

Pengujian *Dissolved Gas Analysis* (DGA) Pada Trafo Tenaga 150/20kv 60mva Di Gardu Induk Tambun

Syahril Shidiq, Aeri Sujatmiko, Abdul Hafid Paronda
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Islam '45 Bekasi
terpelihara@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab gangguan pada transformator daya yang menyebabkan kerusakan atau disfungsi menggunakan Dissolved Gas Analysis (DGA). Setelah memperbaiki titik kerusakan, pengujian dan analisis ulang dilakukan untuk mengetahui apakah transformator dapat beroperasi dengan baik. DGA dilakukan dua kali, pasca-gangguan transformator dan pasca pemasangan. Hasil pengujian DGA perlu dianalisis dengan menggunakan lima metode, yaitu metode TDCG, metode Key Gas, metode Roger Ratio, metode Doernenburg Ratio dan metode Duval Triangle. Beberapa elemen gas utama yang terkandung dalam minyak transformator dalam pengujian DGA adalah H₂, CO, CO₂, CH₄, C₂H₂, C₂H₄ dan C₂H₆. Nilai elemen-elemen gas utama yang digunakan dalam metode-metode tersebut sesuai dengan peraturan dalam IEC C57 104 2008 dan IEEE 60599. Hasil dari penelitian ini adalah identifikasi gangguan trafo, keuntungan dari metode-metode tersebut serta metode yang sesuai untuk mendapatkan justifikasi gangguan trafo.

Kata kunci : Trafo daya, Dissolved Gas Analysis, analisa kebocoran

Abstract

The study aims to identify the causes of disturbance in power transformer which lead to breakdown or dysfunction using Dissolved Gas Analysis (DGA). After fixing damage points, testing and re-analysis were conducted to the result to know whether the transformer can operate well. DGA was conducted twice, post-disturbance of transformer and post fixing. Testing result of DGA need to be analysed by using five methods, such as TDCG method, Key Gas method, Roger Ratio method, Doernenburg Ratio method and Duval Triangle method. Several main gas elements contained in transformer oil in DGA testing are H₂, CO, CO₂, CH₄, C₂H₂, C₂H₄ and C₂H₆. Value of those main gas elements used in those methods are suited to regulation in IEC C57 104 2008 and IEEE 60599. The result of present study are identification of transformer disturbance, advantages of those methods as well as suitable methods to obtain justification of transformer disturbance.

Keyword : Power transformer, DGA, fault diagnosis

PENDAHULUAN

Trafo tenaga adalah salah satu peralatan utama dalam sistem penyaluran tenaga listrik. Fungsinya adalah menyalurkan daya/tenaga dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya (SK Dir 114 : 1). Konstruksi dari trafo tenaga 60 MVA terdiri dari bodi trafo, inti besi, bushing, belitan, isolasi dan peralatan pendukung lainnya . Hal tersebut membuat nilai harga dari satu unit trafo 60 MVA tinggi.

Untuk menjaga kehandalan operasi trafo tenaga diperlukan pemeliharaan yang sesuai prosedur dan dilakukan secara berkala maupun berdasarkan kondisi realtime. Pemeliharaan yang bersifat terencana dan berkala disebut *preventive maintenance*, pemeliharaan yang bersifat perbaikan disebut *corective maintenance*, pemeliharaan berdasarkan kondisi peralatan disebut *conditional based maintenance* dan pemeliharaan saat terjadi kerusakan pada peralatan disebut *breakdown maintenance*. Pemeliharaan yang tepat terhadap trafo dan peralatan tegangan tinggi lainnya diharapkan mampu mengembalikan kinerja operasi atau meminimalkan kerusakan jika terjadi kegagalan operasi.

