fosil).

Dari berbagai penelitian mengenai pemanfaatan sumber daya alam seperti menggunakan minyak nabati sebagai alternatif minyak trafo guna meminimalisir penggunaan minyak yang berbahan baku fosil itu sendiri mulai dilakukan. Beberapa penelitian mengenai alternatif minyak transformator menggunakan bahan minyak nabati diantaranya minyak jarak, minyak jagung, minyak kemiri dan sebagainya. Walaupun hasil dari penelitian karakteristik minyak nabati tersebut masih belum dapat memenuhi standar sebagai alternatif isolasi trafo, namun penggunaan minyak nabati dapat di optimalkan dengan melalui proses-proses pencampuran bahan lain seperti bahan aditif yaitu seperti amina, fenol, BHT. Syarat untuk suatu bahan minyak trafo harus memiliki nilai tegangan tembus (30 kV/2,5mm), dan massa jenis (0,8975 gram/cm³), nilai viskositas (40 cSt) sesuai dengan standar SPLN 49-1 Tahun 1982.

Meninjau dari beberapa penelitian sebelumnya yang berjudul “Minyak Jarak Sebagai Alternatif Pengganti

Minyak Transformator dengan Variasi Venol dan APAR Poweroil TO 20". pada komposisi minyak jarak 60% dengan penambahan fenol 20% dan APAR TO20 20% didapatkan tegangan tembus sebesar 42,50 kV. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan zat APAR TO 20 memperbaiki kualitas tegangan tembus minyak jarak. Namun disisi lain, massa jenis yang didapatkan pada komposisi tersebut yaitu 0,91711 gram/cm³ [3]. Pada penelitian ini untuk komposisi tersebut belum memenuhi standar dikarenakan melebihi batas maksimum massa jenis isolasi cair transformator daya yaitu 0,8957 gram/cm³.

Minyak kemiri sunan merupakan minyak nabati yang memiliki keunggulan pada karakteristik nilai tegangan tembus maupun massa jenis. Meninjau dari penelitian yang berjudul "Studi Tegangan Tembus Minyak Kemiri Sunan Sebagai Alternatif Pengganti Minyak Transformator Daya" didapatkan hasil pengujian tegangan tembus pada kondisi standar sesuai IEC 156 sebesar 17,55 kV/2,5mm. Nilai ini tidak memenuhi standar SPLN 49-1:1982 yaitu 30kV/2,5mm [5]. Oleh karena itu untuk meningkatkan nilai dari tegangan tembus minyak kemiri sunan yaitu dengan penambahan bahan aditif seperti fenol atau BHT (*butylated hydroxytoluene*).

Pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya mengenai karakteristik minyak kemiri sunan dengan penambahan zat aditif sebagai alternatif pengganti isolasi transformator yang telah diteliti oleh Fajriyansa Perdana menghasilkan karakteristik minyak kemiri sunan dengan variasi suhu dan penambahan zat aditif fenol, yaitu tegangan tembus sebesar 24,5 kV pada suhu 30°C dengan penambahan fenol 100 ml tetapi belum memenuhi standar SPLN 49-1 tahun 1982 yaitu 30 kV/2,5mm. Namun dalam hal karakteristik dengan parameter massa jenis, minyak kemiri sunan memiliki massa jenis sebesar 0,8888 gram/cm³ pada penambahan fenol 100 ml [7]. Artinya masih dibawah batas maksimal massa jenis isolasi cair transformator

berdasar standar SPLN 49:1982 yaitu sebesar 0,8957 gram/cm³.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Ade Firmansyah mengenai karakteristik minyak kemiri sunan dengan penambahan zat aditif BHT, memiliki hasil karakteristik 34,97 kV/2,5 mm pada sampel dengan konsentrasi BHT 20%. Sedangkan pada karakteristik parameter massa jenis sebesar 0,90708 gram/cm³ pada konsentrasi BHT 20% [4]. Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Ade Firmansyah nilai massa jenis tidak memenuhi syarat dengan standar SPLN 49-1 Tahun 1982 sebesar 0,8957 gram/cm³.

Dalam penelitian pada tugas akhir ini minyak kemiri sunan akan dicampur dengan zat BHT (*butylated hydroxytoluene*) dengan melalui proses destilasi. Sehingga nantinya didapatkan hasil terbaik berdasarkan karakteristik dari pengujian tersebut akan dicampur dengan minyak transformator. Dengan menggunakan metode ini diharapkan minyak kemiri sunan memiliki kelayakan karakteristik yang optimal berdasar standar isolasi cair transformator.

