

# STUDI PEMURNIAN MINYAK TRANSFORMATOR MENGGUNAKAN *OIL TREATMENT PLANT* PADA TRANSFORMATOR DAYA 29 MVA DI PT. PLN (PERSERO) PEMBANGKITAN NAGAN RAYA

Maulia akbar<sup>1</sup>, Subhan<sup>2</sup>, Hasanuddin<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe

E-mail : [mauliaakbar01@gmail.com](mailto:mauliaakbar01@gmail.com)

**Abstrak**— *Unit Auxiliary Transformer (UAT)* merupakan *transformator* yang digunakan pembangkitan Nagaran Raya yang letaknya di Suak Puntong, kuala Pesisir kabupaten Nagaran Raya yang difungsikan untuk pemakaian sendiri, PLTU Nagaran Raya memiliki Kapasitas 110 MW x 2. Pada penelitian ini penulis melakukan proses pemeliharaan minyak *transformator* yang merupakan peralatan listrik yang mahal, tetapi memiliki ketahanan yang lemah, sehingga sering terjadi kerusakan pada *transformator* yang akan membuat sistem penyaluran energi listrik terputus, salah satu kelemahan pada *transformator* yaitu pada sistem isolasi sekaligus pendingin *transformator*, secara berkala, maka minyak *transformator* harus diuji ketahanannya, karena minyak *transformator* harus bebas dari setiap bahan penghantar listrik dan harus mampu mencegah terjadinya panas yang berlebihan dan mempunyai daya isolasi yang cukup besar, sehingga *transformator* dapat bekerja atau beroperasi sesuai yang diinginkan. Dari hasil pengujian minyak *transformator* yang ada di PT.PLN (Persero) Pembangkitan Nagaran Raya dapat dilihat, pada minyak *Unit Auxiliary Transformer* sebelum dilakukannya purifikasi memiliki tegangan tembus 52.5 KV dan Pengujian DGA dengan nilai 5672 TDCG sehingga masih dapat digunakan karena masih diatas standar tegangan tembus meskipun demikian namun tetap dilakukannya purifier minyak *transformator* supaya lebih bagus dan tahan lama. Setelah dilakukan purifier maka dilakukan pengujian DGA dan BDV dengan nilai tegangan tembus 84.3 KV dan pengujian DGA dengan nilai TDCG 77. Maka minyak *Unit Auxiliary transformer* di PLTU Nagaran Raya ini masih dapat digunakan lagi.

**Kata kunci**— *Transformator, Minyak, BDV, DGA*

## I. PENDAHULUAN

*Transformator* daya merupakan salah satu peralatan utama yang terdapat di gardu induk. *transformator* daya yang terdapat pada PT PLN (Persero) Pembangkitan Nagaran Raya sebagai bahan penelitian penulis yaitu *transformator Unit Auxiliary Transformer (UAT)* dengan tegangan sisi primer 13.8 KV dan tegangan sekunder 6 KV yang berperan sebagai penyalur energi listrik serta untuk pemakaian sendiri ke peralatan PLTU Nagaran Raya. *Transformator* daya merupakan peralatan listrik yang berfungsi untuk memindahkan daya dari satu rangkaian ke rangkaian yang lain pada tingkat tegangan yang berbeda.

Purifikasi minyak *transformator* untuk memperbaiki kualitas minyak trafo sehingga mendapatkan nilai tegangan tembus dan DGA sesuai standard yang telah ditentukan. Fungsi minyak *transformator* adalah sebagai media pendingin sekaligus isolasi antara belitan primer dan skunder, jika terkontaminasinya minyak *transformator* dengan zat-zat lain seperti udara dan keasaman pada karbon akan membuat *transformator* tidak aktif atau akan membuat *transformator* tersebut terbakar. Untuk mencegah hal itu terjadi, maka diperlukan perawatan, antara lain sistem isolasi dan pendingin pada *transformator*.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Bagian-bagian Transformator

#### 1) Inti besi

Pada *transformator* berfungsi untuk mempermudah jalan fluksi, yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melalui kumparan. Dibuat dari lempengan-lempengan besi tipis yang

berisolasi, untuk mengurangi panas (sebagai rugi-rugi besi) yang ditimbulkan oleh arus eddy.[1]

