

Bidang: Teknik Elektro, Listrik, dan Otomasi  
Energi Listrik

Topik: Sistem dan Teknologi Pembangkit

## PENGARUH PECAH BEBAN TERHADAP DROP TEGANGAN DAN RUGI- RUGI DAYA PENYULANG LAPPA DI ULP SINJAI

Andi Syarifuddin<sup>1</sup>, Andi Dede Hafizullah<sup>2</sup>, Sitti Mustabsyirah Dahlan<sup>3</sup>, Arif Jaya<sup>4</sup>,  
A.Muhammad Syafar<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia,

<sup>5</sup>Jurusan Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar  
asyarif@umi.ac.id<sup>1</sup>, andidedehz@gmail.com<sup>2</sup> sitimustabsyirah@gmail.com<sup>3</sup>  
arifjy@gmail.com<sup>4</sup>, andi.syafar@uin-alauddin.ac.id<sup>5</sup>

### ABSTRAK

Semakin meningkatnya kebutuhan akan tenaga listrik, menuntut suatu sistem tenaga listrik yang mempunyai keandalan dalam penyediaan dan penyaluran energi listrik pada suatu jaringan distribusi, karena dalam jaringan distribusi sangatlah besar kemungkinan terjadinya jatuh tegangan. Salah satu cara dalam mengatasi permasalahan jatuh tegangan pada suatu penyulang yaitu dengan metode pecah beban dengan pembangunan penyulang baru. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan ujung dan rugi daya Penyulang Lappa sebelum dan setelah pecah beban, serta menentukan pengaruh pecah beban terhadap penghematan rupiah. Adapun metode yang digunakan pada penelitian ini dengan melakukan analisis aliran daya menggunakan software ETAP serta menghitung nilai jatuh tegangan dan losses dengan menggunakan pendekatan kuantitatif. Dari hasil penelitian diperoleh nilai tegangan ujung JTM penyulang Lappa di GH Sinjai sebesar 19,81 kV (3,32%) dan setelah dilakukan pecah beban Penyulang Lappa ke Penyulang Lasiai tegangan ujung di GH Sinjai mengalami perbaikan menjadi 20,232 kV (1,3%), dan nilai rugi daya yang dihasilkan sebelum dan setelah dilakukan pecah beban yaitu sebesar 207,23 kW (4,04%) menjadi 159,19 kW (3,11%), adapun total nilai rugi energi pada Penyulang Lappa dapat dihemat sebesar 288,24 kWh setiap harinya.

**Kata Kunci** : Jatuh tegangan, rugi daya, pecah beban, penghematan

### ABSTRACT

The increasing need for electric power, demands an electric power system that has reliability in supplying and distributing electrical energy in a distribution network, because in a distribution network there is a great possibility of voltage drop. One way to overcome the problem of voltage drop in a feeder is by using the Load Breaking Method with a new feeder construction. Therefore, this study was conducted to determine the end voltage and power loss of Lappa Feeder before and after load breaking, and to determine the effect of load breaking on rupiah savings. The method used in this study is power flow analysis using the ETAP (Electric Transient and Analysis Program) software and to calculate the voltage drop and losses using a quantitative approach. From the study results, it was found that the end voltage of the Lappa Feeder MV (Medium Voltage) at Sinjai Switching Substation was 19.81 kV (3.32%) and after load breaking of the Lappa Feeder to Lasiai Feeder the end voltage at Sinjai Switching Substation improved to 20.232 kV (1.3%), and the power loss before and after load breaking is 207.23 kW (4.04%) to 159.19 kW (3.11%), while the total energy loss in the Lappa Feeder can be saved by 288.24 kWh per day.

**Keywords:** Voltage drop, power loss, load breaking, savings

### PENDAHULUAN

Pada penyaluran energi listrik mutu pelayanan dan keandalan jaringan distribusi harus benar-benar diperhatikan, karena dalam jaringan distribusi kemungkinan terjadinya jatuh tegangan sangatlah besar. Semakin meningkatnya kebutuhan akan tenaga listrik, menuntut suatu sistem tenaga listrik yang mempunyai keandalan dalam penyediaan dan penyaluran energi listrik pada suatu jaringan distribusi.

