

**ANALISIS PENGARUH KENAIKAN TEMPERATUR DAN  
UMUR MINYAK TRANSFORMATOR TERHADAP  
DEGRADASI TEGANGAN TEMBUS  
MINYAK TRANSFORMATOR**

**TUGAS AKHIR**

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

**Disusun Oleh:**

**Bagus Wijonarko**

**NIM: 20140120212**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
YOGYAKARTA**

**2018**

HALAMAN PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGARUH KENAIKAN TEMPERATUR DAN  
UMUR MINYAK TRANSFORMATOR TERHADAP  
DEGRADASI TEGANGAN TEMBUS  
MINYAK TRANSFORMATOR



Pembimbing I

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

Pembimbing II

Muhamad Yusvin Mustar, S.T., M.Eng  
NIK. 19880508201504123073

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

**Nama** : Bagus Wijonarko

**NIM** : 20140120212

**Program Studi** : Teknik Elektro

**Fakultas** : Teknik

**Universitas** : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa naskah Tugas Akhir “Analisis Pengaruh Kenaikan Temperatur dan Umur Minyak Transformator Terhadap Degradasi Tegangan Tembus Minyak Transformator” ini merupakan hasil karya tulis saya sendiri dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan penulis juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskahdan daftar pustaka dengan mengikuti tata cara dan etika penulisan karya tulis.

Yogyakarta, 18 Agustus 2018



Bagus Wijonarko

**LEMBAR PENGESAHAN**

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS PENGARUH KENAIKAN TEMPERATUR DAN  
UMUR MINYAK TRANSFORMATOR TERHADAP  
DEGRADASI TEGANGAN TEMBUS  
MINYAK TRANSFORMATOR**

Disusun Oleh:

**BAGUS WIJONARKO**

**NIM: 20140120212**

Telah Dipertahankan Di Depan Tim Penguji

Pada Tanggal 16 Agustus 2018

Susunan Tim Penguji:

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

  
**Dr. Ramadoni Svahputra, S.T., M.T**  
NIK. 19741010201010123056

  
**Muhamad Yusvin Mustar, S.T., M.Eng**  
NIK. 19880508201504123073

**Penguji**

  
**Kunnu Purwanto, S.T., M.Eng**  
NIK. 19830919201710123103

Tugas Akhir ini telah dinyatakan sah sebagai salah satu persyaratan untuk  
memperoleh gelar Sarjana Teknik  
Mengesahkan,

**Ketua Jurusan Teknik Elektro**



**Dr. Ramadoni Svahputra, S.T., M.T**  
NIK. 19741010201010123056

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

*“Kupersembahkan karya ini untuk kedua orang tuaku  
dan kedua kakakku tercinta yang selalu mendukung  
serta nasihatnya yang selalu menuntunku  
dalam pembuatan karya ini”*

## **HALAMAN MOTTO**

*“Bertaqwalah kepada Allah, maka  
Dia akan membimbingmu. Sesungguhnya  
Allah mengetahui segala sesuatu”*

**(Q.S Al ‘Baqarah: 282)**

*“Hanya kebodohan meremehkan pendidikan”*

**(P.Syrus)**

*“Pendidikan merupakan perlengkapan  
paling baik untuk hari tua”*

**(Aristoteles)**

*“Kemenangan yang seindah-indahnya  
dan sesukar-sukarnya yang boleh direbut oleh manusia  
ialah menundukan diri sendiri”*

**(R.A.Kartini)**

## PRAKATA



*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Alhamdulillah dengan rasa syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat Rahmat dan Hidayah-Nya lah penulis dapat menyelesaikan penelitian di Gardu Induk Bantul sebagai Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Pengaruh Kenaikan Temperatur dan Umur Minyak Transformator Terhadap Degradasi Tegangan Tembus Minyak Transformator**”. Laporan Tugas Akhir merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T) di Program Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan dan penyelesaian Tugas Akhir ini, tidak terlepas dari dukungan dan kontribusi berbagai pihak baik berupa material, moral, spiritual dan psikologis. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Jazaul Ikhsan, S.T.,M.T.,Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,
2. Bapak Dr. Ramadoni Syahputra, S.T.,M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dan sekaligus sebagai dosen pembimbing I yang dengan sabar meluangkan waktunya untuk berdiskusi, membaca kata demi kata dan memberikan masukan dalam Tugas Akhir ini,
3. Bapak Muhamad Yusvin Mustar S.T.,M.Eng. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan saran dan pengarahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini,

