

**ANALISIS RUGI-RUGI DAYA PADA JARINGAN DISTRIBUSI
20 KV MENGGUNAKAN ETAP 19.0.1 DI PT PLN (PERSERO)
ULP KOTANOPAN**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta*

Oleh :

MUHAMMAD IMAM LUBIS

NPM : 2410017111082



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS BUNG HATTA
PADANG**

2026

LEMBARAN PENGESAHAN
ANALISIS RUGI-RUGI DAYA PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV
MENGUNAKAN ETAP 19.0.1 DI PT PLN (PERSERO)
ULP KOTANOPAN

SKRIPSI


*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan
Program Strata Satu (S-1) Pada Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta*

Oleh

MUHAMMAD IMAM LUBIS
NPM : 2410017111082

Disetujui Oleh:

Pembimbing



Ir. Cahayahati, MT
NIK: 930 500 331

Diketahui Oleh:

Fakultas Teknologi Industri
Dekan,



Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, ST.MT
NIDN: 1012097403

Jurusan Teknik Elektro
Ketua,



Dr. Ir. Indra Nisja, M.Sc
NIDN: 201810683

LEMBAR PENGUJI
ANALISIS RUGI-RUGI DAYA PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV
MENGUNAKAN ETAP 19.0.1 DI PT PLN (PERSERO)
ULP KOTANOPAN

SKRIPSI

MUHAMMAD IMAM LUBIS
NPM : 2410017111082

*Dipertahankan Di Depan Penguji Skripsi
Program Strata Satu (S-1) Pada Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta
Hari : Jumat, 6 Maret 2026*

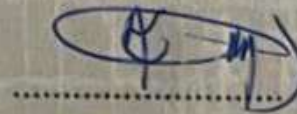
No. Nama

Tanda Tangan

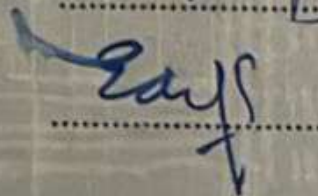
1. Ir. Cahavahati, MT
(Ketua dan Penguji)



2. Ir. Arnita, MT
(Penguji)



3. Ir. Eddy Soesilo, M.Eng
(Penguji)



PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa ini sebagian maupun keseluruhan Skripsi saya dengan judul "ANALISIS RUGI-RUGI DAYA PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV MENGGUNAKAN ETAP 19.01 DI PT PLN (PERSERO) ULP KOTANOPAN" adalah benar- 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 dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Kotanopan, 06 Maret 2026



MUHAMMAD IMAM LUBIS

NPM : 2410017111082



KATA PENGANTAR

Assalamu `alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Tuhan Yang maha Esa, karena kasih dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan baik.

Skripsi ini disusun guna memenuhi persyaratan menyelesaikan pendidikan program Strata-1 Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri di Universitas Bung Hatta. Adapun skripsi ini berjudul: **“ANALISIS RUGI-RUGI DAYA PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV MENGGUNAKAN ETAP 19.0.1 DI PT PLN (PERSERO) ULP KOTANOPAN”**.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis banyak mendapat saran, dorongan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala hormat dan kerendahan hati perkenankanlah penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa atas berkat yang telah diberikan kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan kerja praktik ini dalam keadaan yang sehat dan tanpa kekurangan apapun.
2. Keluarga yang telah memberikan doa dan dukungan sepenuhnya dalam penyusunan skripsi ini.
3. Ibu Prof. Dr. Reni Desmiarti, S.T, M.T selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta.
4. Bapak Dr. Ir. Indra Nisja, M.Sc selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Bung Hatta.
5. Bapak Dr. Ir. Ija Darmana, M.T., IPM selaku Penasehat Akademis.
6. Bapak Ir. Cahayati, MT selaku Pembimbing yang telah memberikan arahan dan pengetahuan selama penyusunan skripsi ini.
7. Bapak/ Ibu dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Bung Hatta yang telah

memberikan ilmu dan materi di dalam perkuliahan maupun di luar perkuliahan.

