

# Analisis Drop Tegangan Listrik Menggunakan ETAP Pada Penyulang Utari PT. PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Bandarjaya.

Hamimi<sup>1</sup>, Muhammad Irfan Chaniago<sup>2</sup>, Hendra Widodo<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Lampung  
Jl. H.Z.A. Pagar Alam No. 14, Bandar Lampung, 35142  
\*E-mail: [hamimi@uml.ac.id](mailto:hamimi@uml.ac.id)  
[irfanchaniago94@gmail.com](mailto:irfanchaniago94@gmail.com)

## Abstrak

Voltage drop is the loss of voltage caused by several factors. PLN sets the standard of voltage at +5% -10% of the line voltage. The Utari feeder experiences a voltage drop caused by the length of the network plus the amount of load that is concentrated at the end of a network. This study uses observation method or library research. The source of the data used is secondary data (which already exists) which is then simulated using the ETAP application by utilizing the Load Flow Analysis function so that the results of the power flow in the electrical system are obtained. Based on the results of the study, to increase the voltage by building an underbuild network. The construction of this underbuild network aims to cut the length of the Utari feeder which is then maneuvered into Gunung Madu Plantation feeder. The voltage which was originally 17.217kV to 18.968kV with a difference is 1.751kV, namely there is an increase in voltage of about 7.4% from before. With the breaking of the load, it can shorten length of the feeder, so that by reducing the length of the feeder, the inductive reactance of the line will decrease so that the shrinkage is smaller.

Keywords: Protection System, Voltage Drop, Underbuild Network, Breaking of The Load, Reducing Length of The Feeder.

## 1. Pendahuluan

Berdasarkan kebutuhan akan tenaga listrik yang semakin meningkat pada era globalisasi ini, PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN) Persero mengalami peningkatan jumlah pelanggan pengguna tenaga listrik. Dengan semakin bertambahnya jumlah pelanggan tenaga listrik ini PT. PLN (Persero) diharuskan menambahkan jaringan listrik menjadi lebih panjang. Akan tetapi hal ini tidak dapat langsung diimbangi dengan penambahan pusat pembangkit untuk penyediaan tenaga listrik dikarenakan biaya investasi yang besar dan waktu pembangunan yang memerlukan waktu lebih lama.

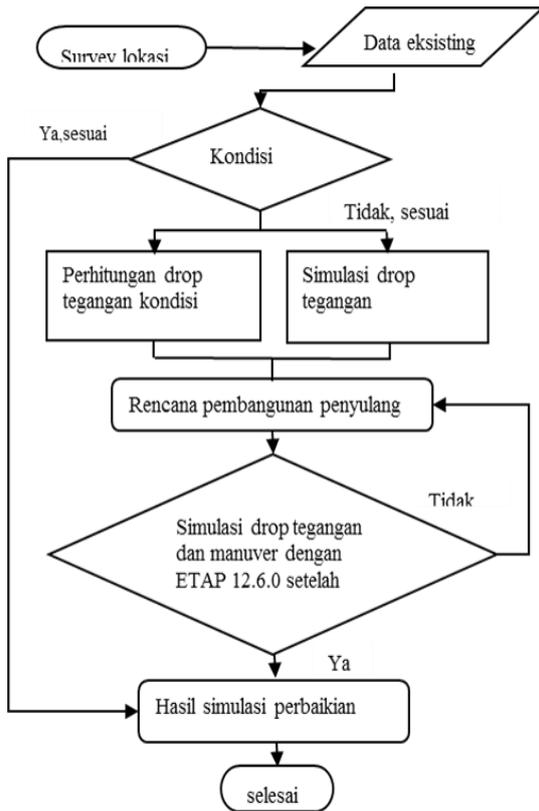
Salah satu gangguan yang terjadi pada saluran distribusi adalah tegangan jatuh atau sering disebut drop tegangan. Jatuh tegangan adalah besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Analisis drop tegangan diperlukan untuk mengetahui besar kecilnya jatuh tegangan sepanjang saluran distribusi.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis drop tegangan yang terjadi dengan menggunakan simulasi ETAP 12.6.0

## 2. Metodologi

Dalam penelitian ini yang menjadi pengamatan adalah Penyulang Utari jaringan distribusi 20 kV PT. PLN (Persero) ULP Bandarjaya. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan cara melakukan penelitian lapangan, yaitu penelitian secara langsung mengunjungi objek penelitian, serta meminta langsung data bentuk sekunder (yang telah ada) mengenai topik bahasan penelitian ini di PT. PLN (Persero) ULP BANDARJAYA, yaitu data hasil ukur tegangan ujung penyulang.

