

## Analisis Penempatan Capasitor Bank Guna Perbaikan Jatuh Tegangan Dan Mengurangi Losses Penyulang Maroko Outgoing Tapung Menggunakan Softwere Digsilent PowerFactory 15.1

**Yusep Kurnia<sup>1</sup>, Zulfahri<sup>2</sup>, Masnur Putra Halilintar<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning

Jl. Yos Sudarso km. 8 Rumbai, Pekanbaru, Telp. (0761) 52324

Email: Zulfahri@unilak.ac.id, masnur@unilak.ac.id, yusepkurnia666@gmail.com

Submitted : 9 Juni 2022

Accepted : 26 April 2024

### ABSTRAK

Penyulang Maroko Outgoing Tapung mengalami permasalahan jatuh tegangan yang signifikan, mencapai 16 % dari standar tegangan nominal 20 kV dan melebihi batas maksimum SPLN 72:1987 sebesar 10%. Penyebab utamanya adalah panjang saluran yang mencapai 103,6 km dan tingginya konsumsi daya reaktif dari pelanggan industri yang bersifat induktif. Hal ini mengakibatkan nilai tegangan ujung di titik akhir saluran pada Outgoing Tapung sebesar 16,8 kV dan rugi-rugi daya total pada saluran mencapai 2.491.847,29 kWh per tahun, yang setara dengan kerugian finansial sebesar Rp3.599.971.778,51 per tahun. Melalui simulasi perbaikan menggunakan penempatan kapasitor shunt berkapasitas 2100 kVar pada Bus 178, tegangan terima berhasil meningkat dari 16,72 kV menjadi 18,86 kV, dan rugi-rugi daya berkurang dari 0,29 MW menjadi 0,19 MW. Benefit finansial dari penempatan kapasitor shunt ini mencapai Rp1.195.413.099, dengan estimasi pengembalian modal investasi dalam waktu 1,031 tahun (1 tahun 1 bulan). Penelitian ini menunjukkan bahwa penempatan kapasitor shunt adalah solusi yang efektif dalam memperbaiki kualitas tegangan dan efisiensi sistem.

**Kata Kunci:** Jatuh Tegangan, Rugi-Rugi Daya, Kapasitor Bank.

### ABSTRACT

*The Maroko Outgoing Tapung feeder experiences a significant voltage drop problem reaching 16% of the nominal voltage standard of 20 kV, which exceeds the SPLN 72:1987 maximum threshold of 10%. The primary causes are the feeder's extended line length of 103.6 km and the high reactive power demand from industrial customers with inductive loads. This results in an end-of-line voltage of 16.8 kV at the farthest point on the Tapung Outgoing and total annual line power losses amounting to 2,491,847.29 kWh, equating to a financial loss of Rp3,599,971,778.51. Through simulation, corrective actions were analyzed by placing a 2100 kVar shunt capacitor at Bus 178, which increased the voltage at the receiving end from 16.72 kV to 18.86 kV and reduced power losses from 0.29 MW to 0.19 MW. The estimated financial benefit from the shunt capacitor installation is Rp1,195,413,099, with a payback period of 1.031 years (1 year and 1 month). This study confirms that shunt capacitor placement is an effective solution for improving voltage stability and system efficiency.*

**Keywords:** voltage drop, power losses, bank capacitor.

### 1. PENDAHULUAN

Terdapat permasalahan jatuh tegangan pada *Feeder Maroko Outgoing Tapung* yang diurus oleh PT. PLN(PERSERO) ULP Duri Sub Belutu. Dari hasil pengukuran tegangan ujung saluran pada penyulang tersebut tegangan rata-rata antar phasa adalah 16,8 kV atau jatuh (*Drop*) tegangan mencapai 16 % dari tegangan nominal. Hal ini menunjukkan bahwa persentase jatuh tegangan tidak memenuhi standar SPLN no 72 : Tahun 1987 yang Secara khusus menyebutkan jatuh tegangan maksimum 10% dari tegangan nominal.

Layanan distribusi yang sangat luas, yaitu sepanjang 103,6 kms, merupakan salah satu dari beberapa penyebab

penurunan tegangan pada *Outgoing Tapung*. Pada *Outgoing Tapung* juga terdapat 3 pelanggan industri Pabrik Kelapa Sawit yang Motor listrik pembangkitannya digerakkan oleh pasokan listrik PLN. Motor listrik pada Pelanggan industri menggunakan beban induktif, yang berpengaruh terhadap besarnya penurunan tegangan sistem dengan menyerap daya reaktif sistem.

