

ANALISIS JATUH TEGANGAN DAN RUGI DAYA PADA JARINGAN TEGANGAN RENDAH MENGGUNAKAN *SOFTWARE* ETAP 12.6.0

Fani Istiana Handayani^{*}), Yuningtyastuti, and Agung Nugroho

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

**) Email : faniistianahandayani@gmail.com*

Abstrak

Jaringan sistem distribusi di Jalan Sawah Besar Raya Kaligawe termasuk wilayah kerja PT. PLN (Persero) Rayon Semarang Timur. Berdasarkan tegangan keluaran trafo distribusi pada jaringan distribusi di Jalan Sawah Besar diketahui trafo distribusi 1 fasa 50 kVA mengalami kondisi pembebanan yang melebihi kapasitasnya yaitu sebesar 76 kVA. Hal tersebut menyebabkan tegangan pelayanan konsumen paling ujung turun sebesar 166 Volt dari tegangan nominal 220Volt yang melebihi standar SPLN. Berdasarkan SPLN No.1:1978, batas toleransi tegangan pelayanan +5% dan -10% dari tegangan nominal yaitu maksimal 198 Volt. Selain trafo yang mengalami overload, pada jaringan distribusi di Jalan Sawah Besar Raya ditemukan tarikan Saluran Layanan Pelanggan (SLP) dan sambungan rumah yang tidak memenuhi SPLN No.56:1984, permasalahan tersebut mengakibatkan timbulnya jatuh tegangan dan rugi daya. Untuk mengatasi permasalahan jatuh tegangan dan rugi daya, penulis melakukan rencana perbaikan jaringan dengan menggunakan software ETAP 12.6.0 agar besarnya nilai tegangan pada sisi konsumen sesuai standar PLN. Perbaikan jaringan distribusi meliputi penambahan trafo 1 fasa dan penataan ulang SLP (Saluran Layanan Pelanggan) dan SR (Sambungan Rumah).

Kata kunci: Jatuh tegangan, jaringan distribusi, rugi daya.

Abstract

Distribution lines at Jalan Sawah Besar Raya Kaligawe are the assets of PT. PLN (Persero) Rayon Semarang Timur. By referring to the output voltage profile of transformer along distribution line at Jalan Sawah Besar Raya, it was know that single phase 50 kVA distribution transformer was in condition of overload. The transformer was burdened by 76 kVA of electric load. Such condition caused voltage drop at the edge of low voltage line to be 166 Volt. The voltage was lower than 10% nominal voltage of 220 Volt. According to SPLN No.1:1978, the limit service voltage is +5% and -10% of nominal voltage. In addition to overloaded transformer on the distribution line at Sawah Besar Raya found that the pull of Saluran Layanan Pelanggan (SLP) and house connections that did not meet SPLN No.56:1984. As initial solution to overcome the problem of drop voltage and power losses, it is necessary to make corection and maintenance plans by adding more single phase transformer and rearrange the topology of distribution lines and house connection. The plans was evaluated and analyzed by using ETAP version 12.6.0.

