



Institut Teknologi Nasional Malang

TUGAS AKHIR – TEKNIK ENERGI LISTRIK

**ANALISIS PENINGKATAN PROFILE TEGANGAN DAN
PENURUNAN RUGI DAYA SALURAN KARENA INTEGRASI
DISTRIBUTED GENERATION PADA SISTEM JTM 20 KV
FEEDER AMPELGADING**

**Fajar Maulana Akbar
NIM 2112043**

**Dosen pembimbing
Prof. Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT.
Dr. Irrine Budi Sulistiawati, ST., MT.**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
Juli 2025**



Institut Teknologi Nasional Malang

TUGAS AKHIR – TEKNIK ENERGI LISTRIK

**ANALISIS PENINGKATAN PROFILE
TEGANGAN DAN PENURUNAN RUGI DAYA
SALURAN KARENA INTEGRASI DISTRIBUTED
GENERATION PADA SISTEM JTM 20 KV
FEEDER AMPELGADING**

Fajar Maulana Akbar
NIM 2112043

Dosen pembimbing
Prof. Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT.
Dr. Irrine Budi Sulistiawati, ST., MT.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
Juli 2025

**ANALISIS PENINGKATAN PROFILE TEGANGAN
DAN PENURUNAN RUGI DAYA SALURAN
KARENA INTEGRASI DISTRIBUTED
GENERATION PADA SISTEM JTM 20 KV
FEEDER AMPELGADING**

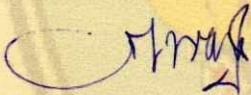
SKRIPSI

**Fajar Maulana Akbar
2112043**

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi Teknik Energi Listrik
Institut Teknologi Nasional Malang

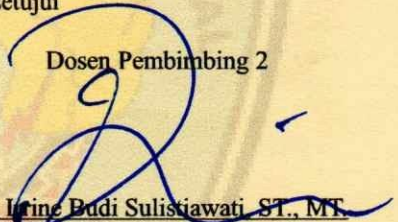
Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing 1



Prof. Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT.
NIP. 19610503 199202 1 001

Dosen Pembimbing 2



Dr. Irine Budi Sulistiawati, ST., MT.
NIP. 19770615 200501 2 002

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1



Dr. Irmawati Suryani Faradisa, ST., MT.
NIP. 1. 1030000365

MALANG
Juli, 2025



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK**

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : Fajar Maulana Akbar
NIM : 2112043
Program Studi : Teknik Elektro S1
Peminatan : Teknik Energi Listrik
Masa Bimbingan : Semester Genap 2024/2025
Judul Skripsi : Analisis Peningkatan Profile Tegangan dan Penurunan Rugi Daya Saluran Karena Integrasi Distributed Generation Pada Sistem JTM 20 kV Feeder Ampelgading

Diperlihatkan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada:

Hari : Rabu
Tanggal : 30 Juli 2025
Nilai : **82.00**

Majelis Penguji

Ketua

Dr. Irrine Budi Sulistiawati, ST., MT.

NIP. 19770615 200501 2 002

Anggota Penguji

Penguji I



Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE.
NIP.Y.1018500108

Penguji II



Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.
NIP.Y.1028700171

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Fajar Maulana Akbar
NIM : 2112043
Jurusan / Peminatan : Teknik Elektro S-1 / Energi Listrik
ID KTP / Paspor : 3574011705030002
Alamat : Jl. Gunung Batur No. 127, Kelurahan
Kademangan, Kecamatan Kademangan, Kota
Probolinggo
Judul Skripsi : Analisis Peningkatan Profile Tegangan Dan
Penurunan Rugi Daya Saluran Karena Integrasi
Distributed Generation Pada Sistem JTM 20 kV
Feeder Ampelgading

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang saya buat merupakan hasil karya sendiri bukan hasil plagiarisme dari orang lain. Dalam skripsi ini tidak memuat karya orang lain kecuali dicantumkan sumber yang digunakan sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Apabila ternyata di dalam skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiarisme, maka saya bersedia skripsi ini di gugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (S-1) di batalkan, serta di proses sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Malang, 11 Agustus2025
Yang membuat pernyataan



