STUDI JATUH TEGANGAN DAN RUGI-RUGI DAYA PADA SISTEM DISTRIBUSI MENGGUNAKAN STUDI KASUS 69 BUS

SKRIPSI

Program Studi Sarjana Teknik Elektro

Jurusan Teknik Elektro

Oleh :

PIETER JULIO

D1021181042



FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS TANJUNGPURA

PONTIANAK

2025

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : PIETER JULIO

NIM : D1021181042

Menyatakan bahwa dalam SKRIPSI yang berjudul **"Studi Jatuh Tegangan dan Rugi-Rugi Daya Pada Sistem Distribusi Menggunakan Studi Kasus 69 Bus"** tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi manapun. Sepanjang pengetahuan Saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Rujukan.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya. Saya sanggup menerima konsekuensi akademis dan hukum di kemudian hari apabila pernyataan yang dibuat ini tidak benar.

Pontianak, 30 Juni 2025

Penulis,



PIETER JULIO

NIM. D1021181042

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK
Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124
Telepon (0561) 740186 Email: elektro@teknik.untan.ac.id Website: http://teknik.untan.ac.id

SURAT KETERANGAN SELESAI PENULISAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini, Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping pada penulisan skripsi yang berjudul **"Studi Jatuh Tegangan dan Rugoi-Rugi daya Pada Sistem Distribusi Menggunakan Studi Kasus 69 Bus"** yang ditulis oleh mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

Nama	: PIETER JULIO
NIM	: D1021181042
Jurusan	: Teknik Elektro
Program Studi	: Teknik Elektro
Konsentrasi	: Sistem Distribusi

Demikian ini menerangkan bahwa mahasiswa tersebut telah menyelesaikan penulisan skripsinya.

Pontianak, 30 Juni 2025

Pembimbing Utama,	Pembimbing Pendamping,
Dr. Ir. Purwoharjono, S.T., M.T., IPM.	Ir. Fitriah, S.T., M.T..
NIP. 197201021998021001	NIP. 198606122019032014

Scanned with CamScanner

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK
Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124
Telepon (0561) 740186, WA: +6282152280907
Email : ft@untan.ac.id Website : http://teknik.untan.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN

STUDI JATUH TEGANGAN DAN RUGI-RUGI DAYA PADA SISTEM DISTRIBUSI MENGGUNAKAN STUDI KASUS 69 BUS

Program Studi Sarjana Teknik Elektro
Jurusan Teknik Elektro

Oleh:

PIETER JULIO
NIM D1021181042

Telah dipertahankan di depan Penguji Skripsi pada tanggal 30 Juni 2025
dan diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana

Susunan Penguji Skripsi :

Pembimbing Utama

Dr. Ir. Purwoharjono, ST., MT., IPM.
NIP.197201021998021001

Pembimbing Pendamping

Ir. Fitriah, S.T., M.T.
NIP.198606122019032014

Penguji Utama

Dr. Ir. Usman A. Gani, S.T., MT., IPM.
NIP.197002161995011001

Penguji Pendamping

Zainal Abidin, S.T., M.Eng.
NIP.198605072019031008

Pontianak, 30 Juni 2025
Dekan,

Dr.-Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM
NIP.196712231992031002

Scanned with CamScanner

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat serta hidayah-Nya yang telah memberikan kesempatan, kesehatan dan kemudahan, sehingga penulis dapat menyusun skripsi yang berjudul "**Studi Jatuh Tegangan Dan Rugi-Rugi Daya Pada Sistem Distribusi Menggunakan Studi Kasus 69 BUS**"

