

ANALISIS DETEKSI KEADAAN MINYAK TRANSFORMATOR DENGAN METODE GAS TERLARUT MENGUNAKAN PERALATAN DISSOLVE GAS ANALISYS (DGA)

Surya Darma¹, Mutiar²

e-mail : suryadarma.stmt@gmail.com

e-mail : mutiar.tiar@gmail.com

Dosen Tetap Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Palembang¹

Dosen Tetap Prodi Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya²

ABSTRAK

Kegagalan thermal pada transformator umumnya menghasilkan gas-gas berbahaya yang biasa dikenal sebagai *fault gas*. Transformator daya biasanya menggunakan minyak isolator yang fungsinya selain sebagai pendingin juga untuk melarutkan gas-gas berbahaya tersebut agar tidak beredar bebas. Mengidentifikasi jenis dan jumlah konsentrasi gas yang terlarut pada minyak dapat memberikan informasi akan adanya indikasi kegagalan yang terjadi pada transformator. Metode untuk mengidentifikasi dan menganalisis gas-gas terlarut pada minyak disebut sebagai DGA (*Dissolved Gas Analysis*). Penelitian ini akan membahas bagaimana uji DGA dapat mengidentifikasi indikasi kegagalan yang terjadi pada transformator. Sejumlah sampel minyak diambil dari minyak isolator pada sebuah transformator daya lalu sampel tersebut dimasukkan ke dalam peralatan uji DGA Transport X Kelman. Hasilnya adalah sejumlah data yang menunjukkan tingkat konsentrasi *fault gas*. Setelah memperoleh sejumlah data, selanjutnya dilakukan berbagai metode analisis untuk mengetahui indikasi kegagalan yang ada pada transformator daya yang diujikan. Berdasarkan data yang diperoleh pada pengujian dan analisa gas terlarut disimpulkan transformator masih dalam keadaan baik untuk di operasikan karena tidak ada kandungan gas yang terlalu signifikan karna parameter nilai konsentrasi gas masih berada dalam nilai normal.

Kata Kunci : *Transformator, Analisis Dga*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transformator adalah peralatan listrik yang berfungsi menyalurkan energi listrik dari suatu level tegangan atau suatu level arus menjadi level tegangan tertentu atau level arus tertentu pada frekuensi kerja yang sama. Transformator memerlukan perawatan dan pemeliharaan yang baik karena merupakan salah satu bagian penting dalam suatu sistem tenaga listrik. Transformator yang sudah dirawat pun tidaklah lepas dari fenomena kegagalan (*failure*), baik kegagalan thermal maupun kegagalan elektrik yang akan menyebabkan kerusakan (*breakdown*) jika kegagalan ini berlangsung terus-menerus. Salah satu penyebab utama munculnya kegagalan pada transformator adalah adanya panas berlebih yang biasanya ditimbulkan oleh berbagai faktor seperti pembebanan berlebih, rugi histerisis, arus eddy, proses oksidasi yang menghasilkan karat, air, dan lain-lain. Oleh karena itu, transformator memerlukan sistem pendingin untuk mengontrol panas yang timbul. Panas yang berlebih akan memacu reaksi berantai yang akan mempercepat penurunan usia dan kualitas kerja sistem isolasi baik pada minyak isolator maupun isolator kertas, menurunnya efektifitas kerja sistem pendingin, sehingga nantinya akan membuat transformator mengalami kerusakan.

Transformator memerlukan berbagai macam pengujian isolator, baik pengujian isolator padat maupun pengujian isolator minyak. Pengujian fisik dilakukan dengan menguji bahan isolasi padat dan belitan pada trafo, sedangkan pengujian minyak umumnya dilakukan dengan menguji karakteristik minyak isolator. Salah satu cara untuk melakukan pengujian minyak, yaitu dengan metode pengujian dan analisa jumlah gas yang terlarut pada minyak transformator atau yang dikenal dengan metode DGA (*Dissolved Gas Analysis*).