4. Ayahanda, Ibunda dan Keluarga tercinta atas segala doa, nasihat, bimbingan, dukungan serta kasih sayang yang berlimpah,
5. Kunnu Purwanto, S.T.,M.Eng. selaku dosen penguji yang telah memeberikan kritik dan saran yang membangun ketika menguji keabsahan Tugas Akhir ini,
6. Segenap dosen pengajar Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,
7. Seluruh karyawan TU jurusan Teknik Elektro Universitas Muhmmadiyah Yogyakarta,
8. Staff laboratorium jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,
9. Kepada pimpinan APP Gardu Induk Salatiga-Jawa Tengah yang telah membantu dalam proses rekomendasi dan perijinan penelitian di Gardu Induk Bantul-DIY,
10. Kepada pimpinan, karyawan, dan staf Gardu Induk Bantul-DIY yang telah membantu dalam proses pengambilan data selama penelitian.
11. Rekan-rekan Teknik Elektro 2014 yang telah memberikan kesan yang luar biasa selama empat tahun terakhir,
12. Teman-teman Calon Orang Sukses (Elektro E 2014) yang telah menjadi sahabat dan keluarga selama di Yogyakarta serta sebagai pelipur lara dalam mengerjakan Tugas Akhir ini,
13. Teman-teman KKN 112 (Su'adi, Dyo, Arif, Sigit, Kuncoro, Alif, Zulfa, Tiara, Sisil, dan Fitroh) yang telah yang telah mau menjadi teman secepat selama sebulan yang telah memberikan banyak cerita baik suka maupun duka,
14. Arief, Naufal, Manarul, Su'adi, Dendra, Bias, Bahtiar, Ajay, dan Doeng yang telah menjadi sahabat sekaligus teman seperjuangan yang selalu memberikan dukungan, semangat dan motivasi hingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini,
15. Rizaldy, Baim, dan Adi Nur yang telah menjadi teman dan sahabat selama kerja praktek di PLTU Suralaya,



5. Serta semua pihak yang telah yang telah membantu yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, saran dan kritik yang bersifat konstruktif sangat penulis harapkan untuk penyempurnaan laporan berikutnya. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih, semoga Tugas Akhir **“Analisis Pengaruh Kenaikan Temperatur dan Umur Minyak Transformator Terhadap Degradasi Tegangan Tembus Minyak Transformator”** ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dikemudian hari tak terkecuali bagi penulis pribadi dan para pembaca dan bagi kita semua.

*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Yogyakarta, 16 Agustus 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERSETUJUAN .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	v
HALAMAN MOTTO .....	vi
PRAKATA .....	vii
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
INTISARI .....	xvi
ABSTRACT .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Maksud dan Tujuan.....	4
1.4 Manfaat.....	5
<b>BAB II ISOLASI CAIR TRANSFFORMATOR .....</b>	<b>6</b>
2.1 Tinjauan Pustaka .....	6
2.2 Transformator Daya.....	7
2.2.1 Pengertian Umum .....	7

2.2.2	Rating dan Klasifikasi Transformator.....	7
2.2.3	Konstruksi Bagian-bagian Transformator Daya.....	10
2.3	Bahan Isolasi Cair.....	22
2.3.1	Sifat Isolasi Cair .....	23
2.3.2	Minyak Transformator.....	26
2.3.3	Kegagalan Pada Minyak Transformator.....	30
2.3.4	Mekanisme Ketembusan Minyak Transformator.....	36
	<b>BAB III METODOLOGI DAN PROSEDUR PENGUJIAN.....</b>	<b>38</b>
3.1	Identifikasi Masalah dan Hipotesa Awal.....	38
3.2	Metode Pengujian yang dilakukan.....	40
3.3	Lokasi Penelitian.....	41
3.4	Prosedur Pengujian.....	42
3.4.1	Peralatan Pengujian.....	42
3.4.2	Prosedur Pengujian .....	42
	<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>45</b>
4.1	Hasil Pengujian .....	45
4.1.1	Hasil Pengujian Minyak Jenis Diala Baru .....	48
4.1.2	Hasil Pengujian Minyak Diala Umur 5 Tahun .....	51
4.1.3	Hasil Pengujian Minyak Diala Umur 24 Tahun .....	53
4.2	Analisis Hasil Pengujian .....	56
4.2.1	Analisis Pengaruh Kenaikan Temperatur .....	56
4.2.2	Analisis Pengaruh Umur Minyak Transformator .....	57
4.2.3	Analisis Pengaruh Kenaikan Temperatur dan Umur Minyak Transformtor.....	59
	<b>BAB V KESIMPULAN .....</b>	<b>62</b>

