

# **TUGAS AKHIR**

## **ANALISA EFISIENSI PEMASANGAN *EXHAUST FAN* TERHADAP UMUR OPERASI TRAFU JENIS *INDOOR* DI PLN AREA TELUK NAGA**

**Skripsi ini diajukan untuk melengkapi sebagian syarat dalam  
mencapai gelar Sarjana Strata Satu (S1)**



**Disusun oleh :**

**NAMA : DWI UNTORO**

**NIM : 41411120019**

**MERCU BUANA**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MERCU BUANA**

**JAKARTA**

**2016**



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## ABSTRAK

*Permintaan pasokan listrik kian meningkat tiap tahunnya, membuat PT. PLN (Persero) dituntut untuk selalu dapat memberikan pelayanan dan kepuasan pelanggan yang prima. Pelayanan yang prima dipengaruhi oleh kinerja dari peralatan listrik yang dimiliki, khususnya transformator. Besarnya beban listrik bervariasi yang diterima oleh transformator dapat mempengaruhi kinerja dari transformator tersebut.*

*Transformator distribusi merupakan suatu peralatan listrik yang mentransformasikan tenaga listrik dari tegangan menengah menjadi tegangan rendah, maupun sebaliknya. Transformator didesain dengan suhu lingkungan operasi sekitar 20 °C namun suhu lingkungan di Indonesia sekitar 30 °C, dimana semakin tinggi suhu lingkungan operasi dapat mempengaruhi umur operasional dan besarnya susut umur dari transformator tersebut. Penyebab utama gangguan trafo adalah kegagalan isolasi trafo yang salah satunya disebabkan karena proses ageing (penuaan).*

*Tindakan yang dilakukan untuk upaya menurunkan suhu lingkungan (ambient) adalah dengan memasang exhaust fan pada gardu-gardu beton yang memiliki suhu ruangan yang tinggi. Dengan pemasangan exhaust fan ini diharapkan trafo memiliki umur ekonomis yang tinggi dan terhindar dari gangguan trafo yang disebabkan karena kegagalan isolasi akibat thermal ageing. Oleh karenanya dalam Tugas Akhir ini akan dibahas mengenai sejauh mana efisiensi pemasangan exhaust fan terhadap penurunan laju penuaan relatif, dan pengaruhnya terhadap umur operasi trafo dengan mengacu pada standar IEC 354, untuk dapat mengetahui hubungan antara suhu sekitar dengan besarnya pembebanan pada transformator terhadap susut umur yang terjadi. Sehingga nantinya dari hasil penulisan Tugas Akhir ini dapat dijadikan sebagai acuan untuk pemasangan exhaust fan pada gardu-gardu beton lainnya.*

**Kata Kunci :** *pasokan Listrik, gardu beton, transformator distribusi, thermal ageing*

## KATA PENGANTAR

Penulis ucapkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat-Nya sehingga laporan tugas akhir ini dapat selesai pada waktunya.

Laporan tugas akhir ini diajukan untuk melengkapi sebagian syarat dalam mencapai gelar Sarjana Strata Satu (S1). Judul dari laporan tugas akhir ini yaitu Analisa Efisiensi Pemasangan *Exhaust Fan* Terhadap Umur Operasi Trafo Jenis *Indoor* di PLN Area Teluk Naga.

Dalam penulisan laporan tugas akhir penulis tidak sedikit mengalami kesulitan, namun dengan kemauan dan kemampuan, serta mendapat dorongan dari berbagai pihak, akhirnya laporan ini dapat diselesaikan.

Sehubungan itu, penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penulisan ini. Semoga kebaikan-kebaikannya mendapat rahmat-Nya, ucapan terima kasih penulis ajukan kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa, atas nikmat sehat dan nikmat lainnya yang diberikan kepada penulis.
2. Orang Tua penulis, kakak penulis, atas doa dan dukungannya.
3. Bapak Ir. Yudhi Gunardi, MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Mercu Buana Jakarta.
4. Bapak Setiyo Budiyanto, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro Universitas Mercu Buana Jakarta.
5. Bapak Kharisma Utomo Mulyo Dinoto, selaku Pembimbing Tugas Akhir di PT PLN (Persero) Area Teluk Naga yang dengan penuh perhatian telah memberikan dorongan, semangat, bimbingan dan saran.

Penulis menyadari bahwa dalam pembuatan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan karena keterbatasan dan hambatan yang dihadapi oleh penulis. Maka dengan senang hati penulis menerima kritik dan saran yang bersifat membangun demi hasil yang lebih baik. Serta semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat dan memberikan kontribusi bagi semua pembaca.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan dari semua pihak yang membantu agar terselesaikannya tugas akhir ini.