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan seberapa besar penurunan tegangan (*voltage drop*) per penyulang dari GI dengan tegangan menggunakan *software* ETAP 12.6.0, serta Seberapa besar rugi-rugi (*losses*) per penyulang dari GI dengan perhitungan menggunakan ETAP. Adapun diagram alir penelitian digambarkan seperti diagram dibawah ini.



**Gambar1.** Diagram alir penelitian

### 3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan data real yang didapatkan dilapangan, selanjutnya dilakukan simulasi menggunakan ETAP didapatkan hasil simulasi sebagai berikut :

**Tabel 1.** Data Sebelum Pemecahan Beban

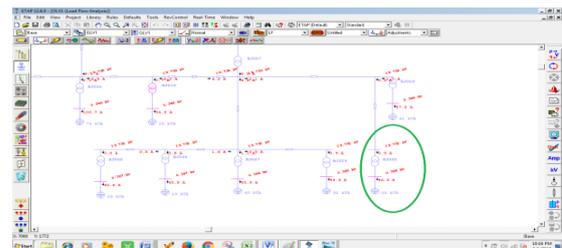
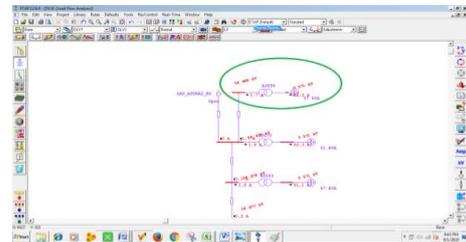
Nama Penyulang	Tegangan (kV)					
	Sebelum (Pengukuran)		Setelah (ETAP)		Setelah (Hitung)	
	Kirim	Ujung	Kirim	Ujung	Kirim	Ujung
Utari	21	17.217	21	18.968	21	18.561
GMP	20.5	19.656	20.5	19.597	20.5	19.007

Berdasarkan hasil simulasi ETAP 12.6.0 maka didapatkan nilai tegangan ujung pada penyulang Utari tidak sesuai dengan standar SPLN (-10 %) dan rugi daya (losses) yang ditimbulkan pada penyulang juga cukup tinggi. Dimana Losses pada penyulang adalah kerugian besar bagi PT.PLN (Persero) sehingga dibutuhkan solusi untuk perbaikan tegangan ujung dan menurunkan Losses pada penyulang tersebut.

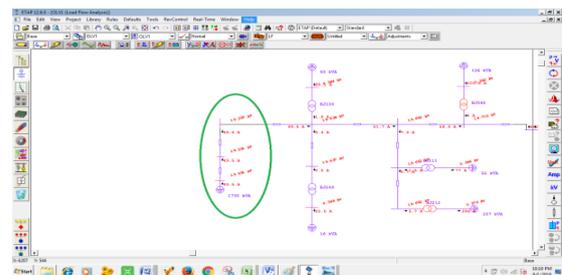
Dengan demikian, perlu dilakukan perbaikan pada penyulang utari yaitu dengan melakukan pembangunan jaringan *underbuild* untuk pemecahan beban ke penyulang GMP agar dapat mengurangi losses / susut distribusi sehingga dapat meningkatkan kWh jual dan diharapkan tegangan ujung yang didapat mendekati standar yaitu + 5 %, - 10 % .

### 3.1 Pembangunan Jaringan *Underbuild* Untuk Pemecahan Beban

Untuk mengurangi losses yang terjadi maka Langkah selanjutnya adalah dengan membangun jaringan *underbuild* dilakukan untuk mengurangi panjang dan beban pada penyulang Utari. Beban dari penyulang Utari tersebut nantinya akan di manuver (dibebankan) ke penyulang GMP .Pemecahan penyulang Utari dilakukan dari TM8 Simpang Daya Murni hingga Ujung.



**Gambar 1.** Gambar Tegangan Ujung Penyulang Utari Sesudah Pengurangan.



**Gambar 2.** Gambar Tegangan Ujung Penyulang GMP Sesudah Penambahan.

Hasil Simulasi ETAP setelah pemecahan beban penyulang.

