

**TUGAS AKHIR**

**ANALISA KENAIKAN COMBUSTIBLE GAS MINYAK**

**ISOLASI TRANSFORMATOR TENAGA 150 KV GT 2.2**

**PLTGU BLOK 2 MUARA KARANG**

**Diajukan guna melengkapi sebagai syarat dalam mencapai gelar Sarjana Strata**

Satu (S1)



Disusun Oleh :

Nama : Luluk Yugo Nugroho

NIM : 41411120020

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MERCU BUANA**

**JAKARTA**

**2016**

## LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Luluk Yugo Nugroho  
N.I.M : 41411120020  
Jurusan : Elektro  
Fakultas : Teknik  
Judul Skripsi : Analisa Kenaikan Combustible Gas  
Minyak Isolasi Transformator Tenaga 150  
KV GT 2.2 PLTGU Blok 2 Muara Karang

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Skripsi yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Skripsi ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan tata terib di Universitas Mercu Buana.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

Penulis



Luluk Yugo Nugroho

## LEMBAR PENGESAHAN

### Analisa Kenaikan Combustible Gas Minyak Isolasi Transformator Tenaga 150 KV GT 2.2 PLTGU Blok 2 Muara Karang

Disusun Oleh :

Nama : Luluk Yugo Nugroho

N.I.M : 41411120020

Jurusan : Elektro

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

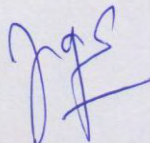
Pembimbing,



( Setiyo Budiyo, ST , MT )

Mengetahui,

Koordinator Tugas Akhir / Ketua Program Studi



( Ir. Yudhi Gunardi, MT )

## ABSTRAK

Permasalahan yang umum pada operasional transformator tenaga adalah timbulnya kegagalan (failure), baik kegagalan thermal maupun kegagalan elektrik. Kegagalan thermal dan kegagalan elektrik umumnya menghasilkan gas-gas berbahaya yang biasa dikenal sebagai *Combustible gas*. Kebanyakan transformator tenaga biasanya menggunakan minyak isolator yang fungsinya sebagai pendingin juga untuk melarutkan gas-gas berbahaya tersebut agar tidak beredar bebas didalam transformator. 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 menganalisa gas-gas terlarut pada minyak disebut sebagai DGA ( *Dissolved Gas Analysis* ).

Skripsi ini akan membahas bagaimana uji DGA dapat mengidentifikasi indikasi kegagalan yang terjadi pada transformator GT 2.2 UP. Muara Karang. Sejumlah sampel minyak diambil dari minyak isolasi pada sebuah transformator tenaga lalu sampel tersebut dimasukkan kedalam peralatan uji DGA. Hasilnya adalah sejumlah data yang menunjukkan tingkat konsentrasi Combustible Gas. Transformator dan minyak isolasi yang diujikan masih berada dalam kondisi layak pakai. Setelah memperoleh beberapa data, selanjutnya dilakukan berbagai metode analisis untuk mengetahui indikasi kegagalan yang ada pada transformator tenaga yang diujikan. Metode analisa yang digunakan untuk mengidentifikasi masalah adalah menggunakan metode standart IEEE, metode Key Gas, metode Roger's Ratio dan metode Duval Triangle

Berdasarkan data yang diperoleh bahwa pada bulan mei 2015 transformator GT 2.2 mengalami kegagalan *Overheating of Oil*. Hal ini terindikasikan dari tingginya nilai konsentrasi gas Ethane (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>), yang awalnya bernilai 46 ppm naik ke 78 ppm ( kondisi 2 ) dan diikuti naiknya gas Carbone Dioxide (CO). Ketika sudah dilakukan penanganan masalah berupa pengoperasian manual fan radiator dan pompa recirculasi pada transformator GT 2.2, maka nilai ethane (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) turun secara drastis dari 78 ppm turun ke 52 ppm. Beberapa waktu setelah proses penanganan minyak, kondisi ini terus berlanjut. Hal ini menunjukkan bahwa transformator GT 2.2 masih berada pada kondisi normal operasi. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa temperatur minyak transformator berpengaruh besar pada terjadinya thermail failure atau Overheating of Oil.

**Kata kunci : Transformator, DGA (Dissolved Gas Analysis ), Gas terlarut, Ethane (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunianya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini sesuai dengan judul yang telah ditentukan.

