



**ANALISIS KEADAAN MINYAK ISOLASI TRANSFORMATOR DAYA
150 kV MENGGUNAKAN METODE *DISSOLVED GAS ANALYSIS*
(*DGA*) DAN *FUZZY LOGIC* PADA GARDU INDUK
WILAYAH SIDOARJO**

SKRIPSI

Oleh:

Yustinus Pranata Sinuhaji

NIM 071910201083

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2012**



**ANALISIS KEADAAN MINYAK ISOLASI TRANSFORMATOR DAYA
150 kV MENGGUNAKAN METODE *DISSOLVED GAS ANALYSIS*
(*DGA*) DAN *FUZZY LOGIC* PADA GARDU INDUK
WILAYAH SIDOARJO**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi skripsi dan memenuhi syarat-syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh:

Yustinus Pranata Sinuhaji

NIM 071910201083

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2012**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Tuhanku Yesus Kristus yang selalu menjaga dan memberi begitu banyak berkat dalam kehidupanku terutama pada saat kuliah di Universitas Jember;
2. Bapak saya Tammat Sinuhaji dan mamak Maryam Br. Tarigan yang telah memberikan segalanya, yang selalu mendoakan, mencurahkan kasih sayang, memberikan perhatian dan memberi semangat yang tiada hentinya;
3. Saudara-saudaraku yang tercinta Kak Shinta Fransiska Br. Sinuhaji S.Pd, Abang Andika Frana Sinuhaji, S.E dan Abang Dasanov Prasetya Sinuhaji yang telah memberikan nasehat dan memberikan semangat untuk mengerjakan skripsi ini;
4. Keluarga Besar IKMK (Ikatan Keluarga dan Mahasiswa Karo) Jember, yang telah memberikan banyak nasehat dan semangat selama kuliah di Fakultas Teknik Universitas Jember;
5. Guru-guru dari TK sampai PT yang terhormat, yang telah membagikan ilmu dengan penuh rasa sabar;
6. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

“Takut akan Tuhan adalah permulaan pengetahuan”

(Amsal 1:7)

“Jenius adalah 1% inspirasi dan 99% keringat. Tidak ada yang dapat menggantikan kerja keras. Keberuntungan adalah sesuatu yang terjadi ketika kesempatan bertemu dengan kesiapan”

(Thomas Alfa Edison)

“Berusahalah untuk tidak menjadi manusia yang berhasil tapi berusahalah menjadi manusia yang berguna”

(Albert Einstein)

“Mela mulih adi la ruluh”

(Mahasiswa Karo Jember)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Yustinus Pranata Sinuhaji

NIM : 071910201083

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul : *Analisis Keadaan Transformator Daya 150 kV Menggunakan Metode Dissolved Gas Analysis (Dga) Dan Fuzzy Logic Pada Gardu Induk Wilayah Sidoarjo* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya tiruan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Februari 2012

Yang menyatakan,

Yustinus Pranata Sinuhaji

NIM 071910201083

SKRIPSI

**ANALISIS KEADAAN MINYAK ISOLASI TRANSFORMATOR DAYA
150 kV MENGGUNAKAN METODE *DISSOLVED GAS ANALYSIS*
(*DGA*) DAN *FUZZY LOGIC* PADA GARDU INDUK
WILAYAH SIDOARJO**

Oleh

**Yustinus Pranata Sinuhaji
NIM 071910201083**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dedy Setia Kurniawan, S.T.,M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Azmi Saleh, S.T.,M.T.

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul *Analisis Keadaan Minyak Isolasi Transformator Daya 150 kV Menggunakan Metode Dissolved Gas Analysis (DGA) dan Fuzzy Logic Pada Gardu Induk Wilayah Sidoarjo* telah diuji dan disahkan pada:

Hari : Selasa

Tanggal : 31 Januari 2012

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

Dedy Kurnia Setiawan, S.T.,M.T
NIP 19800610 200501 1 003

Dr. Azmi Saleh, S.T.,M.T
NIP 1971 061419972 1 001

Dosen Penguji 1

Dosen Penguji 2

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP 19610414 198902 1 001

H.R.B.Moch. Gozali, S.T.,M.T
NIP 19690608199903 1 002

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP 19610414 198902 1 001

Analisis Keadaan Minyak Isolasi Transformator Daya 150 kV Menggunakan Metode Dissolved Gas Analysis (DGA) dan Fuzzy Logic Pada Gardu Wilayah Sidoarjo (150 kV Power Transformer Oil Isolation Analysis Using Dissolved Gas Analysis (DGA) Method And Fuzzy Logic In Sidoarjo District Substation)

Yustinus Pranata Sinuhaji

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRACT

Insulating oil pick the many standards for testing to test the insulating oil insulation either new or have been used (maintenance), such as breakdown voltage, dielectric losses, relative permittivity, and testing by the method of DGA (Dissolved Gas Analysis). DGA is a method of testing performed to test the insulating oil state by taking samples from the unit transformer insulating oil to determine the types of gas dissolved in transformer insulating oil. DGA is one step preventive maintenance but object insulating oil which is done only consider the results TDCG (Total Dissolved Combustible Gas) without considering other types of gas contained in transformer insulating oil such as hydrogen gas, methane, ethane, ethylene, acetylene, carbon dioxide, and carbon monoxide . Insulating oil situation will be resolved by using Fuzzy Logic. Fuzzy logic analysis performed for insulating oil state would be more accurate than if done by simply analyzing the gas concentration TDCG.