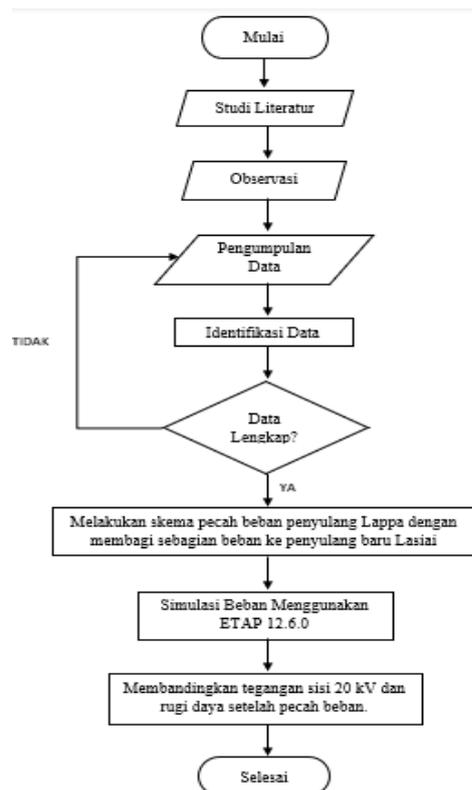
Jatuh tegangan yang disebabkan arus yang dihantarkan besar dan jarak beban yang dilayani sangat jauh menyebabkan panjang penghantar terlalu panjang, sehingga tegangan pada ujung jaringan menjadi rendah, dimana tegangan yang ada biasanya melebihi batas minimal dari tegangan toleransi. Salah satu cara dalam mengatasi permasalahan jatuh tegangan pada suatu penyulang yaitu dengan metode pecah beban dengan pembangunan penyulang baru. Dalam hal ini prinsip kerja dari pecah beban atau pemecahan penyulang adalah membagi dua beban yang terdapat pada penyulang awal, sehingga mengurangi beban dan memperpendek hantaran.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh M. Gian Vanny De Suza, penelitian yang menggunakan metode kuantitatif, dengan pengolahan data pada penyulang Melati untuk mengetahui besar drop tegangan sebelum dan sesudah pemecahan beban serta melakukan pemecahan penyulang Melati. (M. Gian Vanny De Suza, 2021). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Yessi Marniati dan Quratul Aini Hanifatullah, penelitian yang menjelaskan susut daya yang terjadi dengan memberikan perbandingan perhitungan secara manual dan perhitungan menggunakan simulasi ETAP 12.6 (Yessi Marniati dan Quratul Aini Hanifatullah, 2018). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Ilham Amu, dkk, penelitian yang menggunakan metode kuantitatif dan bertujuan untuk mengatasi permasalahan kehandalan sistem kelistrikan Kota Bitung dan dengan menggunakan aplikasi ETAP didapatkan hasil untuk menanggulangi tegangan yang sudah mendekati zona kritis (Critical) yang ada pada penyulang. (Ilham Amu, dkk, 2019).

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan ujung JTM, nilai rugi daya sebelum dan setelah pecah beban serta mengetahui pengaruh pecah beban terhadap penghematan kWh pada penyulang Lappa ULP Sinjai menggunakan Software Electric Transient and Analysis Program (ETAP).

### METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian analisis-kuantitatif yang menitikberatkan pada pengumpulan data-data yang berhubungan dengan nilai tegangan, nilai beban dan panjang saluran pada penyulang Lappa PT PLN (Persero) ULP Sinjai. Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini adalah observasi, studi pustaka, dan wawancara. Metode penelitian ini adalah dengan melakukan perhitungan nilai jatuh tegangan dan losses menggunakan software ETAP serta menggunakan pendekatan kuantitatif. Metode analisis data menggunakan metode deskriptif sebagai kegiatan yang meliputi pengumpulan data dalam rangka menguji hipotesis atau menjawab pertanyaan yang menyangkut keadaan yang sedang berjalan dari pokok suatu penelitian. Langkah – Langkah penelitian ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram *flowchart* penelitian

Proses kegiatan menganalisa data melalui perhitungan secara manual berdasarkan teori dengan menggunakan beberapa rumus:

### Jatuh Tegangan

- Jatuh tegangan pada jaringan distribusi primer sebuah penghantar, persamaan (1)

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I \times (R \times \cos \theta + jX \times \sin \theta) \times L$$

- Besar rugi tegangan pada saluran di atas dapat juga dinyatakan, persamaan (2)

$$\Delta V = V_S - V_R$$

- Untuk menghitung persentase rugi tegangan, persamaan (3)

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{V_{sumber}} \times 100\%$$

### Rugi Daya

- Susut Daya, persamaan (4)

$$P = I^2 \cdot R$$

- Sedangkan secara empiris besarnya tahanan (R), persamaan (5)

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

- Jika tahanan searah suatu penghantar pada suatu temperatur tertentu diketahui, maka tahanan, persamaan (6)

$$\frac{R_{T_2}}{R_{T_1}} = \frac{T_0 + T_2}{T_0 + T_1}$$

- Menghitung tahanan dari kawat telanjang ada beberapa factor yang mempengaruhi diantaranya factor efek kulit, persamaan (7)

$$R_{ac} = K \times R_{t2}$$

- Disimpulkan susut daya akan bertambah dengan kenaikan besar Tahanan (R), persamaan (8)

