

ANALISIS WATER CONTENT DAN BREAKDOWN VOLTAGE PADA ISOLASI MINYAK NYNAS NYTRO LIBRA DENGAN VARIASI ZAT ADITIF FENOL

Nurya Andayani¹⁾, Yohanes M. Simanjutak²⁾, Danial³⁾

^{1,2,3)} Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura

Email : ¹⁾ nuryaandayani123456@gmail.com ²⁾ yohanes_john56@yahoo.com ³⁾ daniel.noah@ee.untan.ac.id

Abstract

The existence of transformer oil in the transformer is very important because it functions as a cooling medium as well as insulation for the electrical components in the transformer. The transformer oil used is Nynas Nytro Libra mineral oil. The characteristics of the oil being tested are water content and breakdown voltage. In the breakdown voltage test, 10 mL, 20 mL, and 35 mL of phenol additives were added to determine how much influence these substances have on transformer oil. In testing the water content of the results obtained in transformer 1 is 26.71 ppm where this value indicates oil damage has been detected. While the values for transformers 2 and 3 are 7.57 ppm and 5.88 ppm, respectively, where these values have met the standard or in good condition. In the breakdown voltage test, the results obtained in transformer 1 were 45.38 kV, where the value was moderate / good enough. Whereas for transformers 2 and 3 the values for the oil breakdown voltage are 50.47 kV and 68.85 kV, respectively, where these two values indicate the oil is in good condition, which means that it can work stably because it is able to withstand stress stress well. The addition of phenol additives greatly affects the breakdown voltage value, before adding phenol the value is 45.38 kV, when the phenol concentration is added by 10 mL, the value of the breakdown voltage increases to 31.15%, 20 mL by 47% and 35 mL by 65 12%. The value of the breakdown voltage will increase with the addition of the phenol concentration in it. The increase in the value of the breakdown stress will be directly proportional to the dielectric strength of the oil. This is because phenol is an organic chemical substance that has antioxidants which function to prevent damage caused by the oxidation process. Because in addition to contamination, oxidation can also reduce the quality of transformer oil which means it can reduce its function as an insulator.

Keywords : *Transformer Oil, Water Content, Breakdown Voltage, Nynas Nytro Libra*

Abstrak

Keberadaan minyak transformator pada transformator sangatlah penting karena berfungsi sebagai media pendingin juga isolasi bagi komponen - komponen listrik di dalam transformator. Minyak transformator yang digunakan adalah minyak mineral jenis nynas nytro libra. Karakteristik minyak yang diuji yaitu kandungan air (water content) dan tegangan tembus (breakdown voltage). Pada pengujian tegangan tembus dilakukan penambahan zat aditif fenol sebesar 10 mL, 20 mL, dan 35 mL untuk mengetahui seberapa besar pengaruh zat tersebut pada minyak transformator. Pada pengujian kandungan air hasil yang didapat pada transformator 1 adalah sebesar 26,71 ppm dimana nilai tersebut menunjukkan kerusakan minyak sudah terdeteksi. Sedangkan nilai pada transformator 2 dan 3 secara berturut – turut adalah 7,57 ppm dan 5,88 ppm dimana nilai tersebut sudah memenuhi standar atau pada kondisi baik. Pada pengujian tegangan tembus hasil yang didapat pada transformator 1 adalah 45,38 kV dimana nilai tersebut pada kondisi sedang / cukup baik. Sedangkan pada transformator 2 dan 3 nilai tegangan tembus minyaknya secara berturut – turut adalah 50,47 kV dan 68,85 kV dimana kedua nilai tersebut menunjukkan minyak dalam kondisi baik yang artinya dapat bekerja dengan stabil karena mampu menahan stress tegangan dengan baik. Penambahan zat aditif fenol sangat berpengaruh pada nilai tegangan tembus, sebelum ditambah fenol nilainya sebesar 45,38 kV, ketika ditambah konsentrasi fenol sebanyak 10 mL maka nilai tegangan tembusnya meningkat menjadi 31,15 %, 20 mL sebesar 47 % dan 35 mL sebesar 65,12 %. Nilai tegangan tembus akan semakin meningkat seiring dengan penambahan konsentrasi fenol didalamnya. Peningkatan nilai tegangan tembus akan berbanding lurus dengan kekuatan dielektrik minyak. Hal ini disebabkan karena fenol merupakan zat kimia organik yang memiliki antioksidan yang berfungsi untuk mencegah terjadinya kerusakan yang disebabkan oleh proses oksidasi. Karena selain kontaminasi, oksidasi juga dapat menurunkan kualitas minyak transformator yang berarti dapat menurunkan fungsinya sebagai isolator.

