

PERENCANAAN PEMASANGAN GARDU SISIP P117 Di PT PLN (PERSERO) AREA BANGKA

Lisma^[1], Yusro Hakimah^[2]

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tridianti Palembang

Abstrak

Berdasarkan pengukuran Jatuh tegangan pada pelanggan ujung jurusan satu gardu P117 di PT.PLN (Persero) Area Bangka sangat rendah tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan SPLN No 1/1995 dimana tegangan standar +10% dan -5% dari tegangan nominal dimana standar tegangan jaringan tegangan rendah maksimal -4% dari tegangan nominal.

Untuk memperbaiki nilai tegangan terima pada ujung jaringan jurusan satu gardu P117 maka dilakukan perhitungan tegangan ujung dengan menambahkan gardu sisip. Pada saat sebelum dilakukan pemasangan gardu sisip, gardu P117 jurusan satu memiliki tegangan pada fasa R sebesar 182,15 Volt, fasa S sebesar 175,96 Volt dan fasa T sebesar 195,22 Volt. Setelah dilakukan perencanaan penambahan gardu sisip di P117D30 maka didapat perbaikan tegangan pada ujung jaringan jurusan satu gardu P117 yaitu fasa R sebesar 227,90 Volt, Fasa S sebesar 224,10 Volt dan Fasa T sebesar 228,75 Volt.

Kata kunci : Gardu sisip, drop tegangan, rugi- rugi jaringan Distribusi

Abstract

Based on the measurement of voltage drop on the customer end of the substation P117 majoring in PT PLN (Persero) is very low Bangka area does not comply with the standards set SPLN No. 1/1995 dimana standard voltage +10% and -5% of the nominal voltage of the network where the standard voltage low voltage maximum of -4% of the nominal voltage.

To fix the value of the voltage received at the end of a network department substation P117 then calculated by adding the tip voltage substation inline. At the time prior to the installation of substation-line, substation P117 majors have voltage on one phase at 182.15 Volt R, S phase and phase at 175.96 Volt Volt T at 195.22. After the addition of substation planning P117D30 insert in the importance of the improvement of the voltage at one end of the network department substation P117 227.90 for the phase R Volt, S phase and phase at 224.10 Volt Volt T at 228.75.

Keyword :

1. Alumni Fak.Teknik Jur. Elektro Universitas Tridianti Palembang
2. Dosen Fak.Teknik Universitas Tridianti Palembang

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangunan di bidang ketenagalistrikan menjadi prioritas utama pemerintah karena tenaga listrik merupakan kebutuhan primer yang harus dipenuhi. Dalam usahanya memenuhi tingginya kebutuhan akan tenaga listrik, tentunya akan menemui berbagai kendala dan kesulitan. Kendala dan kesulitan yang muncul di PT. PLN (Persero) adalah bagaimana menyediakan jasa ketenagalistrikan yang berkualitas, kontinu, handal, dan memiliki efisiensi tinggi.

Di PT. PLN (Persero) Area Bangka masih banyak pelanggan yang letaknya jauh dari gardu distribusi. Khususnya gardu dengan nomor P117 memiliki panjang jaringan tegangan rendah sepanjang 1742 meter. Hal ini menyebabkan drop tegangan pada pelanggan yang berada diujung jaringan dan juga dapat menyebabkan losses. Tegangan ujung penerimaan yang terjadi melebihi batas toleransi yang diizinkan, Salah satu upaya untuk memperbaiki tegangan ujung pelanggan dan meminimalisir losses akibat jaringan yang jauh maka dilakukan dengan

membangun jaringan baru atau menambah jumlah gardu distribusi.

1.2. Pembatasan Masalah

Tulisan ini akan membahas mengenai perbaikan tegangan ujung gardu distribusi P117 di PT. PLN (Persero) Area Bangka dengan perencanaan pemasangan gardu sisip untuk mengatasi drop tegangan yang terjadi. dengan melihat panjang jaringan tegangan rendah jurusan satu pada gardu P117 yang panjang jaringan tersebut akan mempengaruhi besarnya rugi-rugi dan drop tegangan ditiang akhir jaringan.

II. Landasan Teori

2.1. Rugi – rugi Jaringan Distribusi

Arus yang mengalir dalam suatu penghantar besarnya sebanding dengan tegangan (beda potensial) antara ujung-ujung penghantar tadi dan dinyatakan dengan persamaan :

$$i = \frac{V}{R} \text{ (Hukum Ohm)(8)}$$

Dengan i = arus, V = tegangan, dan R adalah bilangan tetap yang dinamakan tahanan dari penghantar. Penghantar yang mengikuti hukum Ohm dinamakan penghantar yang linier.

Pada umumnya tahanan berubah dengan berubahnya temperatur. Untuk penghantar dari logam, besarnya tahanan bertambah besar jika temperaturnya makin tinggi.