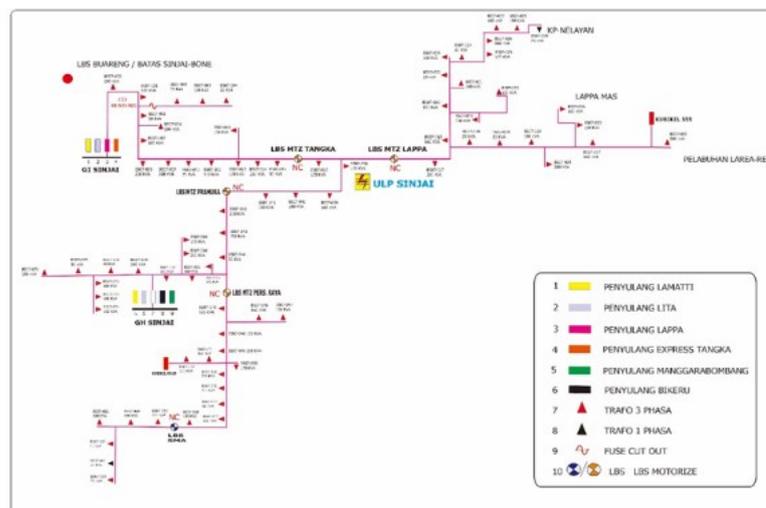
$$P_{loss} = \frac{(3 \times (P)^2 \times R \times L)}{(3 \times V^2 \times (\cos \phi)^2)}$$

- Rugi energi ini dapat dirumuskan dengan persamaan 9

$$W_{LOSS} = P_{LOSS} \times t$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

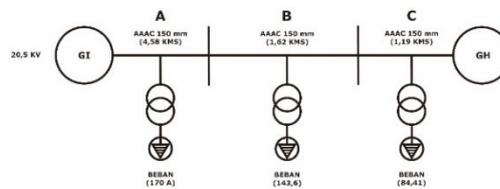
### Kondisi Penyulang Lappa



Gambar 2. Single Line Penyulang Lappa

### Analisis Kondisi Sebelum Pecah Beban Penyulang

Sebelum dilakukan perencanaan pecah beban penyulang Lappa dengan pembangunan penyulang baru, perlu dilakukan analisa perhitungan besar jatuh tegangan pada saat kondisi awal. Sebagai sampel perhitungan dilakukan pada segmen terpanjang, yaitu segmen 1 antara GI Sinjai dan GH Sinjai.



**Gambar 3.** Segmen 1 GI sampai GH

Perhitungan jatuh tegangan dilakukan dengan menghitung jumlah tegangan yang hilang pada sebuah penghantar di segmen 1 antara tegangan sumber GI Sinjai dan tegangan ujung pada GH Sinjai menggunakan persamaan 1 sebagai berikut :

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I \times (R \cos \varphi + X \sin \varphi) \times L \quad (1)$$

$\Delta V$  sec.A = ...?

$$\begin{aligned} \Delta V_{\text{sec.A}} &= \sqrt{3} \times 170 \times (0,2162 \times 0,85 + 0,3305 \times 0,52) \times 4,58 \\ &= 294,44 \times (0,18377 + 0,17186) \times 4,58 \\ &= 0,48 \text{ kV} \end{aligned}$$

Selanjutnya menggunakan persamaan 2 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_{\text{sec. A}} &= 20,5 \text{ kV} - 0,48 \text{ kV} \\ &= 20,02 \text{ kV} \end{aligned}$$

$\Delta V$  sec.B = ...?

$$\begin{aligned} \Delta V_{\text{sec.B}} &= \sqrt{3} \times 143,6 \times (0,2162 \times 0,85 + 0,3305 \times 0,52) \times 1,62 \\ &= 248,71 (0,18377 + 0,17186) \times 1,62 \\ &= 0,14 \text{ kV} \end{aligned}$$

Selanjutnya menggunakan persamaan 2 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_{\text{sec. B}} &= 20,02 \text{ kV} - 0,14 \text{ kV} \\ &= 19,88 \text{ kV} \end{aligned}$$

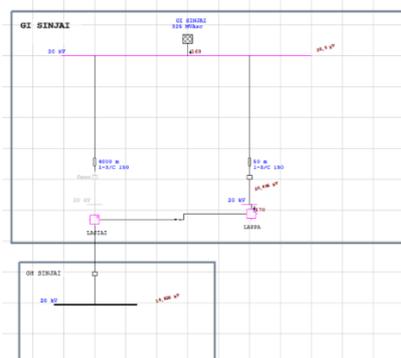
$\Delta V$  sec.C = ...?

$$\begin{aligned} \Delta V_{\text{sec.C}} &= \sqrt{3} \times 84,41 \times (0,2162 \times 0,85 + 0,3305 \times 0,52) \times 1,19 \\ &= 146,19 \times (0,18377 + 0,17186) \times 1,19 \\ &= 0,062 \text{ kV} \end{aligned}$$

Selanjutnya menggunakan persamaan 2 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_{\text{sec. C}} &= 19,88 \text{ kV} - 0,062 \text{ kV} \\ &= 19,81 \text{ kV} \end{aligned}$$

Untuk mendapatkan nilai jatuh tegangan juga disimulasikan menggunakan aplikasi ETAP sehingga dapat diketahui besarnya nilai tegangan ujung pada Penyulang Lappa sebelum dilakukan pecah beban penyulang.