Kata kunci : *Minyak Transformator, Kandungan Air (Water Content), Tegangan Tembus (Breakdown Voltage), Nynas Nytro Libra*

1. PENDAHULUAN

PLN Unit Pelaksana, Penyaluran dan Pengatur Beban (UP3B) merupakan salah satu unit operasi yang berada di bawah PLN Wilayah Kalimantan Barat. PLN UP3B terbentuk pada tanggal 7 Juni 2016 melalui Peraturan Direksi PT PLN (Persero) Nomor 0247.P/DIR/2016 tentang organisasi PT PLN (Persero) Unit Pelaksana, Penyaluran dan Pengatur Beban Sistem Kalimantan Barat pada PT PLN (Persero) Wilayah Kalimantan Barat. PLN UP3B memiliki 13 gardu induk tegangan tinggi 150 kV dan 1 gardu induk tegangan ekstra tinggi 275 kV.

Dari beberapa gardu induk tersebut tentu memiliki kondisi sistem dan permasalahan atau gangguan yang berbeda. Gangguan yang sering terjadi pada gardu induk yaitu gangguan pada transformator. Transformator memegang peranan yang sangat penting karena berfungsi memindahkan energi listrik dari sisi primer ke sisi sekunder melalui induksi magnet. Semakin besar kapasitas transformator maka beban kerjanya juga akan semakin berat karena dapat menimbulkan panas berlebih yang akan menjadi masalah utama, sebab panas yang timbul dapat merusak belitan yang ada di dalam transformator. Untuk mengatasi masalah tersebut maka belitan yang ada pada transformator direndam dengan minyak isolasi yang dikenal dengan minyak transformator.

Keberadaan minyak transformator sangatlah penting bagi sebuah transformator karena selain sebagai media isolasi, juga pendingin bagi komponen-komponen listrik di dalam transformator. Minyak transformator diharapkan dapat meminimalisir panas yang timbul pada transformator tersebut. Seiring dengan pemakaian atau pengoperasian transformator secara terus-menerus, maka

secara perlahan - lahan minyak transformator akan mengalami penurunan kualitas. Hal ini kemungkinan besar terjadi karena minyak transformator sudah teroksidasi dan terkontaminasi dengan bahan - bahan yang lain, sehingga dapat menurunkan kemampuannya sebagai bahan isolasi. Salah satu mekanisme yang mempengaruhi kemampuan minyak isolasi dalam melindungi transformator ialah karakteristik dari minyak tersebut.

Salah satu cara untuk menyelesaikan masalah ini ialah dengan melakukan uji berdasarkan parameter yaitu kandungan air (water content) dan tegangan tembus (breakdown voltage). Secara umum penelitian ini bertujuan untuk memantau kondisi isolasi minyak transformator. Kandungan air dan tegangan tembus adalah contoh dari informasi yang dapat dibawa oleh minyak transformator. Pengujian tersebut dilakukan guna untuk mengetahui seberapa besar kandungan air yang terlarut / terkandung dan tegangan tembus di minyak. Hasil dari pemantauan sangat tergantung pada kondisi minyak tersebut, semakin rendah nilai kandungan air maka kondisi minyak itu baik dan semakin tinggi nilai tegangan tembus maka minyak itu dapat dikatakan baik.

2. METODE

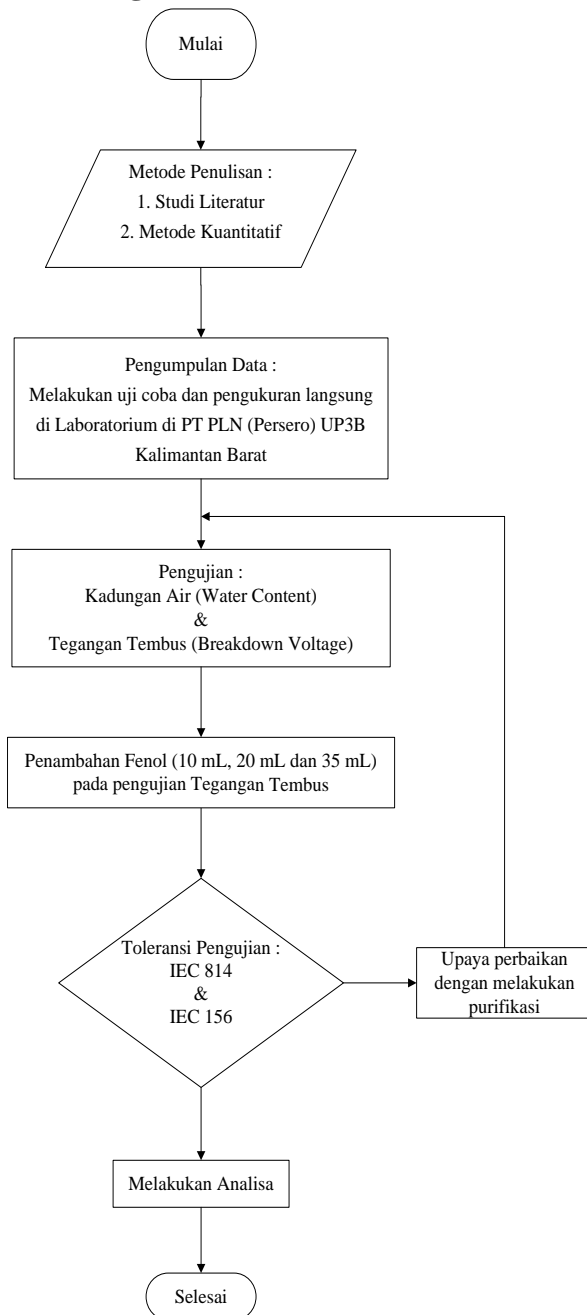
2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Gardu Induk 150 kV Kota Baru dan Laboratorium PT. PLN (Persero) UP3B Kalimantan Barat.