Setelah mempelajari latar belakang permasalahan pada Penyulang Maroko Outgoing Tapung, maka perlu dilakukan upaya perbaikan kualitas tegangan untuk meminimalisir besar jatuh tegangan dan mengurangi rugi-rugi daya pada saluran, sehingga untuk itu akan dilakukan penelitian dengan judul “Analisis Penempatan Capasitor Bank Guna Perbaikan Jatuh Tegangan Dan Mengurangi

*Losses Penyulang Maroko Outgoing Tapung Menggunakan Software Digsilent Powerfactory 15.1”.*

### Reaktansi pada Penghantar

Untuk jaringan distribusi, reaktansi konduktor biasanya disebut reaktansi induktif ( $X_L$ ), dan persamaan yang dapat digunakan untuk menghitungnya adalah sebagai berikut [1] :

$$X_L = 2\pi fL \quad (1)$$

Dimana :

$X_L$  = reaktansi pada jaringan (Ohm)

$f$  = frekuensi pada jaringan (Hz)

$L$  = inductansi (Henry)

### Impedansi pada Saluran

Pada dasarnya Impedansi seluruh jaringan adalah penyebab penurunan tegangan pada jaringan distribusi itu sendiri. Besarnya impedansi pada jaringan, dipengaruhi oleh resistensi serta reaktansi yang disebabkan oleh impedansi [2]

$$Z = R + jX \quad (2)$$

Dimana:

$Z$  = impedansi ( $R + jX$ ) (Ohm)

$R$  = resistansi pada penghantar (Ohm/km)

$X$  = reaktansi pada penghantar (Ohm/km)

Sehingga impedansi saluran dapat dicari melalui persamaan:

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \quad (3)$$

Pengaruh suhu akan mengubah resistansi kawat konduktor. Karena resistansi konduktor, kerugian akibat adanya resistansi akan terjadi jika arus mengalir melalui konduktor.[3]

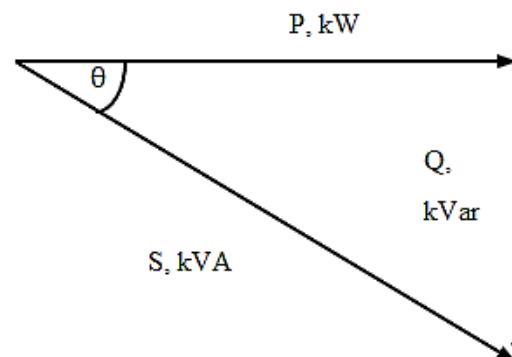
### Faktor Daya(Power Factor)

faktor daya adalah salah satu indikator kualitas daya. Rasio daya aktif (dalam Watt) dengan daya semu/daya total atau cosinus sudut antara daya aktif dan daya semu/daya total dikenal sebagai faktor daya. Dengan daya aktif yang konstan, peningkatan daya semu akan dihasilkan karena peningkatan daya reaktif akan menaikkan sudut antara daya aktif dan daya semu. Dengan kata lain, akan membuat sistem distribusi listrik bekerja kurang baik. Nilai maksimum dari faktor daya adalah satu (1) .[4]

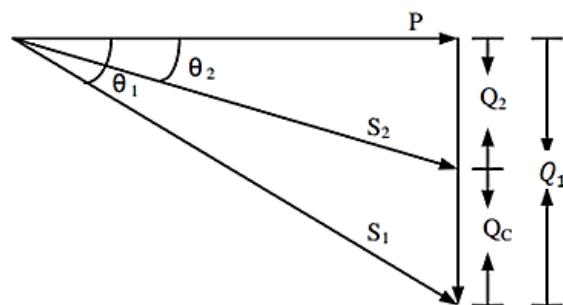
Untuk persamaan Faktor daya adalah sebagai berikut :

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

Faktor daya dengan nilai tertinggi adalah 1, seperti yang ditunjukkan pada persamaan 4. Sistem dengan faktor daya semacam ini sangat efisien, artinya beban resistif (W) mendapatkan semua daya total atau semu (VA) yang dihasilkannya. Nilai daya aktif (W) dan daya semu (VA) dengan faktor daya 1 adalah sama.



Gambar 1 Segitiga Daya



Gambar 2 Kompensator Daya Reaktif

Hubungan antara daya aktif, daya reaktif, dan daya semu digambarkan pada Gambar 1. Perbaikan faktor daya menggunakan kompensator daya reaktif (kapasitor) digambarkan pada Gambar 2.