8. Bapak Rahmat Akbar Siregar selaku Manager PT.PLN (Persero) ULP Kotanopan.
9. Bapak Najamuddin Lubis yang telah banyak membantu dalam penyelesaian skripsi ini.
10. Seluruh Bapak-Bapak Pelayanan Teknik PT.PLN (Persero) ULP Kotanopan.
11. Seluruh Pegawai dan Staff PT.PLN (Persero) ULP Kotanopan.
12. Rekan dan teman seperjuangan dalam menyelesaikan Proposal Skripsi, Teknik Elektro Kelas Mandiri angkatan 2024. Terimakasih atas dukungan dan terus memberikan semangat serta masukan kepada penulis.
13. Serta semua pihak lain yang telah banyak membantu penulis dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari akan kekurangan dari laporan dan proyek Tugas Akhir yang telah dibuat belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun. Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi siapa saja yang membacanya.

Medan , 06 Maret 2026

Muhammad Imam Lubis
2410017111081

INTISARI

Penyaluran energi listrik dari pembangkit menuju konsumen akhir melalui jaringan distribusi sering kali mengalami rugi-rugi daya yang berdampak pada efisiensi sistem. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis besar rugi-rugi daya yang terjadi pada jaringan distribusi di wilayah kerja PT PLN (Persero) ULP Kotanopan serta mengevaluasi faktor-faktor yang mempengaruhinya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah perhitungan rugi-rugi daya aktif (P) dan reaktif (Q) pada jaringan distribusi tegangan menengah menggunakan data primer dari pengukuran lapangan dan data sekunder dari pihak PLN. Analisis dilakukan terhadap beberapa penyulang (*feeder*) utama untuk mengetahui lokasi dan besaran rugi-rugi daya secara lebih spesifik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat rugi-rugi daya pada beberapa penyulang melebihi batas toleransi yang ditetapkan oleh PLN, disebabkan oleh panjang jaringan, ketidakseimbangan beban, serta kondisi konduktor dan sambungan yang kurang optimal. Rekomendasi perbaikan mencakup penataan ulang beban, penggantian konduktor dengan ukuran lebih besar, dan pemasangan kapasitor bank pada titik-titik tertentu. Dengan optimalisasi ini, diharapkan efisiensi sistem distribusi dapat ditingkatkan dan rugi-rugi daya dapat ditekan secara signifikan.

Kata Kunci: Studi Aliran Daya, Jaringan Distribusi 20 kV, ETAP.

ABSTRACT

The distribution of electrical energy from generating plants to end consumers through the distribution network often results in power losses that impact system efficiency. This study aims to analyze the significant power losses occurring in the distribution network within the working area of PT PLN (Persero) ULP Kotanopan and identify the factors influencing them. The method used in this study is the calculation of active (P) and reactive (Q) power losses in the medium-voltage distribution network using primary data from field measurements and secondary data from PLN. Analysis was conducted on several main feeders to determine the specific location and magnitude of power losses. The results indicate that power losses in several feeders exceed the tolerance limits set by PLN, due to network length, load flexibility, and suboptimal conductor and connection conditions. Recommendations for improvement include load reconfiguration, replacement of conductors with larger sizes, and installation of capacitor banks at specific points. With this optimization, distribution system efficiency is expected to be increased and power losses can be significantly reduced.

Keywords: *Power Flow Study, 20 kV Distribution Network, ETAP.*

DAFTAR ISI

LEMBARAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
LEMBARAN PENGUJI	Error! Bookmark not defined.
PERYANTAAAN KEASLIAN SKRIPSI	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	i
INTISARI	i
ABSTRACT	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan Penelitian.....	6
2.2 Landasan Teori.....	8
2.2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik.....	8
2.2.2 Studi Aliran Daya.....	20
2.2.3 Hipotesis.....	35
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	37
3.1 Alat dan Bahan Penelitian	37
3.1.1 Alat Penelitian.....	37
3.1.2 Bahan Penelitian.....	37
3.2 Alur Penelitian	39
3.3 Deskripsi Sistem dan Analisis.....	41
3.3.1 Deskripsi Sistem.....	41
3.3.2 Analisis.....	41
3.4 Data Penyulang YB3.....	42
3.4.1 Single line diagram penyulang YB3	42

