

**ANALISIS IDENTIFIKASI MINYAK TRANSFORMATOR MENGGUNAKAN  
METODE *DISSOLVED GAS ANALYSIS (DGA)* DI PT. INDONESIA POWER**

**UPJP KAMOJANG**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat Strata-1 Pada**

**Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik**

**Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**



**Disusun oleh:**

**HERNOWO RAHMAN PUTRA**

**NIM. 20130120016**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

**ANALISIS IDENTIFIKASI MINYAK TRANSFORMATOR  
MENGUNAKAN METODE *DISSOLVED GAS ANALYSIS (DGA)* DI PT.  
INDONESIA POWER UPJP KAMOJANG**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat Strata-1  
Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**

**Disusun oleh:**

**HERNOWO RAHMAN PUTRA**

**NIM. 20130120016**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hernowo Rahman Putra

NIM : 20130120016

Jurusan : Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir (Skripsi) ini adalah asli hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka. Apabila dikemudian hari pernyataan ini tidak benar, maka saya siap menerima sanksi dari Universitas Muhammadiyah Yogyakarta sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Yogyakarta, 17 Mei 2017

Yang menyatakan,

Hernowo Rahman Putra

NIM. 20130120016

**LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR**

**ANALISIS IDENTIFIKASI MINYAK TRANSFORMATOR  
MENGUNAKAN METODE *DISSOLVED GAS ANALYSIS (DGA)* DI PT.  
INDONESIA POWER UPJP KAMOJANG**

Disusun Oleh:

**HERNOWO RAHMAN PUTRA  
NIM. 20130120016**


Telah Dipertahankan di Depan Tim Penguji

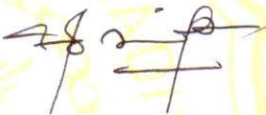
Pada Tanggal 17 Mei 2017

Susunan Tim Penguji:

Dosen Pembimbing 1,

Dosen Pembimbing 2,

  
Dr. Ramadoni Syahputra, S.T., M.T.  
NIK.19741010201010123056

  
Anna Nur Nazilah Chamim, S.T., M.Eng.  
NIK.197608062005012001

Penguji,

  
Rama Okta Wiyagi, S.T., M.Eng  
NIK.19861017201504123070

Skripsi ini telah dinyatakan sah sebagai salah satu persyaratan untuk  
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal 17 Mei 2017

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Ir. Agus Jamal, M.Eng.

NIK.19660829199502123020

## MOTTO

*"Seseorang tidak akan beruntung dalam mencari ilmu kecuali dengan sedikit bekal (banyak prihatin dan tidak hura-hura)"*

*(Imam Syafi'i)*

*"Gaji tinggi bukan jaminan kepuasan hidup. Bersyukur, berbagi, dan saling menyayangi, itulah kunci kepuasan hidup."*

*(Bob Sadino)*

*"Kerja keras boleh, tapi kerja cerdas itu penting. Namun sukses dengan usaha instan, hasilnya juga akan instan (sia-sia)."*

*(Nuati Luhningasti)*

*"Teruslah raih impianmu sesulit apapun itu, karena masih ada masa depan yang menanti."*

*(Oie N Fauzi)*

*"Orang-orang hebat di bidang apapun bukan baru bekerja karena mereka terinspirasi, namun mereka menjadi terinspirasi karena mereka lebih suka bekerja. Mereka tidak menyia-nyiaakan waktu menunggu inspirasi."*

*(Ernest Newman)*

OTTO

"Sesungguhnya tidak akan beruntung dalam menaruh ilham kecuali dengan sedikit  
bekas (basyar-patatin dan tidak hura-hura)"  
(Lamun Zaydi)

"Jika engkau berkehendak berurusan dengan orang-orang, berpeganglah dan jangan  
menyengal, itulah kunci berurusan hidup"  
(Bob Zaidin)

"Kerja keras boleh, tapi kerja cerdas itu penting. Jangan sukses dengan usaha  
instan, hasilnya juga akan instan (sia-sia)"  
(Wati Lubingati)

"Persepsi kita mempengaruhi hasil upaya kita, karena usaha ada masa depan yang  
menanti."  
(Oie N. Tazri)

