

TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TERHADAP EFISIENSI TRANSFORMATOR DI PDAM SURYA SEMBADA SURABAYA



Disusun Oleh :

MOH. ANDRIANSYAH MAULANA

NBI : 1451900080

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

2023

**ANALISIS PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN
TERHADAP EFISIENSI TRANSFORMATOR DI PDAM
SURYA SEMBADA SURABAYA**



Disusun Oleh:

Moh. Andriansyah Maulana

1451900080

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

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nama : MOH. ANDRIANSYAH MAULANA
NBI : 1451900080
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS : TEKNIK
JUDUL : "ANALISIS KETIDAKSEIMBANGAN
BEBAN TERHADAP EFISIENSI
TRANSFORMATOR DI PDAM SURYA
SEMBADA"

Disetujui

Dosen Pembimbing




Ir. Gatut Budiono, M.Sc
NPP. 20450.89.0181

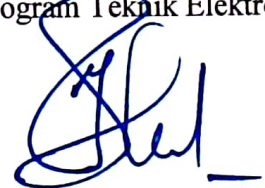
Mengetahui

Dekan
Fakultas Teknik




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

Ketua
Program Teknik Elektro



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

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Moh. Andriansyah Maulana
NBI : 1451900080
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan bahwa sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir yang berjudul:

“ANALISIS KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TERHADAP EFISIENSI TRANSFORMATOR DI PDAM SURYA SEMBADA SURABAY”

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, 20, Oktober, 2023
Yang Menyatakan



Moh. Andriansyah Maulana
NBI. 1451900080



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 : Moh. Andriansyah Maulana
NBI/NPM : 1451900080
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:

**“ANALISIS KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TERHADAP EFISIENSI
TRANSFORMATOR DI PDAM SURYA SEMBADA SURABAYA”**

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 : 20 Oktober 2023

Yang Menyatakan,



Moh. Andriansyah Maulana
NBI. 1451900080

ABSTRAK

Pengembangan sumber energi untuk memperoleh kerja yang berguna adalah kunci dari kemajuan industri yang penting untuk peningkatan taraf hidup yang berkesinambungan bagi rakyat yang dimanapun mereka berada. Bagaimana menemukan sumber energi yang baru, mendapatkan sumber energi yang pada dasarnya tidak akan pernah habis untuk masa mendatang. Salah satu sarannya adalah dengan adanya penyediaan tenaga listrik. Saat ini tenaga listrik merupakan kebutuhan utama, baik untuk kehidupan sehari-hari maupun tuk kehidupan industri. Dalam pemenuhan kebutuhan tenaga listrik tersebut, terjadi pembagian-pembagian beban yang pada awalnya merata tetapi karena ketidak serempakan waktu penyalaaan beban-beban tersebut maka menimbulkan ketidakseimbangan beban yang berdampak pada penyediaan tenaga listrik. Selain ketidak serempakan pemakaian beban, pengkoneksian yang tidak seimbang pada fasa R,S dan T juga merupakan faktor lain yang menimbulkan *losses* secara teknis. Pada transformator terdapat rugi-rugi, baik rugi-rugi yang disebabkan arus mengalir pada kawat tembaga yang mengakibatkan berkurangnya efisiensi pada transformator. Metode yang digunakan dalam pelaksanaan penyusunan laporan tugas akhir ini adalah metode kuantitatif, pengumpulan data yang dilakukan berdasarkan hasil dari pengukuran dilapangan, setelah melakukan pengukuran diselesaikan dengan menggunakan model matematis meliputi persamaan arus rata-rata pembeban, ketidakseimbangan beban, rugi-rugi daya dan efisiensi transformator. Dari hasil penelitian yang dilakukan di dapatkan hasil akhir yang menunjukkan rata-rata arus pembebanan, ketidakseimbangan beban, rugi-rugi daya dan efisiensi transformator distribusi Di PDAM Surya Sembada Surabaya yaitu persentase pembebanan transformator 1, 2 dan 3 yaitu sebesar (27,92%), (37,93%) dan (31,82%), Ketidakseimbangan beban transformator 1, 2 dan 3 yaitu sebesar (5,5%), (4,6%) dan (10,3%), *Losses Arus Netral* transformator 1, 2 dan 3 yaitu sebesar (19.92941 W), (465.4144 W) dan (454.8969), *Losses Tembaga* transformator 1,2 dan 3 yaitu sebesar (0,156034 kW), (0,287663 kW) dan (0,197137 kW) dan efisiensi transformator 1, 2 dan 3 yaitu sebesar (97,79%), (97,18%) dan (96,83%).

