

**PENGUJIAN KARAKTERISTIK MINYAK TRANSFORMATOR GEDUNG 72  
BATAN SERPONG**

Suripto  
Pusat Rekayasa Fasilitas Nuklir- BATAN  
Gedung 71, Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Tangerang Selatan, 15310

**ABSTRAK**

**PENGUJIAN KARAKTERISTIK MINYAK TRANSFORMATOR GEDUNG 72 BATAN.** Telah dilakukan pengujian karakteristik minyak transformator gedung 72 BATAN. Transformator adalah salah satu alat penunjang ketersediaan listrik. Tugas transformator adalah merubah tegangan dari tegangan menengah menjadi tegangan yang lebih rendah dan juga sebaliknya. Untuk menjaga kehandalan dan memperpanjang usia dari transformator diperlukan beberapa tindakan, diantaranya pengujian terhadap minyak transformator yang bertujuan untuk mengetahui kelayakan/ memenuhi persyaratan sebagai media pendingin dan isolasi dalam transformator. Pada kenyataan dilapangan seringkali transformator dianggap hanya merupakan alat bantu yang hanya diingat dan diperlukan apabila pada saat arus listrik dari PLN padam sehingga dalam hal perawatan seringkali terabaikan dan terbengkalai. Untuk itu pemantauan dan pemeliharaan kualitas minyak transformator sangat penting guna menjamin keandalan operasinya. Dengan demikian umur transformator diharapkan dapat mencapai ~40 tahun dan minyak transformator yang kualitasnya sangat baik diharapkan setara masa pakainya dengan masa hidup transformator tersebut.

*Kata kunci : Transformator, minyak transformator, pengujian, tegangan tembus.*

**ABSTRACT**

**A CHARACTERISTICS TESTING OF THE TRANSFORMER OIL AT THE BATAN BUILDING 72.** A characteristics testing of the transformer oil at the BATAN building 72 has been carried out. Transformer is one of the tools in supporting the availability of electricity. The task is to change a high voltage into a lower voltage and vice versa. To maintain the reliability and extend the life of the transformer, several actions are required, including testing of transformer oil which aims to determine the feasibility / qualified as a coolant and insulation in transformers. In fact the transformer is often to be considered merely as a tool that only to be remembered and required if at the time the electricity is black out so that in terms of its maintenance program is often neglected and abandoned. The monitoring and maintenance of the transformer oil quality are imperative to guarantee the reliability of its operation. Thus the life of the transformer will be expected to reach ~40 years and the transformer oil which has excellent quality will be expected the same to the lifetime of the transformer.

*Keywords : Transformer, transformer oil, testing, breakdown voltage.*

**1.PENDAHULUAN**

Sarana dan atau prasarana (Sarpras) adalah unsur penunjang dalam pelaksanaan tugas dan fungsi organisasi yang mencakup bangunan dan fasilitas pendukung.

Transformator adalah salah satu alat penunjang ketersediaan pasokan listrik dari PLN ke konsumen. Tugas transformator adalah merubah tegangan dari tegangan menengah menjadi tegangan yang lebih rendah atau sebaliknya.

Transformator memiliki peranan yang sangat penting dalam pendistribusian listrik seperti yang dilakukan oleh PLN, transformator juga memiliki peranan penting dalam pendistribusian listrik dari PLN ke MES (*Media Energy Supply*) sampai ke gedung – gedung pengguna daya listrik dari PLN. Sarpras akan mengalami penurunan unjuk kerja sesuai dengan perjalanan waktu (umur) serta upaya pemeliharaan yang dilakukan. Dengan realitas tersebut pemeliharaan dan/ atau perawatan sarpras mempunyai peran yang sangat penting guna menjaga kehandalan sarpras untuk mendukung pelaksanaan tugas suatu organisasi (BATAN). Kelangsungan operasi dari transformator sangat bergantung pada umur dan kualitas system isolasinya, terutama adalah kualitas isolasi minyak transformator<sup>[1]</sup>. Minyak transformator berfungsi sebagai isolasi dan pendingin, juga mempunyai sifat dapat melarutkan gas-gas yang timbul akibat kerusakan sistem.