Fajar Maulana Akbar
2112043

ABSTRAK

ANALISIS PENINGKATAN PROFILE TEGANGAN DAN PENURUNAN RUGI DAYA SALURAN KARENA INTEGRASI DISTRIBUTED GENERATION PADA SISTEM JTM 20 KV FEEDER AMPELGADING

FAJAR MAULANA AKBAR, NIM : 2112043

Dosen Pembimbing I : Prof. Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT.

Dosen Pembimbing II : Dr. Irrine Budi Sulistiawati, ST., MT.

Kinerja sistem distribusi tenaga listrik sangat dipengaruhi oleh kestabilan profil tegangan dan besarnya rugi daya saluran. Ketidaksesuaian profil tegangan, khususnya di ujung saluran distribusi, dapat menyebabkan penurunan kualitas tegangan dan meningkatnya kerugian energi pada sistem. Penelitian ini menganalisis performansi sistem jaringan distribusi 20 kV Penyulang Ampelgading yang telah terintegrasi dengan PLTA Ampelgading sebagai Distributed Generation (DG) eksisting, dengan fokus pada peningkatan profil tegangan dan penurunan rugi daya saluran. Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak ETAP berdasarkan data aktual lapangan. Pada kondisi awal (base case), ditemukan pelanggaran tegangan di bawah batas minimum 0,95 pu. Untuk mengatasinya, dilakukan tiga skenario perbaikan: (1) injeksi kapasitor bank dengan metode Optimal Capacitor Placement (OCP), (2) integrasi satu unit DG baru pada bus dengan tegangan terendah, dan (3) kombinasi antara OCP dan integrasi DG tambahan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa skenario kombinasi memberikan hasil terbaik, dengan tegangan seluruh bus berada dalam batas standar (0,95–1,05 pu) dan rugi daya total menurun hingga 51,69% dibanding kondisi awal. Pendekatan integratif ini terbukti efektif dalam memperbaiki profil tegangan dan meminimalkan rugi daya pada jaringan distribusi modern.

Kata Kunci : Distributed Generation, Optimal Capacitor Placement, Profil Tegangan, Rugi Daya, ETAP.21.0

ABSTRACT

ANALYSIS OF VOLTAGE PROFILE IMPROVEMENT AND POWER LOSS REDUCTION DUE TO DISTRIBUTED GENERATION INTEGRATION IN THE 20 KV MEDIUM VOLTAGE DISTRIBUTION SYSTEM OF FEEDER AMPELGADING

FAJAR MAULANA AKBAR, NIM : 2112043

Supervisor I : Prof. Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT.

Supervisor II : Dr. Irrine Budi Sulistiawati, ST., MT.

The performance of an electric power distribution system is highly influenced by voltage profile stability and line power losses. Voltage deviations, especially at the end of the distribution feeder, can lead to poor power quality and increased energy losses within the system. This study analyzes the performance of the 20 kV Ampelgading Feeder distribution network, which is already integrated with the Ampelgading hydropower plant (PLTA) as an existing Distributed Generation (DG), focusing on voltage profile improvement and line loss reduction. The simulation was conducted using ETAP software based on actual field data. In the initial condition (base case), voltage violations were found at the end of the feeder, with voltage levels falling below the minimum standard of 0.95 pu. To address this issue, three improvement scenarios were evaluated: (1) capacitor bank injection using the Optimal Capacitor Placement (OCP) method, (2) integration of a new DG unit at the bus with the lowest voltage, and (3) a combination of OCP and additional DG integration. The simulation results show that the combined scenario yielded the best performance, with all bus voltages within the standard range (0.95–1.05 pu) and total line losses reduced by up to 51.69% compared to the base case. This integrative approach proved effective in enhancing voltage profiles and minimizing power losses in modern distribution networks.