Jika dalam suatu penghantar mengalir arus listrik maka dalam penghantar ini ada tenaga listrik yang hilang dan berubah menjadi panas , dikatakan ada tenaga listrik yang terdissipasi. Besarnya tenaga yang terdissipasi tiap detiknya atau daya yang terdissipasi adalah :

$$P = V \cdot i \text{ Watt (Joule/dtk)(9)}$$

2.2. Drop Tegangan

Jatuh tegangan (voltage drop) pada sistem distribusi arus searah dihitung dengan mengalikan arus beban I (ampere) dengan hambatan R (ohm)

$$V_{drop} = I \cdot R \text{ Volt(11)}$$

$$\Delta V = I \cdot (R \cdot \cos \theta + X \sin \theta) \dots(14)$$

Jika diketahui jarak atau panjang saluran L (km), maka turun tegangan dapat dicari dengan :

$$\Delta V = I \cdot L \cdot (R \cdot \cos \theta + X \cdot \sin \theta) \text{(15)}$$

2.3. Sistem Regulasi Tegangan

Jatuh tegangan adalah selisih antara tegangan ujung pengiriman dan tegangan ujung penerimaan, jatuh tegangan disebabkan oleh hambatan dan arus, pada saluran bolak-balik besarnya tergantung dari impedansi dan admitansi saluran serta pada beban dan faktor daya. Jatuh tegangan relatif dinamakan regulasi tegangan dan dinyatakan dengan rumus:

$$V_{reg} = \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100 \% \dots\dots\dots(17)$$

Keterangan :

V_s = Tegangan ujung pengiriman (volt)

V_r = Tegangan ujung penerimaan (volt)

Saluran daya umumnya melayani beban yang memiliki faktor daya tertinggal. Faktor-faktor yang mendasari bervariasinya tegangan sistem distribusi adalah :

- a. konsumen pada umumnya memakai peralatan yang memerlukan tegangan tertentu.
- b. letak konsumen tersebar, sehingga jarak tiap konsumen dengan titik pelayanan tidak sama
- c. pusat pelayanan tidak dapat diletakkan merata atau tersebar
- d. terjadi jatuh tegangan

faktor b, c, dan d menyebabkan tegangan yang diterima konsumen tidak selalu sama. Konsumen yang letaknya jauh dari titik pelayanan akan cenderung menerima tegangan relatif lebih rendah dibandingkan dengan konsumen yang letaknya dekat dengan pusat pelayanan. Metoda-metoda yang digunakan untuk memperbaiki regulasi tegangan saluran distribusi salah satunya perluasan jaringan dengan pemasangan gardu sisip.

2.4. Penyebab Jatuh Tegangan

Komponen utama yang berpengaruh terhadap besarnya jatuh tegangan adalah :

- Beban (A) yang mengalir pada saluran.
- Tahanan (R) dan Reaktansi (X_L) pada saluran.
- Panjang Saluran

➤ Faktor daya.

2.4.1. Beban (A)

Semakin besar arus yang mengalir pada saluran maka akan semakin besar juga jatuh tegangannya, sehingga tegangan pada ujung penerimaan akan menjadi rendah.

Besarnya arus / beban tergantung dari pembebanan sistem distribusi. Karena pemakaian dari beban ini tidak bersamaan dalam penggunaannya sehingga mengakibatkan beban di setiap fasanya tidak seimbang, ketidakseimbangan beban setiap fasanya mengakibatkan penghantar netral yang dipasang dari gardu distribusi dengan sistem 3 fasa 4 kawat mengalir arus dan hal ini sangat merugikan pada pasokan tenaga listrik.

2.4.2. Tahanan (R) dan Nilai Reaktansi (X_L)

Besarnya nilai tahanan dari suatu penghantar / saluran dapat dilihat dari rumus berikut :

$$R = \rho \frac{L}{A} \text{ (ohm)(18)}$$

Dimana :

- R = Resistansi (ohm)
- ρ = Koefisien jenis penghantar
- A = Luas penampang penghantar (mm²)
- L = Panjang penghantar (m)

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Survey Lokasi

Untuk mendapatkan data-data gardu P117 yang akurat penulis langsung ke lokasi yaitu dengan melakukan data sebelum direncanakan pemasangan gardu sisip dan setelah dilakukan pemasangan gardu sisip.

