

SKRIPSI

PERBANDINGAN SUSUT DAYA DAN SUSUT ENERGI MENGGUNAKAN PERHITUNGAN MANUAL DAN SIMULASI ETAP PADA JARINGAN DISTRIBUSI PENYULANG MATARAM GI NEW JAKABARING



**Disusun Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

**Oleh :
LOLA AFRILIANTI
03041182025007**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

**PERBANDINGAN SUSUT DAYA DAN SUSUT ENERGI
MENGUNAKAN PERHITUNGAN MANUAL DAN
SIMULASI ETAP PADA JARINGAN DISTRIBUSI
PENYULANG MATARAM GI *NEW* JAKABARING**



SKRIPSI

**Disusun Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh :

**LOLA AFRILIANTI
03041182025007**

Indralaya, 6 Desember 2024

Menyetujui,

Dosen Pembimbing



Wirawan Adipradana, S.T., M.T.

NIP. 198601122015041001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Ir. Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M. Eng., Ph.D., IPU.

NIP. 197108141999031005

LEMBAR PERNYATAAN DOSEN

Saya sebagai pembimbing dengan ini menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya skop dan kuantitas skripsi ini mencukupi sebagai skripsi mahasiswa sarjana strata satu (S1)

Tanda Tangan :  _____

Pembimbing Utama : Wirawan Adipradana, S.T., M.T.

Tanggal : 06 Desember 2024

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Lola Afrilianti
NIM : 03041182025007
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil pengecekan *Software iThenticate/Turnitin* : 11 %

Menyatakan bahwa karya ilmiah dengan judul Perbandingan Susut Daya dan Susut Energi Menggunakan Perhitungan Manual dan Simulasi ETAP Pada Jaringan Distribusi Penyulang Mataram GI New Jakabaring merupakan karya sendiri dan benar kcasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari karya ilmiah ini merupakan hasil plagiat atas karya ilmiah orang lain, maka saya bersedia bertanggung jawab dan menerima sanksi yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

Indralaya, 11 Desember 2024



Lola Afrilianti

NIM 03041182025007

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Lola Afrilianti
Nim : 03041182025007
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Non eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**PERBANDINGAN SUSUT DAYA DAN SUSUT ENERGI
MENGUNAKAN PERHITUNGAN MANUAL DAN SIMULASI ETAP
PADA JARINGAN DISTRIBUSI PENYULANG MATARAM GI NEW
JAKABARING**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Indralaya

Pada tanggal : 11 Desember 2024



Lola Afrilianti

NIM 03041182025007

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat ridho dan Rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul Perbandingan Susut Daya dan Susut Energi Menggunakan Perhitungan Manual dan Simulasi ETAP Pada Jaringan Distribusi Penyulang Mataram GI *New* Jakabaring ini tepat pada waktunya untuk memenuhi syarat mencapai gelar Sarjana Teknik pada jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.

Penulis sangat berterima kasih kepada orang yang terlibat dalam proses penulisan skripsi ini yang telah memberikan bantuan, arahan, masukan, serta bimbingan. Pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Sasli Hardi, Ibu Ladena, kakak Lidya Safitri, serta keluarga besar penulis yang telah memberikan do'a, semangat dan motivasi selama penulis menjalani pendidikan sampai menyelesaikan tugas akhir dan meraih gelar Sarjana Teknik.
2. Bapak Wirawan Adipradana, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan selama penulisan skripsi ini.
3. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, ST., M.Eng, Ph.D., IPU. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Dr. Eng. Suci Dwijanti, S.T., M.S selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
5. Bapak Ir. Rudiyanto Thayib, M.Sc., Ibu Dr. Herlina, S.T., M.T., dan Ibu Syarifa Fitria, S.T. selaku Dosen Penguji Tugas Akhir.
6. Bapak Ir. Irmawan, S.Si., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
7. Seluruh Dosen pengajar Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.
8. Bapak Ryan Agustama dan Ibu Ventrerie Anggraini Putri selaku Admin Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
9. Bapak Fajri dan Ibu Fira yang telah membantu penulis dalam proses pengambilan data untuk Tugas Akhir ini.
10. Teman terdekat Salsyah, Diah, Febby, Angel, Nanda, Rischantika, Meiwa, Virgie dan Muthi'a yang telah menemani penulis selama perkuliahan.