Keyword: Voltage drop, distribution lines, power losses

1. Pendahuluan

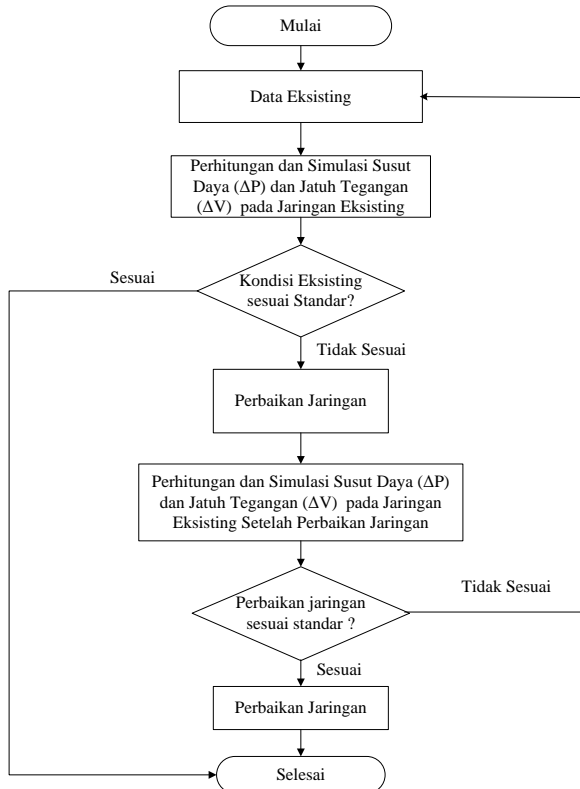
Jaringan Tegangan Rendah (JTR) di Jalan Sawah Besar Raya termasuk pada wilayah kerja PT. PLN (Persero) Rayon Semarang Timur. Berdasarkan hasil tegangan keluaran trafo distribusi pada jaringan di Jalan Sawah Besar diketahui bahwa trafo distribusi 1 fasa 50 kVA yang terpasang pada JTR di Jalan Sawah Besar Raya mengalami kondisi pembebanan yang melebihi kapasitas trafo terpasang yaitu sebesar 76 kVA. Hal tersebut menyebabkan tegangan pelayanan di lokasi studi kasus paling ujung pada siang hari sebesar 166 Volt. Selain trafo yang mengalami *overload*, pada jaringan di Sawah

Besar banyak ditemukan tarikan SLP dan sambungan rumah yang tidak memenuhi standar PLN.

Kedua permasalahan tersebut merupakan penyebab timbulnya rugi daya dan jatuh tegangan pada jaringan. Menurut Eko Hardiyanto, cara menekan timbulnya rugi daya dengan mengubah ukuran penghantar ke ukuran yang lebih besar sedangkan untuk perbaikan tegangan jatuh dengan memperbaiki faktor daya dengan cara penambahan dan relokasi kapasitor bank. Dengan metode tersebut, nilai rugi daya dan jatuh tegangan pada jaringan listrik dapat direduksi.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penulis mencoba mengevaluasi dan mereduksi besarnya nilai rugi daya dan jatuh tegangan yang timbul dengan perbaikan jaringan. Perbaikan yang dilakukan yaitu dengan penambahan trafo 1 fasa dan penataan ulang SLP dan sambungan rumah pelanggan yang sesuai dengan standar yang telah ditentukan oleh PLN menggunakan *software* ETAP 12.6.0.

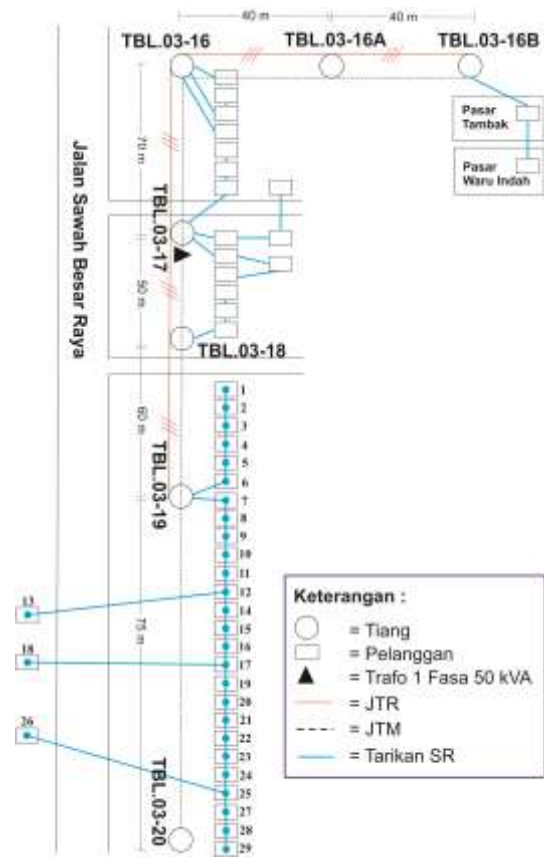
2. Metode



Gambar 1. Bagan alir penelitian

2.1. Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini diperoleh dari PT. PLN (Persero) Area Semarang dan PT. PLN (Persero) Rayon Semarang Timur. Data-data yang didapatkan diantaranya adalah peta jaringan eksisting, data daya tersambung, data arus pelayanan serta data impedansi penghantar yang digunakan.