2.2. Pengumpulan Data

Data yang diperlukan dalam penelitian adalah berupa sampel minyak transformator di Gardu Induk Kota Baru.

2.3. Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.4. Pengujian Kandungan Air

Alat dibawah ini digunakan untuk mengukur jumlah kadar air yang terlarut pada isolasi minyak transformator.



Gambar 2. Alat uji kandungan air (Aquamax KF Coulometric)

Adapun uraian instruksi pengujian kadungan air :

- A. Persiapan
 1. Bersihkan gelas uji dengan menggunakan alkohol (min 70%) kemudian bersihkan dengan tissue hingga kering.
 2. Masukkan Reagen pada bagian anoda setara dengan 100 mL hingga tanda tera dan kemudian masukkan Reagen pada pada kolom katoda sebanyak 5 mL.



Gambar 3. Reagen A untuk bagian Anoda 100 mL

Sumber : Pedoman Instruksi Kerja Pengujian Water Content PT. PLN (Persero) AP2B Wilayah SULSEL, SULTRA & SULBA



Gambar 4. Reagent C pada Catoda 5 mL

Sumber : Pedoman Instruksi Kerja
Pengujian Water Content
PT. PLN (Persero) AP2B Wilayah
SULSEL, SULTRA & SULBAR

3. Pasangkan kabel power.
4. Pasangkan konektor detector dan generator pada masing-masing elektroda (detector pada katoda dan detector pada anoda).
5. Siapkan syringe serta sampel minyak.
6. Siapkan tissue pembersih.

B. Pengujian

Mempersiapkan alat uji :

1. Hidupkan alat uji dengan menekan tombol on/off.
2. Tekan “start“ dan secara otomatis alat akan melakukan proses titrasi (menetralisir kandungan air di dalam gelas uji).
3. Alat akan siap digunakan setelah muncul indikasi ready.
Mempersiapkan sample.
4. Ambil sample minyak dengan menggunakan syringe sebanyak 1 mL.
5. Setelah indikasi “ready” muncul di display, tekan tombol “Start” lalu masukan sample.
6. Kemudian akan ada perintah untuk memasukan sample minyak 1 mL.
7. Proses pengujian pun akan dimulai.

8. Hasil yang muncul di display akan secara otomatis terprint.
9. Lakukan langkah no.6 untuk melakukan pengujian selanjutnya sebanyak 6 kali.
10. Mematikan alat uji ;
11. Tekan “stop”.
12. Tekan tombol On/Off.

2.5. Pengujian Tegangan Tembus

Alat dibawah ini digunakan untuk mengukur tegangan tembus pada isolasi minyak transformator.



Gambar 5. Alat uji tegangan tembus
(BAUR DTA 100 C)

Adapun Langkah – langkah pengujian tegangan tembus dengan menggunakan Baur DTA 100 C, antara lain :

1. Membuka tutup alat uji
2. Mengatur jarak electrode dengan jarak 2,5 mm menggunakan plat 2,5 mm dengan standar IEC 156
3. Membersihkan gelas uji dan diisi minyak sampai penuh
4. Masukkan magnet mengaduk minyak ke dalam gelas uji
5. Menutup dan memasang gelas pada alat uji
6. Tutup alat uji
7. Menyambung alat uji ke catu daya 220 Volt

8. Menekan tombol / saklar ON pada alat uji.
9. Setting alat uji untuk 6 kali pengujian.
10. Catat hasil pengukuran ke formulir pengujian.
11. Hasil rata – rata = jumlah 6 kali pengukuran dibagi 6
12. Catat hasil di formulir pengujian.

Selanjutnya dilakukan penelitian dengan variasi zat aditif fenol pada pengujian tegangan tembus. Dengan langkah – langkah pengujian yang sama seperti di atas, hanya di setiap pengujiannya ditambahkan konsentrasi fenol sebanyak 10 mL, 20 mL dan 35 mL. Hasil dari pengujian ini kelak akan dibandingkan dengan sebelum / sesudah penambahan zat aditif fenol.

