

# *Improvement of Voltage Drop at Feeders in ULP Bitung for 2035*

Perbaikan Mutu Tegangan pada Penyulang di ULP Bitung untuk Tahun 2035

Pretty Carolia Sembiring, Lily Stiowati Patras , Novi Margritje Tulung  
Dept. of Electrical Engineering, Sam Ratulangi University Manado, Kampus Bahu St., 95115, Indonesia  
e-mails : [Prettycarolia@gmail.com](mailto:Prettycarolia@gmail.com) , [lily\\_spatras@unsrat.ac.id](mailto:lily_spatras@unsrat.ac.id) , [novi.tulung@unsrat.ac.id](mailto:novi.tulung@unsrat.ac.id)

*Abstract*— Bitung is a very developed city because bitung is a city of industry, business, and public services so it is necessary to analyze the needs of the load and capabilities of the existing network. The availability of adequate and targeted electrical energy and spurs existing developments such as the industrial sector, business and public services and even the quality of life of the community with the increasing number of citizens who enjoy electrical energy, in line with the increasing need for electrical energy in an area, planning is needed to meet the needs of electrical energy in the future. So that the electric load increases and results in a voltage drop exceeding the limit of 10%, but the voltage drop can be corrected in many ways, one of which is by adding a power capacitor to the supplier. And for the calculation of voltage drop for 2035 there are 2 points that exceed the first voltage drop limit for MB 122 obtained a result of 31.85 % and the second in MB 140 obtained a result of 27.85%. After the installation of the power capacitor at the city feeder, a voltage drop of 8.85% for MB 122 and 9.85% for MB 140 was obtained. Thus the voltage drop at MB 122 and 140 has met the specified standard, which cannot be more than 10%.

*Keywords*— (Load Forecasting, Voltage drop, Power Capacitors)

*Abstrak*— Bitung adalah kota yang sangat berkembang dikarenakan kota bitung sebagai kota industri , bisnis, dan pelayanan publik sehingga diperlukan untuk dilakukan analisa kebutuhan beban dan kemampuan dari jaringan yang ada. Tersedianya energi listrik yang memadai dan tepat sasaran dan memacu perkembangan yang ada seperti sektor industri, bisnis dan pelayanan publik dan bahkan kualitas hidup masyarakat dengan semakin banyaknya warga yang menikmati energi listrik , sejalan dengan peningkatan kebutuhan energy listrik pada suatu wilayah maka dibutuhkan perencanaan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di waktu mendatang. Sehingga beban listrik meningkat dan mengakibatkan jatuh tegangan melebihi batas yaitu 10% , namun jatuh tegangan dapat diperbaiki dengan banyak cara salah satunya dengan penambahan kapasitor daya pada penyulang. Dan untuk perhitungan jatuh tegangan untuk tahun 2035 ada 2 titik yang melebihi batas jatuh tegangan pertama untuk MB 122 diperoleh hasil 31,85 % dan kedua di MB 140 diperoleh hasil 27,85%. Setelah pemasangan kapasitor daya pada penyulang kota maka diperoleh jatuh tegangan sebesar 8,85% untuk MB 122 dan 9,85% untuk MB 140. Dengan demikian jatuh tegangan pada MB 122 dan 140 sudah memenuhi standart yang di tentukan yaitu tidak boleh lebih dari 10%.

*Kata kunci*— Peramalan Beban, Jatuh Tegangan , Kapasitor Daya

## I. PENDAHULUAN

Kelangsungan dalam kehidupan sehari-hari energi listrik sangat diperlukan dalam dunia perindustrian terlebih pada keadaan saat ini dimana perkembangan teknologi yang terus menerus semakin canggih. Listrik merupakan salah satu kebutuhan masyarakat yang sangat utama yang perlukan dalam suatu aktivitas. Kebutuhan listrik pada suatu kota hendak bertambah bersamaan dengan peningkatan populasi penduduk dan pertumbuhan industri.

Bitung merupakan kota yang sangat berkembang dikarenakan kota bitung sebagai kota industri, bisnis dan pelayanan publik sehingga diperlukan untuk dilakukan Analisa kebutuhan beban dan kemampuan dari jaringan yang ada. Tersedianya energi listrik yang memadai dan tepat sasaran dan memacu perkembangan yang ada seperti sektor industri, bisnis dan pelayanan publik dan bahkan kualitas hidup masyarakat dengan semakin banyaknya warga yang menikmati energi listrik, sejalan dengan peningkatan kebutuhan energi listrik pada suatu wilayah maka dibutuhkan perencanaan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di waktu mendatang.

Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik pada kota bitung yang semakin hari semakin meningkat juga kualitas tegangan harus ditingkatkan sesuai dengan batas yang ditetapkan untuk menjaga kualitas dalam penyaluran tegangan listrik pada jaringan distribusi di kota Bitung.

Dengan bertambahnya beban tiap tahun hendak menimbulkan rugi-rugi daya pada jarigan distribusi di kota Bitung akan juga semakin meningkat.

Sehingga penulis mengajukan judul “Perbaikan mutu tegangan pada Penyulang di ULP Bitung Untuk Tahun 2035”

## II. LANDASAN TEORI

### A. Pengertian Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik

yang membantu mendistribusikan energi dari sumber daya yang lebih besar untuk menjangkau konsumen ataupun pengguna energi listrik. Secara umum baik buruknya suatu sistem distribusi ataupun sistem distribusi untuk penyaluran energi listrik terutama didasarkan pada kualitas daya yang diterima konsumen.

