

Research Article

Analisis Indikasi Kegagalan Transformator dengan Metode Dissolved Gas AnalysisMuhammad Faishal A. R.¹, Karnoto², Tejo Sukmadi²

1. Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang
2. Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang

Abstract

A common problem in power transformers is the emergence of operational failures, both the failure of both thermal and electrical failures. Failure of the thermal and electrical failures generally produce harmful gases commonly known as the fault gas. Most power transformers typically use oil as an insulator that functions in addition to cooling also to dissolve the harmful gases in order not to circulate freely. The type and amount of dissolved gas concentrations in oil may provide information to the indication of failures in the transformer. Methods for identifying and analyzing the gases dissolved in oil is called as a method of DGA (Dissolved Gas Analysis). The final project is about the analysis of DGA test to identify indications of failures in the transformer. Analytical methods are used 4 methods that is TDCG (Total Dissolved Combustible Gas), Gas Key, Roger Ratio and Duval Triangle. IEEE Standards std.C57 - 104.1991 and IEC 60 599 is used as a benchmark analysis of test results of DGA. Analysis of DGA results test that have been made to the IBT transformer 1 Phase R Ungaran Substation in 2005 and 2006, with TDCG method shows the transformer in condition 2, the key gas method shows have been an indication of thermal failure involving insulator paper as indicated by the concentration of CO gas whose value is 53% of the value of the total fault gas. Analysis by Roger's method and the Duval method indicated that there has been a thermal failure with a temperature between 150^oC - 300^oC and 300^oC - 700^oC. From the analysis of DGA results test in 2007 to 2011 shows the transformer in normal circumstances this is indicated by the value TDCG under 720 ppm.

Keyword : DGA, oil transformer, DGA Analysis Method, Thermal Failure.

I. PENDAHULUAN**1.1 Latar Belakang**

Transformator adalah peralatan listrik yg sangat vital dalam pembangkitan energi listrik, untuk itu keandalannya harus tetap terjaga agar proses penyaluran energi listrik berjalan lancar. Untuk menjaga keandalan dari transformator perlu dilakukan suatu pengujian untuk mengetahui keadaan dari transformator tersebut, salah satunya dengan melakukan uji DGA (Dissolved gas Analysis) yaitu menganalisis kandungan-kandungan gas yang berada pada minyak trafo. Gas-gas ini umumnya tidak terdeteksi melalui pengujian karakteristik minyak. Metode pengujian DGA akan mengidentifikasi jenis dan jumlah dari fault gas. Hasil dari uji DGA adalah data konsentrasi berbagai jenis fault gas yang nantinya akan dianalisis dan diolah untuk memperoleh informasi akan adanya indikasi kegagalan-kegagalan termal dan elektrik pada transformator daya.

Untuk mempermudah analisis metode DGA terhadap jumlah fault gas terlarut pada minyak trafo, pada penelitian ini penulis juga akan mencoba merancang perangkat lunak aplikasi bantu untuk mempermudah analisis metode DGA serta mempermudah dalam pembuatan report tentang pengujian DGA yang telah dilakukan terhadap suatu trafo.

1.2 Tujuan

Tujuan penelitian ini, yaitu :

1. Menganalisis indikasi kegagalan yang terjadi di transformator berdasarkan gas-gas yang timbul setelah dilakukan uji DGA pada minyak trafo dengan menggunakan metode :

1. TDCG (Total Dissolved Combustible Gas)
2. Key Gas
3. Roger's Ratio
4. Duval Triangle

2. Merancang perangkat lunak aplikasi bantu untuk mempermudah analisis dan pelaporan hasil uji DGA pada suatu trafo.

1.3 Pembatasan Masalah

Dalam penelitian ini penulis membatasi permasalahan sebagai berikut :

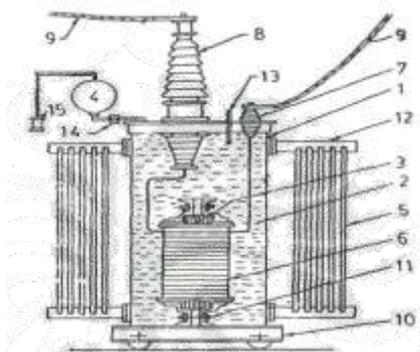
1. Objek yang dianalisis merupakan interbus transformator unit 1 (fasa R) yang digunakan untuk mengkonversi daya listrik dari tegangan 500 KV menjadi 150 KV pada P3B-RJTD.
2. Penelitian ini hanya membahas mengenai analisis DGA dengan menggunakan metode ekstraksi Gas Chromatograph.
3. Analisis DGA yang dibahas hanya terbatas pada minyak mineral saja. Analisis pada minyak sintesis tidak dibahas pada penelitian ini.
4. Gas yang dianalisis merupakan gas yang terlarut pada minyak isolator pada tangki utama. Percobaan dan analisis yang dilakukan tidak dilakukan pada selimut gas pada rele buchholz.
5. Penelitian ini hanya mencari berbagai indikasi kegagalan yang disesuaikan dengan standar analisis tertentu, tidak membahas penyebab pasti dari kegagalan yang muncul.

6. Penelitian ini tidak membahas tentang pemeliharaan minyak trafo atau isolasi cair maupun pemeliharaan isolasi padat pada transformator.
7. Perancangan aplikasi menggunakan bahasa pemrograman VB.NET.
8. Pada Penelitian ini tidak dibahas coding program secara detail.
9. Aplikasi hanya diinstall pada komputer dengan sistem operasi Windows.