Penyusunan laporan tugas akhir ini berdasarkan hasil investigasi gangguan yang terjadi di PLTGU Blok 2 muara karang. Di dalam pelaksanaannya, penulis mendapatkan banyak hal baru, bukan saja dari segi keilmuan tetapi juga dari pengalaman di dalam menghadapi troubleshooting didalam sisttem yang sebelumnya belum pernah terjadi.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Ir. Yudhi Gunardi, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Mercu Buana.
2. Bapak Setiyo Budiyanto, ST , MT selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan arahan dan masukan kepada penulis.
3. Bapak Ir. Bambang Iswanto, selaku General manager Unit Pembangkitan Muara Karang
4. Bapak Edi selaku Manajer Operasi unit Pembangkitan Muara Karang
5. Antonio Donny, ST, selaku Predictive Maintenance PLTGU Blok 2 yang sangat membantu dalam mendapatkan data-data pengujian.
6. Misdiyanto, ST, selaku rendal pemeliharaan PLTGU Blok 2
7. Kedua orang tua tercinta yang telah banyak berjasa kepada penulis.
8. Semua pihak yang telah membantu dan tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Akhirnya penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun demi perbaikan penyusunan tugas akhir ini. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan menambah wawasan serta cakrawala pengetahuan

Jakarta, Januari 2016

Penulis



## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GRAFIK.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xx
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Metodologi Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
<b>BAB II. LANDASAN TEORI</b>	
2.1 Transformator Tenaga.....	7
2.2 Prinsip Kerja Transformator.....	8

2.3	Bagian-bagian Transformator	
2.3.1	Bagian Utama Transformator.....	10
2.3.2	Peralatan Bantu Transformator.....	16
2.4	Minyak Isolasi Transformat.....	22
2.4.1	Minyak Isolasi Mineral.....	23
2.4.2	Minyak Isolasi Sintesis.....	23
2.4.3	Karakteristik Minyak Transformator.....	24
2.4.4	Standart Spesifikasi Minyak Trafo.....	27
2.5	Gas Terlarut pada Minyak Transformator.....	32
2.6	Metode Pengujian DGA	
2.6.1	Definisi Dissolved Gas Analysis (DGA).....	36
2.6.2	Metode Ekstrak Gas.....	38
2.7	Jenis Kegagalan yang dapat dideteksi dengan Uji DGA.....	42
<b>BAB III. METODE PENGUJIAN</b>		
3.1	Proses Pengujian DGA.....	44
3.2	Data Spesifikasi Transformator GT 2.2.....	46
3.3	Proses Pengujian Minyak Sampling menggunakan Myrkos Portable DGA Micro.....	47
3.3.1	Cara pengambilan sampel.....	47
3.3.2	Proses Pengujian Oil Sampling.....	49
3.4	Metode Intepretasi Hasil Data Pengujian DGA .....	58



**BAB IV. DATA DAN ANALISA**

4.1	Data dan Pengujian DGA	
4.1.1	Data Temperatur dan Kosentrasi Gas pada Minyak Isolasi Transformator GT 2.2 .....	70
4.2	Analisa Data .....	95
4.2.1	Analisa Berdasarkan Standart IEEE .....	95
4.2.2	Analisa Berdasarkan Metode Key Gas .....	112
4.2.3	Analisa Berdasarkan Metode Rpgger's Ratio...	123
4.2.4	Analisa Berdasarkan Metode Duval Triangle..	133

**BAB V. PENUTUP**

5.1	Kesimpulan.....	143
5.2	Saran.....	144
	Daftar Pustaka.....	145



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Konstruksi dasar transformator	9
Gambar 2.2 Inti Besi Transformator Utama GT2.1	10
Gambar 2.3 Kumparan Transformator Utama	11
Gambar 2.4. Bushing	13
Gambar 2.5 Posisi Bushing pada Transformator Utama GT 2.2	14
Gambar 2.6 Konservator Trafo Utama Gas Turbine	15
Gambar 2.7 Posisi konservator Trafo Tenaga GT 2.2	16
Gambar 2.8 Sistem Heat Transfer pada Trafo Utama GT 2.2	18
Gambar 2.9 Rasio perubahan Tap Charger pada GT 2.2	19
Gambar 2.10 Silicagel	20
Gambar 2.11 Silikagel yang terpasang pada Trafo Utama GT 2.2	20
Gambar 2.12 Bushing titik netral pada Trafo Utama	21
Gambar 2.13 Struktur kimia minyak dan gas-gas terlarut pada minyak	33
Gambar 2.14 Pembentukan Skema Gas Temperatur ( Aproksimasi )	34
Gambar 2.15 Diagram kerja Gas Chromatograph	39
Gambar 2.16 Ilustrasi konsep Photo-Acoustic Spectrometer	41
Gambar 3.1 Diagram Alur Pengujian DGA	45
Gambar 3.2 Proses pengambilan sampel minyak	48
Gambar 3.3 Tampilan icon PPMReport	49
Gambar 3.4 Tampilan utama PPMReport	50
Gambar 3.5 Posisi Syringe pada MYRCOS Portable DGA Micro	54

