



**ANALISIS PEMBEBANAN TRANSFORMATOR, SIFAT FISIK,  
SIFAT KIMIA DAN KANDUNGAN GAS TERHADAP  
KARAKTERISTIK DIELEKTRIK  
MINYAK TRANSFORMATOR**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh :

**Henri Noerramahe  
NIM 051910201084**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2012**

## PERSEMBAHAN

*Alhamdulillah*, segala puji syukur kepada Allah SWT atas kebahagiaan ini, untuk itu penulis persembahkan tulisan ini kepada:

1. Kedua orang tuaku, Ibu Siti Amaniyah dan Bapak Suheri atas segala ketulusan kasih sayang, arahan, pengorbanan, dan doa;
2. Pak Dedi, Ustad Amin Radjab, Ibu Min atas segala motivasi yang memacu semangat penyelesaian karya ini. Jazakallah;
3. Keluarga di Ma'had Nurul Hikmah Patrang, terimakasih atas segala kebaikan yang diberikan;
4. Staff dan Anak-anak Yayasan Aritmatika Indonesia, dari kalianlah saya belajar banyak hal.
5. Almamater Universitas Jember;
6. Bapak/Ibu Guruku mulai tingkat SD, SLTP, dan SMA, dan Bapak/Ibu Dosenku, serta semua orang yang telah dengan tulus memberikan ilmu pengetahuan dan pengalaman dengan penuh keikhlasan dan tanpa pamrih; dan
7. Semua orang yang telah mengenal dan menjadi temanku.

## MOTTO

Allah akan meninggikan orang-orang beriman diantara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.  
(Q.S. Al-Mujadalah ayat 11)

Orang-orang begitu menjadi luar biasa ketika mereka mulai berpikir bahwa Mereka bisa melakukan sesuatu.  
Saat mereka percaya pada diri mereka sendiri.  
(Norman Vincent Peale)

Tiada suatu usaha yang besar akan berhasil tanpa dimulai dari usaha yang kecil.

Keberhasilan tidak diukur dengan apa yang telah anda raih namun kegagalan yang telah anda hadapi dan keberanian yang membuat anda tetap berjuang melawan rintangan yang datang bertubi-tubi  
(Orison Swett Marden)

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Henri Nurramahe

Nim : 051910201084

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: “*Analisis Pembebanan Transformator, Sifat Fisik, Sifat Kimia dan Kandungan Gas Terhadap Karakteristik Dielektrik Minyak Transformator*”, adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 25 Juni 2012

Yang menyatakan,

Henri Noerramahe  
NIM 051910201084

**SKRIPSI**

**ANALISIS PEMBEBANAN TRANSFORMATOR, SIFAT FISIK,  
SIFAT KIMIA DAN KANDUNGAN GAS TERHADAP  
KARAKTERISTIK DIELEKTRIK  
MINYAK TRANSFORMATOR**

Oleh

Henri Noerramahe  
NIM 051910201084

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Azmi Saleh, ST., MT

Dosen Pembimbing Anggota : Samsul Bachri M, ST., MMT

## PENGESAHAN

Skripsi berjudul *Analisis Pembebanan Transformator, Sifat Fisik, Sifat Kimia, Dan Kandungan Gas Terhadap Karakteristik Dielektrik Minyak Transformator* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember pada:

hari : Selasa

tanggal : 19 Juni 2012

tempat : Laboratorium Jaringan komputer Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji :

Ketua,

Sekretaris,

Dr. Azmi Saleh, S.T., M.T.  
NIP. 19710614 199702 1001

Samsul Bachri M, S.T., M.M.T.  
NIP. 19640317 199802 1001

Anggota I

Anggota II

Ir. Widnyono Hadi, M.T.  
NIP. 19610414 198902 1001

Supriyadi Prasetyono, ST., M.T.  
NIP. 19700404 199601 1001

Mengesahkan  
Dekan,

Ir. Widnyono Hadi, M.T.  
NIP. 19610414 198902 1001

## PRAKATA

*Bismillahirrohmanirrohim*

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Analisis Pembebanan Transformator, Sifat Fisik, Sifat Kimia, Dan Kandungan Gas Terhadap Karakteristik Dielektrik Minyak Transformator*. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