A. Transformator

Transformator adalah sebuah peralatan listrik yang bisa mengubah tegangan listrik akan tetapi tidak mengubah frekuensinya dengan menggunakan prinsip induksi elektromagnetik. Transformator dibedakan menjadi dua yaitu transformator *step up* yang berfungsi menaikkan tegangan, dan transformator *step down* yang berfungsi menurunkan tegangan.

Prinsip kerja dari transformator sendiri yaitu apabila arus listrik bolak balik yang mengalir mengelilingi sebuah inti besi, maka inti besi tersebut akan menjadi sebuah medan magnet. Jika terdapat suatu belitan yang mengelilingi medan magnet maka, pada kedua ujung belitan akan terjadi beda potensial, dan menyebabkan timbulnya gaya gerak listrik (GGL).

B. Minyak Isolasi Transformator

Minyak transformator memiliki fungsi sebagai isolasi antara belitan-belitan yang terdapat didalam trafo dan juga dapat berfungsi sebagai pendingin panas yang ditimbulkan dari belitan trafo ketika beroperasi. Minyak transformator sebagai bahan isolasi, harus mampu menahan tegangan tembus dan juga harus memiliki kemampuan meredam panas dari transformator. Minyak transformator terbuat dari bahan kimia organik, yaitu terbuat dari senyawa atom C dan senyawa atom H [6]. Pada umumnya minyak transformator tersusun atas senyawa-senyawa hidrokarbon dan non hidrokarbon. Minyak transformator merupakan cairan yang dihasilkan oleh proses pemurnian minyak mentah. Selain itu minyak transformator juga berasal dari bahan-bahan organik, seperti minyak piranol dan silikon. Beberapa jenis minyak tranformator yang sering dijumpai dilapangan dan umum digunakan yaitu minyak transformator Shell Diala B, dan Apar Poweroil TO 20.

C. Minyak Kemiri Sunan

Kemiri sunan atau dengan nama ilmiahnya *Reutealis triperma Blanco* tanaman ini berasal dari Filipina yang berpotensi sebagai alternatif biodiesel. Minyak kemiri sunan memiliki nama lain yaitu jarak kebo, kemiri racun, jarak bandung, dan ada juga yang menyebutnya dengan nama kaliki banten. Biji kemiri jenis ini 45-50% mengandung minyak [9]. Tanaman kemiri sunan berasal dari Filipina, diperkirakan masuk ke Indonesia ratusan tahun yang lalu (Heyne, 1987). Biji kemiri sunan banyak mengandung racun, hal ini menyebabkan kurang berkembangnya kemiri sunan jika dibandingkan dengan kemiri jenis *mulaccana* yang biasa digunakan untuk masakan.

D. Zat Aditif Butylated Hydroxytoluene (BHT)

HT atau *Butylated Hydroxytoluene* merupakan organik bio-aktif lipofilik dan turunan fenol yang ditambahkan ke dalam banyak bahan makanan untuk mencegah pembusukan

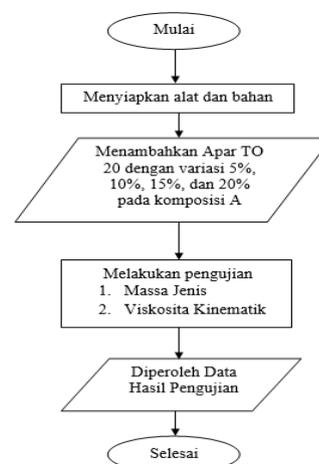
lemak dan sebagai aditif untuk banyak produksi farmasi (Panicker Varuna P, George Sisilamma, dan B Dhanush Khrisna., 2014). BHT atau *Butylated Hydroxytoluene* merupakan anti oksidan dari golongan *true antioxidants*, BHT sendiri berbentuk hablur padat, berwarna putih, dan memiliki bau yang khas. BHT ini tidak mudah larut dalam air, akan tetapi dalam etanol dengan kadar 95% BHT dapat mudah larut dan juga dapat mudah larut dengan minyak.