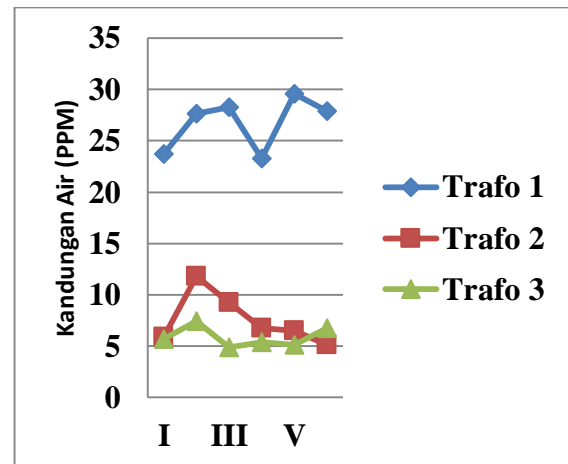
3. HASIL DAN ANALISA

3.1. Hasil Pengujian Kandungan Air

Tabel 1. Hasil pengujian kandungan air pada isolasi minyak transformator yang dilakukan sebanyak 6 kali percobaan

No	Banyak percobaan	Nilai kandungan air (PPM)		
		Trafo 1	Trafo 2	Trafo 3
1.	I	23,71	5,88	5,69
2.	II	27,66	11,82	7,45
3.	III	28,25	9,27	4,92
4.	IV	23,31	6,78	5,38
5.	V	29,55	6,54	5,11
6.	VI	27,87	5,15	6,74
Rata – Rata		26,71	7,57	5,88

Berdasarkan Tabel 1. di atas, didapat grafik yang menyatakan perbandingan dari hasil pengujian kandungan air pada sampel minyak transformator.



Gambar 6. Grafik Hasil Pengujian Kandungan Air

Dari ketiga sampel yang diuji sebanyak 6 kali tersebut, nilai kandungan air terendah yaitu pada minyak transformator di transformator 3 senilai 5,88 ppm yang kemudian diikuti minyak transformator di transformator 2 senilai 7,57 ppm. Pada 2 sampel ini kondisi minyak transformator sudah memenuhi standar IEC 60422 dimana nilainya <20 ppm yaitu pada kondisi baik. Kondisi baik ini artinya kondisi minyak transformator masih dalam keadaan normal, dan kegiatan yang direkomendasikan ialah dilakukan pengecekan atau pengujian minyak secara berkala agar kondisi minyak selalu terjaga dan selalu dalam pengawasan.

Dan nilai kandungan air tertinggi yaitu pada sampel minyak transformator di transformator 1 senilai 26,71 ppm, dengan nilai yang hampir memenuhi standar IEC 60422 dimana nilainya pada interval 20 - 30 ppm yaitu isolasi pada kondisi cukup baik. Kondisi cukup baik artinya kerusakan pada minyak transformator ini sudah terdeteksi. Kegiatan yang dianjurkan ialah sering dilakukan pengecekan / pengujian minyak transformator tersebut dan juga pemeriksaan parameter pengujian lainnya seperti tegangan tembus.

Tabel 2. Data Suhu Transformator di Gardu Induk Kota Baru

NO	Nama Transformator	SUHU	
		°C	°K
1.	Transformator 1	34,1	307,25
2.	Transformator 2	45,3	318,45
3.	Transfotmator 3	44,5	317,65

Dari nilai diatas dengan menggunakan rumus berdasarkan IEC 60422 tahun 2013, maka didapat nilai :

➤ Transformator 1

$$\begin{aligned} \text{Log } S_o &= \frac{-1567}{K} + 7,0895 \\ &= \frac{-1567}{307,25} + 7,0895 \\ &= - 5,10 + 7,0895 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Log } S_o &= 1,9895 \\ S_o &= 0,2987 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan nilai kelarutan air dalam minyak dapat diketahui RS dengan rumus :

$$\begin{aligned} \text{RS} &= \frac{WC}{S_o} (100 \%) \\ &= \frac{26,71}{0,2987} (100 \%) \\ &= 89,42 \% \end{aligned}$$

➤ Transformator 2

$$\begin{aligned} \text{Log } S_o &= \frac{-1567}{K} + 7,0895 \\ &= \frac{-1567}{318,45} + 7,0895 \\ &= - 4,92 + 7,0895 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Log } S_o &= 2,1695 \\ S_o &= 0,3363 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan nilai kelarutan air dalam minyak dapat diketahui RS dengan rumus :

$$\begin{aligned} \text{RS} &= \frac{WC}{S_o} (100 \%) \\ &= \frac{7,57}{0,3363} (100 \%) \\ &= 22,51 \% \end{aligned}$$

➤ Transformator 3

$$\begin{aligned} \text{Log } S_o &= \frac{-1567}{K} + 7,0895 \\ &= \frac{-1567}{317,65} + 7,0895 \\ &= - 4,93 + 7,0895 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Log } S_o &= 2,1595 \\ S_o &= 0,3344 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan nilai kelarutan air dalam minyak dapat diketahui RS dengan rumus :

$$\begin{aligned} \text{RS} &= \frac{WC}{S_o} (100 \%) \\ &= \frac{5,88}{0,3344} (100 \%) \\ &= 17,58 \% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan nilai relatif saturasi di minyak transformator 1 diatas menunjukkan bahwa persentasi saturasi air dalam minyak senilai 89,42 % atau pada interval > 50 % yaitu dimana isolasi dalam kondisi terlalu basah. Sedangkan pada minyak transformator 2 persentasi saturasi air dalam minyak transformator senilai 22,51 % yaitu pada interval 20 - 30 % dimana kondisi isolasi dalam keadaan basah. Pada transformator 3 nilai persentasi saturasi airnya sebesar 17,58 % yaitu pada interval 15 - 20% dimana kondisi isolasi dalam kondisi cukup basah (moderat) namun masih dapat bekerja dengan stabil atau sesuai dengan standar IEC 60422 2013.

