

# Perbaikan Kualitas Tegangan Pada Jaringan Distribusi Primer 20 KV Di Kota Tahuna

Richard B Laginda, Hans Tumaliang, Sartje Silimang.

Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi Manado, Jl. Kampus Bahu-Unsrat Manado, 95115

Email: richardbrayen@gmail.com, hans\_tumaliang@ymail.com, sartje.silimang@gmail.com

**Abstract**— The development of Tahuna city as the center of the development of the regency of sangihe regency in the province of north sulawesi, every year is increasing in line with the lifestyle of the community and the rampant development center and the center of activities in the city until now, so that the people's need for electrical energy with it that can exceed the limits of 10%, but the voltage drop can be supplied in many ways wrong with the addition of load on the feeder. Calculation of voltage drop before installation. For caterpillar results obtained by 13.15% and for feeders. TONA of 15.37% while the calculation falls for the refresh rate of 30.77%. After mounting the power buffer on the Caterpillar, a 6.94% drop is obtained and for TONA 8.76% repeater, whereas in the CLOTHER of 10% the voltage drop for the repeater CITY, TONA and KOLONGAN meets the standard specified by PLN ie voltage drop should not be more than 10%.

**Keywords:** *Distribution, Medium Voltage, Voltage Drop, Power Capacitor.*

**Abstrak**— Perkembangan kota Tahuna sebagai pusat pengembangan wilayah Kabupaten Kepulauan Sangihe Provinsi Sulawesi kini setiap tahun semakin meningkat seiring dengan meningkatnya gaya hidup masyarakat dan maraknya pusat pembangunan dan pusat kegiatan publik di kota Tahuna sampai saat ini sehingga mengakibatkan meningkatnya kebutuhan masyarakat akan energi listrik. sehingga beban listrik meningkat dan mengakibatkan jatuh tegangan yang melebihi batas yaitu 10%, namun jatuh tegangan dapat diperbaiki dengan banyak cara salah satunya dengan penambahan kapasitor daya pada penyulang. Perhitungan jatuh tegangan sebelum dipasang kapasitor daya untuk penyulang Kota diperoleh hasil sebesar 13,15% dan untuk penyulang Tona sebesar 15,37% sedangkan perhitungan jatuh tegangan untuk penyulang kolongan 30,77%. Setelah pemasangan kapasitor daya pada penyulang Kota maka diperoleh jatuh tegangan sebesar 6,94%, dan untuk penyulang Tona 8,76%, sedangkan pada penyulang Kolongan sebesar 10% dengan demikian jatuh tegangan untuk penyulang Kota, Tona, dan Kolongan sudah memenuhi standar yang ditentukan oleh PLN yaitu jatuh tegangan tidak boleh lebih dari 10%.

**Kata kunci**— *Distribusi, Jatuh Tegangan, Kapasitor daya, Tegangan menengah*

## I. PENDAHULUAN

Tenaga listrik merupakan kebutuhan pokok bagi umat manusia yang modern. Tersedianya tenaga listrik dalam jumlah dan mutu yang baik menjadi syarat bagi suatu masyarakat yang memiliki taraf kehidupan yang baik dan juga untuk perkembangan industri pada suatu kota. Kebutuhan listrik pada suatu kota akan meningkat seiring dengan kenaikan populasi penduduk, perkembangan industri dan pusat kegiatan publik.

Perkembangan kota Tahuna sebagai pusat pengembangan wilayah Kabupaten Kepulauan Sangihe propinsi Sulawesi Utara kini semakin pesat seiring dengan meningkatnya gaya hidup masyarakat dan maraknya pembangunan, pusat kegiatan publik di kota Tahuna akhir-akhir ini seperti pertokoan atau ruko – ruko, perkantoran dan kompleks-kompleks perumahan mengakibatkan meningkatnya kebutuhan masyarakat akan energi listrik.

Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik pada kota Tahuna yang meningkat, selain penyaluran listrik yang diandalkan, juga kualitas tegangan harus di tingkatkan sesuai dengan batas yang ditetapkan guna menjaga kualitas dan keandalan penyaluran tegangan pada jaringan atau sistem distribusi 20kV di kota Tahuna.

Perkembangan jaringan distribusi di kota Tahuna tidak ada perubahan dan juga tidak ada penambahan pembangkit listrik sedangkan beban yang ada di kota Tahuna setiap tahunnya semakin bertambah dan tidak adanya penambahan pembangkit listrik dan perkembangan jaringan distribusi di kota Tahuna, sedangkan pertambahan beban yang ada di kota Tahuna setiap tahunnya bertambah akan menyebabkan rugi – rugi daya pada jaringan distribusi di kota Tahuna akan semakin meningkat.

Rugi – rugi daya pada jaringan distribusi 20kV sangat di pengaruhi oleh kualitas tegangan pada jaringan distribusi, sedangkan dalam perbaikan kualitas tegangan pada jaringan distribusi 20kV ada beberapa

cara, salah satunya adalah dengan melakukan pemasangan kapasitor daya pada jaringan tersebut. Untuk itu kami akan meneliti apakah dengan adanya penambahan beban, maka kondisi jaringan distribusi di kota Tahuna masih memadai dalam menyalurkan energi listrik di kota Tahuna, sehingga kami mengajukan judul sebagai berikut: “Perbaikan Kualitas Tegangan Pada Jaringan Distribusi Primer 20kV di Kota Tahuna”

#### A. Pengertian Sistem Distribusi Energi Listrik

Sistem distribusi adalah semua bagian peralatan sistem tenaga listrik yang mendistribusikan tenaga listrik dari gardu induk hingga ke kWh meter pada konsumen melalui jaringan tegangan menengah dan jaringan tegangan rendah dalam jumlah daya yang cukup dan waktu pengguna yang tidak beraturan namun harus dapat diandalkan kualitas serta keamanan penyalurannya.

