

**STUDI PERHITUNGAN SUSUT DAYA PADA SISTEM
KELISTRIKAN INTERKONEKSI SUMATERA DENGAN METODE
QUASI DINAMIC DIGSILENT**

SKRIPSI

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

Oleh:

PRISKA DONA PRIMADI

2410017111073



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS BUNG HATTA
PADANG**

2026

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI PERHITUNGAN SUSUT DAYA PADA SISTEM KELISTRIKAN
INTERKONEKSI SUMATERA DENGAN METODE QUASI DINAMIC
DIGSILENT

SKRIPSI

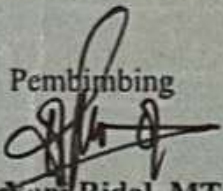
*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta*

Oleh :

Priska Dona Primadi
NPM : 2410017111073

Disetujui Oleh :

Pembimbing


Ir. Yanti Ridal, MT
NIDN : 1024016101

Diketahui Oleh

Fakultas Teknologi Industri
Dekan,



Prof. Dr.Eng. Reni Desmiarti, S.T., M.T
NIK : 990 500 496

Jurusan Teknik Elektro
Ketua,



Dr. Ir. Indra Nisja, M.Sc
NIK/NIP : 201810683

LEMBAR PENGUJI

STUDI PERHITUNGAN SUSUT DAYA PADA SISTEM KELISTRIKAN INTERKONEKSI SUMATERA DENGAN METODE QUASI DINAMIC DIGSILENT

SKRIPSI

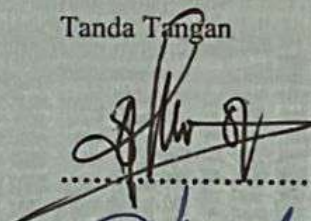
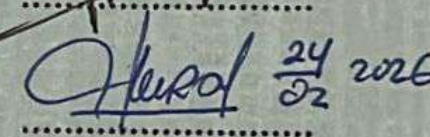
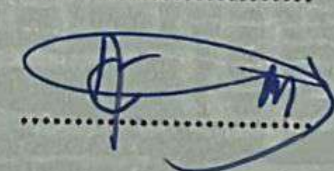
Priska Dona Primadi
NPM : 2410017111073

Dipertahankan Di Depan Penguji Skripsi
Program Strata Satu (S-1) Pada Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta
Hari : Senin, 9 Februari 2026

No. Nama

Tanda Tangan

1. Ir. Yani Ridal, MT
(Ketua dan Penguji)
2. Mirza Zoni, S.T., M.T
(Penguji)
3. Ir. Arnita, MT
(Penguji)


.....

.....

.....

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa ini sebagian maupun keseluruhan Skripsi saya dengan judul **"Studi Perhitungan Susut Daya Pada Sistem Kelistrikan Interkoneksi Sumatera Dengan Metode Quasi Dinamic Digsilent"** 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.

Padang, 16 Februari 2026

A pink rectangular stamp with a scalloped border. It contains the text "KETERANGAN TEMPEL" and "080CBANK 91021501". A handwritten signature in blue ink is written over the stamp.

Dina Primadi

NPM : 2410017111073

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi penelitian ini dengan judul “Studi Perhitungan Susut Daya Pada Sistem Kelistrikan Interkoneksi Sumatera Dengan Metode Quasi Dinamic Digsilent”.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak akan terwujud tanpa dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Eng. Ir. Reni Desmiarti, S.T., MT selaku dekan Fakultas Teknologi Industri.
2. Bapak Dr. Indra Nisja, M.Sc selaku ketua Program Studi Teknik Elektro.
3. Bapak Ir. Yani Ridal, MT selaku pembimbing utama yang telah memberikan arahan, kritik, dan saran berharga selama proses penyusunan skripsi.
4. PT PLN (Persero) Unit Induk Penyaluran dan Pusat Pengatur Beban Sumatera, yang telah memberikan kesempatan untuk mengakses data teknis jaringan interkoneksi Sumatera.
5. Rekan-rekan Mahasiswa Teknik elektro, atas diskusi dan motivasi selama penyusunan penelitian.
6. Keluarga tercinta, yang senantiasa mendukung baik secara moral maupun spiritual.
7. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan namanya satu per satu yang telah mendoakan penulis dan membantu terlaksananya penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik konstruktif dari para pembaca sangat diharapkan untuk penyempurnaan penelitian ini. Semoga penelitian ini dapat memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan sistem ketenagalistrikan di Indonesia, khususnya dalam mengurangi susut daya di Sumatera