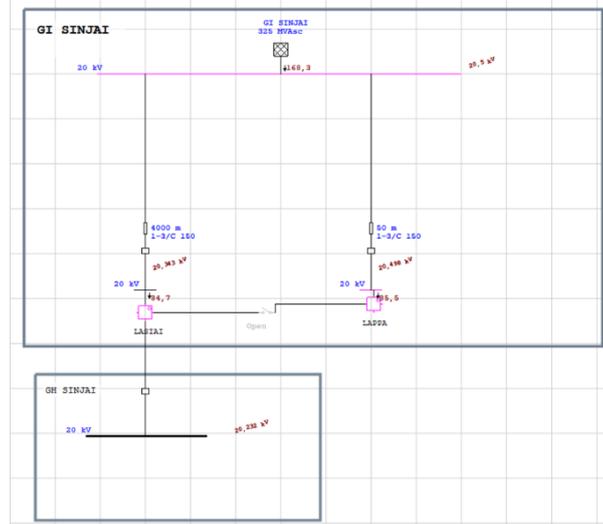


**Gambar 4.** Simulasi ETAP kondisi sebelum pecah beban



### Analisis Kondisi Setelah Pecah Beban

Pemisahan beban penyulang merupakan pemindahan sebagian beban penyulang ke penyulang yang baru. Hal ini berarti terdapat pengurangan jumlah beban dan panjang penyulang sehingga berdampak pada nilai jatuh tegangan dan tegangan ujung penyulang. Setelah dilakukan skema pemecahan beban kemudian dilakukan simulasi load flow pada ETAP untuk melihat tegangan ujung pada segmen 1 antara GI Sinjai sampai GH Sinjai.



Gambar 6. Simulasi ETAP setelah pecah beban

Nilai tegangan ujung pada Penyulang Lappa di GH Sinjai setelah dilakukan pengalihan beban melalui Penyulang Lasiai yakni 20,232 kV, mengalami perbaikan nilai tegangan ujung dimana sebelumnya 19,826 kV saat masih melalui Penyulang Lappa. Dari simulasi beban didapatkan nilai 20,232 kV pada Gardu Hubung Sinjai nilai ini jika dihitung dalam % jatuh tegangan dengan persamaan 3 sebagai berikut:

$$\% \Delta V = \frac{V_{sumber} - V_{terima}}{V_{sumber}} \times 100\% \quad (3)$$

$$\% \Delta V = \frac{20,5 - 20,232}{20,5} \times 100\%$$

$$\% \Delta V = \frac{0,268}{20,5} \times 100\%$$

$$\% \Delta V = 1,3\%$$

Setelah dilakukan perhitungan didapatkan persentase jatuh tegangan penyulang Lappa di GH Sinjai sebesar 1,3%.

Tabel 2. Perbandingan jatuh tegangan sebelum dan sesudah pecah beban

KONDISI	PENYULANG	TEGANGAN UJUNG DI GH SINJAI (KV)	JATUH TEGANGAN
			$\Delta V(\%)$
SEBELUM PECAH BEBAN	LAPPA	19,81	3,32
SETELAH PECAH BEBAN	LASIAI	20,232	1,3

### Analisis Rugi Daya

#### 1) Daya Tersalur Sebelum Pecah Beban

Sebelum dilakukan pecah beban dan sesudah dilakukan pecah beban maka dilakukan perhitungan daya penyaluran dan susut daya. Adapun perhitungan daya penyaluran pada penyulang Lappa menggunakan persamaan berikut:

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \theta$$

$$P_{3\phi} \text{ AAAC } 150\text{mm}^2 = \dots ?$$

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{3} \times 20,5 \times 100,292 \times 0,85 \\
 &= \mathbf{3026822 \text{ W}} \\
 &= \mathbf{3027 \text{ kW}}
 \end{aligned}$$

$P_{3\phi}$  AAAC 70mm<sup>2</sup> = ... ?

