

## Pengaruh Variasi Suhu Destilasi Terhadap Karakteristik Minyak Jarak Sebagai Alternatif Isolasi Cair pada Transformator Daya

(Characteristic Of Castor Oil As An Alternative Insulation Liquid on Power Transformer Using Temperature Variation of Destillation)

Kirana Sari Widyaningrum<sup>1</sup>, Dedy Kurnia Setiawan<sup>2</sup>, Bambang Sri Kaloko<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember (UNEJ)

Jln. Kalimantan 37, Jember 68121

E-mail: kiranasariwidyaningrum@gmail.com<sup>1</sup>, dedy.kurnia@unej.ac.id<sup>2</sup>, bambangsrikaloko@yahoo.com<sup>3</sup>

### Abstrak

Minyak bumi yang semakin menipis menuntut inovasi alternatif isolasi cair, salah satunya adalah minyak jarak. Karakteristik minyak jarak mendekati karakteristik dari minyak isolasi cair transformator. Proses penyempurnaan minyak jarak sebagai alternatif minyak isolasi cair dapat dilakukan dengan metode destilasi vakum. Poin karakteristik isolasi cair yang perlu diteliti antara lain kekuatan dielektrik minyak, densitas, viskositas, dan warna. Pengujian karakteristik dilakukan pasca destilasi pada suhu 70°C-100°C dengan interval 10°C yang mengacu pada standar IEC dan ASTM. Peningkatan suhu destilasi dan suhu isolasi transformator berbanding lurus dengan nilai kekuatan dielektrik. Hasil pengujian nilai karakteristik minyak jarak meliputi kekuatan dielektrik 38,667 kV, nilai densitas 0,903 gr/cm<sup>3</sup>, skala warna 3,5.

**Kata Kunci:** Destilasi vakum, isolasi cair transformator daya, minyak jarak, standar IEC dan ASTM.

### Abstract

*Petroleum dwindling demand innovation insulating liquid alternatives, one of which is castor oil. Castor oil characteristics approaching the characteristics of liquid transformer insulating oil. Castor oil refining process as an alternative to liquid insulating oil can be achieved by vacuum distillation. Points liquid insulation characteristics that need to be investigated include oil dielectric strength, density, viscosity, color, and Dissolved Gas Analysis (DGA). Tests done after the distillation characteristics at 70 ° C-100 ° C with an interval of 10 ° C which refers to the IEC and ASTM standards. Increased distillation temperature and the temperature of isolation transformer is directly proportional to the value of the dielectric strength. The test results include the characteristic values of castor oil dielectric strength 38.667 kV, the density 0.903 g / cm3, the color scale 3.5.*

**Keywords:** Castor oil, IEC and ASTM standards, power transformers, vacuum distillation.

### PENDAHULUAN

Isolasi cair merupakan bagian vital untuk transformator daya dapat bekerja secara maksimal. Fungsi minyak isolasi cair pada transformator adalah pemisah secara elektrik dua buah penghantar agar tidak terjadi lompatan listrik. Selain sebagai isolasi, minyak transformator juga berfungsi sebagai pendingin transformator, sebagai peredam busur listrik, dan sebagai pelarut gas yang timbul[1]. Minyak isolasi transformator pada umumnya berbahan dasar minyak bumi, seperti Gulf, Nynas, Shell Diala B, dan Total. Seperti yang kita ketahui, ketersediaan minyak bumi yang merupakan minyak yang tidak dapat diperbaharui yang suatu saat akan habis. Inovasi penemuan alternatif minyak isolasi yang dapat diperbaharui dan dapat diproduksi secara massal terus dilakukan, salah satunya minyak jarak. Tanaman jarak merupakan tanaman yang tahan kekeringan dan mudah dikembangkan, yaitu dengan cara di stek [2].