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tulisan ini dapat menambah dan memperkaya lembar khazanah pengetahuan bagi para pembaca sekalian dan khususnya bagi penulis sendiri. Sebelum dan sesudahnya penulis mengucapkan terima kasih.

Pekanbaru, 16 Februari 2026



Priska Dona Primadi

2410017111073

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis rugi-rugi daya pada sistem interkoneksi kelistrikan Sumatera menggunakan simulasi *Quasi-Dynamic* pada perangkat lunak DigSILENT Power Factory 2021. Data yang digunakan mencakup karakteristik konduktor, beban konsumen, dan rencana pembangkitan selama 24 jam yang diperoleh dari PT PLN (Persero) UIP3B Sumatera tahun 2024. Hasil simulasi menunjukkan bahwa rugi-rugi daya rata-rata sistem mencapai 148,11 MW dengan pola harian yang mengikuti profil beban, dimana puncak tertinggi terjadi pada jam 18:00–20:00 seiring dengan beban puncak sistem. Total rugi-rugi harian mencapai 3.554,64 MWh dengan estimasi biaya tahunan sebesar Rp 1,9 triliun berdasarkan asumsi tarif energi Rp 1.500/kWh. Hasil simulasi DigSILENT secara konsisten 18–25% lebih tinggi dibandingkan perhitungan manual, menunjukkan adanya faktor dinamis dan komprehensivitas pemodelan perangkat lunak. Temuan krusial mengungkap bahwa 20% saluran transmisi (terutama bertegangan 275 kV) menyumbang 65% dari total rugi-rugi, menunjukkan distribusi yang tidak merata dan potensi optimasi yang terfokus. Studi ini merekomendasikan implementasi strategi teknis seperti pemasangan kapasitor bank, *reconductoring* pada saluran kritis, dan manajemen beban dinamis untuk meningkatkan efisiensi sistem sekaligus mendukung target keandalan dan ekonomi operasi jaringan.

Kata Kunci : Susut Daya, Sistem Interkoneksi Sumatera, DigSILENT Power Factory, Simulasi Quasi-Dynamic, Rugi-rugi Transmisi, Analisis Aliran Beban, Optimisasi Jaringan.

ABSTRACT

This study aims to analyze power losses in the Sumatera electrical interconnection system using *Quasi-Dynamic* simulation in DigSILENT Power Factory 2021 software. The data used include conductor characteristics, consumer loads, and 24-hour generation schedules obtained from PT PLN (Persero) UIP3B Sumatera in 2024. The simulation results indicate that the average system power loss reaches 148.11 MW with a daily pattern following the load profile, where the highest peak occurs at 18:00–20:00, coinciding with system peak load. Total daily losses amount to 3,554.64 MWh, with an estimated annual cost of IDR 1.9 trillion based on an assumed energy tariff of IDR 1,500/kWh. DigSILENT simulation results were consistently 18–25% higher than manual calculations, highlighting the influence of dynamic factors and the comprehensiveness of software modeling. A critical finding reveals that 20% of transmission lines (particularly those operating at 275 kV) contribute to 65% of total losses, indicating an uneven distribution and potential for focused optimization. The study recommends the implementation of technical strategies such as capacitor bank installation, reconductoring of critical lines, and dynamic load management to enhance system efficiency while supporting network reliability and operational economic targets.

