

PENGARUH KONTAMINAN AIR TERHADAP TEGANGAN TEMBUS PADA MINYAK TRANSFORMATOR DAN MINYAK KELAPA MURNI

Andri Suherman¹, Herudin², Endina Puspitasari²

¹Pendidikan Fisika, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

² Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Email: andris_mada@yahoo.com

Abstract

Isolation is property of material which can separate electrically two conductors ,in order not happened electrical jumping.If terminal voltage reach defined high level ,happened breakdown ,causing electrical current in the isolation material ,so isolation material fails its function.Liquid isolation is often used as isolation medium and transformator cooling.Liquid isolation ,in general , uses mineral oil because it has good absorption power of heat and good dielectrict characteristics as isolator.Because its property is not familiar to environment,it is needed to find solution to overcome the problem.It was tried to research characteristics of organic oil namely coconut oil as substitution of mineral oil ,to know water contaminant influencing to some parameters like punch-through voltage ,viscosity,and neutrality number.The testing result for new transmomator oil was gained punch-through voltage average 55.9 kV ,water content 18,1 ppm, viscosity 8.52 cST,and neutrality number 0.0015 mgKOH/g.The testing result for pure coconut oil was gained punch-through voltage 13.6 kV ,water content 158.1 ppm,viscosity 27.3 cST,and neutrality number 1.69 mgKOH/g.Water contamination influencing of new transmomator oil to punch-through voltage 1% - 5% and pure coconut oil 6,06% - 8.13%.

Keywords : *Isolation oil, pure coconut oil, punch-through voltage, viscosity, water content*

Abstrak

Isolasi adalah sifat bahan yang dapat memisahkan secara elektris dua buah penghantar agar tidak terjadi lompatan listrik. Apabila tegangan yang diterapkan mencapai tingkat ketinggian tertentu akan terjadi *breakdown* yang menyebabkan aliran arus dalam bahan isolasi, bahan isolasi tersebut gagal melaksanakan fungsinya sebagai isolasi. Isolasi cair berupa minyak banyak digunakan sebagai media isolasi dan pendingin transformator. Isolasi cair pada umumnya menggunakan minyak mineral karena mempunyai daya serap panas yang baik dan memiliki karakteristik dielektrik yang bagus sebagai isolator, namun karena sifatnya yang kurang ramah lingkungan, maka perlu dicari solusi untuk mengatasinya sehingga dicoba meneliti karakteristik minyak organik dalam hal ini minyak kelapa murni sebagai pengganti isolasi cair minyak mineral sekaligus untuk mengetahui pengaruh kontaminasi air terhadap parameter, seperti tegangan tembus, viskositas, dan angka kenetralannya. Dari hasil pengujian minyak transformator baru dan minyak kelapa murni diperoleh nilai tegangan tembus rata-rata, water content, viskositas, dan kenetralan sebesar 55,9 kV, 18,1 ppm, 8,52 cSt, 0,0015 mgKOH/g sedangkan minyak kelapa murni sebesar 13,6 kV, 158,1 ppm, 27,3 cSt, 1,69 mgKOH/g. Pengaruh kontaminasi air 1% - 5% terhadap tegangan tembus minyak transformator baru menurun hingga 6.06% - 8,13% pada minyak kelapa murni.

Kata kunci: minyak isolasi, minyak kelapa murni, tegangan tembus, viskositas, kadar air

PENDAHULUAN

Minyak-minyak isolasi berbasis minyak bumi telah minyak digunakan pada transformator di berbagai belahan dunia. Hasil pemakaian minyak mineral yang sangat bagus, faktor ketersediaan, dan biaya yang relatif murah menyebabkan minyak mineral menjadi pilihan utama hingga saat ini. Untuk tempat – tempat yang rawan kebakaran, seperti instalasi minyak bumi, instalasi kimia, dan kawasan minyak hunian yang padat, transformator umumnya menggunakan minyak mineral temperatur tinggi (*high temperature mineral oils*).