#### 2) Kumparan Transformator

Adalah beberapa lilitan kawat berisolasi yang membentuk suatu kumparan. Kumparan tersebut terdiri dari kumparan primer dan kumparan sekunder yang diisolasi baik terhadap inti besi maupun terhadap antar kumparan dengan isolasi padat seperti karton, pertinak dan lain-lain. Kumparan tersebut sebagai alat transformasi tegangan dan arus. [1]

Besarnya arus yang mengalir melalui kumparan pada *transformator* dapat dihitung sebagai berikut :[2]

$$I_{is} = \frac{P_{out} \text{ trafo}}{\sqrt{3} \cdot V_{is} \cdot \cos \phi} \dots \dots \dots (1)$$

Dengan  $I_{is}$  = Arus line sekunder (A)

$P_{out}$  = Daya keluaran *transformator* (W)

$V_{is}$  = Tegangan sekunder (v)

$\cos \phi$  = faktor daya

$$P_{in} = P_{out} + \text{rugi-rugi} \dots \dots \dots (2)$$

Dengan  $P_{in}$  = Daya Masuk (W)

$P_{out}$  = Daya keluar (W)

Minyak *Transformator* Sebagian besar kumparan-kumparan dan inti trafo tenaga direndam dalam minyak trafo, terutama trafo-trafo tenaga yang berkapasitas besar, karena minyak trafo mempunyai sifat sebagai isolasi dan media pemindah, sehingga minyak trafo tersebut berfungsi sebagai media pendingin dan isolasi.

## B. Jenis-Jenis Transformator

*Transformator* merupakan suatu alat elektrik yang sederhana, andal, dan efisien untuk mengubah tegangan yang tinggi ke tegangan yang rendah (*step down*) dan juga dapat mengubah tegangan rendah ke tegangan tinggi (*step up*). [2]

### a. Transformator Daya

*Transformator* daya merupakan peralatan listrik yang berfungsi untuk memindahkan daya dari satu rangkaian ke rangkaian yang lain pada tingkat tegangan yang berbeda. Pada umumnya suatu transformator disebut *transformator* daya, apabila daya yang dipindahkan melebihi 500 KVA atau bekerja pada sistem tegangan diatas 67 KV.[1]

### b. Transformator Ukur

*Transformator* Ukur *Transformator* dipergunakan untuk menurunkan besaran-besaran pada sisi primer menjadi harga yang lebih rendah pada sisi sekunder, sehingga dapat digunakan untuk keperluan pengukuran dan untuk keperluan rele pengaman.[2]

### c. Transformator Tiga fasa

Transformator tiga fasa banyak digunakan pada sistem transmisi dan distribusi tenaga listrik karena pertimbangan ekonomis. transformator tiga fasa banyak sekali mengurangi berat dan lebar kerangka, sehingga harganya dapat dikurangi bila dibandingkan dengan penggabungan tiga buah transformator satu fasa dengan "rating" daya yang sama.[2]

Jenis-jenis transformator pembangkit :

- a. Generator Transformer (GT)
- b. Station Service Transformer (SST)
- c. Unit Auxilliary Transformer (UAT)
- d. Transformator Step-Up
- e. Transformator Step-down

## C. Fungsi Minyak Transformator

Minyak *transformator* adalah merupakan bahan isolasi cair (isolator) yang dipergunakan sebagai bahan isolasi dan pendingin pada *transformator*. Sebagai bahan isolasi minyak *transformator* harus memiliki kemampuan diantaranya adalah sebagai berikut :[3]

- a. Menahan terhadap tegangan tembus (semakin tinggi nilai tegangan tembusnya maka kualitas isolasinya akan semakin baik).
- b. Sebagai bahan pendingin yang harus mampu meredam panas yang ditimbulkan, untuk mengurangi kenaikan suhu yang berlebih perlu dilengkapi dengan sistem pendinginan untuk menyalurkan panas dari *transformator*.
- c. Sebagai media untuk memadamkan busur api karena pada saat beroperasi *transformator* dapat menghasilkan senyawa gas sebagai hasil dari proses penuaan dan adanya dampak gangguan, kenaikan suhu yang berlebih akan memungkinkan terjadinya

loncatan bunga api didalam belitan *transformator* tersebut.

- d. Melindungi belitan dan body *transformator* dari terjadinya oksidasi dan korosi. Minyak *transformator* adalah minyak mineral yang diperoleh dengan pemurnian minyak mentah.

