

PENGARUH ZAT ADITIF FENOL DALAM MEMPERBAIKI NILAI TEGANGAN TEMBUS (*BREAKDOWN VOLTAGE*) MINYAK TRANSFORMATOR TERKONTAMINASI

Tony Koerniawan^{1*} dan Tama Riza Utami¹

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan
Institut Teknologi PLN

Jl. Lingkar Luar Barat, Duri Kosambi, Cengkareng, Jakarta Barat 11750

*Email: tony.koerniawan@itpln.ac.id

Abstrak

Karakteristik tegangan tembus (*breakdown voltage*) pada minyak transformator mengalami penurunan jika terdapat kontaminan pada minyak transformator tersebut. Pada penelitian ini, penulis ingin mencari alternatif untuk meningkatkan kualitas minyak transformator dengan penambahan zat aditif Fenol untuk mengikat serta menghilangkan partikel kontaminan yang terkandung pada minyak transformator. Penulis melakukan pengujian dengan menambahkan kandungan Fenol sebesar 40m, 45 ml, 50 ml. Untuk parameter pengujian penulis mengambil pengujian tegangan tembus, massa jenis serta viskositas. Serta penambahan kontaminan berupa bubuk karat 8 gr dan air hujan 8 ml. Hasil yang diperoleh, minyak isolasi bekas dengan penambahan fenol menunjukkan adanya peningkatan nilai tegangan yang memenuhi SPLN 49-1: 1982, yaitu ≥ 40 kV/2,5. Zat aditif Fenol mampu meningkatkan sampel minyak yang telah mengalami penurunan kualitas, dengan nilai tegangan tembus tertinggi sebesar 48,57 kV; massa jenis tertinggi sebesar 1,01 g/m³ serta viskositas tertinggi sebesar 20,01 cSt

Kata kunci: Minyak Transformator, Tegangan Tembus, Fenol

1. PENDAHULUAN

Tegangan tembus atau *breakdown voltage* adalah suatu peristiwa apabila medan magnet dinaikkan atau dalam hal ini dilakukan pemberian tegangan yang terus diberikan, atom-atom akan mengalami proses ionisasi hingga mencapai batas kemampuan isolator dapat menahan tegangan sehingga isolator akan berubah menjadi konduktor, hal ini yang dinamakan kegagalan isolasi atau tegangan tembus (Singgih & Berahim, 2009).

Tabel 1. Syarat -syarat minyak isolasi pakai menurut standar SPLN 49-1:1982

No	Sifat Minyak Isolasi	Tegangan Peralatan	Batas yang Diperbolehkan
1	Tegangan Tembus	≥ 170 kV	≥ 50 kV/2,5 mm
		70 -170kV	≥ 40 kV/2,5 mm
		≤ 70 kV	≥ 30 kV/2,5 mm

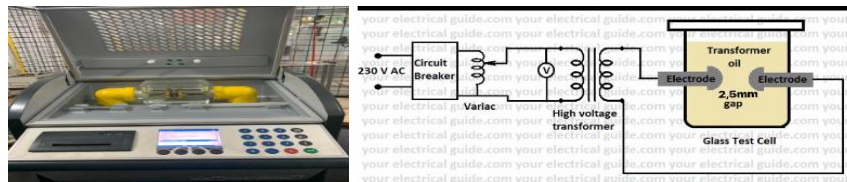
Kontaminasi pada minyak transformator dapat disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya jika terdapat transformator yang berada di luar ruangan dengan adanya penambahan kontaminan dari luar seperti air hujan yang bisa masuk melalui celah badan transformator dan dapat menyebabkan terjadinya pengembunan pada dinding transformator. Seperti kita ketahui bahwa transformator merupakan peralatan listrik yang terbuat dari logam. Bahan logam dapat menyebabkan kemungkinan terjadinya pengurangan pada dinding transformator baik dari sisi dalam transformator maupun luar transformator. Dengan ketidakmurnian pada minyak transformator menyebabkan nilai dari tegangan tembus (*breakdown voltage*) minyak mengalami penurunan dan mempengaruhi dari karakteristik minyak transformator. Berdasarkan penjelasan di atas, penulis ingin mengetahui pengaruh apa yang diberikan oleh penambahan kontaminan berupa air hujan dan pengurangan yang terjadi pada sisi dalam transformator yang dapat menjadi polutan pada minyak transformator tersebut serta mengetahui pengaruh yang diberikan oleh zat aditif Fenol atau asam karbolat (*benzenol*) memiliki rumus kimia C₆H₅OH dan