Dari hasil perhitungan nilai relatif saturasi diatas, sesuai standar IEC yang digunakan apabila persentasi saturasi air dalam minyak pada interval 15 - 20 % (isolasi kertas dalam kondisi cukup basah) atau lebih buruk, maka perlu dilakukan pengujian kadar air dalam kertas.

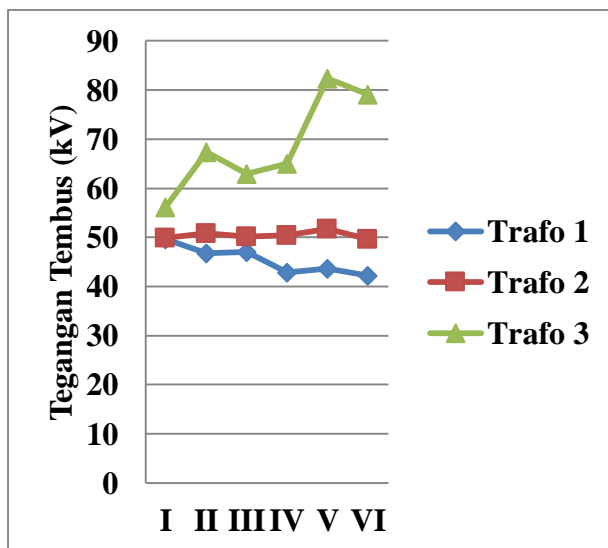
3.2. Hasil Pengujian Tegangan Tembus

Tabel 3. merupakan hasil pengujian tegangan tembus pada isolasi minyak transformator sebelum dicampur zat aditif

fenol. Pengujian ini dilakukan sebanyak 6 kali percobaan.

No	Banyak percobaan	Nilai Tegangan Tembus (kV)		
		Trafo 1	Trafo 2	Trafo 3
		1.	I	49,7
2.	II	46,8	50,8	67,4
3.	III	47	50,2	63
4.	IV	42,9	50,4	65
5.	V	43,7	51,8	82,4
6.	VI	42,2	49,7	79,1
Rata – Rata		45,38	50,47	68,85

Berdasarkan Tabel di atas, didapat grafik yang menyatakan perbandingan dari hasil pengujian tegangan tembus pada sampel minyak transformator.



Gambar 7. Grafik Hasil Pengujian Tegangan Tembus

Dari percobaan diatas, nilai tegangan tembus terendah yaitu pada sampel minyak transformator di transformator 1 yaitu senilai 45,38 kV. Nilai tersebut hampir memenuhi standar IEC 60422 tahun 2013

yaitu pada interval 40 – 50 kV dengan isolasi pada kondisi sedang / cukup baik. Pada kondisi ini tindakan yang direkomendasikan ialah dengan melakukan pengambilan sample lebih sering dan pemeriksaan parameter pengujian yang lainnya seperti warna, kandungan partikel, DDF / ketahanan dan keasaman.

Dan nilai tegangan tembus tertinggi yaitu pada sampel minyak transformator di transformator 3 yaitu senilai 68,85 kV yang kemudian diikuti oleh sampel minyak di transformator 2 dengan nilai tegangan tembus 50,47 kV. Kondisi isolasi minyak transformator di kedua sampel ini sudah sangat memenuhi standar IEC yang digunakan yaitu pada interval >50 kV atau pada kondisi baik. Kondisi baik ini artinya minyak transformator masih dapat bekerja dengan stabil karna mampu menahan stress tegangan dengan baik namun adapun kegiatan yang direkomendasikan ialah tetap dilakukan pengecekan atau pemantauan isolasi minyak transformator ini sesuai waktu yang normal agar tetap terjaga.

Dari nilai tegangan tembus yang didapat dari tabel pengujian diatas, dengan menggunakan rumus akan didapat nilai kekuatan dielektriknya yaitu :

$$E = \frac{V_b}{d} \text{ (kV/mm)}$$

Dimana :

V_b = tegangan tembus (kV)

E = kekuatan dielektrik (kV/mm)

D = jarak sela (mm)

Nilai E didapat dari nilai tegangan tembus rata – rata di masing - masing sampel minyak transformator.