Sistem distribusi dapat di bagi menjadi dua bagian:

##### 1) Distribusi primer

Distribusi primer adalah jaringan distribusi dengan tegangan menengah 20 kV yang berasal dari gardu induk sampai dimana titik tegangan di turunkan oleh trafo penurun tegangan ke tingkat tegangan konsumen.

##### 2) Distribusi sekunder

Distribusi sekunder adalah dimana jaringan distribusi dengan tegangan rendah 380V/220V yang bermula dari trafo distribusi melewati penghantar tegangan rendah hingga sampai ke kWh meter konsumen.

#### B. Klasifikasi Beban

Kebutuhan beban listrik dari suatu daerah itu tergantung dari daerah, penduduk dan standar kehidupannya, rencana pengembangannya sekarang dan masa yang akan datang, harga daya listrik dan aspek lainnya.

Tipe beban dapat dibedakan menjadi:

- 1) Beban domestik
- 2) Beban komersial
- 3) Beban industri
- 4) Beban kota
- 5) Beban pertanian

#### C. Kurva Beban Harian

Kurva beban, secara sederhana dapat diartikan sebagai kurva yang menggambarkan penggunaan beban (listrik) dalam suatu waktu. Dikatakan dalam suatu waktu karena selangnya itu dapat berupa Tahunan, mingguan, bahkan harian.

Gambar 1 merupakan kurva beban pada kota Tahuna untuk tanggal 3 Desember 2017. Nilai 1283 kW merupakan beban yang pertama dan terendah pada hari

minggu tanggal 3 desember sedangkan nilai 2709 kW adalah beban puncak pada yang terjadi pada hari minggu.

#### D. Metoda Peramalan Beban

Peramalan beban untuk 15 tahun kedepan dari tahun 2017 sampai tegangan apakah masih masuk dalam standar atau tidak. Adapun Metode Peramalan yang digunakan yaitu adalah regresi linier, sedangkan metode regresi linier pada umumnya terbagi 2 yaitu regresi linier sederhana dan regresi linier berganda. Dalam penulisan ini metode regresi yang dipakai adalah metode regresi linier sederhana.

Regresi linier sederhana

Regresi sederhana merupakan suatu metode peramalan atau prediksi beban dimana Variabel yang mempengaruhi (independen) lebih dari satu persamaan regresi berganda yaitu persamaan (1):

$$y = a + (b.x) \quad (1)$$

Dimana:

$y$  = Variabel dependen (yang dipengaruhi)

$a$  = konstanta

$b$  = koefisien regresi

$x$  = Variabel independen (yang mempengaruhi)

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum xy)^2}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)^2}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

#### E. Daya.

Pada sistem tenaga listrik terdapat perbedaan antara daya atau kekuatan (*power*) dan energi; energi adalah daya dikalikan waktu sedangkan daya listrik merupakan hasil perkalian tegangan dan arusnya, dengan satuan daya listrik yaitu *Watt* yang menyatakan banyaknya tenaga listrik yang mengalir per satuan waktu (*joule/s*). Daya listrik ( $P$ ) yang dihasilkan oleh arus listrik ( $I$ ) pada tegangan ( $V$ ) dinyatakan dalam persamaan(2) :

$$P = I.V \quad (2)$$

Dimana:

$P$  = daya [*watt*]

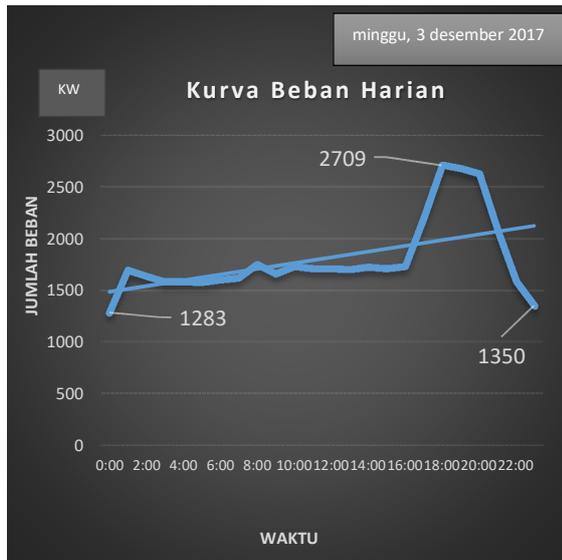
$I$  = arus [*ampere*]

$V$  = tegangan [*Volt*]

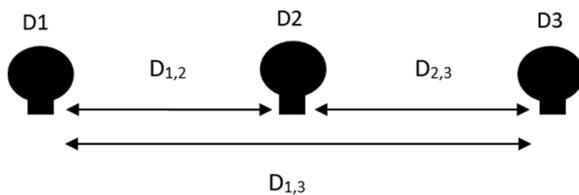
#### F. Induktansi dan Reaktansi Induktif

Dalam menganalisa suatu sistem, induktansi dan reaktansi induktif dari saluran merupakan salah satu parameter yang sangat menentukan. Harga-harga induktansi reaktansi induktif tergantung dari material, jarak dan bentuk dari konfigurasi jarring. Seperti diketahui bahwa bentuk konfigurasi dari jarring terdiri dari konfigurasi simetris dan tidak simetris.

