ANALISIS PENGGUNAAN BANK KAPASITOR UNTUK PERBAIKAN TEGANGAN DI PENYULANG PANGSUMA DAN TOMEN PT. PLN UP3 MEMPAWAH

SKRIPSI

Program Studi Sarjana Teknik Elektro
Jurusan Teknik Elektro

Oleh:
ERWIN FEBRIYANTO
NIM D1021191099

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2026

ANALISIS PENGGUNAAN BANK KAPASITOR UNTUK PERBAIKAN TEGANGAN DI PENYULANG PANGSUMA DAN TOMEN PT. PLN UP3 MEMPAWAH

SKRIPSI

Program Studi Sarjana Teknik Elektro
Jurusan Teknik Elekrto

Oleh:
ERWIN FEBRIYANTO
NIM D1021191099

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2026

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama: Erwin Febriyanto

NIM: D1021191099

menyatakan bahwa di dalam SKRIPSI saya yang berjudul "**Analisis Penggunaan Bank Kapasitor untuk Perbaikan Tegangan di Penyulang Pangsuma dan Tomen PT. PLN UP3 Mempawah**" tidak terdapat karya tulis serupa yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi manapun. Sepanjang sepengetahuan Saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara khusus tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar rujukan.

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

Pontianak, 29 Juni 2026



Erwin Febriyanto
NIM D1021191099

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

SURAT KETERANGAN SELESAI PENULISAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping pada penulisan skripsi yang berjudul **"Analisis Penggunaan Bank Kapasitor untuk Perbaikan Tegangan di Penyulang Pangsuma dan Tomen PT. PLN UP3 Mempawah"** yang ditulis oleh mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

Nama	: Erwin Febriyanto
NIM	: D1021191099
Jurusan	: Teknik
Prodi	: Teknik Elektro
Konsenstrasi	: Teknik Tenaga Listrik

Demikian ini menerangkan bahwa mahasiswa tersebut telah menyelesaikan penulisan skripsinya.

Pontianak, 29 Juni 2026

Pembimbing Utama	Pembimbing Pendamping
Dr. Ir. M. Iqbal Arsyad, M.T., IPM	Prof. Ir. Rudy Gianto, M.T., Ph.D
NIP. 196609071992031002	NIP. 196703271992031004

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

ANALISIS PENGGUNAAN BANK KAPASITOR UNTUK PERBAIKAN TEGANGAN DI PENYULANG PANGSUMA DAN TOMEN PT. PLN UP3 MEMPAWAH

Jurusan Teknik Elektro
Program Studi Sarjana Teknik Elektro

Oleh:

Erwin Febriyanto
NIM. D1021191099

Telah dipertahankan di depan Penguji Skripsi pada tanggal 29 Juni 2026 dan diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana

Susunan Penguji Skripsi

Dosen Pembimbing Utama	: Dr. Ir. M. Iqbal Arsyad, M.T., IPM NIP. 196609071992031002
Dosen Pembimbing Kedua	: Prof. Ir. Rudy Gianto, M.T., Ph.D NIP. 196703271992031004
Dosen Penguji Utama	: Zainal Abidin, S.T., M.Eng. NIP. 198605072019031008
Dosen Penguji Kedua	: Dr. Ir. Purwoharjono, S.T., M.T., IPM NIP. 197201021998021001

Pontianak, 29 Juni 2026

Dekan,

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

Pembimbing Utama,

Dr. Ir. M. Iqbal Arsyad, M.T., IPM
NIP. 196609071992031002

PRAKATA

Puji dan syukur kehadirat Allah Swt., berkat nikmat dan izin-Nya lah penulisan skripsi dan penelitian yang saya lakukan dengan judul "Analisis Penggunaan Bank Kapasitor Untuk Perbaikan Tegangan Di Penyulang Pangsuma Dan Tomen PT. PLN UP3 Mempawah" dapat terselesaikan dengan baik.