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	65
4.1 Data Sistem.....	65
4.2 Gambar Sistem Tenaga.....	69
4.3 Simulasi dan Perhitungan Aliran Daya	70
4.3.1 Hasil Losses Menggunakan ETAP 19.01.....	71
4.3.2 Perhitungan Losses pada saluran di Penyulang YB 3.....	74
4.4 Analisa Aliran Daya	79
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	81
5.1 Kesimpulan	81
5.2 Saran.....	82
DAFTAR PUSTAKA	1
LAMPIRAN.....	3

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bagian-bagian Jaringan Distribusi	11
Gambar 2. 2 Jaringan Distribusi Pola Radial	13
Gambar 2. 3 Jaringan Distribusi Pola Loop	13
Gambar 2. 4 Jaringan Distribusi Pola Grid	14
Gambar 2. 5 Jaringan Distribusi Pola Spindel	15
Gambar 2. 6 Arus dan Tegangan pada Beban Resistif.....	18
Gambar 2. 7 Arus dan Tegangan pada Beban Induktif.....	19
Gambar 2. 8 Arus dan Tegangan pada Beban Kapasitif	19
Gambar 2. 9 Segitiga Daya	22
Gambar 2. 10 Elemen standar ANSI dan IEC.....	31
Gambar 2. 12 Simbol Generator di ETAP	31
Gambar 2. 13 Simbol Transformator standar ANSI dan IEC	32
Gambar 2. 14 Simbol pemutus rangkaian di ETAP	32
Gambar 2. 15 Simbol beban statis di ETAP	32
Gambar 2. 16 Toolbar ANSI Standar.....	32
Gambar 2. 17 Toolbar IEC Standar.....	32
Gambar 2. 18 Lembar Kerja.....	33
Gambar 2. 19 Single Line Diagram	34
Gambar 3. 1 Flow Chart Penelitian.....	41
Gambar 3. 2 Single Line Diagram	43
Gambar 3. 3 Kotak Dialog Pertama	61
Gambar 3. 4 New Project	61
Gambar 3. 5 Tampilan user information ETAP 19.01	62
Gambar 3. 6 Tampilan utama ETAP 19.01	62
Gambar 3. 7 Diagram satu garis penyulang YB3	63
Gambar 4. 1 Single Line Diagram YB 3.....	69
Gambar 4. 2 Simulasi Unbalance Load Flow	70
Gambar 4. 3 Hasil Simulasi Losses pada ETAP	71

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nilai Resistansi dan Reaktansi pada penghantar.....	24
Tabel 3. 1 Data Trafo dan Beban per Gardu	43
Tabel 3. 2 Data Beban per gardu LWBP dan WBP	48
Tabel 3. 3 Data Jarak Antar Gardu.....	52
Tabel 3. 4 Data Arus Rata-rata LWBP.....	55
Tabel 3. 5 Data Arus Rata-rata WBP.....	57
Tabel 4. 1 Data Sistem	66
Tabel 4. 2 Hasil simulasi gardu pada penyulang YB3	71

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan kebutuhan vital dalam kehidupan masyarakat modern. Hampir seluruh sektor kehidupan, baik industri, pemerintahan, maupun rumah tangga sangat bergantung pada ketersediaan energi listrik yang andal dan berkualitas. PT PLN (Persero) sebagai satu-satunya penyedia listrik di Indonesia memiliki tanggung jawab besar untuk menyediakan energi listrik secara terus-menerus, aman, dan efisien hingga ke konsumen.