3.2. Data – data transformator yang digunakan

Untuk memperoleh data-data yang dibutuhkan dalam perhitungan, maka digunakan

sebuah transformator tiga Phasa dengan data-data sebagai berikut :

Spesifikasi Trafo Tiang adalah sebagai berikut :

Daya	: 100 kVA
Tegangan Operasi	: 20 KV
Tegangan (E) Nominal	: 400 volt
Frekuensi	: 50 Hz
Arus Nominal	: 2,89 – 144,34 A
Hubungan	: Yzn5
Impedansi	: 4%
Trafo	: 1 x 3 phasa

3.3. Data Pengukuran Gardu Distribusi P117

Gardu P117 yang letaknya di Sembada/konghin Pangkalpinang merupakan gardu portal terdiri dari 2 jurusan. Berdasarkan data pengukuran arus dan tegangan gardu P117 pada tanggal 07 Agustus 2012 pukul 17:28 WIB, maka didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut :

Tabel 1. Data Pengukuran Arus Beban Pada Gardu P117

Jur.	Arus di gardu (A)			
	R	S	T	N
I total	171,5	107,5	128,4	63,4
1	72,3	81,3	57,3	38,2
2	94,5	30,3	78,6	52,1

Tabel 2. Data Pengukuran Tegangan di Gardu P117

Tegangan di gardu (V)					
R-S	S-T	T-R	R-N	S-N	T-N
400	399	407	231	229	235

Tabel 3. Data Pengukuran Tegangan di Ujung JTR Gardu P117

Jur.	Tegangan di ujung JTR (V)					
	R-S	S-T	T-R	R-N	S-N	T-N
1	348	341,2	364,8	185,8	174,3	194,2
2	388	391	389	214,3	223,1	220,5

Dari data hasil pengukuran gardu tersebut diketahui drop tegangan pada jurusan 1 gardu P117 sangat rendah, hal ini menyebabkan kualitas tegangan yang sampai ke pelanggan pada jurusan 1 sangat tidak sesuai dengan tegangan standar sistem tegangan rendah.

3.4. Penghantar Jurusan 1 Gardu P117

Pada umumnya PT. PLN (Persero) Cabang Bangka, menggunakan SUTR dengan isolasi (kabel pilin), dengan inti aluminium. Dengan karakteristik elektrik sebagai berikut :

Tabel 4. Karakteristik Twisted Kabel Aluminium

Size Kabel (mm ²)	Phasa			Netral
	R (Ohm/Km)	Arus Max (A)	X Ohm/km	Resistansi (Ohm/km)
2x10	3,08	54	0,168	3,08
2x16	1,91	72	0,138	1,91
2x25+1x25	1,2	130	0,124	1,38
2x35+1x25	0,868	125	0,116	1,38
2x50+1x25	0,641	154	0,106	0,986
3x70+1x50	0,443	196	0,103	0,69
3x95+1x70	0,32	242	0,098	0,45

Sumber : Overhead Transmission And Distribution Line Conductor

Pada jurusan 1 gardu P117 memiliki jarak jaringan tegangan rendah yang terpanjang yaitu 1724,4 m dan Jenis penghantar jaringan tegangan rendah pada gardu tersebut yaitu LVTC 3x70+50 mm².

3.5. Pemasangan Gardu Sisipan

Pemasangan gardu distribusi sisipan ini dimaksudkan untuk mengurangi beban pada gardu distribusi yang sudah ada sebelumnya dengan memindahkan sebagian beban ke gardu distribusi sisipan yang baru. Disamping mengurangi beban dari gardu distribusi yang sudah ada pemasangan gardu distribusi sisipan ini juga dapat mengurangi panjang saluran / radius pelayanan dari gardu distribusi yang sudah terpasang sebelumnya, sehingga jatuh tegangan pada jaringan distribusi sekunder juga ikut berkurang.

Penempatan gardu distribusi sisipan ini harus diperhitungkan dengan matang agar

diperoleh posisi yang tepat, sehingga gardu distribusi sisipan ini dapat berfungsi untuk meningkatkan kualitas tegangan di ujung jaringan distribusi. Sehingga rugi-rugi daya yang terjadi dapat ditekan serta mampu mengantisipasi kepadatan / perkembangan beban.

3.6. Penyeimbangan Beban Gardu

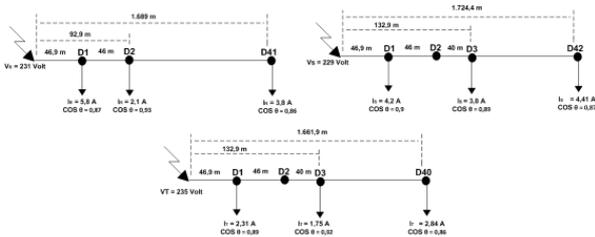
Yang dimaksud dengan penyeimbangan beban gardu adalah memindahkan beban dari fasa yang paling berat bebannya ke fasa yang mempunyai beban yang lebih ringan. Hal ini dilakukan agar beban pada ketiga fasa jaringan distribusi sekunder menjadi seimbang. Jaringan distribusi sekunder yang di distribusikan ke pelanggan-pelanggan dengan sistem tiga fasa empat kawat diusahakan penyaluran bebannya merata disetiap fasa dengan cara memberi beban yang teratur disetiap fasa tersebut (R, S dan T). Apabila terjadi pembebanan yang tidak merata maka akan terjadi kepincangan beban, pada kondisi seperti ini akan menimbulkan perbedaan kualitas tegangan diantara ketiga fasanya. Maka dengan adanya penyeimbangan beban diharapkan jatuh tegangan pada fasa yang dibebani paling berat akan berkurang sehingga akan memperbaiki mutu tegangan pada fasa tersebut.