Penggunaan transformator dimanapun adalah sama, khususnya untuk transformator daya, yaitu sebagai penaik atau penurun tegangan menyesuaikan tegangan dari mesin itu sendiri. Pada industri / laboratorium banyak diperlukan transformator, karena untuk pemakaian daya yg besar (misalnya untuk industri / laboratorium) itu biasanya tegangan yg masuk adalah diatas 380 V (biasanya 20 kV), jadi diperlukan transformator *step down*/penurun tegangan menyesuaikan tegangan mesin, misalnya tegangan untuk motor-motor listrik itu biasanya 380V 3 phase, dsb. Jadi diperlukan transformator 20 kV/380 Volt.

Pemeliharaan tidak saja merupakan pekerjaan fisik yang langsung terhadap peralatan yang bersangkutan, melainkan diperlukan suatu perencanaan yang baik dan pengawasan terhadap pelaksanaannya. Sehingga dengan demikian pemeliharaan dapat dilakukan dengan teratur dan sesuai dengan ketentuan-ketentuan dan petunjuk yang berlaku terhadap peralatan yang bersangkutan, merujuk kepada peraturan kepala BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL no 177/KA/IX/2011 tentang pedoman pemeliharaan dan atau perawatan sarana dan atau prasarana pendukung instalasi nuklir<sup>[2]</sup>.

Dengan melakukan perawatan secara berkala dan pemantauan kondisi transformator pada saat beroperasi akan banyak keuntungan yang didapat, antara lain:

- Meningkatkan keandalan dari transformator tersebut.
- Memperpanjang masa pakai.
- Jika masa pakai lebih panjang, maka secara otomatis akan dapat menghemat biaya penggantian unit transformator.

Adapun langkah-langkah perawatan transformator antara lain adalah:

- Pemeriksaan berkala kualitas minyak isolasi.
- Pemeriksaan/pengamatan berkala secara langsung (*Visual Inspection*)
- Pemeriksaan-pemeriksaan secara teliti (*overhauls*) yang terjadwal.

Gedung 72 yang berlokasi di BATAN merupakan gardu distribusi sebagai tempat sarana dimana terdapat transformator step down yaitu transformator yang menurunkan tegangan dari tegangan menengah menjadi tegangan rendah sesuai kebutuhan konsumen. Jaringan distribusi berdasarkan letak jaringan terhadap posisi gardu distribusi dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu jaringan distribusi primer (tegangan menengah di gedung 72) dan jaringan distribusi sekunder (tegangan rendah di gedung 71) Kawasan Nuklir Serpong Tangerang Selatan.

Dalam makalah ini dilakukan analisis/ pengujian mengenai kualitas isolasi transformator yang ada di gedung 72 BATAN, untuk mengetahui kondisi transformator dan menentukan perkiraan sisa umur efektif minyak isolasi transformator yang sudah berumur lebih dari 25 tahun.

## 2. TEORI

Transformator atau transformator adalah alat yang memindahkan tenaga listrik antar dua rangkaian listrik atau lebih melalui induksi elektromagnetik, Transformator

bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Tegangan masukan bolak-balik yang membentangi primer menimbulkan fluks magnet yang idealnya semua bersambung dengan lilitan sekunder. Fluks bolak-balik ini menginduksikan gaya gerak listrik (ggl) dalam lilitan sekunder. Jika efisiensi sempurna, semua daya pada lilitan primer akan dilimpahkan ke lilitan sekunder.

Didalam transformator ada dua bagian yang secara aktif membangkitkan panas yaitu tembaga (kumparan) dan besi (inti). Panas-panas ini bila tidak disalurkan atau diadakan pendinginan akan menyebabkan tembaga atau besi itu mencapai suhu yang terlalu tinggi, sehingga bahan-bahan isolasi yang ada pada tembaga (kertas minyak) akan rusak, untuk itu kebanyakan dilakukan dengan memasukan inti maupun kumparan kedalam minyak yaitu suatu jenis minyak tertentu yang dinamakan minyak isolasi (transformator).