Dalam proses penyaluran listrik dari pembangkit ke konsumen, terdapat tahapan transmisi dan distribusi. Sistem distribusi merupakan tahap akhir dalam penyaluran energi listrik sebelum mencapai pelanggan. Namun, dalam proses ini sering terjadi *losses* atau rugi-rugi daya listrik, baik berupa rugi-rugi daya aktif (kW) maupun daya reaktif (kVAR), yang umumnya disebabkan oleh konduktor penghantar, transformator, serta ketidakseimbangan beban.

Sistem distribusi merupakan suatu bagian utama dari sistem tenaga listrik secara keseluruhan. Bagian ini berfungsi untuk mendistribusikan daya listrik dari sisi pembangkit sebagai pengirim ke sisi beban (konsumen) sebagai penerima. Daya listrik tersebut disalurkan melalui peralatan sistem tenaga listrik dengan kapasitas tertentu. Jumlah energi listrik yang sampai ke beban tidak sama dengan jumlah energi listrik yang dibangkitkan karena terjadi susut atau rugi-rugi (*losses*) energi (Mansur, 2005).

Distribusi energi listrik yang berawal dari pembangkit dan diakhiri dengan penggunaan oleh konsumen haruslah bersifat efektif, efisien dan dapat diandalkan. Melihat dari kriteria tersebut maka dalam pembangkitan energi listrik serta distribusi energi listrik haruslah dilakukan secara rasional dan ekonomis. Pada jaringan distribusi jumlah energi listrik yang sampai ke beban tidak sama dengan jumlah energi listrik yang dibangkitkan karena terjadi susut atau rugi-rugi (*losses*) energi. Rugi rugi pada jaringan sistem

tenaga listrik juga disebabkan oleh pembebanan yang tidak seimbang antara ketiga sistem fasa, panas yang timbul pada konduktor saluran maupun transformator, serta panas yang timbul pada sambungan konduktor yang buruk (losscontact) (Josafat Mangundap, Sartje Silimang, Hans Tumaliang, 2017)

Penentuan jumlah rugi-rugi energi yang tepat setiap bulan merupakan kebutuhan pengoperasian sistem tenaga listrik yang paling mendesak. Perhitungannya sangat sukar karena kondisi pembebanan sistem yang berbeda setiap saat sesuai dengan kebutuhan konsumen sistem tenaga listrik. Dengan demikian besar rugi ruginya berbeda dari waktu ke waktu sehingga total rugi daya listrik setiap bulan berbeda-beda, karena itu dibutuhkan suatu metode perhitungan yang akurat dan membuat kurva beban berdasarkan kelompok beban pelanggan (Salama M., 2007).

Sistem distribusi tenaga listrik pada PT.PLN (Persero) Wilayah Kotanopan merupakan contoh kasus sistem distribusi yang selalu mengalami rugi-rugi daya listrik. Rugi-rugi daya tersebut tidak dapat dihindari, sementara besar rugi-rugi tersebut belum diketahui, apakah masih dalam batas-batas yang diizinkan atau melampaui batas standar yang telah ditentukan. Selain itu, level tegangan yang dibangkitkan umumnya tidak sama dengan level tegangan di pelanggan. Pada titik tertentu tidak tertutup kemungkinan terjadi rugi-rugi (losses) daya dan jatuh tegangan yang melampaui batas-batas teknis yang dipersyaratkan berdasarkan SPLN 1978 yaitu sekitar 5 %.

Untuk menghitung rugi-rugi saluran pada suatu sistem distribusi, maka terlebih dahulu harus dilakukan studi aliran daya. Dalam hal ini analisis atau perhitungan dilakukan terhadap tegangan, arus, daya dan rugi-rugi daya dalam suatu jaringan listrik pada berbagai titik dengan kondisi operasi normal. Beberapa metode penyelesaian studi aliran daya telah digunakan untuk menghitung rugi-rugi saluran, diantaranya Damasar, I. (2005) telah menggunakan metode Gauss-Seidel Y Bus untuk menganalisis

penanggulangan rugi-rugi daya jaringan distribusi 20 kV di PT PLN (Persero) Manado.