BHT memiliki rumus kimia yaitu $C_{15}H_{24}O$, dengan sifat fisika diantaranya titik memiliki lebur sebesar $70^{\circ}C$, titik didih $182^{\circ}C$, berat molekul 220,35 gram/mol, kepadatan 1.05 gr/cm³. *Butylated hydroxytoluene*, juga dikenal sebagai *dibutyl hydroxytoluene*. Sifat kimia dari BHT antara lain mengandung senyawa hidrokarbon hal tersebut sebagai penghambat oksidasi dan penjaga kestabilan sehingga dapat memperbaiki kualitas minyak.

II. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini melakukan analisis dari pengaruh penambahan variasi Apar Poweroil TO 20 pada campuran minyak kemiri sunan dengan penambahan zat aditif BHT (*Butylated Hydroxytoluene*) terhadap karakteristik fisika pada bio minyak trafo berahan dasar minyak kemiri sunan dengan penambahan BHT sebagai alternatif bahan baku isolasi cair transformator daya, dengan melakukan pengujian massa jenis dan pengujian viskositas kinematik.

A. Flowchart



Gbr. 1. Flowchart pengujian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan pengujian-pengujian dari bio minyak trafo untuk mendapatkan beberapa data yang sesuai dengan beberapa parameter. Penelitian ini terdapat karakteristik yang harus diujikan yaitu karakteristik fisika. Untuk pengujian karakteristik Fisika meliputi beberapa parameter yaitu pertama pengujian massa jenis dari minyak kemiri sunan yang dilakukan pada Laboratorium Kimia Farmasi Fakultas Farmasi Universitas Jember. Pengujian kedua yaitu pengujian viskositas kinematik yang dilakukan pada Laboratorium Farmasetika Fakultas Farmasi Universitas Jember. Pada penelitian ini mengacu dari penelitian sebelumnya yaitu penelitian Ade Firmansyah, dengan judul “Analisis Pengaruh Penambahan BHT Terhadap Karakteristik Minyak Kemiri Sunan Sebagai Alternatif Isolasi Cair Transformator”, dimana data pada campuran minyak kemiri sunan 800ml dan BHT 200ml memiliki nilai tegangan tembus yang sesuai standar yaitu 34,97 kV, akan tetapi nilai massa jenis tidak memenuhi syarat yaitu 0,9070 gram/cm³ [4]. Pada penelitian ini dilakukan penambahan variasi Apar Poweroil TO 20 untuk memperbaiki karakteristik fisika dari minyak kemiri sunan sehingga bisa dijadikan sebuah bahan baku alternatif isolasi cair transformator daya.

A. Pengujian Massa Jenis

Pengujian massa jenis, pada penelitian ini terdapat 4 sampel bio minyak trafo dengan penambahan variasi persentase Apar Poweroil TO 20 sebesar 5%, 10%, 15% dan

20%. Pengujian massa jenis pada setiap sampel bio minyak trafo dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali dengan tujuan, agar mendapatkan nilai yang akurat dan juga didapatkan nilai rata-rata dari setiap sampelnya. Dalam pengujian massa jenis terdapat beberapa nilai parameter alat uji antara lain nilai massa piknometer yaitu 33,6097 gram dan nilai volume piknometer sebesar 24,716 ml. Piknometer merupakan sebuah wadah untuk sampel bio minyak trafo yang akan di timbang massa dari bio minyak trafo menggunakan timbangan analitik. Nilai massa jenis didapatkan dari nilai perhitungan dengan rumus berikut:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (1)$$

ρ = Massa Jenis (gram/cm³)

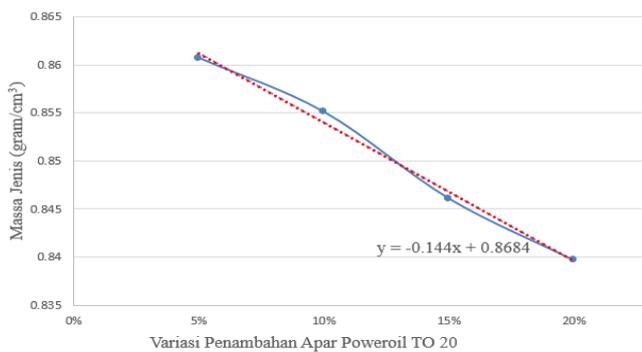
m = Massa (gram)

v = Volume (ml)

