

## **ANALISIS KONDISI TRANSFORMATOR DAYA 20KV/150KV DENGAN METODE UJI DISSOLVED GAS ANALYSIS (DGA) DI PT.PJB PLTU REMBANG**

**Muhamad Tohari<sup>1</sup>, Budi Sukoco<sup>2</sup>, Muhammad Haddin<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung

<sup>1,2,3</sup> Jl.Raya Kaligawe KM.4, Terboyo Kulon, Kec. Genuk, Kota Semarang, Jawa Tengah 50112

**Abstrak** - Permasalahan yang umum terjadi pada transformator saat beroperasi adalah timbulnya gas yang terlarut dalam minyak transformator yang disebut dengan *fault gas*. *Fault gas* ini timbul karena akibat dari kegagalan transformator yang dipicu dari kenaikan temperatur minyak transformator secara signifikan oleh beberapa faktor selama pengoperasian transformator. Dengan mengidentifikasi konsentrasi gas yang terlarut dapat memberikan informasi akan adanya kegagalan yang terjadi pada transformator. Metode identifikasi kegagalan transformator berdasar jumlah *fault gas* ini disebut dengan *Dissolved Gas Analysis (DGA)*.

**Kata Kunci** : *DGA, Trnsafomotor*

### **I. PENDAHULUAN**

Transformator merupakan peralatan tegangan tinggi yang sangat vital dimana fungsinya adalah untuk menyalurkan tenaga listrik dari satu rangkaian ke rangkaian lainnya dengan mengubah tegangan rendah ke tegangan tinggi atau dari tegangan tinggi ke tegangan rendah tanpa merubah frekuensinya. Dengan begitu maka transformator dapat mengurangi jumlah rugi-rugi daya listrik pada saat penyaluran melalui jaringan transmisi. Karena peran transformator sangat penting dalam penyaluran tenaga listrik sehingga keandalan transformator harus dijaga agar proses penyaluran tenaga listrik dapat berjalan dengan baik, salah satunya yaitu dengan melakukan pengujian minyak isolasi transformator yang mana minyak isolasi adalah bagian transformator yang bersinggungan langsung dengan kumparan dan komponen lainnya dalam transformator yang menghasilkan panas sehingga karena hal itu dapat menyebabkan kemampuan minyak isolasi dapat berkurang kemampuannya dalam mencapai fungsi kerjanya dan dapat berakibat fatal pada kerusakan transformator yang lebih luas. Agar hal tersebut tidak terjadi, salah satu cara yang dilakukan adalah dengan pengujian minyak isolasi transformator atau disebut dengan DGA (Dissolved Gas Analisis) yaitu menganalisis jumlah kandungan-kandungan gas yang terlarut dalam minyak transformator yang umumnya gas-gas ini tidak dapat dideteksi dengan karakteristik minyak.

Pada dasarnya transformator diberikan beban tenaga listrik yang terus menerus yang mengakibatkan adanya tekanan thermal dan listrik pada isolasi dielektrik saat beroperasi, karena itu kertas dan minyak isolasi mengalami dekomposisi yang mengakibatkan pembentukan gas yang terlarut dalam

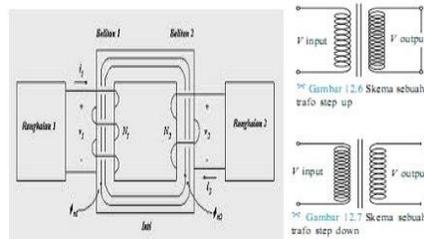
minyak dan mengurangi kemampuan isolasi dielektrik. Gas yang terbentuk dari dekomposisi minyak antara lain : hidrogen ( $H_2$ ), metana ( $CH_4$ ), etana ( $C_2H_6$ ), asetilin ( $C_2H_2$ ), etilen ( $C_2H_4$ ). Disisi lain juga akibat dekomposisi kertas menghasilkan beberapa gas yaitu karbon dioksida ( $CO_2$ ) dan karbon monoksida ( $CO$ ). Dari gas-gas tersebut akan diambil data dan diolah untuk mendapatkan informasi bagaimana kondisi transformator saat itu akan adanya kegagalan apa saja yang terjadi pada transformator antara lain : overheating, partial discharge dan arcing yang berkelanjutan yang menghasilkan jenis dan konsentrasi gas dan kemudian ini digunakan sebagai identifikasi mengenai perawatan transformator untuk menjaga keandalan transformator dan memperpanjang umur transformator.