Untuk meningkatkan faktor daya beban, kapasitas kapasitor dapat dihitung sebagai berikut:

Daya reaktif pada Faktor daya awal [5]

$$Q_1 = P \times \tan \theta_1 \quad (5)$$

Daya reaktif pada Faktor daya yang diperbaiki

$$Q_2 = P \times \tan \theta_2 \quad (6)$$

dimana P adalah konstan

Oleh karena itu untuk meningkatkan faktor daya, perhitungan rating kapasitor adalah:[6]

$$Q_c = Q_1 - Q_2 \quad (7)$$

atau

$$\Delta Q = P \times (\tan \theta_{\text{awal}} - \tan \theta_{\text{target}}) \quad (8)$$

### Jatuh Tegangan pada Saluran

Jumlah tegangan yang hilang pada penghantar disebut juga dengan jatuh tegangan. Impedansi pada saluran berbanding lurus dengan besarnya penurunan tegangan. Menurut standar SPLN persentase Tegangan maksimum tidak boleh melebihi +5 persen dari tegangan

nominal, dan tegangan minimum hanya boleh -10 persen dari tegangan nominal.[7]

Beban sistem tenaga listrik bersifat resistif-induktif daripada sekadar resistif. Daya aktif akan diserap oleh beban resistif, sedangkan daya reaktif generator akan diserap oleh beban induktif. Selama proses penyaluran, beban induktif ini akan menyerap daya reaktif, sehingga terjadi penurunan tegangan dan hilangnya tegangan saluran. Akibatnya nilai tegangan terima akan berbeda dengan tegangan kirim. Persamaan jatuh tegangan didefinisikan sebagai berikut :[4]

$$Vs^2 = (Vr + \Delta V_p)^2 + (\Delta V_q)^2 \quad (9)$$

Keterangan :

Vs = tegangan kirim

Vr = tegangan terima

$\Delta V_p$  = jatuh tegangan

Dimana :

$$\Delta V_p = IR \cos\theta + IX \sin\theta \quad (10)$$

$$\Delta V_q = IX \cos\theta - IR \sin\theta \quad (11)$$

Sehingga persamaan tegangan di sisi pengirim adalah :

$$Vs^2 = (Vr + IR \cos\theta + IX \sin\theta)^2 + (IX \cos\theta - IR \sin\theta)^2 \quad (12)$$

Karena kecilnya nilai dari  $\Delta V_q = IX \cos\theta - IR \sin\theta$ , maka nilai tersebut dapat diabaikan. Sehingga :

$$Vs^2 = (Vr + \Delta V_p)^2 \quad (13)$$

Sementara untuk persamaan jatuh tegangan :

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I_{Total \ Beban} (R \cos\theta + X \sin\theta) L \quad (14)$$

Atau

$$\Delta V_p = R \frac{P}{Vr} + X \frac{Q}{Vr} \quad (15)$$

Keterangan :

R = resistansi saluran

X = reaktansi saluran

L = Panjang Saluran

P = daya aktif yang dikirim

Q = daya reaktif yang dikirim

### Rugi Daya Pada Saluran

Istilah Rugi-rugi daya mengacu pada jumlah daya yang hilang dalam jaringan, yang setara dengan daya yang disuplai dari sumber dikurangi besarnya daya yang diterima pada perlengkapan hubungan bagian utama. Persamaan berikut menentukan jumlah rugi-rugi daya satu phasa:[8]

$$\Delta P = I^2 \times R \quad (16)$$

dimana :

$$\begin{aligned} \Delta P &= \text{Rugi-rugi daya Saluran} \\ I &= \text{Arus beban pada Saluran} \\ R &= \text{Tahanan} \end{aligned}$$

Arus dan besarnya tahanan pada jaringan mempengaruhi jumlah daya yang hilang dalam jaringan. Persamaan berikut dapat digunakan untuk menentukan besarnya kerugian daya dalam jaringan tiga phasa :

$$\Delta P = 3 \times I^2 \times R \quad (17)$$

Sedangkan kuadrat arus saluran ( $I^2$ ), reaktansi ( $X$ ), dan panjang saluran ( $L$ ) mempengaruhi rugi daya reaktif saluran. Rugi daya pada saluran secara umum berbanding lurus dengan reaktansi dan arus saluran, yang besarnya dipengaruhi panjang saluran [9]. Maka rugi daya yang disebabkan oleh reaktansi induktif ( $X_L$ ) adalah sebagai berikut :

$$\Delta Q_{1 \text{ phasa}} = I^2 \times X_L \quad (18)$$

$$\Delta Q_{3 \text{ phasa}} = 3 \times I^2 \times X_L \quad (19)$$

## 2. METODE PENELITIAN

Tahapan yang akan dilakukan untuk mencapai tujuan dan menyelesaikan penelitian ini dapat diurutkan sebagai berikut :