Perihal yang berkaitan dengan transformator beserta minyaknya dijelaskan di [3] sebagai berikut. Minyak transformator selain sebagai isolator juga berfungsi sebagai pendingin. Isolator berfungsi untuk memisahkan bagian bagian yang mempunyai beda tegangan agar supaya bagian bagian tersebut tidak terjadi lompatan listrik (*flash over*) atau percikan (*spark over*). Kegagalan isolasi pada transformator yang terjadi pada saat peralatan sedang beroperasi bisa menyebabkan kerusakan alat sehingga kontinuitas system menjadi terganggu. Isolasi pada transformator memiliki peranan yang sangat penting, dari beberapa kasus yang terjadi menunjukkan bahwa kegagalan isolasi ini berkaitan dengan adanya *partial discharge*. *Partial discharge* ini dapat terjadi pada material isolasi padat, material isolasi cair dan juga material isolasi gas. Mekanisme kegagalan pada material isolasi padat meliputi kegagalan asasi (*intrinsik*), elektro mekanik, streamer, termal dan kegagalan erosi. Pada material isolasi gas kegagalan terutama disebabkan oleh mekanisme *Townsend* dan mekanisme *streamer*. Sedangkan kegagalan pada material isolasi cair disebabkan oleh adanya kavitasi, adanya butiran pada zat cair dan tercampurnya material isolasi cair, untuk itu ada beberapa persyaratan minyak untuk bisa digunakan sebagai isolasi diantaranya :

- Mempunyai kekuatan dielektrik (tegangan tembus) yang tinggi
- Viskositas yang rendah untuk mempermudah sirkulasi
- Titik nyala yang tinggi untuk mencegah terjadinya kebakaran
- Bebas asam untuk mencegah karat dari tembaga (tidak korosif)
- Tahan terhadap oksidasi
- Tidak mengandung sedimen

Tabel 1. Batasan Minyak isolasi bekas pakai IEC 422:1989<sup>[4]</sup>

No.	Parameter	Batasan	
1	Tegangan tembus	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 50 kV untuk tegangan &gt; 170 kV</li> <li>• 40 kV untuk teg. 70 – 170 kV</li> <li>• 30 kV untuk tegangan &lt; 70 kV</li> </ul>	
2	Kadar air	< 20 mg/kg untuk > 170 kV < 30 mg/kg untuk < 170 kV	
3	Sedimen	Tidak terukur ( > 0,02% )	
4	Warna	Baik	Kuning pucat
		Cukup	Kuning sawo
		Tidak Baik	Coklat kehitaman
5	Angka kenetralan (keasaman)	0,5 mgKOH/g	
6	Tegangan permukaan	Min. 15 dyne/cm	

Selain itu, minyak isolasi yang telah dipakai (bekas) masih dapat digunakan selama minyak tersebut masih mempunyai karakteristik tidak melewati seperti yang di tunjukkan pada standard IEC 422:1989 pada tabel 1. Ada beberapa alasan mengapa isolasi cair digunakan<sup>[9]</sup>, antara lain yang pertama adalah isolasi cair memiliki kerapatan 1000 kali atau lebih dibandingkan dengan isolasi gas, sehingga memiliki kekuatan dielektrik yang lebih tinggi menurut hukum Paschen. Kedua isolasi cair akan mengisi celah atau ruang yang akan diisolasi dan secara serentak melalui proses konversi menghilangkan panas yang timbul akibat rugi energi. Ketiga isolasi cair cenderung dapat memperbaiki diri sendiri (*self healing*) jika terjadi pelepasan muatan (*discharge*), namun kekurangan utama isolasi cair adalah mudah terkontaminasi.

Pemeliharaan transformator yang optimal, akan menghasilkan tingkat kegagalan seminimal mungkin, untuk itu dibutuhkan pedoman pemeliharaan transformator yang efektif dan efisien. Hal ini dilakukan dengan cara<sup>[5]</sup>:

- *In service inspection*, adalah kegiatan inspeksi yang dilakukan pada saat transformator dalam kondisi bertegangan/ operasi. Tujuan dilakukannya *in service inspection* adalah untuk mendeteksi secara dini ketidak normalan yang mungkin terjadi didalam transformator tanpa melakukan pemadaman.