Dalam penyusunan skripsi ini penulis mengalami berbagi hambatan. Namun, semua hal itu dapat dilalui berkat bantuan dan bimbingan serta pengarahan dari berbagai pihak sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal tugas akhir ini. Pada kesempatan ini penulis ini mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr.Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
2. Bapak Prof. Dr. Ing. Seno D. Panjaitan, S.T., M.T., IPM., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
3. Bapak Elang Derdian Marindani, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
4. Bapak Dr. Ir. Purwoharjono, S.T., M.T., IPM selaku Pembimbing Utama Tugas Akhir.
5. Ibu Ir. Fitriah, S.T., M.T. selaku Pembimbing Pendamping Tugas Akhir.
6. Bapak Dr. Ir. Usman A. Gani, S.T., M.T., IPM., selaku Dosen Penguji Utama Tugas Akhir.
7. Bapak Zainal Abidin, S.T., M.Eng selaku Dosen Penguji Pendamping Tugas Akhir.
8. Bapak Ir. Danial, M.T., IPM Selaku Dosen Pembimbing Akademik.
9. Orang tua, saudara dan keluarga penulis yang selalu memberikan dukungan, baik materi maupun moril yang sangat penulis sayangi.
10. Sahabat dan teman-teman penulis khususnya Teknik Elektro angkatan 2018 yang telah banyak membantu baik moril dan materi dalam menyelesaikan skripsi.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan karena keterbatasan pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh karena

itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangatlah dibutuhkan penulis untuk memperbaiki kekurangan yang terdapat pada skripsi. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat khususnya kepada penulis dan dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Akhir kata kesempurnaan hanya milik Tuhan Yang Maha Esa dan kesalahan semata-mata dari penulis. Semoga skripsi penelitian ini berguna dan memberikan ilmu pengetahuan bagi kita semua.

Pontianak, 30 Juni 2025

Penulis,



Pieter Julio

NIM. D1021181042

ABSTRAK

Permasalahan rugi-rugi daya dan jatuh tegangan merupakan isu penting dalam sistem distribusi tenaga listrik, karena dapat memengaruhi efisiensi dan keandalan penyaluran energi ke konsumen. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis rugi-rugi daya dan jatuh tegangan yang terjadi pada sistem distribusi radial berdasarkan model standar IEEE 69 bus. Simulasi dilakukan menggunakan metode Newton-Raphson yang diimplementasikan melalui perangkat lunak DIgSilent PowerFactory. Data yang digunakan mencakup impedansi saluran, data beban aktif dan reaktif pada setiap bus, serta konfigurasi jaringan radial. Hasil simulasi menunjukkan bahwa total rugi-rugi daya aktif yang terjadi dalam sistem adalah sebesar 112,5 kW, sedangkan rugi-rugi daya reaktif mencapai 51,12 kVAR. Jatuh tegangan terbesar terjadi pada bus 64 dan 65 sebesar 12,07 kV, yang menunjukkan penurunan tegangan yang signifikan dari tegangan nominal yaitu 12,66 kV. Dengan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa simulasi berbasis Digsilent sangat efektif dalam memetakan titik-titik kritis rugi daya dan jatuh tegangan pada sistem distribusi skala besar, serta memberikan dasar yang kuat untuk evaluasi teknis dan perencanaan peningkatan performa sistem distribusi tenaga listrik.

Kata kunci: IEEE 69 Bus, , Newton-Raphson, DigSILENT, Rugi-Rugi Daya, Jatuh Tegangan

ABSTRACT

Power losses and voltage drops are critical issues in electrical distribution systems, as they can significantly affect the efficiency and reliability of power delivery to consumers. This study aims to analyze the power losses and voltage drops occurring in a radial distribution system based on the standard IEEE 69-bus model. The simulation was carried out using the Newton-Raphson method implemented through the DIgSILENT PowerFactory software. The data used includes line impedance, active and reactive load data at each bus, as well as the configuration of the radial network. The simulation results show that the total active power loss in the system is 112.5 kW, while the reactive power loss reaches 51.12 kVAR. The largest voltage drop occurs at bus 64 and 65, with a drop of 12.07 kV, indicating a significant reduction from the nominal voltage of 12.66 kV. Based on these results, it can be concluded that simulation using DIgSILENT is highly effective in identifying critical points of power losses and voltage drops in large-scale distribution systems, and provides a strong foundation for technical evaluation and performance improvement planning of electrical distribution networks.