strukturnya memiliki gugus hidroksil (-OH) yang berikatan dengan cincin *fenol*. yaitu senyawa kimia yang mengandung asam dan bersifat antioksidan dalam memperbaiki nilai tegangan tembus terhadap 4 sampel minyak transformator jenis *Nynas* dengan tipe pemakaian variasi waktu pengoperasian yaitu tahun 2012 dan 2020 dan dengan pembebanan masing-masing 28% ; 30% ; 63,5% ; 72%. Kemudian penambahan zat aditif ini juga mengacu pada SPLN 49-1:1982 dimana pada minyak yang mengalami penuaan, perlu penambahan zat aditif guna mengurangi *passivator* logam yang terkandung pada minyak transformator terkontaminan (SPLN 49-1, 1982).

2. METODOLOGI

2.1. Alat dan Bahan Pengujian

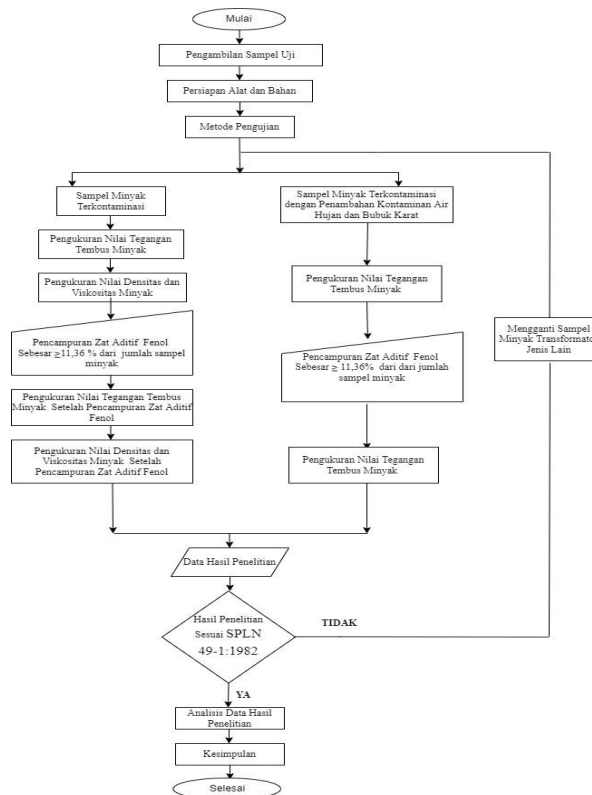
Peneliti menggunakan 4 jenis sampel minyak yang berbeda yaitu minyak transformator jenis *Nynas*, pembebanan 28% dan 30 %, tahun pengoperasian 2020 milik PT. PLN (Persero) GIS Bogor Kota serta pembebanan 72%, tahun pengoperasian 2012 milik PT. PLN (Persero) GIS Bogor Kota sebanyak 1000 ml. Kemudian ditambahkan kontaminan tambahan berupa air hujan sebanyak 20 ml dan bubuk karat sebanyak 20 gr. Untuk memperbaiki nilai tegangan tembus minyak transformator yaitu menggunakan zat aditif *Fenol* dengan kadar $\geq 11,36\%$ (Sjahputra, 2021). Banyaknya sampel *Fenol* yaitu dari 40 ml, 45 ml, 50 ml yang akan dilarutkan ke dalam minyak transformator. Alat pengujian tegangan tembus menggunakan BAUR *Oil Tester* DPA menggunakan standar IEC 60156:2018.