**Tabel 2.** Data Sesudah Pecah Beban ke Penyulang GMP

Sesudah Pecah Beban ke Penyulang GMP					
Nama Penyulang	Gar-du	Teg. Kirim (kV)	Teg. Ujung (kV)	$\Delta V$ (Teg. kirim - Teg. ujung)	Losses (MW)
Utari	BJ099	21	18.968	1.632	914
GMP	BJ060	20,5	19.751	0.549	703
GMP	BJ106	20,5	19.597	0.703	703

Dari tabel hasil simulasi diatas didapatkan perbaikan nilai tegangan ujung pada Penyulang Utari sudah memenuhi standar SPLN serta penurunan rugi-rugi daya (*Losses*) yang cukup signifikan.

### 3.2 Perhitungan Jatuh Tegangan

Tahanan, reaktansi, dan impedansi penyulang utari adalah sebagai berikut :  
Tahanan untuk konduktor AAAC, dimana

$$\rho = \frac{1}{34} \left[ \frac{\Omega \cdot mm^2}{m} \right] \quad (1)$$

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} = \frac{\frac{1}{34} \cdot 1000}{150} = 0,196 [\Omega/km] \quad (2)$$

Reaktansi penyulang :  
GMD untuk  $d_{ab} : d_{bc} : d_{ca} = 0,9 : 0,9 : 1,8$

$$GMD = \sqrt[3]{d_{ab} \cdot d_{bc} \cdot d_{ca}} = \sqrt[3]{(0,9) \cdot (0,9) \cdot (1,8)} = 1,13393 [m] \quad (3)$$

GMR untuk konduktor AAAC 70mm<sup>2</sup> :

$$A = \pi \cdot r^2$$

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} : 1000 [m]$$

$$r = \sqrt{\frac{150}{\pi}} = 6,9116 \times 10^{-3} [m] \quad (4)$$

$$GMR = 0,726 \cdot 6,9116 \times 10^{-3} = 5,017 \times 10^{-3} [m] \quad (5)$$

$$X = 0,1447 \cdot \log \frac{GMD}{GMR} \quad (6)$$

$$= 0,1447 \cdot \log \frac{1,13393}{5,017 \times 10^{-3}} = 0,3387 [\Omega/km] \quad (7)$$

Impedansi penyulang :

Dengan faktor daya ( $\cos\phi$ ) sebesar 0,85 :

$$Z = (R + jX) = (R \cdot \cos\phi + X \cdot \sin\phi)$$

$$= ((0,196 \cdot 0,85) + (0,3387 \cdot 0,527)) = 0,345 [\Omega/km] \quad (8)$$

Panjang penyulang Utari setelah pemecahan beban menjadi 53,15 km dengantegangan pangkal 21 kV, drop tegangan yang terjadi dengan arus yang mengalir sebesar 131 A :

$$\Delta V = I \cdot Z \cdot \ell = 131 \cdot 0,345 \cdot 53,15 = 2438,78 \text{ Volt}$$

Tegangan Ujung pada penyulang utari setelah pemecahan beban :

$$V_t = V_s - \Delta V \quad (10)$$

dimana :

$V_t$  = tegangan terima  
 $V_s$  = tegangan sumber  
 $\Delta V$  = drop tegangan

$$V_t = V_s - \Delta V = 21.000 - 18.561,22 \text{ Volt} \quad (11)$$

Panjang penyulang GMP setelah pemecahan beban menjadi 34,6 km dengan tegangan pangkal 20,5 kV, drop tegangan yang terjadi dengan arus yang mengalir sebesar 125 A :

$$\Delta V = I \cdot Z \cdot \ell = 125 \cdot 0,345 \cdot 34,6 = 1492,12 \text{ Volt} \quad (12)$$

Tegangan Ujung pada penyulang utari setelah pemecahan beban :

$$V_t = V_s - \Delta V = 20.500 - 1492,12 = 19.007,88 \text{ Volt} \quad (13)$$

dimana :

$V_t$  = tegangan terima  
 $V_s$  = tegangan sumber  
 $\Delta V$  = drop tegangan