Jakarta, Desember 2015



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>Halaman Judul</b> .....	i
<b>Halaman Pernyataan</b> .....	ii
<b>Halaman Pengesahan</b> .....	iii
<b>Halaman Pengesahan Pihak Industri</b> .....	iv
<b>Abstrak</b> .....	v
<b>Kata Pengantar</b> .....	vi
<b>Daftar Isi</b> .....	viii
<b>Daftar Gambar</b> .....	xi
<b>Daftar Tabel</b> .....	xii
<b>Daftar Lampiran</b> .....	xiv
<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 Metode Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
2.1 Gardu Distribusi .....	7
2.1.1 Gardu Beton .....	8
2.2 Transformator .....	8
2.2.1 Jenis Transformator .....	9
2.2.2 Fungsi Transformator .....	13
2.3 Konstruksi Transformator .....	15
2.4 Prinsip Kerja Transformator Distribusi .....	16
2.5 Permasalahan Pada Transformator Distribusi .....	19
2.6 Sistem Pendingin Transformator .....	24



2.6.1 Minyak Transformator .....	27
2.7 Umur Transformator .....	31
2.7.1 Umur Transformator Distribusi .....	31
2.7.2 Faktor Yang Mempercepat Penuaan .....	34
2.7.3 <i>Thermal Ageing</i> .....	36
2.7.4 <i>Pengertian Hot Spot Temperature</i> .....	38
2.7.5 Asumsi Diagram <i>Thermal</i> .....	39
2.7.6 Nilai Relatif Dari Umur Pemakaian .....	41

### **BAB III PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

3.1 Flowchart .....	43
3.2 Persoalan .....	44
3.3 Pra Anggapan .....	44
3.4 Lokasi dan Waktu Penelitian .....	45
3.5 Sumber dan Jenis Data Penelitian .....	45
3.6 Penyebab Kenaikan Suhu Pada Transformator Distribusi .....	46
3.7 Susut Umur Transformator Distribusi .....	46
3.8 Penentuan Kenaikan Suhu Transformator Distribusi .....	47
3.9 Batasan Arus dan Suhu Pembebanan Transformator .....	49
3.10 Formulasi Kenaikan Suhu .....	49
3.11 Nilai Relatif Umur Pemakaian Transformator Distribusi .....	52
3.12 Cara Menghitung Pengurangan Umur .....	53
3.13 Spesifikasi Transformator pada Gardu Distribusi yang Diteliti .....	53

### **BAB IV ANALISA PENURUNAN LAJU PENUAAN RELATIF**

4.1 Data Transformator Distribusi Yang Diteliti .....	60
4.2 Perhitungan Laju Penuaan Relatif Transformator Distribusi .....	61
4.2.1 Analisa Sebelum Dilakukan Pemasangan <i>Exhaust Fan</i> .....	61
4.2.1.1 Trafo-1 Sebelum Pemasangan <i>Exhaust Fan</i> .....	61
4.2.1.2 Trafo-2 Sebelum Pemasangan <i>Exhaust Fan</i> .....	68
4.2.2 Analisa Setelah Dilakukan Pemasangan <i>Exhaust Fan</i> .....	75

4.2.2.1 Trafo-1 Sesudah Pemasangan <i>Exhaust Fan</i> .....	76
4.2.2.2 Trafo-2 Sesudah Pemasangan <i>Exhaust Fan</i> .....	85
4.3 Perbandingan Gardu Beton Sebelum dan Sesudah .....	91
4.4 Analisis Benefit Pemasangan <i>Exhaust Fan</i> pada Gardu Beton .....	92
4.4.1 Pada Trafo 1 .....	93
4.4.2 Pada Trafo 2 .....	95
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	98
5.2 Saran.....	99
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	101



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Trafo satu fase .....	9
Gambar 2.2 Trafo tiga fase .....	9
Gambar 2.3 Konservator dan Silika Gel .....	10
Gambar 2.4 Conservator Bladde .....	11
Gambar 2.5 Transformator hermetically sealed inert gas cushion.....	12
Gambar 2.6 Transformator hermetically sealed fully filled.....	12
Gambar 2.7 Konstruksi transformator.....	16
Gambar 2.8 Rangkaian Magnetik pada Transformator.....	18
Gambar 2.9 Proses magnetic.....	19
Gambar 2.10 Pengambilan sampel minyak untuk uji DGA.....	30
Gambar 2.11 Alat Penguji Tegangan Tembus Minyak Transformator.....	30
Gambar 2.12 Alat penguji keasaman minyak transformator .....	31
Gambar 2.13 Kurva Umur Transformator vs Suhu Belitan .....	33
Gambar 2.14 Figur Penuaan Kertas Isolasi Transformator.....	34
Gambar 2.15 Proses oksidasi, hidrolisis dan pirolisis.....	35
Gambar 2.16 <i>Diagram Thermal transformator (standar IEC 354-1972 Loading Guide for Oil- Immersed Transformer)</i> .....	41
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> .....	43
Gambar 3.2 <i>Diagram Thermal</i> .....	48
Gambar 3.3 Gardu MA 2B/ Beton Sebelum dilakukan pemasangan <i>Exhaust Fan</i> .....	54
Gambar 3.4 Kurva beban pemakaian harian pada gardu MA 2B Trafo-1 (12 Agustus 2015) .....	59
Gambar 4.1 Gardu MA 2B/ Beton Setelah dilakukan pemasangan <i>Exhaust Fan</i> Terlampir.....	75