- Sistem distribusi primer

Sistem distribusi primer atau sistem jaringan tegangan menengah ( JTM ) , tegangan 20 kV atau 11,6 kV yang mendistribusikan energi listrik dari GI (Gardu Induk) ke gardu distribusi

- Sistem distribusi sekunder

Sistem distribusi sekunder atau sistem jaringan tegangan rendah (JTR) dengan tegangan 220V-380V yang mendistribusikan energi listrik dari gardu distribusi ke pelanggan sehingga sistem distribusi ini yang dapat langsung berhubungan dengan konsumen. Sehingga sistem distribusi sekunder ini dapat berfungsi untuk menerima daya listrik dari transformator distribusi untuk didistribusikan daya tersebut ke para konsumen.

*B. Resistansi saluran, Induktansi saluran, dan impedansi saluran*

- Resistansi saluran

Resistansi dari penghantar saluran distribusi adalah penyebab yang utama dari rugi daya (losses) pada saluran distribusi. Resistansi dari suatu konduktor (kawat penghantar) diberikan oleh:

$$R = \rho \times l/A \tag{1}$$

Dimana :

R = Resistansi Saluran (ohm/ km)

$\rho$  = Resistivity konduktor (ohm/ km)

l = Panjang konduktor (m)

Nilai resistivity konduktor pada temperatur 20 °C : tembaga,  $\rho = 10,66 \Omega \cdot \text{cmil/ft}$  atau  $= 1,77 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$  aluminium,  $\rho = 17 \Omega \cdot \text{cmil/ft}$  atau  $= 2,83 \times 10^{-8} \Omega$

Konduktor pilin 3 strand menyebabkan kenaikan resistansi sebesar 1%. Konduktor dengan strand terkonsentrasi (concentrically stranded conductors), menyebabkan kenaikan resistansi 2%. Pengaruh kenaikan temperatur terhadap resistansi dapat ditentukan dari formula berikut:

$$R2 / R1 = T+t2 / T+ t1 \tag{2}$$

Dimana;

R1 dan R2 adalah resistansi masing-masing konduktor pada temperatur

t1 dan t2, dan T adalah suatu konstanta yang nilainya sebagai berikut :

T = 234,5 untuk tembaga dengan konduktivitas 100%

T = 241 untuk tembaga dengan konduktivitas 97,3%

T = 228 untuk aluminium dengan konduktivitas 61%.

- Induktansi Saluran

Induktansi saluran menggambarkan besarnya fluks magnet yang dihasilkan untuk setiap ampere arus dari saluran, atau menggambarkan besarnya tegangan induksi untuk setiap

perubahan arus terhadap waktu.

$$L = (2 \cdot 10^{-7} \times \ln Dm/ Ds ) H/m \tag{3}$$

Dm = jarak antar konduktor

$$D = 3\sqrt{D12D23D3} \tag{4}$$

Ds = radius konduktor

$$A = \pi r^2 \tag{5}$$

$$XL = 2\pi fL \tag{6}$$

Dimana :

XL = Reaktansi induktif saluran ( $\Omega/\text{km}$ )

f = Sudut arus bolak – balik

F = Frekuensi sistem (50 Hz)

L = Induktansi Konduktor (H/m)

- Impedansi Saluran

Impedansi karakteristik adalah impedansi yang diukur di ujung saluran distribusi yang panjangnya tak berhingga.

$$Z = R + j XL \tag{7}$$

Dimana ;

Z = Impedansi Saluran

R = Resistansi Saluran (ohm/km)

XL = Reaktansi induktif saluran ( $\Omega/\text{km}$ )

*C. Jatuh tegangan*

Perhitungan jatuh tegangan pada jaringan distribusi adalah selisih antara tegangan pangkal pengirim (sending end) dengan tegangan pada ujung penerima (receiving end). Jatuh tegangan terjadi karena ada pengaruh dari tahanan dan reaktansi saluran, perbedaan sudut fasa antara arus dan tegangan serta besar arus beban, jatuh tegangan pada arus bolak-balik tergantung pada impedansi, beban dan jarak.

$$\text{Voltage Drop} = \sqrt{3} \times I \times l (R \cos \phi + X \sin \phi) \tag{8}$$

Dengan:

Voltage Drop = Penurunan tegangan (volt)

I = arus (A)

R = resistansi ( $\Omega/\text{km}$ )

l = Panjang saluran (km)

X = reaktansi ( $\Omega/\text{km}$ )

$\phi$  = sudut power factor

Maka besar nilai persentase (%) rugi tegangan adalah :

$$\Delta V (\%) = \Delta V / V \times 100\% \tag{9}$$

dengan :

$\Delta V (\%)$  = Rugi Tegangan dalam % (V)

V = Tegangan kerja (V)

$\Delta V$  = Rugi tegangan (V).