➤ Transformator 1

$$\begin{aligned}
 E &= \frac{V_b}{d} \text{ (kV/mm)} \\
 &= \frac{45,38 \text{ kV}}{2,5 \text{ mm}} \\
 &= 18,15 \text{ kV / mm}
 \end{aligned}$$

- Transformator 2

$$E = \frac{V_b}{d} \text{ (kV/mm)}$$

$$= \frac{50,47 \text{ kV}}{2,5 \text{ mm}}$$

$$= 20,19 \text{ kV / mm}$$

- Transformator 3

$$E = \frac{V_b}{d} \text{ (kV/mm)}$$

$$= \frac{68,85 \text{ kV}}{2,5 \text{ mm}}$$

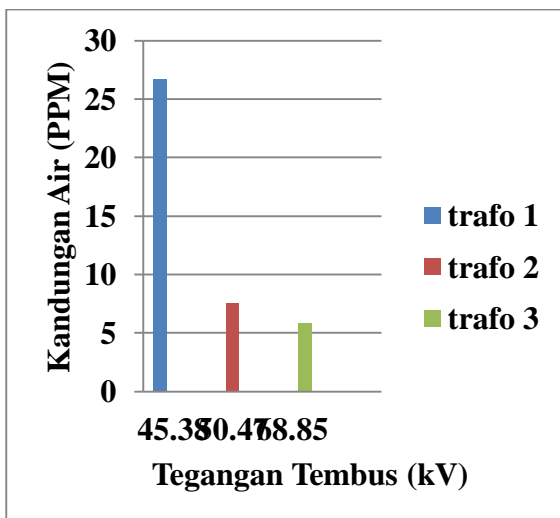
$$= 27,54 \text{ kV / mm}$$

Dari perhitungan diatas, nilai kekuatan dielektrik pada minyak transformator di transformator 1, 2 dan 3 secara berturut – turut ialah senilai 18,15 kV/mm, 20,19 kV/mm dan 27,54 kV/mm.

Kekuatan dielektrik minyak berbanding lurus dengan nilai tegangan tembus maka jika terjadi kenaikan nilai pada tegangan tembus kekuatan dielektrik juga akan semakin meningkat.

3.3. Pengaruh Kandungan Air Terhadap Tegangan Tembus

Dari nilai kandungan air dan tegangan tembus yang ada pada tabel 1 dan 3 didapat grafik nilai kandungan air terhadap tegangan tembus pada gambar 8 dibawah ini.



Gambar 8. Grafik Kandungan Air terhadap Tegangan Tembus

Pada minyak transformator di transformator 1 didapat nilai kandungan air yaitu 26,71 ppm dengan nilai tegangan tembus 45,38 kV. Sedangkan di minyak transformator pada transformator 2 didapat nilai kandungan air sebesar 7,57 ppm dengan nilai tegangan tembus 50,47 kV. Dan pada minyak transformator di transformator 3 nilai kandungan airnya yaitu 5,88 ppm dengan nilai tegangan tembusnya sebesar 68,85 kV.

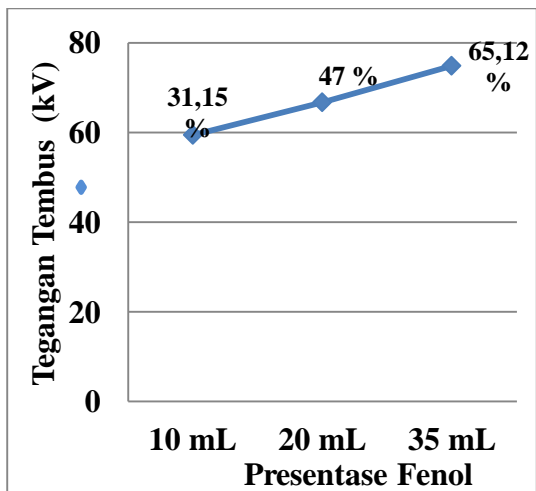
Dari nilai hasil pengujian tersebut dapat dianalisa bahwa tinggi rendahnya nilai tegangan tembus dapat dipengaruhi oleh jumlah kandungan air pada isolasi minyak transformator tersebut. Semakin tinggi nilai kandungan air akan membuat kekuatan dielektrik minyak transformator menjadi rendah, dan sebaliknya semakin rendah nilai kandungan air maka nilai kekuatan dielektrik akan tinggi. Hal ini disebabkan karena kandungan air bersifat korosi, menghasilkan asam, endapan, juga bersifat konduktif yang apabila semakin banyak kandungan air pada minyak maka kerapatan minyak berkurang dan akibatnya pergerakan elektron semakin cepat dan dapat membentuk gelembung – gelembung udara yang mengandung gas sehingga dapat menyebabkan terjadinya kegagalan isolasi minyak transformator. Kegagalan minyak transformator dalam mengisolasi inilah yang akan dapat menurunkan usia transformator.