## D. Jenis-jenis Minyak Transformator

1. Minyak Diala A, Diala B, (Shell Diala S dipakai di PLTU Nagan Raya)
2. Minyak Esso
3. Minyak Univolt
4. Minyak Nynas
5. Minyak Bp
6. Minyak Sun Om Oil (Sebagai minyak ini dipakai untuk trafo tenaga di PLTU Suralaya)

## E. Pemurnian Minyak Trafo

Pemurnian minyak trafo berujuan untuk menghilangkan bahan-bahan kontaminan yang terkandung didalam minyak sehingga kekuatan dielektrik minyak dapat meningkat kembali Ada berba gai teknik pemurnian minyak seperti filterisasi, Partikel-partikel padat seperti debu, endapan, dan sejenisnya yang terkandung dalam minyak dapat termuati oleh muatan listrik, hal ini akan menurunkan kekuatan dielektrik, oleh karena itu untuk memisahkan partikel partikel tersebut dari minyak isolasi digunakan teknik filterisasi . Adanya gas-gas terlarut seperti karbon dioksida dan oksigen secara signifikan akan mempengaruhi kekuatan dielektrik minyak, hal ini karena gas-gas terlarut memiliki kekuatan dielektrik yang lebih rendah dibandingkan minyak trafo. Untuk menghilangkan gas-gas tersebut dapat dilakukan dengan *distilaton* dan *degassing*, sedangkan untuk menghilangkan kandungan air dapat dilakukan dengan vakum pengering.[4]

## F. Pengujian Minyak Trafo

Pengujian minyak trafo dilakukan baik untuk kondisi baru ataupun terpakai. Sebelum minyak trafo digunakan (minyak baru), perlu dilakukan pengujian untuk mengetahui sifat-sifat trafo (umumnya pengujian kegagalan isolasi), begitu pula saat minyak sedang digunakan, secara rutin dalam j angka waktu tertentu minyak perlu diuji kembali, karena setelah dipakai minyak menjadi terkontaminasi, oleh karena itu jika diketahui batas kegagalan isolasi telah menurun melampaui batas. yang direkomendasikan, maka minyak trafo perlu dilakukan pemurnian kembali.[4]

Peralatan *transformator* tenaga merupakan bagian penting dalam jaringan tenaga listrik. Peralatan isolasi *transformator* terdiri dari isolasi cair (minyak) dan isolasi padat (kertas). Minyak *transformator* adalah minyak mineral yang diperoleh dengan pemurnian minyak mentah. Selain berasal dari minyak mineral, minyak *transformator* dapat pula dibuat dari bahan organik, misalnya: minyak trafo piranol, silikon. Sebagai bahan isolasi, minyak *transformator* harus mempunyai tegangan tembus yang tinggi.[5]

**II. METODOLOGI PENELITIAN**

Tabel 1. Data Penelitian

Data Transformator	
Merk/Tipe	SH-2900/13.8 <sup>TH</sup>
Pabrik	ALSTOM,JAKARTA
Kapasitas Trafo	29 MVA
Tegangan Sisi Primer	13.8 Kv
Tegangan Sisi Sekunder	6 Kv
Frekuensi	50 Hz
Impedansi	12,1 %
Sabungan	Dyn1l
Tahun Buatan	2013
Minyak	DB-25
Pendingin	ONAN/ ONAF
kadar minyak	8000 liter

Tabel 2 Data Pengujian BDV

TEST	Kondisi awal (KV)	Kondisi akhir (KV)	Jenis minyak yang diuji	jarak sela elektroda (mm)
1	65	91.8	Diala Shell S	2.5 mm
2	67.5	89.1		
3	34.6	68.6		
4	53.5	90.6		
5	64.6	71.9		
6	29.8	93.6		
RATED	52.5	84.3		

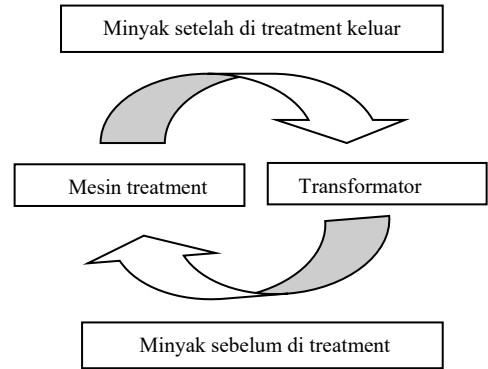
Tabel 3 Data Pengujian DGA

NO	JENIS - JENIS GAS	PPM KONDISI AWAL	PPM KONDISI AKHIR
1	Hydrogen	272	<5
2	Carbon dioxide	5050	792
3	Carbon monoxide	196	54
4	Ethylene	19	10
5	Ethane	87	10
6	Methane	10	1
7	Acetylene	<0,5	<0.5
8	Water	38	0
TDCG		5672	77