II. DASAR TEORI

2.1 Transformator Daya

Salah satu bagian penting dari sistem tenaga listrik adalah transformator yang disebut sebagai transformator daya atau power transformer. Transformator daya dapat didefinisikan sebagai sebuah transformator yang digunakan untuk memindahkan energi listrik yang terletak di berbagai bagian dari rangkaian listrik antara generator dengan rangkaian primer dari sistem distribusi. Berikut adalah gambar dari sebuah transformator daya.



Gambar 2.1 Transformator Daya

Keterangan:

- | | |
|-------------------------|------------------------|
| 1. Mounting flange | 9. Terminal connection |
| 2. Tangki transformator | 10. Carriage |
| 3. Core | 11. Baut pada core |
| 4. Konservator | 12. Header |
| 5. Sirip Radiator | 13. Termometer |
| 6. Windings | 14. Relai Bucholz |
| 7. LV Bushing | 15. Breather |
| 8. HV Bushing | |

2.2 Sistem Pendingin

Pengoperasian transformator daya tidak terlepas dari adanya daya-daya yang hilang. Daya-daya hilang ini terkonversi dalam bentuk panas. Panas timbul pada bagian inti, belitan, minyak isolator dan tangki transformator. Panas yang timbul ini biasanya akan dibuang ke atmosfer/lingkungan sekitar melalui tangki transformator dan sistem pendingin. Sistem pendingin pada transformator digunakan untuk mengurangi panas dan menjaga kenaikan temperatur agar tetap berada di bawah batasan tertentu.

Tabel 2.1 Macam-macam sistem pendingin

No.	Macam Sistem Pendingin *)	Media			
		Dalam Transformator		Diluar Transformator	
		Sirkulasi alamiah	Sirkulasi Paksa	Sirkulasi Alamiah	Sirkulasi Paksa
1.	AN	-	-	Udara	-
2.	AF	-	-	-	Udara
3.	ONAN	Minyak	-	Udara	-
4.	ONAF	Minyak	-	-	Udara
5.	OFAN	-	Minyak	Udara	-
6.	OFAP	-	Minyak	-	Udara
7.	OFWF	-	Minyak	-	Air
8.	ONAN/ONAF	Kombinasi 3 dan 4			
9.	ONAN/OFAN	Kombinasi 3 dan 5			
10.	ONAN/OFAP	Kombinasi 3 dan 6			
11.	ONAN/OFWF	Kombinasi 3 dan 7			

2.3 Minyak Trafo

Isolator merupakan suatu sifat bahan yang mampu untuk memisahkan dua buah penghantar atau lebih yang berdekatan untuk mencegah adanya kebocoran arus/hubung singkat, maupun sebagai pelindung mekanis dari kerusakan yang diakibatkan oleh korosif atau stressing. Minyak isolator yang dipergunakan dalam transformator daya mempunyai beberapa tugas utama, yaitu:

1. Media isolator
2. Media pendingin
3. Media / alat untuk memadamkan busur api.
4. Perlindungan terhadap krorosi dan oksidasi.

Minyak isolator transformator dapat dibedakan atas dua jenis, yaitu minyak mineral dan minyak sintetik. Pemilihan jenis minyak didasarkan pada keadaan lingkungan dimana transformator digunakan, misal askarel adalah jenis minyak sintetik yang tidak dapat terbakar, sehingga pemakaian askarel memungkinkan transformator distribusi dapat digunakan pada lokasi dimana bahaya api sangat besar.

2.4 Gas Terlarut Pada Minyak Trafo

Minyak trafo merupakan sebuah campuran kompleks dari molekul-molekul hidrokarbon, dalam bentuk linear atau siklis, yang mengandung kelompok molekul CH₃, CH₂ dan CH yang terikat. Pemecahan beberapa ikatan antara unsur C-H dan C-C sebagai hasil dari kegagalan termal ataupun elektrik akan menghasilkan fragmen-fragmen ion seperti H*, CH₃*, CH₂*, CH* atau C*, yang nantinya akan berekombinasi dan menghasilkan molekul-molekul gas seperti hidrogen (H-H), metana (CH₃-H), etana (CH₃-CH₃), etilen (CH₂=CH₂) ataupun asetilen (CH≡CH). Gas-gas ini dikenal dengan istilah fault gas.

Ethylene	$\begin{array}{c} H & H \\ & \\ C=C \\ & \\ H & H \end{array}$	C ₂ H ₄	Mineral Oil	$\begin{array}{c} H & H & H & H & H & H & H & H & H & H \\ & & & & & & & & & \\ -C-C-C-C-C-C-C-C-C-C-H \\ & & & & & & & & & \\ H & H & H & H & H & H & H & H & H & H \end{array}$	C ₂₅ H ₅₂
Acetylene	$\begin{array}{c} H & H \\ & \\ C \equiv C \\ & \\ H & H \end{array}$	C ₂ H ₂	Hydrogen	H-H	H ₂
Carbon Dioxide	O=C=O	CO ₂	Methane	$\begin{array}{c} H \\ \\ H-C-H \\ \\ H \end{array}$	CH ₄
Carbon Monoxide	C=O	CO	Ethane	$\begin{array}{c} H & H \\ & \\ H-C-C-H \\ & \\ H & H \end{array}$	C ₂ H ₆
Oxygen	O=O	O ₂			
Nitrogen	N≡N	N ₂			

Gambar 2.2 Struktur Kimia Minyak Isolator dan Gas-gas Terlarut pada Minyak Isolator

2.5 Uji DGA (Dissolved Gas Analysis)

Definisi DGA : “ analisis kondisi transformator yang dilakukan berdasarkan jumlah gas terlarut pada minyak trafo” Pengujian DGA adalah salah satu langkah perawatan preventif (preventive maintenance) yang wajib dilakukan

dengan interval pengujian paling tidak satu kali dalam satu tahun (annually).