Penelitian ini berisi tentang analisa kondisi tegangan dan potensi jatuh tegangan pada sistem penyulang listrik tegangan menengah serta upaya perbaikannya dengan menggunakan bank kapasitor. Analisa tersebut dilakukan dengan metode simulasi aliran daya menggunakan program komputer MATLAB.

Dalam proses penulisan skripsi ini penulis mengalami berbagai hambatan, akan tetapi dengan bantuan dan bimbingan serta arahan dari berbagai pihak, penulis bisa belajar dan skripsi ini akhirnya dapat diselesaikan. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan banyak 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 Darmawan. Panjaitan, S.T., M.T., IPM., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
3. Bapak Jannus Marpaung, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
4. Bapak Dr. Ir. M. Iqbal Arsyad, M.T., IPM., selaku Pembimbing Utama yang telah banyak memberikan pengarahan dan bimbingan selama penulisan proposal skripsi ini.
5. Bapak Prof. Ir. Rudy Gianto M.T., Ph.D, selaku Pembimbing Pendamping yang telah banyak memberikan pengarahan dan bimbingan selama penulisan proposal skripsi ini.
6. Bapak Zainal Abidin, S.T., M.Eng., selaku Dosen Penguji Utama yang telah memberikan masukan dan kritikan yang membangun untuk menyelesaikan skripsi ini.
7. Bapak Dr. Ir. Purwoharjono, S.T., M.T., IPM., selaku Dosen Penguji Pendamping yang telah memberikan masukan dan kritikan yang membangun untuk menyelesaikan skripsi ini.

8. Ibu Ulfa, selaku Team Leader Transaksi Energi Listrik PT. PLN ULP Mempawah yang banyak membantu dan berbagi informasi penunjang dalam skripsi ini.
9. Segenap Dosen Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura yang sudah memberikan ilmunya kepada penulis.
10. Seluruh civitas akademika Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura yang sudah memberikan dukungan moril kepada penulis.
11. Orang tua dan keluarga yang selalu mendukung dan mendoakan yang terbaik untuk penulis agar bisa mencapai mimpi-mimpinya.
12. Teman-teman dan orang-orang terdekat yang telah mendukung, menyemangati, memberi motivasi dan menemani penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

Penulis berharap penelitian ini dapat bermanfaat dalam upaya perencanaan penyaluran energi listrik dan dapat menjadi bahan untuk evaluasi atau referensi agar terciptanya penyaluran energi listrik yang optimal dan andal. Penulis juga mengharapkan masukan yang konstruktif agar dapat menyempurnakan penelitian ini supaya lebih banyak manfaat lagi yang bisa diberikan dari penelitian ini.