Minyak transformator merupakan media isolasi dan pendingin pada transformator. Oleh karena itu, kemurnian dari minyak transformator harus selalu diperhatikan. Ketidakmurnian dapat muncul dalam minyak transformator baru akibat proses pembuatan atau selama proses penyimpanan maupun selama pemakaian akibat pengaruh lingkungan, seperti uap air, gas, partikel padat dan lain-lain. Di samping itu temperatur minyak transformator harus selalu dijaga karena dapat menyebabkan terjadinya pemuaiannya sehingga memungkinkan terjadinya kontaminasi akibat pertambahan volume. Semua faktor tersebut merupakan penyebab timbulnya rugi-rugi dielektrik

minyak transformator yang dapat menyebabkan kekuatan dielektrik minyak transformator menjadi berkurang.

Kriteria pemilihan material tidak hanya ditentukan oleh nilai dan pemakaian semata tetapi aspek lingkungan dan biaya siklus hidup total secara keseluruhan harus menjadi bagian dari pertimbangan. Material yang akan digunakan sebagai minyak isolasi harus memenuhi sejumlah syarat minimum yang berkenaan dengan kesehatan dan aspek lingkungan, misalnya tidak beracun, *biodegradable*, diperoleh dari sumber terbarukan, dan memiliki resiko degradasi yang kecil.

Berdasarkan pertimbangan di atas, maka dilakukan penelitian terhadap minyak kelapa murni sebagai objek penelitian karena minyak kelapa murni biaya produksinya murah dan mudah dalam pengolahannya serta bahan dasarnya dapat diperbaharui. Pengujian yang dilakukan dilihat dari beberapa parameter dan fenomena yang terjadi apabila dikontaminasi dengan air begitupun dengan minyak transformator ditinjau dari nilai tegangan tembus, viskositas, kadar air (*water content*), dan angka kenetralan.

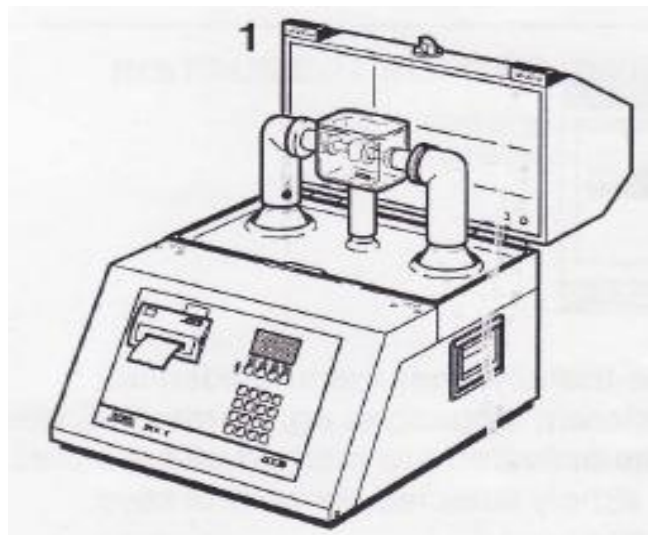
Agar pembahasan penelitian ini tidak meluas, maka perlu adanya batasan masalah sebagai berikut:

1. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian tegangan tembus, kekentalan (*viscosity*), kadar air (*water content*), dan angka kenetralan.
2. Pengujian tegangan tembus menggunakan elektroda setengah bola dan jarak sela elektroda sebesar 2,5 mm.
3. Tegangan yang diterapkan untuk pengujian tegangan tembus adalah

tegangan AC (bolak – balik) frekuensi 50 hertz.

METODE

Minyak yang digunakan untuk pengujian, yaitu minyak transformator baru dan minyak kelapa murni. Alat uji minyak transformator yang dipakai adalah *Baur Oil Tester DTA 100C*. Pengujian tegangan tembus ini juga menggunakan elektroda setengah bola dengan diameter 2,5 mm.