Gambar 1. BAUR *Oil Tester* DPA (IEC 60156, 2018)

2.2. Diagram Alir Penelitian

Pada Gambar 2. merupakan serangkaian tahapan yang akan ditempuh oleh penulis dalam menyelesaikan penelitian. Langkah awal yaitu penulis akan mempersiapkan seluruh alat dan bahan yang diperlukan saat hendak melakukan penelitian. Kemudian untuk metode pengujian dibagi menjadi 2 tahapan yaitu pertama untuk sampel minyak transformator dalam keadaan murni dan yang kedua yaitu sampel minyak transformator dengan penambahan kontaminan air hujan dan bubuk karat. Sampel minyak bekas yang dipakai adalah 4 sampel minyak transformator jenis *Nynas* dengan tipe pemakaian variasi waktu pengoperasian yang berbeda yaitu dari tahun 2012 dan 2020 dan dengan pembebanan masing-masing 28% ; 30% ; 63,5% ; 72% milik PT. PLN (Persero) GIS Bogor Kota dan GI Bogor Baru. Lalu penambahan zat aditif yang dipakai berupa *Fenol* dengan kadar $\geq 11,36\%$ (Sjahputra, 2021) dari sampel minyak yang diuji yaitu dari 40 ml, 45 ml, 50 ml, yang akan dilarutkan ke dalam minyak transformator bekas. Kemudian akan diuji tegangan tembusnya dengan menggunakan alat BAUR *Oil Tester* DPA sebelum dan sesudah penambahan zat aditif. Langkah selanjutnya yaitu penambahan kontaminan berupa air hujan sebanyak 20 ml dan bubuk karat sebanyak 20 gr yang akan dilarutkan ke dalam sampel minyak transformator. Lalu penambahan zat aditif yang dipakai berupa *Fenol* yang akan dilarutkan ke dalam minyak transformator bekas dan penambahan kontaminan. Kemudian akan diuji tegangan tembusnya dengan menggunakan alat BAUR *Oil Tester* DPA sebelum dan sesudah penambahan zat aditif. Setelah mendapat data dari hasil pengujian, data tersebut akan dianalisa yang nantinya akan dibuatkan dalam bentuk perhitungan, tabel dan grafik.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

2.3. Perhitungan Densitas dan Viskositas

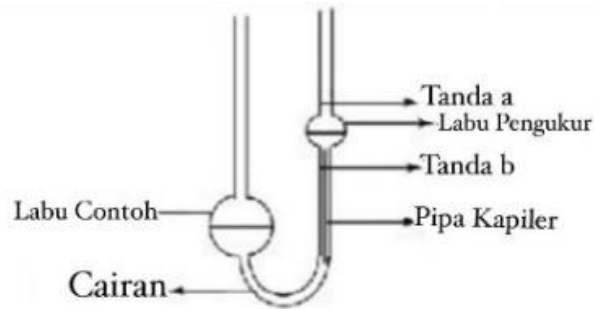
Langkah untuk melakukan pengujian densitas yaitu menimbang Piknometer kosong dengan neraca *digital*. Kemudian isi gelas ukur dengan sampel minyak sampai volume tertentu tanpa adanya gelembung. Langkah selanjutnya yaitu mengukur massa piknometer yang berisi sampel minyak tadi dengan neraca *digital*. Massa jenis dapat didapat melalui persamaan berikut: Sjahputra, A. H. (2021)

$$\rho \text{ sampel} = \frac{\text{massa sampel}}{\text{massa air}} \times \rho \text{ Air suling} \quad (1)$$

Keterangan:

- ρ sampel = massa jenis atau densitas sampel (g/cm^3)
- massa sampel = berat sampel (g)
- massa air = berat air (g)
- ρ Air suling = $0,99823 \text{ gr}/\text{cm}^3 = 998 \text{ kg}/\text{m}^3$

Untuk menentukan nilai viskositas suatu zat dapat menggunakan alat yang disebut *viscometer*. Viskositas dapat dihitung dengan metode *Ostwald*. Metode ini didasarkan atas hukum *Poiseuille* yang menggunakan alat Viskometer *Ostwald*. Prosedurnya dilakukan dengan cara mengukur waktu yang diperlukan untuk cairan mengalir di dalam pipa kapiler dari **a** hingga ke **b** seperti yang terdapat pada gambar 3



Gambar 3. Viskometer Ostwald

Perhitungan viskositas dinamik (η) : Sjahputra, A. H. (2021)

$$\eta \text{ sampel} = \frac{\rho \text{ sampel} \times t \text{ sampel}}{\rho \text{ air} \times t \text{ air}} \times \eta \text{ air} \quad (2)$$