*D. Peramalan beban*

Dalam menentukan nilai peramalan beban atau konsumsi energi pada penyulang dengan menggunakan metode Regresi Linier sederhana dimana dalam peramalan beban ini diuji menggunakan Uji  $R^2$  . Nilai peramalan ini nantinya akan digunakan sebagai perhitungan jatuh tegangan pada penyulang untuk tahun 2035. Adapun pemakaian total energi (kWh) yang terdiri dari kWh rumah tangga, industri, bisnis dan umum yang diperlukan untuk melakukan peramalan beban adalah 5 tahun sebelumnya bisa di lihat pada tabel 1

Tabel I. NILAI YANG AKAN DIPERLUKAN UNTUK PERSAMAAN REGRESI LINIER TOTAL ENERGI (KWH)

Berdasarkan tabel I maka dapat melakukan perhiungan

| Tahun    | Periode Waktu | kWh total   | X <sup>2</sup> | Y <sup>2</sup> | XY         |
|----------|---------------|-------------|----------------|----------------|------------|
|          | X             | Y           |                |                |            |
| 2018     | 1             | 252542199   | 1              | 6,37776E+16    | 252542199  |
| 2019     | 2             | 265398344   | 4              | 7,04363E+16    | 530796688  |
| 2020     | 3             | 275268472   | 9              | 7,57727E+16    | 825805416  |
| 2021     | 4             | 284050315,4 | 16             | 8,06846E+16    | 1136201261 |
| 2022     | 5             | 293619161   | 25             | 8,62122E+16    | 1468095805 |
| $\Sigma$ | 15            | 1370878491  | 55             | 3,76883E+17    | 4213441369 |

koefesien regresi linier sederhana, sebagai berikut:

Menghitung nilai konstanta a dengan persamaan :

$$a = \frac{\Sigma y \cdot \Sigma X^2 - \Sigma X \cdot \Sigma XY}{n(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2} \quad (10)$$

Menghitung nilai konstanta b dengan persamaan :

$$b = \frac{n \cdot \Sigma XY - \Sigma X \cdot \Sigma Y}{n \cdot \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} \quad (11)$$

Menentukan Persamaan Linier Sederhana:

$$Y = a + bX \quad (12)$$

Keterangan

Y= Nilai Penduga Variable Y

X= Periode Waktu

### E. Uji Koefesien Determinasi R<sup>2</sup>

Setelah didapatkan nilai peramalan beban, maka selanjutnya perlu dilakukan pengujian atau pengetesan terhadap persamaan regresi yang digunakan dalam penyusunan peramalan tersebut. Dalam hal ini akan dilakukan pembuktian mengenai tepat atau tidaknya variabel yang akan dijadikan persamaan dalam peramalan sehingga diperlukan data – data yang ada pada tabel VI. Pembuktian ini disebut uji koefisien determinasi.

Tabel II. DATA UNTUK UJI KOEFESIEN DETERMINASI

| Xi | Yi          | XiYi       | Yi <sup>2</sup> | Xi <sup>2</sup> |
|----|-------------|------------|-----------------|-----------------|
| 1  | 252542199   | 252542199  | 6,37776E+16     | 1               |
| 2  | 265398344   | 530796688  | 7,04363E+16     | 4               |
| 3  | 275268472   | 825805416  | 7,57727E+16     | 9               |
| 4  | 284050315,4 | 1136201262 | 8,06846E+16     | 16              |
| 5  | 293619161   | 1468095805 | 8,62122E+16     | 25              |
| 15 | 1370878491  | 4213441370 | 3,76883E+17     | 55              |

### F. Perbaikan Mutu Tegangan

Dengan makin bertambahnya beban pada jaringan distribusi maka makin besar pula tngangna jatuh pada titik akhir jaringan. Untuk itu diperlukan suatu metode guna memperbaiki kualitas tegangan agar masih dalam batas yang ditetapkan. Metode yang di ambil adalah dengan pemasangan kapasitor daya. Dalam fungsinya untuk memperbaiki kualitas tegangan, kapasitor yang dianggap sebagai sumber daya reaktif. Kapasitor daya dilakukan secara parallel dan untuk menganalisisnya.

### G. Kapasitor Shunt (paralel)

Kapasitor paralel (shunt) adalah kapasitor yang dihubungkan secara paralel dengan saluran yang dapat digunakan luas pada sistem distribusi. Pemasangan kapasitor shunt sangat penting untuk penyediaan daya reaktif dari sebuah sistem daya. Kapasitor paralel (shunt) memperbaiki tipe daya reaktif atau arus untuk melawan komponen dari arus yang dihasilkan oleh beban induktif. Di satu sisi kapasitor paralel (shunt) sebagai satuan tunggal atau satuan kelompok (capasitor bank) untuk supplay lagging kVAr kepada sistem pada titik sambung. Dengan memasang kapasitor paralel maka arus yang mengalir pada saluran akan berkurang sehingga, jatuh tegangan akan berkurang pula. Berkurangnya jatuh tegangan menyebabkan kenaikan tegangan pada saluran. Penempatan kapasitor paralel pada penyulang akan mengurangi arus sumber, memperbaiki faktor daya sehingga drop tegangan antara akhir pengirim juga beban dapat dikurangi.

Perhitungan besar kapasitor yng dibutuhkan, dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$Q_c = \frac{10 (\%VR) V^2}{XL} \quad (13)$$

Dimana;

Qc = Kapasitansi Kapasitor Daya

% VR= Presentase kenaikan yang diinginkan (%)

V = Tegangan Saluran (kV)

X = Reaktansi induktif (kV)

Perhitungan besar kapasitor yang dibutuhkan

$$C = \frac{Q_c}{2\pi f V^2} \quad (14)$$

Perhitungan seberapa besar pengaruh kapasitor terhadap jatuh tegangan

$$\Delta V(\%) \text{ Sesudah} = \% V \text{ Sebelum} - \% VR \quad (15)$$

Dimana ;