Gambar 1. *Baur Oil Tester DTA 100C*

Pengujian yang akan dilakukan ada dua tahap, yaitu pengujian minyak transformator baru dan minyak kelapa murni. Dan setelah itu akan dilakukan pengujian pada kedua sampel minyak tersebut dengan variasi kontaminan air sebesar 1% sampai dengan 5%.

Minyak isolasi transformator baru dan minyak kelapa murni sebelum dikontaminan dengan air diuji tegangan tembus dan parameter lainnya untuk mendapatkan nilai perbandingannya dengan minyak yang sudah dikontaminan air.

Adapun standar – standar spesifikasi minyak isolasi baru yang dipakai, yaitu sebagai berikut:

Tabel 1. Spesifikasi Minyak Isolasi Baru Menurut IEC 60296-2003

No	Parameter Uji	Batasan
1	Viskositas	<i>Max.</i> 12 cSt
2	Titik Tuang	<i>Max.</i> -40°C
3	Kadar Air	<i>Max.</i> 30 mg/kg
4	Tegangan Tembus:	
	- Sebelum <i>Treatment</i>	<i>Min.</i> 30 kV/2.5 mm
	- Setelah <i>Treatment</i>	<i>Min.</i> 70 kV/2.5 mm
5	Densitas pada 20°C	<i>Max.</i> 0,895 g/ml
6	Kenetralan	<i>Max.</i> 0,01 mg KOH/kg

Tabel 2. Spesifikasi Minyak Isolasi Baru Menurut SPLN 49 – 1: 1982

No	Sifat Minyak Isolasi	Satuan	Kelas 1	Kelas 2
1	Kejernihan	-	Jernih	Jernih
2	Massa Jenis (20°C)	g/cm ³	≤ 0,895	≤ 0,895
3	Viskositas Kinematik			
	-20°C	cSt	≤ 40	≤ 25
	-15°C	cSt	≤ 800	-
	-30°C	cSt	-	≤ 1800
4	Titik Nyala	°C	≥ 140	≥ 130
5	Titik Tuang	°C	< 0,03	< 0,03
6	Angka Kenetralan	mgKOH/g	Tidak korosif	Tidak korosif
7	Korosi Belerang			
8	Tegangan Tembus			
	a. Sebelum diolah	kV/2.5mm	≥ 30	≥ 30
	b. Sesudah diolah		≥ 50	≥ 50
9	Faktor Kebocoran Dielektrik		≤ 0,05	≤ 0,05
10	Ketahanan Oksidasi			
	a. Angka kenetrala	mgKOH/g	≤ 0,40	≤ 0,40
	b. Kotoran	%	≤ 0,10	≤ 0,10

HASIL DAN PEMBAHASAN**Pengujian Tegangan Tembus, *Water Content*, Viskositas, Dan Kenetralan Sebelum Dikontaminan Dengan Air**

Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 3. dan 4.

Tabel 3. Hasil Pengujian Tegangan Tembus, *Water Content*, Viskositas, Dan Kenetralan Pada Minyak Transformator Baru

No	Tegangan Tembus	<i>Water Content</i>	Viskositas	Kenetralan
1	58,2 kV			
2	10,1 kV			
3	69,0 kV			
4	67,0 kV	18,1 ppm	8,52 cSt	0,0015 mgKOH/g
5	64,0 kV			
6	67,2 kV			
<i>Average: 55,9 kV</i>				

Tabel 4. Hasil Pengujian Tegangan Tembus, *Water Content*, Viskositas, Dan Kenetralan Pada Minyak Kelapa Murni

No	Tegangan Tembus	<i>Water Content</i>	Viskositas	Kenetralan
1	11,0 kV			
2	10,9 kV			
3	13,3 kV			
4	13,3 kV	1582,1 ppm	27,3 cSt	1,69 mgKOH/g
5	15,4 kV			
6	17,6 kV			
<i>Average: 13,6 kV</i>				