Key Word Power Losses, Sumatra Interconnection System, DigSILENT Power Factory, Quasi-Dynamic Simulation, Transmission Losses, Load Flow Analysis, Network Optimization.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I.....	1
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	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Penelitian	5
2.2 Landasan Teori.....	6
2.2.1 Saluran transmisi	6
2.2.2 Daya Listrik	12
2.2.3 Tegangan Transmisi dan Rugi-rugi Daya	18
2.2.4 DigSILENT Power Factory	19
2.2.5 Quasi Dynamic	20
2.3 Hipotesis	22
BAB III.....	23
METODE PENELITIAN	23
3.1 Alat dan Bahan Penelitian.....	23
3.2 Alur Penelitian.....	23
3.3 Aspek Teknis	25

3.3.1 Studi Analisa dan Simulasi.....	26
3.3.2 Aktivasi Project	27
BAB IV	32
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Data Sistem Kelistrikan Sumatera	32
4.1.1 Data Konduktor Sistem Kelistrikan Sumatera	32
4.1.2 Data Beban Kelistrikan Sumatera.....	33
4.1.3 Data Pembangkitan Sistem Kelistrikan Sumatera	34
4.1.4 Beban dan Kontribusi Beban Pembangkit per Provinsi	35
4.2 Single Line Diagram Permodelan Sistem Kelistrikan Sumatera	39
4.3 Perhitungan rugi-rugi.....	49
4.4 Analisis Rugi-rugi Daya.....	52
4.4.1 Sistem sumatera	52
4.4.2 Rugi masing0masing segment	55
4.4.3 Analisis Faktor Penentu Rugi-rugi.....	56
4.4.4 Analisis Ekonomis Komprehensif.....	57
BAB V.....	59
PENUTUP.....	59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA.....	62
DAFTAR LAMPIRAN	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Saluran Udara Tegangan Tinggi / Extra Tinggi	7
Gambar 2.2 Switch Gear Gardu Induk SF6.....	11
Gambar 2.3 Switch Yard Gardu Induk Konvensional	11
Gambar 2.4 Segitiga Daya	15
Gambar 2.5 (a) Beban <i>Induktif</i> dan (b) Beban <i>Kapasitif</i>	17
Gambar 2.6 Aplikasi DigSILENT Power Factory	20
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Alur Penelitian	25
Gambar 3.2 Peta transmisi Sumatera	26
Gambar 3.3 Single line diagram Sumatera	27
Gambar 3.4 Data Manager	27
Gambar 3.5 Data Diagram.....	28
Gambar 3.6 Input karakteristik beban konsumen	28
Gambar 3.7 Daftar langgam beban trafo subsistem.....	29
Gambar 3.8 Input rencana beban pembangkit	29
Gambar 3.9 Daftar beban pembangkit.....	30
Gambar 3.10 Gambar curva plot	30
Gambar 3.11 Area grafik	31
Gambar 3.12 Grafik losses	31
Gambar 4.1 Karakteristik Beban Kelistrikan Sumatera	33
Gambar 4.2 Data Karakteristik Pembangkitan	35
Gambar 4.3 Perbandingan Beban Sumatera Selatan.....	36
Gambar 4.4 Perbandingan Beban Sumatera Utara.....	36
Gambar 4.5 Perbandingan Beban Lampung	37

Gambar 4.6 Perbandingan Beban Riau	37
Gambar 4.7 Perbandingan Beban Bengkulu	38
Gambar 4.8 Perbandingan Beban Bangka	38
Gambar 4.9 Perbandingan Beban Jambi	38
Gambar 4.10 Perbandingan Beban Sumatera Barat	39
Gambar 4.11 Perbandingan Beban Aceh.....	39
Gambar 4.12 Single Line Diagram Digsilent Subsistem aceh	40
Gambar 4.13 Single Line Diagram Digsilent Subsistem Sumatera utara	41
Gambar 4.14 Single Line Diagram Digsilent Subsistem Sumatera barat	42
Gambar 4.15 Single Line Diagram Digsilent Subsistem riau	43
Gambar 4.16 Single Line Diagram Digsilent Subsistem jambi	44
Gambar 4.17 Single Line Diagram Digsilent Subsistem bengkulu	45
Gambar 4.18 Single Line Diagram Digsilent Subsistem bangka.....	46
Gambar 4.19 Single Line Diagram Digsilent Subsistem Sumatera selatan	47
Gambar 4.20 Single Line Diagram Digsilent Subsistem lampung	48
Gambar 4.21 Grafik Rugi-rugi daya	53
Gambar 4.22 Grafik Rugi-rugi daya Hasil Running Digsilent	53