TABEL I
HASIL PENGUJIAN MASSA JENIS

Variasi		Massa	Massa	Massa Jenis
Apar	Pengulangan	(gram)	Cairan	(gram/cm ³)
Poweroil			(gram)	
TO 20				
5%	1	54,8850	21,2753	0,860791
	2	54,8851	21,2754	0,860795
	3	54,8801	21,2704	0,860592
	Rata-rata	54,8834	21,2737	0,860726
10%	1	54,7464	21,1367	0,855183
	2	54,7453	21,1356	0,855138
	3	54,7469	21,1372	0,855203
	Rata-rata	54,7462	21,1365	0,855175
15%	1	54,5205	20,9108	0,846043
	2	54,5243	20,9146	0,846197
	3	54,5264	20,9167	0,846282
	Rata-rata	54,5237	20,9140	0,846174
20%	1	54,3654	20,7557	0,839768
	2	54,3689	20,7592	0,839909
	3	54,3633	20,7536	0,839683
	Rata-rata	54,3659	20,7562	0,839787

Berdasarkan standar yang sudah ditetapkan SPLN 49-1 tahun 1982 nilai massa jenis dari sebuah minyak transformator harus memiliki nilai maksimal sebesar 0,8957 gram/cm³, dari keempat sampel dengan penambahan variasi Apar Poweroil TO 20 nilai massa jenis bio minyak trafo sudah memenuhi standar SPLN 49-1 tahun 1982. Dari hasil pengujian nilai rata-rata, hubungan penambahan variasi Apar Poweroil TO 20 terhadap nilai massa jenis di konversi ke dalam bentuk grafik regresi linier, dapat dilihat pada Gambar 2.



Gbr. 2. Grafik massa jenis

Dari grafik pada Gambar 2 dapat diketahui. Penambahan variasi persentase dari Apar Poweroil TO 20 mampu mengurangi nilai massa jenis dari bio minyak trafo, dari perhitungan regresi setiap penambahan persentase dari Apar Poweroil TO 20 sebesar 5% mampu menurunkan nilai massa jenis sebesar 0,007 gram/cm³. Dan dapat diketahui pada tabel 3 tabel hasil pengujian massa jenis bio minyak trafo pada persentase penambahan Apar Poweroil TO 20 sebesar 5% yaitu 0,8607 gram/cm³, pada penambahan variasi Apar Poweroil TO 20 10% menurunkan nilai massa jenis sebesar 0,7% yaitu 0,8551 gram/cm³, pada penambahan variasi Apar Poweroil TO 20 15% nilai massa jenis menurun sebesar 0,7% menjadi 0,8461 gram/cm³, dan pada penambahan variasi Apar Poweroil TO 20 sebesar 20% nilai massa jenis semakin menurun 0,7% menjadi 0,8397

gram/cm³. Penambahan variasi Apar Poweroil TO 20 terhadap campuran minyak kemiri sunan dengan penambahan zat aditif BHT mempengaruhi nilai massa jenis dan menyebabkan membaiknya nilai massa jenis dari bio minyak trafo, sesuai dengan SPLN 49-1 tahun 1982. Pengujian massa jenis sangat penting dipertimbangkan pada minyak transformator, karena berkaitan dengan homogenitas minyak dan pengapungan endapan atau lumpur yang dapat menimbulkan terjadinya kebakaran [8].

B. Pengujian Viskositas Kinematik

Tujuan dilakukannya pengujian viskositas kinematik yaitu untuk mengetahui tingkat kekentalan dari bio minyak trafo berbahan dasar minyak kemiri sunan dengan penambahan zat aditif BHT, terhadap penambahan variasi Apar Poweroil TO 20. Pada pengujian viskositas kinematik didapat beberapa parameter pengujian yaitu volume cair yang mengalir 2983 mm³, tinggi viscometer 30mm, tekanan 1 atm, jari-jari 8 mm. parameter ini merupakan nilai parameter dari viskometer *otswald*. Adapun rumus viskositas yang dirumuskan oleh Poisseuille sebagai berikut:

$$\mu = \frac{\pi Pr^4 t}{vl} \quad (2)$$

Keterangan:

μ = viskositas (cSt)

p = tekanan (atm)

t = lamanya aliran (s)

v = volume cairan yang mengalir (ml)

l = panjang/tinggi tabung (mm)

r = jari-jari tabung (mm)

ρ = massa jenis (gram/cm³)