IV. HASIL PENELITIAN DAN ANALISA DATA

4.1. Perhitungan Jatuh Tegangan di Jurusan 1 Gardu P117

Diketahui panjang jaringan tegangan rendah dari gardu P117 ke tiang terakhir yaitu sepanjang 1724,4 Meter dengan jumlah tiang saluran tegangan rendah sebanyak 42 tiang. Dari tabel 4 untuk penghantar LVTC 3x70+50 mm² diketahui nilai resistansi penghantar = 0,433 Ω/km dan nilai Reaktansi penghantar = 0,103 Ω/km, untuk nilai faktor beban di asumsikan cos θ yaitu 0,85.

4.1.1. Perhitungan Jatuh Tegangan Sebelum Direncanakan Pemasangan Gardu Sisip.



Gambar 1. Rangkaian listrik perhitungan jatuh tegangan Sebelum Direncanakan Pemasangan Gardu Sisip

Untuk menghitung jatuh tegangan sebelum direncanakan pemasangan gardu sisip, maka di gunakan data tegangan fase – netral digardu :

- R – N : 231 Volt
- S – N: 229 Volt
- T – N : 235 Volt

1. Jatuh Tegangan Fase R
 - a. Jatuh Tegangan di Tiang P117D1

$$\Delta V = I \times (R \cdot \cos \theta + X \cdot \sin \theta) \times L$$

$$\Delta V = 5,8 \text{ A} \times ((0,433 \times 0,87) + (0,103 \times 0,493)) \Omega/\text{km} \times 0,046 \text{ km}$$

$$\Delta V = 0,12 \text{ Volt}$$

Maka tegangan di tiang P117D1

$$\Delta V = V_{\text{sumber}} - V_{\text{ujung}}$$

$$V_{\text{ujung}} = V_{\text{sumber}} - \Delta V$$

$$= 231 - 0,12 \text{ volt} = 230,88 \text{ Volt}$$

Berikut merupakan tabel hasil perhitungan jatuh tegangan untuk fase R sebelum di rencanakan pemasangan gardu sisip.

Tabel 5. Perhitungan Jatuh Tegangan Fase R Gardu P117

No.	No. Tiang	I (Ampere)	L (Meter)	Cos θ	ΔV (Volt)
1	P117D1	5,8	46,9	0,87	0,12
2	P117D2	7,9	92,9	0,93	0,33
3	P117D4	9,7	170,6	0,91	0,74
4	P117D5	13,1	215,1	0,89	1,24
5	P117D6	14,8	255,3	0,91	1,68
6	P117D9	18,6	377,3	0,88	3,07
7	P117D11	26,5	457,2	0,86	5,24
8	P117D12	30,0	496,4	0,82	6,28
9	P117D13	35,8	535,8	0,84	8,20
10	P117D15	37,2	611,9	0,88	9,97
11	P117D16	39,2	649,6	0,92	11,41
12	P117D18	45,5	733,7	0,87	14,56
13	P117D20	49,2	811,6	0,89	17,62
14	P117D23	53,3	948,7	0,91	22,54
15	P117D33	57,1	1387,4	0,92	35,48
16	P117D37	61,3	1545,4	0,88	41,55
17	P117D41	65,1	1689,2	0,86	47,67

Kita mengetahui untuk tegangan standar peralatan rumah tangga yaitu 220 Volt. Dari tabel diatas dapat dilihat tegangan pada fase R yang di bawah 220 Volt yaitu terletak di tiang tegangan rendah P117 D16 sebesar 219,59 Volt.

2. Jatuh Tegangan Fase S
 - a. Jatuh Tegangan di Tiang P117D1

$$\Delta V = I \times (R \cdot \cos \theta + X \cdot \sin \theta) \times L$$

$$\Delta V = 4,2 \text{ A} \times ((0,433 \times 0,9) + (0,103 \times 0,435)) \Omega/\text{km} \times 0,046 \text{ km}$$

$$\Delta V = 0,09 \text{ Volt}$$

Maka tegangan di tiang P117D1

$$\Delta V = V_{\text{sumber}} - V_{\text{ujung}}$$

$$V_{\text{ujung}} = V_{\text{sumber}} - \Delta V = 229 - 0,09 \text{ volt} = 228,91 \text{ Volt}$$

Berikut merupakan tabel hasil perhitungan jatuh tegangan untuk fase S sebelum di rencanakan pemasangan gardu sisip.

