

ANALISIS PENGARUH KAPASITOR BANK UNTUK PERBAIKAN FAKTOR DAYA DAN TEGANGAN MENENGAH PT. PLN ULP MAROS

Hanif Syuhdi Alkaf¹, Sarma Thaha², Nurhayati Jabir³

^{1,2}Polieknik Negeri Ujung Pandang
Tamalanrea, Makassar, 90221

³Polieknik ATI Makassar
Suangga, Makassar, 90211

Informasi Artikel

Diterima, 2 Juli 2023
Direvisi, 17 Agustus 2023
Disetujui, 20 September 2023
Dipublikasi, 9 Oktober 2023

Abstract

The Turikale Feeder, supplied by GI Maros, has a total line length of approximately 54.2 km, a load of 4-8 MVA, and a current of 120-200 A. However, one obstacle faced by the Turikale Feeder distribution is the voltage at the receiving end, which falls outside the tolerance limit set by PLN. The PLN voltage tolerance limit is a maximum of +5% and a minimum of -10% of the nominal voltage. The output medium voltage value of the GI Maros power transformer is recorded at 20.147 kV, but calculations show that there are values below 19 kV, which does not meet PLN standards. To address this issue, there are plans to increase the power factor to 0.95 by installing three capacitors with a rating of 400 kVAR in the 20kV medium voltage network. The research aims to simulate the Turikale distribution network of PT PLN (Persero) ULP Maros and analyze the impact of capacitor bank placement on power quality parameters such as losses, voltage profile, power factor, reactive power, apparent power, and active power of the repeater. The data used in the study includes line data, distribution substation data, transformer capacity, load capacity, and substation voltages obtained from PT PLN (Persero) ULP Maros through observation techniques. Based on the results of research in the form of simulations in ETAP 16.0.0, it can be seen that there is a reduction in power for each reactive power of 847.043 kVAR and active power of 31.52 kW. Meanwhile, active power losses decreased by 49,511 kW and reactive power by 76,793 kVAR. Meanwhile, the average voltage drop was reduced from the initial 3.84% to 0.21%. The power factor value before placement was around 0.8363 and after placement it was 0.962.

Key words: Capacitor Bank, Drop Voltage, ETAP 16.0.0, Losses, Power Factor, Power Quality.

Abstrak

Penyulang Turikale adalah salah satu penyulang yang disuplai oleh GI Maros dengan total panjang saluran ±54,2 km, beban sebesar ±4-8 MVA dan arus sebesar ±120-200 A. Salah satu kendala dari penyaluran distribusi Penyulang Turikale ialah tegangan di ujung penerimaan hanya berkisar ±<360 V yang mana berada di luar batas toleransi yang ditetapkan oleh PLN dimana batas toleransi tegangan PLN sebagai akibat rugi tegangan maksimal ≥+5% dan minimal ≤10% dari tegangan nominal sesuai SPLN No.1 1995. Nilai tegangan menengah keluaran trafo daya GI Maros tercatat sebesar 20,147 kV. Berdasarkan perhitungan pada 6 section Penyulang, terdapat nilai dibawah <19 kV yang mana di luar standar PLN berdasarkan SPLN 72-1987. Selanjutnya, perhitungan untuk menaikkan faktor daya menjadi 0,95 direncanakan menggunakan 3 buah kapasitor dengan rating 400 kVAR yang terpasang pada jaringan tegangan menengah 20 kV. Penelitian ini bertujuan untuk mensimulasikan jaringan distribusi Penyulang Turikale PT. PLN (Persero) ULP Maros dan menganalisis pengaruh penempatan kapasitor bank pada jaringan TM terhadap parameter-parameter kualitas daya seperti rugi daya, profil tegangan, faktor daya, daya reaktif, daya semu dan daya aktif penyulang. Dalam penelitian ini, data yang digunakan adalah data saluran, dan data gardu distribusi berupa kapasitas trafo, dan kapasitas beban terpakai dengan mengukur beban (phase R, S dan T) dan tegangan gardu. Data ini diperoleh dari PT. PLN (Persero) ULP Maros melalui teknik observasi.

Berdasarkan hasil penelitian berupa simulasi di ETAP 16.0.0 dapat diketahui terdapat pengurangan daya masing-masing daya reaktif sebesar 847,043 kVAR dan daya aktif 31,52 kW. Adapun rugi daya aktif menyusut sebesar 49,511 kW dan daya reaktif sebesar 76,793 kVAR. Sedangkan jatuh tegangan rata-rata berkurang dari awalnya 3,84% menjadi 0,21%. Nilai faktor daya sebelum penempatan berkisar 0,8363 dan setelah penempatan menjadi 0,962.