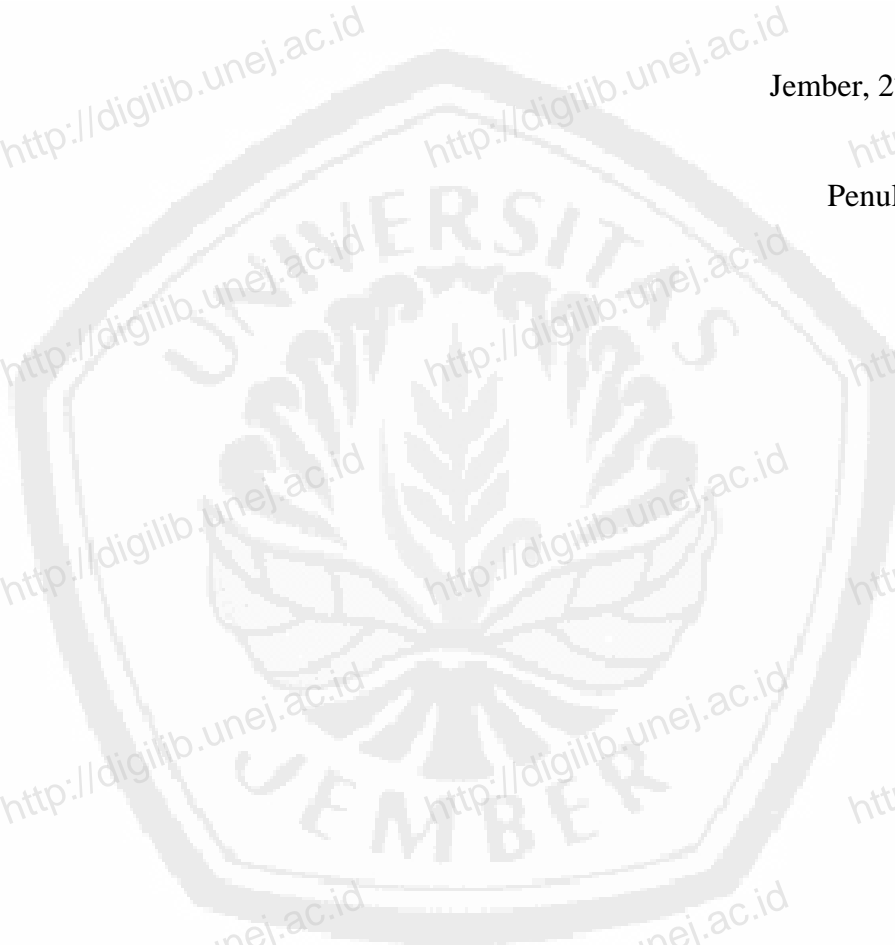
Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Ir. Widyono Hadi, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember, dan dosen penguji 1;
2. Bapak Sumardi, ST., MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik;
3. Dr. Azmi Saleh, ST., MT., selaku Kaprodi S1 Teknik Elektro Fakultas Teknik; dan selaku dosen pembimbing utama;
4. Samsul Bachri M, ST, MMT, selaku dosen pembimbing ;
5. Bapak Dedi Kurnia Setiawan yang telah berbesar hati meluangkan waktu dan pikiran untuk membantu dalam penelitian ini;
6. Ibu Rumini Tauhid yang telah berbesar hati meluangkan waktu dan pikiran untuk memberikan motivasi dalam penyelesaian penelitian ini;
7. Ustad Amin Radjab selaku pengasuh Ma'had Nurul Hikmah Patrang. Jazakallah atas segala inspirasi, motivasi dan tantangannya.
8. Ayahanda dan Ibunda tercinta, terima kasih atas doa, dukungan, ketulusan, kasih sayang, kesabaran, ketabahan dan doa restunya.
9. Teman-temanku seangkatan dan seperjuangan dan semua pihak yang tidak disebutkan satu per satu, keluarga besar teknik terima kasih untuk semuanya.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu teknik elektro, kritik dan saran diharapkan terus mengalir untuk lebih menyempurnakan skripsi ini dan diharapkan dapat dikembangkan untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

