

TUGAS AKHIR

**STUDI SUSUT ENERGI PADA GARDU DISTRIBUSI
YANG BEBANNYA TIDAK SEIMBANG DI PLN ULP
INDRAPURA UP3 SURABAYA UTARA**



Disusun Oleh :

GUNTUR WIRASTO AJI
NBI : 1452000054

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA
2024**

TUGAS AKHIR
STUDI SUSUT ENERGI PADA GARDU DISTRIBUSI
YANG BEBANNYA TIDAK SEIMBANG DI PLN ULP
INDRAPURA UP3 SURABAYA UTARA



Disusun Oleh:

GUNTUR WIRASTO AJI

1452000054

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA

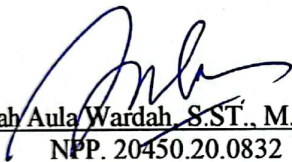
2024

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

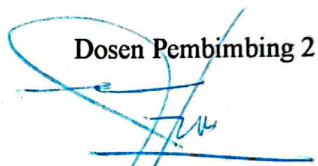
Nama : GUNTUR WIRASTO AJI
NBI : 1452000054
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS : TEKNIK
JUDUL : STUDI SUSUT ENERGI PADA GARDU
DISTRIBUSI YANG BEBANNYA TIDAK
SEIMBANG DI PLN ULP INDRAPURA UP3
SURABAYA UTARA

Dosen Pembimbing 1


Izzah Aula Wardah, S.ST., M.Eng.Sc
NPP. 20450.20.0832

Menyetujui,

Dosen Pembimbing 2

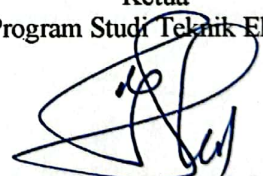

Ir. Hadi Tasmono, MT, IPU, ASEAN Eng., ACPE.
NPP. 2045F.16.0709

Mengetahui,

Ketua
Program Studi Teknik Elektro


Dekan
Fakultas Teknik

Dr. Ir. Saiful, S.T., M.Kes., IPU, ASEAN Eng.
NPP. 20410.90.0197


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

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Guntur Wirasto Aji
NBI : 1452000054
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan bahwa sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir yang berjudul:

“STUDI SUSUT ENERGI PADA GARDU DISTRIBUSI YANG BEBANNYA TIDAK SEIMBANG DI PLN ULP INDRAPURA UP3 SURABAYA UTARA”

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, 3 Juni 2024
Yang Menyatakan



Guntur Wirasto Aji
NBI. 1452000054



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 : Guntur Wirasto Aji
NBI/NPM : 1452000054
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:

**“STUDI SUSUT ENERGI PADA GARDU DISTRIBUSI YANG BEBANNYA
TIDAK SEIMBANG DI PLN ULP INDRAPURA UP3 SURABAYA UTARA”**

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

Dibuat di : Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Pada tanggal : 3 Juni 2024

Yang Menyatakan,



Guntur Wirasto Aji
NBI. 1452000054

ABSTRAK

Ketidakseimbangan beban pada jaringan distribusi terjadi karena beban yang tidak merata pada setiap fasanya. Penumpukan beban pada salah satu penghantar fasa mengakibatkan arus netral mengalir pada penghantar netral transformator, sehingga susut energi (*losses*) pada jaringan distribusi meningkat, besarnya nilai arus netral bergantung pada besar nilai ketidakseimbangan beban. Penelitian ini menggunakan metode pengumpulan data pengukuran gardu distribusi, selanjutnya melakukan perhitungan perbandingan antara susut energi (*losses*) sebelum dan sesudah dilakukan penyeimbangan beban. Penyeimbangan beban dilakukan dengan menggunakan simulasi ETAP 19.0, yakni dengan cara memindahkan sebagian beban di fasa yang bebannya tinggi ke fasa yang bebannya lebih rendah, sehingga beban menjadi seimbang. Total susut energi (*losses*) trafo distribusi dalam keadaan beban tidak seimbang pada penyulang Gemblongan, Semarang dan Ahmad Jais adalah 599,835 kWh. Total kerugian susut energi (*losses*) trafo distribusi dalam keadaan beban tidak seimbang pada penyulang Gemblongan, Semarang dan Ahmad Jais dalam 1 hari adalah Rp. 620.828,47, dalam 1 bulan adalah Rp.18.624.854,1, dalam 1 tahun adalah Rp. 226.602.392. Total susut energi (*losses*) trafo distribusi setelah dilakukan penyeimbangan beban pada penyulang Gemblongan, Semarang dan Ahmad Jais adalah 9,784 kWh. Total kerugian susut energi (*losses*) trafo distribusi setelah dilakukan penyeimbangan beban pada penyulang Gemblongan, Semarang dan Ahmad Jais dalam 1 hari adalah Rp. 10.126,44, dalam 1 bulan adalah Rp. 303.793,2, dalam 1 tahun adalah Rp.3.696.150,6. Hasil dari analisa menunjukkan bahwa setelah dilakukan simulasi penyeimbangan beban, nilai arus netral mengecil, sehingga susut energi (*losses*) menurun.