### 3.3. Perbandingan Sebelum Dan Sesudah Pemecahan Beban

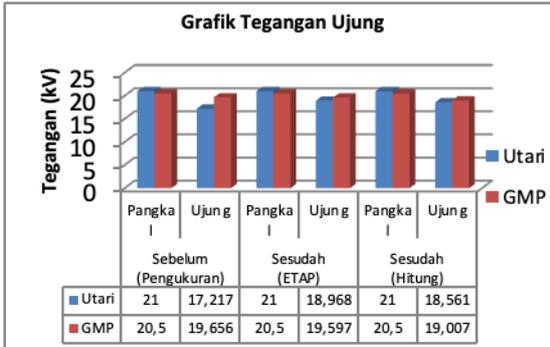
Dari pembahasan dan perhitungan yang telah disampaikan diatas dapat dilihat bahwa terjadi perbaikan nilai tegangan ujung dan penurunan nilai rugi-rugi daya (*losses*) sebelum pemecahan beban maupun setelah

pemecahan beban. Analisa perbandingan sebelum dan sesudah pemecahan beban yaitu :

**Tabel 3.3.** Tabel Analisa *Losses* Sebelum dan Sesudah Pemecahan Beban.

Nama Penyulang	<i>Losses</i> (kW)	
	Sebelum	Sesudah
Utari	1255	914
GMP	670	703

Meningkatnya nilai dari tegang ujung penyulang Utari, serta menurunnya nilai rugi-rugi daya (*losses*) dari penyulang tersebut. Peningkatan nilai tegangan dan penurunan nilai *losses* itu sendiri terjadi setelah dilakukannya pembangunan jaringan *underbuild* lalu dilakukan pemecahan beban yang kemudian beban penyulang Utari di manuver ke penyulang GMP. Namun ada penurunan disisi tegangan dan meningkatnya nilai rugi - rugi daya (*losses*) pada penyulang GMP, tapi dalam hal ini kualitas tegangan penyulang GMP masih memenuhi standar SPLN dan secara perhitungan *losses* masih menguntungkan setelah dilakukan pemecahan beban dengan pembangunan jaringan *underbuild*.



**Gambar 3.3.** Grafik Tegangan Ujung

Dari gambar grafik tegangan ujung diatas dapat dilihat perbaikan tegangan ujung di penyulang Utari (BJ099) dari 17.217 kV menjadi 18.968kV (analisa etap) dan 18.561kV (perhitungan) setelah dilakukan pemecahan beban, terjadinya perbaikan tegangan ujung tersebut dikarenakan makin berkurangnya panjang jaringan pada penyulang utari yang mengakibatkan nilai reaktansi induktif pada jaringan makin kecil, dengan makin kecilnya nilai reaktansi induktif tersebut maka tegangan drop dapat ditekan.

**3.4. Perhitungan *Saving* dan *Break event point* (BEP)**

Dengan adanya perhitungan seperti ini kita dapat memperkirakan efisiensi material dan biaya dengan hasil yang tercapai maksimal demi kepentingan kedua belah pihak, pelanggan merasa puas dan di sisi lain PLN juga mendapatkan keuntungan dengan menghemat/memperkeci biaya pengeluaran.

Kebutuhan material yang dipergunakan dan besarnya biaya perbaikan dapat dihitung dengan Rencana Anggaran Biaya (RAB) berdasarkan Acuan Harga Standar Tahun Anggaran 2018 yang telah ditetapkan.

Adapun anggaran material dan jasa untuk rencana perbaikan tegangan pelayanan tersebut senilai Rp. 416.668.318. Dari perbaikan yang telah dilakukan kita dapat menghitung berapa jumlah kWh dan rupiah yang dapat kita selamatkan setiap bulan dibanding sebelum perbaikan serta jangka waktu titik balik impas pengembalian biaya yang dikeluarkan dibanding dengan pendapatan per bulan dari rupiah per kWh yang berhasil kita selamatkan.

Perhitungan ini disebut dengan *Saving* dan *Break event point* (BEP). Jadi yang dimaksud dengan *Saving* adalah kelebihan yang diperoleh dari hasil pendapatan dikurangi dengan biaya yang dikeluarkan.

Sedangkan *Break event point*(BEP) adalah seberapa lama jangka waktu yang diperlukan untuk mengembalikan biaya yang telah dikeluarkan untuk perbaikan jaringan dibandingkan dengan biaya pendapatan setelah perbaikan tersebut, atau dengan kata lain, berapa lama jangka waktu untuk mencapai titik balik impas antara biaya yang dikeluarkan dengan biaya pendapatan.