Jember, 27 Juni 2012

Penulis





*Analisis Pembebanan Transformator, Sifat Fisik, Sifat Kimia, Dan Kandungan Gas Terhadap Karakteristik Dielektrik Minyak Transformator (Transformer Loading Analysis, Physical Properties, Chemical Properties, and Content of Gas Against Oil Dielectric Characteristics of Transformer)*

**Henri Noerramahe**

*Electrical Engineering, Technical Faculty, Jember University*

**ABSTRACT**

*The quality of power transformer insulating oil is one of the most important factors we need to note that the performance of the transformer is still good. Some tests such as DGA, dielectric characteristics, physical characteristics and chemical characteristics of insulating oil were carried out at the same time to obtain a consistent test results. This study was conducted on an analysis of the correlation between the results of testing the dielectric characteristics of the chemical characteristics, physical characteristics and chemical characteristics of the transformer insulating oil in two different relay. Therefore we can determine the factors that influence changes in transformer insulating oil. It is expected that this correlation will bring the conclusion and the actions that must be made to the insulating transformer oil. The study shows that there is a correlation between the breakdown voltage of the load and the gas content of insulating oils.*

**Keywords:** *Isolation, DGA, chemical, dielectric, physical, correlation*

## RINGKASAN

**Analisis Pembebanan Transformator, Sifat Fisik, Sifat Kimia, Dan Kandungan Gas Terhadap Karakteristik Dielektrik Minyak Transformator;** Henri Noerramahe, 051910201084, 2012, 78 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Kualitas minyak isolasi trafo tenaga adalah salah satu faktor terpenting yang perlu kita perhatikan agar kinerja transformator tetap baik dan dapat beroperasi secara maksimal. Tingginya tingkat pembebanan dan lamanya penggunaan transformator, akan menyebabkan berkurangnya kualitas dari transformator. Maka pengaruh tingkat pembebanan dan karakteristik minyak transformator perlu diperhitungkan dalam proses perawatan minyak transformator. Oleh karena itu, perlu dilakukan suatu kajian untuk mengetahui besarnya pengaruh pembebanan transformator, sifat fisik, sifat kimia, dan kandungan gas minyak transformator terhadap kualitas dielektrik minyak.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimanakah hubungan antara karakteristik dielektrik terhadap pembebanan, fisik dan kimia minyak transformator.

Pengujian karakteristik fisik, kimia dan pembebanan mengacu pada standar pengujian minyak isolasi minyak di PT. PLN. Berdasarkan hasil analisis korelasi antara karakteristik pembebanan dan kandungan gas terhadap tegangan tembus minyak diketahui semakin tinggi karakteristik pembebanan maka tegangan tembus minyak semakin turun. Sedangkan untuk karakteristik fisik dan kimianya tidak terdapat hubungan dengan karakteristik dielektriknya.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>MOTTO</b> .....	iii
<b>PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>DAFTAR PEMBIMBING</b> .....	v
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>PRAKATA</b> .....	vii
<b>ABSTRAK</b> .....	ix
<b>RINGKASAN</b> .....	x
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian .....	2
1.4 Metode Penelitian .....	3
1.5 Pembatasan Masalah .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Transformator .....	5
2.2 Konstruksi Transformator .....	6
2.3 Isolasi Transformator .....	7
2.4 Bahan Dasar Minyak Transformator .....	9
2.4.1 Senyawa Hidrokarbon .....	9
2.4.2 Senyawa Non-Hidrokarbon .....	10
2.5 Jenis-Jenis Minyak Isolasi .....	12