Kata kunci: arus netral, ketidakseimbangan beban, susut

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Studi Susut Energi Pada Gardu Distribusi Yang Bebannya Tidak Seimbang Di PLN ULP Indrapura UP3 Surabaya Utara”. Tujuan dari penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai salah satu persyaratan untuk lulus dari Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya. Penulis menyadari bahwa banyak pihak telah memberikan dukungan selama proses penyelesaian tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Puji Slamet, S.T, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
2. Ibu Izzah Aula Wardah, S.ST., M.Eng.Sc dan Bapak Ir. Hadi Tasmono, MT., IPU., ASEAN Eng, ACPE. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah mengarahkan, memberikan saran dan masukan serta meluangkan waktunya demi membimbing penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Seluruh Bapak/Ibu Dosen Fakultas Teknik yang telah mengajarkan ilmu dan pengetahuan kepada penulis selama menjalani masa studi di Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
4. Keluarga terutama orang tua yang selalu mendukung dan mendoakan sampai diselesaikannya tugas akhir ini.
5. Seluruh rekan kerja di PT. Halyora Powerindo yang telah memberikan banyak dukungan dan bantuan selama menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Serta teman-teman seperjuangan khususnya seluruh mahasiswa Prodi Teknik Elektro angkatan 2020 yang telah memberikan motivasi dan dukungan hingga sampai saat ini.

Penulis menyadari bahwa terdapat keterbatasan dan kekurangan dalam penulisan, penyampaian ide, serta penarikan kesimpulan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca untuk perbaikan lebih lanjut dalam penelitian ini.

Surabaya, Juni 2024

Guntur Wirasto Aji

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.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
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. Sistem Distribusi Tenaga Listrik.....	6
2.3. Struktur Jaringan Distribusi.....	7
2.4. Daya Pada Jaringan Distribusi.....	9
2.5. Gardu Distribusi.....	9
2.6. Transformator.....	13
2.7. Ketidakseimbangan Beban Pada Transformator.....	20
2.8. Susut Energi Pada Jaringan Distribusi.....	22
2.9. Perhitungan Tarik Tenaga Listrik.....	23

