

**SKRIPSI**

**STUDI OPTIMASI PENEMPATAN KAPASITOR BANK PADA  
PENYULANG SS4 PT. PLN ULP TONDANO UNTUK  
MEMPERBAIKI KUALITAS TEGANGAN**

**Disusun dan diajukan oleh :**

**PUTRI AMELIA**

**D041 20 1082**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2024**



## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

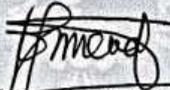
### STUDI OPTIMASI PENEMPATAN KAPASITOR BANK PADA PENYULANG SS4 PT. PLN ULP TONDANO UNTUK MEMPERBAIKI KUALITAS TEGANGAN

Disusun dan diajukan oleh

**Putri Amelia**  
**D041201082**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Pada tanggal 16 Agustus 2024  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,  
Pembimbing Utama,

  
Dr. Ir. Zaenab Muslimin, M.T.  
NIP. 196602011992022002

Ketua Program Studi,

  
Dr. Eng. Ir. Dewiani, MT.  
NIP. 196910261994122001



## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Putri Amelia

NIM : D041201082

Program Studi : Teknik Elektro

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

### **STUDI OPTIMASI PENEMPATAN KAPASITOR BANK PADA PENYULANG SS4 PT. PLN ULP TONDANO UNTUK MEMPERBAIKI KUALITAS TEGANGAN**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 11 Agustus 2024

Yang Menyatakan



Putri Amelia

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT., karena atas limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“STUDI OPTIMASI PENEMPATAN KAPASITOR BANK PADA PENYULANG SS4 PT. PLN ULP TONDANO UNTUK MEMPERBAIKI KUALITAS TEGANGAN”**.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk dapat menyelesaikan pendidikan tahap sarjana di Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa selama penyusunan skripsi ini, penulis banyak dihadapi dengan berbagai hambatan, namun berkat adanya bimbingan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak, akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Oleh karena itu, melalui kesempatan ini penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Cinta pertama dan panutanku, Ayahanda dan pintu surgaku Ibunda. Terima kasih sebesar-besarnya penulis berikan kepada keduanya atas segala tulus kasih, semangat, doa, dan pengorbanan yang telah diberikan selama ini. Terima kasih atas nasihat yang selalu diberikan meski terkadang pikiran kita tidak sejalan, terima kasih atas kesabaran dan kebesaran hati menghadapi penulis yang keras kepala. Ayah dan Ibu menjadi pengingat dan penguat paling hebat. Terima kasih, telah menjadi tempat bagi penulis untuk pulang.
2. Ketua Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Ibu Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T.
3. Ibu Ibu Dr. Ir. Zaenab Muslimin, M.T. selaku dosen pembimbing penulis yang telah banyak meluangkan waktu, tenaga, dan pikirannya selama mbimbing dan mengarahkan penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.  
Dok Prof. Dr. Ir. Indar Chaerah Gunadin, S.T., M.T., IPM dan Dr. Ir. Sri war Said, M.T. selaku dosen penguji telah meluangkan waktunya untuk



memberikan saran, koreksi, dan arahan dalam penyelesaian tugas akhir penulis.

5. Segenap Dosen dan Staf Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah banyak memberikan ilmu selama perkuliahan dan membantu kelancaran proses penyusunan tugas akhir ini.
6. Kedua Kakak penulis, yang selalu memberikan inspirasi untuk terus melangkah maju kedepan, menjadi teman bertukar pikiran, tempat berkeluh kesah, dan senantiasa memberikan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir. Terima kasih atas waktu, materi, doa yang senantiasa dilangitkan, serta seluruh hal baik yang diberikan kepada penulis selama ini.
7. Saudara dan Saudari (Dilzah, Feby, Nabila, Imam, Bejo, dan Adit) yang telah menjadi keluarga bagi penulis sejak masa putih biru hingga saat ini. Terima kasih telah membersamai penulis sejak dulu, setiap cerita, saran, nasihat, dan pengalaman yang telah dibagi bersama menjadi hal yang berharga bagi penulis. Terima kasih untuk segala dukungan, doa dan tidak pernah membiarkan penulis merasa sendiri, Semoga hubungan yang telah terjalin tidak akan tergerus oleh ruang dan waktu.
8. Teman-Teman Pengurus Badan Eksekutif Himpunan Mahasiswa Elektro Periode 2022/2023, atas cerita, tawa, dan warna baru yang telah diberikan dalam kehidupan penulis selama menjadi mahasiswa. Terima kasih atas segala pengalaman yang berharga, serta selalu meyakinkan dan menguatkan penulis selama menjalani masa kepengurusan.
9. Teman-Teman Riset Laboratorium Relay dan Pengukuran (Rani, Muli, Ghirah, Rezki, Ridha, Khoir, Alif, Abid, Yusril, dan Yogi) yang telah menjadi teman bertukar cerita dan tawa serta memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis selama penyusunan tugas akhir.
10. Teman-Teman Jalan Jeruk Jam 2 Malam (Laras, Sem, dan Alvin), terima kasih telah menjadi teman berbagi cerita, kepanikan, hingga banyaknya daan yang terlontarkan untuk satu sama lain serta senantiasa memberikan dukungan selama penulis menjalani masa perkuliahan.



11. Teman-Teman KKN 111 Desa Bonto Lebang (Tita, Mila, Tari, Iman, Sul, dan Akhdan) yang telah menjadi keluarga baru bagi penulis, terima kasih atas dukungan dan semangat yang selalu diberikan kepada penulis.
12. Teman-Teman PROCEZ20R, yang telah kebersamai penulis sejak pertama kali menginjakkan kaki di Fakultas Teknik. Terima kasih atas segala proses baik suka maupun duka yang telah dijalani bersama. Semoga setiap mimpi dan cita yang kalian miliki dapat terwujud dimanapun kalian berada, serta apa yang pernah kita tuliskan bersama dapat menjadi kenangan yang baik untuk tetap diingat nanti.
13. Park Chanyeol yang telah menjadi motivasi dan semangat bagi penulis sejak berada di bangku sekolah hingga saat ini. Terima kasih karena telah menjadi inspirasi bagi penulis untuk terus mengejar mimpi dan selalu menemani penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini melalui karya-karyanya,
14. Pemilik NIM D131201054 yang telah kebersamai penulis dalam menjalani hari yang tidak mudah dan telah meluangkan banyak waktu serta senantiasa sabar menghadapi sikap penulis selama proses pengerjaan tugas akhir ini. Terima kasih telah menjadi rumah yang tidak hanya berupa tanah dan bangunan. Terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan penulis hingga saat ini. Semoga takdir terus berpihak pada kita.
15. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Sebagai manusia biasa, penulis menyadari penyusunan skripsi ini jauh dari kata sempurna. Karena keterbatasan kemampuan dan ilmu pengetahuan yang penulis miliki. Oleh karena itu, kritik dan saran dari semua pihak diharapkan untuk membangun skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi siapapun yang membacanya.