Dalam hal ini, untuk mengoptimalkan inovasi minyak jarak sebagai alternatif minyak isolasi diperlukan suatu proses pengurangan pengotor dan pengujian karakteristik minyak jarak sebagai metode optimasi. Metode yang digunakan yaitu destilasi vakum dan pengujian sifat fisika

dan elektrik, pada minyak jarak. Metode destilasi vakum merupakan teknik pemisahan yang didasari atas perbedaan-perbedaan titik didih yang sangat tinggi, metode yang digunakan adalah dengan menurunkan tekanan lebih rendah dari 1 atm, sehingga titik didih menjadi rendah sehingga suhu yang digunakan untuk mendestilasi tidak perlu terlalu tinggi. Variasi suhu yang digunakan pada proses destilasi yaitu 50°C, 75°C, dan 100°C. Setelah melalui proses destilasi minyak jarak diuji sifat fisika, dan dielektrik. Pengujian sifat fisika disini meliputi massa jenis dan viskositas. Dan pengujian sifat elektrik yakni kekuatan dielektrik (tegangan tembus). Pengujian yang dilakukan mengacu pada standar IEC dan ASTM.

### TINJAUAN PUSTAKA

#### Destilasi Vakum

Secara mendasar destilasi merupakan proses pemisahan dua buah komponen yang memiliki perbedaan titik didih. Digunakan destilasi vakum karena perbedaan titik didih yang sangat tinggi, yaitu 313°C titik didih minyak jarak dan 100°C titik didih air.

#### Tegangan Tembus

Tegangan tembus merupakan salah satu parameter penting dalam menentukan keadaan minyak isolasi cair

transformator. Dari nilai tegangan tembus dapat diketahui parameter lain.

**Massa Jenis (r)**

Jika suhu naik, volume akan bertambah sehingga massa jenis akan berkurang. Besar kecilnya perubahan ini tergantung pada komposisi minyak. Dengan rumus massa jenis sebagai berikut:

$$\rho = \frac{m}{V} \tag{1}$$

Keterangan:

$\rho$  = massa jenis

$m$  = massa

$V$  = volume

**Viskositas**

Secara mekanika, viskositas kinematik dirumuskan oleh *Poiseuille* menurut hubungan berikut :

$$V = \frac{\pi Pr^4 t}{Vl\rho} \tag{2}$$

Keterangan :

$V$  = viskositas kinematik (cSt)

$P$  = tekanan (atm)

$r$  = jari-jari tabung (mm)

$l$  = panjang/tinggi tabung (mm)

$V$  = volume cairan yang mengalir (mL)

$t$  = lamanya aliran (s)

$\rho$  = massa jenis (gc/cm<sup>3</sup>)

**Standart Sifat Fisika Kimia Minyak Isolasi Tranformator**

Pengujian yang dilakukan mengacu pada standar IEC dan standar ASTM, yang ditunjukkan pada gambar 1 [3].

**METODE PENELITIAN**

Proses destilasi adalah salah satu metode pemisahan dua komponen, dalam hal ini memisahkan air dari minyak jarak. Setelah didestilasi, minyak jarak akan diuji sifat fisika dan sifat elektrisnya.

**Persiapan Alat dan Bahan**

Untuk proses awal sebelum dilakukan proses destilasi dan pengujian, persiapan alat dan bahan perlu diperhatikan kesesuaiannya terhadap standar IEC dan ASTM. Pada pengujian ini, bahan yang dipakai adalah minyak jarak murni.

**Proses Destilasi**

Dalam proses destilasi, awal yakni persiapan alat-alat dan pengecekan kondisi alat. Alat-alat yang digunakan yaitu labu, penangas, *steel head*, kondensor, labu penampung destilat, pompa vakum, dan termometer. Dalam proses destilasi, digunakan tiga (3) variasi suhu yaitu 50°C, 75°C, Transformator dan 100°C. Lama proses destilasi berlangsung yaitu 120 menit dalam setiap sampel.