Pada penelitian ini yang dibahas hanya konfigurasi jarring simetris, seperti yang terlihat pada gambar 2.



Gambar 1. kurva beban hari minggu, 3 desember 2017 listrik harian pada kota Tahuna



Gambar 2. Konfigurasi Konduktor

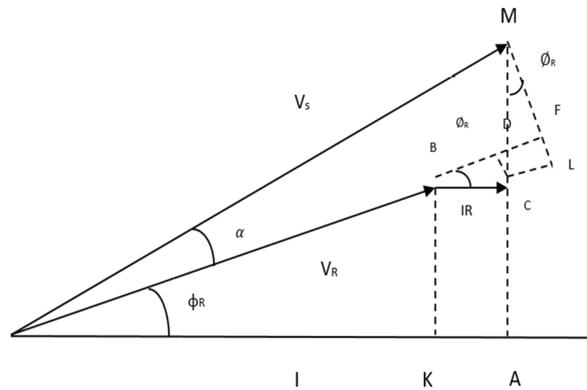
G. Perhitungan jatuh tegangan

Perhitungan jatuh tegangan pada jaringan distribusi adalah selisi 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.

Suatu sistem arus bolak-balik, besar jatuh tegangan dapat dihitung berdasarkan pada gambar diagram fasor tegangan jaringan distribusi sekunder.

Penurunan tegangan maksimum pada beban penuh, yang diperbolehkan di beberapa titik pada jaringan distribusi (SPLN 72 :1987) adalah sebagai berikut:

- 1) SUTM = 5% dari tegangan kerja bagi sistem radial.
- 2) Trafo Distribusi = 3% dari tegangan kerja.
- 3) Saluran tegangan rendah = 4 % dari tegangan kerja tergantung kepadatan beban.
- 4) Sambungan rumah = 1% dari tegangan nominal



Gambar 3. Diagram Fasor saluran

Dari gambar 3, maka diperoleh hasil:

$$OM^2 = OA^2 + AM^2 = (KO + KA)^2 + (AC + CM)^2$$

$$V_s = \sqrt{[(VR \cos \theta_R + IR)^2 + (VR \sin \theta_R + IX)^2]}$$

Pada gambar:

$ML \perp OF$ ,  $CL \perp OF$  dan  $CD \perp OF$ ,  $\alpha \approx 0$ ,

maka:  $OM = OF = OD + DF = OB + BD + DF$

Atau  $D3$

$$V_s = V_R + BD \quad \dots = V_R + BD + CL = V_R + IR \cos \theta_R + IX \sin \theta_R$$

Atau

$$V_s - V_R = IR \cos \theta_R + IX \sin \theta_R$$

Maka

$$\Delta V = I (IR \cos \theta_R + IX \sin \theta_R)$$

(*Voltage regulator*) atau regulasi tegangan adalah jatuh tegangan relatif yang dinyatakan dalam persamaan (3)

$V_r$  = Regulasi tegangan

$V_s$  = Tegangan pada pangkal pengirim

$V_R$  = Tegangan pada pangkal penerima

Dengan mensubstitusikan persamaan maka:

$$V_r = \frac{(V_s - V_R)}{V_s} = \frac{\Delta V}{V_s} \tag{3}$$

$$\frac{\Delta V}{V_s} = \frac{I(R \cos \theta_R + X \sin \theta_R)}{V_s}$$

$$\frac{\Delta V}{V_s} \times 100\% = \frac{I(R \cos \theta_R + X \sin \theta_R)}{V_s} \times 100\%$$

$$\Delta V\% = \frac{I(R \cos \theta_R + X \sin \theta_R)}{V_s}$$

[%]

Jika  $I = \frac{S}{V_s}$

Maka:

$$\Delta V\% = \frac{100 \frac{S}{V_s} I(R \cos \theta R + \sin \theta R)}{V_s^2} [\%]$$

$$\Delta V\% = \frac{100 S I(R \cos \theta R + \sin \theta R)}{V_s^2} [\%]$$

Jika,  $I = \frac{R}{\ell} \Rightarrow R = r \ell \quad x = \frac{X}{\ell} \Rightarrow x = x \ell$

Maka:

$$\Delta V\% = \frac{100 S (r \ell \cos \theta R + x \ell \sin \theta R)}{V_s^2} [\%]$$

$$\Delta V\% = \frac{100 (R \cos \theta R + x \sin \theta R)}{V_s^2} S \ell [\%]$$

Aliran daya lihat pada gambar, jatuh tegangan dapat dihitung dengan pendekatan yaitu:

$$\Delta V\% = \frac{100 (R \cos \theta R + x \sin \theta R)}{V_s^2} \sum_{i=1}^n S_i \ell_i [\%]$$

Jika:  $S_i, \ell_i = F_L =$  Momen beban ke - i

Maka:

$$\Delta V\% = \frac{100 (R \cos \theta R + x \sin \theta R)}{V_s^2} \sum_{i=1}^n F_L [\%]$$

Jika nilai induktansi diabaikan maka jatuh tegangan dapat dihitung dengan pendekatan yaitu pada persamaan (4).

$$V\% = \frac{100 (R \cos \theta R)}{V_s^2} \sum_{i=1}^n F_L [\%] \tag{4}$$

Dimana,

$\Delta V\%$  = Jatuh tegangan dalam [%]