Pontianak, 29 Juni 2026
Penulis,



Erwin Febriyanto
NIM. D1021191099

ABSTRAK

Upaya penyaluran energi listrik ke titik-titik beban yang berada jauh dari pembangkit membutuhkan saluran transmisi dan distribusi yang cukup panjang yang dapat menimbulkan fenomena jatuh tegangan. Jatuh tegangan sendiri adalah kondisi dimana terjadi perbedaan tegangan antara sisi kirim dan sisi penerima pada sistem tenaga listrik akibat faktor impedansi saluran. PT PLN (persero) menetapkan tegangan tertinggi dan tegangan terendah perbedaannya tidak boleh lebih besar ±10% dari tegangan nominal sistem, apabila melebihi standar tersebut dapat memperbesar rugi-rugi daya listrik. Penelitian dilakukan untuk mengetahui kondisi tegangan dan menganalisa potensi jatuh tegangan pada Penyulang Pangsuma dan Tomen UP3 Mempawah, serta melakukan upaya perbaikan dengan pemasangan bank kapasitor pada bus dengan tegangan terendah apabila kondisi jatuh tegangan penyulang melewati batas toleransi. Metode yang digunakan adalah simulasi aliran daya menggunakan program komputer MATLAB. Pada kondisi eksisting Penyulang Tomen terbagi menjadi dua sistem penyulang yaitu Tomen 1 dan Tomen 2. Hasil simulasi kondisi eksisting masing-masing penyulang menunjukkan Penyulang Pangsuma dan Penyulang Tomen 1 mengalami kondisi jatuh tegangan yang melebihi batas standar toleransi. Pada Penyulang Pangsuma tegangan terendah sebesar 15,87kV (jatuh tegangan 20,86%) terjadi pada bus 162 dan pada Penyulang Tomen 1 tegangan terendah sebesar 17,45 kV (jatuh tegangan 12,76%) terjadi pada bus 130. Sedangkan untuk Penyulang Tomen 2 kondisi tegangan sudah sangat stabil dengan tegangan terendah sebesar 18,17 kV (jatuh tegangan 9,15%) pada bus 93. Upaya perbaikan tegangan pada Penyulang Pangsuma dilakukan dengan 3 skenario pemasangan bank kapasitor. Pada Skenario 1 perbaikan Penyulang Pangsuma dengan pemasangan satu bank kapasitor kapasitas 1000 kVAR pada bus 162 menunjukkan hasil tegangan terendah menjadi 17,33 kV (jatuh tegangan 13,35%) pada bus 114. Pada Skenario 2 pemasangan 2 bank kapasitor pada bus 162 dan bus 114 dengan kapasitas 1000 kVAR dan 500 kVAR, hasil menunjukkan tegangan terendah menjadi 17,86 kV (jatuh tegangan 10,70%) pada bus 94. Kemudian skenario 3 pemasangan 3 bank kapasitor pada bus 162, bus 114 dan bus 94 dengan kapasitas 1000 kVAR, 500 kVAR dan 250 kVAR hasil menunjukkan tegangan terendah menjadi 18,09 kV (jatuh tegangan 9,57%), ini merupakan hasil paling optimal dari semua skenario perbaikan. Sedangkan untuk perbaikan tegangan Penyulang Tomen 1 hanya dilakukan dengan 1 skenario pemasangan bank kapasitor. pemasangan satu bank kapasitor berkapasitas 750 kVAR pada bus 130 berhasil meningkatkan tegangan terendah menjadi 18,31 kV (jatuh tegangan 8,44%). Untuk Penyulang Tomen 2 dilakukan skenario pemasngan satu bank kapasitor berkapasitas 500 kVAR pada bus 93 dengan tujuan meningkatkan performansi. Hasil yang didapat tegangan terendah meningkat menjadi 18,78 kV dan jatuh tegangan menjadi 7,50%.

Kata kunci: Tegangan, Jatuh Tegangan, Simulasi Aliran Daya, Bank Kapasitor, MATLAB.