Unit trafo tenaga yang akan dibahas adalah trafo tenaga 60 MVA eksisting dari trafo unit 1 di gardu induk Tambun yang mengalami breakdown / kegagalan kerja dan tidak bisa beroperasi kembali pasca mengalami gangguan internal tanggal 17 Januari 2015. Gangguan yang menyebabkan peralatan sampai rusak memerlukan pemeliharaan dan tindakan yang dikategorikan *breakdown maintenance*. Paska gangguan dan trafo dalam kondisi padam, dilakukanlah beberapa pengujian meliputi pengujian *Dissolved Gas Analysis* (DGA), pengujian

Sweep Frequency Response Analysis (SFRA), pengujian tan delta, tahanan isolasi dan RDC. Setelah dilakukan beberapa pengujian meliputi uji DGA, uji SFRA, uji tan delta dan uji rutin lainnya ditemukan bahwa hasil pengujian DGA dan SFRA tidak sesuai dengan standar. Setelah dicoba dioperasikan berdasarkan rekomendasi pengujian lainnya trafo trip kembali dan diputuskan bahwa trafo tersebut tidak dapat dioperasikan. Setelah beberapa waktu trafo tidak beroperasi tim pemeliharaan berupaya untuk menganalisa titik kerusakan dan melakukan langkah perbaikan yang bertujuan memangkas nilai ekonomi dibanding membeli trafo baru. Untuk mengetahui tingkat keberhasilan perbaikan trafo maka dilakukan beberapa pengujian ulang yang serupa dan dianalisa apakah trafo tersebut layak beroperasi.

Pengujian DGA yang tidak sesuai standar yang sampai mengakibatkan trafo rusak dan tidak mampu beroperasi membuat kami bermaksud menganalisa hubungan kerusakan trafo dengan hasil pengujian DGA dan pengaruh perbaikan trafo setelah dilakukan recovery terhadap hasil uji DGA. Hasil pengujian DGA akan dianalisa menggunakan 5 metode yaitu TDCG, Key Gas, Roger Ratio, Doernenburg Ratio dan Duval Triangle.

METODE PENELITIAN

Objek penelitian adalah trafo tenaga tipe TTHRv merk GEC Alstom eksisting trafo 1 pada gardu induk 150kV Tambun, Mustika Jaya Kota Bekasi yang telah mengalami kegagalan kerja / rusak. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah unit pengambil sampel minyak, manual book Trafo GEC Alstom dan komputer / laptop. Kerusakan yang terjadi pada objek penelitian belum bisa diketahui sebelum dilakukan pembongkaran pada main hole bodi trafo, maka dari itu perlu dipelajari dengan seksama manual book trafo GEC Alstom tipe TTHRv agar bisa mengambil langkah yang benar. Sebagai pedoman pemeliharaan trafo kami memakai buku "Petunjuk Batasan Operasi dan Pemeliharaan Peralatan Penyaluran Tenaga Listrik : Transformator Tenaga" serta berdasar pada jurnal-jurnal yang telah kami dapat. Proses penelitian diawali dengan pengumpulan data hasil uji DGA paska gangguan, proses pemfilteran minyak/degassing, pengambilan sampel minyak ulang dan pengujian DGA paska perbaikan kemudian kedua hasil pengujian DGA dianalisa menggunakan 5 metode.

Metode Analisa DGA yang dipakai :

1. Metode TDCG

Merupakan metode awal untuk mengetahui sejauh mana tingkat konsentrasi dari masing – masing fault gas antara lain CO₂, CO, H₂, CH₄, C₂H₂, C₂H₄, C₂H₆.

- Kondisi 1 mengindikasikan bahwa trafo beroperasi secara normal
- Kondisi 2 mengindikasikan nilai fault gas mulai tinggi, lakukan investigasi lanjutan terhadap kenaikan level fault gas
- Kondisi 3 mengindikasikan terjadi dekomposisi dari minyak dan selulosa. Berbagai kegagalan mungkin sudah terjadi. Lakukan perawatan lebih lanjut
- Kondisi 4 mengindikasikan trafo mengalami dekomposisi dari minyak dan selulosa yang sudah meluas.