Keterangan:

η sampel	= nilai viskositas dinamik (<i>cps</i>)
η Air Suling	= 0,818 <i>cps</i>
ρ sampel	= nilai densitas sampel (kg/m^3)
t sampel	= waktu alir fluida sampel uji (s)
ρ Air suling	= 0,99823 $\text{gr/cm}^3 = 998 \text{ kg/m}^3$
t air	= waktu alir fluida air suling (s)
Catatan:	:1 <i>cps</i> = $1 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}^2$

Perhitungan viskositas kinematik (ν) : Sjahputra, A. H. (2021)

$$\nu \text{ sampel} = \frac{\eta \text{ sampel}}{\rho} \quad (3)$$

Keterangan :

ν sampel	= nilai viskositas kinematik (cSt)
η sampel	= nilai viskositas dinamik (<i>cps</i>)
ρ sampel	= nilai densitas sampel (kg/m^3)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Nilai Tegangan Tembus Tanpa Kontaminan Tambahan

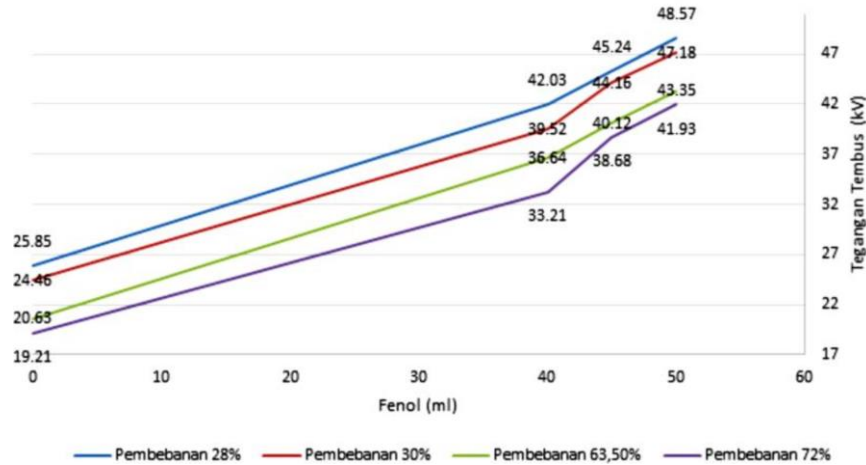
Pertama-tama dilakukan penelitian dengan pengujian nilai tegangan tembus tanpa kontaminan tambahan agar dapat melihat pengaruh pembebanan terhadap nilai tegangan tembus sampel uji. Kemudian ditambahkan zat aditif *Fenol* dengan jumlah tertentu dan melihat pengaruh zat tersebut terhadap nilai tegangan tembus serta dilakukan perhitungan densitas (massa jenis) serta viskositas masing-masing sampel uji, adapun hasilnya seperti yang disajikan pada tabel 2.

3.2. Nilai Tegangan Tembus dengan Kontaminan Tambahan

Kemudian dilakukan pengujian sampe uji minyak dengan penambahan kontaminan air hujan sebanyak 20 ml dan bubuk karat sebanyak 20 gr, adapun hasil pengujian seperti yang terdapat pada tabel 3.