3.4. Pengaruh Fenol Terhadap Tegangan Tembus

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan di laboratorium, nilai tegangan tembus pada minyak transformator Nynas Nytro Libra meningkat seiring dengan

penambahan zat aditif fenol. Sampel yang digunakan dengan penambahan fenol ini menggunakan sampel minyak di transformator 1. Pengujian dilakukan dengan standar IEC 156 (jarak elektrode 2,5 mm) dengan variasi konsentrasi fenol sebesar 10 mL, 20 mL, dan 35 mL. Semakin banyak konsentrasi fenol yang dicampurkan pada minyak transformator tersebut maka nilai tegangan tembusnya akan semakin baik. Pada sampel minyak di transformator 1 sebelum ditambah fenol sebesar 45,38 kV, ketika ditambah konsentrasi fenol sebanyak 10 mL maka nilai tegangan tembusnya meningkat menjadi 31,15 %, 20 mL sebesar 47 % dan 35 mL sebesar 65,12 %.

Adapun grafik pengaruh fenol terhadap tegangan tembus pada isolasi minyak transformator pada gambar 9 dibawah ini :



Gambar 9. Grafik Pengaruh Fenol terhadap Tegangan Tembus

Fenol adalah senyawa kimia organik yang memiliki antioksidan. Antioksidan adalah suatu senyawa yang dapat menghambat atau memperlambat proses oksidasi. Oksidasi merupakan reaksi kimia yang melibatkan pengikatan oksigen, pelepasan hidrogen, atau pelepasan

elektron. Selain kontaminasi, oksidasi juga dapat menurunkan kualitas minyak yang berarti dapat menurunkan kemampuannya sebagai isolator. Reaksi oksidasi adalah proses alami yang terjadi yaitu peristiwa penggabungan suatu zat dengan oksigen. Antioksidan merupakan salah satu senyawa yang dapat mencegah terjadinya kerusakan yang disebabkan oleh proses oksidasi^[13]. Hal inilah yang menyebabkan minyak transformator ketika dicampurkan zat aditif fenol maka nilai tegangan tembusnya menjadi meningkat. Peningkatan nilai tegangan tembus juga akan memperbaiki nilai kekuatan dielektrik. Semakin tinggi nilai kekuatan dielektrik maka ia akan mudah melaksanakan tugasnya sebagai isolator.

4. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Dari hasil uji kandungan air (water content) dan tegangan tembus (breakdown voltage) dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai kandungan air rata – rata pada isolasi minyak transformator di transformator 1, 2 dan 3 secara berturut – turut ialah 26,71 ppm, 7,57 ppm dan 5,88 ppm.
2. Nilai kandungan air pada minyak transformator 1 menunjukkan hasil dimana nilainya pada interval 20 - 30 ppm yaitu isolasi pada kondisi cukup baik / hampir memenuhi standar IEC 60422. Kondisi cukup baik artinya kerusakan pada minyak transformator ini sudah terdeteksi. Pada sampel minyak di transformator 2 dan 3 kondisi minyak transformator sudah memenuhi standar IEC 60422 dimana nilainya <20 ppm yaitu pada kondisi baik. Kondisi baik ini artinya

- kondisi minyak transformator masih dalam keadaan normal.
3. Nilai persentasi saturasi air pada minyak transformator di transformator 1, 2 dan 3 secara berturut – turut ialah 89,42 %, 22,51 % dan 17,58 %. Pada transformator 1 nilai saturasi airnya berada pada interval >50 % yaitu dimana isolasi dalam kondisi terlalu basah. Pada transformator 2 persentasi saturasi air dalam minyak transformator senilai 22,51 % yaitu pada interval 20 - 30 % dimana kondisi isolasi dalam keadaan basah. Pada transformator 3 nilai persentasi saturasi airnya sebesar 17,58 % yaitu pada interval 15 - 20% dimana kondisi isolasi dalam kondisi cukup basah (moderat) namun masih dapat bekerja dengan stabil atau sesuai dengan standar IEC 60422 2013.
 4. Nilai rata – rata tegangan tembus pada minyak transformator di transformator 1, 2 dan 3 secara berturut – turut ialah 45,38 kV, 50,47 kV dan 68,85 kV.
 5. Pada minyak transformator di transformator 1 nilai tegangan tembusnya hampir memenuhi standar yaitu pada interval 40 – 50 kV dengan isolasi pada kondisi sedang / cukup baik. Sedangkan pada transformator 2 dan 3 berada di interval >50 kV yaitu pada kondisi baik atau sangat memenuhi standar IEC 60422. Kondisi baik ini artinya minyak transformator masih dapat bekerja dengan stabil karna mampu menahan stres tegangan dengan baik.
 6. Nilai kekuatan dielektrik minyak transformator di transformator 1, 2 dan 3 secara berturut – turut ialah 18,15 kV / mm, 20,19 kV / mm dan

27,54 kV / mm. Kekuatan dielektrik dipengaruhi oleh adanya kandungan air yang terdapat pada isolasi minyak. Semakin tinggi nilai kandungan air maka kekuatan dielektrik minyak akan rendah, dan sebaliknya semakin rendah nilai kandungan air maka semakin tinggi pula kekuatan dielektrik minyak tersebut.