11. Teman SMA Dhea, Rahmi, Icha, Diva, Nova, Annisa Putri dan Fidia yang telah memberikan dukungan dan semangat selama ini.
12. Teman-teman Teknik Elektro Angkatan 2020 khususnya kelas A Indralaya yang telah menemani dan memberikan dukungan selama perkuliahan.
13. Semua pihak yang telah berkontribusi dalam kelancaran penulisan skripsi yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari dalam penulisan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan pembaca memberikan kritik dan saran yang membangun agar dapat lebih baik kedepannya. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan menjadi referensi yang berguna bagi pembaca serta pihak-pihak yang membutuhkan khususnya mahasiswa jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya serta masyarakat umum.

Palembang, 2 November 2024

Penulis,



Lola Afrilianti

ABSTRAK

PERBANDINGAN SUSUT DAYA DAN SUSUT ENERGI MENGUNAKAN PERHITUNGAN MANUAL DAN SIMULASI ETAP PADA JARINGAN DISTRIBUSI PENYULANG MATARAM GI NEW JAKABARING

(Lola Afrilianti, 03041182025007, 2024, 50 Halaman)

Selama proses penyaluran energi listrik terdapat susut daya dan susut energi yang mengakibatkan kualitas daya menjadi tidak andal. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui berapa susut daya dan energi yang terjadi pada penyulang Mataram di bulan Maret 2024, serta membandingkan nilai persentase susut daya dengan standar SPLN. Pada penelitian ini menggunakan dua metode yaitu perhitungan manual dan simulasi menggunakan *Software* ETAP 19.0.1. Hasil nilai susut daya yang didapatkan dengan perhitungan manual yaitu 2,3849 kW pada beban puncak siang dan 5,2397 kW pada beban puncak malam. Sedangkan perhitungan dengan simulasi ETAP didapatkan nilai susut daya sebesar 2,232 kW pada beban puncak siang dan 5,078 kW pada beban puncak malam. Nilai susut energi pada penyulang Mataram diperoleh sebesar 3,8182 kW dengan nilai rata-rata susut energi harian sebesar 91,6361 kWh. Berdasarkan standar SPLN 1:1978, persentase susut daya yang diizinkan adalah sebesar 2%. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa persentase susut daya pada penyulang Mataram masih dalam batas aman, dengan nilai susut daya sebesar 0,13% pada beban puncak siang dan 0,21% pada beban puncak malam.

Kata kunci : Susut Daya, Susut Energi, Perhitungan Manual, Simulasi ETAP.

ABSTRACT

COMPARISON OF POWER LOSSES AND ENERGY LOSSES USING MANUAL CALCULATIONS AND ETAP SIMULATIONS ON THE DISTRIBUTION NETWORK OF MATARAM FEEDER GI NEW JAKABARING

(Lola Afrilianti, 03041182025007, 2024, 50 Pages)

During the process of distributing electrical energy, there are power losses and energy losses that result in unreliable power quality. The purpose of this research is to find out how much power and energy losses occur in the Mataram feeder in March 2024, and compare the percentage value of power losses with SPLN standards. This research uses two methods, namely manual calculation and simulation using ETAP 19.0.1 software. The results of the power losses value obtained by manual calculation are 2.3849 kW at noon peak load and 5.2397 kW at night peak load. Meanwhile, the calculation with ETAP simulation obtained a power loss value of 2.232 kW at noon peak load and 5.078 kW at night peak load. The value of energy losses on the Mataram feeder was obtained at 3.8182 kW with an average daily energy loss value of 91.6361 kWh. Based on the SPLN 1:1978 standard, the percentage of power losses allowed is 2%. The calculation results show that the percentage of power losses on the Mataram feeder is still within safe limits, with a power loss value of 0.13% at the afternoon peak load and 0.21% at the evening peak load.