Keywords: IEEE 69 Bus, Newton-Raphson, DigSILENT, Power Losses, Voltage Drop

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR ..... **iii**
ABSTRAK ..... **iv**
ABSTRACK ..... **v**
DAFTAR ISI ..... **vii**
DAFTAR GAMBAR ..... **viii**
DAFTAR TABEL ..... **ix**
BAB I PENDAHULUAN **I-1**
10.1 Latar Belakang I-1
10.2 Perumusan Masalah I-2
10.3 Tujuan Penelitian I-2
10.4 Pembatasan Masalah I-2
10.5 Sistematika Penulisan Skripsi I-3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **II-1**
2.1 Kajian Terdahulu II-1
2.2 Landasan Teori II-2
2.2.1 Sistem Tenaga Listrik II-2
2.2.2 Sistem Per Unit (p.u) II-3
2.2.3 Saluran Distribusi Primer II-5
2.2.4 Aliran Daya II-6
2.2.4.1 Solusi Aliran Daya II-8
2.2.4.2 Bentuk Matriks Admitansi II-9
2.2.4.3 Persamaan Aliran Daya II-9
2.2.5 Metode Analisa Aliran Daya II-10
2.2.6 Jatuh Tegangan II-14
2.2.7 Rugi-Rugi Daya II-15
2.2.8 Program Digsilent II-16
2.2.9 Data IEEE II-18

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....I-1

3.1 Data Penelitian III-1

3.1.1 *Single Line* Diagram III-1

3.1.2 Data Beban..... III-2

3.1.3 Data Penyulang III-4

3.2 Alat Dan Beban..... III-7

3.3 Metode Penelitian III-7

3.4 Pengambilan Data III-8

3.5 Perancangan Simulasi III-8

3.6 Analisa Hasil..... III-8

3.7 Prosedur Penelitian III-8

3.8 Diagram Alir Penelitian III-9

BAB IV PERHITUNGAN DAN ANALISA IV-1

4.1 Perhitungan dan Simulasi Aliran Daya Sistem 3 Bus..... IV-1

4.1.1 Perhitungan Aliran Daya Rugi-Rugi Daya dan Jatuh TeganganIV-1

4.1.2 Simulasi Aliran Daya Sistem 3 Bus..... IV-9

4.2 Perhitungan Impendansi dan *Single Line* Diagram Untuk Analisis Aliran Daya IV-11

4.3 Hasil Analisis Aliran Daya Bus 69 IEEE IV-19

4.4 Diskusi Hasil..... IV-23

BAB V PENUTUP..... V-1

5.1 Kesimpulan V-1

5.2 Saran V-2

Daftar Pustaka

Lampiran

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik I-3
Gambar 2.2 Tampilan Sistem Tenaga 3 Bus..... II-9
Gambar 2.3 Tampilan *Software* Digsilent..... II-17
Gambar 3.1 *Single Line* Diagram 69 Bus IEEE..... III-1
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian III-10
Gambar 4.1 Sistem 3 Bus..... IV-1
Gambar 4.2 Hasil Simulasi Sistem 3 Bus IV-10
Gambar 4.3 Hasil *Output Window* Simulasi Sistem 3 Bus IV-10
Gambar 4.4 *Single Line* Diagram 69 Bus Simulasi IV-18
Gambar 4.5 Grafik Jatuh Tegangan IV-23
Gambar 4.6 Grafik Rugi-Rugi Daya Aktif..... IV-24
Gambar 4.7 Grafik Rugi-Rugi Daya Reaktif IV-24

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis-Jenis Data IEEE I-18
Tabel 3.1 Data Beban Aktif dan Beban Reaktif pada Bus III-2
Tabel 3.2 Data Impendansi Saluran (Resistansi dan Reaktansi)..... III-5
Tabel 4.1 Arus Saluran..... IV-8
Tabel 4.2 Aliran Daya dan Rugi-Rugi Daya..... IV-9
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Manual..... IV-9
Tabel 4.4 Perbandingan Jatuh Tegangan IV-10
Tabel 4.5 Perbandingan Rugi-Rugi Daya IV-10
Tabel 4.6 Data Saluran Sistem dan Hasil Impendansi IV-16
Tabel 4.7 Jatuh Tegangan IV-19
Tabel 4.8 Rugi-Rugi Daya Sistem 69 Bus IEEE IV-21

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam era modern saat ini, kebutuhan akan energi listrik semakin meningkat seiring dengan pesatnya perkembangan peralatan elektronik. Energi listrik telah menjadi kebutuhan pokok, tidak hanya di wilayah perkotaan tetapi juga di pedesaan, seiring dengan semakin meratanya jaringan listrik di seluruh wilayah Indonesia.