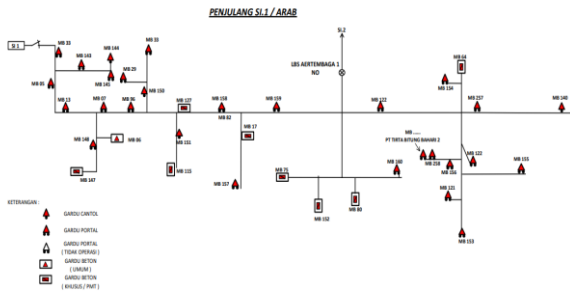
$\Delta V(\%) \text{ Sesudah}$  = Tegangan sesudah pemasangan kapasitor

% V Sebelum = tegangan sebelum pemasangan kapasitor

% VR = Presentase kenaikan yang diinginkan

### III. DATA PADA PENYULANG SI 1

Lokasi penelitian ini berada di PT. PLN (Persero) ULP Rayon Bitung, Kota Bitung Sulawesi Utara. Lebih tepatnya berada di penyulang SI 1. Dengan Jumlah 33 gardu dan penulis hanya menggunakan 11 gardu yang melewati jalur utama pada penyulang SI 1.



Gambar 1. Single Line Penyulang SI 1

Tabel III. Data Beban dan Panjang Saluran

| NO | PENYULANG SI 1 |        | PANJANG SALURAN | BEBAN  |
|----|----------------|--------|-----------------|--------|
|    | AWAL           | AKHIR  |                 |        |
| 1  | GI             | MB 33  | 0,65            | 240,67 |
| 2  | MB 33          | MB 05  | 0,6             | 144,7  |
| 3  | MB 05          | MB 13  | 0,85            | 122,9  |
| 4  | MB 13          | MB 07  | 1,2             | 407,33 |
| 5  | MB 07          | MB 96  | 0,6             | 150    |
| 6  | MB 96          | MB 127 | 1               | 838    |
| 7  | MB 127         | MB 158 | 1,7             | 99,1   |
| 8  | MB 158         | MB 159 | 2,5             | 17,6   |
| 9  | MB 159         | MB 122 | 9,43            | 78     |
| 10 | MB 122         | MB 257 | 1,2             | 124,67 |
| 11 | MB 257         | MB 140 | 13,45           | 33,9   |

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Perhitungan Resistansi, Induktor dan Impedansi Saluran Untuk Perhitungan Resistansi Saluran

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

$$R = 2,83 \cdot 10^{-8} \frac{13,45}{70 \cdot 10^{-6}}$$

$$R = \frac{38,0635 \cdot 10^{-2}}{70}$$

$$R = 0,543 \cdot 10^{-2} \text{ Ohm/m}$$

Diubah ke Ohm/km, menjadi:

$$R = 0,543 \cdot 10^{-2} \cdot 10^3 \text{ Ohm/m}$$

$$R = 0,543 \cdot 10 \text{ Ohm/km}$$

$$R = 5,43 \text{ Ohm/km}$$

Resistansi yang di peroleh pada suhu 20°C adalah nilai dari R<sub>1</sub> selanjutnya karena dalam pengukuran saluran dilakukan pada saat beban puncak maka pada saat beban penuh tidak lebih dari 50°C maka digunakan suhu 50°C sebagai R<sub>2</sub> untuk mencari nilai resistansinya dengan persamaan 2.

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{T+t_2}{T+t_1}$$

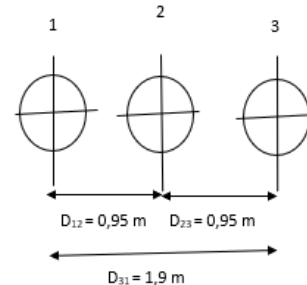
$$5,43 = \frac{228 + 50}{228 + 20}$$

$$R = \frac{278}{248} \cdot 5,43$$

$$R = 1,12 \times 5,43$$

$$R = 6,08 \text{ Ohm/km}$$

Untuk menghitung induktansi saluran:



Gambar 2. Jarak Antar Konduktor

Telah diketahui luas penampang penghantar ( A ) = 70 mm<sup>2</sup> dengan demikian radius r penghantar pada persamaan 5 :

$$A = \pi r^2$$

$$70 = 3,14 \cdot r^2$$

$$r^2 = \frac{70}{3,14}$$

$$r = \sqrt{22,29}$$

$$r = 4,7212 \text{ mm} = 0,0047212 \text{ m}$$

Berdasarkan gambar di atas maka bisa mendapatkan nilai D ( jarak antara konduktor) pada persamaan 4:

$$D_m = 3\sqrt{D_{12} D_{23} D_{31}}$$

$$D_m = 3\sqrt{0,95 \cdot 0,95 \cdot 1,9}$$

$$D_m = 3\sqrt{1,71475}$$

$$D_m = 1,1969 \text{ m}$$

Diketahui : D<sub>m</sub> = 1,1969 m D<sub>m</sub>= (Jarak rata-rata)