Kata Kunci: Faktor Daya, ETAP 16.0.0, Jatuh Tegangan, Kapasitor Bank, Kualitas Daya, Rugi Daya.

PENDAHULUAN

ULP Maros adalah salah satu unit layanan pelanggan di UP3 Makassar Utara. Penyulang pada ULP Maros mendapatkan *supply* tegangan dari 4 GI yaitu GI Maros, GI Mandai, dan GI Daya Baru. Adapun jumlah penyulang ULP Maros untuk melayani konsumen sejumlah 19 penyulang. Penyulang-penyulang tersebut

antara lain, Penyulang Turikale, Tambua dan Grandmall. Jarak penyulang di ULP Maros ke GI bervariasi, yakni $\pm 10-25$ km.

Salah satu penyulang terpanjang adalah penyulang Turikale dengan jarak dari GI Maros adalah $\pm 54,2$ km. Penyulang Turikale sekarang ini melayani beban sebesar $\pm 4-8$ MVA atau arus sebesar $\pm 120-240$ A. Dikarenakan jarak yang cukup jauh dan beban yang cukup besar maka tegangan di ujung penerimaan adalah $\pm < 360$ V. Nilai ini sudah berada di luar batas toleransi yang ditetapkan oleh PLN dimana batas toleransi tegangan PLN sebagai akibat rugi tegangan adalah maksimal $\geq +5\%$ dan minimal $\leq 10\%$ dari tegangan nominal 400 V sesuai SPLN : 1995 dan nilai tegangan menengah minimal $\leq 5\%$ dari tegangan nominal 20 kV sesuai SPLN T6.001: 2013. Selain itu, Penyulang Turikale memiliki *faktor daya* pada pembacaan kubikel GI Maros sebesar $\pm 0,83$. Nilai ini juga sudah berada di luar batas toleransi yang ditetapkan oleh PLN. Menurut SPLN 70-1:1985 nilai faktor daya harus lebih dari 85%.

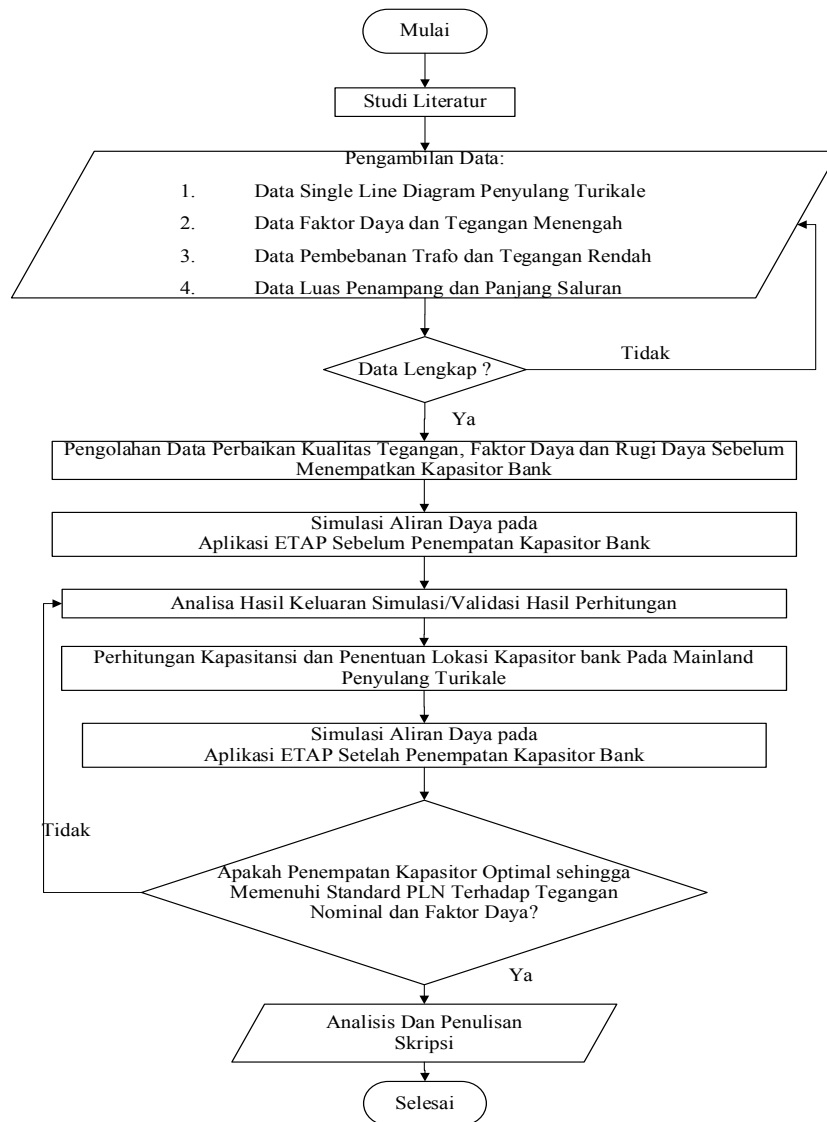
Bila beban meningkat maka tegangan di ujung penerimaan menurun dan sebaliknya bila beban berkurang maka tegangan di ujung penerimaan meningkat (Asy'ari, 2011) Konsumen yang letaknya jauh dari titik pelayanan akan cenderung menerima tegangan relatif lebih rendah, bila dibandingkan dengan tegangan yang diterima konsumen yang letaknya dekat dengan pusat pelayanan (Azzahra, 2019). Perubahan tegangan pada dasarnya disebabkan oleh adanya hubungan antara tegangan dan daya reaktif. Jatuh tegangan dalam penghantar sebanding dengan daya reaktif yang mengalir dalam penghantar tersebut (Liliana, 2014). Berdasarkan hubungan ini maka tegangan dapat diperbaiki dengan mengatur aliran daya reaktif. Daya reaktif yang tinggi mengakibatkan faktor daya akan menjadi lebih rendah.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul "**Analisis Pengaruh Kapasitor Bank untuk Perbaikan Faktor Daya dan Tegangan Menengah PT. PLN ULP Maros**"