Keywords : Distributed Generation, Optimal Capacitor Placement, Voltage Profile, Power Loss, ETAP 21.0

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan hidayah-Nya, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro S-1, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang. Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, dan motivasi dari berbagai pihak. Dengan penuh rasa hormat dan terima kasih, penulis menyampaikan apresiasi kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia dan petunjuk-Nya.
2. Keluarga tercinta—ayahanda Asmat, ibunda Holipah, adik Fian Maulana Malik, serta calon pendamping hidup, Anisah Mutiara—atas segala doa, kasih sayang, dan dukungan yang tiada henti.
3. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT. dan Ibu Dr. Irrine Budi Sulistiawati, ST., MT. selaku dosen pembimbing atas segala bimbingan, arahan, dan perhatian selama proses penyusunan skripsi.
4. Ibu Dr. Irmalia Suryani Faradisa, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1 ITN Malang.
5. Bapak dan Ibu dosen Teknik Elektro S-1 yang memberikan ilmu dan senantiasa membantu setiap kesulitan yang penulis temui.
6. Rekan-rekan Asisten Laboratorium Transmisi dan Distribusi Daya Elektrik atas semangat, bantuan, dan motivasi yang diberikan.
7. Sahabat-sahabat Angkatan 2021 yang telah menjadi teman berdiskusi, berbagi pengalaman, serta saling mendukung dalam menyelesaikan studi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan ke depan. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan bermanfaat bagi para pembaca serta pihak-pihak yang berkepentingan.

Malang, Juli 2025

Fajar Maulana Akbar

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
DAFTAR TABEL.....	v
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Sistem Tenaga Listrik	7
2.1.1 Topologi Radial.....	7
2.1.2 Topologi Loop.....	8
2.1.3 Topologi Spindle	9
2.1.4 Topologi Mesh	9
2.2 <i>Distributed Generation</i>	10
2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Air	12
2.4 Kapasitor Bank	14
2.5 Standar dan Regulasi Operasi Jaringan Distribusi	18
2.5.1 Standar Operasi Jaringan Distribusi	18
2.5.2 Standar Perencanaan Operasi DG dan Kompensasi Daya	19
2.6 Profil Tegangan	20
2.7 Rugi Daya Saluran.....	21
2.8 Aliran Daya	22
2.9 Simulasi ETAP	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1 Objek dan Lokasi Penelitian	27
3.2 Teknik Pengumpulan Data.....	27
3.3 Data dan Informasi Sistem Jaringan	29
3.4 Diagram Alir Penelitian (<i>Flowchart</i>).....	30
3.5 Pemodelan Dengan ETAP.....	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Data Simulasi Sistem Distribusi.....	37
4.1.1 Data <i>Distributed Generation</i>	38