1. Pengumpulan data berdasarkan hasil pencatatan dan pelaporan data dari PT.PLN(PERSERO) ULP Duri Sub Belutu dan wawancara dengan *Junior Technician Distribution*.
2. Menghitung Resistansi dan Reaktansi Total berdasarkan data jenis dan luas penampang penghantar saluran yang digunakan oleh PT. PLN (PERSERO) ULP Duri Sub Belutu yang dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$R_{total} = R \times \text{panjang saluran}$$

$$X_{total} = X \times \text{panjang saluran}$$

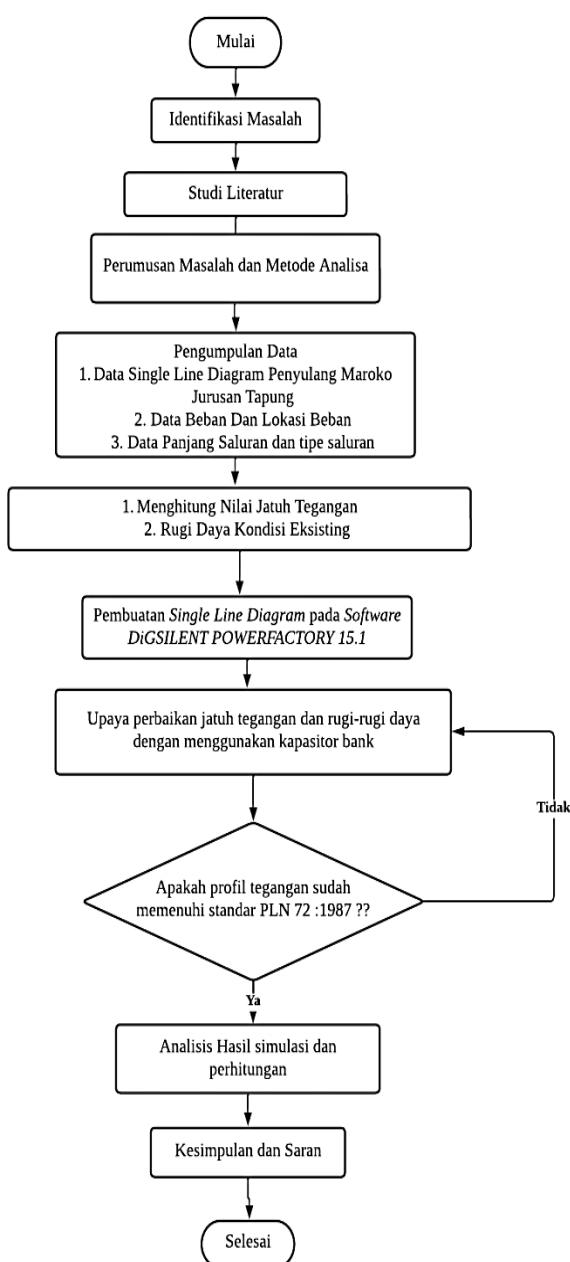
3. Perhitungan Jatuh(*Drop*) Tegangan Dan Rugi-rugi (*Losses*) Daya Kondisi Eksisting
  - a.untuk menghitung nilai jatuh tegangan pada tiap bus digunakan persamaan sebagai berikut:
 
$$\Delta V = \sqrt{3} \times I_{Total \ Beban} (R \cos\theta + X \sin\theta) \times L$$

Atau,

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I_{Total \ Beban} (R_{total} \cos\theta + X_{total} \sin\theta)$$
  - b.Untuk perhitungan Rugi-Rugi (*Losses*) daya aktif pada saluran dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :
 
$$\Delta P = 3 \times I^2 \times R_{total}$$
4. Simulasi Dan Analisa

- a. Melakukan Simulasi dan analisa Aliran Daya Kondisi Eksisting Pada simulasi *DIGSILENT PowerFactory 15.1*
- b. Melakukan Simulasi dan Analisa Pemasangan serta Kapasitas Kapasitor *Shunt* pada Saluran.
- c. Melakukan Analisa Reduksi Tegangan Lebih Transien Pada saat Gangguan Setelah Pemasangan Kapasitor *Shunt*
- d. Melakukan Analisa Investasi Penempatan Kapasitor Bank

## 5. Kesimpulan dan Saran



Gambar 3 Diagram Alir Penelitian

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

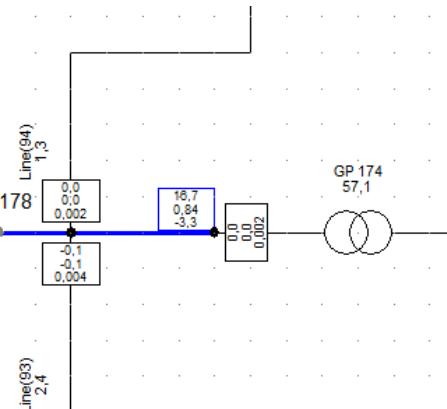
### Perhitungan Jatuh (Drop) Tegangan dan Rugi-Rugi (Losses) Daya Pada Saluran

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan maka dapat diketahui nilai Resistansi total adalah sebesar 36,778 Ohm dan Reaktansi total sebesar 34,847 Ohm dengan total arus beban adalah 50,776 A

Maka dapat dihitung jatuh tegangan dan rugi daya pada saluran dengan menggunakan persamaan (14) dan (17). Dari perhitungan didapatkan hasil total nilai jatuh tegangan pada *outgoing* Tapung adalah sebesar 4.419,953 Volt atau 4,419 kV serta total Rugi-Rugi Daya sebesar 284461,151 Watt atau 0,2845 MW dengan kerugian Ekonomis Akibat Hilangnya Energi Listrik mencapai Rp 3.599.971.778,51,-/Tahun.