ABSTRACT

Efforts to deliver electrical energy to load points located far from power plants require sufficiently long transmission and distribution lines, which can cause voltage drops. A voltage drop is a condition in which a voltage difference occurs between the sending and receiving sides of an electrical power system due to line impedance. PT PLN (Persero) stipulates that the difference between the highest and lowest voltages must not exceed ±10% of the system's nominal voltage; exceeding this standard can increase electrical power losses. This study was conducted to determine voltage conditions and analyze the potential for voltage drop on the Pangsuma and Tomen feeder lines of UP3 Mempawah, as well as to implement corrective measures by installing capacitor banks on the bus with the lowest voltage if the feeder's voltage drop exceeds the tolerance limit. The method used was power flow simulation using the MATLAB computer program. Under existing conditions, the Tomen Feeder is divided into two feeder systems: Tomen 1 and Tomen 2. Simulation results for the existing conditions of each feeder showed that the Pangsuma Feeder and the Tomen 1 Feeder experienced voltage drops exceeding the standard tolerance limits. On the Pangsuma Feeder, the lowest voltage of 15.87 kV (voltage drop of 20.86%) occurred at bus 162, and on the Tomen 1 Feeder, the lowest voltage of 17.45 kV (voltage drop of 12.76%) occurred at bus 130. Meanwhile, on the Tomen 2 Feeder, the voltage conditions were fairly stable, with the lowest voltage of 18.17 kV (9.15% voltage drop) occurring at bus 93. Efforts to improve the voltage on the Pangsuma Feeder were carried out using three scenarios for installing capacitor banks. In Scenario 1, the correction of the Pangsuma Feeder by installing a single capacitor bank with a capacity of 1,000 kVAR at bus 162 resulted in the lowest voltage of 17.33 kV (voltage drop of 13.35%) at bus 114. In Scenario 2, the installation of two capacitor banks on bus 162 and bus 114 with capacities of 1000 kVAR and 500 kVAR, respectively, resulted in the lowest voltage of 17.86 kV (voltage drop of 10.70%) at bus 94. Then, in Scenario 3, the installation of three capacitor banks on bus 162, bus 114, and bus 94 with capacities of 1000 kVAR, 500 kVAR, and 250 kVAR, respectively, resulted in the lowest voltage of 18.09 kV (voltage drop of 9.57%), which is the most optimal result among all improvement scenarios. Meanwhile, voltage improvement for the Tomen 1 Feeder was achieved using only one capacitor bank installation scenario. The installation of a single 750 kVAR capacitor bank at bus 130 successfully increased the lowest voltage to 18.31 kV (voltage drop of 8.44%). For the Tomen 2 Feeder, a scenario involving the installation of a single 500 kVAR capacitor bank on bus 93 was implemented to improve performance. The results showed that the lowest voltage increased to 18.78 kV and the voltage drop decreased to 7.50%.

Keywords: Voltage, Voltage Drop, Power Flow Simulation, Capacitor Bank, MATLAB.

DAFTAR ISI

PRAKATA i
ABSTRAK iii
ABSTRACT iv
DAFTAR ISI v
DAFTAR GAMBAR vii
DAFTAR TABEL ix
BAB I PENDAHULUAN I-1
1.1. Latar Belakang I-1
1.2. Perumusan Masalah I-3
1.3. Tujuan Penelitian I-3
1.4. Pembatasan Masalah I-4
1.5. Sistematika Penulisan I-4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA II-1
2.1. Kajian Terdahulu II-1
2.2. Sistem Distribusi Tenaga Listrik II-3
2.3. Bank Kapasitor II-8
2.4. Analisa Aliran Daya II-12
2.5. Analisa Aliran Daya Pada Sistem Distribusi II-19
2.6. Integrasi Kapasitor Dalam Analisa Aliran Daya Sistem Distribusi II-20
2.7. Matrix Laboratory (MATLAB) II-20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN III-1
3.1. Alat Dan Bahan III-1
3.2. Data Penelitian III-1
3.3. Metode Penelitian III-20
3.4. Prosedur Penelitian III-20
3.5. Diagram Alir Penelitian III-22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN IV-1
4.1. Hasil Pengolahan Data Penyulang IV-1
4.2. Kondisi Eksisting Penyulang IV-11
4.3. Perbaikan Tegangan Penyulang Menggunakan Bank Kapasitor IV-18