DAFTAR TABEL

Tabel 4.5 Data Total perJam Rugi-rugi Daya.....	52
Tabel 4.6 Ringkasan susut per Segmen.....	56
Tabel 4.7 Distribusi Biaya Rugi-Rugi per Segmen	58

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik di Indonesia terus meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi, industrialisasi, dan pertambahan penduduk. Listrik, sebagai bentuk energi yang mudah dikonversi ke bentuk lain, memegang peran fundamental dalam mendukung kehidupan modern. Namun, peningkatan permintaan ini harus diimbangi dengan ketersediaan pasokan yang stabil dan efisien. Perusahaan Listrik Negara (PT. PLN Persero), sebagai penanggung jawab sistem kelistrikan nasional, menghadapi tantangan kompleks dalam menyalurkan energi dari pusat pembangkit ke konsumen, terutama akibat rugi-rugi teknis dan non-teknis yang mengurangi efisiensi sistem. Pada saluran transmisi, faktor seperti jarak, resistansi konduktor, dan voltage drop turut berkontribusi pada kerugian daya

Sistem interkoneksi ketenagalistrikan pulau Sumatera dibagi menjadi 3 Subsistem diantaranya Subsistem Sumatera Bagian Utara meliputi daerah penyaluran listrik Provinsi Aceh dan Provinsi Sumatera Utara, kemudian Subsistem Sumatera Bagian Tengah meliputi Provinsi Riau, Provinsi Sumatera Barat dan Provinsi Jambi, dan Subsistem Sumatera Bagian Selatan meliputi Provinsi Sumatera Selatan - Bangka, Provinsi Bengkulu dan Provinsi Lampung. Sistem kelistrikan yang menghubungkan antara pusat pembangkit dan pusat beban pada umumnya terpisah sejauh ratusan hingga ribuan kilometer. Saluran transmisi membawa tenaga listrik dari pusat-pusat pembangkit menuju pusat beban, Indonesia menggunakan transmisi tegangan tinggi 150 kV, transmisi tegangan ekstra tinggi 275-500 kV, dan subtransmisi tegangan 70 kV. [1]

Sebagai salah satu sistem interkoneksi terbesar di Indonesia, Sistem Interkoneksi Sumatera menghubungkan 9 provinsi dengan daya mampu netto mencapai 10732,379 MW (PLN, 2024). Namun, efisiensi sistem ini masih

terganggu oleh tingginya rugi-rugi daya (power losses) yang dilaporkan mencapai 3,27% pada tahun 2024 data dari PT PLN UIP3B SUMATERA.

Secara teknis, kondisi geografis Sumatera yang didominasi hutan dan pegunungan menyebabkan panjangnya saluran transmisi 16294,149 kms untuk jalur 150 kV dan saluran transmisi jalur 275 kv sepanjang 4727,602 kms , sedangkan jalur 70 kv sepanjang 358,33 km sehingga resistansi konduktor menjadi faktor dominan penyebab susut daya. Fenomena ini diperburuk oleh pertumbuhan beban listrik yang tidak merata, di mana wilayah industri mengalami kenaikan beban per tahun, sementara daerah pedesaan stagnan, menciptakan ketidakseimbangan aliran daya.

Upaya mitigasi yang telah dilakukan, seperti pemasangan kapasitor bank di GI tertentu dan rekonduktoring saluran, belum menyentuh akar permasalahan karena kurangnya analisis komprehensif berbasis simulasi. Hal ini menunjukkan perlunya pendekatan perhitungan yang integratif, memadukan analisis aliran daya (load flow analysis), prediksi pertumbuhan beban, dan kajian ekonomi teknis.