1.2 Perumusan Masalah

Kegagalan thermal pada transformator berpendingin minyak biasanya menghasilkan gas-gas yang mudah terbakar seperti hidrogen, metana, etana, etilen, asetilen, dan karbon monoksida yang dikenal dengan istilah kegagalan gas (*fault gas*). Metode pengujian DGA akan mengidentifikasi jenis dan jumlah dari kegagalan gas. Hasil dari uji DGA adalah data konsentrasi berbagai jenis kegagalan gas yang nantinya akan dianalisa dan diolah untuk memperoleh informasi akan adanya indikasi kegagalan-kegagalan thermal dan elektris pada transformator daya.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk menjelaskan dan menjabarkan mengenai metode pengujian analisis gas terlarut menggunakan peralatan DGA serta analisa berbagai indikasi kegagalan yang muncul pada transformator daya berdasarkan hasil uji DGA.

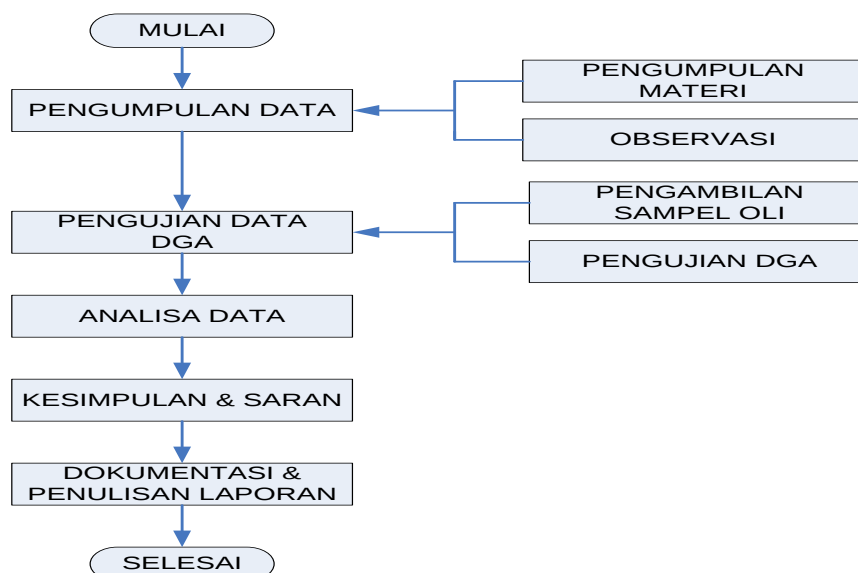
1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi hanya membahas pengujian minyak transformator daya yang digunakan untuk mengkonversi daya dari generator ke *switchyard* dengan menggunakan peralatan DGA "*Transport X KELMAN*". Hasil pengujian ini akan dianalisa tetapi hanya terbatas pada minyak mineral saja, sedangkan analisa pada minyak sintetis tidak dibahas pada penelitian ini.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metodologi seperti diagram alir seperti flowchart berikut:



Penelitian ini melakukan pengumpulan data dan observasi di lapangan berupa referensi-referensi yang ada baik berupa buku maupun karya-karya ilmiah yang berhubungan dengan penelitian ini. Setelah data dan observasi, dilanjutkan dengan DGA. Pengujian DGA dilakukan di area Conocophillips Grissik Sumatera onshore. Objek yang diuji dan dianalisis merupakan sebuah unit transformator daya PTR02-01 yang meliputi pengambilan sampel oli dan pengujian DGA.

3. DATA DAN HASIL PENGUJIAN

a. Objek dan Area Studi

Objek yang diuji dan dianalisis merupakan sebuah unit transformator daya PTR02-01 yang ada di area Conocophillips Grissik Sumatera onshore. Transformator ini merupakan jenis transformator dengan pendingin minyak dengan tipe sistem pendingin O.N.A.N. Spesifikasi dari transformator yang diujikan adalah sebagai berikut:

Name Plate

Phase	: 3	Order Number	:	284/97
Frequency	: 60 Hz	Serial Number	:	9732462
KVA	: 300	Year of Manufacture	:	1997
Voltage : HV	: 480 V	Standard	:	IEC - 76
LV	: 400 V	Type of Cooling	:	ONAN
Ampere : HV	: 360.84 A	Vector Group	:	Dyn - 11
LV	: 433.01 A	Temp Rise Oil (°C)	:	55
Impedance %	: 4	Temp Winding (°C)	:	65
Insulation Class	: A	Mineral Oil (DialaB)	:	595 liter
BIL (KV)HV	: L1 AC3 / L1 AC3	Transformer weight	:	2450 kg
Manufacture	: PT. TRAFOINDO PRIMA PERKASA			