Dari tabel 3 dan 4 dapat dilihat bahwa minyak transformator baru memiliki tegangan tembus lebih besar dibandingkan dengan minyak kelapa murni. Hal ini terjadi karena dari data yang di dapat

kandungan air dalam minyak kelapa murni lebih besar dibandingkan dengan minyak transformator baru. Adanya air dalam minyak isolasi akan menurunkan tegangan tembus dan tahanan jenis minyak isolasi,

juga adanya air ini akan mempercepat kerusakan kertas pengisolasi (*insulating paper*). Untuk itu pemeriksaan yang rutin (*periodic*) terhadap transformator ini akan dapat mencegah sedini mungkin kerusakan isolasi minyak [5].

Viskositas atau biasa disebut kekentalan sangat penting pada isolasi cair. Hal ini dikarenakan viskositas berpengaruh pada kemurnian isolasi cair (banyaknya kontaminan partikel padat) dan pendinginan suatu peralatan listrik. Selain sebagai isolasi biasanya isolasi cair juga berfungsi dalam proses pendinginan. Viskositas menentukan kemudahan suatu molekul bergerak karena adanya gesekan antar lapisan material. Karenanya viskositas menunjukkan tingkat ketahanan suatu cairan untuk mengalir. Semakin besar viskositas maka aliran akan semakin lambat. Isolasi cair yang baik haruslah

mempunyai viskositas yang rendah sehingga kemungkinan isolasi cair terkontaminasi akan kecil. Selain itu jika viskositas isolasi cair rendah, proses sirkulasi isolasi cair pada peralatan listrik akan berlangsung dengan baik sehingga akhirnya pendinginan ini dan belitan transformator dapat berlangsung dengan sempurna [5].

Angka kenetralan merupakan angka yang menunjukkan penyusun asam dan dapat mendeteksi ada tidaknya kontaminasi di dalam minyak. Selain itu angka kenetralan merupakan petunjuk umum untuk menentukan apakah minyak yang sedang dipakai harus diganti atau diolah kembali. Semakin besar nilai keasaman pada minyak semakin turun tegangan tembus minyak tersebut.

Tabel 5 Hasil Pengujian Tegangan, Viskositas, Dan Angka Kenetralan Setelah Dikontaminasi Dengan Air

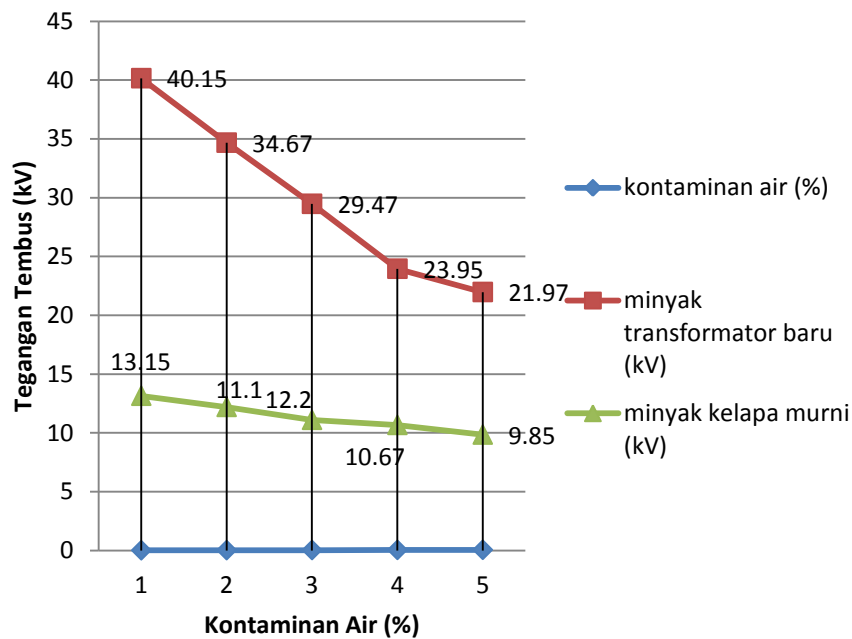
Parameter	Kontaminan air 1%		Kontaminan air 2%	
	Minyak Transformator	Minyak Kelapa Murni	Minyak Transformator	Minyak Kelapa Murni
Tegangan Tembus (kV)	40,15	13,15	34,67	12,2
Viskositas (cSt)	10,24	28,6	11,74	28,28
Kenetralan (mgKOH/g)	0,0073	1,793	0,0115	1,84