Gowa, 11 Agustus 2024

Putri Amelia



## ABSTRAK

**PUTRI AMELIA.** Studi Optimasi Penempatan Kapasitor Bank pada Penyulang SS4 PT. PLN ULP Tondano untuk Memperbaiki Kualitas *Tegangan*

Pemasangan kapasitor bank pada sistem distribusi merupakan salah satu cara untuk mengatasi gangguan pada sistem distribusi seperti jatuh tegangan, faktor daya menurun dan bertambahnya rugi-rugi daya. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan penempatan dan kapasitas dari kapasitor untuk memperbaiki jatuh tegangan dan meminimalkan rugi-rugi daya pada sistem. Studi kasus yang digunakan adalah sistem distribusi penyulang SS4 ULP Tondano. Penentuan kapasitas kapasitor pada sistem dilakukan dengan menggunakan *tool Optimal Capacitor Placement (OCP)* pada *software Electric Transient Analyzer Program (ETAP) 19.0.1*. Simulasi pemasangan kapasitor kemudian dilakukan dengan menggunakan simulasi aliran daya pada software ETAP 19.0.1. Hasil simulasi menunjukkan bahwa untuk memperbaiki kondisi sistem distribusi penyulang SS4 ULP Tondano maka diperlukan 86,5 kVar pada Bus 36, 85,1 kVar pada Bus 55, 94 kVar pada Bus 76, 100 kVar pada Bus 78, 88,7 kVar pada Bus 90, dan 85,7 kVar pada Bus 144. Simulasi ini dilakukan dengan 2 skenario simulasi yaitu pemasangan kapasitor pada bus kandidat secara bergantian dan pemasangan kapasitor pada bus kandidat secara bersamaan. Dari kedua skenario simulasi tersebut didapatkan bahwa simulasi dengan pemasangan kapasitor pada bus kandidat secara bersamaan dapat meningkatkan profil tegangan secara signifikan yaitu sebesar 0,8236% dan mereduksi total rugi daya sistem sebesar 7,0889%.

Kata Kunci: kapasitor bank, nilai tegangan, rugi-rugi daya, optimasi pemasangan kapasitor, ETAP.



## ABSTRACT

**PUTRI AMELIA.** *Study Optimization of Bank Capacitor Placement in SS4 Feeder PT. PLN ULP Tondano to Improve Voltage Quality*

*The installation of bank capacitors in the distribution system is one way to overcome disturbances in the distribution system such as voltage drops, decreasing power factors and increasing power losses. This study aims to determine the placement and capacity of the capacitor to correct voltage drops and minimize power losses in the system. The case study used is the SS4 ULP Tondano tray distribution system. The determination of the capacitor capacity in the system is carried out using the Optimal Capacitor Placement (OCP) tool in the Electric Transient Analyzer Program (ETAP) software 19.0.1. The capacitor installation simulation was then carried out using power flow simulation in ETAP 19.0.1 software. The simulation results show that to improve the condition of the SS4 ULP Tondano feeder distribution system, 86.5 kVar is needed on Bus 36, 85.1, kVar on Bus 55, 94 kVar on Bus 76, 100 kVar on Bus 78, 88.7 kVar on Bus 90, and 85.7 kVar on Bus 144. This simulation was carried out with 2 simulation scenarios, namely the installation of capacitors on the candidate bus alternately and the installation of capacitors on the candidate bus at the same time. From the two simulation scenarios, it was found that the simulation with the installation of capacitors on the candidate bus at the same time could significantly increase the voltage profile by 0.8236% and reduce the total system power loss by 7.0889%.*

*Keywords: bank capacitor, voltage rating, losses, optimal capacitor placement, ETAP.*



## DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Manfaat.....	3
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Sistem Tenaga Listrik.....	4
2.2 Sistem Jaringan Distribusi.....	5
2.3 Aliran Daya Listrik ( <i>Load Flow</i> ).....	6
2.4 Kapasitor Bank .....	7
2.5 Pengaruh Kapasitor Bank.....	8
2.6 Jatuh Tegangan ( <i>Voltage Drop</i> ) .....	10
2.7 Daya Listrik.....	11
2.8 Rugi Daya Listrik .....	13
2.9 Algoritma Genetika pada <i>Optimal Capacitor Placement (OCP) ETAP Station</i> .....	14
2.10 Penelitian yang Relevan .....	15



BAB III.....	17
METODE PENELITIAN.....	17
3.1 Lokasi dan Waktu Peneltian.....	17
3.2 Alat dan Bahan .....	17
3.3 Metode Pengambilan Data .....	17
3.4 Metode Analisis Data .....	21
3.5 Diagram Alir Penelitian.....	22
.....	23
BAB IV .....	24
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24
4.1 Aliran Daya pada Sistem Distribusi Penyulang SS4 ULP Tondano .....	24
4.2 Penentuan Kapasitas Kapasitor .....	30
4.3 Simulasi Pemasangan Kapasitor Bank .....	31
4.4 Grafik Perbandingan Nilai Tegangan Sebelum dan Setelah Pemasangan Kapasitor Bank pada Bus Kandidat.....	40
4.5 Simulasi Pemasangan Kapasitor Bank pada 3 Bus Kandidat secara Bersamaan .....	47
4.6 Simulasi Pemasangan Kapasitor Bank pada 4 Bus Kandidat Secara Bersamaan .....	52
4.7 Simulasi Pemasangan Kapasitor pada Kondisi Beban Minimum .....	56
4.8 Analisa Biaya Pemasangan Kapasitor Bank.....	61
BAB V.....	67
KESIMPULAN DAN SARAN.....	67
5.1 Kesimpulan.....	67
5.2 Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA .....	69