METODE PENELITIAN

1.1 Teknik Pengambilan Data

Dalam melaksanakan penelitian ini, penulis mengikuti prosedur/langkah-langkah yang terstruktur agar penelitian ini dapat dikerjakan secara sistematis dan terarah. Adapun langkah awal dalam proses penelitian ini ialah dengan melakukan studi literatur dari berbagai referensi buku, skripsi, maupun jurnal. Selanjutnya, melakukan observasi dan pengambilan data yang dilakukan dengan cara melakukan pengamatan objek penelitian secara langsung di lapangan demi kebutuhan data penelitian di PT. PLN (Persero) ULP Maros di antara lain; diagram satu garis penyulang dan gardu induk, jenis penghantar, panjang penghantar, data pengukuran beban trafo penyulang Turikale, dan data transformasi daya. Penelitian tahap berikutnya berlanjut ke proses pembuatan permodelan dan simulasi setelah dilakukan pengolahan data berdasarkan data yang telah diperoleh tersebut. Data sesuai dengan kebutuhan dalam pembuatan permodelan dengan simulasi menggunakan ETAP 16.0.0 sehingga dapat diketahui keadaan penyulang Turikale. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar *flowchart* prosedur penelitian berikut.



Gambar 1. Flowchart Prosedur Penelitian

2.2 Teknik Analisis Data

Dalam penelitian ini, metode analisis data yang dilakukan penulis adalah dengan melakukan perhitungan dan proses pembuatan permodelan/simulasi. Data - data yang telah terkumpul sebelumnya kemudian disimulasikan pada ETAP 16.0.0. Penulis berencana menggunakan persamaan (14) untuk menghitung dan menentukan titik lokasi optimum penempatan kapasitor.

$$X_i = \left[\left(1 - \frac{(2i-1)}{2n} \right) \times k \right] \times l \quad (14)$$

Dimana

- i = Letak Kapasitor 1,2,3...dst
- k = Faktor Kompensasi
- n = Jumlah Kapasitor
- l = Panjang Jaringan Penyulang

Selanjutnya setelah didapat hasil yang sesuai, maka penulis melakukan analisis hasil dari data tersebut dan mengaitkannya dengan beberapa landasan teori sehingga penulis dapat membuat beberapa kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyulang Turikale adalah salah satu penyulang yang disuplai dari GI Maros dengan beban sebesar $\pm 4-8$ MVA dan arus berkisar $\pm 120-200$ A. Penyulang ini terdiri dari 87 buah trafo distribusi dan diketahui total panjang penyulang Turikale yaitu 54.205 m atau sepanjang 54,205 km.

Berdasarkan data beban gardu distribusi di Penyulang Turikale, penulis dapat menghitung nilai daya semu, daya reaktif dan daya aktif penyulang. Terlebih dahulu menghitung nilai daya semu setiap gardu. Misalkan dengan mengambil contoh Gardu GT.MTB 003.