*Saving* dan *Break event point* (BEP) hasil perbaikan tegangan penyulang ini dapat dihitung seperti berikut ini :

*losses* kWh total sebelum perbaikan dalam 1 bulan adalah :

$$\Delta E = 1.925 \times 24 \times 30 = 1.386.000 \text{ kWh} \tag{14}$$

**3.4.1. *Saving***

*Saving* kWh adalah selisih dari *losses* kWh sebelum pemeliharaan dengan *losses* kWh setelah pemeliharaan.

$$\text{Saving kWh} = 1.386.000 - 1.164.240 = 221.760 \text{ kWh} \tag{15}$$

Jika diasumsikan rupiah/kWh adalah Rp. 495,- maka *saving* rupiah dalam 1 bulan adalah :

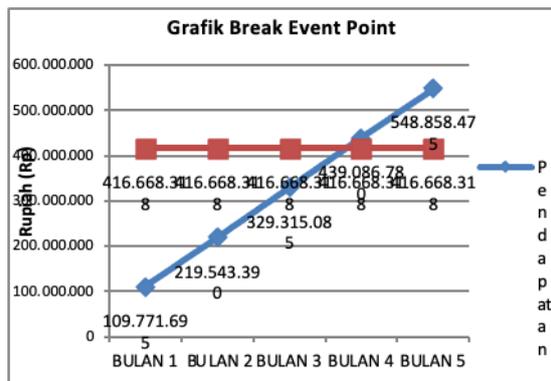
$$\begin{aligned} \text{Saving rupiah} &= 221.760 \times 495 \\ &= \text{Rp } 109.771.695 \end{aligned} \quad (16)$$

### 3.4.2. Break event point (BEP)

Untuk mencari BEP adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{BEP} &= \text{Total RAB} / \text{Saving kW} \\ &= (\text{Rp.}416.668.318) / (\text{Rp.}109.771.695) \\ &= 3,795 \text{ Bulan} \approx 4 \text{ Bulan} \end{aligned} \quad (17)$$

Jadi, lama jangka waktu yang diperlukan untuk mengembalikan biaya yang telah dikeluarkan untuk perbaikan jaringan dibandingkan dengan biaya pendapatan setelah perbaikan tersebut, atau dengan kata lain, berapa lama jangka waktu untuk mencapai titik balik impas antara biaya yang dikeluarkan dengan biaya pendapatan adalah 4 bulan.



Gambar 3.4. Grafik Hasil dari Break event point.

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan Rencana pembangunan jaringan *Underbuild* merupakan solusi tepat dalam perbaikan tegangan drop ujung penyulang Utari (BJ099). Dengan dilakukannya pemecahan beban nilai dari tegangan meningkat tegangan ujung diatas dapat dilihat perbaikan tegangan ujung di penyulang Utari (BJ099) dari 17.217 kV menjadi 18.968kV (analisa etap) dan 18.561kV (perhitungan) setelah dilakukan pemecahan beban, terjadinya perbaikan tegangan ujung tersebut dikarenakan makin berkurangnya panjang jaringan pada penyulang utari yang mengakibatkan nilai reaktansi induktif pada jaringan makin kecil, dengan makin kecilnya nilai reaktansi induktif tersebut maka tegangan drop dapat ditekan.

## Daftar Pustaka

- Afandi, A.N., 2010, "*Operasi Sistem Tenaga Listrik Berbasis EDSA*", Gava Media, Yogyakarta.
- Marsudi, Djiteng. 2006, "*Operasi Sistem Tenaga Listrik*", Edisikedua, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- PLN, 2010, Buku 1 : "*Kriteria Disain Enjinering Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga listrik*", Jakarta : PT PLN (Persero)
- PLN, 2010, Buku 5 : "*Jaringan Tegangan Menengah Tenaga listrik*", Jakarta : PT PLN (Persero)
- Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN) No. 41-6, 1981, "*Hantaran Aluminium (AAC)*", Jakarta. Departemen Pertambangan dan Energi.
- PT. PLN (Persero), Tanpa tahun, "*Teori Listrik Terapan*", Pusat Pendidikan dan Pelatihan PT. PLN (Persero).
- Zulhal, 1995, "*Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*", Gramedia, Jakarta.