Keywords : *Power Losses, Energy Losses, Manual Calculation, ETAP Simulation.*

DAFTAR ISI

COVER SKRIPSI.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN DOSEN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Sistem Tenaga Listrik	5
2.2 Gardu induk.....	6
2.3 Jaringan Distribusi Primer.....	7
2.4 Jaringan Distribusi Sekunder	8
2.5 Transformator.....	8
2.5.1 Prinsip Kerja Transformator	8
2.5.2 Jenis-jenis Transformator.....	9
2.6 Penghantar.....	9
2.6.1 Jenis-jenis Kawat Penghantar	10
2.7 Daya Listrik.....	12
2.8 Penyusutan Daya dan Energi Pada Jaringan Distribusi	14
2.9 ETAP (<i>Electric Transient and Analysis Program</i>)	15

BAB III METODE PENELITIAN.....	17
3.1 Lokasi dan Tempat Penelitian.....	17
3.2 Waktu Penelitian	17
3.3 Metode Penelitian.....	17
3.4 Analisis Data	18
3.5 Diagram Alir Penelitian	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Umum.....	24
4.2 Data Penelitian	24
4.2.1 <i>Single Line Diagram</i>	24
4.2.2 <i>Mapsource</i> Penyulang Mataram	26
4.2.3 Data Penghantar Pada Penyulang Mataram	27
4.2.4 Data Beban Puncak Penyulang Mataram.....	30
4.3 Perhitungan Susut Daya dan Energi Penyulang Mataram	32
4.3.1 Perhitungan Rugi-rugi Daya Penghantar	32
4.3.2 Perhitungan Rata-rata P_{losses}	36
4.3.3 Perhitungan Susut Energi Harian	36
4.4 Simulasi ETAP 19.0.1	39
4.5 Perbandingan Hasil Perhitungan Manual dan Simulasi ETAP 19.0.1	43
4.6 Analisa	47
BAB V PENUTUP.....	48
5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik.....	5
Gambar 2.2 Konfigurasi Sistem Radial	7
Gambar 2.3 Kawat <i>All Aluminium Conductor</i>	10
Gambar 2.4 Kawat <i>All Aluminium Alloy Conductor</i>	10
Gambar 2.5 Kawat <i>All Aluminium Alloy Conductor Shielded</i>	11
Gambar 2.6 Kawat <i>All Conductor Steel-Reinforced</i>	11
Gambar 2.7 Kawat <i>All Conductor Alloy-Reinforced</i>	11
Gambar 2.8 Segitiga Daya	12
Gambar 3.1 Tampilan Menu Bar Pada ETAP.....	20
Gambar 3.2 Pengaturan <i>Lumped Load</i>	21
Gambar 3.3 Pengaturan Jenis Kabel	22
Gambar 3.4 Pengaturan <i>Rating</i> Trafo	22
Gambar 3.5 Diagram Alir Penelitian	23
Gambar 4.1 <i>Single Line Diagram</i> Gardu Induk New Jakabaring	25
Gambar 4.2 <i>Single Line Diagram</i> Penyulang Mataram	26
Gambar 4.3 <i>Mapped</i> Penyulang Mataram.....	27
Gambar 4.4 Simulasi ETAP 19.0.1 Pada Siang Hari.....	40
Gambar 4.5 Simulasi ETAP 19.0.1 Pada Malam Hari.....	40
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Susut Daya Siang	46
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Susut Daya Malam.....	46

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Waktu Pelaksanaan Penelitian	17
Tabel 4.1 Data Jenis dan Panjang Saluran	27
Tabel 4.2 Nilai Impedansi Pada Setiap Kabel.....	30
Tabel 4.3 Data Beban Puncak Penyulang Mataram.....	30
Tabel 4.4 Perhitungan Rugi-rugi Daya Penghantar Maret 2024.....	33
Tabel 4.5 Nilai Rata-rata Susut Energi	37
Tabel 4.6 Hasil Simulasi ETAP 19.0.1	41
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Susut Daya Manual dan Simulasi ETAP.....	43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran Rangkaian *Single Line Diagram* Pada ETAP