Tabel 1 Perbandingan Jatuh Tegangan Hasil Simulasi Software *DIGSILENT PowerFactory 15.1* dan Perhitungan Manual

N o	Perbandinga n	Perhitunga n Manual	<i>DIGSILENT PowerFactor y 15.1</i>
1.	Tegangan Kirim	21,1 kV	21,1 kV
2.	Tegangan Terima	16,739 kV	16,72 kV
3	Rugi Daya	0,2845 MW	0,29 MW



Gambar 4 Nilai tegangan terima pada ujung saluran

### Simulasi dan Analisa Pemasangan Kapasitor *Shunt*

Dalam melakukan perbaikan faktor daya terlebih dahulu menentukan parameter Kapasitor Bank. Untuk menentukan parameter pemasangan kapasitor bank yang paling optimal dapat dihitung dengan mengacu pada persamaan sebagai berikut:

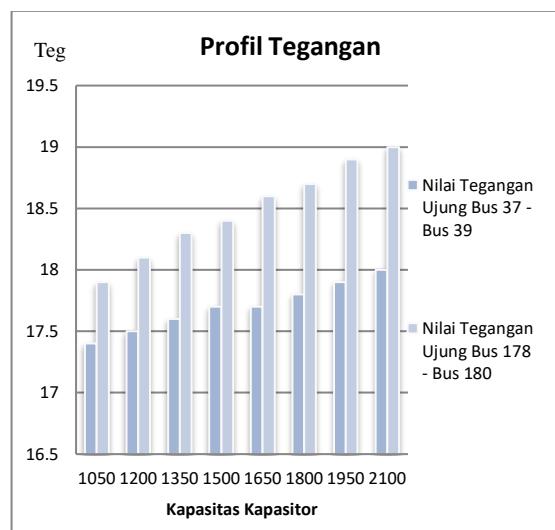
Sebelum meningkatkan faktor daya, terlebih dulu tentukan parameter Kapasitor Bank yang akan dipakai. Untuk menentukan parameter pemasangan kapasitor bank dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_c = P (\text{kW}) \times (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

Hasil perhitungan menunjukkan untuk pemasangan kapasitor dengan target perbaikan faktor daya 0,90 sampai 0,95 didapatkan nilai *range* kapasitor bank dari 932,503 kVar sampai 2004,211 kVar, jadi dalam percobaan ini akan dilakukan beberapa percobaan menggunakan kapasitor bank dengan *range* kapasitas mulai dari 1050 kVar sampai dengan kapasitas 2100 kVar.

Tabel 2 Profil Tegangan Pada Ujung Saluran Setelah Pemasangan Kapasitor Bank

Saluran	Kapasitas Kapasitor Bank	Nilai Tegangan Ujung
	kVar	kV
Bus 37 - Bus 39	1050	17,4
	1200	17,5
	1350	17,6
	1500	17,7
	1650	17,7
	1800	17,8
	1950	17,9
	2100	18,0
Bus 178 - Bus 180	1050	17,9
	1200	18,1
	1350	18,3
	1500	18,4
	1650	18,6
	1800	18,7
	1950	18,8
	2100	18,9