Tabel 6. Perhitungan Jatuh Tegangan Fase S Gardu P117

No.	No. Tiang	I (Ampere)	L (Meter)	Cos θ	ΔV (Volt)
1	P117D1	4,20	46,9	0,9	0,09
2	P117D3	8,00	132,9	0,89	0,47
3	P117D6	10,40	255,3	0,94	1,20
4	P117D8	12,45	335,2	0,91	1,86
5	P117D10	16,72	415,2	0,86	3,01
6	P117D11	21,02	457,2	0,93	4,32
7	P117D12	26,92	496,4	0,84	5,72
8	P117D19	32,60	772,7	0,87	10,99
9	P117D21	34,94	843,2	0,95	13,35
10	P117D22	39,04	897,5	0,96	15,91
11	P117D24	43,24	1003,8	0,94	19,60
12	P117D27	45,58	1156,2	0,92	23,60
13	P117D30	50,36	1281,1	0,89	28,46
14	P117D32	52,79	1348,8	0,89	31,41
15	P117D35	57,05	1458,7	0,91	37,09
16	P117D38	62,87	1590,6	0,92	44,77
17	P117D39	67,10	1629,8	0,94	49,38
18	P117D40	71,67	1661,9	0,85	51,30
19	P117D42	76,08	1724,4	0,87	57,22

Dari tabel diatas dapat dilihat tegangan pada fasa S yang di bawah 220 Volt yaitu terletak di tiang tegangan rendah P117 D19 sebesar 218,01 Volt.

3. Jatuh Tegangan Fasa T

a. Jatuh Tegangan di Tiang P117D1

$$\Delta V = I \times (R \cdot \cos \theta + X \cdot \sin \theta) \times L$$

$$\Delta V = 2,31 \text{ A} \times ((0,433 \times 0,89) + (0,103 \times 0,455)) \Omega/\text{km} \times 0,046 \text{ km}$$

$$\Delta V = 0,05 \text{ Volt}$$

Maka tegangan di tiang P117D1

$$\Delta V = V_{\text{sumber}} - V_{\text{ujung}}$$

$$V_{\text{ujung}} = V_{\text{sumber}} - \Delta V = 235 - 0,05 \text{ volt} = 234,95 \text{ Volt}$$

Berikut merupakan tabel hasil perhitungan jatuh tegangan untuk fasa S sebelum di rencanakan pemasangan gardu sisip.

Tabel 7. Perhitungan Jatuh Tegangan Fasa T Gardu P117

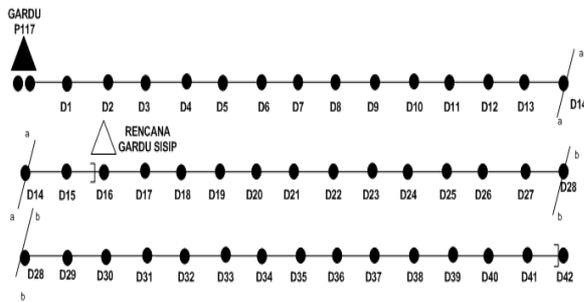
No.	No. Tiang	I (Ampere)	L (Meter)	Cos θ	ΔV (Volt)
1	P117D1	2,31	46,9	0,89	0,05
2	P117D3	4,06	132,9	0,92	0,24
3	P117D4	9,97	170,6	0,84	0,56
4	P117D5	14,18	215,1	0,92	1,14
6	P117D7	18,72	292,6	0,91	2,14
7	P117D9	23,48	377,3	0,97	3,63
8	P117D10	26,29	415,2	0,98	4,53
9	P117D11	32,23	457,2	0,88	6,00
10	P117D12	36,32	496,4	0,84	7,22
12	P117D14	38,37	574,1	0,85	8,92
13	P117D17	44,57	689,3	0,86	12,63
15	P117D20	46,87	811,6	0,87	15,77
16	P117D22	48,76	897,5	0,9	18,49
17	P117D27	51,24	1156,2	0,89	24,95
18	P117D34	55,99	1426,2	0,87	33,39
19	P117D40	58,83	1661,9	0,86	40,72

Dari tabel diatas dapat dilihat tegangan pada fasa S yang di bawah 220 Volt yaitu terletak di tiang tegangan rendah P117 D20 sebesar 219,23 Volt.

4.1.2. Perhitungan Jatuh Tegangan Dengan Direncanakan Pemasangan Gardu Sisip.

Berdasarkan hasil perhitungan drop tegangan sebelum direncanakan pemasangan gardu sisipan, tegangan mengalami penurunan untuk fasa R di tiang P117D16, Fasa S ditiang P117D19, dan fasa T ditiang P117D20. Untuk itu agar tegangan dari P117D16 sampai dengan P117D42 menjadi lebih baik (≥ 220 Volt), maka kita dapat melakukan perhitungan drop tegangan dengan melakukan pemasangan gardu sisip di antara tiang P117D16 sampai dengan P117D42 sehingga didapatkan ditiang mana jatuh tegangan sisi akhir jaringan tegangan rendah gardu sisip tersebut yang lebih baik. Berikut merupakan hasil perhitungan jatuh tegangan dengan cara menempatkan gardu sisip di beberapa tiang.

