

Analisis *Drop* Tegangan Pada Jaringan Tegangan Rendah PT. PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Panakkukang

Nurainun Septiani¹), Sarma Thaha²), Naely Muchtar³).

^{1,2,3} Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang

Septianiainun2@gmail.com

Sarma.thaha@gmail.com

naelymuchtar@poliupg.ac.id

Abstrak

Pada sistem pengoperasian tenaga listrik, kita memerlukan adanya kualitas pelayanan yang baik. Salah satu contohnya yaitu memberikan nilai tegangan yang baik kepada pelanggan dan tidak adanya gangguan *drop* tegangan. Standar *drop* tegangan adalah 10%. Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan oleh petugas divisi distribusi PT. PLN ULP Panakkukang diakibatkan oleh sambungan rumah seri banyak, instalasi penyambungan antar konektor kurang bagus, dan luas penampang penghantar yang kecil. Kemudian, daerah disekitaran lokasi tersebut juga memiliki beban-beban yang tinggi dikarenakan banyaknya berdiri pemukiman warga. Oleh karena itu, perlu dilakukannya perbaikan di daerah tersebut dengan solusi penambahan penampang kabel dan penambahan jaringan tegangan rendah. Berdasarkan hasil penelitian *drop* tegangan di PT PLN (Persero) ULP Panakkukang didapatkan nilai *drop* tegangan sebelum perbaikan adalah 30 – 50% dan perhitungan *drop* tegangan satu jurusan sebesar 204 V dengan hasil simulasi ETAP 16.0.0 adalah 207 V dan setelah perbaikan nilai *drop* tegangan menjadi sebesar 4 - 6%. Hasil yang didapat perhitungan *drop* tegangan satu jurusan setelah perbaikan sebesar 210 V dan hasil simulasi ETAP 16.0.0 sebesar 210 V.

Keywords: *Drop* Tegangan, Jaringan Tegangan Rendah, ETAP 16.0.0.

I. PENDAHULUAN

Tegangan yang stabil merupakan salah satu tujuan utama dalam proses pendistribusian energi listrik agar mutu pelayanan konsumen dapat berlangsung dengan baik. Adapun standar yang telah ditetapkan PLN mengenai tegangan-tegangan standar pada SPLN 1: 1995, yakni diperbolehkan maksimum 5% dan maksimum 10% terhadap tegangan normal serta ketentuan SPLN 56- 1:1993 "Jarak antara tarikan pada Saluran Rumah (SR) tidak melebihi 30 meter dengan jumlah tarikan pelanggan maksimal 6 buah dan tiap Sambungan Luar Pelayanan (SLP) diperbolehkan maksimal 4 pelanggan", jika ini tidak dipenuhi dapat berdampak munculnya *drop* tegangan sehingga dampaknya yang diterima di sisi pelanggan akan semakin besar selisihnya dengan standar SPLN. Maka dari itu penulis berkeinginan untuk menghitung nilai *drop* tegangan di gardu distribusi GT.PBG004 Penyulang Baruga, menganalisis penyebabnya dan menentukan solusi perbaikan untuk kualitas ketenagalistrikan yang lebih baik.

Tujuan Penelitian ini meliputi: (1) Untuk Menghitung nilai presentase *drop* tegangan; (2) Memberikan gambaran kondisi *drop* tegangan dengan simulasi ETAP 16.0.0; (3) Menjelaskan penyebab terjadinya *drop* tegangan; (4) memberikan solusi terhadap perbaikan *drop* tegangan pada gardu distribusi GT.PBG004 Penyulang Baruga.

Adapun manfaat dalam penelitian ini adalah memberikan sumbangan positif sebagai acuan untuk

meningkatkan kualitas energi listrik pada Penyulang Baruga dan dapat menentukan cara mengurangi *drop* tegangan pada saluran distribusi serta sebagai informasi baru sebagai bahan pertimbangan bagi penelitian selanjutnya dalam skala yang lebih luas dan kompleks yang berkaitan dengan judul ini

II. KAJIAN LITERATUR

A. *Drop* Tegangan

Menurut Arismunandar dan Kuwahara (2004:3) *drop voltage* adalah selisih antara tegangan pada pangkal pengiriman dan tegangan pada ujung penerimaan tenaga listrik. Atas dasar hal tersebut maka *drop* tegangan yang diijinkan untuk instalasi arus kuat hingga 1.000 V yang ditetapkan dalam persen dari tegangan kerjanya. *Drop* tegangan (ΔV) adalah selisih antara tegangan kirim (V_k) dengan tegangan terima (V_T), maka *drop* tegangan dapat didefinisikan adalah :

$$\Delta V = (V_k) - (V_T) \quad (2.1)$$

Karena adanya hambatan pada penghantar maka tegangan yang diterima konsumen (V_r) akan lebih kecil dari tegangan kirim (V_s), sehingga *drop* tegangan (V_{drop}) merupakan selisih antara tegangan pada pangkal pengiriman (sending end) dan tegangan pada ujung penerimaan (receiving end) tenaga listrik. *Drop* tegangan relatif dinamakan regulasi tegangan VR (*voltage regulation*) dan dinyatakan oleh rumus :

$$\Delta v = \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100 \quad (2.2)$$