Subsistem transformator yang dilakukan *in service inspection* adalah sebagai berikut:

- Electromagnetic circuit
  - Dielektrik
  - Struktur Mekanik
  - Bushing
  - OLTC
  - Pendingin
- *In Service Measurement* adalah kegiatan pengukuran/ pengujian yang dilakukan pada saat transformator sedang dalam keadaan bertegangan/ operasi (*in service*). Tujuan dilakukannya *in service measurement* adalah untuk mengetahui kondisi transformator lebih dalam tanpa melakukan pemadaman.

Transformator sebagai peralatan tegangan tinggi tidak lepas dari kemungkinan mengalami kondisi abnormal, dimana pemicunya dapat berasal dari internal maupun external transformator. Ketidak normalan ini akan menimbulkan dampak terhadap kinerja transformator. Secara umum, dampak/akibat ini dapat berupa *overheat*, *corona* dan *arcing*. Salah satu metoda untuk mengetahui ada tidaknya ketidak normalan pada transformator adalah dengan mengetahui dampak dari ketidak normalan transformator itu sendiri. Untuk mengetahui dampak ketidak normalan pada transformator digunakan metoda DGA (*Dissolved gas analysis*). Pada saat terjadi ketidaknormalan pada transformator, minyak isolasi sebagai rantai hidrocarbon akan terurai akibat besarnya energi ketidaknormalan dan akan membentuk gas-gas hidrokarbon yang larut dalam minyak isolasi itu sendiri. Pada dasarnya DGA adalah proses untuk menghitung kadar/nilai dari gas-gas hidrokarbon yang terbentuk akibat ketidak normalan. Dari komposisi kadar/nilai gas-gas itulah dapat diprediksi dampak–dampak ketidaknormalan apa yang ada di dalam transformator, apakah *overheat*, *arcing* atau *corona*.

Kegiatan pengujian karakteristik minyak transformator bertujuan untuk mengetahui kelayakan/ memenuhi syarat atau tidaknya minyak transformator tersebut sebagai media pendingin dan isolasi pada transformator yang ada di gedung 72 Batan Serpong, sebagai penunjang ketersediaan listrik gedung 71 yang melayani lima (5) Satker yang ada di gedung ini. Kegiatan ini merupakan tindakan korektif yang dilakukan berdasarkan hasil *In service inspection* dan *In Service Measurement*. Item pengujiannya meliputi enam hal yang mengacu pada standar IEC 60422 tahun 2013, yang ditunjukkan pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Standard minyak transformator IEC 60422 tahun 2013.

Properties	Satuan	ANALISA HASIL PENGUJIAN			
		Katagori Tegangan	Kondisi minyak		
			Baik	Cukup	Buruk
Tegangan Tembus	KV/2,5 mm	A	>60	50 -60	<50
		B	>50	40 -50	<40
		C	>40	30 -40	<30
Kadar Air	Ppm	A	<5	5 -10	>10
		B	<5	5- 15	>15
		C	<10	10-25	>25
Sedimen	Wt %	A,B,C	< 0,1		>0,1
Warna	-	A,B,C	< 3,5 (Jernih)		>3,5 (Gelap/keruh)
Kadar asam	Mg KOH/g	A	<0,1	0,1-0,15	<0,15
		B	<0,1	0,1-0,2	<0,2
		C	<0,15	0,15-0,3	<0,3
Tegangan Antar Muka	mN/m	A,B,C	>28	22-28	<22

Catatan-1 : A = 500 Kv.

B= 150 Kv.

C = 70 Kv

Catatan- 2 : Nilai kadar air harus selalu dikoreksi ke 20°C sebelum di bandingkan ke tabel.