Nilai faktor daya pada *display* kubikel Penyulang Turikale pada Gardu Induk Maros, dimana nilai Saluran Utama Tegangan Menengah (SUTM) Phase R, S dan T menunjukkan angka 84,3; 83,5; dan 83,1. Jika diratakan maka nilai faktor daya bernilai **83,63%**. Nilai ini telah berada di luar batas toleransi yang ditetapkan oleh PLN. Menurut SPLN 70-1:1985, nilai faktor daya harus lebih dari 85%. Oleh karena itu, dengan menggunakan persamaan (5) nilai faktor daya yang ada dinaikkan hingga mencapai 95%.

Nilai tegangan menengah pada *display* kubikel Penyulang Turikale pada Gardu Induk Maros, dimana nilai Saluran Utama Tegangan Menengah (SUTM) Phase R-S, R-T, dan S-T menunjukkan angka 20,08; 20,25; dan 20,11. Jika diratakan maka nilai tegangan output dari trafo daya GI Maros menuju SUTM L-L bernilai **20,147** kV.

1.2 Pengolahan Data Penelitian Kondisi Sebelum Pemasangan Kapasitor Bank

Perhitungan Nilai Daya pada Gardu Distribusi

Untuk mencari nilai daya beban gardu (kVA), misal pada gardu GT.MTB 003 maka digunakan persamaan (3). Terlebih dahulu dengan menggunakan persamaan (2),

$$I_{rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} \quad (2)$$

Dimana:

I = Arus Rata (A)

I_R = Arus Phase-R (A)

I_S = Arus Phase-S (A)

I_T = Arus Phase-T (A)



Gambar 2. Pengukuran 3 Phase Gardu GT.MTB 003

Sehingga didapatkan hasil $I = 65,13$ A. Dengan menggunakan persamaan (3):

$$S = V \times I_{rata} \times \sqrt{3} \quad (3)$$

Dimana:

S = Daya Semu (VA)

V = Tegangan 3-phase

I_{rata} = Arus rata-rata (A)

Sehingga didapatkan hasil (S) = **45,13 kVA**.

Kemudian dengan menggunakan persamaan (2) dan (3) maka daya semu (kVA) gardu lainnya dapat dihitung sehingga hasilnya diketahui total besar daya semu (S) pada penyulang Turikale sebesar **3646,88 kVA**, dan nilai factor daya sebesar **83,63%**.

Dari data tersebut, selanjutnya dapat dihitung nilai daya aktif (P) Sistem Penyulang Turikale secara keseluruhan dengan persamaan (4) berikut:

$$\cos \phi = \frac{P}{S} \quad (4)$$

Dimana :

$\cos \phi$ = Faktor Daya

P = Daya Aktif (kW)

S = Daya Semu (kVA)

Jika $\cos \phi$ sebesar 83,63 maka didapatkan nilai daya aktif (P) = **3049,88 kW**. Untuk mendapatkan nilai daya reaktif, maka menggunakan rumus segitiga daya sesuai persamaan (1) berikut:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (1)$$

Dimana:

S = Daya Semu (VA)

P = Daya Aktif (Watt)

$$Q = \text{Daya Reaktif (VAR)}$$

Sehingga nilai daya reaktif didapatkan $Q = 1997,88 \text{ kVAR}$

1.3 Perhitungan Nilai Drop Voltage pada Tegangan Menengah (SUTM)

Perhitungan jatuh tegangan dan untuk setiap bagian jaringan (jarak antar bus) dilakukan dari titik sumber ke titik saluran bus yang berada di depannya. Untuk menghitung jatuh tegangan dilakukan dengan asumsi dimana titik sumber adalah titik A dan jaringan saluran bus di depannya adalah titik B. Terlebih dahulu menghitung arus beban JTM dengan persamaan (9) sebagai berikut:

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} \quad (9)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} S &= \text{Daya Semu (kVA)} \\ V &= \text{Tegangan Nominal JTM (kV)} \\ I_{FL} &= \text{Arus Beban JTM (A)} \end{aligned}$$

Selanjutnya menggunakan persamaan (10) untuk menghitung nilai tegangan menengah tiap section Gardu Distribusi berikut:

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I_{FL} \times (R \cos \phi + X \sin \phi) \times L \quad (10)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} \Delta V &= \text{Jatuh Tegangan (V)} & X &= \text{Reaktansi Saluran } (\Omega/\text{km}) \\ I_{FL} &= \text{Arus Beban JTM (A)} & L &= \text{Panjang Saluran } (\Omega/\text{km}) \\ R &= \text{Resistansi Saluran } (\Omega/\text{km}) \end{aligned}$$