Namun, menurut Raharjo, A.T. (2007), penggunaan metode Gauss-Seidel Y Bus sering konvergensi tidak tercapai khususnya untuk sistem yang radial atau mendekati radial. Oleh karena itu, beberapa variabel perlu diubah seperti harga awal slack bus, faktor percepatan dan tingkat ketelitian. Metode lain yang sering digunakan dalam studi aliran daya adalah Newton-Raphson. Metode ini memiliki perhitungan yang lebih baik dibanding dengan metode Gauss-Seidel bila untuk sistem tenaga yang lebih besar, karena lebih efisien dan praktis (Cekdim, C. 2005).

Dalam metode ini jumlah literasi yang dibutuhkan untuk memperoleh pemecahan berdasarkan ukuran sistem. Berdasarkan uraian di atas, maka dalam penelitian ini akan mencoba menggunakan studi aliran daya dengan metode Newton-Raphson menggunakan software ETAP 19.0.1 untuk menghitung rugi-rugi daya pada jaringan distribusi ULP Kotanopan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kondisi aliran daya pada jaringan distribusi 20 kV di PT PLN (Persero) ULP Kotanopan?
2. Berapa besar rugi-rugi daya yang terjadi pada jaringan distribusi 20 kV tersebut?
3. Bagaimana hasil simulasi aliran daya dan rugi-rugi daya menggunakan perangkat lunak ETAP 19.01?
4. Bagaimana perbandingan antara hasil simulasi dengan data aktual lapangan?

1.3 Batasan Masalah

Untuk memperjelas ruang lingkup penelitian, maka batasan masalah ditetapkan sebagai berikut:

1. Penelitian hanya difokuskan pada analisis rugi-rugi daya pada jaringan distribusi tegangan menengah (20 kV) dan tegangan rendah (400/230 V) di wilayah kerja PT PLN (Persero) ULP Kotanopan.
2. Jenis rugi-rugi daya yang dianalisis hanya meliputi rugi-rugi daya teknis (technical losses), tidak termasuk rugi-rugi non-teknis seperti pencurian listrik atau kesalahan pencatatan meter.
3. Jenis rugi-rugi daya yang dianalisis hanya meliputi rugi-rugi daya aktif (kW) tidak membahas rugi-rugi daya reaktif.
4. Data yang digunakan merupakan data primer dan sekunder dari PLN ULP Kotanopan dalam rentang waktu satu tahun terakhir.
5. Perhitungan rugi-rugi daya dilakukan secara manual dan dengan bantuan perangkat lunak pendukung seperti Microsoft Excel atau ETAP (jika tersedia).

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis kondisi aliran daya pada jaringan distribusi 20 kV di PT PLN (Persero) ULP Kotanopan.
2. Menghitung besarnya rugi-rugi daya yang terjadi pada sistem distribusi 20 kV.
3. Melakukan simulasi aliran daya dan rugi-rugi daya menggunakan perangkat lunak ETAP 19.01.
4. Membandingkan hasil simulasi dengan data lapangan untuk mengevaluasi keakuratan model jaringan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini:

1. Bagi PLN : memberikan informasi yang berguna bagi pihak PT PLN (Persero) ULP Kotanopan dalam mengevaluasi kinerja jaringan distribusi dan menjadi dasar pertimbangan dalam pengambilan keputusan teknis terkait perbaikan dan efisiensi sistem distribusi.

membantu pihak PT PLN (Persero) ULP Kotanopan dalam mengetahui kondisi aktual jaringan distribusi dan besarnya rugi-rugi daya.

2. Bagi akademisi: menambah wawasan dan literatur mengenai rugi-rugi daya dalam system distribusi Listrik, khususnya di wilayah operasional PLN dan menjadi referensi bagi mahasiswa atau peneliti lain yang tertarik pada bidang system tenaga Listrik dan efisiensi energi, menambah wawasan dalam bidang sistem tenaga listrik, khususnya analisis distribusi 20 kV.