Di mana :

V_s = tegangan pada pangkal pengiriman

V_r = tegangan pada ujung penerimaan

Drop tegangan pada jaringan disebabkan oleh arus yang melalui tahanan kawat. Adanya rugi tegangan akibat hambatan listrik (R) dan reaktansi (X). Berdasarkan Hukum Ohm, hambatan R dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$V = I \times R \quad (2.3)$$

Dimana :

V = tegangan (volt)

I = arus (ampere)

R = hambatan (Ω)

atau

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (2.4)$$

Dimana :

R = hambatan (Ω)

ρ = koefisien jenis penghantar

l = panjang penghantar (m)

A = luas penampang penghantar (mm^2)

Dengan menghitung *drop* tegangan per *section*, dapat diketahui terlebih dahulu tegangan fasa ke netral dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$V_p = \frac{V_L}{\sqrt{3}} \quad (2.5)$$

Dimana :

V_p = Tegangan fasa ke netral (V)

V_L = Tegangan antar fasa (V)

Dengan didapatnya hasil dari tegangan fasa ke netral dapat dihitung daya per *section* dengan persamaan berikut.

Jumlah rumah x daya yang terpasang dirumah (VA) (2.6)

Dengan persamaan menghitung daya per *section*, jadi dapat diketahui arus per *section* dengan persamaan berikut.

$$\text{daya per section (VA)} \times \frac{V_p - p}{\sqrt{3}} \quad (2.7)$$

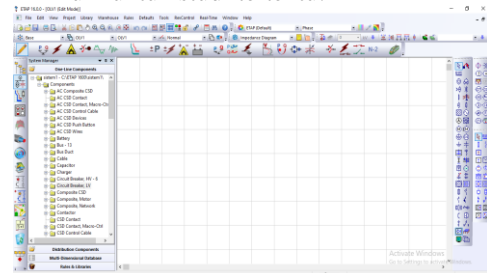
B. Penyebab Drop Tegangan

1. Luas Penampang terlalu kecil (penampang tidak sesuai dengan beban). Semakin kecil kawat semakin besar ruginya.
2. Panjang kabel penghantar. Semakin panjang kabel penghantar yang digunakan maka semakin besar kerugian tegangan atau tegangan jatuh yang terjadi.
3. Sambungan tidak baik juga dapat mengakibatkan adanya *loss contact*, sambungan antar kawat tidak rapat sehingga terdapat celah udara yang seharusnya kedap udara sehingga menyebabkan alat cepat rusak.
4. Terlalu banyak percabangan saluran SR (tarikan SR) untuk sambungan pelayanan.

C. Electrical Transient Analyser Program (ETAP)

ETAP 16.0.0 adalah suatu software analisis yang comprehensive untuk mendesain dan mensimulasikan suatu sistem rangkaian tenaga. ETAP dapat memberikan warning terhadap bus-bus yang undervoltage dan overvoltage sehingga pengguna bisa mengetahui bus

mana yang tidak beroperasi optimal. ETAP 16.0.0 bisa melacak data rinci untuk setiap alat listrik. Editor data dapat mempercepat proses entri data dengan meminta data minimum untuk studi tertentu.



Gambar 1. Tampilan Awal dari Aplikasi ETAP 16.0.0

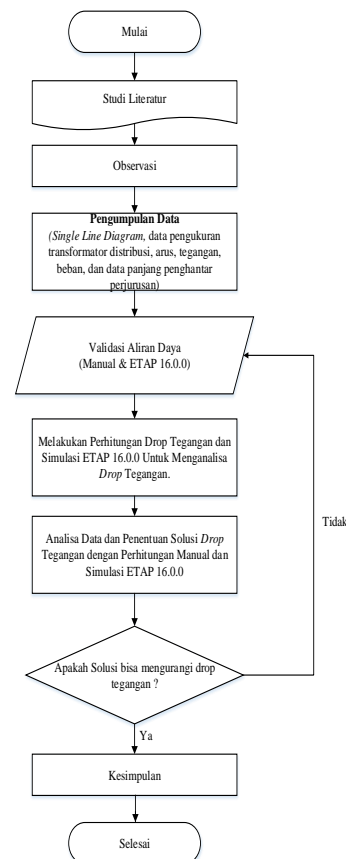
III. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada dilakukan pada wilayah kerja PT. PLN (Persero) ULP Panakkukang bertempat di Jalan Letjen Hertasning, Kassi-kassi, Kecamatan Rappocini, Kota Makassar. Penelitian dan pengumpulan data telah berlangsung selama 6 bulan yang dilakukan mulai bulan Februari 2021 sampai dengan bulan Juli 2021.