Misal menghitung ΔV Section 1 (Pangkal - LBS Manual Pajukukang - LBS Taqwa - Recloser Pakkasalo dengan penghantar A3C 150 mm²:

Diketahui:

$$\begin{aligned} \cos \phi &= 0,8363 & \sin \phi &= 0,5482 \\ R &= 0,2162 \Omega/\text{km} & X &= 0,3305 \Omega/\text{km} \\ L &= 11,995 \text{ kms} & I_{FL} &= 45,191 \text{ A} \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan $\Delta V = 413,39 \text{ V}$ atau **0,413 kV**. Kemudian dengan menggunakan persamaan (10) maka ΔV section lainnya dapat dihitung.

Tabel 1. Tabel Perhitungan Drop Voltage Penyulang Turikale

No	Nama	Arus (A)	Panjang (km)	Luas (mm ²)	R (Ω/km)	XI (Ω/km)	ΔVd (kV)	Vd (kV)
1	Pangkal - Recloser Pakkasalo	45,191	11,995	150	0,2162	0,3305	0,899577	19,24742
2	LBS Taqwa-GH Maros	1,828	0,37	150	0,2162	0,3305	0,000423	19,247
3	REC Pakkasalo - LBS Manrimisi	22,49	15,69	50	0,6452	0,3678	0,453016	18,79441
4	LBS Manrimisi - Ujung	15,637	10,74	70	0,4608	0,3572	0,050716	18,74369
5	LBS Manual Pajukukang - LBS Pajukukang	1,072	1,24	70	0,4608	0,3572	0,001336	19,24609
6	LBS Pajukukang - Ujung TM	23,721	14,17	70	0,4608	0,3572	0,067671	19,17841

Dari tabel 1, diketahui nilai tegangan ujung tertinggi berada di section 1 (Pangkal - Recloser Pakkasalo) dengan nilai 19,807 kV dan nilai terendah berada di section 4 LBS Manrimisi - Ujung dengan nilai 19,185. Nilai ini masih berada di batas toleransi yang ditetapkan oleh PLN. Berdasarkan SPLN 72-1987 drop tegangan maksimal pada Jaringan Tegangan Menengah (JTM) adalah sebesar 5% dari tegangan nominal 20 kV, yaitu sebesar 1 kV.

1.4 Perhitungan dan Aplikasi Penempatan Kapasitor Bank

Pada perhitungan penggunaan kapasitor dimulai dengan menghitung jumlah kapasitor dan besar kapasitansi kapasitor bank kemudian menentukan lokasi optimum untuk kapasitor bank diletakkan. Untuk memperbaiki kualitas daya menggunakan kapasitor bank maka dihitung terlebih dahulu kapasitas kapasitor yang dibutuhkan dengan menaikkan faktor daya yang telah ditentukan. Nilai *faktor daya* sebelum adanya penambahan kapasitor bank sebesar **0,8363**. Setelah penambahan kapasitor diharapkan nilai faktor daya mencapai **0,95**. Diketahui total besar daya semu (S) sebesar **3646,88 kVA**, daya aktif (P) sebesar **3049,88 kW** dan nilai daya reaktif (Q) sebesar **1997,88 kVA**

Untuk menghitung kapasitas kapasitor bank ialah sebagai berikut dimana diasumsikan daya aktif sebelum dan sesudah perbaikan tetap sesuai persamaan (5):

$$Q_c = P (\tan \phi_1 - \tan \phi_2) \quad (5)$$

Dimana :

Cos ϕ_1 = Faktor daya Sebelum Penambahan Kapasitor

S = Daya Semu (kVA)

Cos ϕ_2 = Faktor daya Setelah Penambahan Kapasitor

Q_c = Nilai Koreksi Faktor Daya (kVAR)

P = Daya Aktif (kW)

Diketahui:

$$\cos \phi_1 = 0,8363$$

$$a \cos \phi_1 = 33,25^\circ$$

$$\cos \phi_2 = 0,95$$

$$a \cos \phi_2 = 18,20^\circ$$

$$P = 3646,88 \text{ kVA}$$

Sehingga didapatkan nilai $Q_c = 1191,966 \text{ kVAR}$

Jika kapasitor yang digunakan memiliki rating sebesar **400 kVAR** maka jumlah kapasitor yang harus terpasang dihitung dengan persamaan (13) sebagai berikut:

$$n = \frac{Q_c}{\text{Rating Kapasitor}} \quad (13)$$

Dimana:

Q_c = Nilai Koreksi Faktor Daya (kVAR)

n = Jumlah Kapasitor (buah)

Maka didapatkan nilai $n = 2,979$ dibulatkan menjadi **n = 3**

Selanjutnya menghitung nilai faktor kompensasi (K) dari kapasitor bank dengan persamaan (12) berikut:

$$K = \frac{Q_c}{Q} \quad (12)$$

Dimana:

Q_c = Nilai Koreksi Faktor Daya (kVAR)

K = Nilai Kompensasi Reaktif

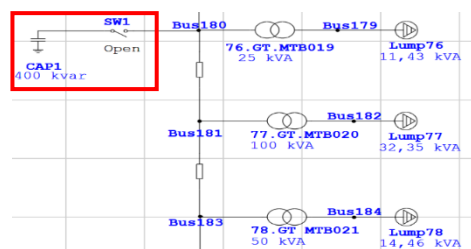
Q = Daya Reaktif (kVAR)

Maka didapatkan nilai **K = 0,596**

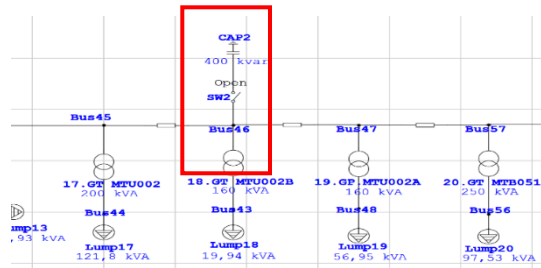
1.5 Letak Optimum Kapasitor

Untuk lokasi optimum penempatan kapasitor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (14). Dengan Panjang penyulang (l) sebesar 54,2 km, Maka diperoleh lokasi optimum pertama dengan $x_1 = 26,823 \text{ km}$, lokasi optimum kedua $x_2 = 16,097 \text{ km}$, dan lokasi optimum ketiga $x_3 = 5,366 \text{ km}$.

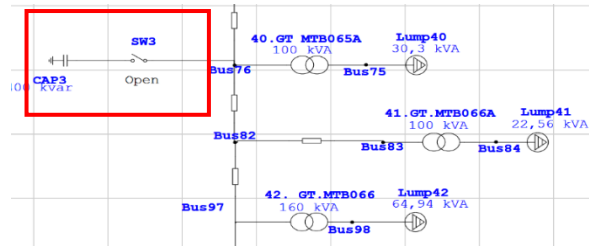
Setelah menghitung lokasi optimum untuk penempatan kapasitor, maka selanjutnya lokasi kapasitor ditempatkan pada jaringan penyulang sesuai dengan perhitungan. Lokasi penempatan kapasitor diperoleh dengan menjumlahkan jarak mainland. Dari perhitungan diatas maka letak optimum tiga kapasitor dipasang pada SUTM terdekat dari Trafo GT MTB 019, Trafo GT MTU 002B, dan Trafo GT MTB 065A, Pemasangan kapasitor pada Simulasi ETAP 16.0.0 dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3 Lokasi Penempatan Kapasitor Pertama



Gambar 4 Lokasi Penempatan Kapasitor Kedua



Gambar 5 Lokasi Penempatan Kapasitor Ketiga

1.6 Analisis Perbandingan Nilai Faktor Daya Setelah Perbaikan

Setelah penempatan kapasitor bank maka dibuat dilakukan simulasi dari permodelan untuk mengetahui perubahan yang terjadi pada "Load Flow" setelah ditambahkan kapasitor.

Diketahui nilai daya pada penyulang setelah perbaikan untuk total besar daya aktif (P) sebesar **3018,36 kW**, dan besar daya reaktif (Q) sebesar **847,043 kVAR**.

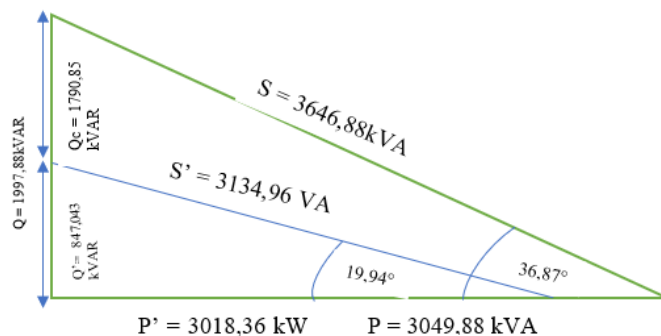
Dari data tersebut, selanjutnya dapat dihitung nilai daya semu (S) Sistem Penyulang Turikale secara keseluruhan dengan persamaan (1) maka didapatkan nilai daya semu (S) penyulang sebesar **3134,96 kVA**.