Lampiran Data Beban dan Kapasitas Transformator Penyulang Mataram

Lampiran Simulasi Pada *Software* ETAP

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PLN sebagai Industri yang menyediakan pasokan listrik untuk seluruh wilayah Indonesia yang dituntut agar ketersediaan pasokan listrik di Indonesia mampu memenuhi kebutuhan konsumen dan menyediakan energi listrik dengan kualitas yang terpercaya. Dalam tahap penyediaan pasokan listrik yang diperlukan oleh masyarakat, pasokan listrik akan digerakkan melalui pembangkit, yang kemudian disalurkan dengan sistem transmisi menggunakan tegangan yang sudah ditingkatkan dengan trafo *step up* pada sisi pembangkit listrik, lalu aliran energi akan disalurkan melalui saluran distribusi yang menghubungkan hingga ke titik pemakaian akhir oleh konsumen (pusat beban) dengan tegangan yang telah diturunkan menggunakan trafo *step down* pada gardu induk distribusi.

Dalam proses penyaluran energi listrik, terdapat susut daya dan energi yang dapat mengakibatkan kualitas daya yang diterima oleh pelanggan menjadi tidak andal. Susut daya merupakan hilangnya atau penurunan pasokan listrik pada saat tahapan distribusi, melalui pembangkit hingga menuju konsumen. Susut daya ini disebabkan karena adanya tahanan jenis penghantar yang dialiri arus. Berdasarkan SPLN 1:1978, persentase penyusutan daya yang diperkenankan yaitu 2%. Penyusutan energi juga menjadi bahasan penting karena dampaknya berhubungan langsung dengan kualitas daya yang akan disalurkan kepada konsumen, yang dapat mengakibatkan penurunan kualitas dan efisiensi daya listrik akibat dari rugi-rugi daya dalam jaringan. [1]. Salah satu faktor penyebab terjadinya susut energi ini disebabkan karena adanya jarak yang jauh dalam penyaluran listrik. Oleh karena itu, penelitian ini akan menganalisis susut daya dan energi yang terjadi di penyulang Mataram, dimana penyulang ini termasuk salah satu penyulang yang panjang di Gardu Induk *New* Jakabaring dengan melakukan perbandingan metode perhitungan manual dan simulasi dengan menggunakan perangkat lunak ETAP 19.0.1.

Pada pengujian sebelumnya yang dilakukan oleh Danang Ramadhanto dari Jurusan Teknik Elektro Universitas Indonesia dengan judul “Studi Susut Energi

Pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik Melalui Analisis Pengukuran dan Perhitungan.” Penelitian ini membahas mengenai masalah penyusutan energi yang berlangsung di sistem jaringan distribusi. Terjadinya penyusutan pada jaringan distribusi disebabkan oleh arus besar yang mengalir di dalamnya [2].

Berikutnya, dari penelitian yang dilakukan oleh Siti Khoiriyah dari Universitas Muhammadiyah Surakarta dengan judul “Analisis Susut Daya dan Energi Pada Jaringan Distribusi di Gardu Induk Bringin Penyulang Brg-4 Menggunakan *Software* ETAP 12.6.” Pada penelitian ini membahas mengenai analisis penyusutan daya dan energi pada penyulang Brg-4 di Gardu Induk Bringin. Pengujian ini dikerjakan dengan menghitung susut daya yang terjadi di penyulang Brg-4 [3].

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang telah dijelaskan, terdapat beberapa temuan penting yang menjadi acuan penulis dalam penulisan tugas akhir. Penulis akan membahas mengenai susut yang terjadi pada saluran distribusi dengan judul penelitian “Perbandingan Susut Daya dan Susut Energi Menggunakan Perhitungan Manual dan Simulasi ETAP Pada Jaringan Distribusi Penyulang Mataram GI *New* Jakabaring.”