B. Prosedur Penelitian

Langkah-langkah prosedur penelitian dapat dilihat pada Gambar 2 Diagram Alir Prosedur Penelitian berikut:



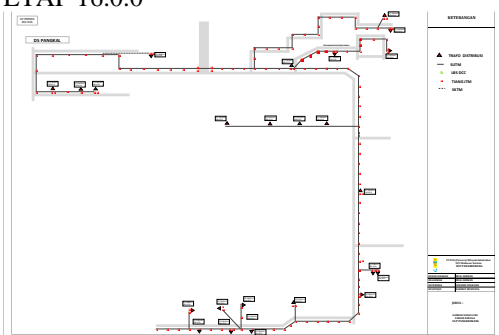
Gambar 2. Diagram Alir prosedur Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

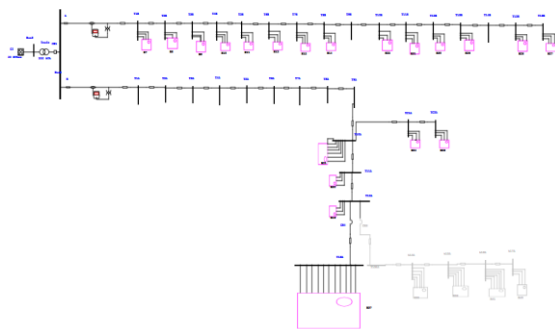
Dalam penelitian ini, penulis mengumpulkan data pada transformator distribusi GT.PBG004 yang merupakan salah satu transformator distribusi yang ada pada penyulang Baruga di PT. PLN (Persero) ULP Panakkukang.

A. Profil Penyulang Baruga

Penyulang Baruga merupakan penyulang yang disuplai dari Gardu Induk (GI) Tello, melalui Trafo daya yang memiliki kapasitas 30 kV. Tiang pada penyulang Baruga dipakai tiang besi dengan panjang 9 m/ 200 daN sesuai dengan penghantar yang digunakan yaitu, kabel LVTC (Low Voltage Twisted Cable) 3 x 70 mm² dan 3 x 35 mm². Pada gambar 3 memperlihatkan sebaran gardu penyulang Baruga dan gambar 4 menunjukkan *Single Line Diagram* Gardu GT.PBG004 pada ETAP 16.0.0



Gambar 3 Sebaran gardu penyulang baruga



Gambar 4 *Single Line Diagram* Penyulang Baruga Pada ETAP 16.0.0

B. Data Gardu GT.PBG004 Penyulang Baruga Sebelum Perbaikan

Tabel 1 Beban Trafo Pada Gardu GT.PBG004 Sebelum Perbaikan

Kode Gardu	Lokasi	Fasa	Tegangan Panel (V)	Tegangan Ujung Jaringan (V)	Tegangan (V)			Beban (kVA)		
					PHB F-N	PHB F-F	UJUNG F-N	R	S	T
GT.PBG004	JL. KOMP IDI	R	228	161	228	386	214	45.6	44.23	49.02
		S	226	144						
		T	229	166						

Tabel 2 Beban Trafo Pada Gardu GT.PBG004 Sebelum Perbaikan

Data Trafo		Penampang	Hasil Pengukuran				% Beban	Ket
Kap.	Prim/Sek		Beban (A)					
			R	S	T	N		
200 kVA	20 kV/ 400V	A (LVTC 3X70 + 50 MM)	69	114	46	72	69,426%	WBP
		B (LVTC 3X70 + 50 MM)	131	80	169			
		TOTAL	200	194	215			

B.1 Perhitungan Drop Tegangan sebelum Perbaikan

- Perhitungan *Drop* Tegangan berdasarkan pengukuran langsung

$$\Delta V_r = \frac{228 - 161}{161} \times 100\% = 41.61\%$$

$$\Delta V_s = \frac{226 - 144}{144} \times 100\% = 56.94\%$$

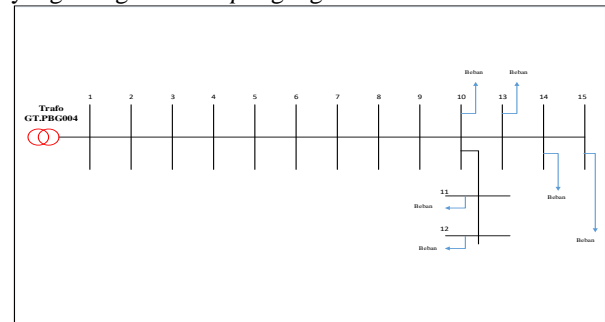
$$\Delta V_t = \frac{229 - 166}{166} \times 100\% = 37.95\%$$