Dari data tersebut, selanjutnya dapat dihitung faktor daya system penyulang turikale secara keseluruhan dengan persamaan. Maka didapatkan nilai factor daya penyulang Turikale sebesar **Cos φ = 0,962** atau sebesar **96,2 %**. Berikut ini table perbandingan nilai factor daya:

Tabel 2. Perbandingan Nilai Faktor Daya Sebelum dan Setelah Perbaikan

No	Keterangan	Daya Sebenarnya	
		Sebelum Kompensasi	Sesudah Kompensasi
1	Cos φ	83,63%	96,2 %
2	P (kW)	3049,88	3018,36
3	S (kVA)	3646,88	3134,96
4	Q (kVAR)	1997,88	847,043

Artinya terjadi peningkatan faktor daya (Cos φ) setelah dipasangi kapasitor bank dimana faktor daya sebelum pemasangan kapasitor berkisar **0,8363** ($\arccos 0,8 = 33,25^\circ$) dan setelah pemasangan kapasitor berkisar **0,962** ($\arccos 0,962 = 19,94^\circ$). Menurut **SPLN 70-1:1985** nilai faktor daya harus lebih dari **85%**, sehingga faktor daya sistem penyulang Turikale setelah pemasangan kapasitor **96,2%** telah memenuhi standar PLN.



Gambar 6 Segitiga Daya Sebelum dan Setelah Penempatan Kapasitor

1.7 Analisis Perbandingan Nilai Tegangan Menengah Sebelum dan Setelah Pemasangan Kapasitor Bank

Setelah pemasangan kapasitor bank, terjadi peningkatan nilai tegangan di setiap bus penyulang tegangan menengah penyulang. Berikut tabel perbandingan nilai tegangan menengah pada titik terjauh di setiap *section* dan tegangan rendah sebelum dan setelah pemasangan kapasitor bank:

Tabel 3. Perbandingan Tegangan Setelah Pemasangan Kapasitor

Section	Keterangan	V SUTM (kV)	% Kenaikan	V SUTR (V)	% Kenaikan
Section 1 (Pangkal - Recloser Pakkasalo)	Sebelum	19,24742258	1,269953	396,6	1,5880893
	Setelah	19,495		403	
Section 2 (LBS Taqwa-GH Maros)	Sebelum	19,24699901	1,241731	385,5	1,6581633
	Setelah	19,489		392	
Section 3 (REC Pakkasalo - LBS Manrimisi)	Sebelum	18,79440657	1,471001	352,4	2,3822715
	Setelah	19,075		361	
Section 4 (LBS Manrimisi - Ujung)	Sebelum	18,7436896	1,747185	353,5	2,0775623
	Setelah	19,077		361	
Section 5 (LBS Manual Pajukukang - LBS Pajukukang)	Sebelum	19,24608606	2,194908	394	1,0050251
	Setelah	19,678		398	
Section 6 (LBS Pajukukang - Ujung TM)	Sebelum	19,17841434	1,452061	358,5	1,510989
	Setelah	19,461		364	

Dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan tegangan sekian persen pada jaringan tegangan menengah dan jaringan tegangan rendah. Kenaikan tegangan pada SUTM akan berpengaruh pada input trafo yang akan meningkatkan keluaran trafo pada sisi SUTR. Kenaikan tegangan menengah tertinggi berada pada section 5 (LBS Manual Pajukukang - LBS Pajukukang) dengan kenaikan 2,19 % dan kenaikan terendah berada pada section 3 (REC Pakkasalo - LBS Manrimisi) dengan kenaikan 1,47%. Nilai ini telah berada di luar batas toleransi yang ditetapkan oleh PLN. Berdasarkan **SPLN 72-1987** drop tegangan maksimal pada Jaringan Tegangan Menengah (JTM) adalah sebesar 5% dari tegangan nominal 20 kV, yaitu sebesar 1 kV.