D<sub>s</sub> = 0,0047212 m D<sub>s</sub>= (Radius rata-rata)

$$L = \left( 2 \cdot 10^{-7} \cdot \ln \frac{D_m}{D_s} \right)$$

$$L = \left( 2 \cdot 10^{-7} \cdot \ln \frac{1,1969}{0,0047212} \right)$$

$$L = (2 \cdot 10^{-7} \cdot \ln 253,52)$$

$$L = 2 \cdot 10^{-7} \cdot 5,535$$

$$L = 11,07 \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$$

Diubah ke H/ km

$$L = 11,07 \cdot 10^{-7} H/ m$$

$$L = 11,07 \cdot 10^{-7} \cdot 10^3$$

$$L = 11,07 \cdot 10^{-4} H/km$$

Dengan demikian dapat menghitung reaktansi induktif penghantar per km pada persamaan 6:

$$X_L = 2\pi fL$$

$$X_L = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 11,07 \cdot 10^{-4}$$

$$X_L = 0,347 \text{ Ohm / km}$$

Jadi untuk impedansi nya pada MB 140 adalah:

$$Z = R + j X_L$$

$$= 6,08 + 0,347 \text{ Ohm / km}$$

$$= 6,09 \angle 3,27^\circ$$

#### B. Jatuh Tegangan Pada Saat Ini

Data-data yang diperlukan untuk melakukan perhitungan jatuh tegangan seperti Panjang penghantar , luas penampang penghantar , arus beban,. Dengan itu dapat menghitung jatuh tegangan pada persamaan (8). Sesuai dalam persamaan (8) maka penulis hanya menghitung salah satu ujung pada Penyulang SI 1 yaitu pada MB 140 ,maka didapatkan hasil jatuh tegangan pada saat ini pada tabel IV.

$$\text{Voltage Drop} = \sqrt{3} \times I \times l (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

$$R = 6,08 \text{ ohm/km}$$

$$X = 0,3476 \text{ ohm/km}$$

$$L = 0,6 \text{ kms}$$

$$\cos \varphi = 0,85$$

$$\sin \varphi = 0,53$$

Penyelesaian :

$$\text{Voltage Drop} = \sqrt{3} \times I \times l (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

$$= \sqrt{3} \times 33,9 \times 13,45 ( 6,08 \cdot 0,85 + 0,3476 \cdot 0,53)$$

$$= 787,04 (5,168 + 0,183)$$

$$= 787,04 (5,351)$$

$$= 4.211,45 \text{ V}$$

$$= 4,21 \text{ kV}$$

$$\% \Delta V = \frac{4,21}{20} \times 100\%$$

$$= 21,05 \%$$

Tabel IV. Jatuh Tegangan Pada Saat Ini

| NO | PENYULANG AWAL | PAN AKHIR JANG | BEBAN | $\Delta V$ | Setelah penurunan | $\% \Delta V$ |        |
|----|----------------|----------------|-------|------------|-------------------|---------------|--------|
| 1  | GI             | MB 13          | 0,65  | 240,67     | 0,1               | 19,9          | 0,5    |
| 2  | MB 33          | MB 05          | 0,6   | 144,7      | 0,06              | 19,84         | 0,3    |
| 3  | MB 05          | MB 13          | 0,85  | 122,9      | 0,083             | 19,757        | 0,4,15 |
| 4  | MB 13          | MB 07          | 1,2   | 407,33     | 0,532             | 19,225        | 2,66   |
| 5  | MB 07          | MB 96          | 0,6   | 150        | 0,062             | 19,163        | 0,31   |
| 6  | MB 96          | MB127          | 1     | 838        | 0,811             | 18,352        | 4,055  |
| 7  | MB 127         | MB 158         | 1,7   | 99,1       | 0,234             | 18,118        | 1,17   |
| 8  | MB 158         | MB 159         | 2,5   | 17,6       | 0,085             | 18,033        | 0,425  |
| 9  | MB 159         | MB 122         | 9,43  | 78         | 4,02              | 14,013        | 20,1   |
| 10 | MB 122         | MB 257         | 1,2   | 124,67     | 0,163             | 13,85         | 0,815  |
| 11 | MB 257         | MB 140         | 13,45 | 33,9       | 4,21              | 9,64          | 21,05  |

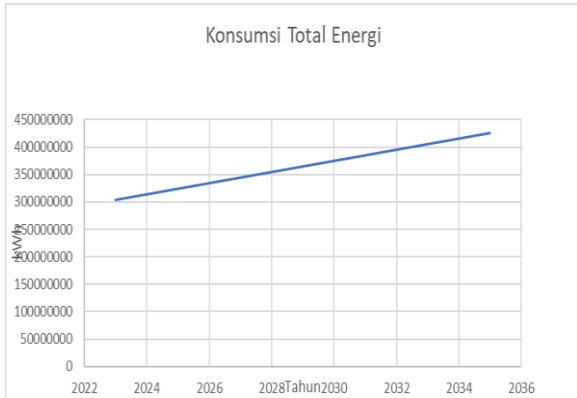
#### B. Peramalan Beban

Untuk menghitung peramalan beban pada tahun 2035 , penulis menggunakan metode regresi linier sederhana untuk mengetahui beban pada tahun 2035. Dimana penulis menggunakan data pemakain total energi dalam 5 tahun yang sebelumnya untuk mendapatkan nilai beban pada tahun 2035. Dengan menggunakan persamaan 10 , 11 dan 12 maka didapatkan hasil peramalan jumlah perkiraan pemakaian total energi pada tabel V

Tabel V. Jumlah Perkiraan Pemakaian Total Energi (kWh)

| Tahun | a           | b           | X  | Y(peramalan total energi) |
|-------|-------------|-------------|----|---------------------------|
| 2023  | 243933929,7 | 10080589,54 | 6  | 304417466,9               |
| 2024  | 243933929,7 | 10080589,54 | 7  | 314498063,5               |
| 2025  | 243933929,7 | 10080589,54 | 8  | 324578662                 |
| 2026  | 243933929,7 | 10080589,54 | 9  | 334659262,6               |
| 2027  | 243933929,7 | 10080589,54 | 10 | 344739865,1               |
| 2028  | 243933929,7 | 10080589,54 | 11 | 354820469,6               |
| 2029  | 243933929,7 | 10080589,54 | 12 | 364981684,7               |
| 2030  | 243933929,7 | 10080589,54 | 13 | 374981684,7               |
| 2031  | 243933929,7 | 10080589,54 | 14 | 385062295,3               |
| 2032  | 243933929,7 | 10080589,54 | 15 | 395142907,8               |
| 2033  | 243933929,7 | 10080589,54 | 16 | 405223522,3               |
| 2034  | 243933929,7 | 10080589,54 | 17 | 415304138,9               |
| 2035  | 243933929,7 | 10080589,54 | 18 | 425384757,4               |