BAB V PENUTUP V-1
5.1. Kesimpulan V-1
5.2. Saran V-2
DAFTAR RUJUKAN 113
LAMPIRAN A A-1
LAMPIRAN B B-1
LAMPIRAN C C-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Konfigurasi Sistem Radial II-5
Gambar 2.2 Konfigurasi Sistem *Loop* II-6
Gambar 2.3 Konfigurasi Spindel II-6
Gambar 2.4 Konfigurasi *Network* atau *Mesh* II-7
Gambar 2.5 Ilustrasi Bagian-Bagian Pada Kapasitor II-9
Gambar 2.6 Kapasitor Shunt Pada Jaringan Distribusi II-10
Gambar 2.7 Diagram Tegangan Fasor untuk Saluran penyulang dengan Faktor Daya *lagging*. (a) dan (c) Tanpa Kapasitor Shunt, (b) dan (d) dengan Kapasitor Shunt II-11
Gambar 2.8 Sistem 2-generator 3-bus II-13
Gambar 2.9 (a) dan (b) Sistem 2-Generator 3-bus (modifikasi) II-13
Gambar 2.10 Sistem dengan N bus II-17
Gambar 2.11 Logo MATLAB II-20
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian III-22
Gambar 4.1 Diagram Segaris Penyulang Pangsuma Kondisi Eksisting IV-8
Gambar 4.2 Diagram Segaris Penyulang Tomen 1 Kondisi Eksisting IV-9
Gambar 4.3 Digaram Segaris Penyulang Tomen 2 Kondisi Eksisting IV-10
Gambar 4.4 Grafik Perbadingan Tegangan Pada Bus Beban Penyulang Pangsuma Kondisi Eksisting IV-12
Gambar 4.5 Grafik Perbadingan Tegangan Pada Bus Beban Penyulang Tomen 1 Kondisi Eksisting IV-15
Gambar 4.6 Grafik Perbadingan Tegangan Pada Bus Beban Penyulang Tomen 2 Kondisi Eksisting IV-17
Gambar 4.7 Diagram Segaris Penyulang Pangsuma Pemasangan 1 Bank Kapasitor IV-20
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Tegangan Kondisi Eksisting dan Setelah Pemasangan 1 Bank Kapasitor Pada Penyulang Pangsuma IV-22
Gambar 4.9 Diagram Segaris Penyulang Pangsuma Pemasangan 2 Bank Kapasitor IV-24

Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Tegangan Pemasangan 1 Bank Kapasitor dan Pemasangan 2 Bank Kapasitor Penyulang Pangsuma IV-26
Gambar 4.11 Diagram Segaris Penyulang Pangsuma Pemasangan 3 Bank Kapasitor IV-28
Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Tegangan Bus Pemasangan 2 Bank Kapasitor dan Pemasangan 3 Bank kapasitor Penyulang Pangsuma IV-30
Gambar 4.13 Grafik Perbandingan Tegangan Bus Penyulang Pangsuma Kondisi Eksisting dengan Semua Skenario Perbaikan IV-34
Gambar 4.14 Diagram Segaris Penyulang Tomen 1 Pemasangan Satu Bank Kapasitor..... IV-39
Gambar 4.15 Grafik Perbandingan Tegangan Bus Penyulang Tomen 1 Hasil Simulasi Kondisi Eksisting dan Pemasangan 1 Bank Kapasitor IV-42
Gambar 4.16 Diagram Segaris Penyulang Tomen 2 Pemasangan Satu Bank Kapasitor..... IV-45
Gambar 4.17 Grafik Perbandingan Tegangan Bus Penyulang Tomen 2 Hasil simulasi Kondisi Eksisting dan Pemasangan 1 Bank Kapasitor IV-48

DFTAR TABEL

Tabel 2.1 Besaran Listrik Pada Formulasi Aliran Daya Dalam Sistem Tenaga Listrik II-19

Tabel 2.2 Besaran-besaran Listrik Pada formulasi Aliran Daya Sistem Distribusi II-19

Tabel 2.3 Besaran-besaran Listrik Pada Formulasi Aliran Daya Sistem Distribusi dengan Bank Kapsitor II-20