Dilakukan dengan mengambil sampel minyak dari unit transformator kemudian gas-gas terlarut tersebut diekstrak untuk diidentifikasi komponen-komponen individualnya. Pengujian DGA akan memberikan informasi-informasi terkait akan kesehatan dan kualitas kerja transformator secara keseluruhan.

Keuntungan Uji DGA : Deteksi dini akan adanya fenomena kegagalan yang ada pada transformator yang diujikan

Kelemahan Uji DGA : Diperlukan tingkat kemurnian yang tinggi dari sampel minyak yang diujikan

2.6 Langkah Uji DGA

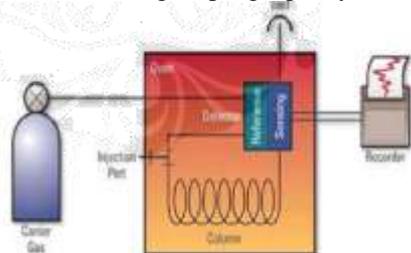


Gambar 2.3 Langkah Uji DGA

2.7 Metode Ekstraksi Gas

1. Gas Chromatograph

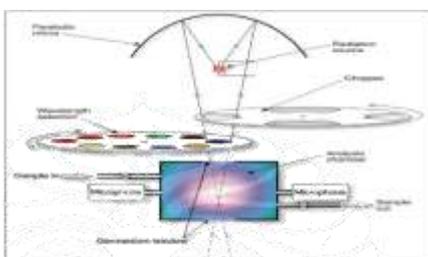
Teknik memisahkan zat-zat tertentu dari sebuah senyawa gabungan berdasarkan tingkat penguapannya (volatility).



Gambar 2.4 Metode Gas Chromatograph

2. Photo Acoustic Spectroscopy

Dengan radiasi gelombang elektromagnetik dalam menentukan konsentrasi gas terlarut.



Gambar 2.5 Metode PAS

2.8 Jenis Kegagalan Transformator

Dari berbagai kasus kegagalan (fault) yang terjadi pada transformator dan terdeteksi melalui uji DGA, maka kegagalan pada transformator dapat digolongkan menjadi beberapa kelas :

PD = Discharge sebagian

D1 = Discharge energi rendah

D2 = Discharge energi tinggi

T1 = Thermal faults pada temp < 300°C

T2 = Thermal Faults pada temp 300°C < T < 700°C

T3 = Thermal Faults pada tempe > 700°C

Zona DT = campuran termal dan electrical fault.

2.9 Metode Interpretasi data uji DGA

Terdapat beberapa metode untuk melakukan interpretasi data dan analisis seperti yang tercantum pada IEEE std.C57 – 104.1991 dan IEC 60599, yaitu

1. Standar IEEE (TDCG)

Analisa jumlah total gas terlarut yang mudah terbakar / TDGC (Total Dissolved Gas Analysis) akan menunjukkan keadaan transformator

Tabel 2.2 Batas konsentrasi Gas Terlarut berdasarkan IEEE std.C57-104.1991

Batas Konsentrasi Gas Terlarut (ppm)								
Status	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₂	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	CO	CO ₂	TDCG
Kondisi 1	100	120	35	50	65	350	2500	720
Kondisi 2	101-121	121-141	36-50	51-100	66-100	351-570	2500-4000	721-1920
Kondisi 3	701-	401-	51-80	101-	101-	571-1400	4001-10000	1921-4630
Kondisi 4	>1800	>1000	>80	>200	>150	>1400	>10000	>4630

*) karbondioksida (CO₂) saja yang tidak termasuk kategori TDCG.

- Kondisi 1 — Normal
- Kondisi 2 — Tingkat TDCG mulai tinggi
- Kondisi 3 — Waspada, dekomposisi isolasi
- Kondisi 4 — Kerusakan isolasi

Standar IEEE akan menetapkan tindakan operasi yang harus dilakukan pada berbagai kondisi.

2. Key Gas

Key gas didefinisikan oleh IEEE std.C57 – 104.1991 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 terbentuk pada berbagai temperatur.

Tabel 2.3 Tabel jenis kegagalan menurut analisis key gas

Fault	Key Gas	Criteria	Gas Percent Amount
Arcing	Acetylene (C ₂ H ₂)	Large amount of H ₂ and C ₂ H ₂ and minor quantities of CH ₄ and C ₂ H ₄ . CO and CO ₂ may also exist if cellulose is involved.	H ₂ : 60% C ₂ H ₂ : 30%
Corona (Low Energy PD)	Hydrogen (H ₂)	Large amount of H ₂ , some CH ₄ with small quantities of C ₂ H ₄ and C ₂ H ₆ . CO and CO ₂ may be comparable if cellulose is involved.	H ₂ : 85% CH ₄ : 13%
Overheating of Oil	Ethylene (C ₂ H ₄)	Large amount of C ₂ H ₄ , less amount of C ₂ H ₆ , some quantities of CH ₄ and H ₂ .	C ₂ H ₄ : 63% C ₂ H ₆ : 20%
Overheating of Cellulose	Carbon Monoxide (CO)	Large amount of CO and CO ₂ . Hydrocarbon gases may exist	CO : 92%

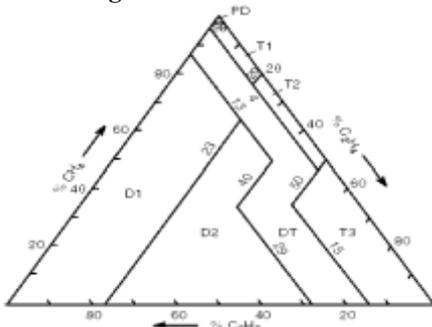
3. Roger's Ratio

Magnitude rasio lima jenis fault gas digunakan untuk menciptakan tiga digit kode. Kode-kode tersebut akan menunjukkan indikasi dari penyebab munculnya fault gas.