BAB III. METODE PENELITIAN.....	25
3.1. Metode Penelitian.....	25
3.2. Diagram Alir Penelitian.....	25
3.3. Pengambilan Data.....	27
3.4. Data Pengukuran Pembebanan Transformator Distribusi.....	28
3.5. Data Penghantar Kawat Netral.....	30
3.6. Data Tarif Tenaga Listrik.....	30
3.7. Analisis Data.....	30
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1. Analisa Presentase Beban Pada Transformator.....	33
4.2. Analisa Ketidakseimbangan Beban Pada Transformator.....	39
4.3. Analisa Susut Energi Akibat Arus Netral Yang Mengalir Pada Penghantar Netral Trafo Dan Ke Tanah (<i>Ground</i>).....	47
4.4. Analisa Biaya Total Susut Energi Akibat Ketidakseimbangan Beban Pada Transformator.....	59
4.5. Analisa Penurunan Susut Energi (<i>Losses</i>) Dengan Menggunakan Simulasi ETAP 19.0.....	64
BAB V. PENUTUP.....	75
5.1. Kesimpulan.....	75
5.2. Saran.....	75
DAFTAR PUSTAKA.....	77
LAMPIRAN.....	79
Lampiran A. Surat Pengantar Tempat Penelitian.....	79
Lampiran B. Surat Balasan Tempat Penelitian.....	80
Lampiran C. SLD Penyulang Gemblongan.....	81
Lampiran D. SLD Penyulang Ahmad Jais.....	82
Lampiran E. SLD Penyulang Semarang.....	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gardu portal.....	10
Gambar 2.2 Gardu cantol.....	11
Gambar 2.3 Gardu beton.....	12
Gambar 2.4 Gardu kios.....	12
Gambar 2.5 Rangkaian pengganti transformator.....	14
Gambar 2.6 Rangkaian ekivalen transformator.....	14
Gambar 2.7 Metode hubung bintang.....	17
Gambar 2.8 Metode hubung segitiga.....	17
Gambar 2.9 Metode hubung zig-zag.....	18
Gambar 2.10 Vektor diagram arus keadaan tidak seimbang.....	21
Gambar 2.11 Vektor diagram arus keadaan seimbang.....	22
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	25
Gambar 4.1 Diagram presentase beban trafo <i>underload</i>	39
Gambar 4.2 Diagram ketidakseimbangan beban trafo penyulang Gemblongan, Semarang dan Ahmad Jais.....	45
Gambar 4.3 Diagram ketidakseimbangan beban trafo distribusi Penyulang Gemblongan, Semarang dan Ahmad Jais.....	46
Gambar 4.4 Diagram <i>losses</i> netral trafo penyulang Gemblongan, Semarang dan Ahmad Jais.....	55
Gambar 4.5 Presentase <i>losses</i> netral trafo penyulang Gemblongan, Semarang dan Ahmad Jais.....	56
Gambar 4.6 Diagram <i>losses ground</i> trafo penyulang Gemblongan, Semarang dan Ahmad Jais.....	57
Gambar 4.7 Presentase <i>losses ground</i> trafo penyulang Gemblongan, Semarang dan Ahmad Jais.....	58
Gambar 4.8 Simulasi ETAP 19.0.....	64
Gambar 4.9 Simulasi Ketidakseimbangan Beban AA 457.....	65

Gambar 4.10 Simulasi Beban Seimbang AA 457.....66

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Pengukuran Penyulang Gemblongan.....	28
Tabel 3.2 Pengukuran Penyulang Ahmad Jais.....	29
Tabel 3.3 Pengukuran Penyulang Semarang.....	29
Tabel 4.1 Presentase Beban Trafo.....	38
Tabel 4.2 Ketidakseimbangan (<i>unbalance</i>) Beban Pada Trafo.....	44
Tabel 4.3 Pengukuran beban Transformator Distribusi Pada Penyulang Gemblongan, Semarang dan Ahmad Jais	53
Tabel 4.4 Susut Energi (<i>losses</i>) Akibat Arus Netral Yang Mengalir Pada Penghantar Netral Trafo dan Akibat Arus Netral Yang Mengalir ke Tanah (<i>Ground</i>).....	54
Tabel 4.4 Perhitungan Biaya Total Susut Energi (<i>losses</i>) Akibat Ketidakseimbangan Beban Pada Transformator.....	57
Tabel 4.5 Perhitungan <i>Losses</i> Netral Trafo dan <i>Losses Ground</i> Trafo pada Trafo Distribusi	61
Tabel 4.6 Perhitungan Biaya Total Susut Energi (<i>losses</i>) Akibat Ketidakseimbangan Beban Pada Transformator	62
Tabel 4.7 Perbandingan Pengukuran Manual Dengan Simulasi ETAP 19.0 Kondisi Beban Tidak Seimbang	67
Tabel 4.8 Beban Trafo Sebelum Dilakukan Penyeimbangan Beban.....	68
Tabel 4.9 Beban Trafo Setelah Dilakukan Penyeimbangan Beban Dengan Simulasi ETAP 19.0.....	69
Tabel 4.10 Perhitungan Susut Energi Sebelum Dilakukan Penyeimbangan Beban..	70
Tabel 4.11 Perhitungan Susut Energi Setelah Dilakukan Penyeimbangan Beban Dengan Simulasi ETAP 19.0.....	71