

LAPORAN TUGAS AKHIR
PERKIRAAN UMUR TRANSFORMATOR 60 MVA
BERDASARKAN TEMPERATUR AKIBAT PEMBEBANAN
MENGGUNAKAN METODE TREND LINEAR
DI GARDU INDUK 150 KV SURABAYA BARAT



Disusun Oleh :

Muhammad Ubaidillah

1452000072

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA
2023

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nama : Muhammad Ubaidillah
NBI : 1452000072
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS : TEKNIK
JUDUL : “ PERKIRAAN UMUR TRANSFORMATOR 60 MVA BERDASARKAN TEMPERATUR AKIBAT PEMBEBANAN MENGGUNAKAN METODE TREND LINEAR DI GARDU INDUK 150 KV SURABAYA BARAT”

Menyetujui,

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

Puji Slamet, S.T., M.T.
NPP. 20450.11.0601

Reza Sarwo Widagdo, S.Tr.T., M.T.
NPP. 20450.22.0860

Mengetahui,

Dekan
Fakultas Teknik

Ketua
Program Studi Teknik Elektro

Dr.Ir.Sajiyo,M.Kes.,IPU.,ASEAN Eng
NPP. 20420.90.0197

Puji Slamet, S.T., M.T.
NPP. 20450.11.0601

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Ubaidillah
NBI : 1452000072
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan bahwa sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir yang berjudul:

“PERKIRAAN UMUR TRANSFORMATOR 60 MVA BERDASARKAN TEMPERATUR AKIBAT PEMBEBANAN MENGGUNAKAN METODE TREND LINEAR DI GARDU INDUK 150 KV SURABAYA BARAT”

Adalah benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri. Semua referensi yang dikutip maupun yang dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar Pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 4 Januari 2024
Penulis,

Muhammad Ubaidillah
NBI. 1452000072

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMISI**

Sebagai Civitas Akademika Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **MUHAMMAD UBAIDILLAH**
NBI/NPM : **1452000072**
Program Studi : **TEKNIK ELEKTRO**
Jenis Karya : **TUGAS AKHIR**

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Nonexclusive Royalty-Free Right*), atas karya saya yang berjudul:

**“PERKIRAAN UMUR TRANSFORMATOR 60 MVA BERDASARKAN
TEMPERATUR AKIBAT PEMBEBANAN MENGGUNAKAN METODE
TREND LINEAR DI GARDU INDUK 150 KV SURABAYA BARAT”**

Dengan **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Nonexclusive Royalty-Free Right*), Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya berhak menyimpan, mengalihkan media atau memformatkan, mengolah dalam bentukpangkalan data (*database*), merawat, mempublikasikan karya ilmiah selama tetap tercantum.

Dibuat di : Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Pada tanggal : 4 Januari 2024.

Yang Menyatakan,

Muhammad Ubaidillah
NBI. 1452000072

ABSTRAK

Transformator Daya adalah salah satu peralatan inti yang terdapat di gardu induk. Kebutuhan listrik tiap tahunnya mengalami peningkatan beban, agar transformator bekerja dengan optimal maka harus di perhatikan juga mengenai pembebanannya. Menurut IEC 354 apabila transformator dibebani stabil 100% dengan kondisi sekitar 20°C dan suhu belitan 98°C, tetapi apabila suhu lingkungan lebih dari 20°C maka umur transformator akan mengalami penurunan. Berdasarkan kondisi kelebihan beban dan paparan suhu lingkungan yang melebihi tingkat standar, akan terjadi menyebabkan penuaan termal pada isolasi pada transformator, yang dapat menyebabkan “penyusutan” umurnya. Contoh trafo yang digunakan dalam penelitian ini adalah trafo daya yang dipasang mulai tahun 2011 di gardu induk Surabaya barat. Transformator ini dioperasikan pada suhu lingkungan maksimum 33°C. Untuk memperkirakan sisa umur trafo, dapat dievaluasi dengan menggunakan suhu hot spot. perkiraan umur transformator dihitung dengan menggunakan metode analisis trend linier, untuk eskalasi beban transformator ini. Dalam penelitian ini data pembebanan yang digunakan adalah transformator daya 60 MVA dari tahun 2020-2022 yaitu untuk memprediksi usia pakai transformator dari faktor kenaikan pembebanan ditahun mendatang pada PT. PLN (Persero) UPT Malang Gardu Induk Surabaya Barat dengan menggunakan metode trend linear, metode trend linear bertujuan untuk meramalkan pembebanan pada tahun selanjutnya dan setiap tahun pembebanan mengalami kenaikan sebanyak 2%. Untuk mengetahui hasil peramalan beban, didapatkan hasil beban dari tahun 2023 dengan persamaan trend linear sebesar 77.32, pada tahun 2024 sebesar 78.74, pada tahun 2025 sebesar 80.32, pada tahun 2026 sebesar 81.92, pada tahun 2027 sebesar 83.54, pada tahun 2028 sebesar 85.21, pada tahun 2029 sebesar 86.91, pada tahun 2030 sebesar 88.64. Maka berdasarkan perhitungan bahwa prediksi usia pakai transformator daya 60 MVA pada tahun 2030 mendatang yang memiliki nilai susut umur sebesar 1,2 p.u atau diperkirakan umur transformator daya yang tersisa ialah 1 tahun 6 bulan dengan pembebanan 88.64%.