Tabel 2.4 Tabel Ratio Roger's

Code range of ratio	$\frac{C_2H_2}{C_2H_4}$	$\frac{C_2H_6}{C_2H_4}$	$\frac{C_2H_2}{C_2H_6}$	$\frac{C_2H_2}{C_2H_4}$	Detection limits and 10 x detection limits are shown below:
<0.1 0.1-1 1-3 >3	0-1 1-10 10-100 100-1000	0-1 1-10 10-100 100-1000	0-1 1-10 10-100 100-1000	0-1 1-10 10-100 100-1000	C_2H_2 1 ppm 10 ppm C_2H_4 1 ppm 10 ppm C_2H_6 1 ppm 10 ppm C_2H_2 1 ppm 10 ppm
Case	Fault Type	D1	D2	D3	Problems Found
0	No fault	0	0	0	Normal aging
1	Low energy partial discharge	1	1	0	Electric discharges in bubbles, caused by insulation voids or sulfur gas saturation in oil or oxidation from pumps) or high moisture in oil (water vapor bubbles).
2	High energy partial discharge	1	1	0	Same as above but leading to tracking or perforation of solid cellulose insulation by arcing, arcing, and generally produces CO and CO ₂ .
3	Low energy discharges, arcing, arcing	1-2	0	1-2	Continuous arcing in oil between bad connections of different potential or to floating potential (poorly grounded shield etc); breakdown of oil dielectric between solid insulation materials.
4	High energy discharges, arcing	1	0	2	Discharges (arcing) with power follow through; arcing breakdown of oil between windings or coils, or between coils and ground, or load tap changer arcing across the contacts during switching with the oil leaking into the main tank.
5	Thermal fault less than 150 °C (see note 2)	0	0	1	Insulated conductor overheating; this generally produces CO and CO ₂ because this type of fault generally involves cellulose insulation.
6	Thermal fault 150-300 °C (see note 3)	0	2	0	Spot overheating in the core due to flux concentrations; some below wire in order of increasing temperatures of hot spots: Small hot spots in core; Shorted laminations in core; Overheating of copper conductor from eddy currents; Bad connection on winding to tapping lead, or bad contacts on load or no-load tap changer; Circulating currents in core; this could be an extra core ground; circulating currents in the tank and core; this could also mean stray flux in the tank.
7	Thermal fault 300-700 °C	0	2	1	
8	Thermal fault 700 °C (see note 4)	0	2	2	These problems may involve cellulose insulation which will produce CO and CO ₂ .

4. Duval's Triangle



Gambar 2.6 Segitiga Duval

Koordinat segitiga :

$$\% CH_4 = CH_4 / (CH_4 + C_2H_4 + C_2H_2) * 100\%$$

$$\% C_2H_4 = C_2H_4 / (CH_4 + C_2H_4 + C_2H_2) * 100\%$$

$$\% C_2H_2 = C_2H_2 / (CH_4 + C_2H_4 + C_2H_2) * 100\%$$

Kode gangguan yang dapat dideteksi dengan Dissolved Gas Analysis (DGA) menggunakan metode segitiga ini:

- PD = Discharge sebagian
- D1 = Discharge energi rendah
- D2 = Discharge energi tinggi
- T1 = Thermal faults pada temperature < 300°C
- T2 = Thermal Faults pada temperature 300°C < T < 700°C
- T3 = Thermal Faults pada temperatur > 700°C
- Zona DT = campuran termal dan electrical fault.

2.10 VISUAL BASIC.NET

Visual Basic merupakan bahasa pemrograman yang berbasis visual dan memiliki banyak fitur yang mengarah pada bentuk WYSWYG (What You See is What You Get). Artinya bahwa semua bentuk yang akan didapatkan pemrogram saat menjalankan aplikasi adalah sama dengan bentuk yang ada pada form rancangan.

2.11 Arsitektur ADO.NET

ADO.NET adalah teknologi akses data dari Microsoft .Net Framework. Yang menyediakan komunikasi antara sistem relasional dan non-relasional melalui seperangkat komponen. ADO.NET terdiri dari serangkaian Objek yang mengekspos layanan akses data ke lingkungan NET.

2.12 OleDb

Object Linking and Embedded Database (OLE DB) merupakan teknologi data akses terbaru setelah ODBC. Teknologi ini menghapus semua kekurangan-kekurangan yang dimiliki oleh ODBC, diantaranya ialah masalah akses data terhadap database yang sifatnya hirarki dan juga tingkat peformansi data lebih ditingkatkan lagi.

2.13 Crystal Report

Crystal reports merupakan salah satu reporting tools yang disediakan mulai di .NET versi pertama keluar yaitu .NET versi 1.0.

2.14 Microsoft Access

Microsoft Access (atau Microsoft Office Access) adalah sebuah program aplikasi basis data komputer relasional yang ditujukan untuk kalangan rumahan dan perusahaan kecil hingga menengah. Aplikasi ini menggunakan mesin basis data Microsoft Jet Database Engine, dan juga menggunakan tampilan grafis yang intuitif sehingga memudahkan pengguna

III. PERANCANGAN SOFTWARE APLIKASI

3.1 Penentuan Kebutuhan Aplikasi

Aplikasi yang dirancang dalam penelitian ini adalah aplikasi untuk membantu teknisi trafo pada khususnya dan mahasiswa yang akan melakukan analisis terhadap hasil uji DGA yang telah dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya indikasi kegagalan di pada transformator secara mendetail. Untuk menentukan kebutuhan sistem, sebelum dilaksanakan perancangan, terlebih dahulu dilaksanakan studi kasus pada PLN P3B-RJTD yang bertempat di ungaran untuk melakukan pengujian DGA secara langsung dan melaksanakan proses analisis terhadap hasil uji DGA bersama dengan para teknisi trafo pada PLN P3B-RJTD.