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Skema penyaluran sistem tenaga listrik .....	4
Gambar 2. Diagram Phasor (a) Saluran Tanpa Kapasitor Shunt (b) Saluran dengan Kapasitor Shunt.....	9
Gambar 3. Segitiga Daya .....	12
Gambar 4 Single Line Diagram Penyulang SS4 ULP Tondano .....	18
Gambar 5. Grafik perbandingan nilai tegangan sebelum dan sesudah pemasangan kapasitor pada bus 3 .....	43
Gambar 6. Perbandingan Nilai Tegangan Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor pada Bus 55 .....	43
Gambar 7. Perbandingan Nilai Tegangan Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor pada Bus 62 .....	44
Gambar 8. Perbandingan Nilai Tegangan Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor pada Bus 76 .....	44
Gambar 9. Perbandingan Nilai Tegangan Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor pada Bus 78 .....	45
Gambar 10. Perbandingan Nilai Tegangan Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor pada Bus 82 .....	45
Gambar 11. Perbandingan Nilai Tegangan Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor pada Bus 90 .....	46
Gambar 13. Perbandingan Nilai Tegangan Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor pada Bus Kandidat Secara Bersamaan .....	47
Gambar 14. Perbandingan Nilai Tegangan Setelah Pemasangan Kapasitor pada Bus 55, 62, dan 78 secara Bersamaan .....	51
Gambar 15. Perbandingan Nilai Tegangan Setelah Pemasangan Kapasitor pada Bus 55, 62, dan 82 secara Bersamaan .....	52
Gambar 16. Perbandingan Nilai Tegangan Setelah Pemasangan Kapasitor pada Bus 55, 62, 78 dan 82 secara Bersamaan .....	56
Gambar 17. Perbandingan Nilai Tegangan Setelah Pemasangan Kapasitor pada Bus 55, 62, 78 dan 82 secara Bersamaan saat Kondisi Beban Minimum .....	60



## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Pengukuran gardu ULP Tondano Februari – April 2024.....	19
Tabel 2 Hasil Simulasi Aliran Daya Sebelum Pemasangan Kapasitor .....	24
Tabel 3 Penentuan Bus Kandidat .....	30
Tabel 4 Penempatan dan Kapasitas Kapasitor Bank.....	31
Tabel 5 Nilai Tegangan dan Kenaikan Tegangan Setelah Pemasangan Kapasitor pada Bus Kandidat .....	32
Tabel 6 Nilai Tegangan dan Kenaikan Tegangan Setelah Pemasangan Kapasitor pada 3 Bus Kandidat secara Bersamaan.....	47
Tabel 7 Nilai Tegangan dan Kenaikan Tegangan Setelah Pemasangan Kapasitor pada 4 Bus Kandidat Secara Bersamaan.....	52
Tabel 8 Nilai Tegangan dan Kenaikan Tegangan Setelah Pemasangan Kapasitor pada 4 Bus Kandidat Secara Bersamaan pada Kondisi Beban Minimum .....	57
Tabel 9 Harga Kapasitor Bank pada 8 Bus .....	61
Tabel 10 Total Nilai Investasi Kapasitor Bank pada 8 Bus .....	62
Tabel 11 Harga Kapasitor Bank pada 4 Bus .....	64
Tabel 12 Total Nilai Investasi Kapasitor Bank pada 4 Bus .....	65



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Meningkatkan kualitas distribusi tenaga listrik adalah elemen krusial dalam meningkatkan layanan kepada masyarakat serta memenuhi kebutuhan energi listrik yang terus bertumbuh. Kebutuhan energi listrik yang terus bertumbuh tersebut mengarah pada pengembangan jaringan distribusi yang diikuti dengan meningkatnya daya reaktif beban induktif pada bus beban maupun pada saluran. Pada sistem distribusi, jika suatu jaringan tidak memiliki sumber daya reaktif di sekitar beban maka semua kebutuhan daya reaktifnya ditanggung oleh gardu induk yang tersuplai dari generator pada pembangkit listrik, hal ini dapat mengakibatkan beberapa gangguan seperti faktor daya menurun, terjadinya jatuh tegangan dan bertambahnya rugi-rugi daya.

Terjadinya jatuh tegangan pada sistem dapat mengganggu kinerja dan keamanan perangkat elektronik yang digunakan di rumah-rumah pelanggan. Standar nilai toleransi drop tegangan yang ditetapkan dalam SPLN adalah sebesar +5% dan -10% untuk jaringan distribusi dengan nominal tegangan 20 kV. Oleh karena itu, penting untuk memperhatikan nilai tegangan di ujung saluran karena hal ini dapat menyebabkan gangguan pada pihak konsumen (SPLN, 1995).

Provinsi Sulawesi Utara dengan luas wilayah 15.069 km<sup>2</sup>, juga mengalami tantangan yang serupa terkait dengan kestabilan tegangan dalam sistem distribusi tenaga listrik. Dibutuhkan penelitian yang membahas solusi untuk mengatasi masalah jatuh tegangan pada salah satu penyulang yang ada di provinsi Sulawesi Utara. Penyulang SS4 yang terdapat pada GI Tonselama ULP Tondano adalah salah satu penyulang yang mengalami drop tegangan yang cukup besarr sehingga perlu dilakukan upaya untuk memperbaiki kestabilan tegangan yang ada pada

3 saluran penyulang SS4 terutama tegangan ujung saluran.

amun, menjaga tegangan tetap stabil merupakan tugas yang sulit karena n tegangan akan terjadi di semua bagian sistem dan akan berubah sesuai



dengan adanya perubahan beban dan variasi beban. Untuk memperbaiki drop tegangan, salah satu metode yang dapat digunakan adalah penempatan kapasitor di lokasi yang tepat pada sistem distribusi dengan nilai yang optimal. Kapasitor diposisikan di lokasi strategis dan tepat sehingga dapat menjaga tegangan dalam batas yang diizinkan, sehingga drop tegangan dapat diminimalkan (Elchrisa et al., 2019).