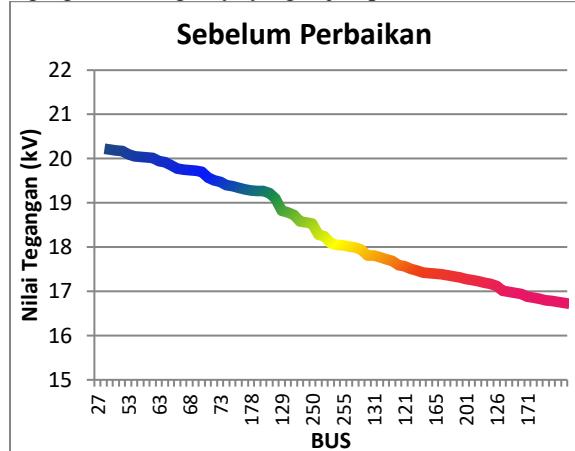


Gambar 5 Profil Tegangan setelah perbaikan

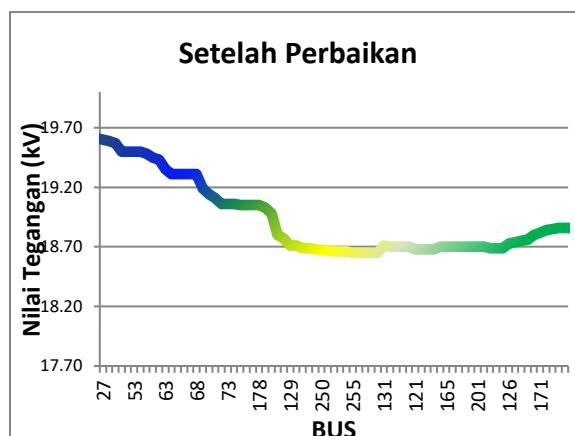
#### Analisa Profil Tegangan dan *losses* Daya Sebelum penempatan dan Sesudah Penempatan Kapasitor *Shunt*

Dari simulasi yang telah dilakukan didapatkan hasil bahwa penggunaan kapasitor *shunt* dengan kapasitas 2100

kVar pada bus 178 efektif untuk mengurangi jatuh tegangan serta rugi daya yang terjadi pada saluran.

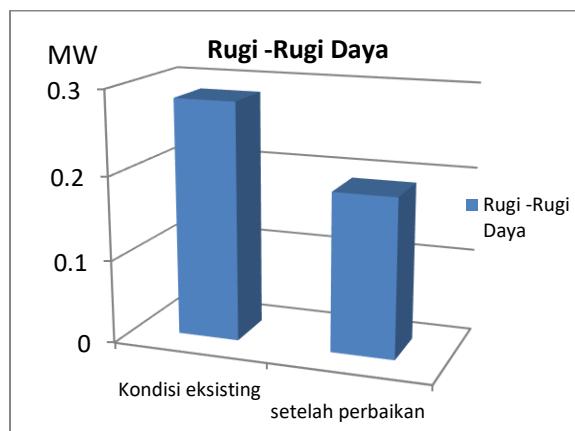


Gambar 6 Profil Tegangan Sebelum Perbaikan



Gambar 7 Profil Tegangan Setelah Perbaikan

Pada gambar 6 adalah grafik profil tegangan sebelum perbaikan dengan nilai tegangan ujung yaitu pada transformator GP 175 adalah sebesar 16,72 kV. Setelah dilakukan simulasi perbaikan dengan menggunakan Kapasitor *shunt* dengan kapasitas 2100 kVar profil tegangan pada ujung saluran naik menjadi 18,86 kV seperti terlihat pada gambar 7.



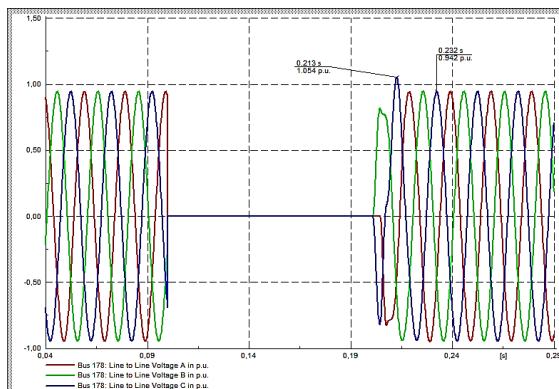
Gambar 8 Grafik Rugi-Rugi Daya Sebelum dan Sesudah Perbaikan

Sebelumnya rugi-rugi daya aktif pada jaringan adalah sebesar 0,29 MW namun setelah pemasangan kapasitor bank dengan kapasitas 2100 kVar pada bus 178 rugi-rugi daya aktif menjadi 0,19 MW.

#### Analisa Reduksi Tegangan Lebih Transien Pada saat Gangguan Setelah Pemasangan Kapasitor Shunt

Tegangan lebih transien yang terjadi pada saat proses *switching* tidak bisa dihindari. Namun tegangan lebih transien dapat direduksi dengan beberapa cara. Hal ini penting dikarenakan banyaknya dampak negatif yang dapat diakibatkan oleh efek transien ini.

Pada tahap ini akan dilakukan simulasi gangguan hubung singkat untuk melihat apakah Tegangan lebih transien pada saat *switching* masih berada pada batas standar yaitu +5% dari tegangan dasar.



Gambar 9 Respon sinyal tegangan bus 178 pada saat *switching*

Pada Gambar 9 Simulasi gangguan hubung singkat ditempatkan pada bus 178 pada waktu  $t = 0,1$  s dan *clear time short circuit* pada  $t = 0,2$  s dan *switching* pada saat bersamaan yaitu pada waktu  $t = 0,2$  s.

Pada gambar terlihat tegangan mengalami kenaikan tegangan puncak *steady* sebesar 1,054 pu pada 0,231 s sebelum mencapai keadaan *steady* 0,942 pu pada 0,29 s, hal ini terjadi sesaat setelah *switching* kapasitor bank dilakukan pada  $t = 0,2$  s.