4.1.2.1 Jatuh Tegangan Apabila Gardu Disisipkan di P117D16



Gambar 2. Diagram Garis Tunggal Gardu Sisip di P117D16

Maka perhitungan jatuh tegangan pada ujung jaringan tegangan rendah dari gardu sisip tersebut yaitu :

1. Jatuh Tegangan fasa R di Tiang P117D41

$$\Delta V = I \times (R \cdot \cos \theta + X \cdot \sin \theta) \times L$$

$$\Delta V =$$

$$27,9 \text{ A} \times ((0,433 \times 0,86) + (0,103 \times 0,51)) \Omega/\text{km} \times 1,039 \text{ km}$$

$$\Delta V = 12,59 \text{ Volt}$$

Maka tegangan di tiang P117D41

$$\Delta V = V_{\text{sumber}} - V_{\text{ujung}}$$

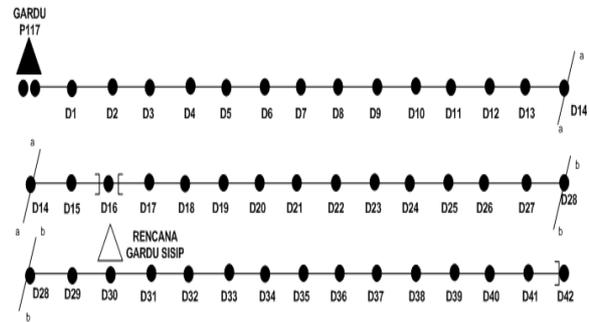
$$V_{\text{ujung}} = V_{\text{sumber}} - \Delta V = 230 - 12,59 \text{ volt} = 217,41 \text{ Volt}$$

Tabel 8. Jatuh Tegangan Gardu Sisip di P117D16

Phasa	Tiang Ujung	ΔV (Volt)	Tegangan Ujung (Volt)
R	P117D41	12,59	217,41
S	P117D42	43,23	186,27
T	P117D40	8,98	221,02

Dari perhitungan diatas ternyata jatuh tegangan jurusan gardu sisip masih dibawah standar tegangan peralatan listrik yaitu pada fasa R yaitu 217,41 Volt dan fasa S yaitu 186,27 Volt. Hal ini menyatakan bahwa gardu sisip tersebut belum tepat di pasang di P117D16.

4.1.3. Jatuh Tegangan Apabila Gardu Disisipkan di P117D30



Gambar 3. Diagram Garis Tunggal Gardu Sisip di P117D30

Maka perhitungan jatuh tegangan pada ujung jaringan tegangan rendah dari gardu sisip tersebut yaitu :

1. Jatuh Tegangan Jurusan 1 Gardu Sisipan P117

- a. Jatuh Tegangan fasa R di Tiang P117D16

$$\Delta V =$$

$$I \times (R \cdot \cos \theta + X \cdot \sin \theta) \times L$$

$$\Delta V =$$

$$16,14 \text{ A} \times ((0,433 \times 0,92) + (0,103 \times 0,39)) \Omega/\text{km} \times 0,631 \text{ km}$$

$$\Delta V = 4,56 \text{ Volt}$$

Maka tegangan di tiang P117D16

$$\Delta V = V_{\text{sumber}} - V_{\text{ujung}}$$

$$V_{\text{ujung}} = V_{\text{sumber}} - \Delta V = 230 - 4,56 \text{ volt} = 225,44 \text{ Volt}$$

Tabel 9. Jatuh Tegangan Gardu Sisip di P117D30

JURUSAN 1			
Phasa	Tiang Ujung	ΔV (Volt)	Tegangan Ujung (Volt)
R	P117D16	4,56	225,44
S	P117D19	4,14	225,86
T	P117D17	3,30	227,70
JURUSAN 2			
Phasa	Tiang Ujung	ΔV (Volt)	Tegangan Ujung (Volt)
R	P117D41	2,09	227,91
S	P117D42	5,90	224,10
T	P117D40	1,25	228,75

Dari hasil perhitungan jatuh tegangan dimana gardu sisip diletakkan di P117D30, didapatkan tegangan ujung pada masing-masing jurusan gardu sisip sudah membaik yaitu ≥ 220 Volt (tegangan kerja peralatan listrik). Hal ini memungkinkan untuk gardu sisip dipasang di P117D30.