Key words : *transformer oil, insulation, preventive maintenance, DGA fuzzy logic, TDCG, gas.*

RINGKASAN

Analisis Keadaan Minyak Isolasi Transformator Daya 150 kV Menggunakan Metode Dissolved Gas Analysis (DGA) dan Fuzzy Logic Pada Gardu Induk Wilayah Sidoarjo; Yustinus Pranata Sinuhaji, 071910201083; 2012; 81 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

DGA merupakan metode pengujian yang dilakukan untuk menguji keadaan minyak isolasi dengan mengambil sampel minyak isolasi dari unit transformator untuk mengetahui jenis-jenis gas yang terlarut dalam minyak isolasi transformator, dari hasil tes DGA tersebut akan dapat disimpulkan dan diprediksikan jenis gangguan yang mungkin terjadi pada transformator dan dapat segera dilakukan tindakan pencegahan kegagalan transformator. Analisis hasil DGA yang dilakukan oleh PLN hanya mempertimbangkan hasil TDCG (*Total Dissolved Combustible Gas*) atau total gas terlarut yang mudah terbakar untuk menentukan keadaan transformator tanpa mempertimbangkan jenis dan konsentrasi gas-gas lain yang terkandung dalam minyak isolasi transformator seperti gas hidrogen, metana, etana, etilena, asetilena, karbon dioksida, dan karbon monoksida.

Dalam penelitian ini, data DGA yang diperoleh akan dianalisis dengan menggunakan logika fuzzy untuk mengetahui keadaan minyak isolasi setiap transformator yang akan diuji. Langkah langkah yang digunakan dalam membangun sistem logika fuzzy untuk menentukan keadaan minyak isolasi terdiri dari 4 langkah yaitu fuzzyfikasi, menentukan fungsi keanggotaan (*membership function*), pembuatan aturan (*rules*), dan defuzzyfikasi. Fungsi keanggotaan disesuaikan dengan standar *IEEE* yang digunakan PLN untuk setiap konsentrasi gas yang terdeteksi pada data DGA.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis keadaan minyak isolasi pada berdasarkan kandungan gas yang terlarut pada minyak isolasi dan dapat menentukan

keadaan minyak isolasi secara akurat dengan menggunakan metode DGA dan logika fuzzy.

Hasil keadaan minyak isolasi yang diperoleh dengan menggunakan logika fuzzy akan dibandingkan dengan karakteristik tegangan tembusnya untuk membuktikan keakuratan hasil keadaan minyak isolasi yang diperoleh menggunakan logika fuzzy, dimana untuk derajat keanggotaan 0-20 maka keadaan minyak isolasi berada pada keadaan normal, untuk derajat keanggotaan 21-60 keadaan minyak isolasi agak buruk sehingga harus segera dilakukan perbaikan seperti pencucian minyak (purification/filter) untuk mencegah kegagalan transformator, dan untuk derajat keanggotaan diatas 60 keadaan minyak isolasi berada pada tingkat berbahaya sehingga harus dilakukan penggantian minyak isolasi. Sedangkan untuk karakteristik tegangan tembus akan disesuaikan dengan *Standard IEC 156*, dimana untuk tegangan tembus diatas 50 kV, keadaan minyak isolasi transformator “bagus”, untuk minyak isolasi yang tegangan tembusnya berada diantara 40-50 kV, keadaan minyak isolasi “kurang bagus/agak buruk”, dan untuk minyak isolasi yang tegangan tembusnya dibawah 30 kV maka keadaan minyak isolasi “tidak layak” dan harus diganti dengan minyak isolasi yang baru.