Pada PLTU Rembang terdapat salah satu jenis transformator yang menjadi pusat perhatian dalam penelitian ini yaitu transformator daya step up 20kv/150kv unit 1 yang mana dalam beberapa periode nilai DGA nya yang kurang baik sehingga mengalami kegagalan transformator dan sebelum kegagalan pada transformator tersebut semakin memburuk maka dilakukan identifikasi pada transformator tersebut guna mengetahui indikasi kegagalan-kegagalan dan elektris pada transformator daya.

Untuk pengolahan data dari hasil uji minyak dengan menggunakan Dissolved Gas Analisa (DGA) terhadap jumlah fault gas terlarut dalam minyak transformator, pada penelitian ini penulis menggunakan metode segitiga duval, key gas, dan rasio.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA/LANDASAN TEORI**

Transformator adalah peralatan listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik dari satu rangkaian ke rangkaian lainnya dengan mengubah tegangan rendah ke tegangan tinggi atau dari tegangan tinggi ke tegangan rendah tanpa merubah frekuensinya. Transformator merupakan peralatan statis karena tidak ada bagian yang bergerak dalam prinsip kerjanya seperti halnya motor atau generator. Dalam pengubahan tegangan, transformator menggunakan prinsip induktansi elektromagnetik dengan melalui tiga bagian utama dalam transformator yaitu lilitan primer, lilitan sekunder dan inti besi. Dimana arus bolak-balik mengalir mengelilingi inti besi maka inti besi tersebut merubah energi listrik menjadi magnet, dan apabila magnet tersebut dikelilingi oleh belitan pada kedua ujungnya yakni lilitan primer dan lilitan sekunder maka kedua lilitan tersebut mengalami beda potensial. Arus yang mengalir melalui lilitan primer akan menginduksi inti besi transformator sehingga di dalam inti besi mengalir fluks magnet dan fluks magnet ini akan menginduksi lilitan sekunder sehingga pada ujung lilitan sekunder mengalami beda potensial. Berikut gambar dari transformator.



Gambar 2. 1 Rangkaian Transformator

$$P1 = P2$$

$$\frac{N1}{N2} = \frac{V1}{V2} = \frac{I2}{I1} \tag{1}$$

Dimana :

N1 = Jumlah lilitan primer

N2 = Jumlah lilitan skunder

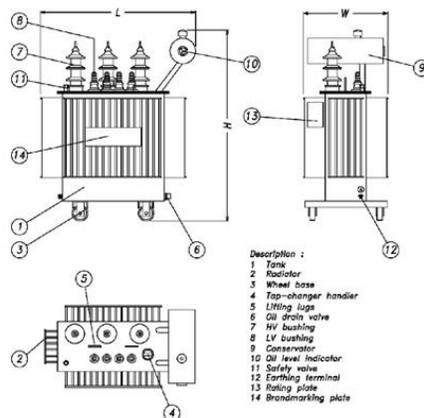
V1 = Besar tagangan primer (Volt)

V2 = Besar tegangan skunder (Volt)

I1 = Besar arus primer (Ampere)

I2 = Besar arus skunder (Ampere)

a. Konstruksi dan Bagian-bagian dari transformator daya



Gambar 2. 2 Konstruksi Transformator

b. Minyak Transformator

Di dalam transformator terdapat dua bagian komponen yang dapat membangkitkan panas karena dari beban kinerja dari transformator yaitu tembaga (kumparan) dan besi (inti) yang umumnya sebagian besar komponen transformator termasuk dua komponen tersebut direndam dalam minyak isolasi untuk

menstabilkan suhu transformator pada suhu normal sehingga bahan-bahan insulasi yang ada pada tembaga (kertas minyak) tidak rusak.