2.5.1	Minyak Isolasi Mineral .....	12
2.5.2	Minyak Isolasi Sintetis.....	13
2.6	Karakteristik Minyak Transformator .....	16
2.6.1	Karakteristik Dielektrik Minyak Transformator .....	16
2.6.2	Karakteristik Kimia Minyak Transformator .....	19
2.6.3	Karakteristik Gas Terlarut Minyak Transformator .....	20
2.6.4	Karakteristik Fisik Minyak Transformator .....	21
2.7	Mekanisme Kegagalan Isolasi Cair.....	25
2.7.1	Kegagalan Elektronik pada Zat Cair .....	25
2.7.2	Kegagalan Gelembung atau Kavitasi pada Zat Cair .....	27
2.7.3	Kegagalan Bola Cair dalam Isolasi Zat Cair.....	29
2.7.4	Kegagalan Butiran Padat dalam Zat Isolasi Cair .....	33
2.8	Analisis Regresi dan Korelasi Linier Sederhana.....	35
2.8.1	Persamaan Regresi Linear Sederhana .....	36
2.8.2	Sifat-sifat Garis Regresi Linier .....	36
2.8.3	Analisis Korelasi Linier Sederhana.....	37
<b>BAB III. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>38</b>
3.1	Sampel Penelitian.....	38
3.2	Alat dan Bahan Penelitian.....	38
3.2.1	Alat Penelitian.....	38
3.2.2	Bahan Penelitian .....	40
3.3	Prosedur Pengambilan Sampel.....	41
3.4	Metode Pengujian Sampel.....	43
3.4.1	Pengujian Tegangan Tembus .....	44
3.4.2	Pengujian Tan $\delta$ dan Permittivitas Relatif .....	44
3.4.3	Pemeriksaan Warna.....	45
3.4.4	Pengujian Kadar Asam Minyak Transformator .....	45
3.4.5	Pengujian Kadar Air Minyak Transformator .....	46
3.4.6	Pengujian Interfacial Tension .....	47

3.4.7	Kandungan Gas .....	48
<b>BAB IV. ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>50</b>
4.1	Karakteristik Dielektrik Minyak Transformator .....	50
4.1.1	Pengaruh Pembebanan terhadap Tegangan Tembus Minyak .....	51
4.2	Karakteristik Kimia Minyak Transformator .....	57
4.2.1	Pengujian Kadar Air.....	57
4.2.2	Pengaruh Kadar Air terhadap Tegangan Tembus Minyak Trafo.....	58
4.2.3	Pengujian Kadar Asam.....	61
4.2.4	Hubungan antara Tegangan Tembus dengan Kadar Asam .....	62
4.3	Karakteristik Fisik Minyak Transformator .....	63
4.3.1	Pengujian Tegangan Permukaan .....	63
4.3.2	Hasil Pengujian Warna Minyak transformator .....	66
4.3.3	Hasil Pengujian Sedimen Minyak Transformator.....	68
4.3.4	Hasil Pengujian Titik Nyala Minyak Transformator .....	70
4.4	Hasil Analisa Kandungan Gas Minyak Transformator.....	72
4.3.1	Pengaruh DGA terhadap Tegangan Tembus Minyak .....	74
<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>76</b>
5.1	Kesimpulan .....	76
5.2	Saran.....	77