### 3. METODE

Kegiatan ini merupakan bagian dari pemeliharaan yang harus dikelola dengan proporsional sehingga bisa memberikan manfaat yang maksimum selama masa manfaatnya. Pengujian ini dilaksanakan oleh pihak ke 3 yang bekerjasama dengan PLN (Pesero). Data transformator dan kontruksinya ditunjukkan pada tabel 3 dan 4 sedangkan bentuk visual dari transformator tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.

Tabel 3. Data Transformator yang diuji.

Daya Transformator	2500 KVA	Merk Transformator	Unindo
Tahun	1989	Nomor seri	40304
Tegangan transformator	70 KV	Berat Transformator	5350 Kg
Primer ( HV )	20.000 v	Volume minyak	1250 Liter
Sekunder ( LV )	400 v		

Tabel 4. Konstruksi Transformator yang diuji.

Sistem inlet minyak Transformator	Kran 3/4	Posisi Transformator	On
Sistem outlet minyak Transformator	Kran 3/4	Temperatur Transformator	40 oC
Pengatur kelembaban	Kipas	Sistem pendingin	Minyak
Sistem pengaman Transformator	DGPT	Lokasi	Gedung 72



Gambar 1. Transformator MES gedung 71 yang diuji.

#### Metode Pengujian<sup>[4]</sup>

- Pengujian tegangan tembus.  
Pengujian tegangan tembus dilakukan untuk mengetahui kemampuan minyak isolasi dalam menahan stress tegangan. Tegangan tembus adalah besarnya tegangan ketika tembus listrik terjadi diantara elektroda setengah bola yang terpisah 2,5 mm (IEC 60422 ).
- Pengujian kadar air.  
Kandungan air dalam minyak isolasi berasal dari udara (atmosfir), diuji dengan metoda Karl Fisher Coulometric dan mengacu pada standar IEC 60422.
- Pengujian Sedimen.  
Sedimen merupakan kontaminan pada minyak pakai dan terjadi karena proses oksidasi, pengujian mengacu pada standar IEC 60422.
- Pengujian Warna.  
Berdasarkan batasan rekomendasi (jernih dan tidak terlihat kontaminan).
- Pengujian Kadar Asam  
Kadar asam (angka kenetralan) dalam minyak isolasi menunjukkan adanya kontaminan hasil oksidasi yang beifat asm, uji ini sangat dibutuhkan untuk suatu penggantian minyak. Pengujian mengacu pada standar IEC 60422
- Pengujian Tegangan Antar Muka (*Inter Facial Tension / IFT*).  
Metode ini mencakup pengukuran pada kondisi ketidak seimbangan tegangan antara permukaan minyak mineral yang berlawanan dengan air. Indikasinya ditunjukkan dengan adanya kontaminasi hasil dari oksidasi minyak. Pengujian mengacu pada standar IEC 60422.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengujian karakteristik minyak transformator bertujuan untuk mengetahui kelayakan/ memenuhi syarat atau tidaknya minyak transformator tersebut sebagai media pendingin dan isolasi pada transformator. Tabel 5 adalah hasil uji tegangan tembus minyak transformator tersebut.

Tabel 5. Hasil Uji Tegangan Tembus Minyak Transformator.

Sebelum <i>Treatment</i>	Hasil pengujian						Tegangan tembus rata-rata	
	1	2	3	4	5	6	KV/2,5mm	KV/cm
	23,3	24,5	25,3	24,5	22,0	21,4	<b>23,3</b>	93,2

Dari tabel 5 terlihat bahwa tegangan tembus minyak transformator yang beroperasi di gedung 72 sebelum di *treatment* / di *filter* adalah sebesar 23,3 KV/2,5mm. Angka tersebut menunjukkan bahwa tegangan tembus minyak transformator yang ada berada di bawah batas minimum yaitu 30 Kv/2,5 mm (120 Kv/cm) sesuai standard PLN (SPLN) No 49/1992 (IEC 60422). Sehingga harus segera dilakukan *treatment*.

Tabel 6. Hasil Pengukuran Sebelum Di *Filter*.