Tabel 3.1 Data Transfomator Distribusi Penyulang Pangsuma III-1

Tabel 3.2 Data Transfomator Distribusi Penyulang Tomen III-4

Tabel 3.3 Data Saluran SUTM Penyulang Pangsuma III-8

Tabel 3.4 Data Saluran SUTM Penyulang Pangsuma (OG Mandor) III-11

Tabel 3.5 Data Saluran SUTM Penyulang Tomen III-12

Tabel 3.6 Data Saluran SUTM Penyulang Tomen (OG Toho) III-14

Tabel 3.7 Data Saluran SUTM Penyulang Tomen (OG Menjalin) III-15

Tabel 3.8 Data Saluran SUTM Penyulang Tomen (OG Sompak) III-16

Tabel 3.9 Data Saluran SUTM Penyulang Tomen (OG Anso) III-17

Tabel 3.10 Data Saluran SUTM Penyulang Tomen (Darit) III-18

Tabel 4.1 Data Impedansi Saluran dan Beban Bus Penyulang Pangsuma IV-1

Tabel 4.2 Data Impedansi Saluran dan Beban Bus Penyulang Tomen 1 ..... IV-4

Tabel 4.3 Data Impedansi Saluran dan Beban Bus Penyulang Tomen 2 ..... IV-6

Tabel 4.4 Perbandingan Tegangan Hasil Simulasi dan Pengukuran Penyulang Pangsuma IV-11

Tabel 4.5 Perbandingan Tegangan Hasil Simulasi dan Pengukuran Penyulang Tomen 1 ..... IV-14

Tabel 4.6 Perbandingan Tegangan Hasil Simulasi dan Pengukuran Penyulang Tomen 2 ..... IV-16

Tabel 4.7 Perencanaan Skenario Perbaikan Masing-masing Penyulang IV-19

Tabel 4.8 Tegangan Bus Penyulang Pangsuma Pemasangan 1 Bank Kapasitor IV-21
Tabel 4.9 Tegangan Bus Penyulang Pangsuma Pemasangan 2 Bank Kapasitor IV-25
Tabel 4.10 Tegangan Bus Penyulang Pangsuma Pemasangan 3 Bank Kapasitor IV-29
Tabel 4.11 Perbandingan Tegangan Bus Penyulang Pangsuma Kondisi Eksisting dengan Semua Skenario Perbaikan IV-31
Tabel 4.12 Perbandingan Persentase Jatuh Tegangan Penyulang Pangsuma Setiap Skenario IV-32
Tabel 4.13 Perbandingan Pembangkitan Daya dan Rugi-rugi Daya Setiap Kondisi IV-37
Tabel 4.14 Perbandingan Tegangan Bus Penyulang Tomen 1 Hasil Simulasi Kondisi Eksisting dan Pemasangan 1 Bank Kapasitor IV-40
Tabel 4.15 Perbandingan Jatuh Tegangan Penyulang Tomen 1 Hasil Simulasi Kondisi Eksisting dan Pemasangan 1 Bank Kapasitor IV-41
Tabel 4.16 Perbandingan Pembangkitan Daya dan Rugi-rugi Daya Penyulang Tomen 1 Setiap Kondisi IV-43
Tabel 4.17 Perbandingan Tegangan Bus Penyulang Tomen 2 Hasil Simulasi Kondisi Eksisting dan Pemasangan 1 Bank Kapasitor IV-46
Tabel 4.18 Perbandingan Jatuh Tegangan Bus Penyulang Tomen 2 Hasil Simulasi Kondisi Eksisting dan Pemasangan 1 Bank Kapasitor IV-47
Tabel 4.19 Perbandingan Pembangkitan Daya dan Rugi-rugi Daya Penyulang Tomen 2 Setiap Kondisi IV-49

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi dan pertumbuhan penduduk menyebabkan peningkatan yang signifikan terhadap penggunaan energi listrik. Salah satu badan usaha milik negara PT. PLN Persero yang bertanggung jawab dalam pengadaan dan penyaluran energi listrik di Indonesia mencatat kenaikan rasio elektrifikasi mencapai 99.81% pada tahun 2024 yang artinya hampir seluruh rumah tangga di Indonesia sudah dapat mengakses listrik [10]. Walaupun hal ini dapat dilihat sebagai sebuah kemajuan akan tetapi untuk dapat menyalurkan enegri listrik ke titik-titik beban yang jauh dari pembangkit tenaga listrik diperlukan saluran transmisi dan distribusi yang cukup panjang. Panjang saluran dalam sistem transmisi dan distribusi tenaga listrik dapat menjadi faktor utama yang menimbulkan permasalahan teknis berupa penurunan tegangan dan rugi-rugi daya listrik [1].