Kata Kunci: Transformator Daya, Pembebanan, Suhu, Usia pakai transformator

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SAW, atas rahmat, barokah, dan ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“PERKIRAAN UMUR TRANSFORMATOR 60 MVA BERDASARKAN TEMPERATUR AKIBAT PEMBEBANAN MENGGUNAKAN METODE TREND LINEAR DI GARDU INDUK 150 KV SURABAYA BARAT”**.

Penyusunan Tugas Akhir ini selain merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan pendidikan Tingkat Sarjana pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, juga dimaksudkan untuk menambah wawasan di bidang sistem penyaluran tenaga listrik khususnya di bagian trafo daya serta mengaktualisasikan konsep link and match antara dunia kampus dengan dunia kerja yang akan menciptakan kerjasama saling menguntungkan. Pada kesempatan ini izinkan penulis untuk mengucapkan terima kasih dan rasa hormat atas segala bantuan yang telah diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini, yaitu kepada:

1. Bapak Puji Slamet S.T., M.T. selaku ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya. yang telah membimbing penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir.
2. Bapak Puji Slamet S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir yang telah memberikan ilmunya, membimbing, memberi masukan sehingga penulis dapat lebih menyempurnakan Laporan Tugas Akhir ini.
3. Reza Sarwo Widagdo, S.Tr.T., M.T. selaku Dosen Co-Pembimbing dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir yang telah memberikan ilmunya, membimbing dan memberikan masukan sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
4. Seluruh dosen, staf, dan karyawan Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya atas jasa-jasanya selama penulis menuntut ilmu.
5. Bapak Supervisor Gardu Induk 150 kV Surabaya Barat. yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian di gardu induk 150 kV Surabaya Barat.

Dalam penyusunan Laporan ini tentunya masih banyak terdapat kekurangan, kesalahan dan kekhilafan karena keterbatasan kemampuan penulis, untuk itu sebelumnya penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya. Penulis juga mengharapkan

kritik dan saran dari semua pihak demi perbaikan yang bersifat membangun atas laporan ini.

Akhirnya dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih dan semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun kita bersama.

Surabaya, 4 Januari 2024

Penulis

Muhammad Ubaidillah

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMISI.....	iv
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Kontribusi Penelitian	3
1.5. Batasan Masalah.....	3
1.6. Manfaat Penelitian	3
1.7. Sistematika Penulisan	3
BAB II. DASAR TEORI.....	5
2.1. State Of The Art	5
2.2. Dasar Teori	6
2.2.1 Sistem Tenaga listrik	6
2.2.2 Gardu Induk.....	7
2.2.3 Transformator 3 Fasa.....	12
2.2.4 Transformator 1 Fasa.....	14
2.2.5 Transformator Distribusi	15
2.2.6 Kontruksi Transformator Daya.....	16
2.2.7 Jenis-Jenis Transformator	23

2.2.8	Prinsip Kerja Transformator	24
2.2.9	Loses Transformator.....	25
2.2.10	Pengaruh Beban Pada Transformator	26
2.2.11	Pengaruh Suhu Terhadap Transformator	27
2.2.12	Prediksi Usia Pakai Transformator	28
2.2.13	Metode Regresi Linear	28
2.2.14	Metode Trend Linear	29
2.2.15	Metode Uji Normalitas	30
2.2.16	Metode Uji Linearitas	30
2.2.17	Perhitungan Prediksi Usia Pakai Transformator Dengan Metode Trend Linear.....	31
BAB III. METODE PENELITIAN		37
3.1.	Metode Penelitian.....	37
3.2.	Diagram Alir Penelitian.....	38
3.3.	Langkah-Langkah Penyelesaian Judul Tugas Akhir	39
3.4.	Tempat dan Waktu	41
3.5.	Bahan dan Penelitian	41
3.6.	Tahapan Penelitian	41
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN		43
4.1	Data Penelitian	43
4.2	Pembahasan.....	43
4.2.1.	Perhitungan Umur Transformator Manual Berdasarkan Pembebanan 44	
4.2.2.	Perhitungan Umur Transformator Berdasarkan Pembebanan Dengan Software SPSS	57
4.2.3.	Perhitungan Umur Transformator Manual Berdasarkan Kenaikan Temperatur Hotspot.....	60
4.2.4.	Perhitungan Umur Transformator Berdasarkan Kenaikan Temperatur Hotspot Dengan Software SPSS	75
BAB V. PENUTUP.....		79

