

TUGAS AKHIR

**ANALISA EFISIENSI PADA TRANSFORMATOR
DAYA 60 MVA DI GARDU INDUK BABADAN
SIDOARJO**



Disusun Oleh :

RICKY MARKUS SOLOSSA

NBI : 1451900097

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

2023

TUGAS AKHIR

**ANALISA EFISIENSI PADA TRANSFORMATOR
DAYA 60 MVA DI GARDU INDUK BABADAN
SIDOARJO**



Disusun Oleh :

RICKY MARKUS SOLOSSA

NBI : 1451900097

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

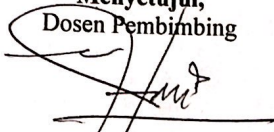
2023

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nama : RICKY MARKUS SOLOSSA
NBI : 1451900097
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS : TEKNIK
JUDUL : ANALISA EFISIENSI PADA
TRANSFORMATOR DAYA 60 MVA DI
GARDU INDUK BABADAN SIDOARJO

Menyetujui,
Dosen Pembimbing

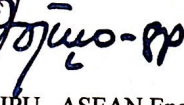


Ir. Hadi Tasmono, MT, IPU, ASEAN Eng. ACPE.
NPP. 2045F.16.0709

Mengetahui,

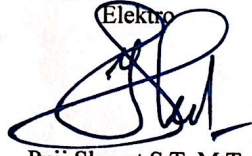


Dekan
Fakultas Teknik



Dr. Ir. Sajiyo, M. Kes., IPU., ASEAN Eng.
NPP. 20410.90.0197

Ketua
Program Studi Teknik
Elektro



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

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ricky Markus Solossa
NBI : 1451900097
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan bahwa sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir yang berjudul:

“ANALISA EFISIENSI PADA TRANSFORMATOR DAYA 60 MVA DI GARDU INDUK BABADAN SIDOARJO”

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, 12 Desember 2023
Yang Menyatakan



Ricky Markus Solossa
NBI. 1451900097



UNIVERSITAS
17 AGUSTUS 1945
SURABAYA

BADAN PERPUSTAKAAN
Jl. SEMOLOWARU 45 SURABAYA
TELP. 031 593 1800 (Ext. 311)
e-mail : perpus@untag-sby.ac.id

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 : Ricky Markus Solossa
NBI/NPM : 1451900097
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:

“ANALISA EFISIENSI PADA TRANSFORMATOR DAYA 60 MVA DI GARDU INDUK BABADAN SIDOARJO”

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 : 12 Desember 2023



Ricky Markus Solossa
NBI. 1451900097

ABSTRAK

Listrik adalah kebutuhan pokok bagi umat manusia pada zaman sekarang, listrik terbukti sangat dibutuhkan dalam kegiatan sehari-hari manusia dan jika listrik tidak ada maka manusia akan mengalami dampak negatifnya yaitu terganggunya pada kegiatan kehidupan mereka sehari-hari. Dan sebaliknya jika listrik tersedia dengan baik, manusia mengalami dampak positifnya yaitu terpenuhinya pemakaian listrik untuk kebutuhan sehari-hari. Meningkatnya pertumbuhan ekonomi dibidang industri dan laju pembangunan yang semakin pesat di Kota Surabaya khususnya daerah Sidoarjo akan menuntut energi listrik yang semakin besar dan lebih berkualitas. Agar energy listrik dapat disalurkan secara terus menerus maka efisiensi peralatan harus tetap terjaga, salah satunya adalah Transformator. Dalam penyaluran daya listrik transformator digunakan sebagai alat penurun tegangan (*step down transformer*) dan penaik tegangan (*step up transformer*) dan biasanya terletak pada Gardu Induk ataupun Gardu distribusi. Pada transformator terdapat rugi-rugi, baik rugi yang disebabkan arus mengalir pada kawat tembaga, rugi yang disebabkan fluks bolak balik pada inti besi, maupun rugi yang disebabkan arus pusar pada inti besi yang mengakibatkan kurangnya efisiensi pada transformator. Berdasarkan hal inilah judul penelitian ini adalah “Analisa Efisiensi Pada Transformator Daya 60 MVA Di Gardu Induk Babadan Sidoarjo” yang bertujuan untuk mengetahui nilai rugi-rugi (*Losses*) dan nilai efisiensi yang timbul akibat ketidakseimbangan beban antar fasa pada Transformator Daya 60 MVA di Gardu Induk Babadan Sidoarjo. Dari penelitian yang dilakukan, hasil akhir yang didapatkan menunjukkan bahwa nilai rata-rata *Losses* sebesar (290,4 kW) dan persentase nilai rata-rata untuk efisiensi sebesar (99,49%).