1.2 Perumusan Masalah

Dalam proses penyaluran energi listrik, hilangnya daya dapat diminimalisir dengan cara melakukan perbaikan dan pemeliharaan peralatan agar daya yang disalurkan ke konsumen menjadi maksimal dan kerugian daya dapat dikurangi sekecil mungkin. Dari permasalahan tersebut dapat diketahui seberapa besar penyusutan daya dan energi yang terjadi pada penyulang Mataram Gardu Induk *New* Jakabaring dalam proses penyaluran energi listrik, dalam menganalisa susut tersebut dapat dilakukan dengan perhitungan secara manual dan perhitungan hasil dari *software* ETAP 19.0.1.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin diperoleh melalui penulisan tugas akhir ini dengan merujuk pada perumusan masalah di atas yaitu :

1. Menghitung dan menganalisis penyusutan daya dan energi yang terjadi pada penyulang Mataram Gardu Induk *New* Jakabaring.
2. Mengetahui perbandingan nilai susut daya pada penyulang Mataram dengan metode perhitungan manual dan simulasi dengan menggunakan perangkat ETAP serta perbandingan persentase susut daya dengan standar SPLN.

1.4 Batasan Masalah

Pembatasan masalah yang akan dijelaskan di penelitian tugas akhir ini di antaranya yaitu:

1. Menghitung kehilangan daya dan energi yang terjadi pada Mataram di Gardu Induk *New* Jakabaring.
2. Perhitungan susut daya yang dilakukan susut pada setiap penghantar dengan membandingkan hasil perhitungan manual dan simulasi menggunakan perangkat lunak ETAP 19.0.1.
3. Analisis yang dilakukan terbatas pada susut daya teknis yang disebabkan oleh peralatan pada penyulang Mataram di Gardu Induk *New* Jakabaring.

1.5 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini mencakup latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi teori yang berkaitan dengan sistem tenaga listrik, gardu induk, jaringan distribusi, transformator, penghantar (konduktor), serta penyusutan energi pada jaringan distribusi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini mencakup informasi terkait tempat dilakukannya penelitian, waktu penelitian, metode penelitian, serta analisa data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini mencakup perhitungan hasil data yang diambil serta analisa hasil perhitungan tersebut dan dilakukan perhitungan dengan menggunakan *software* ETAP 19.0.1. Beberapa perhitungan yang

dilakukan pada penelitian ini yaitu perhitungan resistansi, perhitungan susut daya, serta perhitungan susut energi harian.

BAB V PENUTUP

Bab ini mencakup kesimpulan terkait pengujian beserta saran yang diberikan untuk mengevaluasi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sugianto and P. Untara, “Studi susut energi pada sistem distribusi tenaga listrik melalui analisis pengukuran dan perhitungan,” *Stud. Susut Energi Pada Sist. Distrib. Tenaga List. Melalui Anal. Pengukuran Dan Perhitungan*, vol. XXI, no. 2, p. 39, 2019.
- [2] D. Ramadhanto, “Studi Susut Energi Pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik Melalui Analisis Pengukuran dan Perhitungan,” *Tek. Elektro Univ. Indones.*, 2008.
- [3] S. Khoriyah, “Analisis Susut Daya dan Energi Pada Jaringan Distribusi di Gardu Induk Bringin Penyulang Brg-4 Menggunakan Software ETAP 12.6.” *Tek. Elektro Univ. Muhammadiyah Surakarta*, 2018.
- [4] B. Mismail, *Dasar Teknik Elektro Sistem Tenaga dan Telekomunikasi*. Malang: Universitas Brawijaya Press (UB Press), 2011.
- [5] William D Stevenson, *Analisa Sistem Tenaga Edisi Keempat*. Jakarta: Erlangga, 1990.
- [6] Machfuidah, “Analisis Aliran Daya Sistem Distribusi Radikal Dengan Metode Topology Network Berbasis Graphical User Interface (Gui) Matlab,” *Pap. Knowl. Towar. a Media Hist. Doc.*, pp. 7–38, 2019, [Online]. Available: <http://eprints.ubhara.ac.id/id/eprint/817>
- [7] S. Suropto, “Sistem Tenaga Listrik,” *ELTEK, Vol 11 Nomor 01*, pp. 1–293, 2017.
- [8] D. Saefulloh, “Perencanaan pengembangan gardu induk untuk 10 tahun ke depan,” *Tek. Elektro Univ. Diponegoro*, pp. 1–8.
- [9] A. I. dkk Muhtar, “Analisis Rugi Daya Jaringan Distribusi Primer PT.PLN ULP Sengkang Sulawesi Selatan,” vol. 13, no. 01, pp. 18–24, 2021.
- [10] N. A. Basyarach, “Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Radial Untuk Minimisasi Rugi Daya Menggunakan Binary Particle Swarm Optimization (BPSO) Reconfiguration Of Radial Distribution Network To Minimize Losses Using Binary Particle Swarm Optmization (BPSO),” 2016.
- [11] R. D. Putranti and I. Setiono, “Perhitungan Kerugian Energi Pada Penyulang Tambak Lorok-03 Sebagai Salah Satu Pilot Project Program Revass