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Metode Pemurnian**

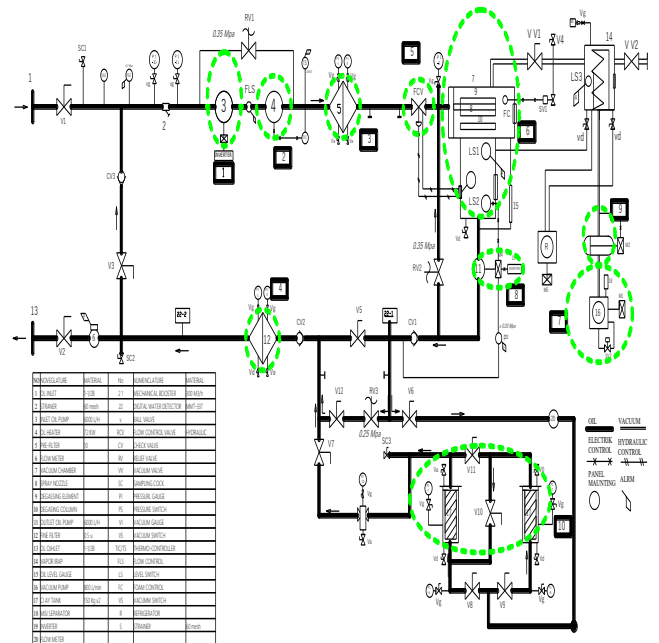
Adapun secara sederhana, prinsip kerja *treatment* ini yaitu mensirkulasikan minyak transformator yang akan *ditreatment* .Minyak trafo akan disedot masuk kedalam alat purifikasi *treatment* untuk dimurnikan, kemudian, kemudian dipompa kembali dimasukkan ke dalam transformator.



Gambar 1. Diagram alir sederhana minyak transformator

**B. Diagram Komponen**

Diagram komponen menunjukkan komponen-komponen dari pada mesin purifikasi minyak trafo pada diagram komponen ada 10 komponen yang ada pada mesin purifikasi seperti pada diagram gambar 2.



Gambar 2. Diagram Komponen

Adapun fungsi komponen dari pada Diagram dari gambar 2 di atas sebagai berikut:

- 1) Oil Inlet Pump
- 2) Menyuplai minyak ke dalam mesin purifikasi minyak trafo untuk dilakukannya proses pemurnian minyak trafo.
- 3) Heater  
*Heater* berkerja sebagai memanaskan minyak di dalam mesin sampai ke suhu tertentu sehingga kandungan air didalam minyak menjadi uap dan hilang.



Gambar 3 Heater

## 4) Pre Filter

Berfungsi sebagai untuk menyaring partikel-partikel padat berupa kotoran atau korosi dari dalam trafo, yang dapat mempercepat terjadinya penurunan tegangan tembus. Mesin *treatment* menggunakan 2 buah *filter* yang ditempatkan di masukan dan keluaran mesin purifikasi. *Filter* Awal Berbentuk tabung dengan diameter 10 inchi dan tinggi 55 cm. Cover-nya terbuat dari plat *stainless steel* dan bahan *filter* terbuat dari *creape paper* dengan besar pori-pori 0.5 mikron



Gambar 4. Filter

## 5) Fine Filter

*Fine filter* hampir sama seperti pada gambar 4 Cuma perbedaannya *pre filter* penyaringan kotoran/sedimen pada tahap awal sedangkan *fine filter* pada minyak tahap terakhir sebelum minyak kembali ke trafo.

## 6) Flow Control valve

Untuk menyeimbangkan volume oil didalam *vacuum chamber* supaya minyak dapat purifikasikan secara normal.