Dengan mengetahui jumlah perkiraan pemakaian total energi bisa mengetahui presentase kenaikan beban untuk tahun 2035 bisa dilihat pada tabel V



Gambar 3. Grafik Konsumsi Energi Sampai Tahun 2035

Dari hasil yang didapatkan perhitungan pada tabel 4.2 total pemakaian energi dari tahun 2023 sampai 2035 mengalami kenaikan secara linier bisa di lihat dalam gambar 3.

Tabel VI. Presentase Kenaikan Energi Beban Per Tahun

| Tahun | Energi ( kWh) | Selisih     | Presentase |
|-------|---------------|-------------|------------|
| 2022  | 293619161     |             |            |
| 2023  | 304417466,9   | 10798305,9  | 4%         |
| 2024  | 314498063,5   | 20878902,5  | 7%         |
| 2025  | 324578662     | 30959501    | 10%        |
| 2026  | 334659262,6   | 41040101,6  | 13%        |
| 2027  | 344739865,1   | 51120704,1  | 15%        |
| 2028  | 354820469,6   | 61201308,6  | 10%        |
| 2029  | 364901076,2   | 71281915,2  | 20%        |
| 2030  | 374981684,7   | 81362523,7  | 22%        |
| 2031  | 385062295,3   | 91443134,3  | 24%        |
| 2032  | 395142907,8   | 101523746,8 | 26%        |
| 2033  | 405223522,3   | 111604361,3 | 28%        |
| 2034  | 415304138,9   | 121684977,9 | 30%        |
| 2035  | 425384757,4   | 131765596,4 | 32%        |

Bisa dilihat pada tabel VI bahwa presentase kenaikan energi pada tahun 2035 sebesar 32%. Maka nilai kenaikan tersebut dijadikan untuk meramalkan jatuh tegangan pada tahun 2035.

C. Uji Koefisien Determinasi R<sup>2</sup>

Setelah didapatkan nilai peramalan beban, maka selanjutnya perlu dilakukan pengujian atau pengetestan terhadap persamaan regresi yang digunakan dalam penyusunan peramalan tersebut. Dalam hal ini akan dilakukan pembuktian mengenai tepat atau tidaknya variabel yang akan dijadikan persamaan dalam peramalan sehingga diperlukan data – data yang ada pada tabel II. Pembuktian ini disebut uji koefisien penentu.

$$r = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{\sqrt{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \sqrt{n \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2}}$$

$$r = \frac{504029483}{\sqrt{5.55^2 - (15)^2} \sqrt{5.37688300000000000000^2 - (18793100000000000000)^2}}$$

$$r = \frac{504029483}{\sqrt{275 - (225)} \sqrt{18844200000000000000 - (18793100000000000000)}}$$

$$r = \frac{504029483}{\sqrt{50} \sqrt{510900000000000000}}$$

$$r^2 = \frac{504029483}{7,071067812 \cdot 71477301,25}$$

$$r^2 = \frac{504029483}{505420844,2}$$

$$r^2 = 0,997247124$$

$$r = 0,9986226$$

Dengan hasil tersebut bahwa besar nilai ramalan jumlah total energi ditentukan sekitar 99% dari variable periode waktu dengan ini dapat dikatakan bahwa variabel periode waktu dapat digunakan untuk peramalan energi. Untuk itu nilai r sebesar 0,9972 atau 99,72% sehingga merupakan nilai korelasi yang sangat kuat karena mendekati angka 1.

D. Jatuh Tegangan Pada Tahun 2035

Dari hasil peramalan beban sehingga didapatkan hasil dari kenaikan beban sebesar 32% sehingga bisa mendapatkan nilai dari beban untuk tahun 2035. Pada tabel VII

Tabel VII. Data Beban Stetelah Mengalami Kenaikan sebesar 32%

| NO | PENYULANG SI I |        | PANJANG SALURAN | BEBAN  |
|----|----------------|--------|-----------------|--------|
|    | AWAL           | AKHIR  |                 |        |
| 1  | GI             | MB 33  | 0,65            | 317,68 |
| 2  | MB 33          | MB 05  | 0,6             | 191    |
| 3  | MB 05          | MB 13  | 0,85            | 162,2  |
| 4  | MB 13          | MB 07  | 1,2             | 537,68 |
| 5  | MB 07          | MB 96  | 0,6             | 198    |
| 6  | MB 96          | MB 127 | 1               | 1106,1 |
| 7  | MB 127         | MB 158 | 1,7             | 130,8  |
| 8  | MB 158         | MB 159 | 2,5             | 23,2   |
| 9  | MB 159         | MB 122 | 9,43            | 102,9  |
| 10 | MB 122         | MB 257 | 1,2             | 164,56 |
| 11 | MB 257         | MB 140 | 13,45           | 44,748 |

Dengan menggunakan perhitungan seperti pada jatuh tegangan saat ini menggunakan persamaan 8 yang membedakan adalah terjadinya kenaikan beban sebesar 32%.