"Orang-orang hebat di bidang apapun bukan dari bekerja karena mereka  
terinspirasi, namun mereka bekerja terinspirasi karena mereka lebih suka  
bekerja. Mereka tidak menaruh usaha menunggu inspirasi."  
(Ernest Newman)

HALAMAN PERSEMBAHAN



*Karya kecil yang sangat sederhana ini penulis persembahkan kepada:*

*Bapak dan ibuku tercinta yang selalu ada di hatiku dan selalu*

*menyemangati,*

*Kakakku yang selalu memberikan dukungan kepadaku,*

*Keponakanku yang masih kecil yang membuat suasana di rumahku*

*menjadi ramai,*

*Calon Pendamping Hidupku yang tiada hentinya memberi semangat*

*serta doa kepadaku,*

*Teman-temanku di UMY,*

*Almamaterku : Kampus Matahari Terbit Universitas Muhammadiyah*

## INTISARI

Berdasar hasil analisa,tugas akhir ini pada hasil pengujian transformator T21, rata-rata gas terlarut yang dihasilkan pada minyak transformator T21 sangat tinggi di bandingkan dengan batasan kondisi yang ada. Peningkatan gas CO dan CO<sub>2</sub> mengindikasikan tingkat *deteriosasi* isolasi kertas (*selulosa*) yang tinggi terjadi pada transformator T21. Sementara itu, pada gas individual lain seperti metana, etana dan etilen memiliki konsentrasi yang jauh lebih rendah dibanding dengan batas normalnya. Tidak ada ditemukan kandungan gas yang Asetilen pada transformator, sehingga dapat dianalisa bahwa dihasilkannya gas-gas terlarut seperti CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> dan C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> murni disebabkan oleh gangguan *thermal* ringan dimana nilai konsentrasi ketiga gas tersebut pada setiap pengujian masih jauh berada dibawah batas normal dan tidak ada gangguan elektris yang terjadi pada transformator sejauh ini seperti busur api, korona (*high-level discharge*) atau gangguan *thermal* dengan temperatur tinggi.

Pada konsentrasi air dalam minyak transformator mengalami *fluktuasi* atau perubahan yang tidak stabil. Tidak seperti gas terlarut yang lain mengalami akumulasi terhadap waktu, kandungan air justru tidak menentu di dalam minyak.

Kata kunci: Pengujian *DGA* (*Dissolved Gas Analysis*), Kandungan Gas Terlarut, CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, Air, Asetilen.





## KATA PENGANTAR



*Assalamu'alaikum Wr.Wb.*

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat, karunia serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Analisis Identifikasi Minyak Transformator Menggunakan Metode *Dissolved Gas Analysis (DGA)* Di PT. Indonesia Power UPJP Kamojang”** yang disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan pendidikan Strata-1 di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Semoga yang karya sederhana ini dapat bermanfaat dan menjadi kontribusi bagi khasanah ilmu pengetahuan, khususnya bagi rekan-rekan mahasiswa seperjuangan.

Penulis menyadari dalam penelitian dan penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari dukungan, bantuan dan bimbingan, serta saran-saran yang berharga dari semua pihak. Oleh karena itu dengan tulus hati penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Gunawan Budiyanto, M.P., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Jazaul Ikhsan, ST., MT., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

3. Ir. Agus Jamal, M.Eng, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
4. Dr. Ramadoni Syahputra, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing 1 (satu), yang telah membimbing dan mengarahkan penulis selama melaksanakan penelitian tugas akhir hingga dapat menyelesaikan penulisan laporan ini.
5. Anna Nur Nazilah Chamim, S.T., M.Eng, selaku dosen pembimbing 2 (dua), yang telah membimbing dan mengarahkan penulis selama melaksanakan penelitian tugas akhir hingga dapat menyelesaikan penulisan laporan ini.
6. Rama Okta Wiyagi, S.T., M.Eng, selaku dosen penguji yang telah memberi banyak masukan dan arahan kepada penulis selama sidang pendadaran.
7. Keluarga, terutama Bapak Bachtiar Purwadi Priyo Kuncoro (Bapak kandung penulis) dan Ibu Endang Setiarini (Ibu kandung penulis) yang selalu memberikan do'a dan motivasi, serta Ghaniari Prima Setyaputri (Kakak kandung penulis) yang selalu memberikan do'a dan dukungan.
8. Seluruh dosen program studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis.
9. Nuati Luhningasti, sebagai seseorang yang selalu setia memberikan semangat disaat penulis senang maupun susah dan selalu memberikan dukungan yang terbaik untuk penulis.