## 7) Vacuum Chamber

Ruang *vacuum* untuk mengekstraksi uap air dan gas pada minyak berfungsi sebagai media atau tempat untuk memisahkan kandungan gas pada minyak *transformator* yang gas-gas yang terlarut didalam minyak *transformator* dapat terpisah dengan chamber tersebut.

## 8) Pompa Vacuum

Motor Induksi 3 fasa motor ini berfungsi untuk menyedot dan memompa minyak. Motor yang digunakan memiliki daya 2 Kw, tegangan sumber 380 V dan frekuensi 50 Hz. Mesin vakum

kegunaannya adalah untuk menyedot udara keluar dari dalam tabung vakum (memvacumkan).



Gambar 5 Chamber



Gambar 6 Motor Induksi 3 fasa

## 9) Oil Outlet Pump

Memompa minyak keluar dari vakum chamber menuju lagi ke dalam transformator yang telah melakukan proses purifikasi.

## 10) Mechanical Booster

Bersifat turbo yang menambah kekuatan pompa pada saat 2660 Pa

## 11) Fuller s Earth System

Memperbaiki keasaman dan warna pada minyak serta untuk menghilangkan gas-gas yang terkandung didalam minyak transformator.

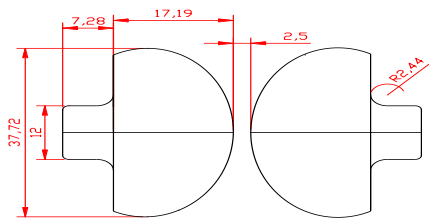
## C. Pengujian Break Down Voltage (BDV)

Pengujian tegangan tembus dilakukan dengan suatu alat yang dinamakan *breakdown tester* dengan dua buah elektroda didalamnya. Umumnya elektroda yang digunakan adalah elektroda standar. Dalam pengujian yang saya lakukan menggunakan elektroda setengah bola dengan jarak antar elektroda 2.5 mm. pada PLTU Nagan Raya menggunakan merek *megger* tipe OTS100AF. Berikut alat yang digunakan:



Gambar 7 BDV(Breakdown Voltage)

Di dalam alat pengujian minyak ini, didalamnya terdapat dua buah elektroda Untuk menguji tegangan tembus minyak yang dapat dilihat seperti pada gambar 8 dibawah ini.



Gambar 8 Dua Elektroda dalam satuan mm

**D. Analisa Pengujian BDV**

Dalam pengujian tegangan tembus untuk melihat hasil pengujian dari hasil data yang dilakukan apakah baik ataupun bagus minyak transformator dapat dilihat menurut Standart IEC 156 Dalam Standart IEC 156, seperti pada tabel 4 .

Tabel 4. Tabel Breakdown Voltage Sesuai IEC 156 [1]

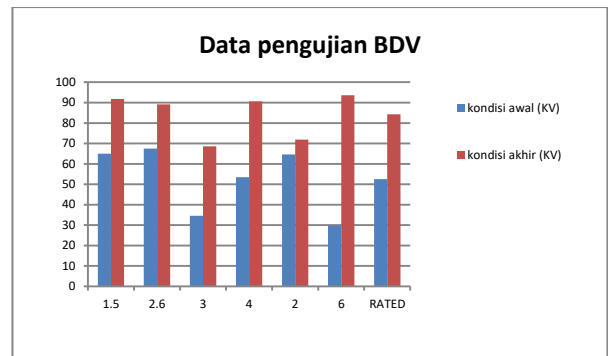
Tegangan Operasi Trafo (kV)	Jarak Gap (mm)	Nilai Minimum
$Un \leq 36$	2,5	30 kv
$36 < Un \leq 70$	2,5	35 kv
$70 < Un \leq 170$	2,5	40 kv
$170 > Un$	2,5	50 kv

Dari hasil yang didapat pada waktu *overhaul* di Unit Auxiliary Transformator (UAT) seperti yang ditunjukkan pada tabel 4 maka dapat dianalisa sebagai berikut :

Minyak trafo berfungsi sebagai media isolasi, pendingin dan pelindung belitan primer dan sekunder dari oksidasi agar tidak terjadi panas saat transformator bekerja. Untuk pengujian tegangan tembus pertama minyak transformator dilakukan sebelum dilakukannya purifikasi minyak trafo.