Dari hasil perhitungan manual didapatkan nilai persentase *drop* tegangan setiap fasa pada gardu distribusi GT.PBG004 sebelum perbaikan, dimana :

- Pada fasa R persentase *drop* tegangan dari hasil perhitungan didapatkan hasil 41.61% yang berarti sudah tidak sesuai dengan standar *drop* tegangan yaitu 10%.
- Pada fasa S persentase *drop* tegangan dari hasil perhitungan didapatkan hasil 56.94% yang berarti sudah tidak sesuai dengan standar *drop* tegangan yaitu 10%.
- Pada fasa T persentase *drop* tegangan dari hasil perhitungan didapatkan hasil 37.95% yang berarti sudah tidak sesuai dengan standar *drop* tegangan yaitu 10%.

2. Perhitungan *Drop* Tegangan Per Section Jurusan A

Berikut gambar 5 *Single Line Diagram* Jurusan A yang mengalami *drop* tegangan.



Gambar 5 *Single Line Diagram* Jurusan A

Berdasarkan *single line diagram* jurusan A seperti di atas, maka perhitungan *drop* tegangan per *section* adalah sebagai berikut:

- Perhitungan Resistansi Per *Section* :

Untuk mencari nilai resistansi setiap jurusan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

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

Untuk Resistansi *Section* 1 - 9 (Tanpa Beban)

$$R_{1-9} = 28,25 \Omega \text{ mm}^2/\text{km} \times \frac{0,036 \text{ km}}{70 \text{ mm}^2} = 0,129 \Omega$$

Untuk Resistansi *Section* 10, 11, 12, 13, dan 14

$$R_{10-14} = 28,25 \Omega \text{ mm}^2/\text{km} \times \frac{0,04 \text{ km}}{70 \text{ mm}^2} = 0,016 \Omega$$

Untuk Resistansi *Section* 15

$$R_{15} = 28,25 \Omega \text{ mm}^2/\text{km} \times \frac{0,04 \text{ km}}{35 \text{ mm}^2} = 0,032 \Omega$$

- Perhitungan Daya Per *Section* :

Jumlah rumah x Daya yang terpasang dirumah (VA)

Total daya yang terpasang di section 1 = 26900 VA

Untuk mengetahui daya per section dapat dilihat pada tabel 3 dengan menggunakan rumus yang sama.

c) Perhitungan Arus Per Section

$$\text{daya per section (VA)} \times \frac{V_p - p}{\sqrt{3}}$$

Diketahui :

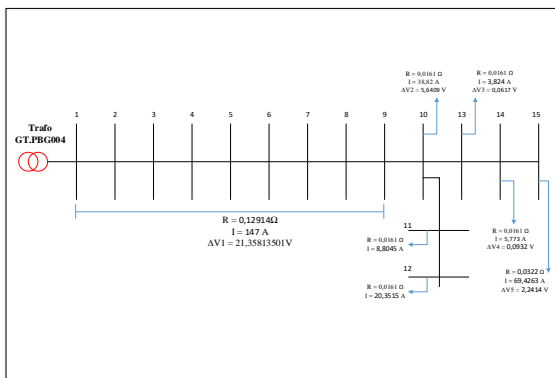
$$V_p - p = 400 \text{ V}$$

$$\text{Arus section 10} = 26900 \text{ VA} \times \frac{400 \text{ V}}{\sqrt{3}} = 38,83 \text{ A}$$

Untuk mengetahui arus beban setiap section dapat dilihat pada tabel 3 dengan menggunakan rumus yang sama dan gambar 6 menampilkan hasil perhitungan dalam per section.