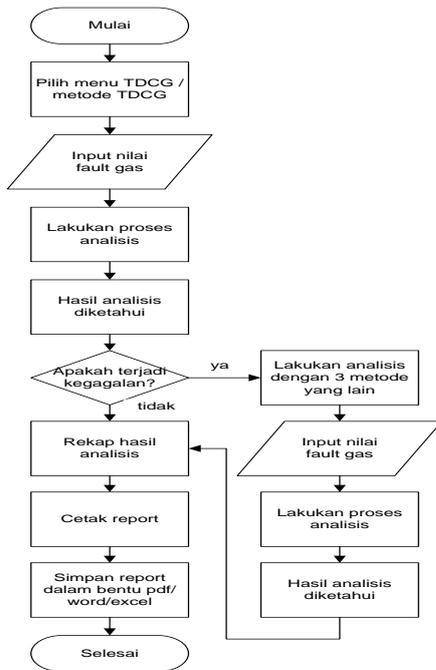
3.2 Analisis Kebutuhan Sistem

Berdasarkan permasalahan-permasalahan yang ada, maka rancangan aplikasi bantu analisis DGA perlu memenuhi beberapa hal sebagai berikut:

1. Adanya fasilitas yang dapat membantu analisis hasil uji DGA secara mendetail yang mencakup analisis dengan metode roger's ratio dan duval triangle.
2. Adanya fasilitas yang dapat membantu menyimpan hasil analisis hasil uji DGA secara rapi dan sistematis.
3. Adanya fasilitas yang dapat membuat report terhadap analisis hasil uji DGA.

3.3 Perancangan Aplikasi Analisis DGA

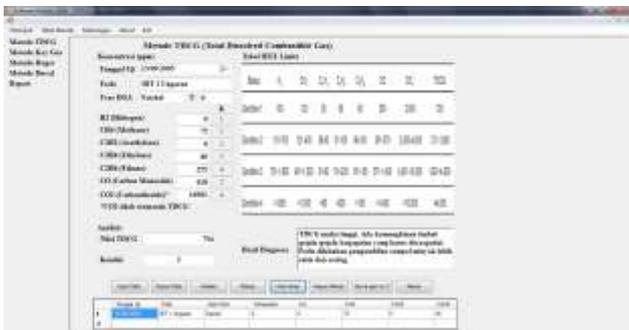
Pada Penelitian ini dirancang sebuah aplikasi perangkat lunak analisis DGA yang sekiranya dapat mencakup kebutuhan-kebutuhan akan fasilitas yang telah diuraikan sebelumnya. Berikut ini adalah diagram alir dari aplikasi analisis DGA :



Gambar 3.1 Flowchart program

Pada aplikasi analisis DGA ini dilengkapi dengan 5 menu yang terdiri dari 4 menu metode analisis dan 1 menu report. Berikut ini adalah menu pada aplikasi analisis DGA :

1. Menu Metode TDCG
2. Menu Metode Key Gas
3. Menu Metode Roger
4. Menu Metode Duval
5. Menu Report



Gambar 3.2 Tampilan program.

IV. HASIL DAN ANALISIS

4.1 Objek dan Area Studi

Objek yang diuji dan dianalisis merupakan interbus transformator 1 (Fasa R) pada Pusat Penyaluran dan Pengaturan Beban Region Jawa Tengah – DIY (P3B-RJTD) yang berlokasi di daerah Ungaran, Jawa Tengah.

GI	:	GITET UNGRN
NO TRAF0	:	PHASAR-IBT 1
MERK	:	ELIN. AU STRIA
TYPE	:	TEG205R55F9K-99
NO SERI	:	1640473
NOMINAL	:	
TEGANGAN	:	500/150/66 KV
ARUS	:	519/1732/1049
KAPASITAS	:	500 MVA
VEKTOR GROUP	:	YNyn0 (d1)
IMPEDANSI	:	11%
TAHUN BUAT	:	1983
TAHUN OPERASI	:	1985
TAP	:	
MERK	:	ELIN
TYPE	:	SE8000 1/325/300/9W
JUMLAH TAP	:	18

Transformator ini menggunakan minyak isolator jenis Shell Diala B dengan kapasitas tangki sebesar 42000 Kg.

Minyak jenis ini adalah minyak isolator yang sering digunakan pada transformator pada umumnya. Minyak Shell Diala B merupakan jenis minyak mineral naphthenic. Minyak ini menawarkan sifat dielektrik yang baik, stabilitas oksidasi yang baik dan menyediakan transfer panas yang efisien.

Uji DGA dilakukan dengan menggunakan alat ukur DGA merk HP dan Agilent yang terdiri dari HP Headspace Sampler 7694 dan Agilent 6890 Series Gas Chromatograph. Headspace sampler digunakan untuk pemanasan sampel minyak yang telah diambil sebelum diinjeksi dan diekstraksi dengan Agilent GC 6890 menggunakan metode Gas Chromatograph untuk ekstraksi gas terlarut. Alat ini dapat mendeteksi tujuh jenis fault gas yaitu hydrogen, metana, etana, etilen, asetilen, karbonmonoksida dan karbondioksida. Untuk menampikan konsentrasi dari gas terlarut yang terdeteksi digunakanlah sebuah software komputer DGA buatan HP yang dilengkapi dengan metode analisis data DGA seperti, IEEE std.C57 – 104.1991 dan metode key gas.