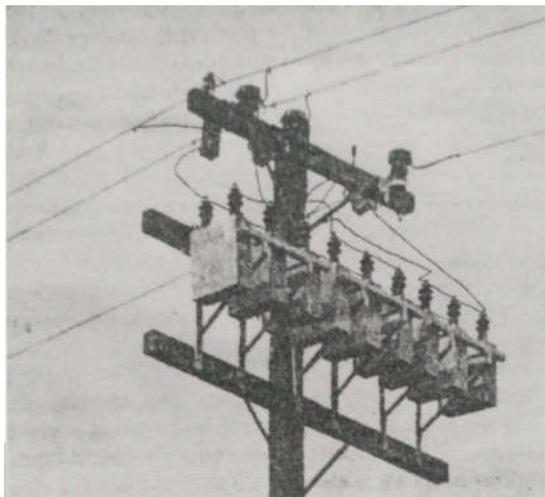
S = Daya yang disalurkan dalam [VA]

= Reaktansi saluran dalam [ $\Omega$ /km]

r = Resistansi saluran dalam [ $\Omega$ /km]

$\ell$  = Panjang penghantar dalam [km]

$\theta_R$  = Faktor daya



Gambar 4. Kapasitor Pararel Yang Dipasang Pada Penyulang

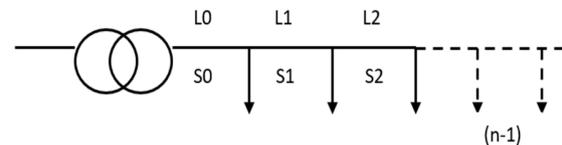
### H. Metoda Perbaikan Kualitas Tegangan

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.

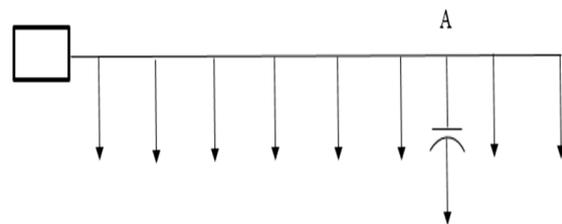
Untuk pemasangan kapasitor daya pada jaringan sistem tenaga listrik dpat dilakukan secar paralel (*shunt*) dan seri. Kapsitor daya yang di pasang secara paralel disebut kapasitor daya shut sedangkan yang dipasang seri disebut kapasitor daya seri. Tapi untuk menganalisa data ini dipilih kapasitor paralel (*shunt*).

#### 1. Kapsitor paralel (*shunt*).

Kapasitor paralel (*shunt*) adalah kapasitor yang dihubungkan secara paralel dengan saluran yang dapat digunakan luas pada sistem distribusi. Pemasangan kapasitor *shunt* (gambar 4) 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. Pemasangan kapasitor daya pada penyulang dapat di lihat pada gambar 5.



Gambar 5. Aliran daya pada jaringan distribusi.



Gambar 6. Lokasi Kapasitor Daya

TABEL I.. DATA SISTEM TENAGA LISTRIK PENYULANG KOTA, TONA , DAN KOLONGAN.

Penyulang	Panjang (m)	Jumlah Gardu (Unit)	Kapasitas Gardu (kVA)
KOTA	8.600	24	2.395
TONA	7.500	17	1.945
KOLONGAN	33.670	14	710

1. Perhitungan Kapasitas Daya yang Diperlukan.

perhitungan besar kapasitor yang dibutuhkan, kita menggunakan persamaan berikut ini:

$$Q_C = \frac{10.( \%VR)V^2}{X_L} \tag{5}$$

Dimana:

$Q_C$  = Kapasitansi Kapasitor daya (kVAr)

% VR = Prosentase kenaikan tegangan yang diinginkan. (%)

$V_{L-L}$  = Tegangan saluran (kV)

$X_L$  = Reaktansi induktif (kV)

2. Perhitungan Pengaruh Besar Tegangan Yang Setelah Dipasang Kapasitor Daya.

Perhitungan Pengaruh Besar Tegangan Yang Setelah Dipasang Kapasitor Daya, kita menggunakan persamaan berikut:

$$(\%V) = \frac{Q.X_L}{10.V^2} \tag{6}$$

Dimana:

$Q_C$  = Kapasitansi Kapasitor daya (kVAr)

%VR = Prosentase kenaikan tegangan yang diinginkan. (%)

$V_{L-L}$  = Tegangan saluran (kV)

$X_L$  = Reaktansi induktif (kV)

3. Penempatan Kapasitor.

Pada umumnya perbaikan kualitas tegangan dengan 4menempatkan kapasitor yang dikemas sedemikian rupa dalam suatu tempat atau di sebut kapasitor bank. Pemasangan *capasitor bank* pada saluran udara tegangan menengah (STUM) dengan menggunakan *capasitor bank* jenis *switch* adalah yang paling populer, sebab dengan menempatkan *capasitor bank* jenis *switch* akan mampu menyesuaikan dengan kurva beban yang ada.

Operasi dengan *switch* kapasitor ini bekerja berdasarkan instruksi yang diberikan oleh sensor yang akan menginterupsi sistem *supplay* arus kapasitif jika diperlukan atau sebaliknya. Untuk penggunaan kapasitor jenis *unswitch (fixed)* adalah pada kondisi dimana kandungan kVAr yang besar dalam setiap waktu, sehingga kapasitor akan bekerja penuh selama waktu operasi system tersebut.

Untuk lokasi pemasangan kapasitor paralel (*shunt*) diperoleh pada gambar 6.