4.1.2 Data Transformator	38
4.1.3 Data Beban Konsumen	38
4.1.4 Data Saluran Distribusi.....	39
4.2 Hasil <i>Load Flow</i> Kondisi Awal (<i>Base Case</i>)	39
4.2.1 Hasil <i>Load Flow Base Case</i> pada Busbar.....	40
4.2.2 Hasil Rugi Daya Saluran Kondisi <i>Base Case</i>	42
4.3 Hasil <i>Load Flow</i> Skenario 1: Penambahan Kapasitor Bank (<i>Optimal Capacitor Placement</i>).....	43
4.3.1 Dasar Penempatan dan Kapasitas Kapasitor Bank.....	44
4.3.2 Hasil <i>Load Flow</i> Skenario 1 pada Busbar	45
4.3.3 Hasil Rugi Daya Saluran Skenario 1	48
4.4 Hasil <i>Load Flow</i> Skenario 2: Penambahan <i>Distributed</i> <i>Generation</i> Baru.....	49
4.4.1 Dasar Penentuan Lokasi dan Kapasitas DG.....	49
4.4.2 Hasil <i>Load Flow</i> Skenario 2 pada Busbar	50
4.4.3 Hasil Rugi Daya Saluran Skenario 2	53
4.5 Hasil <i>Load Flow</i> Skenario 3: Kombinasi Kapasitor Bank dan DG Tambahan	54
4.5.1 Dasar Penempatan dan Kapasitas Kapasitor Bank & DG.....	54
4.5.2 Hasil <i>Load Flow</i> Skenario 3 pada Busbar	55
4.5.3 Hasil Rugi Daya Saluran Skenario 3	58
4.6 Perbandingan Hasil Antar Skenario.....	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	61
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Sistem Tenaga Listrik.....	7
Gambar 2. 2	Sistem Distribusi Radial	8
Gambar 2. 3	Sistem Distribusi Loop	8
Gambar 2. 4	Sistem Distribusi Spindle	9
Gambar 2. 5	Sistem Distribusi Mesh.....	10
Gambar 2. 6	Sistem Interkoneksi Jaringan Dengan DG.....	11
Gambar 2. 7	Pembangkit Listrik Tenaga Air.....	12
Gambar 2. 8	Kapasitor Bank.....	14
Gambar 2. 9	Konsep Kompensasi Daya Reaktif.....	15
Gambar 2. 10	Diagram Fasor	17
Gambar 2. 11	Tipe -Tipe Bus.....	22
Gambar 3. 1	PLTA Ampelgading	29
Gambar 3. 2	Flowchart	31
Gambar 3. 3	SLD Jaringan Keseluruhan Penyulang Ampelgading	34
Gambar 3. 4	SLD Jaringan dengan Pelanggaran Tegangan	35
Gambar 4. 1	Profil Tegangan Bus Kondisi <i>Base Case</i>	40
Gambar 4. 2	Faktor Daya Bus Kondisi <i>Base Case</i>	41
Gambar 4. 3	Total Rugi Daya Aktif Saluran Kondisi <i>Base Case</i>	43
Gambar 4. 4	Perbandingan Profil Tegangan Bus: <i>Base Case</i> dan Skenario 1 OCP.....	45
Gambar 4. 5	Perbandingan Faktor Daya: <i>Base Case</i> dan Skenario 1 OCP	46
Gambar 4. 6	Total Rugi Daya Aktif Saluran: <i>Base Case</i> dan Skenario 1 OCP	48
Gambar 4. 7	Perbandingan Profil Tegangan Bus: <i>Base Case</i> dan Skenario 2 DG	50
Gambar 4. 8	Perbandingan Faktor Daya: <i>Base Case</i> dan Skenario 2 DG	51
Gambar 4. 9	Total Rugi Daya Aktif Saluran: <i>Base Case</i> dan Skenario 2 DG	53
Gambar 4. 10	Perbandingan Profil Tegangan Bus: <i>Base Case</i> dan Skenario 3 OCP & DG	55
Gambar 4. 11	Perbandingan Faktor Daya: <i>Base Case</i> dan Skenario 3 OCP & DG.....	56
Gambar 4. 12	Total Rugi Daya Aktif Saluran: <i>Base Case</i> dan Skenario 3 OCP & DG.....	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Klasifikasi DG	12
Tabel 2. 2 Klasifikasi PLTA	13
Tabel 4. 1 Data Distributed Generation PLTA	38
Tabel 4. 2 Data Transformator.....	38
Tabel 4. 3 Data Beban Konsumen.....	39
Tabel 4. 4 Data Saluran Distribusi	39
Tabel 4. 5 Profil Tegangan pada Bus Kritis (Base Case)	41
Tabel 4. 6 Lokasi dan Alasan Pemilihan Pemasangan Kapasitor Bank	44
Tabel 4. 7 Profil Tegangan Bus Kritis: Base Case dan Skenario 1.....	46
Tabel 4. 8 Profil Tegangan Bus Kritis: Base Case dan Skenario 2.....	51
Tabel 4. 9 Profil Tegangan Bus Kritis: Base Case dan Skenario 3.....	56