4.2 Analisis Hasil Uji DGA

Berdasarkan data DGA trafo IBT 1 fasa R GITET Ungaran, maka dapat dianalisis sebagai berikut:

1. Metode TDCG

Tabel 4.1 Data pengujian DGA yang menunjukkan adanya indikasi kegagalan

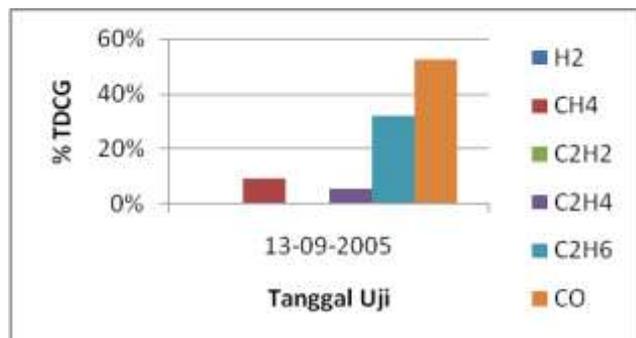
NO.	TGL. UJI	HASIL PENGUJIAN							TDCG
		H2	CH4	C2H2	C2H4	C2H6	CO	CO2	
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
1	13-09-2005	0	00	1	15	75	300	6.400	400
2	22-09-2006	0	50	0	40	350	410	10.000	700
3	21-09-2006	0	60	0	40	340	360	10.000	1.000
4	12-10-2006	0	20	0	0	0	0	1.100	20
5	19-06-2007	1.190	0	0	0	40	0	10.400	1.200

Berdasarkan Studi Kasus yang telah dilakukan terhadap trafo IBT 1 fasa R GITET Ungaran, terdapat 3 buah data hasil uji DGA yang mengindikasikan bahwa nilai TDCG berada pada kondisi 2 yang berarti tingkat TDCG mulai tinggi dan perlu dilakukan pengambilan sampel minyak yang lebih sering dan rutin.

2. Metode Key Gas

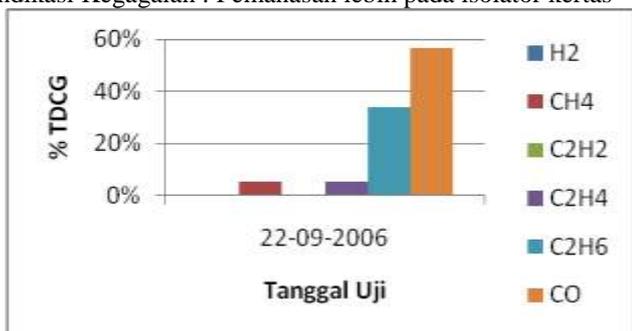
Tabel 4.2 Data persentase key gas trafo IBT 1 fasa R GITET Ungaran yang mengalami kegagalan

Tanggal Uji	KEY GAS						TOTAL
	H2	CH4	C2H2	C2H4	C2H6	CO	
	%	%	%	%	%	%	%
13-09-2005	0%	0%	0%	0%	32%	53%	100%
22-09-2006	0%	5%	0%	5%	34%	56%	100%
19-06-2007	96%	0%	0%	0%	4%	0%	100%



Gambar 4.1 Diagram key gas trafo IBT 1 tanggal uji 13 September 2005

Indikasi Kegagalan : Pemanasan lebih pada isolator kertas



Gambar 4.2 Diagram key gas trafo IBT 1 tanggal uji 22 September 2006

Indikasi Kegagalan : Pemanasan lebih pada isolator kertas.

3. Metode Roger's Ratio

Tabel 4.3 Ratio roger trafo IBT 1 fasa R GITET Ungaran tanggal uji 13 September 2005

Gas	Nilai	Pembandingan Gas	Digit kode
H2	0	C2H2 / C2H4 = 0 / 46 = 0	0
CH4	75		
C2H2	0	C2H4 / H2 = 75 / 0 = 15	1
C2H4	46		
C2H6	255		
CO	418	C2H4 / C2H6 = 46 / 255 = 0,18	0
CO2	16981		

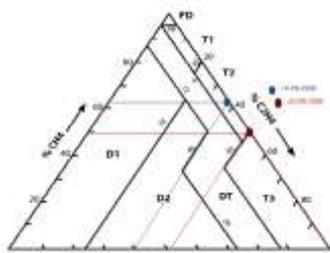
Kode 0 2 0 mengindikasikan adanya kegagalan thermal dengan temperatur antara 150°C – 300°C.

Tabel 4.4 Ratio roger trafo IBT 1 fasa R GITET Ungaran tanggal uji 22 September 2006

Gas	Nilai	Pembandingan Gas	Digit kode
H2	0	C2H2 / C2H4 = 0 / 46 = 0	0
CH4	50		
C2H2	0	C2H4 / H2 = 50 / 0 = 10	1
C2H4	46		
C2H6	340		
CO	567	C2H4 / C2H6 = 46 / 340 = 0,14	0
CO2	19089		

Kode 0 2 0 mengindikasikan adanya kegagalan thermal dengan temperatur antara 150°C – 300°C.

4. Metode Duval Triangle



Gambar 4.3 Segitiga Duval trafo IBT 1 fasa R GITET Ungaran

Tabel 4.4 Diagnosa kegagalan trafo IBT 1 berdasarkan Metode Duval Triangle

Tanggal Uji	DUVAL TRIANGLE			Diagnose
	CH4	C2H4	C2H2	
13-09-2005	62%	38%	0%	Region T2 = Kegagalan Thermal dengan temp antara 300-700°C
22-09-2006	50%	50%	0%	Region T2 = Kegagalan Thermal dengan temp antara 300-700°C

4.3 Analisis Akhir

Berdasarkan analisis hasil uji DGA yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa pada tahun 2005 dan 2006 telah terjadi indikasi kegagalan thermal yang melibatkan isolator kertas. Kesimpulan tersebut diketahui dari analisis dengan 4 metode. Metode TDCG menunjukkan trafo IBT 1 Fasa R GITET Ungaran berada dalam kondisi 2. Hasil analisis dengan metode key gas mengindikasikan bahwa telah terjadi pemanasan lebih pada isolator kertas, hal ini ditunjukkan dengan tingginya konsentrasi gas CO yang nilainya 53% dari nilai TDCG. Berdasarkan analisis dengan metode roger's dan metode duval mengindikasikan bahwa telah terjadi kegagalan thermal dengan temperatur antara 150°C – 300°C dan 300°C – 700°C. Sedangkan data tahun 2007 sampai 2011 menunjukkan trafo dalam keadaan yang normal.