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{3} \times 20,5 \times 69,608 \times 0,85 \\
 &= \mathbf{2100776 \text{ W}} \\
 &= \mathbf{2101 \text{ kW}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{3\phi} \text{ Total} &= \text{AAAC 150mm}^2 + \text{AAAC 70mm}^2 \\
 &= 3027 \text{ kW} + 2101 \text{ kW} \\
 &= \mathbf{5128 \text{ kW}}
 \end{aligned}$$

## 2) Analisis Rugi Daya Sebelum Pecah Beban

Untuk mengetahui nilai resistansi penghantar digunakan data R20°C pada AAAC 150 mm<sup>2</sup> sebesar 0,210 ohm/km dan pada AAAC 70 mm<sup>2</sup> sebesar 0,438 ohm/km. Adapun perhitungannya menggunakan persamaan 5 sebagai berikut:

- AAAC 150 mm<sup>2</sup>

$$\begin{aligned}
 \frac{R_{T2}}{R_{T1}} &= \frac{T_0 + T_2}{T_0 + T_1} \\
 \frac{R_{T2}}{0,210} &= \frac{228 + 75}{228 + 20} \\
 248 \cdot R_{T2} &= 303 \times 0,210 \\
 R_{T2} &= \frac{63,63}{248} \\
 R_{T2} &= 0,256 \text{ ohm/km}
 \end{aligned}$$

Dengan memperhitungkan pengaruh lapisan maka dikalikan dengan factor koreksi (k = 1,02) dengan menggunakan persamaan 7 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 R_{75^{\circ}\text{C}} &= 1,02 \times 0,256 \\
 &= 0,261 \text{ ohm/km} \\
 &= 2,61 \times 10^{-4} \text{ ohm/m}
 \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned}
 P_{\text{loss AAAC 150 mm}^2} &= \frac{(3 \times (P)^2 \times R \times L)}{(3 \times V^2 \times (\text{Cos } \phi)^2)} \\
 &= \frac{(3 \times (3026822)^2 \times 2,61 \times 10^{-4} \times 10220)}{(3 \times 20500^2 \times (0,85)^2)} \\
 &= \frac{(7,33 \times 10^{13})}{(910891875)} \\
 &= \mathbf{80458 \text{ Watt}}
 \end{aligned}$$

- AAAC 70 mm<sup>2</sup>

$$\begin{aligned}
 \frac{R_{T2}}{R_{T1}} &= \frac{T_0 + T_2}{T_0 + T_1} \\
 \frac{R_{T2}}{0,438} &= \frac{228 + 75}{228 + 20} \\
 248 \cdot R_{T2} &= 303 \times 0,438 \\
 R_{T2} &= \frac{132,714}{248} \\
 R_{T2} &= 0,535 \text{ ohm/km}
 \end{aligned}$$

Dengan memperhitungkan pengaruh lapisan maka dikalikan dengan factor koreksi (k = 1,02) dengan menggunakan persamaan 7 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 R_{75^{\circ}\text{C}} &= 1,02 \times 0,535 \\
 &= 0,545 \text{ ohm/km} \\
 &= 5,45 \times 10^{-4} \text{ ohm/m}
 \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned}
 P_{\text{loss AAAC } 70 \text{ mm}^2} &= \frac{(3 \times (P)^2 \times R \times L)}{(3 \times V^2 \times (\text{Cos } \theta)^2)} \\
 &= \frac{(3 \times (2100776)^2 \times 5,45 \times 10^{-4} \times 16000)}{(3 \times 20500^2 \times (0,85)^2)} \\
 &= \frac{(1,15 \times 10^{14})}{(910891875)} \\
 &= 126744 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Ploss Total} &= \text{PlossAAAC } 150\text{mm}^2 + \text{Ploss AAAC } 70\text{mm}^2 \\
 &= 80485 + 126744 \\
 &= 207230 \text{ Watt} \\
 &= 207,23 \text{ Kw}
 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan besarnya daya penyaluran dan rugi daya sebelum pecah beban pada penyulang Lappa maka persentase susut daya dapat diperoleh menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
 \Delta P(\%) &= \frac{\text{Rugi Daya}}{\text{Daya Tersalurkan}} \times 100\% \\
 &= \frac{207,23}{5128} \times 100\% \\
 &= 4,04\%
 \end{aligned}$$

### 3) Daya Tersalur Setelah Pecah Beban

Perhitungan daya penyaluran di penyulang Lasiai menggunakan persamaan berikut:

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} \times V \times I \times \text{Cos } \theta$$

- $P_{3\phi} \text{ XLPE } 150\text{mm}^2 = \dots ?$   
 $= \sqrt{3} \times 20,5 \times 84,69 \times 0,85$   
 $= 2556 \text{ kW}$
- $P_{3\phi} \text{ AAAC } 150\text{mm}^2 = \dots ?$   
 $= \sqrt{3} \times 20,5 \times 65,229 \times 0,85$   
 $= 1969 \text{ kW}$
- $P_{3\phi} \text{ AAAC } 70\text{mm}^2 = \dots ?$   
 $= \sqrt{3} \times 20,5 \times 19,461 \times 0,85$   
 $= 587 \text{ kW}$

$$\begin{aligned}
 P_{3\phi} \text{ Total} &= P_{3\phi} \text{XLPE } 150\text{mm}^2 + P_{3\phi} \text{AAAC}150 \text{ mm}^2 + P_{3\phi} \text{AAAC } 70\text{mm}^2 \\
 &= 2556 \text{ kW} + 1969 \text{ kW} + 587 \text{ kW} \\
 &= 5112 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