PENUTUP

Setelah melakukan analisis terhadap sistem jaringan 20 kV penyulang Turikale pada kondisi dasar, yaitu sebelum dan sesudah pemasangan kapasitor dengan menggunakan software ETAP 16.0.0, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain:

- 1) Dari hasil pengukuran dan simulasi ETAP 16.0.0 sebelum pemasangan kapasitor bank pada Penyulang Turikale, diperoleh nilai rata-rata tegangan menengah Penyulang Turikale mencapai 19,08 kV dengan tegangan maksimal 19,247 V dan tegangan minimal 18,74369 V. Sedangkan nilai faktor daya berkisar 0,8363.
- 2) Berdasarkan hasil perhitungan, diperlukan pemasangan kapasitor bank dengan kapasitas 400 kVAR di 3 titik lokasi pada jaringan tegangan menengah di gardu distribusi GT MTB019, GT MTU 002B, dan GT MTB065A.
- 3) Setelah dilakukan pemasangan kapasitor bank di 3 titik lokasi, diperoleh kenaikan nilai rata-rata tegangan menengah tegangan menengah Penyulang Turikale mencapai 19,379 kV dengan tegangan maksimal 19,495 V dan tegangan minimal 19,075 kV. Sedangkan nilai faktor daya sistem penyulang mencapai 0,962.

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Jurnal ini. Penulis menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan dan motivasi selama studi hingga terselesaikannya skripsi ini, terutama kepada:

1. Kedua orang tua tercinta dan keluarga yang selalu memberikan doa, semangat dan dorongan baik secara moril maupun materil.
2. Saudara-saudari teman seperjuangan Angkatan 19 D4 Listrik, khususnya KIDS yang bersama-sama telah melalui kurun waktu 4 tahun ini dengan suka-duka yang ada dan selalu memberikan bantuan, kerjasama, motivasi dan semangat.
3. Seluruh dosen jurusan, staf dan rekan mahasiswa Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bantuan dan motivasi.

DAFTAR REFERENSI

- [1] Alfi. (2020). Memahami Segitiga Daya. <https://www.teknikelektro.com/2020/06/memahami-segitiga-daya.html>
- [2] Hayusman, dkk. (2017). Pelatihan Software ETAP (Electrical Transient Analyzer Program) Bagi Siswa dan Guru SMK Nasional Malang. *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*, 7(1), 7-11. <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/industri/article/view/856>
- [3] Ilham, M. (2017). Analisa Perbaikan Faktor Daya Dengan Menggunakan Kapasitor Bank. Medan: Skripsi Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.
- [4] Liliana. (2014). Penempatan Optimal Kapasitor Bank pada Jaringan Distribusi 20 kV menggunakan ETAP 7.5.0. September, 320-325.
- [5] Maulana, I. (2018). Analisis Performa Jaringan Distribusi Sistem Tenaga Listrik Di PT. PLN Persero Gardu Induk Bantul dan Area Yogyakarta. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951-952., 5-39. <http://repository.umy.ac.id/handle/123456789/23738>
- [6] Muzammil, A. (2022). Analisis Peningkatan Pelayanan Suplai Rumah Sakit Hermina Makassar dengan Dua Penyulang Incoming. Makassar: Skripsi Program Studi Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang
- [7] Rusdi, Muhammad, Mastang, Akhmad, Yuliani, and Sarwo Pranoto. (2016). Pedoman Penulisan Proposal Dan Skripsi Program Diploma Empat (D-4) Bidang Rekayasa Dan Tata Niaga. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- [8] Rifal, R., Utomo, S. B., & Haddin, M. (2020). Analisis Perhitungan Rugi-Rugi Daya pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150 kV Gardu Induk Tambak Lorok - Bawen dengan menggunakan Etap 12.6.0. *Prosiding Konferensi Ilmiah Mahasiswa Unissula (KIMU) Klaster Engineering*, 0(0), 234-243. <http://lppm-unissula.com/jurnal.unissula.ac.id/index.php/kimueng/article/view/8592>
- [9] Simatupang, G. P. (2020). Analisis Penempatan Penempatan Kapasitor Untuk Perbaikan Sistem Distibusi Pada PT PLN (Persero). Makassar: Skripsi Politeknik Negeri Ujung Pandang Program Studi Teknik Listrik
- [10] Utomo, F. H. (2022). Pengertian Kapasitor Dan Jenisnya. <https://www.kelasplc.com/pengertian-kapasitor-fungsi-dan-jenisnya/>
- [11] SPLN No. 70-1 Tahun 1985 "Pembukuan Istilah Teknik Bidang Ketenagalistrikan (Seri Pertama)" Buku PLN. Jakarta: PT. (Persero) PLN
- [12] SPLN No. 72-1 Tahun 1987 "Spesifikasi desain untuk JTM dan JTR" Buku PLN. Jakarta: PT. (Persero) PLN