Rumus viskositas yang ini merupakan rumus viskositas dinamsi, akan tetapi rumus viskositas yang umum digunakan yaitu viskositas kinematik, dimana rumus

viskositas kinematik merupakan pembagian dari rumus viskositas dinamis dibagi dengan massa jenis yang dirumuskan sebagai berikut [9]:

$$V = \frac{\mu}{\rho} \tag{3}$$

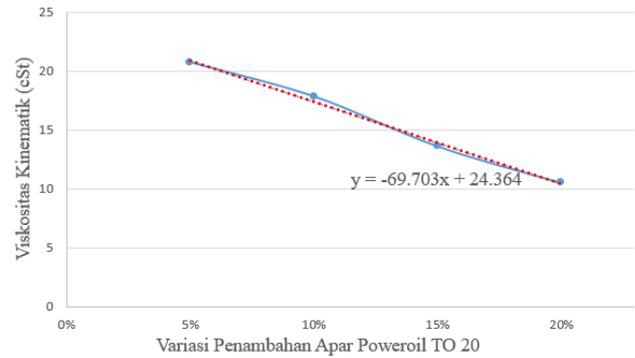
Pengujian viskositas kinematik ini dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan pada setiap sampel, pengulangan ini bertujuan untuk mendapatkan nilai yang akurat dari hasil pengujian. Hasil pengujian viskositas kinematik dapat dilihat pada Tabel 3.

TABEL III
HASIL PENGUJIAN VISKOSITAS KINEMATIK

Variasi Apar	Pengulangan	Laju Alir (s)	Massa Jenis (gram/cm ³)	Viskositas kinematik (cSt)
5%	1	126	0,860791	21.0371
	2	124	0,860795	20.7031
	3	122	0,860592	20.3740
	Rata-rata	124	0,860726	20.7048
10%	1	107	0,855183	17.9820
	2	106	0,855138	17.8149
	3	105	0,855203	17.6455
	Rata-rata	107	0,855183	17.9820
15%	1	80	0,846043	13.5897
	2	81	0,846197	13.7571
	3	79	0,846282	13.4161
	Rata-rata	80	0,846174	13.5876
20%	1	63	0,839768	10.7819
	2	61	0,839909	10.4378
	3	60	0,839683	10.2695
	Rata-rata	61.33	0,839787	10.4964

Berdasarkan standar yang sudah ditetapkan SPLN 49-1 tahun 1982 nilai viskositas kinematik dari sebuah minyak transformator harus memiliki nilai maksimal sebesar 40 cSt, dari keempat sampel dengan penambahan variasi Apar

Poweroil TO 20 nilai viskositas kinematik dari bio minyak trafo sudah memenuhi standar SPLN 49-1 tahun 1982. Dari hasil pengujian nilai rata-rata, hubungan penambahan variasi Apar Poweroil TO 20 terhadap nilai viskositas kinematik di konversi ke dalam bentuk grafik regresi linier, dapat dilihat pada Gambar 3.



Gbr. 3. Grafik pengaruh penambahan apar poweroil TO 20

Dari grafik pada Gambar 3 dapat diketahui. Penambahan variasi persentase dari Apar Poweroil TO 20 mampu mengurangi nilai viskositas kinematik dari bio minyak trafo, dari perhitungan regresi setiap penambahan persentase dari Apar Poweroil TO 20 sebesar 5% mampu menurunkan nilai viskositas kinematik sebesar 3,48 cSt. Dan dapat diketahui pada tabel 4 tabel hasil pengujian viskositas kinematik bio minyak trafo pada persentase penambahan Apar Poweroil TO 20 sebesar 5% yaitu 20,70 cSt, pada penambahan variasi Apar Poweroil TO 20 10% menurunkan nilai massa jenis sebesar 3,48 cSt yaitu 17,98 cSt, pada penambahan variasi Apar Poweroil TO 20 15% nilai viskositas kinematik menurun sebesar 3,49 cSt menjadi 13.58 cSt, dan pada penambahan variasi Apar Poweroil TO 20 sebesar 20% nilai viskositas kinematik semakin menurun 3,48 cSt menjadi 10,49 cSt. Penambahan variasi Apar Poweroil TO 20 terhadap campuran minyak kemiri sunan dengan penambahan zat adiktif BHT sangat mempengaruhi nilai viskositas kinematik dan menyebabkan membaiknya nilai viskositas kinematik dari bio minyak trafo, sesuai dengan

SPLN 49-1 tahun 1982. semakin rendah nilai viskositas kinematik maka semakin baik suatu bahan minyak untuk isolasi cair transformator [1].