4.2. Regulasi Tegangan Terima Sebelum Pemasangan Gardu Sisip

Adapun besar regulasi tegangan (persentasi jatuh tegangan) pada sisi tiang akhir gardu P117 sebelum dilakukan pemasangan gardu sisip baik melalui perhitungan maupun pengukuran yaitu sebagai berikut.

a. Berdasarkan Pengukuran :

1. Regulasi Tegangan Phasa R

$$V_{reg} = \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100 \%$$

$$V_{reg} = \frac{231 - 185,8}{185,8} \times 100 \% = 24,32 \%$$

2. Regulasi Tegangan Phasa S

$$V_{reg} = \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100 \%$$

$$V_{reg} = \frac{229 - 174,3}{174,3} \times 100 \% = 31,3 \%$$

3. Regulasi Tegangan Phasa T

$$V_{reg} = \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100 \%$$

$$V_{reg} = \frac{235 - 194,2}{194,2} \times 100 \% = 21,00 \%$$

b. Berdasarkan Perhitungan :

1. Regulasi Tegangan Phasa R

$$V_{reg} = \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100 \%$$

$$V_{reg} = \frac{231 - 183,33}{183,33} \times 100 \% = 26,00 \%$$

2. Regulasi Tegangan Phasa S

$$V_{reg} = \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100 \%$$

$$V_{reg} = \frac{229 - 171,78}{171,78} \times 100 \% = 33,31 \%$$

3. Regulasi Tegangan Phasa T

$$V_{reg} = \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100 \%$$

$$V_{reg} = \frac{235 - 194,28}{194,28} \times 100 \% = 20,95 \%$$

Tabel 10. Regulasi tegangan gardu P117 sebelum Pemasangan Gardu Sisip

Phasa	Pengukuran			
	Vs (Volt)	Vujung (Volt)	ΔV (Volt)	V reg (%Volt)
R	231	185,8	45,2	24,32
S	229	174,3	53,04	31,30
T	235	194,2	39,8	21,00
Phasa	Perhitungan			
	Vs (Volt)	Vujung (Volt)	ΔV (Volt)	V reg (%Volt)
R	231	183,33	47,67	26,00
S	229	171,78	57,22	33,31
T	235	194,28	40,72	20,95

Berdasarkan tabel diatas besar regulasi tegangan dari hasil perhitungan tidak jauh berbeda dengan hasil pengukuran.

4.3. Regulasi Tegangan Terima Setelah Penambahan Gardu Sisip di tiang P117D30

Setelah dilakukan perhitungan drop tegangan dengan menyisipkan gardu sisip di jurusan satu P117, maka tegangan ujung gardu P117 menjadi baik ketika disisipkan gardu di P117D26, P117D28, P117D30 dan P117D32. Sedangkan untuk P117D32 sampai P117D42 pembagian beban sudah tidak merata dan drop tegangan akan lebih besar pada jurusan satu gardu sisip. Dengan mempertimbangkan pembagian beban maka pada penulisan skripsi ini pemilihan letak gardu sisip yaitu di P117D30, karena beban yang dibagi tiap jurusan mendekati rata yaitu untuk jurusan satu sebesar 47,66 Ampere dan jurusan dua sebesar 49,8 Ampere. pada masing-masing jurusan gardu sisip yaitu :

a. Jurusan Satu Gardu Sisip di P117D30

1. Regulasi Tegangan Phasa R

$$V_{reg} = \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100 \%$$

$$V_{reg} = \frac{230 - 225,44}{225,44} \times 100 \% = 2,02 \%$$

2. Regulasi Tegangan Phasa S

$$V_{reg} = \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100 \%$$

$$V_{reg} = \frac{230 - 225,86}{225,86} \times 100 \% = 1,83 \%$$

3. Regulasi Tegangan Phasa T

$$V_{reg} = \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100 \%$$

$$V_{reg} = \frac{230 - 226,70}{226,70} \times 100 \% = 1,45 \%$$

b. Jurusan Dua Gardu Sisip di P117D30

1. Regulasi Tegangan Phasa R

$$V_{reg} = \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100 \%$$

$$V_{reg} = \frac{230 - 227,9}{227,9} \times 100 \% = 0,92 \%$$

2. Regulasi Tegangan Phasa S

$$V_{reg} = \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100 \%$$

$$V_{reg} = \frac{230 - 224,10}{224,10} \times 100 \% = 2,63 \%$$

3. Regulasi Tegangan Phasa T

$$V_{reg} = \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100 \%$$

$$V_{reg} = \frac{230 - 228,75}{228,75} \times 100 \% = 0,54 \%$$

Tabel 11. Regulasi Tegangan Terima Setelah Penambahan Gardu Sisip di tiang P117D30

JURUSAN 1				
Phasa	Perhitungan			
	Vs (Volt)	Vujung (Volt)	ΔV (Volt)	V reg (%)Volt
R	230	225,44	4,56	2,02
S	230	225,86	4,14	1,83
T	230	226,70	3,30	1,45
JURUSAN 2				

Phasa	Perhitungan			
	Vs (Volt)	Vujung (Volt)	ΔV (Volt)	V reg (%)Volt
R	230	227,90	2,09	0,92
S	230	224,10	5,90	2,63
T	230	228,75	1,25	0,54

Tabel 12. Perbandingan Tegangan Terima Pelanggan Ujung Jaringan Sebelum dan Sesudah Perbaikan.