Berdasarkan penjelasan diatas, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penempatan kapasitor bank secara optimal dengan menggunakan metode *Optimal Capacitor Placement* pada software ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*) 19.0.1 sehingga dapat menjadi alternatif untuk memperbaiki kualitas tegangan. Dengan demikian, diharapkan bahwa penambahan kapasitor bank pada penyulang SS4 PT. PLN ULP Tondano akan memberikan kontribusi positif dalam upaya meningkatkan kualitas sistem distribusi tenaga listrik.

## 1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana cara menentukan lokasi dan kapasitas kapasitor yang optimal pada penyulang SS4 PT. PLN ULP Tondano?
2. Berapa peningkatan profil tegangan setelah penempatan kapasitor yang optimal pada sistem tersebut?
3. Berapa rugi-rugi daya yang dapat direduksi setelah penempatan kapasitor yang optimal?

## 1.3. Tujuan

Adapun tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menentukan lokasi dan kapasitas kapasitor yang optimal pada penyulang SS4 PT. PLN ULP Tondano.



meningkatkan profil tegangan pada penyulang SS4 PT. PLN ULP Tondano.  
menentukan besar rugi-rugi daya yang dapat direduksi setelah penempatan kapasitor yang optimal.

#### 1.4. Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memberikan informasi mengenai kondisi sistem distribusi penyulang SS4 ULP Tondano.
2. Hasil penelitian ini dapat menjadi panduan/*guidance* mengenai penentuan lokasi dan kapasitas kapasitor yang optimal pada penyulang SS4 PT PLN ULP Tondano untuk memperbaiki kualitas tegangan.

#### 1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini meliputi hal-hal sebagai berikut.

1. Penelitian ini memiliki objek penelitian pada penyulang SS4 PT PLN ULP Tondano.
2. Penelitian ini menggunakan metode *Optimal Capacitor Placement* (OCP) pada *Software* ETAP 19.0.1.
3. Tidak membahas analisa gangguan yang terjadi di sistem tenaga listrik.
4. Tidak membahas sistem proteksi dan harmonisa pada kapasitor.
5. Optimasi pemasangan kapasitor meliputi penentuan letak dan besar kapasitas kapasitor yang akan dipasang.
6. Penelitian hanya membahas pengaruh penempatan kapasitor secara optimal terhadap profil tegangan dan besar rugi-rugi daya yang direduksi setelah penempatan kapasitor.



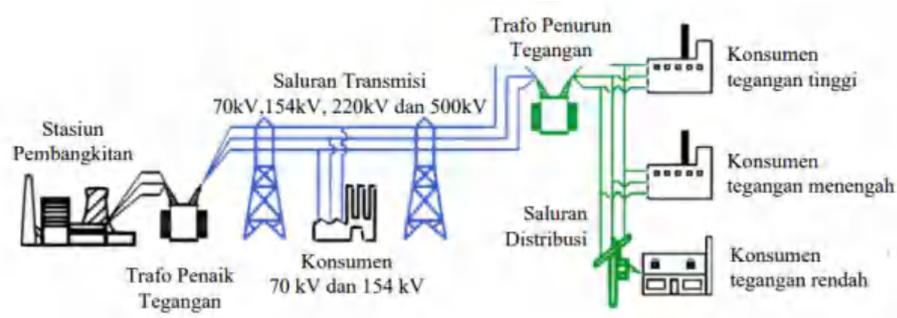
## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sistem Tenaga Listrik

Pada umumnya, sumber energi listrik dari pusat pembangkit tidak berada dekat dengan area konsumen. Listrik yang dihasilkan akan dialirkan ke pusat-pusat beban melalui jaringan transmisi dan distribusi. Untuk memastikan pasokan listrik yang kontinu dan handal, penting untuk memilih sistem distribusi yang tepat. Keputusan ini bergantung pada berbagai pertimbangan, seperti aspek ekonomi, lokasi, dan kelayakan. Dalam memilih sistem jaringan, perlu dipastikan bahwa persyaratan utama terpenuhi, seperti kehandalan yang optimal, kontinuitas layanan, biaya investasi yang rendah, serta minimnya fluktuasi frekuensi dan tegangan (Hartati et al., 2007).

Prinsip operasi sistem tenaga listrik dimulai dengan proses pembangkitan energi listrik, kemudian energi tersebut disalurkan melalui jaringan transmisi pada gardu induk. Dari gardu induk, energi listrik didistribusikan kepada konsumen melalui saluran distribusi (Afandi, 2005).

Gambar 1 menunjukkan skema penyaluran sistem tenaga listrik, mulai dari pembangkitan hingga distribusi ke konsumen (Saleh et al., 2017).



Gambar 1. Skema penyaluran sistem tenaga listrik  
Sumber: (Saleh et al., 2017)



Sistem pembangkit terdiri dari satu atau lebih unit pembangkit yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik dan harus memiliki kapasitas yang cukup untuk memenuhi kebutuhan listrik konsumen. Sistem transmisi berperan dalam transfer energi listrik dari berbagai lokasi pembangkitan ke sistem

distribusi, sementara sistem distribusi bertugas untuk menyampaikan energi listrik ke konsumen (Suswanto, 2009).

## 2.2 Sistem Jaringan Distribusi

Jaringan distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang terdiri dari jaringan penghantar yang menghubungkan antara gardu induk pusat beban dengan pelanggan. Ruang lingkup jaringan distribusi mencakup segala komponen dari penyulang atau feeder yang berdekatan dengan terminal sekunder trafo gardu induk hingga alat pembatas dan pengukur (APP) di pelanggan. Fungsi jaringan distribusi adalah untuk mendistribusikan energi listrik ke pelanggan sesuai dengan kebutuhan daya dan tegangan. Jaringan distribusi ini merupakan komponen sistem tenaga listrik yang secara langsung terhubung dengan pelanggan, sehingga kualitas jaringan distribusi memiliki dampak langsung terhadap kenyamanan pelanggan (Suripto, 2017).