C. Kelayakan Bio Minyak Trafo sebagai Alternatif Isolasi Cair Transformator Daya 150 kVA

TABEL IIIII
PERBANDAINGAN NILAI MASSA JENIS

Konsentrasi Apar Poweroil TO 20	Massa Jenis (gram/cm ³)	
	Hasil Pengujian	SPLN-1982
5%	0,8607	< 0,8957
10%	0,8551	
15%	0,8461	
20%	0,8397	

TABEL IVV
PERBANDAINGAN NILAI VISKOSITAS KINEMATIK

Konsentrasi Apar Poweroil TO 20	Viskositas kinematik (cSt)	
	Hasil Pengujian	SPLN-1982
5%	20.7	< 40
10%	17.9	
15%	13,5	
20%	10,4	

Dari data-data hasil pengujian yang didapat, penambahan varisasi Apar Poweroil TO 20 dengan persentase penambahan sebesar 5%, 10%, 15%, dan 20% pada sampel bio minyak trafo yang berbahan dasar minyak kemiri sunan dengan penambahan zat aditif *Butylated Hydroxytoulene* (BHT), mampu memperbaiki karakteristik dari bio minyak trafo khususnya dari segi karakteristik fisika. Untuk karakteristik fisika dari pengujian bio minyak trafo yang

mengalami peningkatan kualitasnya yaitu nilai massa jenis dan viskositas kinematik.

Nilai massa jenis yang didapat pada hasil pengujian bio minyak trafo dengan penambahan variasi Apar Poweroil TO 20 pada penelitian ini bisa dikatakan bahwa bio minyak trafo memenuhi standar SPLN 49-1 Tahun 1982, dimana nilai massa jenis minyak trafo harus memiliki nilai < 0,8957 gram/cm³. Pada hasil pengujian untuk nilai massa jenis dengan penambahan persentase Apar Poweroil TO 20 sebesar 5% memiliki nilai massa jenis 0,8607 gram/cm³, pada penambahan persentase 10% yaitu 0,8551 gram/cm³, pada penambahan persentase 15% yaitu 0,8461 gram/cm³, dan pada penambahan persentase 20% memiliki nilai massa jenis paling rendah yaitu 0,8397 gram/cm³. Dimana data hasil pengujian massa jenis bio minyak trafo menunjukkan nilai dibawah batas maksimum yang sudah ditentukan oleh SPLN 49-1 Tahun 1982, hal ini bisa diartikan bahwa semakin rendah nilai massa jenis suatu minyak trafo maka semakin baik untuk dijadikan bahan baku isolasi cair transformator. Pengujian karakteristik fisika yaitu pengujian massa jenis sangat penting dipertimbangkan pada minyak transformator karena berkaitan dengan homogenitas minyak dan pengapungan endapan atau lumpur yang dapat menimbulkan terjadinya kebakaran [8].

Selanjutnya nilai viskositas atau tingkat kekentalan pada suatu bahan minyak trafo, harus memiliki nilai yang sesuai dengan standar SPLN 49-1 Tahun 1982 yaitu < 40 cSt. Dimana bio minyak trafo dengan penambahan variasi Apar Poweroil TO 20 bisa dikatakan memenuhi standar karena nilai viskositas kinematik berada dibawah standar SPLN 49-1 Tahun 1982, dimana semakin rendah nilai viskositas kinematik maka semakin baik suatu bahan minyak untuk isolasi cair transformator[1]. Nilai viskositas kinematik dari pengujian bio minyak trafo yaitu pada penambahan persentase Apar Poweroil 5% yaitu 20.7 cSt, dengan persentase penambahaha 10% nilai viskositas kinematik 17.9

cSt, dengan persentase penambah 10% nilai viskositas 13.5 cSt, dan pada penambahan persentase 20% yaitu 10.4 cSt.