Dalam perencanaan sistem tenaga listrik, susut atau *losses* merupakan parameter krusial yang tidak hanya muncul dari kondisi operasi aktual, tetapi juga dihasilkan melalui simulasi teknis berdasarkan perencanaan beban dan perencanaan pembangkit. Perencanaan beban memberikan gambaran mengenai pola konsumsi dan faktor beban yang mempengaruhi besarnya rugi-rugi teknis, terutama yang bersifat kuadratis terhadap arus. Sementara itu, perencanaan pembangkit menentukan lokasi produksi energi dan skenario operasi unit pembangkit, yang berdampak langsung pada aliran daya di jaringan transmisi dan distribusi. Interaksi antara kedua aspek ini kemudian dianalisis melalui studi aliran daya untuk memperkirakan besar susut yang akan terjadi, sehingga dapat digunakan sebagai dasar evaluasi efisiensi serta pengambilan keputusan investasi pengembangan jaringan. Dengan demikian, pemahaman mengenai bagaimana susut dihasilkan dari proses perencanaan menjadi penting dalam upaya

meningkatkan keandalan dan efisiensi sistem kelistrikan, seperti halnya pada sistem di Sumatera.

Berdasarkan urgensi teknis, ekonomi, dan kebijakan tersebut, penelitian ini dirancang untuk menjawab tantangan kompleks dalam perhitungan sistem kelistrikan interkoneksi Sumatera melalui pendekatan berbasis data dan simulasi, dengan harapan dapat menjadi acuan bagi pemangku kepentingan dalam mengambil keputusan strategis. Operasi sistem tenaga listrik membutuhkan perhatian/penanganan yang tepat dan terpadu dari semua pelaku yang terlibat dalam perusahaan sistem tersebut, mengingat persyaratan operasi sistem tenaga listrik harus berlangsung secara kontinu, andal, ekonomis, dan berkualitas.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijelaskan maka penulis merumuskan rumusan masalah, sebagai berikut:

1. Berapa besar susut sistem selama 24 jam yang dihasilkan dengan rencana beban sistem dan rencana beban pembangkit yang dioperasikan ?
2. Berapa besar hasil susut sumatera menggunakan perhitungan manual?

1.3. Batasan Masalah

Agar penulisan skripsi ini dapat terarah dan menghindari pembahasan yang terlalu luas maka penulis membatasi permasalahan sebagai berikut:

1. Perhitungan susut yang dihasilkan berdasarkan rencana beban sistem dan rencana beban pembangkit yang dioperasikan
2. Metode yang digunakan untuk simulasi yaitu aplikasi DIGSILENT Power Factory.
3. Data instalasi jaringan dan pembangkit pada simulasi menggunakan data dari PT PLN (persero) UIP3B Sumatera tahun 2024.
4. Skripsi ini tidak membahas tentang perhitungan susut pada transformator, jaringan distribusi atau jaringan tegangan menengah.
5. Skripsi ini hanya membahas susut daya pada transmisi dengan temp standard (30°C).

6. Skripsi ini hanya membahas kondisi system keadaan normal dan tidak terjadi gangguan.
7. Skripsi ini hanya membahas susut teknis pada konduktor dan tidak membahas susut non teknis misalnya, bencana alam, kondisi gangguan, pencurian Listrik dan lain-lain.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang tersebut diatas maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan gambaran susut yang akan dihasilkan saat rencana beban sistem dan rencana beban pembangkit selama 24 jam diterapkan.
2. Mendapatkan hasil dari perhitungan susut antara simulasi dan perhitungan secara manual.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan informasi terkait perhitungan susut yang akan dihasilkan dari pengoperasian sistem.
2. Dapat menjadi referensi PT PLN (persero) untuk menghitung biaya kerugian yang dihasilkan oleh susut transmisi.
3. Dapat menjadi referensi untuk penelitian-penelitian berikutnya mengenai kajian dan solusi terbaik untuk mengurangi susut transmisi yang dihasilkan pada sistem interkoneksi Sumatera.