Sesuai dengan persamaan 8 maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel VIII. Hasil Perhitungan Jatuh Tegangan Pada Tahun 2035

| NO | PENYULANG SI |        | $\Delta V$ | Setelah penurunan | % $\Delta V$ |
|----|--------------|--------|------------|-------------------|--------------|
|    | AWAL         | AKHIR  |            |                   |              |
| 1  | GI           | MB 13  | 0,15       | 19,85             | 0,75         |
| 2  | MB 33        | MB 05  | 0,079      | 19,771            | 0,395        |
| 3  | MB 05        | MB 13  | 0,119      | 19,652            | 0,595        |
| 4  | MB 13        | MB 07  | 0,703      | 18,949            | 3,5          |
| 5  | MB 07        | MB 96  | 0,082      | 18,867            | 0,41         |
| 6  | MB 96        | MB127  | 1,07       | 17,797            | 5,35         |
| 7  | MB 127       | MB 158 | 0,315      | 17,482            | 1,57         |
| 8  | MB 158       | MB 159 | 0,114      | 17,368            | 0,57         |
| 9  | MB 159       | MB 122 | 6,37       | 10,998            | 31,85        |
| 10 | MB 122       | MB 257 | 0,215      | 10,783            | 1,075        |
| 11 | MB 257       | MB 140 | 5,57       | 5,213             | 27,85        |

Dari hasil perhitungan jatuh tegangan pada tahun 2035 di Penyulang SI 1 pada MB 140 paling ujung dengan Panjang 13,45 kms bahwa jatuh tegangan sebesar 5,57 kV atau 27,85 %. Bisa dilihat bahwa semakin Panjang saluran maka semakin besar jatuh tegangan yang ada. Sehingga pada tabel VIII bahwa MB 122 dan MB 140 sudah melampaui standart yang diizinkan .

#### E. Perbaikan Dengan Penggantian Kapasitor

Jatuh tegangan dapat diperbaiki dengan beberapa cara tetapi penulis hanya menggunakan cara dengan penambahan kapasitor daya. Dari hasil yang di dapat kan bahwa terdapat 2 titik yang nilai jatuh tegangannya melebihi standart yang diizinkan yaitu 10%

Dalam perbaikan dengan pemasangan kapasitor bank untuk MB 122 yang memiliki nilai jatuh tegangan sebesar 31,5 % dan juga MB 140 sebesar 27,85 , maka dari itu untuk MB 122 dan MB 140 perlu perbaikan jatuh tegangan dengan penambahan kapasitor daya. Dengan memasang kapasitor pada penyulang SI 1 akan menurunkan nilai jatuh tegangan.

Menentukan nilai kapasitas bank kapasitor Dari MB 122 menggunakan persamaan 13

Diketahui :

$$\%VR = 23$$

$$V = 10,99$$

$$X_L = 0,34$$

$$Q_c = \frac{10 (\%VR)V^2}{0,32}$$

$$Q_c = \frac{10 (18) 10,99^2}{0,32}$$

$$Q_c = \frac{17451,5}{0,32}$$

$$Q_c = 81823,18 \text{ kVAr}$$

Jadi, dari perhitungan di atas maka besar kapasitor yang digunakan persamaan 14 adalah :

$$C = \frac{Q_c}{2\pi f V^2}$$

$$C = \frac{81823,18}{2.3.14.50. 400^2}$$

$$C = \frac{5584,482}{2.3.14.50. 400^2}$$

$$C = \frac{5584,482}{502400}$$

$$C = 0,162864608 \text{ F} \approx 162864,6 \mu\text{F}$$

Untuk perhitungan Jatuh Tegangan pada MB 122 menggunakan persamaan 15

$$\%V = 23 \%$$

$$\Delta V(\%) = 31,85 - 23 \%$$

$$= 8,85 \%$$

$$\Delta V(\%) = 8,85 \times \frac{20}{100}$$

$$= 1,77\text{kV}$$

Untuk mencari nilai jatuh tegangan untuk MB 140 setelah pemasangan kapasitor dengan memakai perhitungan seperti pada MB 122.

Tabel IX. Hasil Jatuh Tegangan Setelah Pemasangan Kapasitor

| NO | PENYULANG |        | $\Delta V$ | % $\Delta V$ | $Q_c$<br>(kVAr) | C<br>( $\mu\text{F}$ ) |
|----|-----------|--------|------------|--------------|-----------------|------------------------|
|    | Awal      | Akhir  |            |              |                 |                        |
| 1  | MB 159    | MB 27  | 1,77       | 8,85         | 81823,18        | 286364,6               |
| 2  | MB 257    | MB 140 | 1,71       | 9,85         | 14386,96        | 162864,6               |

Nilai jatuh tegangan setelah pemasangan kapasitor bank dengan kapasitas untuk MB 122 dan MB 140 melebihi standart yang di izinkan sehingga setelah melakukan perbaikan untuk kedua gardu tersebut untuk MB 122 dengan kapasitansi kapasitor daya sebesar 9332,687 kVAr sesuai dalam perhitungan dengan jatuh tegangan sebesar 8,85 % dan nilai jatuh tegangan pada MB 140 setelah pemasangan kapasitor bank sebesar 5584,482 kVAr dengan jatuh tegangan sebesar 9,85 %. dari hasil perhitungan jatuh tegangan setelah pemasangan kapasitor bank dapat dilihat bahwa pemasangan kapasitor bank mempengaruhi besarnya jatuh tegangan pada penyulang dan dapat memperbaiki kualitas mutu tegangan.