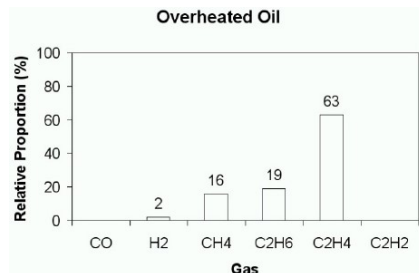
Tabel 1. Batasan Konsentrasi Fault Gas menurut IEC C57 104 2008

Status	Batas Konsentrasi Gas Kunci Terlarut (uL/L(ppm) ²)							TDCG
	Hydrogen (H ₂)	Methane (CH ₄)	Acetylene (C ₂ H ₂)	Ethylene (C ₂ H ₄)	Ethane (C ₂ H ₆)	Carbon Monoxide (CO)	Carbon Dioxide (CO ₂)	
Kondisi 1	100	120	1	50	65	350	2500	720
Kondisi 2	101-700	121-400	2-9	51-100	66-100	351-570	2501-4000	721-1920
Kondisi 3	701-1800	401-1000	10-35	101-200	101-150	571-1400	4001-10000	1921-4630
Kondisi 4	>1800	>1000	>35	>200	>150	>1400	>10000	>4630

2. Metode Key Gas

Key gas didefinisikan oleh IEEE standar C57-104.2008 sebagai gas-gas yang terbentuk pada transformator pendingin minyak yang secara kualitatif dapat digunakan untuk menentukan jenis kegagalan yang terjadi, berdasarkan jenis gas yang khas atau lebih dominan yang terbentuk pada berbagai temperatur sesuai dengan IEC C57.104 2008 digambarkan sebagai berikut :

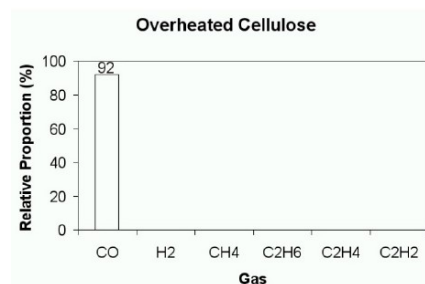
Thermal – Oil :



Gambar 1. Thermal Oil

Dekomposisi produk termasuk ethylene dan methane dengan sedikit kuantitas hidrogen dan ethane. Tanda keberadaan acetylene mungkin terbentuk jika fault yang terjadi parah atau diikuti dengan kontrak elektrik. Gas dominan adalah ethylene.

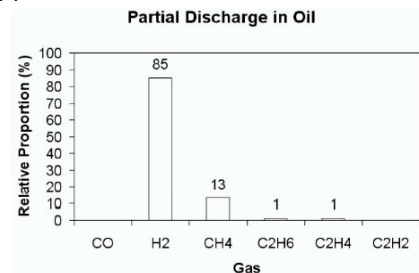
Thermal –Selulosa :



Gambar 2 Thermal Selulosa

Sejumlah karbon dioksida dan karbon monoksida terlibat akibat pemanasan selulosa. Gas hidrokarbon, seperti metana dan ethylene akan terbentuk jika fault melibatkan struktur minyak. Gas yang dominan adalah karbon monoksida.

Electrical – Partial Discharge :

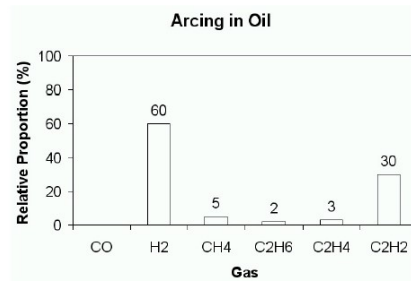


Gambar 3 Electrical Partial Discharge

Discharge elektrik tenaga rendah menghasilkan hydrogen dan metana dengan sedikit kuantitas ethane dan ethylene. Jumlah yang sebanding antara karbon monoksida dan karbon dioksida mungkin dihasilkan dari discharge pada selulosa. Gas yang dominan adalah hidrogen.

Electrical –Arching :

Sejumlah hidrogen dan acetylene terproduksi dan sejumlah methane dan ethylene. Karbon dioksida dan karbon monoksida akan selalu dibentuk jika melibatkan fault selulosa. Minyak mungkin terkarbonisasi. Gas yang dominan adalah acetylene.