7. Nilai tegangan tembus minyak transformator meningkat seiring dengan penambahan zat aditif fenol. Pada sampel minyak di transformator 1 sebelum ditambah fenol sebesar 45,38 kV, ketika ditambah konsentrasi fenol sebanyak 10 mL maka nilai tegangan tembusnya meningkat menjadi 31,15 %, 20 mL sebesar 47 % dan 35 mL sebesar 65,12 %.

4.2. Saran

1. Apabila nilai kandungan air dan tegangan tembus pada transformator dalam keadaan baik maka lanjutkan pengambilan sampel sesuai waktu normal dan apabila dalam keadaan cukup baik maka lakukan pengambilan sampel lebih sering dan periksa parameter yang lain seperti, kandungan partikel, DDF/ resistivitas, keasaman, dan lain – lain. Dan apabila dalam kondisi buruk maka aksi yang direkomendasikan adalah melakukan pengecekan sumber air berasal. Selain itu dianjurkan juga dilakukan purifikasi minyak transformator untuk memperbaiki kinerja minyak. Cara lain yang dapat dilakukan apabila sudah tidak dapat diperbaiki lagi adalah dengan mengganti minyak trafo.

2. Jika persentasi saturasi air dalam minyak pada interval 15 - 20 % (isolasi kertas dalam kondisi cukup basah) atau lebih buruk, maka perlu dilakukan pengujian kadar air dalam kertas.

DAFTAR PUSTAKA

1. Arismunandar, A, Teknik Tegangan Tinggi Suplemen , Ghalia, 1982
2. Elektro Indonesia. (1998, Juni). Partikel Discharge dan Kegagalan Bahan Isolasi. Diakses pada 28 September 2019, dari <http://elektroindonesia.com/elektro/ener13a.html>
3. Elektro Indonesia. (2001, April). Transformator Daya dan Cara Pengujiannya. Diakses pada 29 September 2019, dari <http://www.elektroindonesia.com/elektro/ener36b.html>
4. Hage. (2009, 01 Febuari). Komponen – Komponen Transformator / Transformer / Trafo. Diakses pada 2 November 2019, dari <http://dunia-listrik.blogspot.com/2009/01/komponen-komponen-transformator.html>
5. Imron, Choiril. (2014, 03 Desember). Overview Minyak Trafo. Diakses pada 30 Oktober 2019, dari <http://daimong.blogspot.com/2014/12/overview-minyak-trafo.html>
6. Mahardika, Arga, dkk. 2017. Perbaikan Parameter Dielektrik (Tegangan Tembus, $\tan \Delta$, Resistivitas dan *Water Content*) Minyak Isolasi Transformator dengan Metode Purifikasi (*Boiling*) pada Suhu 26 °C – 100 °C. Jurnal Teknik Elektro Universitas Diponegoro
7. Miqdarurri, Muhammad. (2016). Teori Kegagalan Isolasi. Diakses pada 2 Desember 2019, dari <http://eprints.umg.ac.id/197/2/10%20BAB%20II%20TINJAUAN%20PUSTAKA.pdf>
8. Nyoman, I Oksa Winanta, Anak Agung Ngurah Amrita dan Wayan Gede Ariastina. 2019. Studi Tegangan Tembus Minyak Transformator. Jurnal Teknik Elektro Universitas Udayana
9. Pedoman Instruksi Kerja Pengujian Water Content. PT. PLN (Persero) AP2B Wilayah SULSEL, SULTRA & SULBAR
10. Pedoman Pemeliharaan Transformator Tenaga. PT. PLN (Persero) UP3B Kalimantan Barat
11. Riswiyanto. 2009. Kimia Organik. Jakarta : Erlangga
12. Sanjaya, Raga. (2012, 02 Maret). Pendingin (Oil/Minyak) Pada Transformator, Circuit Breaker dan Kabel (Ilmu Bahan Semester 1). Diakses pada 10 Oktober 2019, dari <http://mysmpdailylife.blogspot.com/2012/03/pendingin-oilminyak-pada-transformator.html>
13. Schuler P. (1990), "Natural Antioxidant Exploited Commercially", dalam *Husdon BJB, Food Antioxidants, New York: Elsevier Applied Science*
14. Supriono. 2014. Buku ajar teknik tegangan tinggi. Mataram : Fakultas Teknik Universitas Mataram
15. Tobing, Bongas L, Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 2003.

Biography



Nurya Andayani, lahir di Pontianak pada tanggal 08 Mei 1998. Menempuh Pendidikan Strata I (S1) Di Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura sejak tahun 2015.

Penelitian ini diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro Konsentrasi Teknik Tegangan Listrik Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

Pembimbing,

Ir. Yohanes M. Simanjutak, M.T., IPM, ASEAN Eng
NIP. 195601301982031002

Sekretaris,

Ir. Danial, M.T., IPM
NIP. 19602121992031002