Tabel 3 Hasil Perhitungan Per Section

Data Tiang	Fasa	Jumlah Rumah	Daya (VA)	Total Daya (VA)	Arus (A)	Daya per section (VA)	Arus per section (A)
Tiang 10	Phasa R	6	450	2700	3,90	26900	38,83
	Phasa S	7	450	3150	4,55		
	Phasa T	1	450	450	0,65		
	Phasa T	5	900	4500	6,50		
	Phasa T	8	1300	10400	15,01		
	Phasa T	1	2200	2200	3,18		
	Phasa T	1	3500	3500	5,05		
Tiang 11	Phasa R	1	1300	1300	1,88	6100	8,80
	Phasa S	1	1300	1300	1,88		
	Phasa T	1	3500	3500	5,05		
Tiang 12	Phasa R	1	1300	1300	1,88	14100	20,35
	Phasa S	1	2200	2200	3,18		
Tiang 13	Phasa T	1	10600	10600	15,30	2650	3,82
	Phasa R	1	900	900	1,30		
	Phasa S	1	1300	1300	1,88		
	Phasa T	1	450	450	0,65		
Tiang 14	Phasa R	1	900	900	1,30	4000	5,77
	Phasa S	1	2200	2200	3,18		
	Phasa T	1	900	900	1,30		
Tiang 15	Phasa R	6	450	2700	3,90	48100	69,43
	Phasa S	25	450	11250	16,24		
	Phasa T	3	450	1350	1,95		
		4	900	3600	5,20		
		13	1300	16900	24,39		
		4	2200	8800	12,70		
		1	3500	3500	5,05		
Total		97		101850	147,01	101850	147,01



Gambar 6 Hasil Perhitungan Jurusan A Per Section Sebelum Perbaikan

Sehingga didapatkan nilai resistansi per section dan arus per section sehingga dapat dihitung drop tegangan per section nya.

Diketahui:

$$V_p = \frac{400 \text{ V}}{\sqrt{3}} = 231 \text{ V}$$

$$\Delta V = I \times R$$

$$\Delta V_1 = I \times R_{1-9} = 147,01 \text{ A} \times 0,129 \Omega = 18,98 \text{ V}$$

$$V = V_p - \Delta V_1$$

$$V_{1-9} = 231 \text{ V} - 18,98 \text{ V} = 212,014 \text{ V}$$

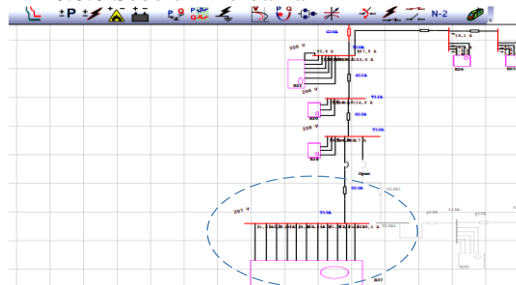
Section 1-9 memiliki drop tegangan yang besar dikarenakan total dari drop tegangan dari section 15 hingga section 10. Untuk mengetahui drop tegangan per section dapat dilihat pada tabel 4 dengan menggunakan rumus yang sama seperti diatas. Berikut hasil perhitungan drop tegangan per section dan tegangan per section.

Tabel 4 Perhitungan Drop Tegangan Dan Tegangan Per Section

Section	Drop Tegangan ΔV (V)	Tegangan Per Section (V)
1-9	18,99	212,01
9-10	5,01	207
10-13	0,06	206,94
13-14	0,09	206,85
14-15	2,24	204,6

3. Simulasi ETAP 16.0.0 Pada Gardu GT.PBG004 Sebelum perbaikan

Berikut gambar 7 hasil simulasi tegangan ujung di ETAP 16.0.0 Sebelum Perbaikan



Gambar 7 Hasil Simulasi Tegangan Ujung di ETAP 16.0.0 Sebelum Perbaikan

4. Perbandingan Simulasi dan Perhitungan Manual Sebelum Perbaikan

Tabel 5 Perbandingan Persentase Drop Tegangan Sebelum Perbaikan

GARDU	Persentase drop tegangan hingga ujung jaringan	
	Sebelum Perbaikan	
GT.PBG004	Manual	ETAP
	204 V	207 V

Dapat dilihat perbandingan drop tegangan antara perhitungan manual dengan menggunakan aplikasi ETAP 16.0.0 memiliki selisih 3 V.

5. Faktor yang menyebabkan terjadinya drop tegangan

Hasil analisa dan wawancara staf distribusi penyebab drop tegangan yaitu, sambungan rumah seri banyak Pencabangan/sambungan seri dibatasi 5 sambungan pelayanan. Jumlah sambungan pelayanan dari atas tiang tidak melebihi 5 sambungan dan untuk listrik pedesaan tidak melebihi 7 sambungan., instalasi penyambungan antar konektor kurang bagus, dan luas penampang penghantar yang kecil.