Kata Kunci: Pembebanan, Ketidakseimbangan Beban, *Losses Arus Netral*, *Losses Tembaga*, Efisiensi.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanawata'ala atas segala berkah dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul **“ANALISIS PENGARUSKETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TERHADAP EFISIENSI TRANSFORMATOR DI PDAM SURYA SEMBADA SURABAYA”** Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan yang harus ditempuh dalam rangka penyelesaian program studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya. Penulis dapat bantuan dari berbagai pihak, refrensi buku, jurnal, artikel dan sumber lainnya untuk dapat memperlancar pembuatan Proposal Tugas Akhir ini. Untuk itu penulis menyampaikan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam pembuatan Proposal Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan tugas akhir ini banyak pihak yang telah membantu memberi dukungan, bimbingan, arahan, saran-saran dari berbagai pihak maupun doa yang akan selalu penulis kenang dan syukuri. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan banyak terima kasih kepada:

1. Allah subhanawata'ala yang telah memberikan nikmat jasmani dan rohani untuk dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini sampai selesai.
2. Kedua orang tua (Bapak Fatholla dan Ibu Rahmatun) serta keluarga dari penulis yg senantiasa memberikan doa, dan motivasi yang tiada henti 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 Ir. Gatut Budiono, M.Sc selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan Laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
5. Bapak Puji Slamet, S.T., M.T. selaku Ketua Program jurusan Teknik Elektro Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
6. Bapak Puji Slamet, S.T., M.T. selaku Dosen Wali yang telah memberikan arahan selama proses belajar mengajar di perkuliahan.
7. Serta seluruh teman-teman Teknik Elektro Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya khususnya angkatan 2019 yang telah memberikan dukungan untuk menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, untuk itu penulis berharap saran dan kritik yang bersifat membangun dan untuk menyempurnakan Laporan Tugas Akhir ini. Dengan berharap ridho dari Allah Subhanahuwata'ala, semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat untuk smuanya, Aminn ya robbal alamin.

DAFTAR ISI

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	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat Penulisan.....	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	2
BAB II DASAR TEORI.....	5
2.1 <i>State of The Art</i>	5
2.2 Transformator.....	5
2.3 Jenis-jenis Transformator.....	7
2.4 Transformator Berdasarkan Pasangan Kumparan.....	8
2.5 Transformator Berdasarkan Fungsi	9
2.5.1 Transformator Daya	9
2.5.2 Transformator Distribusi	9
2.5.3 Transformator Ukur.....	9
2.5.4 Transformator Elektronik.....	9
2.6 Prinsip Kerja Transformator.....	9
2.7 Keadaan Transformator Tanpa Beban.....	11

2.8 Keadaan Transformator Berbeban	11
2.9 Transformator Distribusi	12
2.9.1 Inti Besi	13
2.9.2 Kumparan	14
2.9.3 Inti Transformator	14
2.9.4 Minyak Transformator	14
2.9.5 <i>Bushing</i> Transformator.....	15
2.9.6 Tangki Konservator	15
2.9.7 Tipe Pendingin Transformator	16
2.9.8 Indikator	17
2.9.9 NGR (Neutral Grounding Resistance)	18
2.10 Ketidakseimbangan Beban Transformator	18
2.10.1 Akibat Ketidakseimbangan Beban	19
2.10.2 Analisa Ketidakseimbangan Beban pada Trafo	19
2.11 Arus Netral	20
2.11.1 Arus Netral Karena Beban Tidak Seimbang	21
2.11.2 Penyaluran dan Susut Daya pada Keadaan Arus Seimbang.....	21
2.11.3 Penyaluran dan Susut Daya pada Keadaan Arus Tidak Seimbang	23
2.12 Faktor Daya.....	24
2.13 Persamaan-persamaan yang Digunakan dalam Perhitungan.....	24
2.13.1 Perhitungan Arus Beban Penuh Dan Arus Hubung Singkat	24
2.13.2 Perhitungan KetidakSeimbangan Beban	26
2.13.3 Perhitungan Losses (Rugi-Rugi) Akibat Adanya Arus Netral Pada penghantar Netral	26
2.14 Perhitungan Rugi-Rugi.....	26
2.14.1 Rugi Tembaga (Pcu).....	27
2.15 Efisiensi Transformator.....	28
BAB III METODE PENELITIAN.....	29
3.1 Jenis Penelitian.....	29
3.2 Diagram Alur Penelitian (Flowchart).....	29