(Conocophillips Indonesia, 2014)



Gambar 3.1 Tranformator PTR02-01 (Conocophillips Indonesia, 2014)

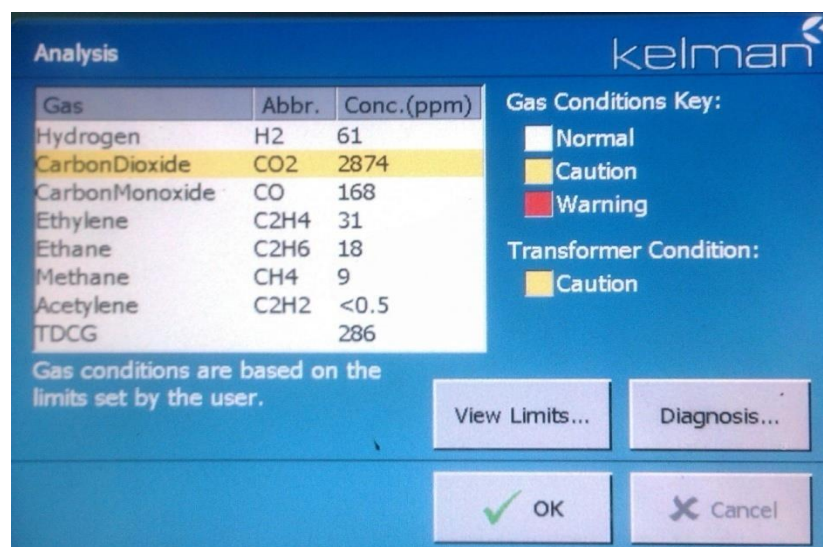
Transformator ini menggunakan minyak isolator jenis Diala B. Minyak ini mempunyai karakteristik yang sangat baik untuk digunakan sebagai minyak isolasi transformator. Keunggulan utamanya adalah viskositasnya yang rendah pada temperatur tinggi, kelarutannya yang rendah terhadap air, serta tingkat stabilitas oksidasi yang tinggi. Uji DGA dilakukan dengan menggunakan peralatan ukur DGA *portabel*, yaitu Transport X Kelman. Alat ini dapat mendeteksi tujuh jenis *fault gas*, yaitu hidrogen, metana, etana, etilen, asetilen, karbon monoksida, karbon dioksida, dan menggunakan metode PAS untuk ekstraksi gas terlarut. Keakuratan alat ini adalah sebesar $\pm 5\%$ atau ± 2 ppm. Alat ini juga mendukung proses analisis data lebih lanjut karena dilengkapi dengan metode-metode analisa data DGA berdasarkan data TDCG, Gas-gas Kunci (*Key Gas*) dan Rasio Roger.

b. Data Hasil Pengujian DGA

Pengujian DGA ini dilakukan pada tanggal 1 Mei 2014 yang dilaksanakan oleh teknisi listrik. Dari hasil pengujian ini didapatkan hasil seperti terlihat pada gambar dan tabel di bawah.

Tabel. 3.1. Data Hasil Uji DGA

Gas yang Dianalisa	Hasil Pengukuran	Angka Pengukuran	
		Waspada	Bahaya
Hydrogen-H ₂ (ppm)	61	100	700
CO (ppm)	168	350	570
Methane-CH ₄ (ppm)	9	120	400
CO ₂ (ppm)	2874	2500	4000
Ethylene-C ₂ H ₄ (ppm)	31	50	100
Ethane-C ₂ H ₆ (ppm)	18	65	100
Acetylene	<0.5	2	5
TDCG (ppm)	286	700	1900
Water-H ₂ O	26		



Gambar. 3.2 Tampilan Data Hasil Uji DGA pada Alat Uji KELMAN (Transport X KELMAN, 2014)

c. Analisa Trafo dari hasil uji DGA Data Berdasarkan Data TDCG

Dari data hasil pengujian dan analisa gas terlarut / DGA (Dissolved gas Analysis) dan didasarkan pada standard IEEE. C57. 104. 1991 :