Dalam usaha meningkatkan kualitas, keandalan, dan pelayanan tenaga listrik ke konsumen, maka diperlukan persyaratan sistem distribusi tenaga listrik yang memenuhi alasan-alasan teknis, ekonomis, dan sosial sehingga dapat memenuhi standar kualitas dari sistem pendistribusian tenaga listrik tersebut. Kualitas tegangan listrik yang sampai ke beban harus memenuhi standar minimum untuk setiap situasi dan karakteristik beban. Oleh karena itu, diperlukan stabilitas tegangan (*voltage regulator*) untuk menjamin kualitas tegangan sampai ke konsumen dengan stabil (Suswanto, 2009).

Berdasarkan topologinya, jaringan distribusi terbagi menjadi dua kelompok besar, yaitu: (Suripto, 2017).

### 1. Jaringan Distribusi Radial

Dikatakan jaringan distribusi radial apabila sebuah penyulang melayani beberapa pelanggan dan trafo distribusi yang jaringannya tidak terhubung dengan penyulang yang lain, baik dari gardu induk yang sama maupun gardu induk lain. Kekurangan dari sistem jaringan ini adalah jika terjadi gangguan di gardu induk tertentu atau terjadi kerusakan pada penyulang



atau jaringan utama, maka semua beban yang melalui jaringan tersebut akan terputus.

## 2. Jaringan Distribusi Ring

Pada jaringan distribusi ring, pada pelanggan dan trafo distribusi yang dilayani suatu penyulang dipasang jaringan distribusi yang menghubungkannya dengan pelanggan dan trafo distribusi yang dilayani penyulang yang lain. Pada jaringan penghubung ini dipasang switch, sehingga dapat diputus atau dihubung sesuai kebutuhan.

### 2.3 Aliran Daya Listrik (*Load Flow*)

Penelitian mengenai aliran daya yang sering disebut juga sebagai *load flow*, dilaksanakan untuk memahami bagaimana aliran daya atau tegangan sistem pada kondisi operasi keadaan tunak (*steady state*). Penelitian ini juga memberikan data yang diperlukan untuk mengevaluasi pelaksanaan sistem daya dan menganalisis usia dan kondisi pembangkit. Selain itu, informasi mengenai aliran listrik baik dalam kondisi normal maupun darurat (*critical*) juga diperlukan untuk analisis lebih lanjut (Rosihan, 2023).

Menggambarkan pentingnya analisis aliran daya dalam merencanakan perluasan sistem tenaga listrik dan menentukan operasi optimal untuk sistem jaringan kelistrikan. Aliran daya listrik merupakan suatu pembahasan studi dalam sistem tenaga listrik untuk mengidentifikasi parameter-parameter seperti rugi-rugi daya, tegangan, dan arus, serta menilai kemampuan alokasi daya yang diperlukan sesuai dengan perkembangan beban. Informasi yang dihasilkan dari studi aliran daya meliputi arah aliran daya, tegangan pada bus, daya aktif, dan daya reaktif (Saefrudin, 2015).

Menurut Rosihan (2023) Kajian mengenai aliran tenaga listrik merupakan fokus sentral dalam merancang dan memajukan struktur serta prosedur yang optimal dalam jaringan listrik yang ada. Perencanaan dan Pengembangan sistem di ndatang akan sangat tergantung pada studi aliran daya. Karena seiring meningkatnya minat konsumen terhadap daya listrik, akan terus terjadi n beban, perubahan unit pembangkit, dan perubahan saluran transmisi.



Dalam analisis studi aliran daya pada setiap bus sistem tenaga listrik dapat diklasifikasikan menjadi: (Putra et al., 2019).

1. Bus PQ (*Load Bus*)

*Load bus* biasanya disebut sebagai Bus PQ, karena besaran yang diketahui adalah P (daya aktif) dan Q (daya reaktif).

2. Bus PV (*Generator Bus*)

*Generator bus* biasanya disebut bus PV, karena hanya besaran P dan V yang diketahui.

3. Bus Ayun (*Slack Bus*)

Besaran-besaran yang diketahui dalam slack bus adalah V (tegangan) dan  $\delta$  (sudut fasa). Pada umumnya  $\delta$  bernilai nol ( $\delta = 0$ ).

Penyelesaian aliran daya dapat dilakukan melalui berbagai metode seperti Gauss-Seidel, Newton-Raphson, dan Fast Decoupled. Namun, meskipun demikian, proses perhitungan manual yang rumit masih menjadi tantangan. Namun, dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, sekarang telah tersedia penggunaan software yang digunakan untuk penyelesaian aliran daya (Saefrudin, 2015).

## 2.4 Kapasitor Bank

Pemasangan kapasitor bank bertujuan untuk menyediakan pasokan daya reaktif, dengan demikian meminimalkan penyerapan daya reaktif oleh beban. Tujuannya adalah untuk mengurangi jatuh tegangan dan mengurangi rugi-rugi pada jaringan yang disebabkan oleh penyerapan daya reaktif (Nizam & Rijanto, 2019).

Fungsi kapasitor pada sistem tenaga adalah sebagai berikut: (Pahlevi et al., 2014).

1. Menyuplai daya reaktif sehingga memaksimalkan penggunaan daya kompleks
2. Memperbaiki faktor daya
3. Mengurangi jatuh tegangan
4. Menghindari kelebihan beban trafo
5. Memberi tambahan daya tersedia



6. Menghindari kenaikan arus dan suhu pada kabel

7. Menghemat daya / efisiensi

Pada saluran distribusi, beban yang bersifat induktif akan menyerap daya reaktif, yang selanjutnya dapat menimbulkan jatuh tegangan di sisi penerima. Disinilah peran kapasitor bank dalam mengkompensasi daya reaktif dan memastikan tegangan terjaga pada levelnya pada kondisi beban penuh (Dermawan et al., 2019).

Pemasangan kapasitor pada jaringan sistem tenaga listrik dapat dilakukan dalam dua cara, yaitu parallel (shunt) dan seri. Kapasitor yang dipasang secara parallel disebut kapasitor shunt, sementara yang dipasang secara seri disebut kapasitor seri (Laginda et al., 2018).