### 4) Analisis Rugi Daya Setelah Pecah Beban

Untuk mengetahui nilai resistansi penghantar dengan data R20°C pada NA2XSEYBY (Al) 150 mm<sup>2</sup> sebesar 0,206, AAAC 150 mm<sup>2</sup> sebesar 0,210 ohm/km dan pada AAAC 70 mm<sup>2</sup> sebesar 0,438 ohm/km. adapun perhitungannya sebagai berikut:

- XLPE 150 mm<sup>2</sup>

$$\begin{aligned}
 \frac{R_{T2}}{R_{T1}} &= \frac{T_0 + T_2}{T_0 + T_1} \\
 \frac{R_{T2}}{0,206} &= \frac{228 + 75}{228 + 20} \\
 248 \cdot R_{T2} &= 303 \times 0,206 \\
 R_{T2} &= \frac{62,418}{248} \\
 R_{T2} &= 0,2516 \text{ ohm/km}
 \end{aligned}$$

Dengan memperhitungkan pengaruh lapisan maka dikalikan dengan factor koreksi (k = 1,02) dengan menggunakan persamaan 7 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} R_{75^{\circ}c} &= 1,02 \times 0,2516 \\ &= 0,256 \text{ Ohm/km} \\ &= 2,56 \times 10^{-4} \text{ ohm/m} \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} P_{\text{loss XLPE } 150 \text{ mm}^2} &= \frac{(3 \times (P)^2 \times R \times L)}{(3 \times V^2 \times (\text{Cos } \emptyset)^2)} \\ &= \frac{(3 \times (2555953)^2 \times 2,56 \times 10^{-4} \times 4000)}{(3 \times 20500^2 \times (0,85)^2)} \\ &= \frac{(2,006 \times 10^{13})}{(910891875)} \\ &= \mathbf{22032 \text{ Watt}} \end{aligned}$$

- AAAC 150 mm<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} \frac{R_{T2}}{R_{T1}} &= \frac{T_0 + T_2}{T_0 + T_1} \\ \frac{R_{T2}}{0,210} &= \frac{228 + 75}{228 + 20} \\ 248 \cdot R_{T2} &= 303 \times 0,210 \\ R_{T2} &= \frac{63,63}{248} \\ R_{T2} &= 0,256 \text{ ohm/km} \end{aligned}$$

Dengan memperhitungkan pengaruh lapisan maka dikalikan dengan factor koreksi (k = 1,02) dengan menggunakan persamaan 7 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} R_{75^{\circ}c} &= 1,02 \times 0,256 \\ &= 0,261 \text{ ohm/km} \\ &= 2,61 \times 10^{-4} \text{ ohm/m} \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} P_{\text{loss AAAC } 150 \text{ mm}^2} &= \frac{(3 \times (P)^2 \times R \times L)}{(3 \times V^2 \times (\text{Cos } \emptyset)^2)} \\ &= \frac{(3 \times (1968618)^2 \times 2,61 \times 10^{-4} \times 6610)}{(3 \times 20500^2 \times (0,85)^2)} \\ &= \frac{(2,005 \times 10^{13})}{(910891875)} \\ &= \mathbf{22020 \text{ Watt}} \end{aligned}$$

- AAAC 70 mm<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} \frac{R_{T2}}{R_{T1}} &= \frac{T_0 + T_2}{T_0 + T_1} \\ \frac{R_{T2}}{0,438} &= \frac{228 + 75}{228 + 20} \\ 248 \cdot R_{T2} &= 303 \times 0,438 \\ R_{T2} &= \frac{132,714}{248} \\ R_{T2} &= 0,535 \text{ ohm/km} \end{aligned}$$