Tabel. 3.2 Nilai TDCG (*Total Dissolve Gas Combustible*)

Gas Kunci	IEEE Limits (Kondisi Level)			
	Kondisi I	Kondisi II	Kondisi III	Kondisi IV
H ₂	100	700	1800	> 1800
CO	350	570	1400	> 1400
CH ₄	120	140	1000	> 1000
C ₂ H ₄	50	100	200	> 200
C ₂ H ₆	65	100	150	> 150
C ₂ H ₂	35	50	80	> 80
Total	720	1660	4630	> 4630

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

Pada kondisi II, 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 III, TDCG pada tingkat ini menunjukkan adanya dekomposisi dari isolasi kertas dan / atau minyak transformator. Sebuah atau berbagai kegagalan mungkin sudah terjadi. Pada kondisi ini transformator sudah harus diwaspadai dan perlu perawatan lebih lanjut.

Pada kondisi IV, TDCG pada tingkat ini menunjukkan adanya dekomposisi / kerusakan pada isolator kertas dan / atau minyak trafo sudah meluas. Standar IEEE ini juga menetapkan tindakan operasional yang disarankan berdasarkan jumlah TDCG-nya dalam satuan ppm dan rata-rata pertambahan TDCG dalam satuan ppm per hari (*ppm/day*)

Dari hasil pengujian didapatkan bahwa nilai total gas terlarut (TDGC) pada minyak transformator sebesar 286 ppm (part/Million) yang berarti konsentrasi TDCG termasuk dalam kondisi I yaitu masih dalam ambang batas normal (<720 ppm). Hal ini menunjukkan bahwa kondisi transformator masih sehat dan tetap bisa dioperasikan secara normal tetapi tetap perlu dilakukan pemantauan terhadap gas-gas tersebut.

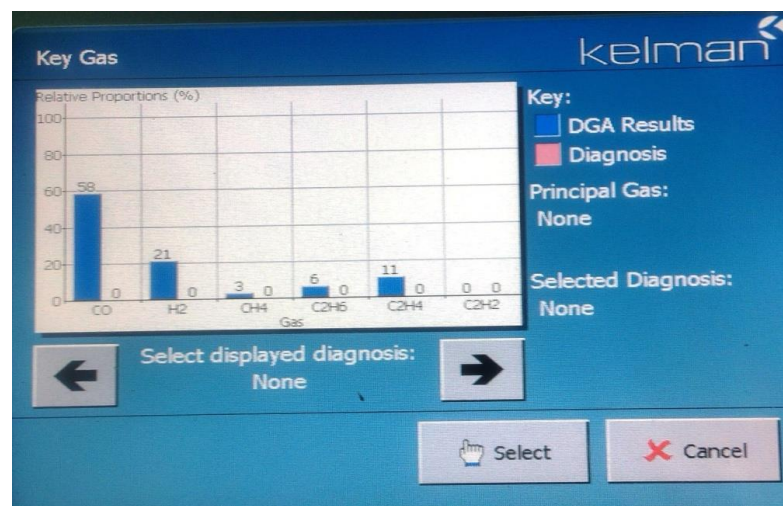
Jika nilai dari pengukuran sudah menunjukkan nilai TDCG 700 – 1900 maka sudah diklasifikasikan untuk waspada dan berhati-hati karena konsentrasi gas yang terkandung semakin besar. Ini berarti telah terjadi gejala-gejala kegagalan yang harus mulai diwaspadai. Gejala-gejala tersebut bisa dikurangi dengan melakukan tindakan perawatan pada trafo tersebut seperti melakukan pembersihan pada trafo, sirkulasi pendingin dan area sekelilingnya, pengecekan kelembaban trafo, pengecekan terhadap beban trafo.