Properties	Hasil Pengujian		ANALISA HASIL PENGUJIAN					
	Nilai	Satuan	Katagori Tegangan	Kondisi minyak			Rekomendasi	Reff
				Baik	Cukup	Buruk		
Tegangan Tembus	<b>23,3</b>	KV/2,5 mm	A	>60	50 -60	<50	Uji Furan, jika <i>ageing</i> parah lakukan rekondisi minyak (Reklamasi)	IEC 60422
			B	>50	40 -50	<40		
			C	>40	30 -40	<30		
Kadar Air	<b>15,3</b>	Ppm	A	<5	5 -10	>10	Periksa parameter lain (Keasaman)	IEC 60422
			B	<5	5- 15	>15		
			C	<10	10-25	>25		
Sedimen	<b>0,123</b>	Wt %	A,B,C	< 0,1		>0,1	Filter	
Warna	<b>4.2</b>	-	A,B,C	< 3,5		>3,5 (Keruh)	Filter	
Kadar asam	<b>0,251</b>	Mg KOH/g	A	<0,1	0,1- 0,15	<0,15	Periksa prosentase sedimen dan lumpur endapan, kemungkinan oksidasi	IEC 60422
			B	<0,1	0,1- 0,2	<0,2		
			C	<0,15	0,15- 0,3	<0,3		
Tegangan Antar Muka	<b>28,1</b>	mN/m	A,B,C	>28	22-28	<22	Normal	IEC 60422

Catatan:1 : A = 500 Kv.

B= 150 Kv.

**C = 70 Kv**

Catatan 2 : Nilai kadar air harus selalu dikoreksi ke 20°C sebelum dibandingkan ke tabel.

Pemeriksaan tegangan tembus minyak transformator dianjurkan 3 tahun pertama sejak transformator dioperasikan dan tiap tahun untuk tahun-tahun berikutnya. Jika hasil pemeriksaan laboratorium oli tersebut dibawah standard maka perlu dimurnikan kembali

atau diganti dengan oli yang baru. Karena tegangan tembus sangat sensitive terhadap pencemaran, maka pengambilan sampel harus dilakukan dengan sangat hati-hati. Letak/ titik pengambilan sampel dilakukan ditempat yang dianggap paling tercemar, misalkan pada titik terbawah. Pengujian juga dilakukan antara minyak sebelum dan sesudah difilter, hasilnya ditunjukkan pada tabel 6 dan 7. Gambar 2 memperlihatkan peralatan pengujian tegangan tembus yang digunakan dalam pengujian karakteristik minyak transformator di gedung 72 Batan. Kegiatan ini dilaksanakan oleh pihak ke 3 yang bekerjasama dengan PLN (Pesero).

Tabel 7. Hasil Pengukuran Sesudah Di *Filter*.

Properties	Hasil Pengujian		ANALISA HASIL PENGUJIAN					
	Nilai	Satuan	Katagori Tegangan	Kondisi minyak			Kesimpulan	Reff
				Baik	Cukup	Buruk		
Tegangan Tembus	<b>60,5</b>	KV/2,5 mm	A	>60	50 -60	<50	<b>NORMAL</b>	IEC 60422
			B	>50	40 -50	<40		
			C	>40	30 -40	<30		
Kadar Air	<b>4.1</b>	ppm	A	<5	5 -10	>10	<b>NORMAL</b>	IEC 60422
			B	<5	5- 15	>15		
			C	<10	10-25	>25		
Sedimen	<b>0,0521</b>	Wt %	A,B,C	< 0,1		>0,1	<b>NORMAL</b>	
Warna	<b>1,8</b>	-	A,B,C	< 3,5 (Jernih)		>3,5	<b>NORMAL</b>	
Kadar asam	<b>0,0156</b>	Mg KOH/g	A	<0,1	0,1- 0,15	<0,15	<b>NORMAL</b>	IEC 60422
			B	<0,1	0,1-0,2	<0,2		
			C	<0,15	0,15- 0,3	<0,3		
Tegangan Antar Muka	<b>28,1</b>	mN/m	A,B,C	>28	22-28	<22	<b>NORMAL</b>	IEC 60422

Catatan 1 : A = 500 Kv.