Fungsi dari minyak isolasi transformator yaitu :

1. Sebagai isolasi
2. Sebagai pendingin
3. Sebagai peredam busur api
4. Melarutkan gas yang dihasilkan oleh degradasi minyak ,gas dari isolasi selulosa dan gas akibat fault.
5. Gas yang terlarut dalam minyak dan sifat minyak lainnya merupakan bahan informasi yang berharga tentang kesehatan transformator untuk membuat tren dalam pengujian DGA dan analisa datanya adalah hal yang penting sebagai alat diagnostic

Syarat minyak transformator sebagai isolasi sebagai berikut :

1. Viskositas yang rendah untuk mempermudah sirkulasi
2. Titik nyala yang tinggi untuk mencegah terjadinya kebakaran
3. Bebas asam untuk mencegah karat dari tembaga dan kerusakan pada belitan.
4. Tidak bersifat korosif
5. Tahan terhadap oksidasi
6. Mempunyai kekuatan dielektrik (tegangan tembus) yang tinggi
7. Tidak mengandung sedimen (P3B, 2003)



Gambar 2. 3 Minyak isolasi transformator

### III. METODE PENELITIAN

Analisis Kondisi Transformator Berdasarkan Hasil Pengujian DGA, Standar IEEE C57-104.2008 (Total Dissolved Combustible Gas) Standar IEEE C57-104.2008 membagi empat kondisi transformator berdasarkan kandungan gas yang terlarut sebagai panduan untuk mengklasifikasikan risiko yang mungkin akan terjadi pada transformator dan tidak ada masalah sebelumnya. Metoda diagnosa ini menggunakan kombinasi dari gas individu dan total konsentrasi gas yang mudah terbakar (Total Combustible Gas/TCG) sebagai indikator. Metoda Diagnosa Transformator menggunakan individu gas (key gas/gas kunci) dan Total Dissolved Gas hanya salah satu alat yang digunakan untuk mengevaluasi gas terlarut pada transformator.

Tabel 3. 1 Batas konsentrasi gas terlarut berdasarkan IEEE std.C57-104.2008

Status	Dissolved key gas concentration limits [ $\mu\text{L/L}$ (ppm) <sup>a</sup> ]							
	Hydrogen (H <sub>2</sub> )	Methane (CH <sub>4</sub> )	Acetylene (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> )	Ethylene (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )	Ethane (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	Carbon monoxide (CO)	Carbon dioxide (CO <sub>2</sub> )	TDCG <sup>b</sup>
Condition 1	100	120	1	50	65	350	2 500	720
Condition 2	101-700	121-400	2-9	51-100	66-100	351-570	2 500-4 000	721-1920
Condition 3	701-1800	401-1000	10-35	101-200	101-150	571-1400	4 001-10 000	1921-4630
Condition 4	>1800	>1000	>35	>200	>150	>1400	>10 000	>4630

NOTE 1—Table 1 assumes that no previous tests on the transformer for dissolved gas analysis have been made or that no recent history exists. If a previous analysis exists, it should be reviewed to determine if the situation is stable or unstable. Refer to 6.5.2 for appropriate action(s) to be taken.

NOTE 2—An ASTM round-robin indicated variability in gas analysis between labs. This should be considered when having gas analysis made by different labs.

Jumlah gas terlarut yang mudah terbakar atau TDCG (Total Dissolved Combustible Gas) akan menunjukkan apakah transformator yang diujikan masih berada pada kondisi operasi normal, waspada, peringatan atau kondisi gawat / kritis. Sebagai catatan, hanya gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) saja yang tidak termasuk kategori TDCG. Empat Klasifikasikan kondisi operasional transformator yaitu:

Kondisi 1: Jumlah gas terlarut mudah terbakar (Total Dissolved Combustible Gas) di bawah tingkat ini menunjukkan transformator beroperasi memuaskan.

Kondisi 2: TDCG dalam kisaran melebihi tingkat yang normal dari gas yang mudah terbakar. Setiap individu gas mudah terbakar yang melebihi nilai yang ditentukan dalam tabel 3.2 harus dilakukan identifikasi. Untuk memperkecil kesalahan yang mungkin terjadi, pengambilan sampel DGA setidaknya cukup sering untuk menghitung pertumbuhan gas per hari (rate/day) untuk masing-masing gas.