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	<i>Transformator Daya 70/20 kV PT PLN P3B Jawa-Bali</i> .....	5
<b>Gambar 2.2</b>	<i>Penampang konstruksi transformator</i> .....	7
<b>Gambar 2.3</b>	<i>Elektron yang dihasilkan oleh E max</i> .....	26
<b>Gambar 2.4</b>	<i>Pengaruh Medan terhadap Gelembung Udara</i> .....	28
<b>Gambar 2.5</b>	<i>Kekuatan Gagal Medan Gelembung</i> .....	29
<b>Gambar 2.6</b>	<i>Bola Cair Menjadi Sferoida Akibat Medan Listrik</i> .....	29
<b>Gambar 2.7</b>	<i>Grafik <math>\gamma</math> sebagai fungsi <math>\left(\frac{\epsilon_1}{\epsilon_1 - \epsilon_2} - G\right)H</math></i> .....	31
<b>Gambar 2.8</b>	<i>Bola Cair Memanjang Karena Pengaruh Medan Elektrik</i> .....	33
<b>Gambar 2.9</b>	<i>Kegagalan Butiran Padat</i> .....	34
<b>Gambar 3.1</b>	<i>Alat Ukur Tegangan Tembus</i> .....	38
<b>Gambar 3.2</b>	<i>Alat Ukur kandungan air</i> .....	38
<b>Gambar 3.3</b>	<i>Alat Ukur kandungan asam</i> .....	39
<b>Gambar 3.4</b>	<i>Alat Ukur titik nyala minyak transformator</i> .....	39
<b>Gambar 3.5</b>	<i>Alat Ukur warna minyak transformator</i> .....	40
<b>Gambar 3.6</b>	<i>Alat Ukur tegangan permukaan (IFT)</i> .....	40
<b>Gambar 3.7</b>	<i>Prosedur pengambilan sampel minyak transformator</i> .....	42
<b>Gambar 4.1</b>	<i>Grafik hubungan tegangan tembus dengan pembebanan</i> .....	52
<b>Gambar 4.2</b>	<i>Grafik hubungan antara tegangan tembus dengan kadar air</i> .....	58
<b>Gambar 4.3</b>	<i>Grafik hubungan antara tegangan tembus dengan kadar asam</i> .....	62
<b>Gambar 4.4</b>	<i>Grafik hubungan antara tegangan tembus dengan IFT</i> .....	64
<b>Gambar 4.5</b>	<i>Grafik hubungan antara tegangan tembus dengan warna</i> .....	67
<b>Gambar 4.6</b>	<i>Grafik hubungan tegangan tembus dengan kadar sedimen</i> .....	69
<b>Gambar 4.7</b>	<i>Grafik hubungan antara tegangan tembus dengan titik nyala</i> .....	71
<b>Gambar 4.8</b>	<i>Grafik hubungan antara tegangan tembus dengan TDCG</i> .....	74

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b>	<i>Nilai H dan GH untuk berbagai nilai <math>\gamma</math></i> .....	32
<b>Tabel 3.1</b>	<i>Sampel Penelitian</i> .....	41
<b>Tabel 4.1</b>	<i>Hasil Pengujian Tegangan Tembus</i> .....	50
<b>Tabel 4.2</b>	<i>Presentase pembebanan dan Tegangan tembus minyak</i> .....	51
<b>Tabel 4.3</b>	<i>Perhitungan metode kuadrat terkecil GI Buduran</i> .....	53
<b>Tabel 4.4</b>	<i>Perhitungan metode kuadrat terkecil GI Waru</i> .....	54
<b>Tabel 4.5</b>	<i>Hasil Pengujian Kadar Air Minyak Transformator</i> .....	57
<b>Tabel 4.6</b>	<i>Hasil Pengujian Kadar Asam Minyak Transformator</i> .....	61
<b>Tabel 4.7</b>	<i>Hasil Pengujian Tegangan Antar Muka</i> .....	64
<b>Tabel 4.8</b>	<i>Hasil Pengujian Warna Minyak Transformator</i> .....	66
<b>Tabel 4.9</b>	<i>Hasil Pengujian Kandungan sedimen Minyak Transformator</i> .....	68
<b>Tabel 4.10</b>	<i>Hasil Pengujian Titik Nyala Minyak Transformator</i> .....	70
<b>Tabel 4.11</b>	<i>Hasil Pengujian Kandungan Gas</i> .....	73