Gambar 3.6 Posisi selang penghubung syringe dengan MYRCOS	54
Gambar 3.7 Posisi syringe saat terpasang di holder analyzer	56
Gambar 3.8 Data hasil pengujian minyak menggunakan MYRKOS DGA Portable	57
Gambar 3.9 Analisa dengan Menggunakan Metode Key Gas	64
Gambar 3.10 Segita Duval	69
Gambar 4.1 Trending Temperatur Minyak Transformator GT 2.2 pada Bulan April 2015	83
Gambar 4.1 Diagram batang hasil pengujian DGA menggunakan metode Key Gas pada bulan November 2011	112
Gambar 4.2 Diagram batang hasil pengujian DGA menggunakan metode Key Gas pada bulan Juni 2012	113
Gambar 4.3 Diagram batang hasil pengujian DGA menggunakan metode Key Gas pada bulan Juni 2012	114
Gambar 4.4 Diagram batang hasil pengujian DGA menggunakan metode Key Gas pada bulan Juni 2012	115
Gambar 4.5 Diagram batang hasil pengujian DGA menggunakan metode Key Gas pada bulan Desember 2013	116
Gambar 4.6 Diagram batang hasil pengujian DGA menggunakan metode Key Gas pada bulan Maret 2014	117
Gambar 4.7 Diagram batang hasil pengujian DGA menggunakan metode Key Gas pada bulan Maret 2015	118
Gambar 4.8 Diagram batang hasil pengujian DGA menggunakan	

metode Key Gas pada bulan Mei 2015	119
Gambar 4.9 Diagram batang hasil pengujian DGA menggunakan metode Key Gas pada bulan Juni 2015	120
Gambar 4.10 Diagram batang hasil pengujian DGA menggunakan metode Key Gas pada bulan Oktober 2015	122
Gambar 4.11 Duval Triangle pada bulan November 2011	133
Gambar 4.12 Duval Triangle pada bulan Juni 2012	134
Gambar 4.13 Duval Triangle pada bulan April 2012	135
Gambar 4.14 Duval Triangle pada bulan Juli 2013	136
Gambar 4.15 Duval Triangle pada bulan Desember 2013	137
Gambar 4.16 Duval Triangle pada bulan Maret 2014	138
Gambar 4.17 Duval Triangle pada bulan Maret 2015	139
Gambar 4.18 Duval Triangle pada bulan Mei 2015	140
Gambar 4.19 Duval Triangle pada bulan Juni 2015	141
Gambar 4.20 Duval Triangle pada bulan Oktober 2015	142

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Spesifikasi Minyak Isolasi pakai	12
Tabel 2.2 Macam-macam Tipe Pendinginan Transformator	17
Tabel 2.3 Spesifikasi Minyak Trafo Menurut IS 335-1983 dan BS 148-1972	28
Tabel 2.4 Spesifikasi Minyak Trafo Menurut standart IEC 60296-2003	29
Tabel 2.5 Spesifikasi Minyak Trafo Menurut standart IEC 60422-2005	31
Tabel 2.6 Laju Pertambahan Fault Gas Terlut terhadap Sinar Matahari	37
Tabel 2.7 Laju Kegagalan ( <i>fault</i> ) yang Terdeteksi dengan Uji DGA	42
Tabel 3.1 Spesifikasi Transformator	46
Tabel 3.2 Batasan Kosentrasi Gas Terlarut dalam Satuan Part Per Million (ppm) Berdasarkan IEEE std C57-104.1991	59
Tabel 3.3 Tindakan Operasional yang Harus Dilakukan Berdasarkan Kondisi Jumlah TDC. Sumber : IEEE std C57-104.1991	60
Tabel 3.4 Tabel Jenis kegagalan Menurut Analisa Key Gas	62
Tabel 3.5 Tabel Analisis dengan menggunakan metode Rasio Roger ( <i>Roger's Ratio</i> )	65
Tabel 3.6 Code definition of Rogers refined ratio method ( Rogers 75)	66
Tabel 3.7 Diagnosa of Rogen refened ratio method ( Rogen 75 )	66
Tabel 4.1 Data DGA dari bulan November 2011 s/d Maret 2015	70
Tabel 4.2 Data pengujian DGA dari bulan November 2011 s/d Mei 2015	78
Tabel 4.3 Data pengujian DGA dari bulan November 2011 sampai	