3. Ir. Agus Janal, M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
4. Dr. Ramadani Syahputra, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing I (satu) yang telah membimbing dan mengarahkan penulis selama melaksanakan penelitian tugas akhir hingga dapat menyelesaikan penulisan laporan ini.
5. Anna Nur Nakhlah Channim, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing 2 (dua) yang telah membimbing dan mengarahkan penulis selama melaksanakan penelitian tugas akhir hingga dapat menyelesaikan penulisan laporan ini.
6. Rama Oka Wiyagi, S.T., M.Eng. selaku dosen penguji yang telah memberi banyak masukan dan arahan kepada penulis selama sidang pembekalan.
7. Keluarga, terutama Bapak Bachtiar Purwadi Priyo Kusnoro (Bapak kandung penulis) dan Ibu Endang Setiaini (ibu kandung penulis) yang selalu memberikan do'a dan motivasi serta Gianani Prima Setyopuani (kakak kandung penulis) yang selalu memberikan do'a dan dukungan.
8. Seluruh dosen program studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis.
9. Nanti lahirlah nanti, semoga seseorang yang selalu setia membekalkan semangat disaat penulis sedang merasa susah dan selalu memberikan dukungan yang terbaik untuk penulis.

10. Teman-teman Grup Master Engineering, yang telah banyak memberikan bantuan baik secara fisik maupun non-fisik kepada penulis.
11. Seluruh staf laboratorium Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
12. Semua pihak yang telah secara tidak langsung membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, hal ini mengingat kemampuan dan pengalaman dalam penelitian penyusunan tugas akhir ini yang sangat terbatas. Untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk perbaikan dan pengembangan penelitian selanjutnya. Tidak ada yang dapat penulis berikan selain ucapan terimakasih atas seluruh bantuan yang telah diberikan.

Akhir kata penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua terutama bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan informasi. Semoga Allah SWT meridhoi kita semua, Aamiin.

*Wassalammu'alaikum Wr. Wb.*

Yogyakarta, 17 Mei 2017

Penulis,

Hernowo Rahman Putra



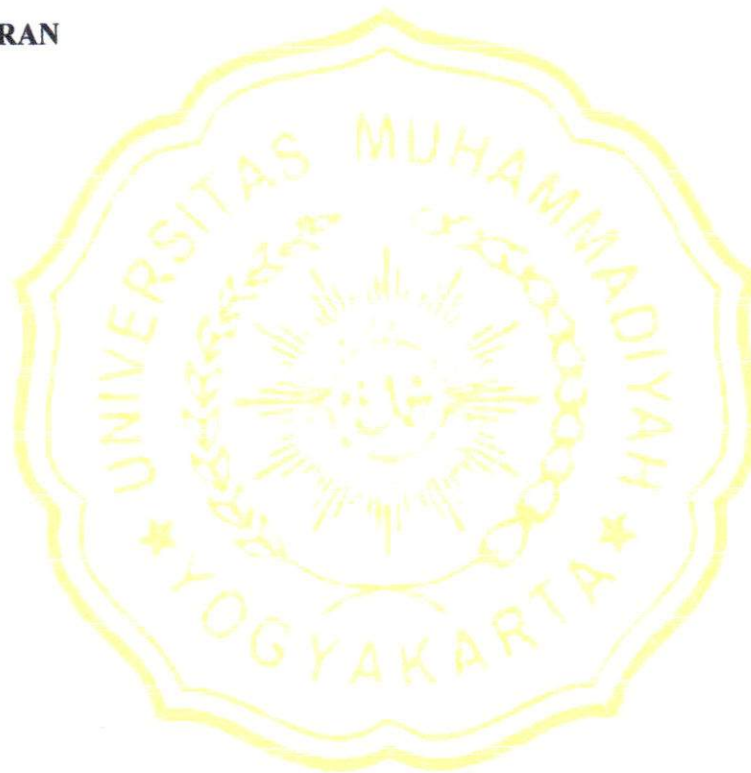
## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....	iv
MOTTO .....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vi
INTI SARI.....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR SINGKATAN .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Tinjauan Pustaka .....	6
2.2 Landasan Teori.....	8
2.2.1 Transformator Daya .....	8
2.2.1.1 Klasifikasi Transformator .....	10
2.2.2 Komponen Transformator Daya .....	12
2.2.2.1 Inti Besi .....	13
2.2.2.2 Kumparan Transformator.....	13
2.2.2.3 Minyak Transformator .....	13
2.2.2.4 Bushing.....	14