Dalam penelitian ini 5 transformator yang berada pada wilayah Sidoarjo akan diuji keadaan minyak isolasinya dengan menggunakan logika fuzzy dan keuratannya akan dibandingkan dengan hasil tegangan tembusnya, yaitu untuk Transformator 1 Babadan keadaan minyak isolasi yang diperoleh menggunakan logika fuzzy berada pada derajat keanggotaan 12,41, dan tegangan tembusnya adalah 68,4 kV, yang sama-sama berada pada keadaan normal, Transformator 5 Buduran derajat keanggotaanya 22.42, dan tegangan tembusnya 45,2 dimana keadaan minyak isolasi taransformator 5 Buduran ini berada pada keadaan perbaikan, untuk Transformator 2 Buduran menghasilkan derajat keanggotaan 29,48, dan tegangan tembusnya adalah 43,6 kV, dimana transformator ini juga berada pada keadaan perbaikan, untuk Transformator 1 Waru, keadaan minyak isolasi yang diperoleh dengan menggunakan

logika fuzzy berada pada derajat 42,33, dan tegangan tembusnya adalah 41,3 kV dari hasil logika fuzzy dan karakteristik tegangan tembus untuk minyak isolasi pada transformator 1 Waru ini maka keadaan minyak isolasinya berada pada keadaan perbaikan, dan untuk transformator yang kelima yaitu Transformator 3 Babadan keadaan minyak isolasinya berada pada 43,6 dan tegangan tembusnya adalah 40,1 kV, dari data tersebut maka keadaan minyak isolasi untuk Transformator 3 Babadan berada pada keadaan perbaikan.

Dari data hasil keadaan minyak isolasi yang diperoleh dari data DGA yang diolah menggunakan logika fuzzy yang dibandingkan dengan karakteristik tegangan tembusnya membuktikan bahwa hasil keadaan minyak isolasi yang diperoleh menggunakan metode DGA dan Logika Fuzzy cukup akurat dalam menentukan keadaan minyak isolasi transformator, hal ini bisa dikatakan karena hasil logika fuzzy untuk menentukan keadaan minyak isolasi sesuai dengan hasil karakteristik tegangan tembus minyak isolasi transformator, dengan ketentuan semakin rendah nilai hasil keadaan minyak isolasi melalui DGA dan fuzzy (semakin baik/bagus keadaan minyak isolasi), maka semakin tinggi nilai tegangan tembusnya.

PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Analisis Keadaan Minyak Isolasi Transformator Daya 150 kV Menggunakan Metode Dissolved Gas Analysis (DGA) dan Fuzzy Logic Pada Gardu Wilayah Sidoarjo*. Skripsi ini disusun guna memenuhi salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak dan oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Elektro Universitas Jember.
2. Bapak Dedy Kurnia Setiawan, S.T., M.T sebagai Dosen Pembimbing Utama dan Bapak Dr. Azmi Saleh, S.T., M.T sebagai Dosen Pembimbing Anggota yang telah banyak meluangkan waktu, pikiran, tenaga dan perhatiannya dalam penyelesaian skripsi ini sehingga skripsi ini selesai dengan baik;
3. Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T dan Bapak H.R.B.Moch. Gozali, S.T., M.T selaku dosen penguji yang telah bersedia meluangkan waktu untuk menguji skripsi ini serta memberikan saran dan masukan sehingga skripsi ini dapat menjadi lebih baik;
4. Bapak saya Tammam Sinuhaji dan mamak saya Maryam Br. Tarigan serta saudara-saudaraku kak siska, bang ucok dan bang andika, yang selalu mendoakan, mencurahkan kasih sayang, memberikan perhatian dan memberi semangat yang tiada hentinya untuk menyelesaikan skripsi ini;
5. Ruth Debora Tarigan, S.Farm, yang selalu setia menemani dan memberi semangat dan dukungan dari awal sampai selesainya skripsi ini;

6. Keluarga Besar IKMK yang telah banyak memberikan nasehat dan semangat untuk menyelesaikan skripsi ini;
7. Mahasiswa karo di Jember Perpulungenta Purba, Cornelius Purba, Leo Ginting, Aganatius Prangin-angin, Gensi Ginting, Icha Pinem, Otniel bangun, Okky Kaban, Mantis Kemit, Darul Ginting, Fajar Tarigan yang selalu memberi semangat yang selalu member semangat dan telah menjadi keluargaku di Jember;
8. Rekan-rekan di Project-D yang telah member banyak bantuan dan msukan untuk menyelesaikan skripsi ini;
9. Keluarga Besar Telek'07 (Teknik Elektro 2007) yang selalu memberi semangat untuk menyelesaikan skripsi ini dari awal sampai selesainya skripsi ini;
10. Semua Dosen Teknik Elektro serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis juga menerima segala saran dan kritik yang membangun dari semua pihak guna penyempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap semoga bermanfaat bagi kita semua. Amin.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
ABSTRAK	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Transformator	5
2.1.1 Jenis transformator	6
2.1.2 Bagian–Bagian Transformator dan Fungsinya	6
2.2 Minyak Isolasi Transformator	12