Tabel 6 Lanjutan Tabel 5

Kontaminan air 3%		Kontaminan air 4%		Kontaminan air 5%	
Minyak Transformator	Minyak Kelapa Murni	Minyak Transformator	Minyak Kelapa Murni	Minyak Transformator	Minyak Kelapa Murni
29,47	11,1	23,95	10,67	21,97	9,85
11,98	28,8	13,39	29,8	13,46	30,2
0,027	1,991	0,0392	3,193	0,0410	3,249

Hasil pengujian tegangan tembus, viskositas, dan angka kenetralan minyak transformator baru dan minyak kelapa murni yang sudah dikontaminan air kemudian dapat dihitung penurunan

relatifnya untuk mengetahui penurunan nilai pada penambahan tiap persennya. Berikut akan dijelaskan pada Gambar 2. sampai dengan Gambar 5.



Gambar 2. Hasil Pengujian Tegangan Tembus

Pada gambar 2. di atas hasil pengujian tembus pada minyak transformator baru mengalami penurunan

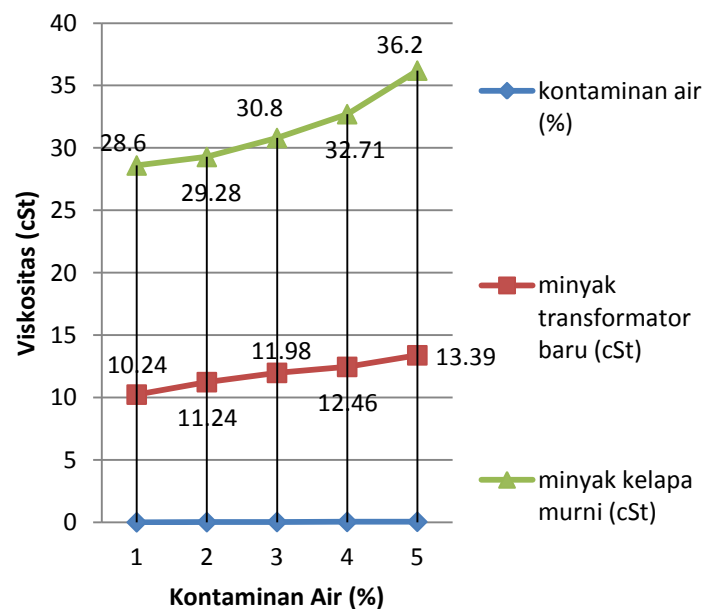
pada saat kontaminan air sebesar 2% dengan nilai tegangan tembus minyak sebesar 34,67 kV. Adapun perubahan

tersebut secara stabil menurun hingga kontaminan 5% dengan nilai tegangan tembus sebesar 21,97 kV. Hal ini disebabkan kekuatan dielektrik dan permitivitas yang lebih besar dari permitivitas zat cair, suatu gaya akan terjadi pada partikel yang mengarahkan ke daerah yang memiliki tekanan elektrik maksimum diantara kedua elektroda.

Dan hasil pengujian tegangan tembus pada minyak kelapa murni mengalami penurunan pada saat kontaminan 2% dengan nilai tegangan tembus minyak sebesar 12,2 kV. Penurunan terus terjadi sampai pada penambahan kontaminan air 5% dengan nilai tegangan tembus sebesar 9,85 kV.