#### V. KESIMPULAN

1. Dari hasil perhitungan , untuk beban pada tahun 2035 mengalami kenaikan sebesar 32%
2. Dari hasil perhitungan jatuh tegangan pada tahun 2035 di Penyulang SI 1 pada MB 257 sampai 140 paling ujung dengan Panjang 13,45 kms bahwa jatuh tegangan sebesar 5,57 kV atau 27,85 %. Bisa dilihat bahwa semakin Panjang saluran maka semakin besar jatuh tegangan yang ada. Sehingga MB 122 dan MB 140 sudah melampaui standart yang diizinkan . Sehingga harus ada perbaikan nilai jatuh tegangan.
3. Untuk melakukan perbaikan mutu tegangan pada tahun 2035 dapat dilakukan dengan banyak cara tetapi penulis hanya

menggunakan salah satu cara yaitu dengan pemanasan kapasitor daya. Sehingga Nilai jatuh tegangan setelah pemasangan kapasitor dengan kapasitas untuk MB 122 dan MB 140 melebihi standart yang di izinkan sehingga setelah melakukan perbaikan untuk kedua gardu tersebut untuk MB 122 dengan kapasitansi kapasitor daya sebesar 9332,687 kVAr sesuai dalam perhitungan dengan jatuh tegangan sebesar 8,85 % dan nilai jatuh tegangan pada MB 140 setelah pemasangan kapasitor bank sebesar 5584,482 kVAr dengan jatuh tegangan sebesar 9,85 %. dari hasil perhitungan jatuh tegangan setelah pemasangan kapasitor bank dapat dilihat bahwa pemasangan kapasitor bank mempengaruhi besarnya jatuh tegangan pada penyulang dan dapat memperbaiki kualitas mutu tegangan.

## REFERENSI

- [1] J. William D, Stvensen, “Sistem Tenaga Listrik,” in Sistem Tenaga Listrik, Jakarta: Erlangga, 1993.
- [2] Tejo Sukmadi, Bambang Winardi”Perhitugan dan Analisa keseimbangan beban pada sistem distribusi 20kV terhadap rugi-rugi daya”, Jurnal Teknik Elektro, Jilid 11, Nomor 1, Maret 2009
- [3] Mochammad Mieftah, Imron Ridzk, Bakti Indra Kurniawan.” ANALISIS ALIRAN DAYA BERDASARKAN PERAMALAN BEBAN PADA SALAH SATU PENYULANG DI MALANG” Jurnal Teknik Elektro Malang
- [4] Hijriani, K. Muludi, E Ain A., “Implementasi Metode Regresi Linier Sederhana pada Penyajian Hasil Prediksi Pemakaian Air Bersih PDAM Way Rilau Kota Bandar Lampung dengan Sistem Informasi Geografis”, Jurnal Informatika Mulawarman, Vol. 11 No. 2, ISSN: 1858-4853, 2016.
- [5] B. Richard L., H. Tumaliang, S. Silimang, “Perbaikan Kualitas Tegangan pada Jaringan Distribusi Primer 20 kV Di Kota Tahuna”, Jurnal Teknik Elektro dan Komputer, Vol. 7 No. 2, ISSN: 2301-8402, 2018..
- [6] Feri Siswoyo Hadisantoso. 2016, “Analisa Penurunan Tegangan (Voltage Drop) dan Rugi-rugi (Losses) Penyulang Menggunakan ETAP di Gardu Induk Bandung Selatan”, 2020
- [7] Budi Santoso<sup>1)</sup> Albert Gifson<sup>2)</sup>, Dicky Pratama<sup>3)</sup>,” PERBAIKAN TEGANGAN PADA JARINGAN TEGANGAN MENENGAH 20 KV PENYULANG TOMAT GARDU INDUK MARIANA SUMATERA SELATAN” Jurnal ENERGI & KELISTRIKAN VOL. 9 NO 1, Januari-Mei 2017
- [8] Bambang Winardi\*) , Heru Winarno, and Kurnanda Rizky Aditama,” PERBAIKAN LOSSES DAN DROP TEGANGAN PWI 9 DENGAN PELIMPAHAN BEBAN KE PENYULANG BARU PWI 11 DI PT PLN (PERSERO) AREA SEMARANG, TRANSMISI, 18 (2) April 2016 , e-ISSN 2407 – 422, 66
- [9] A. Abdullah S., H. Nour Abu A., “On Least Squares Estimation in a Simple Linear Regression Model with Periodically Correlated Error”, Australian Journal of Statistic, Vol. 41 No. 3 211-226. 2012.



**Pretty Carolia Sembiring** , lahir di Manado pada tanggal 15 September 2000, Pada tahun 2018 masuk sebagai mahasiswa di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elekrro. Selama perkuliahan penulis mengikuti organisasi dalam hal ini adalah HME ( Himpunan Mahasiswa Elektro) , UPK Kristen Fakultas Teknik . Dan mengambil minat Teknik Tenaga

Listrik dimulai pada semester 5. Dalam perjalanan melakukan perkuliahan , penulis juga pernah melakukan Kerja Praktek yang bertempat di UP3 Manado PT PLN (persero) pada bulan Oktober 2021 sampai bulan desember 2021. Dan pada bulan Oktober penulis telah menyelesaikan Pendidikan di Fakultas Teknik Elektro jurusan Elektro Universitas Sam Ratulangi dengan judul penelitian Perbikan Mutu Tegangan Pada Penyulang Di ULP Bitung Untuk Tahun 2035.