Kondisi 3: TDCG dalam kisaran ini menunjukkan dekomposisi tingkat tinggi insulasi selulosa dan/minyak. Setiap individu gas mudah terbakar yang melebihi tingkat yang ditentukan dalam tabel 3.7 dan harus dilakukan investigasi tambahan. Untuk memperkecil kesalahan yang mungkin terjadi, pengambilan sampel

DGA setidaknya cukup sering untuk menghitung pertumbuhan gas per hari (rate/day) untuk masing-masing gas.

Kondisi 4: TDCG dalam kisaran ini menunjukkan dekomposisi yang berlebihan dari insulasi selulosa dan/atau minyak. Melanjutkan operasi berisiko dapat mengakibatkan kegagalan transformator.

#### IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengujian DGA dilakukan paling tidak setiap 6 bulan sekali ketika kondisi trafo normal operasi, pada penelitian ini pengujian DGA dilakukan secara kondisional menurut bagaimana perkembangan konsentrasi gas terlarut dalam minyak. Untuk analisa kondisi trafo dilakukan ketika awal pengambilan sample pada 22 november 2012 masuk pada bagian periode satu, data 5 maret 2013 merupakan puncak data sebelum purifikasi sampai setelah dipurifikasi 14 november 2014 sampai akhir 2014 pada bagian periode kedua, kemudian pada periode ketiga pada tanggal 26 maret 2015 sampai 13 agustus 2015 sebelum purifikasi minyak dan pada 23 oktober 2015 dilakukan purifikasi minyak secara online. Di bawah ini dapat dilihat hasil dari pengujian DGA yang telah dilakukan dari beberapa periode tersebut.

Tabel 4. 1 Data hasil pengujian DGA minyak isolasi transformator

NO	TANGGAL	H2	CH4	CO	CO2	C2H4	C2H6	C2H2	H2O	TDCG	Oil Temperature (°C)	MW
1	22/Nov/12	298	498	254	1823	414	177	2	24	1643	60	300
2	22/Nov/12	319	556	286	1767	475	179	2	15	1817	62	300
3	19/Dec/12	267	517	266	1844	449	174	2	11	1675	61	215
4	20/Dec/12	271	528	272	1720	456	171	1	15	1699	59	215
5	21/Dec/12	284	524	277	1924	441	169	2	19	1698	57	215
6	22/Dec/12	239	513	277	1944	445	176	1	14	1652	57	215
7	5/Mar/13	232	564	285	1985	456	172	1	12	1710	62	300
8	14/Nov/13	116	104	60	837	92	45	2	15	418	40	0
9	21/Apr/14	154	110	68	1100	71	63	2	15	469	62	300
10	15/Aug/14	175	124	73	991	85	53	0	15	510	63	300
11	30/Dec/14	156	114	70	1303	96	76	0,5	16	514	63	300
12	26/Mar/15	130	117	75	1658	93	64	0,5	15	479	56	300
13	8/May/15	103	114	69	1152	93	65	<0,5	14	443	55	250
14	13/Aug/15	101	123	73	1510	96	71	0,5	16	465	57	215
15	23/Oct/15	5	10	8	375	19	29	0,5	16	67	54	300

Tabel 4. 2 Batasan konsentrasi gas terlarut dalam minyak isolasi transformator.

No.	jenis gas	waspada	bahaya
1	Hydrogen (H <sub>2</sub> )	100 ppm	700 ppm
2	Metana (CH <sub>4</sub> )	120 ppm	400 ppm
3	Carbon monoksida (CO)	350 ppm	570 ppm
4	Carbon dioksida (CO <sub>2</sub> )	2500 ppm	4000 ppm
5	Ethylene (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )	50 ppm	100 ppm
6	Ethana (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	65 ppm	100 ppm
7	Acetylene (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> )	2 ppm	5 ppm
8	Water (H <sub>2</sub> O)	30 ppm	>30ppm
9	TDCG	700	1900