- (Revenue Assurance) Dalam Program Rekonsiliasi Energi Pt. Pln (Persero) Area Semarang,” *Gema Teknol.*, vol. 18, no. 1, p. 16, 2014, doi: 10.14710/gt.v18i1.8810.
- [12] H. Danny, H. K., Mujiman, wiwik, “Analisis Penambahan Transformator Daya Baru (60 MVA) Untuk Menambahkan Suplai Daya Area Distribusi Pada Gardu Induk Kentungan 150 KV,” *J. Elektr.*, vol. 4 (1), no. 1, pp. 65–73, 2019.
- [13] I. A. Djufri, *Transformator*. Yogyakarta: Deepublish, 2022.
- [14] J. A. Wijaya, “Analisis Peramalan Masa Pakai Transformator Berdasarkan Beban Menggunakan Metode Regresi Linier,” *A Psicanal. dos contos fadas. Tradução Arlene Caetano*, no. 1, p. 105, 2019, [Online]. Available: https://digilibadmin.unismuh.ac.id/upload/8927-Full_Text.pdf
- [15] A. Eka, P. Lestari, P. Oetomo, F. T. Industri, and J. Selatan, “Analisis Pemilihan Penghantar Tenaga Listrik Pada Gedung Bertingkat,” vol. XXIII, no. 2, pp. 61–68, 2021.
- [16] F. H. Nasution, “Analisis Perhitungan Susut Energi Pada Penyulang kenari Gardu Induk Seduduk Putih,” *Fak. Tek. Univ. Sriwij.*, 2023.
- [17] C. Paripurna, “Analisis Rugi-Rugi Daya dan Jatuh Tegangan Saluran Distribusi Tegangan Menengah 20 kV Pada Penyulang Padjajaran Gardu Induk New Jakabaring,” *Fak. Tek. Univ. Sriwij.*, 2020.
- [18] N. Setiaji, “Analisis konsumsi daya dan distribusi tenaga listrik 1,2,3,” *Tek. Elektro Univ. Dirgant. Marsekal Suryadarma*, no. 1, 2022.
- [19] G. Ardiansyah *et al.*, “Pemanfaatan Daya Listrik Bagi Pelanggan Tegangan,” vol. XII, no. 1, pp. 19–27, 2022.
- [20] A. Wahid, “Analisis kapasitas dan kebutuhan daya listrik untuk menghemat penggunaan energi listrik di fakultas teknik universitas tanjungpura,” *Fak. Tek. Univ. Tanjungpura*, 2014.
- [21] W. R. Sukrisna *et al.*, “Minimalisasi Susut Energi Pada Jaringan Distribusi Tak Seimbang Menggunakan Metode Sensitivitas dan Feed Forward Neural Network Berdasarkan Faktor Losses,” *Tek. Elektro Univ. Negeri Surabaya*, 2017.