Phasa	Tiang	Tegangan Sebelum Perbaikan (Volt)	Tegangan Setelah Perbaikan (Volt)
R	P117D41	183,33	227,90
S	P117D40	171,28	224,10
T	P117D42	194,28	228,75

4.4. Analisa

Berdasarkan Perbandingan antara hasil pengukuran dengan perhitungan jatuh tegangan gardu P117 saat sebelum dilakukan pemasangan gardu sisip didapatkan nilai yang tidak jauh berbeda dimana pada pengukuran didapatkan nilai tegangan terima phasa R sebesar 185,8 Volt, Phasa S sebesar 174,3 Volt dan Phasa T sebesar 194,2 Volt untuk nilai regulasi tegangannya phasa R sebesar 24,32%, Phasa S sebesar 31,30% dan Phasa T sebesar 21,00% sedangkan pada hasil perhitungan didapatkan nilai terima phasa R sebesar 183,33 Volt, Phasa S sebesar 171,78 Volt dan Phasa T sebesar 194,28 Volt untuk nilai regulasi tegangannya phasa R sebesar 26,00%, Phasa S sebesar 33,31 % dan Phasa T sebesar 20,95%. Dari kedua nilai jatuh tegangan dapat diketahui bahwa pada gardu P117 jurusan satu nilai jatuh tegangannya terlalu besar bila dibandingkan dengan nilai jatuh tegangan yang ditetapkan PT. PLN yaitu sebesar +5% dan -10% dari tegangan nominal 230 Volt.

Untuk mengatasi jatuh tegangan yang terjadi pada gardu P117 maka dilakukan pemasangan gardu sisipan . Pemasangan gardu sisip ini ditempatkan pada jurusan satu yang mempunyai tegangan ujung paling rendah dengan

cara memindahkan sebagian beban dari gardu distribusi P117 ke gardu sisipan. Dengan pemasangan gardu sisipan ini disamping mengurangi beban dari gardu distribusi P117, juga dapat mengurangi panjang saluran / radius pelayanan dari gardu distribusi P117, sehingga jatuh tegangan pada jaringan distribusi berkurang dan tegangan terima pada konsumen mengalami perbaikan.

Setelah dilakukan rencana pemasangan gardu sisip di P117D30 maka di dapatkan hasil tegangan terima pada pelanggan yang letaknya di ujung jaringan dapat dilihat pada table 11 dan dapat juga dilihat pada tabel 12 tegangan diujung pelanggan Gardu P117 mengalami kenaikan setelah dilakukan rencana pemasangan gardu sisip di P117D30.

V. KESIMPULAN

1. Tegangan Terima Pelanggan di ujung JTR gardu P117 sebelum direncanakan pemasangan gardu sisip untuk fasa **R** sebesar **183,33 Volt**, Fasa **S** sebesar **171,78 Volt** dan Fasa **T** sebesar **194,28 Volt**. Setelah dilakukan rencana pemasangan gardu sisip, maka berdasarkan hasil perhitungan didapatkan Tegangan untuk fasa R sebesar **227,90 Volt**, Fasa S sebesar **224,10 Volt** dan Fasa T sebesar **228,75 Volt**.

2. Regulasi tegangan sebelum direncanakan pemasangan gardu sisip untuk fasa R sebesar 26%, Fasa S sebesar 33,31% dan Fasa T sebesar 20,95% nilai ini telah melebihi batas yang telah ditetapkan oleh PT. PLN (Persero) yaitu sebesar -4% dari tegangan nominal. Setelah dilakukan rencana pemasangan gardu sisip, maka berdasarkan hasil perhitungan didapatkan Tegangan untuk fasa R sebesar 0,92 %, Fasa S sebesar 2,63 % dan Fasa T sebesar 0,54%.

DAFTAR PUSTAKA

Hasan Basri, Sistem Distribusi Daya Listrik, ISTN, Jakarta,1997

Kadir, Abdul, Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik, 2000, Jakarta : UI-Press

Kadir, Abdul, Transformator, Jakarta, PT Gramedia,1989

Pribadi Kadarisman dan Wahyudi Sarimun.N. Sistem Distribusi, PT PLN (Persero) Jasa Pendidikan dan Pelatihan,2005.

Suswanto, Daman, Sistem Distribusi Tenaga Listrik, 2009, Padang : Universitas Negeri Padang.

Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik, PT. PLN (Persero),2010.