dengan Oktober 2015	88
Tabel 4.4 Kandungan Gas terlarut dalam minyak pada trafdo GT 2.2 bulan November 2011	95
Tabel 4.5 Kondisi kertas trafo GT 2.2 berdasarkan gas CO dan CO2 pada bulan November 2011	96
Tabel 4.6 Kandungan Gas terlarut dalam minyak pada trafdo GT 2.2 bulan Juni 2012	97
Tabel 4.7 Kondisi kertas trafo GT 2.2 berdasarkan gas CO dan CO2 pada bulan Juni 2012	98
Tabel 4.8 Kandungan Gas terlarut dalam minyak pada trafdo GT 2.2 bulan April 2013	98
Tabel 4.9 Kondisi kertas trafo GT 2.2 berdasarkan gas CO dan CO2 pada bulan April 2013	99
Tabel 4.10 Kandungan Gas terlarut dalam minyak pada trafdo GT 2.2 bulan Juli 2013	99
Tabel 4.11 Kondisi kertas trafo GT 2.2 berdasarkan gas CO dan CO2 pada bulan Juli 2012	100
Tabel 4.12 Kandungan Gas terlarut dalam minyak pada trafdo GT 2.2 bulan Desember 2013	101
Tabel 4.13 Kondisi kertas trafo GT 2.2 berdasarkan gas CO dan CO2 pada bulan Desember 2015	102
Tabel 4.14 Kandungan Gas terlarut dalam minyak pada trafdo GT 2.2 bulan Maret 2014	102

Tabel 4.15 Kondisi kertas trafo GT 2.2 berdasarkan gas CO dan CO2 pada bulan Maret 2014	103
Tabel 4.16 Kandungan Gas terlarut dalam minyak pada trafo GT 2.2 bulan Maret 2015	104
Tabel 4.17 Kondisi kertas trafo GT 2.2 berdasarkan gas CO dan CO2 pada bulan Maret 2015	105
Tabel 4.18 Kandungan Gas terlarut dalam minyak pada trafo GT 2.2 bulan Mei 2015	106
Tabel 4.19 Kondisi kertas trafo GT 2.2 berdasarkan gas CO dan CO2 pada bulan Mei 2015	107
Tabel 4.20 Kandungan Gas terlarut dalam minyak pada trafo GT 2.2 bulan Juni 2015	107
Tabel 4.21 Kondisi kertas trafo GT 2.2 berdasarkan gas CO dan CO2 pada bulan Juni 2015	109
Tabel 4.22 Kandungan Gas terlarut dalam minyak pada trafo GT 2.2 bulan Oktober 2015	109
Tabel 4.23 Kondisi kertas trafo GT 2.2 berdasarkan gas CO dan CO2 pada bulan Oktober 2015	111
Tabel 4.24 Hasil pengukuran DGA menggunakan metode Key Gas pada bulan November 2011	112
Tabel 4.25 Hasil pengukuran DGA menggunakan metode Key Gas pada bulan Juni 2012	113
Tabel 4.26 Hasil pengukuran DGA menggunakan metode Key Gas	

	pada bulan April 2013	114
Tabel 4.27	Hasil pengukuran DGA menggunakan metode Key Gas pada bulan Juli 2013	115
Tabel 4.28	Hasil pengukuran DGA menggunakan metode Key Gas pada bulan Desember 2013	116
Tabel 4.29	Hasil pengukuran DGA menggunakan metode Key Gas pada bulan Maret 2014	117
Tabel 4.30	Hasil pengukuran DGA menggunakan metode Key Gas pada bulan Maret 2015	118
Tabel 4.31	Hasil pengukuran DGA menggunakan metode Key Gas pada bulan Mei 2015	119
Tabel 4.32	Hasil pengukuran DGA menggunakan metode Key Gas pada bulan Juni 2015	120
Tabel 4.33	Hasil pengukuran DGA menggunakan metode Key Gas pada bulan Oktober 2015	121
Tabel 4.34	Intepretasi Data Hasil DGA dengan Metode Roger's Ratio pada bulan November 2011	123
Tabel 4.35	Intepretasi Data Hasil DGA dengan Metode Roger's Ratio pada bulan Juni 2012	124
Tabel 4.36	Intepretasi Data Hasil DGA dengan Metode Roger's Ratio pada bulan April 2013	125
Tabel 4.37	Intepretasi Data Hasil DGA dengan Metode Roger's Ratio pada bulan Juli 2013	126