Solusi dari drop tegangan ini ialah penambahan penampang kabel dan penambahan jaringan tegangan rendah agar sambungan rumah seri banyak berkurang jumlahnya, karena dengan ditambahkan jaringan tegangan rendah maka jarak dari sambungan rumah ke jaringan tegangan rendah akan lebih dekat serta sambungan rumah tidak mencantol hanya pada satu tiang saja dan memiliki waktu penanganan yang cepat

B.2 Data Gardu GT.PBG004 Penyulang Baruga Setelah Perbaikan

Tabel 6 Data Beban Trafo Pada Gardu GT.PBG004 Setelah Perbaikan

Kode Gardu	Lokasi	Fasa	Tegangan (V)			Tegangan (V)			Beban (kVA)		
			Tegangan Panel (V)	Tegangan Ujung Jaringan (V)		PHB F-N	PHB F-F	Ujung F-N	R	S	T
GT.PBG004	JL. KOMP. IDI	R	230	221	233	406	219	31.87	35.03	31.44	
		S	229	219							
		T	233	219							

Tabel 7 Hasil Pengukuran Tegangan Pada Gardu GT.PBG004 Setelah Perbaikan

DATA TRAF0		PENAMPANG	HASIL PENGUKURAN BEBAN (A)				% BEBAN	KET
KAP.	PRIM/SEK		R	S	T	N		
10 kVA	20 kV/400 V	A (LVTC 3X70 + 50MM)	69	111	46	42	64.76 %	WBP
		B (LVTC 3X70 + 50MM)	132	75	123			
TOTAL			201	186	169			

1. Perhitungan Drop Tegangan Setelah Perbaikan Berdasarkan Pengukuran Langsung

$$\Delta V_r = \frac{230 - 221}{221} \times 100\% = 4,07\%$$

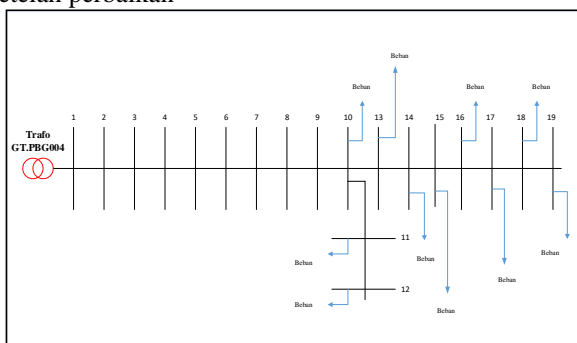
$$\Delta V_s = \frac{229 - 219}{219} \times 100\% = 4,5\%$$

$$\Delta V_t = \frac{233 - 219}{219} \times 100\% = 6,39\%$$

Dari hasil perhitungan manual didapatkan nilai persentase drop tegangan setiap fasa pada gardu distribusi GT.PBG004 setelah perbaikan, dimana :

- Pada fasa R persentase drop tegangan dari hasil perhitungan didapatkan hasil 4,07% yang berarti sudah sesuai dengan standar drop tegangan yaitu 10%.
- Pada fasa S persentase drop tegangan dari hasil perhitungan didapatkan hasil 4.5% yang berarti sudah sesuai dengan standar drop tegangan yaitu 10%.
- Pada fasa T persentase drop tegangan d dari hasil perhitungan didapatkan hasil 6,39% yang berarti sudah sesuai dengan standar drop tegangan yaitu 10%

2. Perhitungan Drop Tegangan Per Section Jurusan A Berikut gambar 8 Single Line Diagram Jurusan A setelah perbaikan



Gambar 8 Single Line Diagram Jurusan A Setelah Perbaikan

Berdasarkan single line diagram jurusan A seperti di atas, maka perhitungan drop tegangan per section adalah sebagai berikut:

a) Perhitungan Resistansi Per Section :

Untuk mencari nilai resistansi setiap jurusan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

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

Untuk Resistansi Section 1 - 9 (Tanpa Beban)

$$R_{1-9} = 28,25 \Omega \text{ mm}^2/\text{km} \times \frac{0,036 \text{ km}}{70 \text{ mm}^2} = 0,129 \Omega$$

Untuk Resistansi Section 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, dan 19

$$R_{10-19} = 28,25 \Omega \text{ mm}^2/\text{km} \times \frac{0,04 \text{ km}}{70 \text{ mm}^2} = 0,016 \Omega$$

b) Perhitungan Daya Per Section :

Jumlah rumah x Daya yang terpasang dirumah (VA)

Total daya yang terpasang di section 1 = 26900 VA

Untuk mengetahui daya per section dapat dilihat pada tabel 8 dengan menggunakan rumus yang sama.

c) Perhitungan Arus Per Section

$$\text{daya per section (VA)} \times \frac{V_{p-p}}{\sqrt{3}}$$

Diketahui :

$$V_p - p = 400 \text{ V}$$

$$\text{Arus section 10} = 26900 \text{ VA} \times \frac{400 \text{ V}}{\sqrt{3}} = 38,83 \text{ A}$$

Untuk mengetahui arus beban setiap section dapat dilihat pada tabel 8 dengan menggunakan rumus yang sama dan gambar 9 menampilkan hasil perhitungan dalam per section.