Kapasitor shunt merupakan kapasitor yang terhubung secara paralel dengan saluran distribusi. Fungsinya adalah untuk mengalirkan arus reaktif atau daya reaktif guna mengimbangi sebagian besar komponen reaktif yang diperlukan oleh beban induktif. Sedangkan, kapasitor seri merupakan kapasitor yang dihubungkan secara seri dengan impedansi yang sesuai. Penggunaannya dibatasi pada saluran distribusi karena perlengkapan pengamanannya yang cukup rumit. Secara umum, biaya pemasangan kapasitor seri lebih tinggi daripada pemasangan kapasitor parallel. Kapasitor seri dapat digunakan untuk menaikkan tegangan otomatis yang sebanding dengan pertumbuhan beban. Penggunaan kapasitor seri lebih besar mempengaruhi naiknya tegangan dibandingkan dengan kapasitor shunt untuk faktor daya yang rendah (Rofii & Ferdinand, 2018).

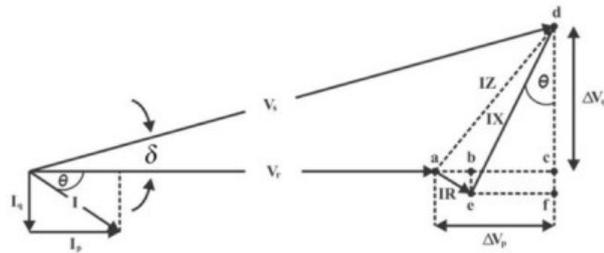
## 2.5 Pengaruh Kapasitor Bank

Kapasitor yang terhubung secara paralel atau shunt digunakan untuk mengurangi rugi-rugi dalam saluran dan meningkatkan profil tegangan. Hal ini karena kapasitor parallel menyediakan daya reaktif atau arus untuk menetralkan beban antara fasa dari arus yang diperlukan oleh beban induktif. Penurunan pada penyulang atau feeder yang panjang dengan faktor daya yang rendah dapat dihitung melalui persamaan berikut: (Saragih et al., 2018).

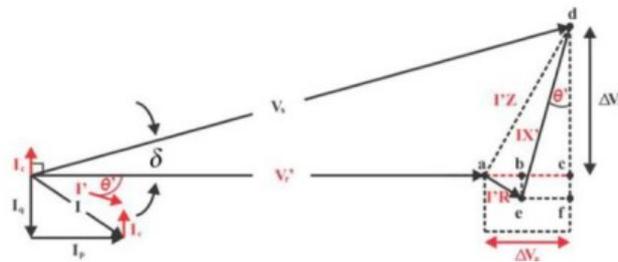
$$R \cos \theta + IX \sin \theta \quad (1)$$



Gambar 2 menunjukkan arus yang diinjeksikan oleh kapasitor paralel mampu mengubah vektor arus ke arah leading sehingga voltage drop akibat beban induktif saluran dapat teratasi dan tegangan pada beban tetap terjaga pada kondisi yang diinginkan (Saragih et al., 2018).



(a)



(b)

Gambar 2. Diagram Phasor (a) Saluran Tanpa Kapasitor Shunt (b) Saluran dengan Kapasitor Shunt  
Sumber: (Sebrilliani, 2020)

Ketika kapasitor ditempatkan pada akhir saluran, resultan drop tegangannya dapat dihitung melalui persamaan: (Rosihan, 2023).

$$\Delta V_{p'} = IR \cos \theta' + (I_L X_L - I_C X_C) \sin \theta' \tag{2}$$

Atau persamaan dapat disederhanakan menjadi:

$$\begin{aligned} \Delta V_{p'} &= IR \cos \theta' + (I_L X_L - I_C X_C) \sin \theta' \\ &= IR \cos \theta' + (I_L X_L \sin \theta' - I_C X_C \sin \theta') \\ &= R \left( \frac{P}{V'r} \right) + X_L \left( \frac{Q_L}{V'r} \right) - X_C \left( \frac{Q_C}{V'r} \right) \end{aligned}$$

$$\Delta V_n = \frac{P}{V'r} R + \frac{Q_L X_L - Q_C X_C}{V'r} \tag{3}$$



eterangan gambar dan persamaan:

Tegangan dari sisi pengirim

- $V_r$  = Tegangan pada sisi penerima  
 $R$  = Resistansi saluran  
 $X$  = Reaktansi saluran  
 $X_L$  = Reaktansi induktif  
 $X_C$  = Reaktansi kapasitif  
 $I_P$  = Komponen arus aktif  
 $I_Q$  = Komponen arus reaktif induktif  
 $I_R$  = Komponen real arus  
 $I_X$  = Reaktansi jaringan  
 $P$  = Daya aktif yang dikirim ke beban  
 $Q$  = Daya reaktif yang dikirim ke beban

Ketika dipasang kapasitor shunt, terjadi injeksi arus  $I_C$  pada sistem sehingga faktor daya meningkat dan  $I_L$  berkurang. Hal ini mengakibatkan drop tegangan berkurang ( $I_L \times X_L$ ) sehingga  $V_r$  meningkat. Pernyataan ini seperti dijelaskan pada Gambar 2 (a) sehingga dapat dituliskan persamaan berikut:

$$V_r = V_s - (IR + jIX) \quad (4)$$

Kemudian melalui Gambar 2 (b), dijelaskan bahwa:

$$V_r' = V_s - (IR + jI_L X_L - jI_C X_C) \quad (5)$$

Maka melalui kedua persamaan tersebut diperoleh selisih drop tegangan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \Delta V_r &= V_r' - V_r \\
 &= [V_s - (IR + jI_L X_L - jI_C X_C)] - [V_s - (IR + jI_L X_L)] \\
 &= jI_C X_C
 \end{aligned} \quad (6)$$

## 2.6 Jatuh Tegangan (Voltage Drop)

Jatuh tegangan adalah perbedaan antara tegangan yang dikirim dan tegangan yang diterima disebabkan oleh adanya impedansi pada penghantar.

a jatuh tegangan selalu terjadi dalam jaringan listrik, baik disisi pelanggan disisi perusahaan listrik. Semakin tinggi impedansinya, semakin besar n tegangan antara kedua sisi. Apabila perbedaan tegangan ini melampaui



standar yang telah ditetapkan, maka kualitas penyaluran listrik dianggap rendah (Akbar, 2016).