4.4 Pengujian Aplikasi Analisis DGA

Tahap pengujian ini berfungsi untuk mengevaluasi dan membandingkan apakah program sudah berjalan sesuai dengan analisis yang telah distandarkan oleh IEEE dan IEC yaitu standar IEEE std.C57-104.1991 dan IEC 60599. Pengujian ini dilakukan untuk menanggulangi jika terjadi kesalahan mulai saat program diinstal hingga program dijalankan. Sehingga apabila terjadi kesalahan dapat segera ditanggulangi sebelum program digunakan oleh pihak yang membutuhkan.

Pada pengujian digunakan data pengujian trafo IBT 1 ungaran fasa R tanggal 13 September 2005.

Tabel 4.5 Data hasil pengujian Trafo IBT 1 fasa R GITET Ungaran

NO.	TGL DIUJI	HASIL PENGUJIAN							TDCG
		H2	CH4	C2H2	C2H4	C2H6	CO	CO2	
		ppm	ppm	Ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
1	13-09-2005	0	75	0	46	255	418	16.981	793

Tabel 4.13 Hasil analisis data uji DGA trafo IBT 1 GITET Ungaran tanggal 13-09-2005

No	Metode	Analisis
1	TDCG	TDCG bernilai 793 ppm yang berarti TDCG berada dalam kondisi 2 dimana tingkat TDCG mulai tinggi dan perlu dilakukan pengambilan sampel minyak yang lebih sering dan rutin.
2	Key Gas	Terjadi pemanasan lebih pada isolator kertas.
3	Roger ratio	Kegagalan Thermal dengan temp antara 150-300°C
4	Duval Triangle	Region T2 = Kegagalan Thermal dengan temp antara 300-700°C

Kemudian data di atas akan dianalisis menggunakan aplikasi analisis DGA yang telah dibuat untuk mengetahui apakah aplikasi telah berjalan sesuai dengan analisis manual dan standar yang telah ditetapkan yaitu IEEE std.C57 – 104.1991 dan IEC 60599.

4.4.1 Pengujian metode TDCG

Pengujian pertama yang harus dilakukan adalah pengujian dengan menu metode TDCG. Data hasil uji DGA diinputkan ke dalam text box yang telah disediakan pada menu ini kemudian klik button analisis.



Gambar 4.4 Tampilan pengujian menu TDCG

Dari pengujian menu metode TDCG yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa nilai TDCG adalah 794 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa TDCG berada pada kondisi 2 yang berarti TDCG mulai tinggi.

4.4.2 Pengujian metode Key Gas



Gambar 4.5 Tampilan pengujian menu metode Key gas

Dari pengujian menu metode key gas yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa gas kunci adalah CO atau karbon monoksida dengan hasil diagnosa telah terjadi kegagalan pemanasan lebih pada isolator kertas.

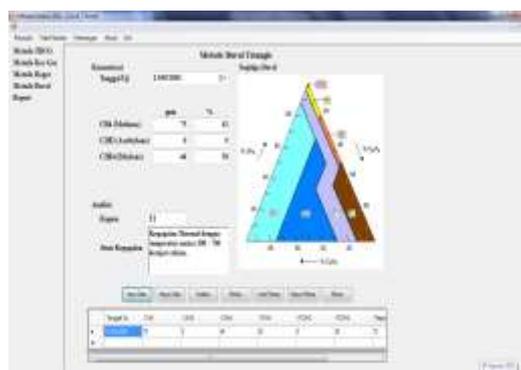
4.4.3 Pengujian metode Roger



Gambar 4.6 Tampilan pengujian menu metode Roger

Dari pengujian menu metode roger yang telah dilakukan didapatkan kode roger 0 2 0 yang menunjukkan adanya kegagalan thermal dengan temperatur diantara 150-300°C.

4.4.4 Pengujian metode Duval



Gambar 4.7 Tampilan pengujian menu metode Duval

Dari pengujian menu metode Duval yang telah dilakukan didapatkan hasil analisis bahwa titik temu ketiga koordinat persentase ketiga gas tersebut berada pada region T2 yang berarti terjadi kegagalan thermal dengan temperatur diantara 300-700°C.

Setelah dilakukan analisis terhadap data hasil uji DGA trafo IBT 1 Ungaran pada tanggal 13 September 2005 dengan menggunakan analisis manual maupun dengan menggunakan aplikasi analisis DGA dapat disimpulkan bahwa aplikasi telah berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Hal ini ditunjukkan dengan hasil analisis yang telah sesuai dengan analisis manual yang telah distandarkan.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Berdasarkan analisis terhadap data hasil uji DGA trafo IBT 1 Ungaran pada tahun 2005 dan 2006 dengan menggunakan analisis terstandar sesuai dengan standar IEEE std.C57-104.1991 dan IEC 60599 maupun dengan menggunakan aplikasi analisis DGA dapat disimpulkan bahwa terjadi kegagalan thermal pada trafo IBT 1 fasa R Ungaran yang melibatkan kegagalan isolasi kertas.
2. Pada pengujian DGA tahun 2007 sampai awal tahun 2011 dapat diketahui bahwa trafo IBT 1 fasa R GITET Ungaran dalam keadaan yang normal hal ini ditunjukkan dengan nilai TDCG yang berada di bawah 720 ppm.
3. Setelah dilakukan analisis terhadap data hasil uji DGA trafo 2 GI Saketi pada tanggal 12 Oktober 2006 dengan menggunakan aplikasi analisis DGA dapat disimpulkan bahwa terjadi kegagalan arc pada trafo 2 GI Saketi hal ini ditunjukkan dengan tingginya konsentrasi gas acethylene akan tetapi kegagalan ini tidak melibatkan isolasi kertas.
4. Setelah dilakukan analisis terhadap data hasil uji DGA trafo 2 GI Lembur Situ pada tanggal 10 Juli 2007 dengan menggunakan aplikasi analisis DGA dapat disimpulkan bahwa terjadi kegagalan thermal > 700°C yang disertai kegagalan corona pada minyak.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat diberikan beberapa saran, antara lain :