D. *Persentase Komposisi Bio Minyak Trafo*

Dari analisa data menggunakan perhitungan regresi linier dan menggunakan perhitungan korelasi, serta data hasil pengujian dibandingkan dengan standar SPLN 49-1 Tahun 1982 untuk mengetahui kelayakan dan komposisi yang sesuai dari bio minyak trafo sebagai alternatif isolasi cair transformator daya 150 kVA. Pada parameter pengujian karakteristik fisika, yaitu pengujian massa jenis dan pengujian viskositas kinematik dengan komposisi penambahan persentase Apar Poweroil TO 20 sebesar 5%, 10%, 15%, dan 20% menunjukkan hasil pengujian yang memenuhi standar. Untuk setiap penambahan persentase Apar Poweroil TO 20 sebesar 5% pada bio minyak trafo dapat menurunkan nilai massa jenis sebesar $0,007 \text{ gram/cm}^3$. Serta pada nilai viskositas kinematik setiap penambahan Poweroil TO 20 sebesar 5% dapat menurunkan nilai viskositas kinematik bio minyak trafo sebesar 3,48 cSt. Jadi penambahan persentase Apar Poweroil TO 20 sebesar 5%, 10%, 15%, dan 20% pada sampel bio minyak trafo merupakan komposisi yang baik, dikarenakan dengan komposisi tersebut hasil pengujian karakteristik fisika yaitu massa jenis dan viskositas kinematik menunjukkan hasil yang sesuai dengan standar SPLN 49-1 Tahun 1982. Dimana penambahan dari Apar Poweroil TO 20 ini memiliki peranan yang sangat penting yaitu mampu menurunkan nilai viskositas kinematik maupun nilai massa jenis dari bio minyak trafo.

E. *Prediksi Nilai Tegangan Tembus Bio Minyak Trafo dengan Penambahan Apar Poweroil TO 20*

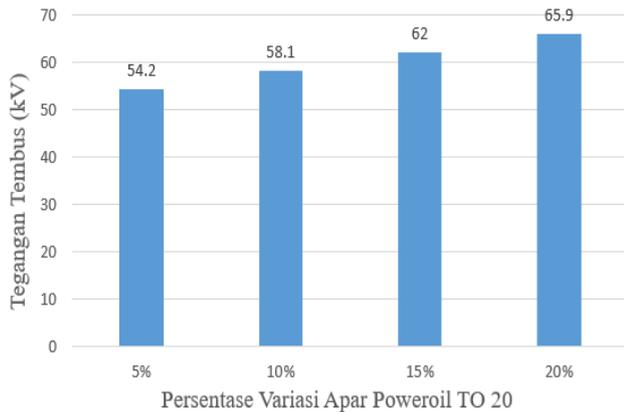
Dari data-data pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, untuk memprediksi berapa nilai tegangan tembus yang dihasilkan setelah ditambahkan Variasi Apar Poweoil TO 2 dari bio minyaktrafo berbahan dasar

minyak kemiri sunan dengan BHT. Apakah dengan penambahan variasi Apar Poweroil TO 20 nilai tegangan tembus dari bio minyak trafo bisa memenuhi standar atau tidak memnuhi standar. Berikut tabel prediksi nilai tegangan tembus setelah penambahan variasi Apar Poweroil TO 20 dari bio minyak trafo. Dimana pada penelitian ini terdapat 4 sampel dengan penambahan variasi Apar yang berbeda. Komposisi A terdiri dari campuran minyak kemiri sunan 800ml dan BHT 200ml dimana total komposisi A, akan dikurangi setiap sampelnya sebesar 5%, 10%, 15% dan 20%, dan setelah itu ditambahkan Apar Poweroil TO 20 sampai setiap sampel menjadi 1000ml atau sesuai dengan persentase pengurangan pada setiap sampelnya.

TABEL V
PREDIKSI NILAI TEGANGAN TEMBUS SECARA MATEMATIS

	Jumlah Komposisi (ml)			Prediksi Tegangan Tembus (kV)
	KomposisiI	Apar TO	Persentase Apar TO	
Kapasitas		20		
1000 ml	950	50	5%	54.248
	900	100	10%	58.156
	850	150	15%	62.064
	800	200	20%	65.972

Sebagai contoh pada sampe pertama dengan penambahan persentase Apar TO 20, komposisi A sebesar 900ml (760ml minyak kemiri sunan dan 190ml BHT) dengan ditambahkan 5% (50ml) Apar Poweroil TO 20 sehingga nilai prediksi tegangan tembus sebesar 54,24 kV. Untuk sampel yang ke empat yaitu Komposisi A sebesar 800ml (640ml minyak kemiri sunan dan 160ml BHT) dengan ditambahkan persentase ditambahkan 20% (200ml) Apar Poweroil TO 20 sehingga nilai prediksi tegangan tembus sebesar 65.97 kV.