Penurunan tegangan atau jatuh tegangan adalah perbedaan tegangan antara sisi pengirim dan penerima dari suatu rangkaian listrik akibat adanya resistansi saluran. Pada saluran listrik bolak-balik besarnya jatuh tegangan tergantung dari nilai impedansi dan admitansi saluran yang berupa resistansi dan reaktansi. Kedua nilai tersebut sangat dipengaruhi oleh panjang saluran, yang berarti semakin panjang saluran nya potensi untuk terjadinya jatuh tegangan juga semakin tinggi [1]. Dalam standar SPLN T6.001:2013, PT. PLN (persero) menetapkan tegangan tertinggi dan tegangan terendah perbedaannya tidak boleh lebih besar ±10% dari tegangan nominal sistem [8]. Jika melewati batas toleransi tersebut jatuh tegangan dapat mengganggu kinerja dan keamanan peralatan listrik. Namun pada kenyataan nya permasalahan jatuh tegangan dan rugi-rugi daya listrik ini tidak dapat dihindari.

Pada lingkup area PT. PLN UP3 Mempawah terdapat dua penyulang dari total 13 penyulang sistem distribusi tenaga listrik tegangan menengah yaitu Penyulang Pangsuma dan Penyulang Tomen yang diatur oleh unit layanan ULP Mempawah. Berdasarkan data tahun 2025 yang telah di dapat, Penyulang Pangsuma memiliki total panjang saluran 158,154 km dengan jumlah gardu distribusi sebanyak 99 unit, sedangkan Penyulang Tomen memiliki total panjang saluran 373,110 km dengan jumlah gardu distribusi sebanyak 174 unit. Dalam operasional nya Penyulang

Tomen tercatat secara administratif sebagai satu penyulang. Tetapi jika berdasarkan konfigurasi jaringan dalam kondisi eksisting, Penyulang Tomen meliputi dua sistem yang terpisah yaitu Penyulang Tomen 1 dan Tomen 2. Kedua sistem penyulang tersebut disuplai oleh gardu induk yang berbeda dan tidak memiliki hubungan interkoneksi, sehingga masing-masing beroperasi secara independen.

Berdasarkan data tersebut potensi terjadinya jatuh tegangan pada Penyulang Pangsuma dan Tomen cukup tinggi karena penyulang tersebut memiliki saluran yang cukup panjang dengan beban yang cukup banyak. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisa untuk mengetahui apakah jatuh tegangan yang terjadi pada Penyulang Pangsuma dan Penyulang Tomen masih dalam batas standar toleransi yang telah diatur dalam SPLN T6.001:2013 yaitu tidak melebihi ±10% dari tegangan nominal sistem [8]. Jika ternyata kondisi jatuh tegangan melewati standar tersebut maka perlu ada solusi perbaikan tegangan agar tidak terjadi gangguan kinerja dan meminimalisir rugi-rugi daya dalam penyaluran energi listrik pada Penyulang Pangsuma dan Tomen.