Besarnya jatuh tegangan dapat dihitung dengan persamaan berikut: (Darmana, 2015)

$$V_{drop} = I \times L (R \cos \theta + jX_L \sin \theta) \quad (7)$$

Dimana:

- $V_{drop}$  = Jatuh tegangan
- $I$  = Arus rata-rata di ujung saluran
- $R$  = Resistansi saluran
- $X$  = Reaktansi rangkaian
- $\theta$  = Sudut fasa antara arus dan tegangan
- $L$  = Panjang saluran

Dalam pembahasan ini, jatuh tegangan ( $\Delta V$ ) didefinisikan sebagai selisih antara tegangan kirim ( $V_s$ ) dan tegangan terima ( $V_t$ ), dimana jatuh tegangan dapat dinyatakan dengan persamaan: (Dewi et al., 2023).

$$\Delta V = |V_s| - |V_r| \quad (8)$$

Dimana:

- $\Delta V$  = Drop tegangan (Volt)
- $V_s$  = Tegangan ujung kirim (Volt)
- $V_r$  = Tegangan ujung terima (Volt)

Kemudian untuk menghitung jatuh tegangan dalam persen (%) dapat dinyatakan dengan persamaan: (Dewi et al., 2023).

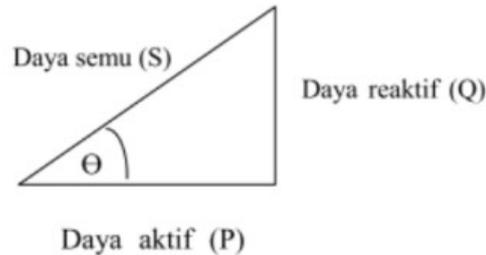
$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{V} \times 100\% \quad (9)$$

## 2.7 Daya Listrik



alam sistem tenaga listrik, terdapat perbedaan antara kekuatan (power) dan energi. Energi adalah hasil dari daya dikalikan dengan waktu, dan daya listrik adalah hasil perkalian tegangan dengan arus. Satuan untuk

daya listrik adalah Watt, yang menunjukkan jumlah tenaga listrik yang mengalir per satuan waktu (joule/s). Dalam sistem listrik arus bolak-balik, dikenal adanya 3 jenis daya untuk beban yang memiliki impedansi ( $Z$ ), yaitu daya aktif, daya reaktif dan daya semu (Sudiro et al., 2017).



Gambar 3. Segitiga Daya  
Sumber: (Syufrijal & Monantun, 2014).

Berikut merupakan penjelasan dari 3 jenis daya listrik: (Sudiro et al., 2017).

#### 1. Daya aktif (P)

Daya aktif atau yang disebut juga daya nyata merupakan daya yang diperlukan oleh beban. Satuan daya aktif adalah Watt dan dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$P = 3 \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi \quad (10)$$

#### 2. Daya reaktif (Q)

Daya reaktif adalah hasil dari efek induksi elektromagnetik yang disebabkan oleh beban yang memiliki nilai induktif (fase arus tertinggal/lagging) atau kapasitif (fase arus mendahului/leading). Satuan daya reaktif adalah Var dinyatakan melalui persamaan:

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \varphi$$

$$Q = 3 \cdot V_L \cdot I_L \cdot \sin \varphi \quad (11)$$

#### 3. Daya semu (S)

Daya semu merupakan daya yang terukur atau terbaca oleh alat ukur pada beban impedansi ( $Z$ ). Daya semu ini adalah penjumlahan daya aktif dan daya reaktif secara vektoris. Satuan daya ini adalah VA yang dinyatakan melalui persamaan:



$$S = V \cdot I \quad (12)$$

## 2.8 Rugi Daya Listrik

Rugi daya listrik adalah perbedaan antara jumlah energi listrik yang dihasilkan dengan jumlah energi listrik yang diterima oleh konsumen (Husu et al., 2019).

Setiap peralatan listrik yang digunakan tidak selamanya bekerja dengan sempurna. Semakin lama waktu pemakaian maka akan berkurangnya efisiensi dari peralatan tersebut sehingga akan mengakibatkan rugi-rugi yang semakin besar pula (Marsudi, 2006).

Dalam proses pendistribusiannya, tenaga listrik mengalami rugi-rugi daya listrik yang besar karena luasnya daerah yang membutuhkan suplai tenaga listrik dari jaringan distribusi. Rugi-rugi daya listrik pada saluran distribusi dibagi menjadi 2 bagian, yaitu: (Syufrijal & Monantun, 2014).

### 1. Rugi-rugi daya aktif

Besar rugi daya aktif ditentukan oleh kuadrat arus ( $I^2$ ) dan resistansi jaringan ( $R$ ) yang merupakan representasi jarak saluran. Dengan kata lain, faktor yang paling berpengaruh terhadap besarnya rugi-rugi daya aktif adalah besarnya arus dan besarnya resistansi jaringan. Resistansi jaringan akan sangat dipengaruhi oleh jarak saluran itu sendiri.

Rugi-rugi daya aktif per fasa dapat dilihat dalam persamaan berikut:

$$P_{loss (1\phi)} = I^2 \cdot R \text{ (watt)} \quad (13)$$

Sedangkan rugi-rugi daya aktif tiga fasa adalah

$$\begin{aligned} P_{loss (3\phi)} &= 3 \cdot I^2 \cdot R \text{ (watt)} \\ &= 3 \cdot P_{1\phi} \end{aligned} \quad (14)$$

Dimana:

$I$  = Arus yang mengalir dalam jaringan (Ampere)

$R$  = Hambatan dalam penghantar (Ohm)

$P_{1\phi}$  = Rugi daya reaktif



Besar rugi daya reaktif ditentukan oleh kuadrat arus ( $I^2$ ) dan reaktansi jaringan ( $X$ ) yang merupakan representasi jarak saluran. Dengan kata lain, faktor utama yang paling berpengaruh terhadap besarnya rugi-rugi daya reaktif adalah besarnya arus dan besarnya reaktansi jaringan. Reaktansi jaringan akan sangat dipengaruhi oleh jarak saluran itu sendiri.