Parameter	Standar	Metode	Pustaka
Warna	< 5	ASTM D 1500	PLN No.49/1/1982
Massa Jenis (20°C)	≤0,895g/cm <sup>3</sup>	IEC 296	PLN No.49/1/1982
Viskositas (20°C)	≤ 25	IEC 296	PLN No.49/1/1982

Tegangan Tembus	≥30 kV/2,5 mm	IEC 156	PLN No.49/1/1982
-----------------	---------------	---------	------------------

Gambar 1. Standart Sifat Fisika Kimia Minyak Isolasi

**Pengujian Tegangan Tembus**

Pengujian tegangan tembus mengacu pada standar IEC 156. Pengujian tegangan tembus menggunakan elektroda bola-bola dengan jarak sela 2,5 mm. Kenaikan tegangan tembus dibaikan 2 kV setiap 2 menit, sampai terjadi tegangan tembus. Untuk mendapatkan akurasi data, dilakukan pengujian 6 kali di setiap kenaikan tegangan.

**Pengujian Massa Jenis**

Pengujian massa jenis mengacu pada standar IEC 296, yakni pengujian pada suhu 20°C dan . Untuk mencari akurasi data dilakukan 3 kali pengulangan. Adapun alat yang dipakai yaitu piknometer, timbangan analitik, dan lemari pendingin.

**Pengujian Viskositas**

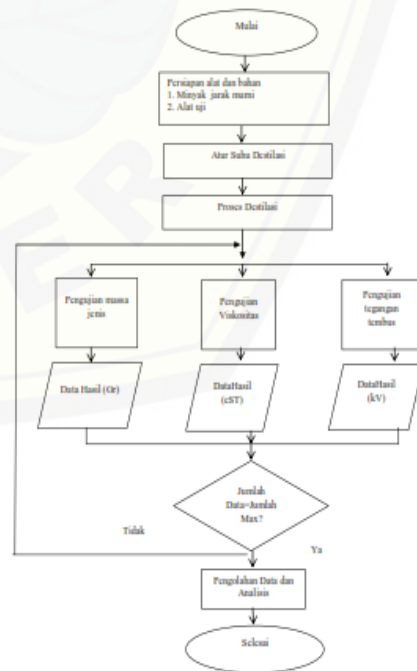
Pengujian viskositas mengacu pada standar IEC 296. Pengujian dilakukan pada suhu 20°C, dengan menggunakan alat Viskometer Otswald SCHOTT Type 50903, termometer, dan *stopwatch*.

Untuk alur penguujian secara keseluruhan terdapat pada gambar 2.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dilakukan beberapa analisis pada penelitian ini yakni analisis data sebelum proses destilasi dan sesudah proses destilasi dengan variasi suhu. Pengamatan warna disini dilakukan secara visual yang menggunakan standar warna PLN, yang tercantum pada gambar 4.

Dari keempat gambar 3 A sampai D, menyatakan bahwa adanya perubahan warna seiring berubahnya suhu destilasi. Semakin tinggi suhu destilasi maka semakin gelap warna.



Gambar 2. Diagram Flowchart Penelitian

Metode uji yang dipakai adalah ASTM D 1500. Pada warna minyak isolasi transformator ada 16 macam tingkat warna yang telah di standarkan berdasarkan standar ASTM D1500 yaitu skala warna dari 0.5 sampai 8.0 nomor warna dari sampel cenderung meningkat ke warna minyak lebih gelap mengikuti urutan warna. Pemeriksaan warna minyak trafo dilakukan secara visual sesuai deret warna yang sesuai dengan standar.

Warna pada minyak yang tidak di destilasi dan minyak yang di destilasi dengan variasi suhu, semua memenuhi standar PLN tentang warna yaitu ASTM D 1500, kurang dari 5.

**Proses Destilasi**

Setelah didestilasi dengan variasi suhu, terdapat perbedaan warna minyak. Pengujian warna minyak dilakukan secara visual dengan standar warna yang mengacu pada standar ASTM D 1500 yang ditunjukkan pada gambar 4[4]. Sedangkan untuk variasi warna setelah destilasi ditunjukkan pada gambar 3.