Gambar 4. Electrical Arching

3. Metode Roger Ratio

Metode roger's ratio merupakan salah satu cara untuk menganalisis gas terurai dari suatu minyak transformator. Metode ini membandingkan nilai-nilai satu gas dengan gas yang lain. Gas-gas yang digunakan dalam analisis menggunakan roger's ratio adalah C_2H_2/C_2H_4 yang disebut R2, CH_4/H_2 yang disebut R1 dan C_2H_4/C_2H_6 yang disebut R5. Kemudian ratio tersebut dimasukkan ke dalam tabel standar

Tabel 2. Batasan Standar Roger Ratio

Kasus	R2 C_2H_2/C_2H_4	R1 CH_4/H_2	R5 C_2H_4/C_2H_6	Diagnosa Kemungkinan Gangguan
0	<0.1	>0.1 sampai <1.0	<1.0	Unit normal
1	<0.1	<0.1	<1.0	Low-Energi density arcing - PD
2	0.1 sampai 3.0	0.1 sampai 1.0	>3.0	Arching - High Energy Discharge
3	<0.1	>0.1 sampai <1.0	1.0 sampai 3.0	Low Temperature Thermal
4	<0.1	>1.0	1.0 sampai 3.0	Thermal <700C
5	<0.1	>1.0	>3.0	Thermal <700C

4. Metode Doernenburg Ratio

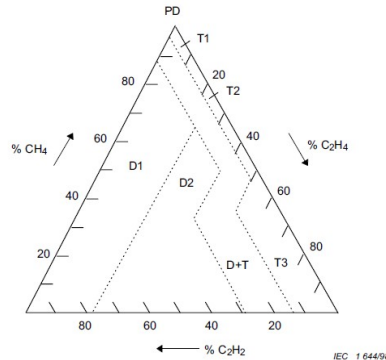
Metode Doernenburg ratio merupakan salah satu cara untuk menganalisis gas terurai dari suatu minyak transformator. Metode ini hampir sama dengan metode Roger ratio tapi hanya menggunakan 3 ratio gas. Gas-gas yang digunakan dalam analisis menggunakan Doernenburg ratio adalah sebagai berikut : CH_4/H_2 , C_2H_2/C_2H_4 , C_2H_2/CH_4 , C_2H_6/C_2H_2 . Hasil dari ratio tersebut dimasukkan ke dalam tabel standar

Tabel 3. Batasan Standar Doernenbur Ratio

Diagnosa Kemungkinan Gangguan	Ratio 1 (R1) CH_4/H_2		Ratio 2 (R2) C_2H_2/C_2H_4		Ratio 3 (R3) C_2H_2/CH_4		Ratio 4 (R4) C_2H_6/C_2H_2	
	Oil	Gas Space	Oil	Gas Space	Oil	Gas Space	Oil	Gas Space
	Thermal Decomposition	>1.0	>0.1	<0.75	<1.0	<0.3	<0.1	>0.4
Partial discharge (Low-intensity PD)	<0.1	<0.01	Not significant	<0.3	<0.1	>0.4	>0.2	
Arching (High intensity PD)	>0.1 sampai <1.0	>0.01 sampai <0.1	>0.75	>1.0	>0.3	>0.1	<0.4	<0.2

5. Metode Duval Triangle

Metode segitiga duval diciptakan untuk membantu metode-metode analisis lain. Acuan standar yang digunakan adalah IEC 60599. Menurut IEC 90599 ada beberapa tipe gangguan pada Kondisi khusus yang diperhatikan adalah konsentrasi metana (CH_4), etilen (C_2H_4) dan asetilen (C_2H_2). Konsentrasi total ketiga gas ini adalah 100% namun perubahan komposisi dari ketiga gas ini menunjukkan kondisi fenomena kegagalan. Metode ini merupakan sistem tertutup (closed system) sehingga mengurangi persentase kasus di luar kriteria analisis. Cara menggunakan metode ini dengan mengubah konsentrasi gas menjadi bentuk persen kemudian masukkan nilai dan gambarkan pada segitiga (Gambar 5).