TABEL II.. DATA PENYULANG PLTD TAHUNA

NO	Penyulang	Panjang penyulang (km)	Ukuran Kawat AAAC (mm <sup>2</sup> )				
			35	50	70	95	120
1.	TONA	7,5	-	-	3,53	1,52	2,45
2.	KOTA	8,6	-	-	3,86	0,96	3,78
3.	LESABE	35,39	35,39	-	-	-	-
4.	KOLONGAN	23,85	5,58	-	16,61	1,64	-
5.	PETTA	9,47	3,78	-	-	4,52	1,7
6.	TAMAKO	20,85	3,8	-	9,89	6,29	9,46

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Desember 2017. Tempat Pengambilan data yaitu di PT PLN (*Persero*) Area Tahuna , PLTD Tahuna, dan Kantor BPS Kabupaten Kepulauan Sangihe.

B. Perhitungan.

1. Untuk perhitungan perkiraan beban 15 tahun kedepan menggunakan kita menggunakan persamaan (1)
2. Untuk mencari besar nilai jatuh tegangan pada tiap penyulang kita menggunakan persamaan (4)
3. Perhitungan besar kapasitas kapasitor menggunakan persamaan (5)

III. PERBAIKAN KAPASITOR

A. Peramalan Beban.

Untuk perhitungan peramalan beban kita menggunakan persamaan (1) yaitu metode regresi linier sederhana.

$$Y_{2017} = a + (b.X_{2017})$$

Dimana:

$Y$  = beban

$a$  = konstanta

$b$  = koefisien regresi

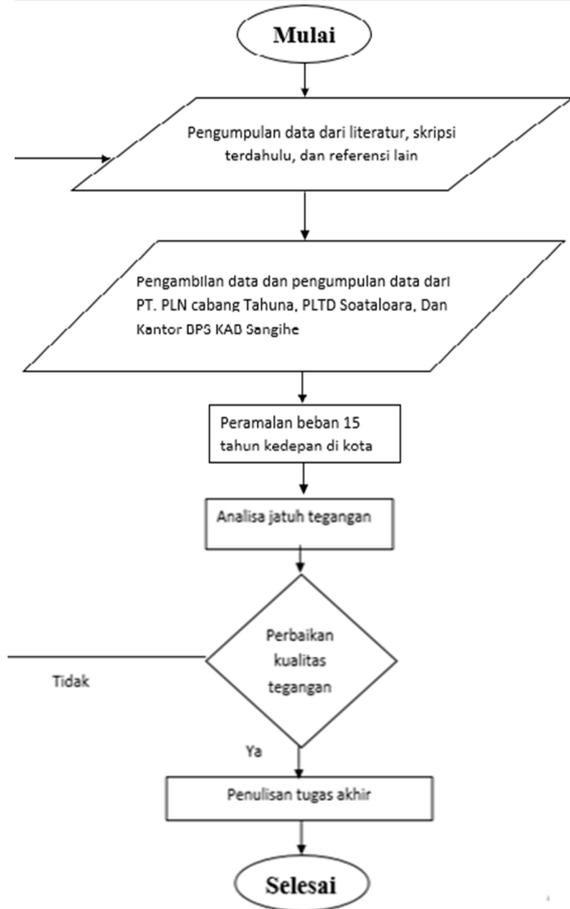
$X$  = jumlah pelanggan

1. Perhitungan peramalan beban pada penyulang kota.

Peramalan beban pada GI. Tahuna sampai Sawang

$$Y_{2018} = a + (b \cdot X_{2018})$$

Untuk mencari a dan b kita perlu membuat tabel III.



Gambar 7. Flow Chart Penelitian

TABEL III. PERHITUNGAN  $x, y, xx, yy, \text{ DAN } xy$

No	y	x	xx	yy	xy
1	45	56	3136	2025	2520
2	56	60	3600	3136	3360
3	61	78	6084	3721	4758
4	67	81	6561	4489	5427
5	71	90	8100	5041	6390
TotaL( $\Sigma$ )	300	365	27481	18412	22455

$$a = \frac{(\Sigma y)(\Sigma x^2) - (\Sigma xy)^2}{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2} \quad b = \frac{n(\Sigma xy) - (\Sigma x)^2}{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2}$$

$$\text{Maka : } a = \frac{(365)(27481) - (22455)^2}{5(27481) - (27481)^2} a = 11,53708$$

$$b = \frac{5(22455) - (27481)^2}{5(27481) - (27481)^2} b = 0,663876$$

Sedangkan untuk mencari  $x_{2018}$  sebagai berikut :

$$X_{2018} = X_{2017} + \left( \frac{(90-81) + (81-78)(78-60)(60-56)}{5} \right)$$

$$x_{2018} = 98,5$$

Diketahui :

$$a = 11,53708$$

$$b = 0,663876$$

$$X_{2018} = 98,5$$

$$Y_{2018} = 11,53708 + (0,663876 \times 98,5) = 76,92883$$

Dengan mengikuti serupa dan perhitungan di atas maka hasil untuk beban dan jumlah pelanggan pada tahun 2032 diperoleh hasil pada Penyulang Kota pada tabel IV dan untuk beban pada penyulang Tona dan kolongan bisa lihat pada tabel V.

TABEL IV. HASIL PERHITUNGAN PERAMALAN BEBAN PADA PENYULANG KOTA..