Tabel 2. Hasil pengujian nilai tegangan tembus tanpa kontaminan tambahan

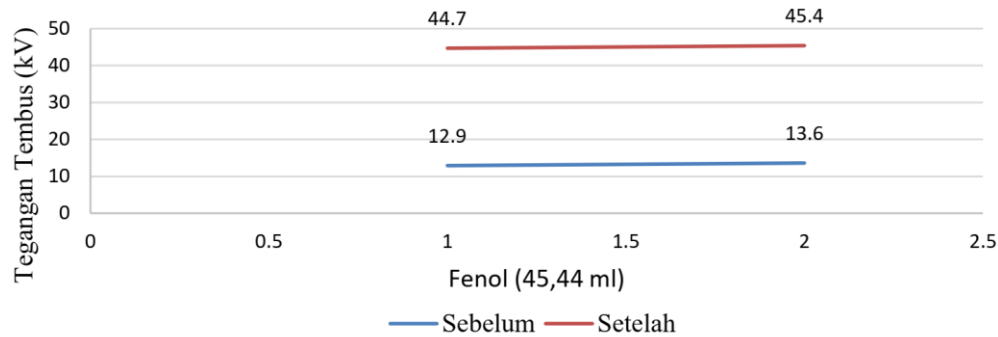
Pembebanan transformator [%]	Nilai Rata – Rata Tegangan Tembus [kV] ditambahkan zat aditif Fenol [ml]				Densitas [kg/m ³]	Densitas Setelah Dilarutkan Fenol [kg/m ³]	Viskositas (cSt)	Viskositas Setelah Dilarutkan Fenol (cSt)
	0 ml	40 ml	45 ml	50 ml				
28	25,85	42,03	45,24	48,57	0,87	0,92	10,60	12,70
30	24,46	39,52	44,16	47,18	0,86	0,93	10,67	12,26
63,5	20,63	36,64	40,12	43,35	0,83	0,97	14,70	15,90
72	19,21	33,21	38,68	41,93	0,79	1,01	19,50	20,10



Gambar 4. Grafik pengaruh penambahan zat aditif fenol terhadap nilai tegangan tembus pada minyak transformator

Tabel 3. Hasil pengujian nilai tegangan tembus dengan kontaminan tambahan

Jenis Minyak Nynas Pembebanan 63,5% Tahun Operasi 2012 dengan Kapasitas Transformator 150/20kV	Jenis Kontaminan	Nilai Tegangan Tembus (kV)	
		Sebelum Penambahan Zat Aditif Fenol	Setelah Penambahan Zat Aditif Fenol
	Bubuk Karat	12,9 kV	44,7 kV
	Air Hujan	13,6 kV	45,4 kV



Gambar 5. Pengaruh penambahan zat aditif fenol dengan penambahan kontaminan terhadap nilai tegangan tembus

4. KESIMPULAN

1. Pembebanan pada transformator mempengaruhi nilai tegangan tembus minyak transformator dikarenakan semakin tinggi pembebanan transformator semakin kecil nilai tegangan tembus. Pembebanan transformator juga dapat mengurangi sifat isolasi minyak transformator hal ini dibuktikan dengan menurunnya nilai tegangan tembus karena salah satu sifat isolasi minyak adalah tegangan tembus.
2. Zat aditif fenol mampu meningkatkan kualitas dari sampel minyak yang mengalami penurunan nilai tegangan tembus. Hal tersebut dikarenakan zat memiliki sifat sebagai antioksidan. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, pengaruh yang dapat diberikan oleh pemberian zat aditif fenol dalam segi nilai tegangan tembus, massa jenis dan viskositas dapat memberikan dampak positif terhadap sampel minyak tersebut. Dari ketiga parameter pengujian yang dilakukan, zat tersebut mampu meningkatkan nilai tegangan tembus dari tiap masing-masing parameter pengujian.
3. Penambahan kontaminan air hujan dan bubuk karat mempengaruhi karakteristik minyak transformator dan nilai tegangan tembus yaitu membuat nilai tegangan tembus semakin menurun. Nilai tegangan tembus masing-masing di bawah standar SPLN 49-1:1982.
4. Setelah ditambahkan zat aditif fenol, tegangan tembus menjadi baik dan sesuai dengan SPLN 49-1:1982 yang berarti zat aditif fenol dapat menarik kontaminan yang terdapat pada minyak transformator dan membuat nilai tegangan tembus minyak transformator menjadi baik.

DAFTAR PUSTAKA

- IEC 60156. (2018). Insulating liquids – Determination of the breakdown voltage at power.
- SPLN 49-1. (1982). Minyak Isolasi.
- Singgih, S. N., & Berahim, H. (2009). Analisis Pengaruh Keadaan Suhu Terhadap Tegangan Tembus AC Dan DC Pada Minyak Transformator. *Jurnal Teknik Elektro*, 1(2), 93–99.
- Sjahputra, A. H. (2021). Sjahputra, Arief Hardian. *Kajian Pengaruh Penambahan Zat Aditif Fenol Dan BHT (Butylated Hydroxytoluene) Terhadap Karakteristik Minyak Transformator Terkontaminan*, 6.