Adapun hasil pengujian pertama tegangan tembus pada minyak transformator sebelum dilakukannya purifikasi pengujian pertama sebesar 65 KV pengujian kedua sebesar 67.5 KV pengujian ketiga sebesar 34.6 KV pengujian keempat sebesar 53.5 KV pengujian ke 5 sebesar 64.6 KV pengujian ke 6 sebesar 29.8 KV Dari hasil pengujian semuanya, tegangan tembus rata-rata sebesar 52.5 KV minyak sebelum dilakukannya purifikasi ini masih dalam kondisi baik dan bisa digunakan memenuhi standart dan tidak perlu diganti, karena masih layak digunakan sebagai media pendingin dan isolasi. Meskipun demikian namun tetap dilakukannya purifikasi karena sesuai dengan SOP setiap setahun sekali dilakukannya purifikasi baik itu menunjukkan kondisi minyak bagus ataupun jelek. Sedangkan pengujian setelah purifikasi dengan nilai Rata-rata 84.3 KV sehingga dengan dilakukannya purifikasi membuat minyak trafo semakin bagus bila dilihat dari hasil pengujian BDV.

Pada pengujian minyak kondisi awal dan kondisi akhir terjadi perbedaan menunjukkan minyak semakin bagus dimana nilai rata-ratanya masih memenuhi standart yang diizinkan. Perbandingannya dapat dilihat pada grafik berikut :



Gambar 9 Grafik Pengujian BDV

**E. Metode Pengujian DGA ( Dissolved Gas Analysis )**

DGA Analisa kondisi transformator yang dilakukan berdasarkan jumlah gas terlarut pada minyak transformator. Pengujian DGA adalah salah satu langkah perawatan preventif yang wajib dilakukan dengan interval pengujian paling tidak satu kali dalam satu tahun. Pengujian DGA dalam transformator dapat dianalogikan sebagaimana pengujian darah dalam diri manusia. Melalui pengujian darah dalam diri manusia akan dapat diperoleh informasi yang terkait dengan kesehatan manusia, begitupula pada transformator, dengan pengujian pada minyak transformator akan dapat diperoleh informasi yang terkait dengan kualitas/kinerja transformator.

**A. Metode Ekstrasi Gas**

1. Gas Chromotograph Adalah sebuah teknik untuk memisahkan zat-zat tertentu dari sebuah senyawa gabungan, biasanya zat-zat tersebut dipisahkan berdasarkan tingkat penguapannya.

2. Photo Acoustic Spectroscopy proses pengukuran dengan metode pas dimulai dengan sumber radiasi yang menciptakan radiasi.

**F. Analisa Data Pengujian DGA**

Standar IEEE menetapkan standarisasi untuk melakukan analisis berdasarkan jumlah gas terlarut pada sampel minyak.

Tabel 5. Standard Gas Terlarut IEEE

Status	H2	CH4	C2H2	C2H4	C2H6	CO	CO2	TDCG
condition 1	100	120	35	50	65	350	2.5	720
condition 2	100-700	121-400	36-50	51-100	66-100	351-1570	2.500-4.000	721-1.920
condition 3	701-1.800	401-1.800	51-80	101-200	101-150	571-1.1400	4.001-10.000	1.921-4.630
condition 4	>1.800	>1.000	>80	>200	>150	>1.400	>10.000	>4.630

**Pada kondisi 1**, *transformator* beroperasi normal. Namun, tetap perlu dilakukan pemantauan kondisi gas-gas tersebut.

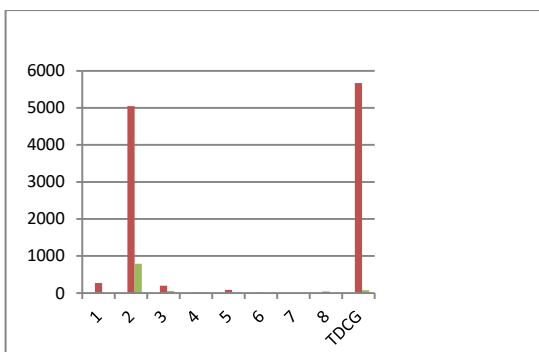
**Pada kondisi 2**, tingkat TDCG mulai tinggi. Ada kemungkinan timbul gejala-gejala kegagalan yang harus mulai diwaspadai, perlu dilakukan pengambilan sampel minyak yang lebih rutin dan sering.