Dalam sistem penyaluran energi listrik, terdapat empat tahapan utama yang saling terintegrasi, yaitu: pembangkitan, transmisi, distribusi, dan pemanfaatan energi oleh konsumen. Proses ini dimulai dari pusat pembangkit listrik seperti PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap), PLTG (Gas), PLTS (Surya), PLTB (Bayu), PLTD (Diesel), hingga PLTGU (Gas dan Uap). Energi yang dihasilkan kemudian disalurkan ke Gardu Induk (GI) melalui jaringan transmisi

Setelah mencapai Gardu Induk, energi listrik didistribusikan ke berbagai sektor pengguna seperti industri, sosial, dan rumah tangga melalui jaringan distribusi. Berdasarkan Undang-Undang No. 30 Tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan, khususnya Pasal 28, disebutkan bahwa penyedia tenaga listrik wajib menyediakan energi listrik yang memenuhi standar mutu dan keandalan, serta memberikan pelayanan terbaik kepada konsumen. Hal ini menuntut penyedia energi listrik untuk terus meningkatkan kualitas sistem dan pelayanannya.

Salah satu permasalahan yang umum terjadi dalam sistem transmisi listrik adalah adanya rugi-rugi daya dan tegangan, terutama pada jaringan tegangan tinggi. Jatuh tegangan atau *voltage drop* terjadi akibat aliran arus listrik melalui konduktor yang memiliki resistansi, sehingga menyebabkan tegangan yang diterima beban lebih rendah dibandingkan tegangan awal pengiriman. Semakin besar arus dan resistansi penghantar, semakin besar pula tegangan jatuh yang terjadi. Jatuh tegangan ini tidak hanya mengurangi efisiensi sistem, tetapi juga berpotensi menurunkan kualitas pelayanan energi listrik ke konsumen.

Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis dan simulasi terhadap rugi tegangan yang terjadi, khususnya pada jaringan transmisi distribusi di Gardu Induk. Kajian ini penting untuk mengevaluasi kinerja sistem dan merumuskan solusi guna meminimalisasi rugi tegangan, sehingga transmisi daya dapat berlangsung secara optimal dan andal.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka dapat diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapa besar jatuh tegangan yang terjadi pada sistem distribusi 69 Bus IEEE?
2. Berapa besar rugi-rugi daya yang terjadi pada sistem distribusi 69 Bus IEEE?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui jatuh tegangan yang terjadi dalam sistem distribusi IEEE 69 Bus.
2. Mengetahui rugi–rugi daya yang terjadi dalam sistem IEEE 69 Bus.

1.4 Pembatasan Masalah

Guna mengoptimalkan penelitian ini agar tidak menyimpang dari pokok pembahasan yang akan disampaikan, maka penulis membatasi masalah guna mendapatkan hasil penelitian yang baik. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengunakan data IEEE 69 bus dengan sistem radial
2. Menggunakan software Digsilent untuk simulasi
3. Membahas aliran daya dengan menggunakan metode Newton Raphson
4. Standar jatuh tegangan IEC 61970 dan IEC 61968s
5. Standar rugi-rugi daya IEC 61970 dan IEC 61968

1.5 Sistematika Penulisan Skripsi

Agar penulisan penelitian tugas akhir ini sistematis, maka penulisan dibagi dalam beberapa bab sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini berisi teori-teori sistem tenaga listrik, sistem per- unit, saluran distribusi primer, aliran daya, solusi aliran daya, bentuk matriks admitansi, persamaan aliran daya, metode analisa aliran daya, jatuh tegangan, rugi-rugi daya, program digsilent, dan data IEEE,

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan data, alat dan bahan penelitian yang digunakan, serta metode penelitian, prosedur penelitian, analisis hasil serta diagram alir penelitian.

BAB IV PERHITUNGAN DAN ANALISA

Bab ini berisikan perhitungan manual 3 bus, perhitungan impendansin 69 bus, dan hasil dari simulasi dalam bentuk tabel.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran, yaitu merupakan inti dari keseluruhan serta persoalan yang dibahas pada bab-bab sebelumnya dan beberapa saran yang diusulkan.