Tabel 8 Hasil Perhitungan Per Section

Data/Tiang	Fasa	Jumlah Rumah	Daya (VA)	Total Daya (VA)	Arus (A)	Daya per section (VA)	Arus per section (A)
Tiang 10	Phasa R	6	450	2700	3,90	26900	38,83
	Phasa S	7	450	3150	4,55		
	Phasa T	1	450	450	0,65		
	Phasa T	5	900	4500	6,50		
	Phasa T	8	1300	10400	15,01		
	Phasa T	1	2200	2200	3,18		
Tiang 11	Phasa T	1	3500	3500	5,05	6100	8,80
	Phasa R	1	1300	1300	1,88		
	Phasa S	1	1300	1300	1,88		
Tiang 12	Phasa T	1	3500	3500	5,05	14100	20,35
	Phasa R	1	1300	1300	1,88		
	Phasa S	1	2200	2200	3,18		
Tiang 13	Phasa T	1	10600	10600	15,30	2650	3,82
	Phasa R	1	900	900	1,30		
	Phasa S	1	1300	1300	1,88		
	Phasa T	1	450	450	0,65		
Tiang 14	Phasa R	1	900	900	1,30	4000	5,77
	Phasa S	1	2200	2200	3,18		
	Phasa T	1	900	900	1,30		
Tiang 15	-	-	-	-	-	1	0,00
Tiang 16	Phasa R	2	450	900	1,30	13300	19,20
	Phasa S	5	450	2250	3,25		
	Phasa T	3	450	1350	1,95		
	Phasa T	4	2200	8800	12,70		
Tiang 17	Phasa R	2	450	900	1,30	12750	18,40
	Phasa S	5	450	2250	3,25		
	Phasa T	2	900	1800	2,60		
	Phasa T	6	1300	7800	11,26		
Tiang 18	Phasa R	2	450	900	1,30	4950	7,14
	Phasa S	5	450	2250	3,25		
	Phasa T	2	900	1800	2,60		
Tiang 19	Phasa S	10	450	4500	6,50	17100	24,68
	Phasa T	1	3500	3500	5,05		
	Phasa T	7	1300	9100	13,13		
	Phasa T	7	1300	9100	13,13		
Total		97		101850	147,008	101851	147,009256

Sehingga didapatkan nilai resistansi per section dan arus per section sehingga dapat dihitung drop tegangan per section nya.

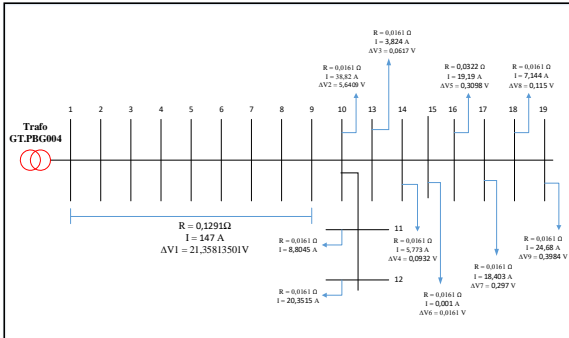
Diketahui:

$$V_L = 400 \text{ V}$$

$$V_p = \frac{400 \text{ V}}{\sqrt{3}} = 231 \text{ V}$$

$$\Delta V = I \times R$$

$$\begin{aligned} \Delta V1 &= I \times R_{1-9} \\ &= 147,01 \text{ A} \times 0,129 \Omega \\ &= 18,98 \text{ V} \\ V &= V_p - \Delta V1 \\ V_{1-9} &= 231 \text{ V} - 18,98 \text{ V} \\ &= 212,014 \text{ V} \end{aligned}$$



Gambar 9 Hasil Perhitungan Jurusan A Per Section Setelah Perbaikan

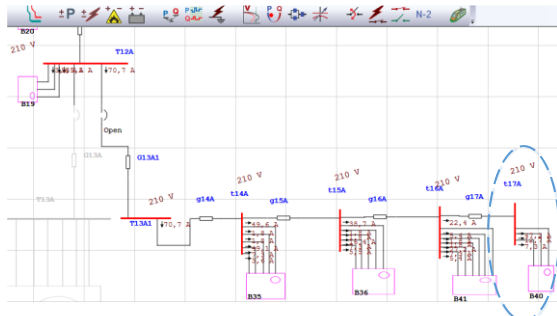
Untuk mengetahui *drop* tegangan per *section* dapat dilihat pada tabel 9 dengan menggunakan rumus yang sama seperti diatas. Berikut hasil perhitungan *drop* tegangan per *section* dan tegangan per *section*