Tabel 4.38 Intepretasi Data Hasil DGA dengan Metode Roger's Ratio pada bulan Desember 2013	127
Tabel 4.39 Intepretasi Data Hasil DGA dengan Metode Roger's Ratio pada bulan Maret 2014	128
Tabel 4.40 Intepretasi Data Hasil DGA dengan Metode Roger's Ratio pada bulan Maret 2015	129
Tabel 4.41 Intepretasi Data Hasil DGA dengan Metode Roger's Ratio pada bulan Mei 2015	130
Tabel 4.42 Intepretasi Data Hasil DGA dengan Metode Roger's Ratio pada bulan Juni 2015	131
Tabel 4.43 Intepretasi Data Hasil DGA dengan Metode Roger's Ratio pada bulan Oktober 2015	132



## DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Grafik 4.1 Trending Temperatur Minyak Transformator GT 2.2 pada Bulan April 2015	71
Grafik 4.2 Trending Gas Hydrogen (H <sub>2</sub> ) sebelum masalah	72
Grafik 4.3 Trending Gas Methane (CH <sub>4</sub> ) sebelum masalah	73
Grafik 4.4 Trending Gas Ethane (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> ) sebelum masalah	73
Grafik 4.5 Trending Gas Acetylene (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> ) sebelum masalah	74
Grafik 4.6 Trending Gas Carbon Monoxide (CO) sebelum masalah	74
Grafik 4.7 Trending Gas Carbon Dioxide (CO <sub>2</sub> ) sebelum masalah	75
Grafik 4.8 Trending moisture minyak trafo sebelum masalah	76
Grafik 4.9 Trending Total Dissolved Combustible Gas (TDCG)	76
Grafik 4.10 Trending keseluruhan faulty gas sebelum terjadi masalah	77
Grafik 4.11 Trending Temperatur Minyak Transformator GT 2.2 pada Bulan Mei 2015	78
Grafik 4.12 Trending kenaikan Gas H <sub>2</sub> saat terjadi masalah	80
Grafik 4.13 Trending kenaikan Gas CH <sub>4</sub> saat terjadi masalah	80
Grafik 4.14 Trending Gas C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> saat terjadi masalah	81
Grafik 4.15 Trending Gas C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> saat terjadi masalah	81
Grafik 4.16 Trending Gas C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> saat terjadi masalah	82
Grafik 4.17 Trending kenaikan Gas CO saat terjadi masalah	82
Grafik 4.18 Trending kenaikan Gas CO saat terjadi masalah	83
Grafik 4.19 Trending Moisture trafo GT 2.2 saat terjadi masalah	83

Grafik 4.20 Trending kenaikan TDCG saat terjadi masalah	84
Grafik 4.21 Trending keseluruhan Combustible Gas pada saat terjadi masalah	84
Grafik 4.22 Trending Temperatur Minyak Transformator GT 2.2 pada Bulan Juni 2015	85
Grafik 4.23 Trending Temperatur Minyak Transformator GT 2.2 pada Bulan Juli 2015	86
Grafik 4.24 Trending Temperatur Minyak Transformator GT 2.2 pada Bulan April s/d Juli 2015	87
Grafik 4.25 Trending penurunan Gas H <sub>2</sub> setelah kejadian	89
Grafik 4.26 Trending penurunan Gas CH <sub>4</sub> setelah kejadian	90
Grafik 4.27 Trending penurunan Gas C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> setelah kejadian	90
Grafik 4.28 Trending penurunan gas C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> setelah kejadian	91
Grafik 4.29 Trending penurunan gas C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> setelah kejadian	91
Grafik 4.30 Trending penurunan gas CO setelah kejadian	92
Grafik 4.31 Trending penurunan gas CO <sub>2</sub> setelah kejadian	93
Grafik 4.32 Trending Moisture setelah kejadian	93
Grafik 4.33 Trending penurunan TDCG setelah kejadian	94
Grafik 4.34 Trending keseluruhan Combustible Gas dari Nov 2011 s/d Okt 2015	94

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Transformator tenaga 150 KV GT 2.2 dan syringe shaker	148
Lampiran 2. Syringe dan Modul Myrcos DGA Portable	149
Lampiran 4. Hasil Uji DGA Pada Bulan Desember 2013	150
Lampiran 5. Hasil Uji DGA Pada Bulan Juni 2015	151
Lampiran 6. Hasil Uji DGA Pada Bulan September 2015	152