Penyulang Kota		Tahun	
Awal	Akhir	2032	
		Beban (kVA)	Jumlah pelanggan
GI. Tahuna	Sawang	161	218
Sawang	BPU	201	173
Bpu	Lpng Bola	193	182
Lpng Bola	Megaria	183	138
Megaria	Swng Bendar	179	176
Swng Bendar	Tidore	215	223
Megaria	Pengadilan	234	247
Pengadilan	Apengsembeka	219	200
Apengsembeka	Ktr sinode	187	184
Apengsembeka	Bungalawang	136	158
Bungalawang	RSU	115	79
Bungalawang	Lanal	128	128
Lanal	PDAM	128	120
Lanal	SD Inpres	149	141
SD Inpres	Per.Baru	107	133
Per.Baru	PBB	135	161
PBB	Ktr PBB	149	170
Ktr PBB	Malebur	136	128
PBB	Psr Manente	137	174
Psr Manente	Prm Dinasti	155	194
Prm Dinasti	Perum	131	182
Perum	Kolam	133	146
Kolam	Manente Kota	163	185

**B. Perhitungan Jatuh Tegangan.**

Untuk mencari besar jatuh tegangan yang terjadi maka digunakan persamaan (4)

$$\Delta V(\%) = \frac{100(R\cos\phi R + X \sin \phi R)}{V_s^2} \sum_{i=1}^n S_i \cdot l_i[\%]$$

1. Jatuh tegangan antara GI. Tahuna dan STM.

Diketahui:

- a. Jenis Penghantar: AAAC 120 mm<sup>2</sup>
- b. Panjang Penghantar: 0,156 km
- c. Beban (S): 71 kVA
- d. Tegangan = 20 kV = 20.000 V

$$\Delta V(\%) = \frac{100(R\cos\phi R + X \sin \phi R)}{V_s^2} \sum_{i=1}^n S_i \cdot l_i[\%]$$

$$\Delta V(\%) = \frac{100((0,346 \times 0,8) + (0,772 \times 0,6))}{20^2} \times 71 \times 0,156$$

$$\Delta V(\%) = 0,185 \times 11,076 = 2,05\%$$

$$\Delta V = 2,05 \times \frac{20.000}{100} = 410 \text{ V}$$

Dengan perhitungan yang sama maka dapat di peroleh hasil pada tabel VI.

Dengan mengikuti serupa perhitungan jatuh tegangan pada penyulang Kota, maka untuk jatuh tegangan pada penyulang Tona dan penyulang kolongan dapat di lihat pada tabel VII.

**C. Pehitungan Besar Kapasitas Kapasitor.Daya.**

Untuk perhitungan besar kapasitas kapasitor yang akan dipasang kita menggunakan persamaan (5)

$$Q_c = \frac{10.(\%VR)V^2}{X_L}$$

1. Perhitungan besar kapasitas kapasitor daya pada penyulang Kota

Besar kapasitas kapasitor pada Sawang sampai BPU

Diketahui:

- $$\%VR = 27,61$$
- $$V = 12,48$$
- $$X_L = 0,75$$

$$Q_c = \frac{10.(\%VR)V^2}{X_L}$$

$$Q_c = \frac{10.(27,61)12,48^2}{0,75} = \frac{42990}{0,75}$$

$$Q_c = 57411 \text{ kVAr}$$

Dengan perhitungan yang sama maka dapat di peroleh hasil pada table VI.

Dengan mengikuti serupa perhitungan jatuh tegangan pada penyulang Kota, maka untuk jatuh tegangan pada penyulang Tona dan penyulang kolongan dapat di lihat pada tabel VIII.

1. Pehitungan Besar Jatuh Tegangan Setelah Pemasangan Kapasitor Daya.

Setelah dilakukan pemasangan kapasitor kita dapat menghitung seberapa besar pengaruh kapasitor terhadap jatuh tegangan pada masing penyulang dengan menggunakan persamaan (6)

$$\Delta V(\%) \text{ sesudah} = [\%V(\text{sebelum})] - (\%VR)$$

Dimana :

$\Delta V(\%) \text{ sesudah}$ : Tegangan sesudah pemasang kapasitor  
 $[\%V(\text{sebelum})]$ : Tegangan sebelum pemasang kapasitor  
 $(\%VR)$  : Prosentase kenaikan yang di inginkan

1. Perhitungan besar jatuh tegangan setelah pemasangan kapasitor pada penyulang KOLONGAN

Besar jatuh tegangan setelah pemasangan kapasitor pada G.I TAHUNA sampai STM.

Diketahui:

- $$Q_c = 39016 \text{ kVAr}$$
- $$V = 12,57$$
- $$X_L = 1,10$$

$$(\%V) = \frac{Q_c X_L}{10.V^2}$$

$$(\%V) = \frac{39016.1,10}{10.158,01}$$

$$(\%V) = \frac{42918}{1580}$$

$$(\%V) = 27,15 \%$$

$$\Delta V(\%) = 37,15 - 27,15$$

$$\Delta V(\%) = 10\%$$

$$\Delta V = 10 \times \frac{20.000}{100}$$

$$\Delta V = 2000 \text{ V}$$

Dengan perhitungan yang sama maka dapat di peroleh hasil perhitungan jatuh tegangan setelah pemasangan kapsitor pada penyulang kolongan pada tabel IX.

Dengan mengikuti serupa perhitungan jatuh tegangan setelah pemasangan kapasitor pada penyulang Kolongan, maka untuk jatuh tegangan pada penyulang Tona dan penyulang Kota dapat di lihat pada tabel X.

TABEL V. HASIL PERHITUNGAN PERAMALAN BEBAN PADA PENYULANG KOTA, TONA DAN KOLONGAN.