Gambar 5. Duval Triangle

Key	PD	Partial discharges
	D1	Discharges of low energy
	D2	Discharges of high energy
	T1	Thermal fault, $t < 300\text{ }^\circ\text{C}$
	T2	Thermal fault, $300\text{ }^\circ\text{C} < t < 700\text{ }^\circ\text{C}$
	T3	Thermal fault, $t > 700\text{ }^\circ\text{C}$

Gambarkan garis pada Duval's Triangle untuk ketiga gas tersebut sesuai nilai prosentase tadi. Daerah pertemuan dari ketiga gas tersebut menunjukkan kondisi yang terjadi pada transformator sesuai dengan keterangan yang dijelaskan

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil Pengujian Paska Gangguan

Tabel 4. Hasil Pengujian DGA Paska Gangguan

Gas	18/01/2015	18/01/2015	18/01/2015
	Sampel 1 (ppm)	Sampel 2 (ppm)	Sampel 3 (ppm)
H2	134	134	112
CH4	125	127	98
C2H6	40	58	55
C2H4	125	124	131
C2H2	112	147	134
CO	226	298	333
CO2	1334	1430	1423
TDCG	762	888	863

b. Hasil Pengujian Paska Perbaikan Trafo

Setelah dilakukan langkah perbaikan pada titik kerusakan di dalam trafo, selanjutnya dilakukan pengujian – pengujian serupa agar diketahui ada perubahan pada titik kerusakan. Hasil pengujian tersebut akan dijadikan acuan sebagai rekomendasi bahwa trafo siap dioperasikan kembali.

Tabel 5. Hasil Pengujian DGA Paska Gangguan

Gas	20/09/2016	20/09/2016	20/09/2016
	Sampel 1 (ppm)	Sampel 2 (ppm)	Sampel 3 (ppm)
H ₂	0	0	0
CH ₄	0	0	0
C ₂ H ₆	12	5	8
C ₂ H ₄	0	0	0
C ₂ H ₂	0	0	0
CO	72	58	62
CO ₂	689	675	688
TDCG	84	63	70

c. Analisa Hasil Pengujian Paska Gangguan

1. Metode TDCG

Tabel 6. Analisa Hasil Uji Metode TDCG

Gas	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
H ₂	Kondisi 2	Kondisi 2	Kondisi 2
CH ₄	Kondisi 2	Kondisi 2	Kondisi 1
C ₂ H ₆	Kondisi 1	Kondisi 1	Kondisi 1
C ₂ H ₄	Kondisi 3	Kondisi 3	Kondisi 3
C ₂ H ₂	Kondisi 4	Kondisi 4	Kondisi 4
CO	Kondisi 1	Kondisi 1	Kondisi 1
CO ₂	Kondisi 1	Kondisi 1	Kondisi 1
TDCG	Kondisi 2	Kondisi 2	Kondisi 2

2. Metode Key Gas

Tabel 7 Analisa Hasil Uji Metode Key Gas

Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Electrical Arching	Electrical Arching	Electrical Arching

3. Metode Roger Ratio

Tabel 8. Rasio Fault Gas Metode Roger Ratio

Rasio	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
R1	0.93	0.88	0.95
R2	0.90	1.02	1.19
R5	3.13	2.38	2.14

4. Metode Doernenburg Ratio

Tabel 9 Rasio Fault Gas Metode Doernenburg Ratio

Rasio	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
R1	0.93	0.88	0.95

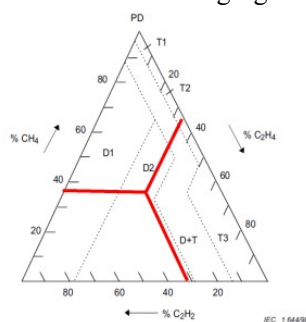
R2	0.90	1.02	1.19
R3	0.90	1.37	1.16
R4	0.36	0.41	0.39

5. Metode Duval Triangle

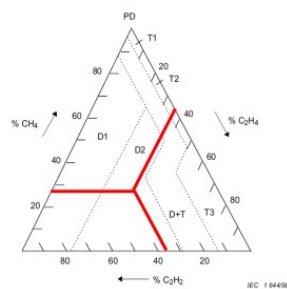
Tabel 10 Presentase Perhitungan Metode Duval Triangle