5.1	Kesimpulan	79
5.2	Saran.....	79
DAFTAR PUSTAKA		81
LAMPIRAN.....		83
1.	Surat Balasan.....	83
2.	Dokumentasi	84
3.	Data PLN.....	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sistem Tenaga listrik	7
Gambar 2. 2 (a) Transformtor Daya (b) Simbol	9
Gambar 2. 3 (a) Neutral Grounding Resistance (NGR) (b) Simbol	9
Gambar 2. 4 (a) Circuit Breaker (CB) atau Saklar Pemutus Tenaga (PMT) (b) Simbol.....	10
Gambar 2. 5 (a) Disconnecting Switch (DS) atau Saklar Pemisah (PMS) (b) Simbol	10
Gambar 2. 6 (a) Lightning Arrester (LA) (b) Simbol	11
Gambar 2. 7 (a) Current Transformer (CT) (b) Simbol (c) Skema	11
Gambar 2. 8 (a) Potential Transformer (PT) (b) Simbol (c) Skema.....	12
Gambar 2. 9 Transformator 3 Fasa	13
Gambar 2. 10 Skema Transformator 3 fasa	13
Gambar 2. 11 Hubung Bintang.....	13
Gambar 2. 12 Hubung Delta / Segitiga.....	14
Gambar 2. 13 Hubung Zig-Zag	14
Gambar 2. 14 Transformator 1 Fasa	15
Gambar 2. 15 Skema Transformator 1 Fasa	15
Gambar 2. 16 Transformator Distribusi.....	16
Gambar 2. 17 Inti Besi	16
Gambar 2. 18 Kumbaran Transformator	17
Gambar 2. 19 Bushing.....	19
Gambar 2. 20 Tangki dan Konservator.....	19
Gambar 2. 21 Sistem Pendingin Transformator	20
Gambar 2. 22 Alat Pernafasan(Dehydrating Breather)	22
Gambar 2. 23 Skema Transformator Step-Up	23
Gambar 2. 24 Skema Transformtor Step-Down	23
Gambar 2. 25 Skema AutoTransformator Variabel	23
Gambar 2. 26 Keadaan Transformator saat tidak berbeban.....	26
Gambar 2. 27 Keadaan Transformator saat berbeban	27
Gambar 3. 1 Transformator tenaga gardu induk 60 MVA Surabaya Barat.....	37
Gambar 3. 2 Alur Penelitian.....	38
Gambar 3. 3 Memasukkan Data Secara Manual.....	39
Gambar 3. 4 Menginput data secara Manual	40
Gambar 3. 5 Mengolah Data	40

Gambar 4. 1 Grafik Prediksi Usia Pakai Transformator 60 MVA	57
Gambar 4. 2 Grafik Susut Usia Dengan SPSS	59
Gambar 4. 3 Grafik prediksi usia transformator	75
Gambar 4. 4 Grafik Susut Usia Dengan SPSS	77

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Spesifikasi Transformator 60 MVA	41
Tabel 4. 1 Data Pembebanan Transformator 60 MVA	43
Tabel 4. 2 Data Spesifikasi Transformator	44
Tabel 4. 3 Beban Transformator 60 MVA.....	44
Tabel 4. 4 Hasil Prediksi Beban Transformator 60 MVA	45
Tabel 4. 5 Sisa Usia Pakai Transformator 60 MVA	56
Tabel 4. 6 Variabel Entered/removed	57
Tabel 4. 7 Model Summary	58
Tabel 4. 8 Anova.....	58
Tabel 4. 9 Coefficients.....	59
Tabel 4. 10 Data Pembebanan Transformator 60 MVA	60
Tabel 4. 11 Beban Transformator 60 MVA.....	61
Tabel 4. 12 Hasil Prediksi Beban Transformator.....	62
Tabel 4. 13 Sisa usia pakai transformator 60 MVA.....	74
Tabel 4. 14 Variabel Entered/removed	75
Tabel 4. 15 Model Summary	76
Tabel 4. 16 Anova	76
Tabel 4. 17 Coefficients.....	77