Hal ini di sebabkan minyak kelapa murni memiliki kandungan air yang lebih besar dibandingkan minyak transformator baru. Jadi, jika ditambahkan lagi kandungan airnya tegangan tembus minyaknya semakin menurun.

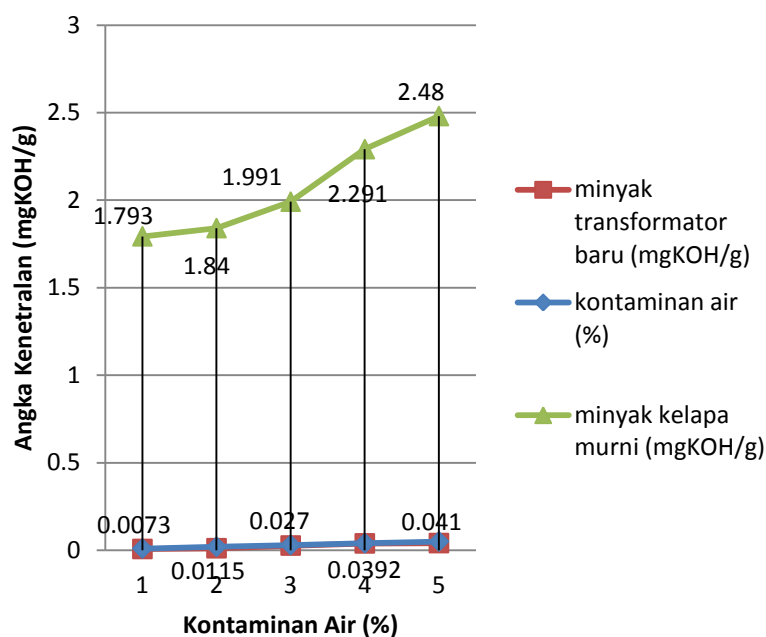
Dilihat dari nilai penurunan relatifnya, minyak transformator mengalami penurunan tegangan tembus lebih besar daripada minyak kelapa murni. Sama seperti yang telah disebutkan dalam bab sebelumnya bahwa tegangan tembus yang terlalu rendah menunjukkan adanya kontaminasi, seperti air, kotoran atau partikel konduktif dalam minyak.



Gambar 3. Hasil Pengujian Viskositas

Dari grafik dapat dilihat bahwa kontaminan air mempengaruhi nilai viskositas di lihat dari meningkatnya nilai viskositas pada penambahan kontaminan air tiap persennya. Pada minyak transformator baru memiliki kenaikan yang relatif lebih kecil daripada minyak kelapa murni. Dimulai dari nilai viskositas minyak transformator baru sebesar 10,24 cSt sampai nilai maksimalnya hanya 13,39 cSt. Sedangkan pada minyak kelapa murni lebih besar dengan nilai 28,6 cSt meningkat sampai dengan 36,2 cSt. Hal ini

disebabkan karena pengaruh demineralisasi air mengubah sifat kekentalan pada minyak. Viskositas berbanding lurus dengan berat molekul *solute*. Karena dengan adanya *solute* yang berat akan menghambat atau memberi beban yang berat pada cairan sehingga menaikkan viskositas. Jadi, semakin besar atau banyak kontaminan yang ditambahkan akan membuat nilai viskositas lebih besar (Maulida, 2010).



Gambar 4. Hasil Pengujian Kenetralan

Dari grafik dapat di lihat bahwa kontaminan air mempengaruhi angka kenetralan pada minyak transformator baru

tetapi kenaikannya tidak terlalu signifikan. Diawali dengan nilai sebesar 0,0073 mgKOH/g pada penambahan kontaminan

air 1% sampai nilai maksimalnya 0,041 mgKOH/g untuk 5%. Sedangkan pada minyak kelapa murni angka kenetralannya lebih besar dari minyak transformator baru dengan nilai 1,793 mgKOH/g pada kondisi 1% dan terus meningkat hingga 2,48 mgKOH/g untuk kondisi 5% walaupun kenaikannya tidak terlalu besar.