Penyulang	Tahun			
	2017		2032	
	Beban (kVA)	Jumlah pelanggan	Beban (kVA)	Jumlah pelanggan
KOTA	1653	1847	3852	4037
TONA	1335	1435	2797	3177
KOLONGAN	445	668	1191	1763

TABEL VI. HASIL PERHITUNGAN JATUH TEGANGAN PADA PENYULANG KOLONGAN.

Penyulang		Tahun 2032			
Awal	Akhir	Panjang (km)	$\Delta V$ (%)	$\Delta V$ (Volt)	
GI. Tahuna	Stm	1,39	17,32	3464	
	Stm	Lelepu	1,56	19,56	3912
	Stm	Ktr Lurah malebur	1,563	8,85	1771
	Ktr Lurah malebur	Mala Pintu	1,647	11,45	2290
	Mala Pintu	Pensu	2,76	3,88	776
	Pensu	Pananeke ng	0,8	18,95	3791
	Pananeke ng	Kanaka	2,975	18,69	3738
	Kanaka	Mitung	2,645	12,98	2596
	Mitung	Tlkmsl Mitung	1,912	16,72	3344
	Tlkmsl Mitung	SMP Mitung	0,908	7,38	1476
	SMP Mitung	Dinasti	1,921	21,39	4278
	Dinasti	Beha	1,339	7,71	1542
	Beha	Akembawi.1	1,072	15,54	3108
	Akembawi.1	Akembawi.2	1,348	14,80	2960
<b>TOTAL</b>		<b>23,84</b>	<b>30,77</b>	<b>6153</b>	

TABEL VI. HASIL PERHITUNGAN JATUH TEGANGAN PADA PENYULANG KOTA, TONA, DAN KOLONGAN

Penyulang	Panjang (km)	Tahun 2032	
		$\Delta V$ (%)	$\Delta V$ (Volt)
KOTA	8,6	13,15	2630
TONA	7,5	13,15	2630
KOLONGAN	23,84	30,77	6153

TABELVII. HASIL PERHITUNGAN BESAR KAPASITAS KAPASITOR DAYA PADA PENYULANG KOTA, TONA, DAN KOLONGAN.

Penyulang		Tahun 2032				
Awal	Akhir	Panjang (km)	$\Delta V$ (%)	$\Delta V$ (Volt)	Qc (kVAr)	
GI. Tahuna	Stm	1,39	17,32	3464	39016	
	Stm	Lelepu	1,56	19,56	3912	34655
	Stm	Ktr Lurah malebur	1,563	8,85	1771	29398
	Ktr Lurah malebur	Mala Pintu	1,647	11,45	2290	22580
	Mala Pintu	Pensu	2,76	3,88	776	14730
	Pensu	Pananeke ng	0,8	18,95	3791	31051
	Pananeke ng	Kanaka	2,975	18,69	3738	18357
	Kanaka	Mitung	2,645	12,98	2596	18691
	Mitung	Tlkmsl Mitung	1,912	16,72	3344	25256
	Tlkmsl Mitung	SMP Mitung	0,908	7,38	1476	38437
	SMP Mitung	Dinasti	1,921	21,39	4278	15828
	Dinasti	Beha	1,339	7,71	1542	36316
	Beha	Akembawi.1	1,072	15,54	3108	28987
	Akembawi.1	Akembawi.2	1,348	14,80	2960	28459
<b>TOTAL</b>		<b>23,84</b>	<b>30,77</b>	<b>6153</b>	<b>381759</b>	

TABEL VIII. HASIL PERHITUNGAN BESAR KAPASITAS KAPASITOR DAYA PADA PENYULANG KOTA, TONA, DAN KOLONGAN.

Penyulang	Panjang (km)	Tahun 2032		
		$\Delta V$ (%)	$\Delta V$ (Volt)	Qc (kVAr)
KOTA	8,6	13,15	2630	387104
TONA	7,5	13,15	2630	599434
KOLONGAN	23,84	30,77	6153	381759

TABEL X. HASIL PERHITUNGAN JATUH TEGANGAN SETELAH PEMASANGAN KAPASITOR PADA PENYULANG KOTA, TONA, DAN KOLONGAN.

Penyulang	Tahun 2017				
	Sebelum pemasangan kapasitor		Setelah pemasangan kapasitor		
	$\Delta V$ (%)	$\Delta V$ (Volt)	$\Delta V$ (%)	$\Delta V$ (Volt)	Qc (kVAr)
KOTA	13,95	2789	10	2000	381759
TONA	12,91	2581	6,94	1389	387104
KOLONGAN	15,36	3073	8,78	1857	599434

TABEL IX. HASIL PERHITUNGAN JATUH TEGANGAN SETELAH PEMASANGAN KAPASITOR PADA PENYULANG KOTA, TONA, DAN KOLONGAN

Penyulang		Tahun 2032				
		Sebelum pemasangan kapasitor		Setelah pemasangan kapasitor		
Awal	Akhir	$\Delta V$ (%)	$\Delta V$ (Volt)	$\Delta V$ (%)	$\Delta V$ (Volt)	Qc (kVAr)
GI. Tahuna	Stm	17,32	3464	10	2000	39016
	Lelepu	19,56	3912	10	2000	34655
	Ktr Lurah malebur	8,85	1771	10	2000	29398
Ktr Lurah malebur	Mala Pintu	11,45	2290	10	2000	22580
Mala Pintu	Pensu	3,88	776	10	2000	14730
	Pananeke ng	18,95	3791	10	2000	31051
Pananeke ng	Kanaka	18,69	3738	10	2000	18357
	Mitung	12,98	2596	10	2000	18691
	Tlkmsl Mitung	16,72	3344	10	2000	25256
	Tlkmsl Mitung SMP	7,38	1476	10	2000	38437
	Mitung SMP	21,39	4278	10	2000	15828
	Dinasti	7,71	1542	10	2000	36316
	Beha	15,54	3108	10	2000	28987
Akembawi 1	Akembawi 2	14,80	2960	10	2000	28459
<b>TOTAL</b>		<b>13,95</b>	<b>2789</b>	<b>10</b>	<b>2000</b>	<b>381759</b>

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan.