Kata kunci: Efisiensi, Losses, Ketidakseimbangan Beban, Arus Netral

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan kasih karunia yang senantiasa Ia berikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir dengan judul “ANALISA EFISIENSI PADA TRANSFORMATOR DAYA 60 MVA DI GARDU INDUK 150 KV BABADAN SIDOARJO”.

Laporan Tugas Akhir ini telah penulis susun dengan maksimal dan mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, refrensi buku, jurnal, artikel dan sumber lainnya. Sehingga dapat diperlancar pembuatan Laporan Tugas Akhir ini. Untuk itu penulis menyampaikan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam pembuatan proposal ini.

Terlepas dari semua itu, penulis menyadari sepenuhnya bahwa masih ada kekurangan baik dari segi susunan kalimat maupun tata bahasanya. Oleh karena itu dengan tangan terbuka, penulis menerima segala saran dan kritik dari pembaca agar penulis dapat memperbaiki proposal ini. Untuk itu, penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada beberapa orang yang sangat berperan dalam penyelesaian laporan ini diantaranya :

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan nikmat jasmani dan rohani untuk dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini sampai selesai.
2. Orang tua (Bapak Adam Solossa dan Ibu Selfina Kareth) serta keluarga dari penulis yang senantiasa memberikan dukungan, doa dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini
3. Bapak Dr. Ir. Sajiyo, M.kes.,IPM.,IPU selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
4. Bapak Puji Slamet,S.T.,M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
5. Bapak Ahmad Ridhoi,S.T.,M.T. selaku Dosen Wali yang telah memberikan arahan selama proses belajar mengajar penulis di perkuliahan.
6. Bapak Hadi Tasmono,MT,IPU,ASEAN Eng,ACPE. selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing dalam penulisan Laporan Tugas Akhir ini.
7. Bapak dan Ibu Dosen, serta Staff Pengajar Prodi Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan dalam proses belajar penulis.
8. Teman teman Teknik Elektro Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya khususnya angkatan 2019 yang memberikan dukungan untuk menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan, untuk itu penulis harap saran dan kritik yang bersifat membangun untuk menyempurnakan laporan tugas akhir ini. Dengan mengharap ijin Tuhan Yang Maha Esa, semoga laporan tugas akhir ini bisa bermanfaat bagi kita semua, Amin.

DAFTAR ISI

LAPORAN TUGAS AKHIR	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMISI	iii
ABSTRAK.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Kontribusi Penelitian.....	2
1.5. Batasan Masalah	2
1.6. Sistematika Penulisan.....	2
BAB II. DASAR TEORI	5
2.1. <i>State of The Art</i>	5
2.2. Transformator	6
2.3. Analisis dan Kesimpulan Pengambilan Judul Penelitian	6
2.4. Karakteristik Transformator.....	7
2.4.1. Transformator Tanpa Beban.....	7
2.4.2. Transformator Berbeban	7
2.5. Kegunaan Transformator	8
2.6. Komponen Inti Transformator	9

2.7. Jenis-jenis Transformator	9
2.7.1. Transformator Berdasarkan Pasangan Kumparan.....	9
2.7.2. Transformator Berdasarkan Fungsi.....	10
2.8. Transformator Daya	13
2.8.1. Bagian-bagian Transformator.....	14
2.9. Transformator Tiga Phasa.....	18
2.9.1. Hubungan Bintang (Y).....	18
2.9.2. Hubungan Delta (Δ).....	19
2.9.3. Hubungan Zig-Zag.....	20
2.9.4. Jenis-jenis Hubungan Belitan Transformator Tiga Fasa	21
2.10. Rangkaian Ekuivalen Transformator.....	24
2.11. Ketidakseimbangan Beban.....	26
2.12. Perhitungan Arus Beban Penuh.....	27
2.13. Arus Netral Trafo	28
2.13.1. Arus Netral Akibat Beban Tidak Seimbang	28
2.13.2. Penyaluran Dan Sudut Daya Dalam Keadaan Seimbang	29
2.13.3. Penyaluran Dan Susut Daya Dalam Keadaan Tidak Seimbang.....	30
2.13.4. Rugi-rugi Akibat Arus Netral Pada Transformator.....	31
2.14. Faktor Daya.....	32
2.15. Rugi-Rugi Transformator	33
2.15.1. Rugi-rugi Inti Besi (Core Losses).....	34
2.15.2. Rugi-rugi Tembaga (Copper Losses).....	36
2.16. Efisiensi Transformator	36
BAB III. METODE PENELITIAN	39
3.1. Metode Penelitian	39
3.2. Diagram Alir Penelitian.....	39
3.3. Waktu Dan Tempat Pelaksanaan	40
3.4. Studi Literatur	40