Jika dibandingkan dengan tegangan bus beban sebelum diberi kapasitor nilai *steady* tegangan mengalami perubahan yaitu dari 16,8 kV atau 0,84 pu menjadi 0,942 pu dan nilai tegangan puncak transien setelah pemasangan kapasitor adalah sebesar 1,054 pu.

Dari simulasi diatas dapat disimpulkan nilai Tegangan Turun (*Under Voltage*) mengalami perbaikan. Jika dibandingkan dengan tegangan bus beban sebelum diberi kapasitor, nilai *steady* tegangan mengalami perbaikan yaitu dari 16,8 kV atau 0,84 pu menjadi 0,942 pu dan nilai tegangan puncak transien setelah pemasangan kapasitor juga masih berada dalam ambang batas standar yaitu sebesar 1,054 pu.

#### Analisa Insvestasi Penempatan Kapasitor Bank

Menghitung nilai *Benefit* dalam Rupiah dapat menggunakan hasil dari nilai rugi-rugi dalam rupiah, sehingga didapatkan nilainya seperti pada Tabel 3.

$$\begin{aligned} \text{Besar rugi daya setelah perbaikan} \\ = 0,19 \text{ MW} = 190 \text{ KW} \end{aligned}$$

rugi-rugi dalam rupiah

$$\begin{aligned} &= 190 \text{ kWh} \times \text{Rp. } 1444,7 \times 8760 \text{ Jam} \\ &= \text{Rp}2.404.558.680,- \text{ (Rugi Rupiah yang dialami per} \\ &\text{Tahun nya)} \end{aligned}$$

Tabel 3 Benefit Pemasangan Kapasitor Bank Rugi-Rugi dalam Rupiah/Tahun

Rugi-Rugi dalam Rupiah/Tahun		Benefit
Sebelum Uprating	Sesudah Uprating	
Rp3.599.971.779	Rp2.404.558.680	Rp1.195.413.099

Tabel 4 Daftar harga perancangan kapasitor bank

Rating tegangan (kv)	Harga/ kVar	Pemasangan	Operasi/tahun
0,48	Rp. 140.000	Rp.8.400.000	Rp. 1.400.000,-/bank
20,8	Rp. 560.000,-	Rp.16.800.000	Rp. 4.000.000,-/bank

Tabel 5 Perhitungan biaya kapasitor bank

No	Keterangan	Biaya
1.	Harga total kapasitor	Rp. 1.176.000.000,-
2.	Harga instalasi	Rp.16.800.000,-
3.	Harga operasi dan perawatan	Rp. 40.000.000,-
4.	<b>Total biaya</b>	<b>Rp 1.232.800.000 ,</b>

Setelah mendapatkan hasil nilai dari Total Perhitungan Rugi-Rugi Daya dalam Rupiah setelah dilakukannya Pemasangan Kapasitor Bank maka kita dapat menghitung nilai *Payback Period* dengan menggunakan Persamaan sebagai berikut :

$$\text{Payback Period} = \frac{\text{Cost Insvestasi}}{\text{Benefit}} \times 1 \text{ tahun}$$

$$\text{Payback Period} = \frac{\text{Rp } 1.232.800.000}{\text{Rp}1.195.413.099} \times 1 \text{ tahun}$$

$$\text{Payback Period} = 1,031 \text{ Tahun ( 1 Tahun 1 Bulan)}$$

Jadi didapatkan hasil dari perhitungan dengan menggunakan rumus investasi dibagi *benefit* maka

didapatkan hasil dari *payback period* nya atau lama waktu kembali modal investasi yang dikeluarkan yaitu selama 13 bulan atau 1,031 tahun.

#### 4. KESIMPULAN

##### Kesimpulan

Setelah membandingkan hasil simulasi penempatan kapasitor *shunt* pada tabel 2, didapatkan kesimpulan bahwa penempatan kapasitor *shunt* pada Bus 178 lebih baik untuk memperbaiki profil tegangan dan rugi daya dibandingkan pada lokasi bus 37.

Penempatan kapasitor *shunt* pada Bus 178 menggunakan beberapa kapasitas kapasitor untuk melihat seberapa besar pengaruh penggunaan kapasitor *shunt* memperbaiki profil tegangan serta mengurangi rugi daya pada saluran, pada percobaan pertama penulis menggunakan kapasitor *shunt* dengan kapasitas 1050 kVar pada Bus 178 nilai tegangan terima naik dari sebelumnya 16,72 kV menjadi 17,9 kV, akan tetapi nilai tegangan masih belum memenuhi standar. Maka pada akhir simulasi didapatkan kesimpulan bahwa kapasitor *shunt* dengan kapasitas 2100 kVar adalah yang paling optimal, tegangan terima naik dari 16,72 kV menjadi 18,86 kV dan rugi – rugi daya turun dari 0,29 MW menjadi 0,19 MW. Semakin besar kapasitas kapasitor *shunt* maka profil tegangan dan rugi daya juga akan semakin membaik akan tetapi perlu juga diperhatikan nilai investasi pada kapasitas kapasitor *shunt* yang semakin besar sehingga penulis membatasi simulasi percobaan pada kapasitas kapasitor 2100 kVar sesuai dengan nilai hasil perhitungan manual kapasitas Kapasitor Bank yaitu sebesar 2004,211 kVar.