Hal ini disebabkan keasaman yang dimiliki oleh minyak kelapa murni sangat besar sehingga angka kenetralan minyak kelapa jauh lebih besar walaupun

kenaikannya tidak terlalu signifikan. Cairan isolasi listrik yang baik diperlukan harga kenetralan yang rendah.

Perbandingan Analisa Kontaminan Air Minyak Transformator Dan Minyak Kelapa Murni.

Perhitungan regresi linier digunakan untuk membandingkan penurunan tegangan tiap persen kontaminan air pada minyak transformator dan minyak kelapa murni.

Tabel 7. Hasil Data Pengukuran Tegangan Tembus Dengan Regresi Linier

No	k_i (%)	V_i (kV)	$k_i V_i$	k_i^2	V_i^2	
1	0	55,9	0	0	3124,81	
2	1	40,15	40,15	1	112,02	
3	2	34,67	69,34	4	1202,0	
4	3	29,47	88,41	9	868,48	
5	4	23,95	95,8	16	573,60	
6	5	21,97	109,85	25	482,68	
		$\Sigma k_i = 15$	$\Sigma V_i = 206,11$	$\Sigma k_i V_i = 403,55$	$\Sigma k_i^2 = 55$	$\Sigma V_i^2 = 7863,59$

Dengan, k_i = kontaminan air dan V_i = tegangan tembus

$$b = \frac{2421,3 - 3091,65}{330 - 225}$$

$$\bullet \quad b = \frac{n \Sigma k_i V_i - \Sigma k_i \Sigma V_i}{n \Sigma k_i^2 - (\Sigma k_i)^2}$$

$$b = \frac{-670,35}{105}$$

$$b = \frac{6(403,55) - (15)(206,11)}{6(55) - (225)}$$

$$b = -6,384$$

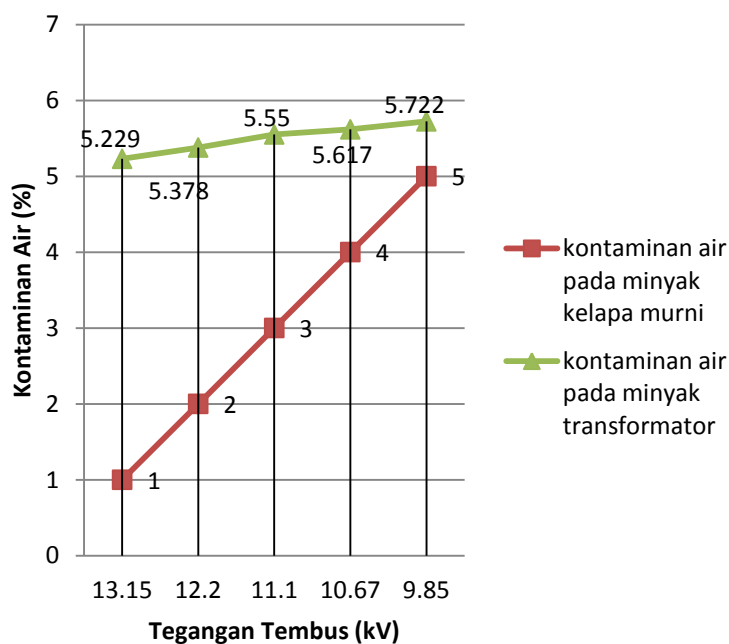
- $V = a + b (k_i)$

$$40,15 = a + (- 6,384) (1)$$

$$a = 46,534$$

Tabel 8. Hasil Perhitungan Metode Regresi Lanjar

No.	Tegangan Tembus (x)	Kontaminan Air	
		Minyak Transformator	Minyak Kelapa Murni
1	13,15	1	5,229
2	12,2	2	5,378
3	11,1	3	5,550
4	10,67	4	5,617
5	9,85	5	5,722