Sebagai upaya solusi untuk perbaikan tegangan pada Penyulang Pangsuma dan Tomen, penulis akan mengadopsi salah satu metode perbaikan tegangan yaitu dengan pemasangan bank kapasitor. Penggunaan bank kapasitor merupakan langkah untuk menyediakan pasokan daya reaktif tambahan secara lokal, yang pada gilirannya akan mengurangi penyerapan daya reaktif dari sumber sistem (Gardu Induk) yang disebabkan oleh beban induktif [1]. Selain memperbaiki tegangan, penggunaan bank kapasitor juga dapat meningkatkan faktor daya dan mengurangi besar arus yang mengalir pada saluran sehingga rugi-rugi daya listrik juga dapat berkurang [1]. Akan tetapi sebelum melakukan perbaikan tegangan dengan pemasangan bank kapasitor, perlu dilakukan sebuah analisa aliran daya terlebih dahulu untuk mengetahui kondisi tegangan setiap bus pada kondisi eksisting, hal tersebut juga dilakukan untuk menentukan lokasi pemasangan bank kapasitor dimana pada penelitian ini akan memilih bus dengan tegangan terendah sebagai lokasi pemasangan bank kapasitor.

1.2. Perumusan Masalah

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

1. Bagaimana nilai tegangan dalam kondisi eksisting pada Penyulang Pangsuma serta sistem Penyulang Tomen yang terdiri atas Tomen 1 dan Tomen 2 di PT. PLN UP3 Mempawah?
2. Apakah nilai jatuh tegangan pada Penyulang Pangsuma serta masing-masing sistem Penyulang Tomen (Tomen 1 dan Tomen 2), masih sesuai dengan batas toleransi yaitu tidak melebihi ±10% dari tegangan nominal sistem seperti yang telah ditetapkan SPLN T6.001:2013?
3. Bagaimana pengaruh penggunaan bank kapasitor sebagai upaya perbaikan terhadap kondisi tegangan pada Penyulang Pangsuma serta masing-masing sistem Penyulang Tomen (Tomen 1 dan Tomen 2)?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin di capai dari penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi tegangan dalam kondisi eksisting pada Penyulang Pangsuma serta sistem Penyulang Tomen yang terdiri atas Tomen 1 dan Tomen 2 di PT. PLN UP3 Mempawah.
2. Menganalisa nilai jatuh tegangan pada Penyulang Pangsuma serta masing-masing sistem Penyulang Tomen (Tomen 1 dan Tomen 2), apakah sesuai dengan batas toleransi yaitu tidak melebihi ±10% dari tegangan nominal sistem seperti yang telah ditetapkan SPLN T6.001:2013.
3. Menyelidiki pengaruh pemasangan bank kapasitor sebagai upaya perbaikan terhadap tegangan pada Penyulang Pangsuma serta masing-masing sistem Penyulang Tomen (Tomen 1 dan Tomen 2) di PT. PLN UP3 Mempawah.

1.4. Pembatasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Kondisi sistem distribusi primer diasumsikan dalam keadaan normal.
2. Tidak membahas analisa ekonomi dari pemasangan kapasitor.
3. Standar aturan jatuh tegangan yang digunakan mengikuti SPLN T6.001:2013.
4. Data yang digunakan adalah data bulan maret 2025.
5. Sistem Penyulang Tomen pada penelitian ini meliputi Tomen 1 dan Tomen 2.

1.5. Sistematika Penulisan

Agar penulisan penelitian ini sistematis, maka penulisan akan terbagi menjadi beberapa bab sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, perumusan masalah, tujuan penulisan, pembatasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan penelitian terdahulu sebagai acuan penelitian, definisi serta teori dasar sistem distribusi tenaga listrik, bank kapasitor, analisa aliran daya, analisa aliran daya pada sistem distribusi, integrasi bank kapasitor dalam analisa aliran daya sistem distribusi, dan penjelasan mengenai program komputer MATLAB.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

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

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan hasil penelitian yang berupa, hasil pengolahan data Penyulang Pangsuma dan Tomen, hasil simulasi kondisi eksisting penyulang dan hasil analisa upaya perbaikan tegangan penyulang menggunakan bank kapasitor.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran berdasarkan hasil dan pembahasan yang sudah dilakukan.