3.5. Analisa Data.....	40
3.6. Pengumpulan Data	40
3.7. Hasil	43
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1. Perhitungan Arus Pembebanan Transformator Daya 60 MVA	45
4.2. Analisa Perhitungan Ketidakseimbangan Beban Pada Transformator Daya 60 MVA	47
4.3. Analisa Perhitungan <i>Losses</i> (Rugi-rugi) Akibat Adanya Arus Yang Mengalir Pada Penghantar Netral Trafo Akibat Ketidakseimbangan Beban, <i>Losses</i> Inti Besi, dan <i>Losses</i> Tembaga.....	48
4.4. Analisa Dan Perhitungan Efisiensi Transformator	51
4.5. Hasil Analisa	52
BAB V. PENUTUP.....	57
5.1. Kesimpulan.....	57
5.2. Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN I.....	61
Surat Penghantar Penelitian Tugas Akhir.....	61
LAMPIRAN II	62
Surat Balasan Penelitian Tugas Akhir.....	62
LAMPIRAN III.....	62
Dokumentasi Penelitian.....	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kontruksi Transformator Core Type dan Shell Type.....	6
Gambar 2. 2 Transformator Tanpa Beban	7
Gambar 2. 3 Transformator Berbeban	8
Gambar 2. 4 Transformator Daya 60 mVA 150/22 kV.....	14
Gambar 2. 5 Inti Besi Transformator	14
Gambar 2. 6 Belitan Primer dan Sekunder Transformator	15
Gambar 2. 7 Bushing Transformator	15
Gambar 2. 8 Sistem Pendingin Transformator	16
Gambar 2. 9 Tangki Konservator Transformator	16
Gambar 2. 10 Minyak Isolasi Transformator	17
Gambar 2. 11 Kertas Isolasi Transformator	17
Gambar 2. 12 Tap Changer Transformator	18
Gambar 2. 13 NGR Transformator	18
Gambar 2. 14 Hubungan Bintang	19
Gambar 2. 15 Hubungan Delta	20
Gambar 2. 16 Hubungan Zig-Zag.....	21
Gambar 2. 17 Transformator Hubungan Bintang-Bintang.....	21
Gambar 2. 18 Transformator Hubungan Y- Δ	22
Gambar 2. 19 Transformator Hubungan Δ -Y.....	23
Gambar 2. 20 Transformator Hubungan Δ - Δ	23

Gambar 2. 21 Rangkaian Ekuivalen Sebuah Transformator	24
Gambar 2. 22 Vektor Diagram Rangkaian Pengganti	24
Gambar 2. 23 Rangkaian Penggati Jika Dilihat Dari Sisi Primer	25
Gambar 2. 24 Parameter Sekunder Pada Trafo Yang Dinyatakan Dalam Harga Rangkaian Primer	25
Gambar 2. 25 Vektor Diagram Parameter Sekunder Pada Transformator Yang Dinyatakan Dalam Rangkaian Primer	26
Gambar 2. 26 Diagram Beban Keadaan Seimbang	26
Gambar 2. 27 Diagram beban Keadaan Tidak Seimbang	27
Gambar 2. 28 Diagram.Fasor.Tegangan.Saluran.Daya.Model.Fasa.Tunggal	29
Gambar 2. 29 Segitiga Daya.....	32
Gambar 2. 30 Kurva Hysterisis secara umum	35
Gambar 2. 31 Ilustrasi timbulnya arus eddy	35
Gambar 3. 1 Flowchart Penelitian	39
Gambar 4. 1 Grafik Arus Pembebanan Trafo Daya di GI Babadan Sidoarjo.....	53
Gambar 4. 2 Grafik Ketidak Seimbangan Beban di GI Babadan Sidoarjo	53
Gambar 4. 3 Grafik <i>Losses</i> Trafo Daya di GI Babadan Sidoarjo	54
Gambar 4. 4 Grafik Efisiensi Trafo Daya di GI Babadan Sidoarjo	54
Gambar 4. 5 Simulasi Beban Tiap Penyulang pada Trafo Daya Unit 1 di GI Babadan Sidoarjo Menggunakan ETAP 19.0.1.....	55

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Data Pengukuran Arus (R,S,T dan G) Trafo Daya di Gardu Induk Babadan Sidoarjo.....	41
Tabel 3. 2 Data Pengukuran Tegangan (Phasa-Phasa) Trafo Daya di Gardu Induk Babadan Sidoarjo.....	41
Tabel 3. 3 Data Spesifikasi Kabel Penghantar Netral	42
Tabel 3. 4 Data Rugi Inti Beban Penuh Trafo Daya di Gardu Induk Babadan Sidoarjo	42
Tabel 4. 1 Data Spesifikasi Transformator Daya 60 MVA di Gardu Induk Babadan Sidoarjo	45
Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan	52