3.3 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	30
3.4 Data yang Dibutuhkan.....	30
3.5 Tahapan Penelitian	30
3.5.1 Studi Literatur	30
3.5.2 Pengambilan Data	31
3.5.3 Analisis Data	31
3.5.4 Hasil	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Data Transformator Distribusi	33
4.2 Analisis Data Pembebanan Transformator Distribusi	38
4.2.1 Perhitungan Arus Beban Penuh ditransformator pertama	38
4.2.2 Perhitungan Arus Beban Penuh ditransformator Kedua	43
4.2.3 Perhitungan Arus Beban Penuh ditransformator Ketiga	47
4.3 Analisa Ketidakseimbangan Beban Transformator Distribusi	52
4.3.1 Perhitungan Ketidakseimbangan Beban Transformator Pertama.....	52
4.3.2 Perhitungan Ketidakseimbangan Beban Transformator Kedua	57
4.3.3 Perhitungan Ketidakseimbangan Beban Transformator Ketiga	62
4.4 Analisa Rugi-Rugi Adanya Arus Netral Pada Penghantar Transformator Distribusi	67
4.4.1 Perhitungan Rugi-Rugi Transformator Pertama.....	67
4.4.2 Perhitungan Rugi-Rugi Transformator Kedua	80
4.4.3 Perhitungan Rugi-Rugi Transformator Ketiga	94
4.5 Analisa Efisiensi Transformator Distribusi	107
4.5.1 Perhitungan Efisiensi Transformator Pertama	107
4.5.2 Perhitungan Efisiensi Transformator Kedua	111
4.5.3 Perhitungan Efisiensi Transformator Ketiga	115
4.6 Hasil Penelitian	120
4.7 Rekomendasi	123
4.8 Rekomendasi	126
4.9 Rekomendasi	129

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	131
5.1 Kesimpulan	131
5.1 Saran.....	131
DAFTAR PUSTAKA	132
LAMPIRAN.....	134
Lampiran A. Surat Balasan Tempat Penelitian	134
Lampiran B. Foto Dokumentasi	135
Lampiran C. Single Line Diagram	136

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema Transformator	7
Gambar 2. 2 Transformator Tanpa Beban.....	11
Gambar 2. 3 Transformator Berbeban.....	12
Gambar 2. 4 Transformator Distribusi	13
Gambar 2. 5 Inti Besi Transformator	13
Gambar 2. 6 Kumparan Transformator	14
Gambar 2. 7 Bushing Transformator.....	15
Gambar 2. 8 Konstruksi Konservator Dengan Rubber Bag	16
Gambar 2. 9 Radiator	17
Gambar 2. 10 Rangkaian NGR (Neutral Grounding Resistance)	18
Gambar 2. 11 Vektor Diagram Arus Keadaan Seimbang dan Tidakseimbang	19
Gambar 2. 12 Diagram Fasor Tegangan Saluran Daya Model Fasa Tunggal	22
Gambar 2. 13 Segitiga Daya	24
Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian Tugas Akhir.....	29
Gambar 4. 1 Grafik Pembebanan Transformator ke 1	121
Gambar 4. 2 Grafik Ketidakseimbangan Beban Transformator ke 1	121
Gambar 4. 3 Grafik Losses Transformator ke 1	122
Gambar 4. 4 Grafik Efisiensi Transformator ke 1	122
Gambar 4. 5 Grafik Pembebanan Transformator ke 2	124
Gambar 4. 6 Grafik Ketidakseimbangan Beban Transformator ke 2.....	124
Gambar 4. 7 Grafik Losses Transformator ke 2	125
Gambar 4. 8 Grafik Efisiensi Transformator ke 2.....	125
Gambar 4. 9 Grafik Pembebanan Transformator ke 3	127
Gambar 4. 10 Grafik Ketidakseimbangan Beban Transformator ke 3.....	127
Gambar 4. 11 Grafik Losses Transformator ke 3.....	128
Gambar 4. 12 Grafik Efisiensi Transformator ke 3.....	128

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Spesifikasi Transformator Kesatu 1600kVA	33
Tabel 4. 2 Data hasil pengukuran arus transformator kesatu	34
Tabel 4. 3 Data hasil pengukuran tegangan transformator kesatu.....	34
Tabel 4. 4 Spesifikasi Transformator Kedua 1600kVA	35
Tabel 4. 5 Data hasil pengukuran arus transformator kedua	35
Tabel 4. 6 Data hasil pengukuran tegangan transformator kedua	36
Tabel 4. 7 Spesifikasi Transformator Ketiga 1600kVA.....	36
Tabel 4. 8 Data hasil pengukuran arus transformator ketiga.....	37
Tabel 4. 9 Data hasil pengukuran tegangan transformator ketiga	38
Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Transformator 1	120
Tabel 4. 11 Hasil Perhitungan Transformator 2	123
Tabel 4. 12 Hasil Perhitungan Transformator 3	126