B= 150 Kv.

C = 70 Kv

Catatan 2 : Nilai kadar air harus selalu dikoreksi ke 20°C sebelum di bandingkan ke tabel



Gambar 2. Peralatan uji Tegangan tembus.

#### 4.1. Tegangan Tembus.

Pengujian Tegangan tembus ini sangat bergantung pada kandungan kontaminan di dalam minyak. Minyak yang jernih dan kering akan menunjukkan nilai tegangan tembus yang tinggi. Kadar air dan partikel solid, apalagi gabungan antara keduanya dapat menurunkan tegangan tembus secara drastis. Dengan kata lain pengujian ini dapat menjadi indikasi keberadaan kontaminan seperti kadar air dan partikel. Rendahnya nilai tegangan tembus dapat mengindikasikan keberadaan salah satu kontaminan tersebut.

Oksidasi dan kontaminan adalah hal yang dapat menurunkan kualitas minyak yang berarti dapat menurunkan kemampuannya sebagai isolasi. Oksidasi pada minyak isolasi transformator juga akan ikut andil dalam penurunan kualitas kertas isolasi transformator. Pada saat minyak isolasi mengalami oksidasi, maka minyak akan menghasilkan asam. Asam ini apabila bercampur dengan air dan suhu yang tinggi akan mengakibatkan proses hidrolisis pada isolasi kertas. Proses hidrolisis ini akan menurunkan kualitas kertas isolasi.

Untuk mengetahui adanya kontaminan atau proses oksidasi didalam minyak dilakukan pengujian oil quality test (karakteristik). Pengujian karakteristik minyak selain dilakukan untuk minyak di dalam tangki utama transformator juga dilakukan pada minyak *cabl box (tubular)* untuk koneksi *bushing* transformator ke GIS 150kV melalui kabel.

#### 4.2. Pengujian kadar air

Fungsi minyak transformator sebagai media isolasi di dalam transformator dapat menurun. Salah satu penyebab turunnya tingkat isolasi minyak transformator adalah adanya kandungan air pada minyak. Oleh karena itu dilakukan pengujian kadar air untuk mengetahui seberapa besar kadar air yang terlarut / terkandung di minyak.

Metoda yang umum digunakan untuk menguji kandungan air dalam minyak adalah metoda Karl Fischer<sup>[6]</sup>. Metoda ini menggunakan satu buah elektroda dan satu buah generator. Generator berfungsi menghasilkan senyawa Iodin melalui proses elektrolisis yang berfungsi sebagai *titer* / penetral kadar air sedangkan Elektroda berfungsi sebagai media untuk mengetahui ada tidaknya kadar air di dalam minyak melalui proses titrasi secara kolumetrik. Perhitungan berapa besar kadar air di dalam minyak dilihat dari berapa banyak Iodin yang di bentuk pada reaksi tersebut. Adapun satuan dari hasil pengujian ini adalah ppm (*part per million*) yang didapat dari perbandingan antara banyaknya kadar air dalam mg terhadap 1kg minyak. Pengujian ini mengacu pada standar IEC 60422 Pada pengambilan sample untuk pengujian kadar air pada minyak transformator dilakukan dengan menggunakan *syringe* untuk mencegah bertambahnya kadar air dari udara bebas.

#### 4.3. Pengujian Sediment

Banyak material yang dapat mengkontaminasi minyak transformator seperti karbon dan endapan lumpur (*sludge*). Pengujian sedimen ini bertujuan untuk mengukur seberapa banyak (%) zat pengotor terhadap minyak isolasi transformator<sup>[5]</sup>. Pengujian ini mengacu pada standar IEC 60422 – Annex C.

#### 4.4. Pengujian Warna.

Warna adalah banyaknya intensitas sinar yang diteruskan dan dinyatakan dengan angka yang berdasarkan perbandingan terhadap sederetan standar warna. Bertambahnya intensitas warna menunjukkan bahwa minyak telah terkontaminasi.