2.2.2.5	Tangki dan Konservator .....	14
2.2.2.6	Sistem Pendingin.....	16
2.2.3	Gangguan Pada Transformator Daya .....	17
2.2.4	Peralatan Proteksi .....	18
2.2.5	Kegagalan Pada Transformator .....	19
2.2.5.1	Teori Kegagalan Zat Isolasi Cair .....	19
2.2.5.2	Karakteristik Isolasi Cair.....	21
2.2.5.3	Sifat-Sifat Listrik Cairan Isolasi .....	22
2.2.5.4	Jenis Minyak Transformator .....	23
2.2.5.5	Tingkatan Standar Minyak Transformator.....	24
2.2.5.6	Klasifikasi Minyak Isolasi Pakai.....	24
2.2.6	Keandalan Transformator.....	26
2.2.7	<i>Dissolved Gas Analysis</i> (DGA).....	27
2.2.7.1	Definisi DGA .....	27
2.2.7.2	Jenis Kegagalan Dideteksi Dengan Uji DGA .....	28
2.2.7.3	Analisis Kondisi Transformator Berdasarkan Hasil Pengujian DGA .....	29
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>		<b>40</b>
3.1	Jenis Penelitian.....	40
3.2	Jalannya Penelitian.....	40
3.2.1	Studi Pustaka .....	42
3.2.2	Perumusan Masalah .....	42
3.2.3	Pengumpulan Data .....	42
3.2.4	Validasi Data.....	43
3.2.5	Analisa Data.....	43
3.2.6	Pembuatan Laporan Tugas Akhir .....	45
<b>BAB IV PEMBAHASAN .....</b>		<b>46</b>
4.1	Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) Kamojang .....	46
4.2	Jadwal Pemeliharaan Transformator di PT. Indonesia Power UPJP Kamojang .....	49



4.3 Pengujian Transformator Dengan Menggunakan Metode DGA ( <i>Dissolved Gas Analysis</i> ) .....	52
4.4 Analisis Kandungan Air Pada Minyak Transformator.....	56
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	<b>59</b>
5.1 Kesimpulan .....	59
5.2 Saran .....	60
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>61</b>
<b>LAMPIRAN</b>	



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Sistem Pendingin Pada Transformator Daya.....	16
Tabel 2.2 Tingkatan Standar Minyak Transformator.....	24
Tabel 2.3 Klasifikasi Minyak Isolasi Pakai .....	24
Tabel 2.3 Klasifikasi Minyak Isolasi Pakai (lanjutan).....	25
Tabel 2.4 Jenis Kegagalan ( <i>fault</i> ) yang Terjadi Dengan Uji <i>DGA</i> .....	29
Tabel 2.5 Batas Konsentrasi Gas Terlarut Dalam Minyak Transformator .....	30
Tabel 2.6 TDCG.....	32
Tabel 2.6 TDCG (lanjutan).....	33
Tabel 2.7 <i>Key Gas</i> .....	35
Tabel 2.8 Rasio Roger (1).....	36
Tabel 2.9 Rasio Roger (2).....	37
Tabel 4.1 Spesifikasi Transformator yang Diuji.....	47
Tabel 4.1 Spesifikasi Transformator yang Diuji (lanjutan) .....	48
Tabel 4.2 Hasil Pengujian <i>DGA</i> Pada Transformator <i>Step-up</i> 11.8 kV/150 kV Unit T21 Main Transformator Unit 2.....	53