Dengan memperhitungkan pengaruh lapisan maka dikalikan dengan factor koreksi (k = 1,02) dengan menggunakan persamaan 7 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} R_{75^{\circ}c} &= 1,02 \times 0,535 \\ &= 0,545 \text{ ohm/km} \\ &= 5,45 \times 10^{-4} \text{ ohm/m} \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} P_{\text{loss AAAC } 70 \text{ mm}^2} &= \frac{(3 \times (P)^2 \times R \times L)}{(3 \times V^2 \times (\text{Cos } \emptyset)^2)} = \frac{(3 \times (587335)^2 \times 5,45 \times 10^{-4} \times 6440)}{(3 \times 20500^2 \times (0,85)^2)} = \frac{(3,63 \times 10^{12})}{(910891875)} \\ &= \mathbf{3987 \text{ Watt}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{loss Total}} &= P_{\text{loss XLPE 150mm}^2} + P_{\text{loss AAAC 150mm}^2} + P_{\text{loss AAAC 70mm}^2} \\
 &= 22032 \text{ Watt} + 22020 \text{ Watt} + 3987 \text{ Watt} \\
 &= 48.039 \text{ Watt} \\
 &= 48,039 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Adapun susut daya pada penyulang lappa setelah dilakukan pecah beban pada penyulang lasiai maka diperoleh:

$$\begin{aligned}
 P_{\text{loss}} &= 207,23 \text{ kW} - 48,039 \text{ kW} \\
 P_{\text{loss}} &= 159,19 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan besarnya daya penyaluran dan rugi daya sebelum pecah beban pada penyulang Lappa maka persentase susut daya dapat diperoleh menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \Delta P(\%) &= \frac{\text{Rugi Daya}}{\text{Daya Tersalurkan}} \times 100\% \\
 &= \frac{159,19}{5112} \times 100\% \\
 &= \mathbf{3,11\%}
 \end{aligned}$$

### 5) Analisis Rugi Daya Berdasarkan Simulasi ETAP

Perhitungan rugi daya pada program ETAP menggunakan data sebelum pecah beban sistem distribusi 20 kV Penyulang Lappa. Berdasarkan running program ETAP, diperoleh rugi daya sebesar 196 kW dari total daya yang tersalur sebesar 5078 kW. Adapun data setelah pecah beban diperoleh rugi daya dan daya tersalur berturut-turut sebesar 139 kW dan 5116 kW.

Item	Value	Value
Losses	196	196
Power Flow	1	1
Losses	27	27
Load MW	5.116	5.679
Load MVar	2.098	2.127
Generation MW	5.116	5.679
Generation MVar	2.098	2.127
Loss MW	0.139	0.136
Loss MVar	0.002	0.001
Missed MW	0	0
Missed MVar	0	0

**Gambar 6.** Tampilan Losses pada Load Flow Analyzer

Adapun perhitungan presentase susut daya menggunakan persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 \Delta P(\%) &= \frac{\text{Rugi Daya}}{\text{Daya Tersalurkan}} \times 100\% \\
 &= \frac{196}{5078} \times 100\% \\
 &= \mathbf{3,85\%}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan presentase susut daya setelah pecah beban hasilnya disajikan pada tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil persentase susut daya

NO	Nama Penyulang	Susut Daya (Losses)	Hasil Persen
1	Penyulang Lappa Sebelum Pecah Beban	196	3,85%
2	Penyulang Lappa Setelah Pecah Beban	139	2,71%

### 6) Analisis Perbandingan Rugi Daya Sebelum Dan Setelah Pecah Beban

Hasil perbandingan rugi daya sebelum dan setelah pecah beban disajikan pada tabel 4.

Pada penyulang Lappa sebelum dilakukan metode pecah beban dengan nilai jatuh tegangan sebesar 3,32% maka mengakibatkan susut daya (losses) yang dihasilkan pada ETAP sebesar 196 kW atau dalam persentasenya yaitu sebesar 3,85%. Sedangkan berdasarkan hasil perhitungan diperoleh rugi daya sebesar 207,23 kW atau 4,04%. Adapun nilai rugi daya pada PLN sendiri digunakan data rugi daya pada bulan Januari 2022 sebagai sampel, yaitu sebesar 200,17 kW atau 3,70%. Dari hasil tersebut maka dilakukan perbaikan jatuh tegangan dan penurunan susut daya (losses) di Penyulang Lappa dengan metode pecah beban.

Setelah dilakukan metode pecah beban hasil jatuh tegangan pada Penyulang Lappa di GH Sinjai yaitu sebesar 1,3%, hal tersebut mengakibatkan nilai susut daya (losses) yang dihasilkan menurun yaitu sebesar 139 kW atau dalam persentasenya sebesar 2,71% pada simulasi ETAP, sedangkan pada hasil perhitungan nilai rugi dayanya menurun dari 207,23 kW atau 4,04% menjadi 159,19 kW atau 3,11%.