Setelah melakukan perhitungan serta perbaikan jatuh tegangan pada jaringan distribusi primer 20 KV di Kota Tahuna khususnya pada penyulang Kota, Tona dan Kolongan, dapat di simpulkan bahwa:

- 1) Beban 15 tahun kedepan yaitu tahun 2032 pada penyulang Kota yaitu sebesar 3852 kV dengan jumlah pelanggan 4037 sedangkan untuk penyulang Tona yaitu sebesar 2796 kV dengan jumlah pelanggan 31177 dan untuk penyulang Kolongan yaitu sebesar 1191 kV dengan jumlah pelanggan 1763.
- 2) rata – rata Jatuh tegangan yang terjadi pada 15 tahun kedepan yaitu 2032 pada penyulang Kota yaitu sebesar 13% atau 2630 V, untuk penyulang Tona yaitu sebesar 15% atau 3073 V dan untuk penyulang Kolongan yaitu sebesar 30% atau 6153.
- 3) jumlah kapasitas kapasitor daya yang dipasang untuk memenuhi beban pada 15 tahun kedepan yaitu 2032 pada penyulang Kota yaitu sebesar 387.104 kVAr sehingga rata – rata jatuh tegangan menjadi 6,936 % atau, 1389 V untuk penyulang Tona yaitu sebesar 599.434 kVAr sehingga rata – rata jatuh tegangan menjadi 9,06 % atau 1857 V dan untuk penyulang Kolongan yaitu sebesar 381.759 kVAr sehingga rata – rata jatuh tegangan menjadi 10 % atau 2000 V.
- 4) Dari kesimpulan 1, 2 dan 3 jatuh tegangan untuk penyulang Kota dan Kolongan samapi 15 tahun kedepan yaitu tahun 2032 sudah memenuhi standart yang ditentukan oleh SPLN (Standar Perusahaan Umum Listrik Negara) yaitu jatuh tegangan tidak boleh lebih dari 10% dikarenakan

sudah diperbaiki dengan melakukan pemasangan kapasitor daya pada masing - masing penyulang.

#### B. Saran.

- 1) Untuk jaringan distribusi primer yang ada di Kota Tahuna khususnya untuk penyulang Kota, Tona dan Kolongan sudah tergolong jaringan yang lama, sehingga perlu adanya pemeliharaan dan pengawasan yang rutin untuk jaringan ini khususnya untuk konduktor dan trafo yang tersebar pada tiap penyulang.
- 2) Pada penyulang khususnya pada titik beban yang menghasilkan jatuh tegangan yang besar dan rugi daya yang besar perlu adanya penambahan atau penggantian trafo dengan ukuran kapasitas yang lebih besar agar dapat memperkecil jatuh tegangan dalam jangka panjang.
- 3) Untuk PT PLN Cabang Kota Tahuna selain juga memperbaiki jaringan distribusi yang ada harus juga mengadakan pembangkit yang lebih baru dengan kapasitas yang lebih besar karena pembangkit yang ad sekarang sudah terlalu rentan.



**Richard Brayen Laginda** lahir 02 Oktober 1992, pada tahun 2011 memulai pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado di Jurusan Teknik Elektro, dengan mengambil konsentrasi minat Teknik Tenaga Listrik pada tahun 2013. Dalam menempuh pendidikan penulis juga pernah melaksanakan Kerja Praktek yang bertempat di PLTU 2 SULUT 2×25 MW dari Bulan februari 2015 sampai bulan april 2015 dan selesai melaksanakan pendidikan di Fakultas Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi Manado pada belan maret 2018, minat penelitiannya adalah Perbaikan Kualitas Tegangan Pada Jaringan Distribusi Primer 20kV Di Kota Tahuna.

#### KUTIPAN

- [1] A.J. Pansini, *Guide to electrical power distribution systems, sixth edition by The Fairmont Press, Inc. All rights reserved.* 2005.
- [2] M. Djiteng, *Operasi Sistem Tenaga Listrik - edisi pertama-Yogyakarta.* Penerbit Graha Ilmu, 2006.
- [3] M.N Nelwan, “Analisis Penyusutan Energi Listrik Pada Penyulang SU2 Jaringan Distribusi Minahasa Utara,” Skripsi ST, Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado, 2015.
- [4] PUIL (Persyaratan Umum Instalasi Listrik) 2000, 04-0225 2000 Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- [5] PT. PLN, SPLN Standar Perusahaan Umum Listrik Negara) 41- 8.1981 dan 72.1987 “Hantaran Alumunium Campuran (AAAC)” dan “Spesifikasi Desain Untuk JTM dan JTR.”,1981.
- [6] PT.PLN(*Persero*) Area Tahuna, Data Penyulang Kota, Tona, dan Kolongan.
- [7] R. Binilang, “Studi Analisa Rugi-Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi Primer 20kV Di Kota Tahuna,” Skripsi ST Teknik Elektro Jurusan Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado, 2017.
- [8] SPLN (Standar Persyaratan Umum Listrik Negara), 1981.