1. Diperlukan maintenance pada trafo berupa purifikasi pada minyak jika terjadi indikasi kegagalan pada minyak trafo dan re-winding isolasi kertas belitan apabila terjadi kegagalan pada isolasi kertas.

2. Apabila transformator berada pada keadaan yang normal dan tidak terindikasi adanya kegagalan, maka pengujian DGA harus tetap dilakukan untuk tetap menjaga kualitas dari transformator yang diuji..

- [19]. SPLN 49_1 : 1982, *Pedoman Penerapan Spesifikasi dan Pemeliharaan Minyak Isolasi*.
 [20]. <http://ariartama.com/category/ado-net-tutorials/>
 [21]. http://id.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Access
 [22]. Gill. A, S., *Electrical Equipment Testing and Maintenance*, Reston Publishing Company, Virginia, 1982

Daftar Pustaka

- [1]. Arifatul H, D, “*Perancangan Aplikasi Pembantu Hapalan Al Qur’an Juz 27 Menggunakan Bahasa Pemrograman Visual Basic.Net*”, Penelitian Teknik Elektro, FT UNDIP, Semarang, 2011
- [2]. Digital Collections Petra /jiunkpe/s1/elkt/1999/jiunkpe-ns-s1- 1999-23490117-16688- minyak_mineral-chapter3.pdf
- [3]. E Kurniawan dan Yulian, R, “*Migrasi Visual Basic 6 ke Visual Basic.NET*”, Microsoft Most Valuable Professional.
- [4]. *Facilities Instructions, Standards, and Techniques (FIST) Volume 3-30, Transformer Maintenance*, October 2000, Bureau of Reclamation.
- [5]. *Facilities Instructions, Standards, and Techniques (FIST) Volume 3-31, Transformer Diagnostics*, June 2003, Bureau of Reclamation.
- [6]. Hardityo Rahmat, “*Deteksi dan Analisis Indikasi Kegagalan Transformator dengan Analisis Gas Terlarut*”, Penelitian Teknik Elektro, FT UI, Jakarta, 2008
- [7]. IEC60599, “*Mineral oil-impregnated electrical equipment in service: Guide to the interpretation of dissolved and free gases analysis*,” IEC Publication 60599 (1999–2003), Mar. 1999.
- [8]. “*IEEE Guide for the Interpretation of Gases Generated in Oil-Immersed Transformers*,” IEEE Standard C57.104-1991, June/July 1991.
- [9]. “*IEEE Draft Guide for the Interpretation of Gases in Oil Immersed Transformers*,” IEEE Standard PC57.104 D11d, April 21, 2004
- [10]. “*IEEE Standard General Requirements for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers*,” IEEE Standard C57.12-2000, June 2000.
- [11]. I. Khan, Z.D Wang, I. Cotton, S. Northcote, *Dissolved Gas Analysis (DGA) of Alternative Fluids for Power Transformers*, submitted to IEEE Electrical Insulation Magazine in 2007.
- [12]. IPOL, “*Transformer Oils*”, Sah Petroleums Limited.
- [13]. J.B DiGirgio, Ph.D., *Dissolved Gas Analysis of Mineral Oil Insulating Fluids*, NTT-Technical Bulletin, 1996-1999
- [14]. M. Duval, “*A review of faults detectable by gas-in-oil analysis in transformers*,” IEEE Elect. Insul. Mag., vol. 18, pp. 8–17, May/June 2002.
- [15]. M. Faishal A. R., “*Analisis Indikasi Kegagalan Transformator berdasarkan hasil uji DGA menggunakan Metode Roger pada PLTU Tambak Lorok*”, Laporan Kerja Praktek, FT UNDIP, Semarang, 2010
- [16]. PT. PLN (Persero) P3B, “*Panduan Pemeliharaan Transformator*”, PT. PLN, 2003.
- [17]. PT. PLN (Persero) P3B, “*Analisa Minyak Trafo*”, P3B Region Jawa Tengah & DIY, 2007.
- [18]. PT. PLN (Persero) P3B, “*Validasi Hasil Uji Dga RJKB*”, Forum Enjiniring Ke-3 Surabaya, 2007.
- [19]. SPLN 49_1 : 1982, *Pedoman Penerapan Spesifikasi dan Pemeliharaan Minyak Isolasi*.
 [20]. <http://ariartama.com/category/ado-net-tutorials/>
 [21]. http://id.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Access
 [22]. Gill. A, S., *Electrical Equipment Testing and Maintenance*, Reston Publishing Company, Virginia, 1982
- [23]. Eko Priyo Utomo, S.T, *Membuat Aplikasi Database dengan Visual Basic.NET*, Yrama Widya, 2007
- [24]. Ketut D, *Pemrograman Aplikasi Database dengan Microsoft Visual Basic.NET 2008*, Informatika, 2010