Gas	Sampel 1 (%)	Sampel 2 (%)	Sampel 3 (%)
C ₂ H ₄	34	36	31
CH ₄	35	27	32
C ₂ H ₂	31	37	37

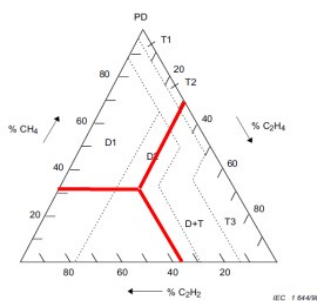
Hasil perhitungan presentase digambarkan ke dalam segitiga dengan hasil sebagai berikut :



Gambar 6 Hasil Analisa Duval Triangle Sampel 1



Gambar 7 Hasil Analisa Duval Triangle Sampel 2



Gambar 8 Hasil Analisa Duval Triangle Sampel 3

d. Analisa Hasil Pengujian Paska Perbaikan

1. Metode TDCG

Tabel 11. Analisa Hasil Uji Metode TDCG

Gas	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
H2	Kondisi 1	Kondisi 1	Kondisi 1
CH4	Kondisi 1	Kondisi 1	Kondisi 1
C2H6	Kondisi 1	Kondisi 1	Kondisi 1
C2H4	Kondisi 1	Kondisi 1	Kondisi 1
C2H2	Kondisi 1	Kondisi 1	Kondisi 1
CO	Kondisi 1	Kondisi 1	Kondisi 1
CO2	Kondisi 1	Kondisi 1	Kondisi 1
TDCG	Kondisi 1	Kondisi 1	Kondisi 1

2. Metode Key Gas

Tabel 12. Analisa Hasil Uji Metode Key Gas

Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Thermal	Thermal	Thermal
Cellulose	Cellulose	Cellulose

e. Hasil Perbandingan Interpretasi DGA

Tabel 13. Tingkat Keberhasilan Metode Analisa DGA Pada Hasil Uji Paska Gangguan

Metode analisa	Hasil analisa sampel			Tingkat keberhasilan metode (%)
	1	2	3	
TDCG	Kondisi 2	Kondisi 2	Kondisi 2	100
Key gas	Electrical arching	Electrical arching	Electrical arching	0
Roger ratio	Arching high energy discharge	Invalid	Invalid	33,33
Doernen burg ratio	High intensity PD	Invalid	High intensity PD	66,66
Duval triangle	Discharge of high energy	Discharge of high energy	Discharge of high energy	100

Tabel 14. Tingkat Keberhasilan Metode Analisa DGA Pada Hasil Uji Paska Perbaikan

Metode analisa	Hasil analisa sampel			Tingkat keberhasilan metode (%)
	1	2	3	
TDCG	Kondisi 1	Kondisi 1	Kondisi 1	100
Key gas	Thermal selulosa	Thermal selulosa	Thermal selulosa	100
Roger ratio	Tidak diperlukan	Tidak diperlukan	Tidak diperlukan	-

Doernenburg ratio	Tidak diperlukan	Tidak diperlukan	Tidak diperlukan	-
Duval triangle	Tidak diperlukan	Tidak diperlukan	Tidak diperlukan	-

f. Kelebihan dan Kekurangan Antar Metode Analisa

1. Metode analisa TDCG adalah metode awal yang digunakan hanya untuk menentukan tingkat konsentrasi fault gas. Kelemahannya tidak bisa menentukan gangguan yang terjadi pada trafo
2. Metode Key Gas mempunyai kelebihan mampu menyimpulkan gangguan tanpa perhitungan, namun kelemahannya grafik yang didapat dari hasil uji tidak sama dengan grafik standar pada IEEE C57 104 2008
3. Metode analisa Roger dan Doernenburg Ratio mempunyai kemampuan untuk menyimpulkan gangguan yang terjadi pada trafo, namun kekurangannya metode ini menggunakan perhitungan dan nilai yang sudah diatur pada tabel standar. Sehingga seringkali hasil perhitungan ratio tidak sesuai dengan tabel standar dari IEEE C57 104 2008
4. Metode Duval Triangle mempunyai kemampuan menyimpulkan gangguan pada trafo dengan perhitungan yang sederhana dan pasti.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa pengujian DGA yang telah dilakukan maka dalam penyelesaian tugas akhir ini dapat diambil kesimpulan yang akan dijabarkan sebagai berikut:

1. Hasil analisa pengujian paska gangguan menyimpulkan tingkat keberhasilan metode TDCG sebesar 100% , metode Key Gas sebesar 0 % , metode Roger Ratio sebesar 33,33%, metode Doernenburg Ratio sebesar 66,66% dan Duval Triangle sebesar 100%.
2. Metode analisa hasil pengujian DGA yang paling tepat untuk digunakan adalah Duval Triangle dengan tingkat keberhasilan 100 %
3. Hasil analisa hasil uji paska gangguan menggunakan metode Duval Triangle menyimpulkan bahwa trafo mengalami pelepasan dengan energi yang tinggi (*discharge of high energy*) atau disebut *arching* yang terjadi pada internal trafo
4. Setelah dilakukan perbaikan dan pengujian ulang disimpulkan bahwa trafo dalam kondisi normal

Saran

Setelah melakukan penelitian dan analisa kami menyimpulkan beberapa saran untuk perbaikan penelitian lanjutan sebagai berikut:

1. Untuk kasus trafo yang sedang beroperasi dilakukan pengambilan sampel minyak secara berkala
2. Pengiriman sampel minyak harus sesaat setelah pengambilan sampel
3. Penelitian pada trafo yang beroperasi lebih disarankan karena bisa mendapatkan trending data DGA secara berkala.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri,Djulil.2012.*Analisis Dissolved Gas Analysis Terhadap Kinerja Transformator 30 MVA Gardu Induk Betung Menggunakan Metode Fuzzy*. Universitas Sriwijaya : Palembang
- Arifianto,Dimas Aditia dkk.Tanpa Tahun.*Analisis Kegagalan Transformator Di PT Asahimas Chemical Banten Berdasarkan Hasil Uji DGA Dengan Metode Roger's Ratio*. Universitas Brawijaya : Malang
- Arora,Rohit Kumar.2013.*Different DGA Techniques for Monitoring of Transformers*.Crompton Greaves Ltd : India

- Demmassabu,A. R. dkk.2014.*Analisa Kegagalan Transformator Daya Berdasarkan Hasil Uji DGA Dengan Metode TDCG , Key Gas, Roger's Ratio, Duval's Triangle Pada Gardu Induk*. Unsrat : Manado
- Dhote,Nitin K. dan J. B. Helonde.2014.*Improvement in Transformer Diagnosis by DGA using Fuzzy Logic*.JEET
- Ghoneim,Sherif dan Kamel A. Shoush.2014.*Diagnostic Tool for Transformer Fault Detection Based on Dissolved Gas Analysis*.IOSR-JEEE
- Hardityo,Rahmat.2008.*Deteksi Dan Analisis Kegagalan Transformator Dengan metode Analisis Gas Terlarut*. Universitas Indonesia :Jakarta
- IEC.1999.*International Standard-Mineral Oil-impregnated Electrical Equipment In Service*.IEC 60599
- IEEE.2008.*International Standard – Guide for the Interpretation of Gases Generated in Oil Immersed Transformers*.IEEE C57.104.2008
- IEC.2012.*International Standard-Fluid for Electrotechnical Application*.IEC 60296
- Pandey,Rahul dan M.T. Deshpande.2012.*Dissolved Gas Analisis (DGA) of Mineral Oil Used In Transformer*. SSCET(C.G.) : India
- PT.PLN (Persero).2010. *Buku Petunjuk Batasan Operasi dan Pemeliharaan Peralatan Penyaluran Tenaga Listrik – Transformator Tenaga*. Jakarta
- R.,Muhammad Faishal A. dkk.2011.*Analisis Indikasi Kegagalan Transformator dengan Metode Dissolved Gas Analysis*. Universitas Dipenogoro:Semarang
- Yulisusianto,Gatut dkk.Tanpa Tahun.*Diagnosis Kondisi Transormator Berbasis Analisis Gas Terlarut Menggunakan Metode Sistem Pakar Fuzzy*.EECCIS