**Tabel 4.** Hasil perbandingan rugi daya

PERBANDINGAN	ETAP		HITUNG		PLN					
					JANUARI		FEBRUARI		MARET	
	kW	%	kW	%	kW	%	kW	%	kW	%
SEBELUM PECAH BEBAN	196	3,85	207,23	4,04	200,17	3,70	190,56	3,69	200,37	3,68
SETELAH PECAH BEBAN	139	2,71	159,19	3,11	NA	NA	NA	NA	NA	NA

### Saving

Sebelum Pecah Beban, persamaan 9 sebagai berikut:

$$W_{Loss} = 207,23 \text{ kW} \times 6 \text{ h} \\ = 1243,38 \text{ kWh}$$

Setelah Pecah Beban, persamaan 9 sebagai berikut:

$$W_{Loss} = 159,19 \text{ kW} \times 6 \text{ h} \\ = 955,14 \text{ kWh}$$

Untuk memperoleh nilai kWh yang dapat diselamatkan pada Penyulang Lappa sebelum dan sesudah pecah beban maka dilakukan perhitungan:

$$\text{Saving} = W_{loss} \text{ sebelum pecah beban} - W_{loss} \text{ setelah pecah beban} \\ = 1243,38 \text{ kWh} - 955,14 \text{ kWh} \\ = 288,24 \text{ kWh}$$

Dari hasil perhitungan ini diperoleh nilai kWh yang dapat diselamatkan yaitu 288,24 kWh/hari.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan simulasi ETAP sebelum dilakukan pecah beban tegangan ujung JTM penyulang Lappa di GH Sinjai sebesar 19,81 kV atau 3,32% dan setelah dilakukan pecah beban Penyulang Lappa ke Penyulang Lasiai tegangan ujung di GH Sinjai mengalami perbaikan sebesar 20,232 kV atau 1,3%. Perhitungan nilai rugi daya pada penyulang Lappa Sebelum dilakukan pecah beban sebesar 207,23 kW atau dalam persentasenya sebesar 4,04% dan setelah dilakukan pecah baban nilai rugi dayanya mengalami penurunan menjadi 159,19 kW atau sekitar 3,11%.

Setelah dilakukan Pecah Beban, total nilai rugi energi pada Penyulang Lappa berubah dari 1243,38 kWh/hari menjadi 955,14 kWh/hari sehingga dapat dihemat sebesar 288,24 kWh setiap harinya.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Marniati, Y., & Hanifatulah, Q. A. (2018). Evaluasi Susut Daya Penyulang Cendana 20 kV Pada Gardu Induk Bungaran Dengan ETAP 12.6. *Jurnal Teknik Elektro*, 7(1), 79-93.
- [2] Putri, D. M., Diantari, R. A., & Hariyati, R. 2020. Upaya Perbaikan Jatuh Tegangan Pada Penyulang Anggur Dengan Metode Pecah Beban Di ULP Cikarang Kota. Dissertation. Jakarta: IT PLN.
- [3] Nigara, Adib Gustian. 2015. Analisa Aliran Daya Sistem Tenaga Listrik Pada Bagian Texturizing di PT Asia Pasific Fibers Tbk Kendal Menggunakan Software ETAP Power Station 4.0. Semarang: Universitas Negeri Semarang

- [4] Samsinar, Riza dan Witji Wiyoto. 2019. Studi Keandalan Rekonfigurasi Jaringan Program Zero Down Time (Zdt) di Kawasan Sudirman Central Business Distric (Scbd) Menggunakan Software ETAP 12.6. dalam Jurnal RESISTOR (elektrRonika kEndali telekomunikaSI tenaga liSTrik kOmpuTeR) 2.1: 65-72. Jakarta: Universitas Muhammadiyah Jakarta
- [5] Suza, M. Gian Vanny De. 2021. Perbaikan Tegangan Penyulang Melati Dengan Metode Pecah Beban Pada PT PLN (Persero) Bangkiang. Jakarta: Insitut Teknologi – PLN
- [6] Rabbani, P., Susanto, D., & Qosim, M. N. 2020. Analisis Rugi Daya Dan Jatuh Tegangan Pada Jaringan Tegangan Menengah 20kv Penyulang Barito Gi Csw. Dissertation. Jakarta: IT PLN.
- [7] Hadisantoso, F. S. (2016). Analisa Penurunan Tegangan (Voltage Drop) dan Rugi-rugi (Losses) Penyulang Menggunakan ETAP di Gardu Induk Bandung Selatan. *Jurnal Elektra*, 1(2), 42-53.
- [8] Arta, I. G. N., Setiawan, I. N., & Wijaya, I. W. A. (2019). Rekonfigurasi Jaringan Distribusi pada Penyulang Rumah Sakit Bali Med (RSBM). *Jurnal SPEKTRUM*, 6(4), 43-50.
- [9] SPLN T6.001:2013. Tegangan Tegangan Standar. Jakarta: PT. PLN(Persero).
- [10] SPLN 64 : 1985. Petunjuk Pemilihan dan Penggunaan Pelebur pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah. Jakarta: PT. PLN(Persero).
- [11] SPLN 87:1991. Standard Konstruksi Listrik Perdesaan. Departemen Pertambangan dan Energi. Jakarta : PT. PLN (Persero)