Jika nilai TDCG sudah mencapai nilai sebesar 1900 ppm maka itu kondisi trafo tergolong berbahaya karena telah terjadi kerusakan pada isolasi trafo dan bagian-bagian trafo lainnya seperti selulosa, belitan trafo sehingga trafo harus segera diperbaiki, hal ini bisa dilihat pada tabel berikut :

Tabel. 3.3 Nilai Batasan TDCG (Standar IEEE C57.104-1991)

Angka Pengukuran	
Waspada	Bahaya
100	700
350	570
120	400
2500	4000
50	100
65	100
2	5
700	1900

Analisa Data Berdasarkan Metode Gas Kunci



Gambar.3.3 Nilai persentase gas berdasarkan Metoda Gas Kunci (Transport X KELMAN, 2014)

Metode gas-gas kunci (*key gas*) berdasarkan (*IEEE std.C57 – 104.1991*) didefinisikan 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. Dari hasil pengujian DGA minyak transformator, didapatkan data sebagai berikut :

1. Persentase Gas CO : 58%
2. Persentase gas H₂ : 21%
3. Persentase CH₄ : 3%
4. Persentase C₂H₆ : 6%
5. Persentase gas C₂H₄ : 11%
6. Persentase Gas C₂H₂ : 0%

Berdasarkan metode gas-gas kunci, maka nilai persentase tersebut didapatkan dari perhitungan berikut ini :

Komposisi :

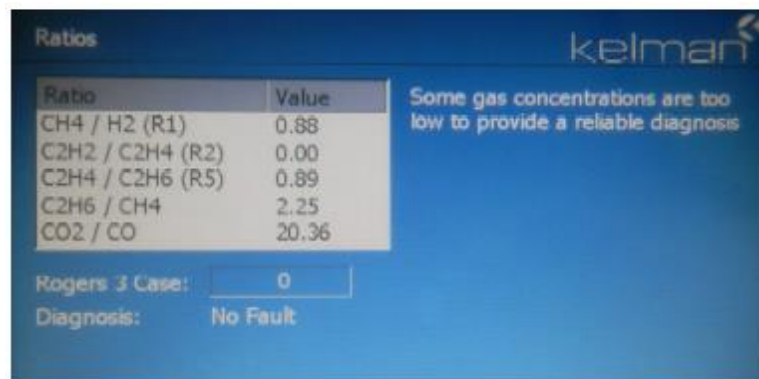
$$\begin{array}{ll} \text{CO} = \frac{168}{286} \times 100\% = 58\% & \text{C}_2\text{H}_6 = \frac{18}{286} \times 100\% = 6\% \\ \text{H}_2 = \frac{61}{286} \times 100\% = 21\% & \text{C}_2\text{H}_4 = \frac{31}{286} \times 100\% = 11\% \\ \text{CH}_4 = \frac{9}{286} \times 100\% = 3\% & \text{C}_2\text{H}_2 = \frac{0.5}{286} \times 100\% = 0\% \end{array}$$

Dari data hasil pengujian untuk konsentrasi gas terlarut pada minyak transformator, maka nilai persentase gas yang lebih dominan adalah gas karbonmonoksida (CO) sehingga kemungkinan yang terjadi adalah panas berlebih pada lapisan selulosa di bagian dalam transformator seperti terlihat pada tabel :

Tabel. 3.4. Indikasi kegagalan yang terjadi berdasarkan nilai gas yang lebih dominan

Gangguan	Gas kunci	Kriteria	Persentase Gas
<i>Arcing</i>	<i>Acetylene</i> (C_2H_2)	Jumlah yang banyak dari hydrogen dan acetylene dengan jumlah sedikit methane dan ethylene	H_2 : 60% C_2H_2 : 30%
<i>Corona</i> (<i>Low Energy PD</i>)	<i>Hydrogen</i> (H_2)	Elektrik discharge menghasilkan hidrogen dan methane, dengan jumlah kecil ethane dan ethylene	H_2 : 85% CH_4 : 13%
<i>Overheating of Oil</i>	<i>Ethylene</i> (C_2H_4)	Hasil pemburukan termasuk ethylene dan methane, ditambah dengan kecilnya kehadiran hydrogen dan methane	C_2H_4 : 63% C_2H_6 : 20%
<i>Overheating of Cellulose</i>	<i>Carbon Monoxide</i> (CO)	Jumlah besar dari senyawa CO dan CO_2 dibentuk dari panas berlebih pada kertas selulosa	CO : 92%

d. Analisa Data Berdasarkan Rasio Roger



The screenshot shows a software window titled 'Ratios' with the 'kelman' logo in the top right corner. It contains a table of gas ratios and their values, a text warning, and a diagnosis result.