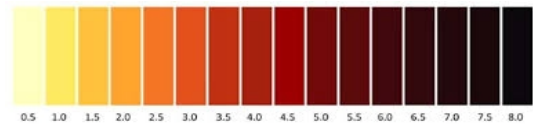
**Pengujian Tegangan Tembus**

Berdasarkan hasil pengujian, dapat diketahui hasil perbedaan minyak sebelum di destilasi dan sesudah didestilasi, yaitu tegangan tembus lebih tinggi seiring dengan suhu destilasi lebih tinggi. Berikut adalah hasil pengujian tegangan tembus pada saat suhu transformator bekerja, yaitu 70°C, 80°C, 90°C, dan 100°C yang disajikan dalam 5.

Pada data yang telah terpapar di gambar 5, dapat dianalisis bahwa minyak yang di destilasi dengan suhu lebih tinggi memberikan pengaruh yang baik pada nilai tegangan tembus. Hal ini di karenakan zat zat yang hilang setelah proses destilasi, salah satunya air. Dengan berkurangnya kandungan air menyebabkan kerapatan minyak jarak semakin tinggi sehingga medan listrik yang mengalir akan lebih sulit menghubungkan kedua elektroda, dalam hal ini disebut tembus listrik.



Gambar 3. Warna Setelah Didestilasi dengan Variasi Suhu



Gambar 4. Skala Warna ASTM D1500

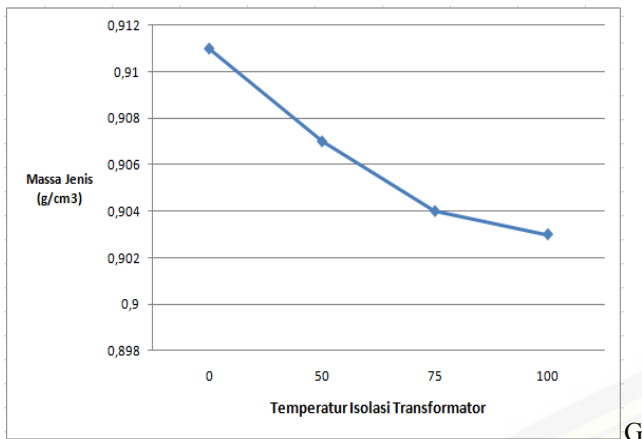
Proses tembus listrik pada minyak dengan pengaruh medan listrik melibatkan banyak energi. Salah satunya adalah perpindahan bahan padat yang basah seperti fiber dan bahan kontaminan lain seperti air ke daerah yang bertekanan listrik diantara kedua elektroda. Jika hal ini terus berlanjut, maka akan terbentuk jembatan di antara kedua elektroda. Gelembung akan terbentuk sepanjang jembatan tersebut dan menyebabkan terjadinya konduksi, ionisasi dan terjadinya tembus tegangan.

**Pengujian Massa Jenis**

Suhu destilasi yang semakin tinggi mengurangi kadar pengotor dalam minyak. Dengan berkurangnya kandungan air menyebabkan kerapatan minyak jarak semakin tinggi sehingga medan listrik yang mengalir akan lebih sulit mencapai tembus listrik, maka dari itu semakin tinggi proses destilasi maka semakin tinggi pula nilai tegangan tembus. Sedangkan nilai massa jenis semakin kecil juga dikarenakan berkurangnya nilai kadar air dalam minyak. Hal inilah yang menyebabkan menurunnya nilai massa jenis seiring kenaikan suhu destilasi. Untuk hasil pengujian massa jenis ditunjukkan dalam gambar 6.

Suhu (°C)		Pengujian Tegangan Tembus (kV)						Rata-rata (kV/2,5mm)
Uji	Destilasi	1	2	3	4	5	6	
70	0	6	7	7	6	6	6	6,334
	50	10	9	13	11	10	10	10,5
	75	16	18	16	17	16	16	16,5
	100	18	20	18	18	17	18	18,167
80	0	8	9	10	7	8	9	8,5
	50	12	12	13	12	12	12	12,167
	75	18	19	20	18	18	19	18,667
	100	24	24	25	26	26	24	24,834
90	0	10	11	10	9	11	11	10,334
	50	15	17	16	15	16	16	15,834
	75	23	23	24	23	25	25	23,834
	100	30	32	33	33	32	32	32
100	0	12	13	13	14	13	14	13,167
	50	18	20	20	19	18	18	18,834
	75	28	28	29	30	30	29	29
	100	37	38	38	39	40	40	38,667

Gambar 5. Hasil Pengujian Tegangan Tembus



Gambar 6. Hasil Pengujian Massa Jenis

### Pengujian Viskositas

Pengujian viskositas kinematik mengacu pada standar IEC 296, dengan suhu pengujian 20°C menggunakan viskometer Otswald. Hasil pengujian dipaparkan pada gambar 7.