Gambar 5. Perhitungan Regresi Lanjar

Pada tabel dan grafik di atas merupakan hasil perhitungan dengan metode regresi lanjar. Diketahui bahwa pada saat nilai tegangan 13,15kV sampai 9,85kV, minyak transformator perlu diberikan kontaminan air lebih besar dari

minyak kelapa murni untuk mencapai tegangan yang sama sehingga dapat diketahui sampai pada kondisi berapa minyak transformator memiliki titik jenuh.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Nilai tegangan tembus minyak transformator baru, yaitu 55,9 kV, memenuhi standar yang telah ditetapkan menurut SPLN 49 tahun 1982, IEC 60296 - 2003, minyak transformator tergolong diatas standar (30 kV/2,5 mm). Harga *water content*, viskositas, dan angka kenetralan minyak transformator baru juga sesuai dengan standar. Tidak melebihi apa yang sudah ditetapkan pada standart SPLN 49 tahun 1982 dan IEC 60296 – 2003. Dimana nilai *water content* 18,1 ppm dengan standar max. 30mg/kg. Viskositas 8,52 cSt dengan standar 12 cSt dan kenetralan 0,0015 mgKOH/g dengan standar 0,03 mgKOH/g. Sedangkan nilai tegangan tembus minyak kelapa murni, yaitu 13,6 kV. Jauh dibawah rata – rata yang ditetapkan menurut SPLN 49 tahun 1982 dan IEC 60296 - 2003, minyak transformator tergolong diatas standar (30 kV/2,5 mm). Harga dari *water content*, viskositas, dan angka kenetralan minyak kelapa murni yang didapat pun tidak sesuai dengan apa yang sudah ditetapkan standar SPLN 49 tahun 1982 dan IEC 60296 – 2003. Dimana nilai *water content* 1582,1 ppm dengan standar max. 30mg/kg. Viskositas 27,3 cSt dengan standar 12 cSt

dan kenetralan 1,69 mgKOH/g dengan standar 0,03 mgKOH/g.

Setiap penambahan kontaminan air tiap persennya menyebabkan nilai dari tegangan tembusnya menurun sedangkan nilai parameter lainnya, seperti viskositas dan angka kenetralannya meningkat. Dari penurunan relatif minyak transformator baru pada tiap persen penambahan kontaminan di dapat hasil sebesar 12,13%, sedangkan minyak kelapa murni sebesar 5,51%. Adapun nilai tiap persen penambahan kontaminan air adalah 1% dari harga sampel, yaitu 400 ml. Minyak kelapa murni lebih rendah dalam penurunan relatif tegangan tembusnya karena tidak sebesar minyak transformator baru sehingga lebih baik. Dan minyak kelapa murni lebih ramah lingkungan karena tidak menyebabkan limbah beracun serta mudah didapatkan. Hasil perhitungan dengan metode regresi linier, yaitu pada saat nilai tegangan 13,15kV sampai 9,85kV, minyak transformator perlu diberikan kontaminan air lebih besar dari minyak kelapa murni untuk mencapai tegangan yang sama.

Saran

Menghilangkan tingkat keasaman dalam minyak kelapa murni untuk mencegah angka kenetralan yang tinggi. Minyak kelapa murni di harapkan dapat

digunakan untuk transformator dengan kV lebih kecil. Menggunakan minyak nabati lainnya sebagai perbandingan yang lebih baik.

Dapat melanjutkan penelitian dengan menghitung parameter lainnya, seperti titik tuang, titik nyala dan lainnya. Melanjutkan penelitian dengan berbagai macam jenis kontaminan sebagai perbandingan penelitian sebelumnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih pada keluarga tercinta atas motivasi selama penulis melakukan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Maulida, Rizky Hardiyatul, dan Erika Rani. 2010, *Analisis Karakteristik Pengaruh Suhu Dan Kontaminan Air Terhadap Viskositas Oli Menggunakan Rotary Viscometer*. Jurnal Neutrino Vol. 3, No. 1.