Ratio	Value
CH ₄ / H ₂ (R1)	0.88
C ₂ H ₂ / C ₂ H ₄ (R2)	0.00
C ₂ H ₄ / C ₂ H ₆ (R5)	0.89
C ₂ H ₆ / CH ₄	2.25
CO ₂ / CO	20.36

Some gas concentrations are too low to provide a reliable diagnosis

Rogers 3 Case: 0

Diagnosis: No Fault

Gambar 3.4 nilai hasil DGA berdasarkan rasio roger

Berdasarkan metode roger ratio maka dari hasil uji DGA terhadap minyak transformator hasil dari pengujian menunjukkan diagnosis yang normal pada kondisi minyak transformator yang di uji tetapi sudah terlihat rasio CO₂/CO yang mulai tinggi yang bisa terjadi karena panas yang mulai tinggi pada kertas selulosa. (Elijah F., *KCP&L Brings DGA Testing In-house*. Kansas City Power & Light, 2005. Diakses 27 January 2013.)

4. PENUTUP

Transformator daya merupakan peralatan statis untuk memindahkan energi listrik dari satu rangkaian listrik ke rangkaian lainnya dengan mengubah tegangan tanpa merubah frekuensi. Salah satu cara pengujian transformator daya yaitu pengujian minyak transformator dengan metoda analisa gas terlarut (DGA). Dari hasil pengujian DGA ini diperoleh kesimpulan bahwa:

1. Nilai TDGC sebesar 286 (<700) yang berarti hasil bahwa transformator masih dalam keadaan baik untuk dioperasikan karena nilai konsentrasi gas masih berada dalam nilai normal.
2. Dari data berdasarkan metoda gas kunci dan rasio roger diperoleh nilai persentase gas karbonmonoksida (CO) yang mulai tinggi sehingga kemungkinan yang terjadi adalah panas berlebih pada lapisan selulosa di bagian dalam transformator.
3. Kandungan gas-gas yang terkandung dalam minyak trafo merupakan indikasi gangguan trafo seperti gas hidrogen (H₂) yang akan menyebabkan partial discharge pada trafo, gas Metana (CH₄) dan Hidrogen yang merupakan indikasi adanya percikan bunga api listrik (arcing), gas Karbonmonoksida (CO) yang merupakan indikasi adanya panas berlebih pada bagian lapisan selulosa kertas trafo dan gas etilene (C₂H₂) merupakan indikasi adanya panas berlebih pada minyak trafo.
4. Jika nilai kandungan gas-gas tersebut melewati ambang batas akan menyebabkan kerusakan isolasi pada minyak trafo, kerusakan isolasi pada kertas selulosa trafo dan kerusakan pada lilitan trafo yang pada akhirnya trafo tersebut akan mengalami kerusakan yang parah berupa hubungan singkat atau ledakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Petruszella, Frank D, *Elektronik Industri*, Pnerbit Andi Yogyakarta, 2001
 Zuhail, *Dasar Tenaga Listrik*, Penerbit ITB, Bandung, 1980
 General Electric, *Teory Revolution Gas, Transport X Kelman*, 2010

Analisis Deteksi Keadaan Minyak Transformator Dengan Metode Gas Terlarut Menggunakan Peralatan Dissolve Gas Analysis (DGA)
 (Surya Darma / Mutiar)

General Electric, *Perawatan dan Pemantauan Kondisi Transformator*, Transport X Kelman, 2010
Forney, Elijah F., *KCP&L Brings DGA Testing In-house* . Kansas City Power & Light, 2005.
Diakses 27 january 2013.
IEEE.Std C57.104-1991, *Suggested Operating Procedures Utilizing the Detection and Analysis of Combustible Gases*, 1991
IEEE Std C57.12.00–2000, *Standard for Transformer*, 2000
Tadjudin, *Partial Dicharge dan Kegagalan Bahan Isolasi*, *Elektro Indonesia Edisi ke Tiga Belas*, Juni,1998
Gibeault, Jean Pierre, *On-line monitoring of key fault gases in transformer oil*, Syprotec Inc, 1997
IEC-156, *Insulating Liquid Determinan of Breakdown Voltage at Power Frequency Tes Method*, 1995