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Kelas-kelas isolasi dan suhu yang diijinkan .....	23
Tabel 2.2 Tipe Pendingin Transformator .....	25
Tabel 2.3 Karakteristik minyak transformator berdasarkan IEC 60422:2005 ..	28
Tabel 2.4 Kondisi Transformator .....	36
Tabel 3.1 Batasan arus dan suhu untuk pembebanan transformator .....	49
Tabel 3.2 karakteristik thermal dari transformator distribusi jenis pendingin ONAN .....	52
Tabel 3.3 Data Transformator Distribusi Yang Diteliti .....	55
Tabel 3.4 Beban pemakaian harian transformator-1 distribusi MA 2B selama tiga hari (10 s/d 12 Agustus 2015) .....	56
Tabel 3.5 Beban pemakaian harian transformator-2 distribusi MA 2B selama tiga hari (13 s/d 15 Agustus 2015) .....	57
Tabel 4.1 Hasil perhitungan suhu titik panas dan laju penuaan relatif Trafo-1 gardu MA 2B 10 Agustus 2015 (sebelum pemasangan <i>Exhaust Fan</i> ) .....	63
Tabel 4.2 Hasil perhitungan suhu titik panas dan laju penuaan relatif Trafo-1 gardu MA 2B 11 Agustus 2015 (sebelum pemasangan <i>Exhaust Fan</i> ) .....	64
Tabel 4.3 Hasil perhitungan suhu titik panas dan laju penuaan relatif Trafo-1 gardu MA 2B 12 Agustus 2015 (sebelum pemasangan <i>Exhaust Fan</i> ) .....	65
Tabel 4.4 Hasil perhitungan suhu titik panas dan laju penuaan relatif Trafo-2 gardu MA 2B 13 Agustus 2015 (sebelum pemasangan <i>Exhaust Fan</i> ) .....	69
Tabel 4.5 Hasil perhitungan suhu titik panas dan laju penuaan relatif Trafo-2 gardu MA 2B 14 Agustus 2015 (sebelum pemasangan <i>Exhaust Fan</i> ) .....	70
Tabel 4.6 Hasil perhitungan suhu titik panas dan laju penuaan relatif Trafo-2 gardu MA 2B 15 Agustus 2015 (sebelum pemasangan <i>Exhaust Fan</i> ) .....	71
Tabel 4.7 Beban pemakaian harian transformator-1 distribusi MA 2B selama tiga hari (19 s/d 21 November 2015) .....	76
Tabel 4.8 Beban pemakaian harian transformator-2 distribusi MA 2B selama tiga hari (23 s/d 25 November 2015) .....	77

Tabel 4.9 Hasil perhitungan suhu titik panas dan laju penuaan relatif Trafo-1 gardu MA 2B 19 November 2015 (sesudah pemasangan <i>Exhaust Fan</i> ) .....	79
Tabel 4.10 Hasil perhitungan suhu titik panas dan laju penuaan relatif Trafo-1 gardu MA 2B 20 November 2015 (sesudah pemasangan <i>Exhaust Fan</i> ) .....	80
Tabel 4.11 Hasil perhitungan suhu titik panas dan laju penuaan relatif Trafo-1 gardu MA 2B 21 November 2015 (sesudah pemasangan <i>Exhaust Fan</i> ) .....	81
Tabel 4.12 Hasil perhitungan suhu titik panas dan laju penuaan relatif Trafo-2 gardu MA 2B 23 November 2015 (sesudah pemasangan <i>Exhaust Fan</i> ) .....	85
Tabel 4.13 Hasil perhitungan suhu titik panas dan laju penuaan relatif Trafo-2 gardu MA 2B 24 November 2015 (sesudah pemasangan <i>Exhaust Fan</i> ) .....	86
Tabel 4.14 Hasil perhitungan suhu titik panas dan laju penuaan relatif Trafo-2 gardu MA 2B 25 November 2015 (sesudah pemasangan <i>Exhaust Fan</i> ) .....	88
Tabel 4.15 Tabel Perbandingan Gardu Beton Sebelum dan Sesudah Pemasangan <i>Exhaust Fan</i> .....	91
Tabel 4.17 Tabel Perbandingan Cash Flow Pada Gardu Dengan dan Tanpa <i>Exhaust Fan</i> .....	93
Tabel 4.18 Tabel Perbandingan Cash Flow Pada Gardu Dengan dan Tanpa <i>Exhaust Fan</i> .....	95

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Biaya Pemasangan Empat Buah Exhaust Fan .....	104
Lampiran 2. Harga Satuan Anggaran barang/ Material Tahun 2014 .....	105
Lampiran 3. Apendiks Faktor Konversi .....	107
Lampiran 4. Foto Gardu MA 2B Sebelum dan Sesudah .....	108