Gbr. 4. Grafik prediksi nilai tegangan tembus bio minyak trafo

Dari Grafik 4 penambahan variasi Apar Poweroil TO 20, dari hasil perhitungan prediksi secara matematis memiliki nilai tegangan tembus yang cukup baik dan sudah memenuhi standar SPLN 49-1 Tahun 1982 nilai tegangan tembus >30 kV/2,5mm. Penambahan variasi Apar Poweroil TO 20 memiliki peran penting yaitu dapat menurunkan nilai massa jenis maupun nilai viskositas [3].

KESIMPULAN

Penambahan variasi Apar Poweroil TO 20 pada setiap sampel mempengaruhi karakteristik fisika dari bio minyak trafo sebagai alternatif isolasi cair transformator. Semakin besar penambahan variasi dari Apar Poweroil TO 20, maka nilai massa jenis dan nilai viskositas kinematik menunjukkan nilai yang semakin membaik sesuai dengan SPLN 49-1 Tahun 1982. Dimana pada penambahan Apar Poweroil TO 20 sebesar 5%, 10%, 15% dan 20% nilai massa jenis menurun dari 0,8607 gram/cm³ hingga 0,8397 gram/cm³ dan nilai viskositas kinematik dari 20.7 cSt hingga 10.4 cSt.

Berdasarkan hasil pengujian karakteristik fisika yaitu pengujian massa jenis dan pengujian viskositas kinematik untuk persentase komposisi bio minyak trafo semuanya menunjukkan hasil yang baik, komposisi tersebut yaitu pada variasi Apar Poweroil TO 20 sebanyak 5%, 10%, 15% dan 20%. Dimana dari empat persentase tersebut nilai massa

jenis dan viskositas kinematik memenuhi standar SPLN 49-1 Tahun 1982.

SARAN

Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan pengujian tentang karakteristik elektrik yaitu pengujian tegangan tembus secara langsung agar dapat mengetahui nilai tegangan tembus apakah sesuai dengan hasil prediksi dan juga dilakukan pengujian skala warna agar dapat memaksimalkan data parameter kelayakan minyak kemiri sunan sebagai bahan baku utama alternatif isolasi cair transformator yang sesuai dengan standar SPLN 49-1 Tahun 1982.

REFERENSI

- [1] Adibah, F. (2016). Studi Karakteristik Minyak Jarak Sebagai Alternatif Isolasi Cair pada Transformator Daya Menggunakan Destilasi Vakum dengan Variasi Venol.
- [2] Anillah, A., & Pranowo, D. (2012). Karakteristik Biodiesel Kemiri Sunan [Reutealis trisperma (Blanco) Airy Shaw] Menggunakan Proses Transesterifikasi Dua Tahap. *Buletin RISTRI*, 193-200.
- [3] Cippratama, R. (2017). Karakteristik Minyak Jarak Sebagai Alternatif Pengganti Minyak Transformator dengan Variasi Fenol dan Apar Poweroil TO 20. *Teknik Elektro Universitas Jember*.
- [4] Firmansyah, A. (2019). Analisis Pengaruh BHT Terhadap Karakteristik Minyak Kemiri Sunan Sebagai Alternatif Isolasi Cair Transformator Daya.
- [5] Kurahman, H. T., & Abduh, S. (2016, Februari). Studi Tegangan Tembus Minyak Kemiri Sunan Sebagai Alternatif Pengganti Minyak Transformator Daya. *Jetri*, 13, 11-28.
- [6] Marsudi, D. (2011). *Pembangkitan energi listrik*. (W. Santika, & L. Simarmata, Eds.) Jakarta: Erlangga.
- [7] Perdana, F. (2017). Studi Karakteristik Minyak Kemiri Sunan Sebagai Alternatif Pengganti Minyak Transformator dengan Penambahan Aditif Venol.
- [8] Sofyan, Ruslan, L., & Efendi, A. (2018). Studi Penuaan Minyak Transformator Distribusi. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M)*, pp. 63-71.
- [9] Syakir, M., & Karmawati, E. (2013). *Bahan Bakar Nabati Kemiri Sunan*. IAARD.

- [10] Wibowo, W. K., Yuningtyastuti, & Syakur, A. (2008). Analisis Karakteristik Breakdown Voltage Pada Dielektrik Minyak Shell Diala B Pada Suhu 30°C-130°C.