Berdasarkan pada gambar 7, bahwa nilai suhu saat operasi isolasi transformator berbanding terbalik dengan nilai viskositas. Semakin besar nilai suhu destilasi maka nilai viskositas semakin kecil. Hal ini dikarenakan viskositas sendiri merupakan tahanan aliran fluida yang berasal dari gesekan molekul-molekul. Suhu yang semakin tinggi akan menyebabkan nilai kohesi pada minyak jarak semakin rendah, dengan kohesi yang semakin rendah maka nilai kerapatan akan semakin rendah pula menjadikan aliran fluida akan semakin kecil (bergerak lebih cepat).

No	Suhu Destilasi (°C)	Laju Alir (s)	Viskositas pada Suhu Pengujian 20°C (cSt)
1	0	946	19,718
2	50	577	12,027
3	75	537	11,194
4	100	451	9,401

Gambar 7. Data Hasil Uji Viskositas

### KESIMPULAN

Dari hasil uji dan data karakteristik minyak jarak yang telah didapatkan, dapat di ambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin tinggi suhu destilasi, maka karakteristik minyak jarak semakin baik (memenuhi standar pengujian). Nilai karakteristik elektrik mengacu pada standar IEC 196 yaitu 30 kV/2,5mm, hasil pengujian mencapai 38,667 kV/2,5mm pada suhu destilasi 100°C, pada suhu destilasi 75°C bernilai 29 kV/2,5mm, pada suhu destilasi 50°C bernilai 18,834 kV/2,5mm. Nilai karakteristik fisik yaitu massa jenis dan viskositas mengacu pada standar IEC 296 yaitu  $\leq 0,859 \text{ gr/cm}^3$  untuk massa jenis dan  $\leq 25 \text{ cSt}$  untuk viskositas, hasil pengujian massa jenis mencapai  $0,903 \text{ gr/cm}^3$  pada suhu destilasi 100°C, pada suhu destilasi 75°C massa jenis bernilai  $0,904 \text{ gr/cm}^3$ , pada suhu destilasi 50 °C

massa jenis bernilai 0,907. Sedangkan nilai viskositas sudah memenuhi standar, yaitu kurang dari 25 cSt.

2. Pada pengaplikasian suhu operasi transformator, nilai tegangan tembus setelah destilasi lebih tinggi daripada minyak jarak murni, yaitu 18,167 kV/2,5 mm pada suhu uji 70°C, 24,834 kV/2,5 mm pada suhu uji 80°C, 32 kV/2,5 mm pada suhu uji 90°C, 38,667 kV/2,5 mm pada suhu uji 100°C.

3. Minyak jarak yang telah didestilasi belum bisa digunakan sebagai alternatif minyak isolasi cair pada transformator, karena nilai massa jenis belum memenuhi standar IEC 296 yaitu 30 kV/2,5 mm.

### SARAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, untuk penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan perbaikan nilai massa jenis agar memenuhi standar IEC 296.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Marsudi Djiteng.2011.*Pembangkitan Energi Listrik*. Jakarta:Erlangga
- [2] Anang.2012.*Pengujian Minyak Jarak Sebelum dan Sesudah Destilasi Sebagai Alternatif Pengganti Minyak Trafo*. Universitas Jember.
- [3] (Tanpa Nama).2014.*Buku Pedoman Trafo Tenaga*.Jakarta : PLN Jakarta Selatan
- [4] (Tanpa Nama).2015. *Hasil Uji Karakteristik Minyak Trafo*. Jember : PT.PLN (Persero)P3B JB APP Surabaya.