#### 4.5. Pengujian Kadar Asam

Minyak yang rusak akibat oksidasi akan menghasilkan senyawa asam yang akan menurunkan kualitas kertas isolasi pada transformator. Asam ini juga dapat menjadi penyebab proses korosi pada tembaga dan bagian transformator yang terbuat dari bahan metal. Untuk mengetahui seberapa besar asam yang terkandung di minyak, dilakukan pengujian kadar asam pada minyak isolasi. Besarnya kadar asam pada minyak juga

dapat dijadikan sebagai dasar apakah minyak isolasi transformator tersebut harus segera dilakukan reklamasi atau diganti.

#### 4.6. Pengujian Tegangan Antar Muka (*Interfacial Tension / IFT*)

Pengujian IFT antara minyak dengan air dimaksudkan untuk mengetahui keberadaan polar contaminant yang larut dari hasil proses pemburukan. Karakteristik dari IFT akan mengalami penurunan nilai yang sangat drastis seiring tingginya tingkat penuaan pada minyak isolasi. IFT juga dapat mengindikasikan masalah pada minyak isolasi terhadap material isolasi lainnya, atau terjadinya kesalahan pada saat pengisian minyak yang berdampak pada tercemarnya minyak isolasi.

### 5. KESIMPULAN

Pemeliharaan transformator dengan melakukan pengujian tegangan tembus secara berkala diharapkan dapat diketahui kelayakan minyak transformator tersebut untuk digunakan sebagai isolasi, pendingin sekaligus sebagai pelindung bagian inti dari transformator, karena faktor adanya endapan kandungan mineral atau partikel pada minyak transformator dapat merusak isolasi transformator. Minyak isolasi berfungsi menjaga terjadinya gangguan hubung singkat (*short*) antar belitan pada transformator dan juga sebagai media pendingin pada saat transformator sedang bekerja.

Minyak transformator yang ada di MES gedung 72 setelah di *treatment* masih layak digunakan, karena masih dalam batas yang diijinkan menurut standar pengujian tegangan tembus minyak isolasi yang berada di atas 40 Kv/2,5mm yaitu sebesar 60,5 Kv/2,5 mm. Menurut standar SPLN 49 – 1 -1992, pada transformator distribusi (20 Kv) yang memiliki tegangan peralatan < 70 Kv maka standar tegangan tembus minimal adalah sebesar < 30 Kv, bila hasil pengujian kurang dari 30 Kv/2,5mm, isolasi minyak transformator dinyatakan buruk karena tidak mampu mengisolasi dengan baik dan dapat mengakibatkan *short* (hubung singkat) antar belitan pada transformator.

### 6. UCAPAN TERIMAKASIH

1. Penulis mengucapkan terimakasih kepada teman-teman Tim SARPRAS yang telah membantu dalam pengumpulan data maupun pengumpulan bahan, sehingga makalah ini dapat di selesaikan.
2. Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada bapak Dipl. Ing. Ari Satmoko DEA, yang telah membimbing penulisan makalah ini.

### 7. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Tampubolon, 2007, *Pengaruh Tingkat Pembebanan Transformator Terhadap Karakteristik Dielektrik Dan Gas Terlarut Minyak Isolasi*. ITB Bandung .
- [2]. Anonim, 2011, PERKA BATAN nomor 177/KA/IX/2011, tentang *Pedoman Pemeliharaan Dan/Atau Perawatan Sarana Dan/Atau Prasarana Pendukung Instalasi Nuklir*.
- [3]. Elektro Indonesia, Maret 1998, Edisi Ke Dua Belas Maret 1998.
- [4]. Anonim, diunduh 30 Mei 2010, *Knowledge Centre*, Available : <http://panellistrikindo.blogspot.co.id/2010/05/pengujian-karakteristik-minyak-isolasi.html>
- [5]. Buku pedoman pemeliharaan transformator tenaga (PT PLN PERSERO) PDM/PGI/01;2014
- [6]. Anonim, diunduh\_\_\_\_\_, *Penetapan Kadar Air Dengan Metode Karl Fischer*, Available : <https://www.scribd.com/doc/269072722/>