Dengan Penempatan kapasitor *shunt* 2100 kVar pada Bus 178 energi yang tidak tersalurkan dalam rupiah turun dari Rp3.599.971.779 menjadi Rp2.404.558.680.-. Kemudian *Benefit* yang didapat dari penempatan kapasitor *shunt* 2100 kVar pada Bus 178 menuju Bus 180 adalah sebesar Rp 1.195.413.099 dan dengan nilai investasi sebesar Rp 1.232.800.000,- *Payback Periodnya* adalah selama 1,031 Tahun ( 1 Tahun 1 Bulan).

##### Saran

1. Penempatan kapasitor *shunt* dengan kapasitas 2100 kVar pada Bus 178 sangat baik dilakukan untuk memperbaiki profil tegangan dari 16,8 kV menjadi 18,86 kV serta menurunkan rugi-rugi daya dari 0,29 MW menjadi 0,19 MW.

Diharapkan penempatan pemasangan kapasitor *shunt* ini dapat dilakukan pada prioritas pertama untuk menekan rugi-rugi daya dan meningkatkan keuntungan pada perusahaan di bulan ke 13 sesuai dengan perhitungan *Payback Period*.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. J.Grainger And W. D.Stevenson.Jr, *Power System Analysis*, Internatio. Usa: McGraw-

Hill, Inc., 1994.

[2] A. Effendi, A. Y. Dewi, And E. Crismas, "Analisa Drop Tegangan Pt Pln (Persero) Rayon Lubuk Sikaping Setelah Penambahan Pltm Guntung," *J. Tek. Elektro Itp*, Vol. 6, No. 2, Pp. 199–203, 2017, Doi: 10.21063 /Jte.2017.3133626.

[3] D. F. Kamalia, "Analisis Susut Energi (Losses) Jaringan Tegangan Menengah (20 Kv) Di Pt Pln (Persero) Rayon Klakah Area Jember," *Univ. Muhammadiyah Makasar*, 2018.

[4] L. Savitri, "Tugas Akhir," 175.45.187.195, P. 31124, 2010, [Online]. Available: Ftp://175.45.187.195/Titipan-Files/Bahan Wisuda Periode V 18 Mei 2013/Fullteks/Pd /Lovita Meika Savitri (0710710019).Pdf

[5] M. K. Nizam, "Analisis Perbaikan Kualitas Daya Menggunakan Kapasitor Bank Pada Penyulang Lumumba Pt. Pln Ngagel Surabaya," 2019.

[6] A. U. Ulya, "Analisis Dan Simulasi Pengaruh Pemasangan Capasitor Bank Untuk Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Simulink Pada Sistem Tenaga Listrik Di Pt. Bogowonto Primalaras," *Media Elektr.*, Vol. 12, No. 1, P. 1, 2019, Doi: 10.26714/Me.12 .1.2019.1-11.

[7] Perusahaan Umum Listrik Negara, "Spln 72 : 1987 Spesifikasi Desain Untuk Jaringan Tegangan Menengah (Jtm) Dan Jaringan Tegangan Rendah (Jtr), Lampiran Surat Keputusan Direksi Pln No.060/Dir/87 Tanggal 4 Juli 1987," *Dep. Pertamb. Dan Energi*, P. 15, 1987, [Online]. Available: Http://Www.PlnLitbang.Co.Id/Perpustakaan

A. Van Anugrah, H. Eteruddin, And A. Arlenny, "Studi Pemasangan Express Feeder Jaringan Distribusi 20 Kv Untuk Mengatasi

Drop Tegangan Pada Feeder Sorek Pt Pln

(Persero) Rayon Pangkalan Kerinci,"

*Sainetin*, Vol. 4, No. 2, Pp. 65–71, 2020, Doi:

10.31849/Sainetin.V4i2.6338.

[9] A. Nurdin And A. Azis, "Pengaruh Jarak Antar Sub Konduktor Berkas Reaktansi Induktif Saluran Terhadap Transmisi 150 Kv Dari Gardu Induk Keramasan Ke Gardu Induk Mariana," *J. Ampere*, Vol. 3, No. 2, P. 145, 2018, Doi: 10.31851/Ampere.V3i2.

2395.

[10] Gonen, Turan. 2008. "Electric Power Distribution System Engineering - Second Edition."