**Pada kondisi 3**, TDCG menunjukkan adanya dekomposisi dari isolasi kertas minyak *transformator*. Berbagai kegagalan pada kondisi ini mungkin sudah terjadi dan *transformator* harus sudah diwaspadai dan diperlukan perawatan yang lebih lanjut.

**Pada kondisi 4**, TDCG pada tingkat ini menunjukkan adanya kerusakan pada isolator kertas dan kerusakan minyak trafo pada kondisi ini sudah meluas.

Adapun hasil pengujian pertama sebelum dilakukannya Purifikasi mendapat nilai TDCG 5672 maka apabila disesuaikan dgn standar menempatkan TDCG pada posisi 4 dimana posisi 4 menyatakan TDCG pada tingkat ini menunjukkan adanya kerusakan pada isolator kertas dan kerusakan minyak trafo pada kondisi ini sudah meluas. Maka bila dilihat dari standart IEEE sudah sangat layak untuk dilakukannya purifikasi.

Kemudian setelah dilakukannya purifikasi minyak trafo mendapatkan nilai TDCG 77 artinya dengan dilakukannya purifikasi dapat membuat minyak seperti baru lagi walaupun tidak 100% namun 70% sudah mendekati. Karena kalau dilihat dari total TDCG sudah sangat membaik setelah dilakukannya Purifikasi minyak trafo. Maka bila dibandingkan data sebelum purifikasi dengan data DGA sesudah dilakukannya purifikasi sangat besar nilai TDCG perubahannya. Maka minyak oli tersebut masih layak untuk digunakan bila dilihat dengan standar IEEE. Adapun perbandingannya sebelum dan sesudah purifikasi dapat dilihat pada gambar 10.



Grafik10 Perbandingan Kondisi awal dan akhir minyak transformator Dengan pengujian DGA

Dari hasil perbandingan antara pengujian sebelum dilakukannya purifikasi dengan sesudah dilakukannya purifikasi maka sangat jauh tingkat perbedaan bila dilihat dari grafik tersebut. Maka dari sini dapat kita ketahui dengan dilakukannya pemeliharaan secara rutin yaitu dengan dilakukannya purifikasi maka semakin bagus minyak *transformator* sehingga dapat memperpanjang umur *transformator*.

## V. KESIMPULAN

Setelah melakukan survey pengujian minyak *transformator* 29 MVA Di PLTU Nagan Raya, Hasilnya dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada minyak unit auxiliary transformator (UAT) sebelum dilakukannya purifikasi maka memiliki tegangan tembus rata-rata 52.5 kv maka masih layak dipakai namun meskipun demikian tetap dilakukannya purifikasi karena sesuai SOP setiap 1 tahun sekali dilakukannya purifikasi.
  1. Pada minyak transformator UAT Setelah dilakukannya purifikasi maka dilakukannya pengujian tegangan tembus dengan nilai rata-rata 84.3 KV
  2. Hasil pengujian Dissolved Gas Analysis (DGA) dengan hasil pengujian pertama sebelum dilakukannya purifikasi mendapat nilai TDCG 5672 sedangkan setelah dilakukannya purifikasi mengurangi TDCG sehingga menjadi 77 maka dari hasil pengujian DGA minyak *transformator* masih layak untuk digunakan.
  3. Dari hasil 2 pengujian yaitu pengujian tegangan tembus dengan DGA kedua pengujian tersebut menunjukkan minyak *transformator* masih dalam keadaan normal dan masih layak digunakan tanpa harus dilakukannya pergantian.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Buku Petunjuk Batasan Operasi dan Pemeliharaan Peralatan Penyaluran Tenaga Listrik SKDIR 114.K/DIR/2010 Transformator Tenaga No.Dokumen: 01-22/HARLURPST/2009.
- [2] Zuhul. Dasar Teknik Tenaga listrik Dan Elektronika Daya. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama, 2000.Energy, T. (2014). Manajemen Perawatan Pembangkit, 5-7.
- [3] Kadir, and Abdul. Pembangkit Tenaga Listrik. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press), 2010.
- [4] Dedi Nugroho. "Kegagalan Isolasi Minyak Trafo." Jurusan Teknik Elektro, 2010: 4.
- [5] Evaluasi Kandungan Air Terhadap Tegangan Tembus Pada Minyak Jarak Yang Telah Melalui Proses Transesterifikasi Sebagai Alternatif Minyak Transformator." Jurusan Teknik Elektro, 2014: 33.