2.2.1 Minyak Isolasi Mineral	13
2.2.2 Minyak Isolasi Sintesis	13
2.3 Gas-gas Penyebab Gangguan	14
2.4 Jenis-jenis Kegagalan Transformator Akibat Kontaminasi Minyak Isolasi	15
2.5 DGA (<i>Dissolved Gas Analysis</i>)	16
2.6 Karakteristik Tegangan Tembus Minyak Isolasi Transformator	18
2.7 Logika Fuzzy	20
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	22
3.2 Tahapan Penelitian	22
3.3 Pengumpulan Data	24
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Sistem Logika Fuzzy Untuk Menentukan Keadaan Minyak Isolasi.....	33
4.1.1 Fuzzyfikasi	33
4.1.2 Fungsi Keanggotaan (Membership Function)	33
4.1.3 Penyusunan Aturan (<i>Rules</i>)	40
4.1.4 Deffuzzyfikasi	49
4.1.5 Pengujian Aturan (<i>Rule</i>)	52
4.2 Hasil Keadaan Minyak Isolasi Transformator melalui Logika Fuzzy dengan Hasil Tegangan Tembusnya	61
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	70
5.1 Kesimpulan	70
5.2 Saran	70
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN	72

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Data DGA Transformator 1 Babadan	72
2. Karakteristik Tegangan Tembus Transformator 1 Babadan	73
3. Data DGA Transformator 3 Babadan	74
4. Karakteristik Tegangan Tembus Transformator 3 Babadan	75
5. Data DGA Transformator 2 Buduran	76
6. Karakteristik Tegangan Tembus Transformator 2 Buduran	77
7. Data DGA Transformator 5 Buduran	78
8. Karakteristik Tegangan Tembus Transformator 5 Buduran	79
9. Data DGA Transformator 1 Waru	80
10. Karakteristik Tegangan Tembus Transformator 1 Waru	81

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Arus bolak balik mengelilingi inti besi	5
2.2 Prinsip kerja transformator	5
2.3 Inti Besi	6
2.4 Belitan transformator	7
2.5 Bushing	7
2.6 Kertas isolasi pada bushing (oil impregnated paper bushing)	8
2.7 Konservator	9
2.8 Silica gel	10
2.9 Konstruksi konservator dengan <i>rubber bag</i>	10
2.10 <i>Neutral grounding resistance (NGR)</i>	12
2.11 Alat Uji <i>Dissolved Gas Analysis</i>	16
2.12 Skema <i>chromatography</i>	17
3.1 Diagram alur penelitian penelitian	22
3.2 Diagram kerja <i>Gas Chromatograph</i>	23
3.3 Hasil tes DGA PLN	25
3.4 Kurva Trapesium	26
4.1 Fungsi keanggotaan TDCG pada Matlab	33
4.2 Fungsi keanggotaan nitrogen pada Matlab	35
4.3 Fungsi keanggotaan hidrogen pada Matlab	35
4.4 Fungsi keanggotaan metana pada Matlab	36
4.5 Fungsi keanggotaan etana pada Matlab	36
4.6 Fungsi keanggotaan asetilena pada Matlab	37

4.7	Fungsi keanggotaan karbon monoksida pada Matlab	38
4.8	Fungsi keanggotaan karbon monoksida pada Matlab	38
4.9	Fungsi keanggotaan etilena pada Matlab	39
4.10	Fungsi Keanggotaan keluaran keadaan minyak isolasi	49
4.11	Pengujian aturan 1	51
4.12	Hasil Keluaran Logika Fuzzy untuk Transformator 1 Babadan	60
4.13	Hasil keluaran logika fuzzy untuk transformator 3 Babadan	62
4.14	Hasil Keluaran Logika Fuzzy untuk Transformator 2 Buduran	63
4.15	Hasil Keluaran Logika Fuzzy untuk Transformator 5 Buduran	65
4.16	Hasil Keluaran Logika Fuzzy untuk Transformator 1 Waru	67

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Jenis gas yang terlarut dalam minyak isolasi	18
2.2 Keadaan Minyak isolasi dengan Kandungan Gas (<i>Std. IEEE</i>)	18
2.3 Standar IEC 156 karakteristik tegangan tembus minyak isolasi	19
3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian	21
3.2 Aturan Fuzzy untuk konsentrasi TDCG <i>Sangat Tinggi</i>	28
3.3 Aturan Fuzzy untuk konsentrasi TDCG <i>Tinggi</i>	29
3.4 Aturan Fuzzy untuk konsentrasi TDCG <i>Normal</i>	30
4.1 Data DGA Transformator 1 Babadan	60
4.2 Data DGA Transformator 2 Babadan	61
4.3 Data DGA Transformator 2 Buduran	63
4.4 Data DGA Transformator 5 Buduran	65
4.5 Data DGA Transformator 1 Waru	66
4.6 Hubungan keadaan minyak isolasi DGA-Fuzzy dengan Tegangan Tembus	68