5.1	Kesimpulan .....	62
5.2	Saran .....	63
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>65</b>

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 2.1 Temperatur yang Terdapat Pada Transformator.....	9
Tabel 2.2 Tipe Pendinginan Transformator.....	12
Tabel 2.3 Syarat Ketahanan Tegangan Tembus Minyak Diala.....	27
Tabel 2.4 Spesifikasi Minyak Isolasi Baru .....	29
Tabel 2.5 Spesifikasi Minyak Isolasi Pakai .....	30
Tabel 2.6 Kekuatan Dielektrik dari Minyak untuk Tegangan Operasi .....	30
Tabel 4.1 Tabel Tegangan Tembus Minyak Baru .....	50
Tabel 4.2 Tabel Tegangan Tembus Minyak Umur 5 Tahun.....	53
Tabel 4.3 Tabel Tegangan Tembus Minyak Umur 24 Tahun . .....	55
Tabel 4.4 Tegangan Tembus Minyak yang Umurnya Berbeda Terhadap Kenaikan Temperatur .....	59

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1 Transformator Daya.....	8
Gambar 2.2 Pengaruh Medan Terhadap Gelembung Udara.....	33
Gambar 2.3 Medan Listrik Bentuk Sferoida .....	34
Gambar 2.4 Kegagalan Butiran Padat. ....	35
Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian.....	40
Gambar 3.2 Lokasi Penelitian. ....	41
Gambar 3.3 Rangkaian Penguji Minyak Transformator.....	44
Gambar 4.1 Alat Penguji Tegangan Tembus Minyak Transformator.....	45
Gambar 4.2 Pengambilan Bahan Uji.....	46
Gambar 4.3 Pengukuran Jarak Elektroda 2.5 mm.....	47
Gambar 4.4 Pengukur Ketebalan Jarak Elektroda .....	47
Gambar 4.5 Penuangan Minyak ke Bejana Uji.....	48
Gambar 4.6 Pemasangan dan Pengukuran Bahan Uji. ....	49
Gambar 4.7 Grafik Tegangan Tembus Minyak Baru .....	51
Gambar 4.8 Grafik Tegangan Tembus Minyak Umur 5 Tahun. ....	53
Gambar 4.9 Grafik Tegangan Tembus Minyak Umur 24 Tahun.....	56
Gambar 4.10 Tegangan Tembus Minyak vs Umur Minyak Pada Temperatur 28°C.....	57
Gambar 4.11 Tegangan Tembus Minyak vs Umur Minyak Pada Temperatur 80°C .....	58
Gambar 4.12 Tegangan Tembus Minyak vs Umur Minyak Pada Temperatur 100°C .....	58
Gambar 4.13 Tegangan Tembus Minyak vs Umur Minyak Pada Temperatur 120°C .....	58
Gambar 4.14 Tegangan Tembus Minyak vs Umur Minyak Pada Tempertur 28°C, 80°C, 100°C, 120°C.....	60

## DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Halaman</b>
SPESIFIKASI TRANSFORMATOR 1 GARDU INDUK BANTUL.....	69
DATA PENGUJIAN MINYAK TRANSFORMATOR UMUR 5 TAHUN .....	70
DATA PENGUJIAN MINYAK TRANSFORMATOR UMUR 24 TAHUN .....	72

## INTISARI

Tegangan tembus merupakan suatu indikator penting dalam menentukan baik buruknya kualitas isolasi dari suatu isolator, termasuk dalam isolasi cair. Tegangan tembus dari isolasi cair berbeda-beda untuk setiap jenis minyak yang berbeda pula. Ada beberapa hal yang berpengaruh terhadap penurunan nilai tegangan tembus dan kualitas isolasi dari isolator cair ini, dan beberapa diantaranya merupakan kenaikan temperatur dan umur minyak transformator tersebut.

Kenaikan temperatur minyak terjadi akibat transformator tersebut dipakai dalam kondisi beban yang tinggi secara terus menerus. Umur minyak transformator sendiri dihitung berdasarkan lamanya minyak tersebut dipakai di dalam transformator tersebut. Pengujian pengaruh kenaikan temperatur dan umur minyak terhadap tegangan tembus perlu dilakukan untuk mengetahui degradasi dari tegangan tembus minyak transformator tersebut sebagai salah satu indikator baik buruknya isolasi cair suatu transformator daya.

**Kata Kunci** : isolasi cair, kenaikan temperatur, umur minyak, tegangan tembus



## **ABSTRACT**

Breakdown voltage is an important indicator in determining whether the quality of the isolation of an insulator is good or bad, including liquid insulation. Breakdown voltage of liquid insulation is different for each different type of oil. There are several things that influences the decline in value of breakdown voltage and insulation qualities of this liquid insulator and some of which are the temperature rise and age of the transformer oil. The rising temperatures of the transformer oil is happened because the transformer was used in high load conditions continuously. The age of transformer oil is calculated based on the length of the oil it self is used in the transformer. Testing the effect of temperature rise and the transformer oil's age to breakdown voltage is necessary to know the degradation of transformer oil breakdown voltage as one indicator of the merits of a power transformer liquid insulation.

**Keywords:** liquid insulation, temperature rise, age of transformer oil, breakdown voltage.