Tabel 9 Perhitungan *Drop* Tegangan Dan Tegangan Per Section

Section	Drop Tegangan ΔV (V)	Tegangan per section (V)
1 - 9	18,99	212,01
9 - 10	0,63	211,39
10 - 13	0,06	211,33
13 - 14	0,09	211,23
14 - 15	0	211,23
15 - 16	0,31	210,92
16 - 17	0,3	210,63
17 - 18	0,12	210,51
18 - 19	0,4	210,11

Setelah mendapatkan nilai *drop* tegangan dari tegangan pangkal 231 V hingga ujung jurusan A sebesar 210,11 V mengalami penurunan tegangan sebesar 20,89 V. Hal ini menunjukkan adanya pengurangan *drop* tegangan dari setelah perbaikan. Setelah perbaikan penambahan jaringan tegangan rendah maka jarak dari sambungan rumah ke jaringan tegangan rendah akan lebih dekat serta sambungan rumah tidak mencantol hanya pada satu tiang saja dari sebelumnya 1 tiang menjadi 4 tiang dan pergantian penampang kabel dari 35 mm² menjadi 70 mm².

3. Simulasi ETAP 16.0.0 Pada Gardu GT.PBG004



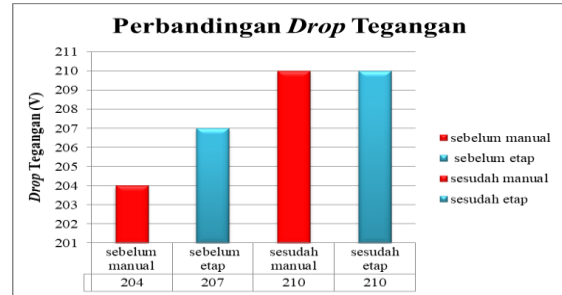
Gambar 10 Hasil Simulasi Tegangan Ujung di ETAP 16.0.0 Setelah Perbaikan

4. Perbandingan Perhitungan Manual dan ETAP Setelah Perbaikan

Tabel 10 Perbandingan Persentase *Drop* Tegangan Setelah Perbaikan

GARDU	Persentase <i>drop</i> tegangan hingga ujung jurusan Setelah Perbaikan	
	Manual	ETAP
GT.PBG004	210 V	210 V

5. Perbandingan *Drop* Tegangan Sebelum dan Setelah Perbaikan



Gambar 11 Diagram Perbandingan *Drop* Tegangan GT.PBG004

Sebelum perbaikan *drop* tegangan yang dihitung secara manual pada jurusan A sebesar 204 V dan setelah perbaikan *drop* tegangan pada jurusan A menjadi 210 V sedangkan hasil simulasi ETAP 16.0.0 hasil simulasi sebelum perbaikan sebesar 207 V dan setelah dilakukan perbaikan menjadi 210 V.

V. KESIMPULAN

1. Dari hasil perhitungan manual didapatkan nilai persentase *drop* tegangan pada jurusan A sebelum perbaikan yaitu sebesar 204 V sedangkan setelah perbaikan persentase *drop* tegangan didapatkan dari hasil perhitungan sebesar menjadi 210 V.
2. Simulasi program ETAP 16.0.0 berdasarkan kondisi *drop* tegangan yang terjadi mendapatkan hasil simulasi sebesar 207 V dan kondisi *drop* tegangan setelah perbaikan mendapatkan hasil simulasi sebesar 210 V.
3. Hasil analisa dan wawancara staf distribusi penyebab *drop* tegangan yaitu, sambungan rumah seri banyak, instalasi penyambungan antar konektor kurang bagus, dan luas penampang penghantar yang kecil.
4. Solusi dari perbaikan *drop* tegangan yang terealisasi pada gardu GT.PBG004 dengan melakukan penambahan penampang kabel dan penambahan jaringan tegangan rendah agar sambungan rumah seri banyak berkurang jumlahnya, karena dengan ditambahkan jaringan tegangan rendah maka jarak dari sambungan rumah ke jaringan tegangan rendah akan lebih dekat serta sambungan rumah tidak mencantol hanya pada satu tiang saja dan memiliki waktu penanganan yang cepat.

REFERENSI

- [1] Arismunandar, Artono dan Susumu Kuwahara 2004. Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik. Jilid II. Cetakan ke-tujuh. Jakarta. PT Pradnya Paramita.
- [2] SPLN 1995:1, “Tegangan-Tegangan Standar “, PT. PLN (PERSERO) Kebayoran Baru, Jakarta 1995.
- [3] SPLN 1993:56-1, “Sambungan Listrik Tegangan Rendah (SLTR)”. Jakarta : Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara
- [4] Multa, Lesnanto dkk . 2013. Modul Pelatihan ETAP. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- [5] Daryanto. 2010. Teknik Listrik. Bandung: PT. Sarana Tutorial Nurani Sejahtera .