Rugi-rugi daya reaktif per fasa dapat dilihat dalam persamaan berikut:

$$Q_{loss (1\phi)} = I^2 \cdot X \text{ (Var)} \quad (15)$$

Sedangkan rugi-rugi daya reaktif tiga fasa adalah

$$\begin{aligned} Q_{loss (3\phi)} &= 3 \cdot I^2 \cdot X \text{ (Var)} \\ &= 3 \cdot Q_{1\phi} \end{aligned} \quad (16)$$

Dimana:

$I$  = Arus yang mengalir dalam jaringan (Ampere)

$X$  = Reaktansi dalam penghantar (Ohm)

## 2.9 Algoritma Genetika pada *Optimal Capacitor Placement (OCP)*

### *ETAP Power Station*

OCP merupakan salah satu fitur dalam *software* ETAP yang menggunakan algoritma genetika untuk menemukan lokasi optimal penempatan kapasitor. Algoritma genetika merupakan metode optimasi yang didasarkan oleh teori seleksi alam (Sarkar et al., 2013). Sebuah algoritma dimulai dengan generasi solusi dengan keanekaragaman untuk mewakili karakteristik dari ruang pencarian secara keseluruhan. Melalui mutase dan *crossover* karakteristik yang baik dipilih untuk dibawa ke generasi berikutnya. Solusi yang optimal dapat dicapai melalui generasi berulang. Adapun, metode yang paling umum berdasarkan aturan praktis diikuti dengan menjalankan studi beberapa aliran daya untuk *fine-tuning* ukuran dan lokasi (Saragih et al., 2018).

Dalam metode Algoritma Genetika, terdapat sekumpulan individu (populasi)

atau permasalahan, dalam hal ini dapat diperhitungkan aliran daya dalam bentuk bilangan real yang menyusun gen-gen pembentuk populasi. Populasi kemudian dibentuk dari pembangkitan secara acak yang



selanjutnya dipilih melalui prosedur operasi genetika yang terdiri dari seleksi *crossover* dan mutase. Hasil dari mutasi yang selanjutnya dievaluasi menggunakan fungsi *fitness* untuk menentukan kromosom mana yang dipilih untuk melalui proses perulangan sehingga mencapai nilai tertentu pada suatu kriteria yang telah ditetapkan sebelumnya (Saragih et al., 2018).

## 2.10 Penelitian yang Relevan

1. Christopher Elchrisa Uno, dkk. Analisis Optimasi Penempatan Kapasitor Bank pada Jaringan Tegangan Menengah 20 kV Feeder IS03 Rayon Limboto untuk Memperbaiki Kualitas Tegangan (Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering, Vol. 1, No. 1, 2019). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui lokasi penempatan optimal kapasitor sehingga dapat memperbaiki kualitas tegangan. Penelitian ini menggunakan metode simulasi melalui *software* ETAP 12.6.0 yang melibatkan tahapan seperti studi literatur, pengumpulan data dan pelaksanaan simulasi. Hasil dari penelitian menunjukkan lokasi penempatan optimal kapasitor bank dibagi dalam 4 kondisi dengan jumlah kapasitor dan jarak yang berbeda serta rating kapasitor untuk masing-masing kondisi adalah sebesar 150 kVAr, 170 kVAr, 200 kVAr, dan 290 kVAr. Persamaan dari penelitian ini terletak pada fokus utama mereka, yaitu penggunaan kapasitor bank untuk memperbaiki kualitas tegangan dan penggunaan *software* ETAP pada kedua penelitian. Meskipun memiliki kesamaan dalam fokus dasar, perbedaan utama pada penelitian ini terletak pada lokasi pengambilan data, penggunaan versi *software* dimana pada penelitian ini menggunakan ETAP 19.0.1 dan menekankan pada metode *Optimal Capacitor Placement* (OCP).
2. Alfian Nandar Rosihan. Optimasi Penempatan Kapasitor untuk Memperbaiki Profil Tegangan dan Mereduksi Rugi-Rugi Daya pada Jaringan Distribusi 20 kV Penyulang Lambitu, Kalampa, dan Karumbu di PT. PLN (Persero) Area Bima (Skripsi. Institut Teknologi Nasional Malang, 2023). Penelitian ini membahas tentang penentuan lokasi optimal kapasitor menggunakan metode *Optimal Capacitor Placement* (OCP) pada ETAP dengan tujuan untuk memperbaiki kualitas tegangan dan mereduksi rugi-rugi daya. Hasil penelitian menunjukkan



bahwa metode yang digunakan dapat menentukan lokasi dan kapasitas optimal kapasitor disistem distribusi 20 kV PT. PLN Area Bima yang menunjukkan profil tegangan sistem meningkat sesuai batas yang diinginkan, selain itu melalui metode OCP ini rugi-rugi daya dapat direduksi. Persamaan dari penelitian ini juga terletak pada fokus utama mereka yaitu memperbaiki kualitas tegangan dan mereduksi rugi-rugi daya dengan menggunakan metode OCP pada ETAP. Meskipun keduanya berada di dalam ranah optimasi penempatan kapasitor bank, penelitian yang relevan ini dilaksanakan di PT. PLN Area Bima, sementara penelitian ini dilaksanakan di penyulang SS4 PT. PLN ULP Tondano.

3. Erwin Dermawan, dkk. Studi Optimasi Penempatan dan Ukuran Kapasitor dengan Metode Genetik Algoritma pada Distribusi Hotel Starlet (Jurnal UMJ Semnastek, 2019). Dalam penelitian ini, digunakan metode Algoritma Genetika melalui proses *Optimasi Capacitor Placement* pada ETAP 12.6.0 untuk mengetahui lokasi penempatan kapasitor yang optimal sehingga dapat memperbaiki kualitas tegangan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa setelah penempatan kapasitor bank dapat memperbaiki tegangan pada bus. Persamaan penelitian ini adalah keduanya menggunakan proses *Optimal Capacitor Placement* untuk mengetahui lokasi penempatan dan ukuran kapasitor yang optimal. Perbedaan diantara kedua penelitian ini adalah pada penelitian relevan, menggunakan metode OCP pada ETAP 12.6.0 dan lokasi penelitian di Hotel Starlet. Sementara itu, penelitian ini menggunakan metode OCP pada ETAP 19.0.1 dan lokasi penelitian di penyulang SS4 PT. PLN ULP Tondano.