Analisa pada periode pertama adalah memperhatikan bagaimana trend pertumbuhan gas terlarut minyak pada tanggal 22 november 2012 – 22 desember 2012 tetapi analisa gangguan secara rinci dilakukan pada tiap-tiap tertentu karena berdasarkan data yang diperoleh tidak ada perubahan yang signifikan dalam waktu yang berdekatan. Parameter-parameter yang digunakan dari data adalah jumlah fault gas (hidrogen, etilen, etana, metana, karbondioksida, karbon monoksida, asitelin), jumlah kandungan air, nilai TDCG dan temperature minyak. Nilai konsentrasi gas, jumlah air dan TDCG diperoleh dari alat ukur sedangkan nilai temperatur diperoleh dari thermometer minyak yang terpasang pada tangki transformator, besarnya nilai temperatur berbanding lurus dengan besar beban (daya) yang dibangkitkan dari generator saat itu.

Pada periode pertama merupakan awal mula trafo ketika dilakukan pengujian DGA menunjukkan hasil nilai DGA dengan konsentrasi fault gas di atas batas normal, sehingga mengindikasikan bahwa trafo sedang tidak sehat dan mengalami gangguan. Untuk mengetahui gangguan tersebut maka fault gas dalam minyak trafo dapat memberikan informasi terkait jenis gangguan tersebut dengan cara melakukan metode uji DGA agar selanjutnya dapat dilakukan penanganan perbaikan secara tepat dan cepat.

Pada pengambilan minyak periode pertama dilakukan pada tanggal 22 november 2012 saat trafo dalam keadaan aktif (on load) 300MW dengan berdasarkan analisa menggunakan standar IEEE std.C57-104.2008 diketahui bahwa nilai TDCG melebihi nilai standar 720 ppm yaitu 1643 ppm sehingga mengindikasikan bahwa trafo dalam kondisi 2 TDCG yang menandakan bahwa tumbuh gas individu mudah terbakar (hidrogen, metana, etana, etilen dan asitelin) dan melebihi batas nilai yang ditentukan.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kenaikan konsentrasi fault gas berbanding lurus dengan kenaikan temperatur minyak, setiap fault gas memiliki temperatur kerja yang berbeda-beda terhadap jumlah kenaikan konsentrasinya dan apabila temperatur turun konsentrasi fault gas cenderung tetap.

Analisis DGA dapat mengetahui gangguan trafo secara dini untuk dilakukan perencanaan perawatan trafo. Keakuratan data hasil uji DGA sangat bergantung pada kemurnian sample minyak. Berdasarkan pemantauan dari periode pertama dengan kenaikan TDCG dari 1643 ppm menjadi 1710 ppm.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Abu-Siada, N. A. (t.thn.). High Voltage Power Transformer Dissolved Gas. *Department of Electrical and Computer Engineering, Curtin University, Perth, Australia.*
- [2] Areva shanghai transformer, Co.Ltd. (2014). *Instalation & maintenance manual.* shanghai: Rembang-Indonesia.
- [3] C57.104<sup>TM</sup>-2008, I. S. (2009). *iee Guide for the Interpretation.* new york: ieee Power & Energy Society.
- [4] Gatut Yulisusianto, H. S. (2015). Diagnosis kondisi transformator berbasis analisis gas terlarut menggunakan metode sistem pakar fuzzy. *Jurnal eccis Vol. 9, 1-2.*
- [5] Indonesia, P. I. (2015). Pengujian dissolved gas analysis (dga).
- [6] Muhammad Faishal A. R., K. T. (2013). Analisis Indikasi Kegagalan Transformator Dengan Metode Dissolved Gas Analys. *Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, 1-9.*
- [7] P3B. (2003). *Panduan pemeliharaan trafo tenaga.* PT.PLN (persero).
- [8] Surya Darma. (2019). Analisis deteksi keadaan minyak transformator dengan metode gas terlarut menggunakan peralatan dissolve gas analisis ( DGA. *Fakultas Teknik Universitas Palembang, 1-12.*
- [9] Tohari, M. (2018). *Monitoring kondisi transformator dengan metode DGA.* Semarang: Pt.Pjb Ubjom Pltu Rembang.