## DAFTAR TABEL

16	Tabel 2.1 Klasifikasi Sistem Pendingin Pada Transformator Daya
24	Tabel 2.2 Tingkatan Standar Minyak Transformator
24	Tabel 2.3 Klasifikasi Minyak Isolasi Pakai
25	Tabel 2.3 Klasifikasi Minyak Isolasi Pakai (lanjutan)
29	Tabel 2.4 Jenis Kegagalan (Gow) yang Terjadi Dengan Uji DGA
30	Tabel 2.5 Batas Konsentrasi Gas Terlarut Dalam Minyak Transformator
32	Tabel 2.6 TDCC
33	Tabel 2.6 TDCC (lanjutan)
35	Tabel 2.7 Key Gas
36	Tabel 2.8 Rasio Roger (1)
37	Tabel 2.9 Rasio Roger (2)
47	Tabel 4.1 Spesifikasi Transformator yang Diriji
48	Tabel 4.1 Spesifikasi Transformator yang Diriji (lanjutan)
53	Tabel 4.2 Hasil Pengujian DGA Pada Transformator Step-up 11.8 kV/150 kV Unit 121 Main Transformator Unit 2

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Transformator Daya .....	10
Gambar 2.2 Bagian-bagian Transformator Daya .....	12
Gambar 2.3 Segitiga Duval .....	39
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Alur Langkah Kerja Penelitian .....	41
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> Alur Analisa Data .....	44



## DAFTAR SINGKATAN

°C	: <i>Celcius</i>
A	: <i>Ampere</i>
AC	: <i>Alternative Current</i>
AF	: <i>Air Force</i>
AN	: <i>Air Natural</i>
BCF	: <i>Billion Cubic Feet</i>
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	: <i>Asetilen</i>
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	: <i>Etilen</i>
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	: <i>Etana</i>
CH <sub>4</sub>	: <i>Metana</i>
CO	: <i>Karbon Monoksida</i>
CO <sub>2</sub>	: <i>Karbon Dioksida</i>
CT	: <i>Counter Tap</i>
DC	: <i>Direct Current</i>
DGA	: <i>Dissolved Gas Analysis</i>
GFR	: <i>Ground Fault Relay</i>
H <sub>2</sub>	: <i>Hidrogen</i>
H <sub>2</sub> O	: <i>Air</i>
Hz	: <i>Hertz</i>
IEEE	: <i>Institute of Electrical and Electronic Engineers</i>
IEC	: <i>International Electrotechnical Commission</i>
Kg	: <i>Kilogram</i>
KV	: <i>Kilo Volt</i>
kVA	: <i>Kilo Volt Ampere</i>
L	: <i>Liter</i>
M	: <i>Meter</i>
MVA	: <i>Mega Volt Ampere</i>
N <sub>2</sub>	: <i>Nitrogen</i>

O <sub>2</sub>	: Oksigen
OCR	: <i>Over Current Relay</i>
OFAF	: <i>Oil Force Air Force</i>
OFAN	: <i>Oil Force Air Natural</i>
OFWF	: <i>Oil Force Water Force</i>
OLR	: <i>Over Load Relay</i>
OLTC	: <i>On Load Tap Changer</i>
ONAF	: <i>Oil Natural Air Force</i>
ONAN	: <i>Oil Natural Force Natural</i>
PD	: <i>Partial Discharge</i>
PDM	: <i>Predictive Maintenance</i>
PLN	: <b>Perusahaan Listrik Negara</b>
Ppm	: <i>Part Per Million</i>
PT	: <i>Potential Transformer</i>
PT	: <b>Perseroan Terbatas</b>
T21	: <b>Transformator Unit T21</b>
TDCG	: <i>Total Dissolved Combustible Gasses</i>
UPJP	: <b>Unit Pembangkitan dan Jasa Pembangkitan</b>
V	: <i>Volt</i>
W-m	: <i>Ohm Meter</i>