Gambar 2. Gambar jaringan eksisting lokasi studi kasus

Tabel 1. Pembebanan trafo distribusi di Jalan Sawah Besar Raya

No.	Nomor Tiang	Daya terpasang (Jumlah konsumen)
1.	TBL.03-19/42	- 450 VA (3)
		- 900 VA (15)
		- 1300 VA (3)
		- 2200 VA (4)
		- 3500 VA (3)
		- 4400 VA (1)
3.	TBL.03-17/42	- 900 VA (2)
		- 1300 VA (5)
4.	TBL.03-16/42	- 2200 VA (1)
		- 4400 VA (1)
		- 450 VA (1)
5.	TBL.03-16A/42	- 1300 VA (3)
		-
6.	TBL.03-16B/42	- 5500 VA (2)
JUMLAH		76200 VA

Tabel 2. Arus pelayanan

No	ID Pelanggan	Kode Rumah	Arus (A)
1.	523031395829	1	1,5
2.	523031217805	2	3,5
3.	523031391917	3	8,1
4.	523031614443	4	17,6
5.	523031642565	5	3,5
6.	523031635364	6	1,3
7.	523031354138	7	13,1
8.	523031599925	8	5
9.	523031123793	9	7,3
10.	523031239745	10	3,1
11.	523031603321	11	3,6
12.	523031641691	12	8,7
13.	523031855098	13	8,7
14.	523031818471	14	13,8
15.	523031239458	15	3,5
16.	523031244082	16	3,5
17.	523031576293	17	4,8
18.	523031116103	18	3,5
19.	523031866887	19	13,5
20.	523031300771	20	3,4
21.	523031217112	21	3,5
22.	523031981618	22	3,4
23.	523031217120	23	3,5
24.	523031646493	24	3,5
25.	523031275001	25	3,4
26.	523031301661	26	1,5
27.	523031258139	27	3,5
28.	312400262942	28	3,3
29.	523031528747	29	4,9

Tabel 3. Impedansi penghantar LVTC 0,6/1 kV

Ukuran (mm ²)	KHA (A)	NFA2X	
		R (Ohm/km)	X (Ohm/km)
10	60	3.949	0.1055
16	81	2.449	0.0976
25	109	1.539	0.0948
35	125	1.113	0.0907
50	145	0.822	0.0933
70	185	0.568	0.0845

2.2. Kondisi Eksisting

Berdasarkan data yang telah diperoleh sesuai dengan Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3 serta gambar jaringan eksisting di atas, maka dapat dilakukan perhitungan besarnya rugi daya dan jatuh tegangan pada jaringan.

2.2.1. Perhitungan Rugi Daya Kondisi Eksisting

Rugi daya yang timbul pada jaringan eksisting di Jalan Sawah Besar Raya dapat dihitung nilainya dari perkalian arus tiap konsumen, besarnya impedansi penghantar dan panjang jaringan. Berdasarkan data pada Tabel 2 dan Tabel 3 untuk mengetahui besarnya rugi daya sebagai berikut.

$$\Delta P \text{ (Watt)} = 2 \times (I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + I_5^2) \times R \times L$$

$$= 2 \times (1,5^2 + 3,5^2 + 8,1^2 + 17,6^2 + 3,5^2) \times 3,949 \times 0,025$$

$$= 95,46 \text{ Watt}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas akan diketahui besarnya rugi daya pada jaringan eksisting sesuai pada Tabel.4 berikut.

Tabel 4. Hasil perhitungan rugi daya kondisi eksisting

Line	Jumlah Konsumen	Rugi daya
1	6 Rumah	95,86 Watt
2	7 Rumah	83,85 Watt
3	10 Rumah	142,2 Watt
4	16 Rumah	323,5 Watt
5	17 Rumah	454,9 Watt
Total		1817,78 Watt

2.2.2. Perhitungan Jatuh Tegangan Kondisi Eksisting

Besarnya jatuh tegangan pada jaringan eksisting dapat dihitung dengan menggunakan cara sebagai berikut:

- Tegangan pada tiang TBL.03-19/42.
 - S = 48,2 kVA
 - V = 207 Volt
 - L = 50 meter = 0,05 km
 - $I = \frac{48200VA}{218V} = 219 \text{ A}$
 - $V_d = IL(R \cdot \cos \theta + X \cdot \sin \theta)$
 $= 219 \times 0,06 \times (0,568 \times 0,85 + 0,0845 \times 0,53)$
 $= 13,85 \text{ Volt}$
 - Vd point = 214 – 26,7
 $= 187,7 \text{ Volt}$

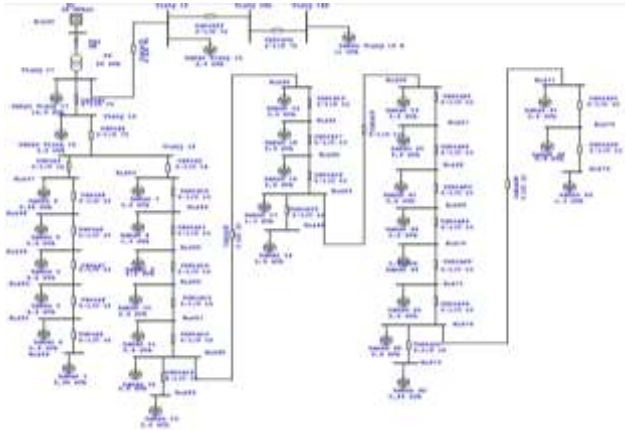
Dengan menggunakan cara yang sama dengan rumus perhitungan di atas didapatkan nilai tegangan pada tiap-tiap kode rumah konsumen pada jaringan eksisting seperti pada Tabel.5 berikut.

Tabel 5. Hasil perhitungan jatuh tegangan kondisi eksisting

No	Kode Rumah	Daya Terpasang (VA)	Tegangan Eksisting (Volt)	Persentase Jatuh Tegangan Eksisting (%)
1.	1	450	186	15,45
2.	2	900	186	15,45
3.	3	2200	186	15,45
4.	4	4400	187	15
5.	5	900	187	15
6.	6	450	188	14,55
7.	7	3500	187	14,88
8.	8	1300	187	15,14
9.	9	2200	186	15,47
10.	10	900	185	15,83
11.	11	900	185	16,13
12.	12	2200	184	16,51
13.	13	2200	183	17,03
14.	14	3500	182	17,46
15.	15	900	181	17,92
16.	16	900	180	18,38
17.	17	1300	178	18,89
18.	18	900	177	19,45
19.	19	3500	176	20,15
20.	20	900	174	20,88
21.	21	900	172	21,64
22.	22	900	171	22,43
23.	23	900	169	23,26
24.	24	900	167	24,12
25.	25	900	165	25,02
26.	26	450	163	25,94
27.	27	900	161	26,89
28.	28	900	159	27,75
29.	29	1300	157	28,66

2.3. Simulasi ETAP Kondisi Eksisting

Untuk simulasi ETAP pada kondisi jaringan eksisting dilakukan penggambaran jaringan dan mensimulasikannya untuk mengetahui rugi daya dan jatuh tegangan menggunakan software ETAP seperti pada Gambar 3 berikut.



Gambar 2. Jaringan eksisting menggunakan ETAP

Dengan langkah dan cara yang sama untuk mendapatkan besarnya nilai rugi daya dan jatuh tegangan kondisi eksisting, maka berdasarkan hasil simulasi ETAP didapatkan hasilnya yang hampir sama dengan kondisi eksisting. Hasil keduanya dapat disajikan pada tabel rekapitulasi berikut ini.

2.4. Perbaikan Jaringan

Berdasarkan hasil rekapitulasi perhitungan rugi daya dan jatuh tegangan antara kondisi eksisting dengan hasil simulasi ETAP menunjukkan bahwa tegangan pada jaringan eksisting sangat tidak memenuhi standar. Sesuai dengan SPLN 1 Tahun 1995 bahwa total jatuh tegangan maksimal adalah sebesar 10%.

Sedangkan total jatuh tegangan pada jaringan di Jalan Sawah Besar Raya antara 10,9%- 21,81%. Sehingga jaringan di Jalan Sawah Besar harus segera diperbaiki, perbaikan jaringan di Jalan Sawah Besar juga bertujuan untuk mengurangi rugi daya dan nilai tegangan yang berada di bawah standar.

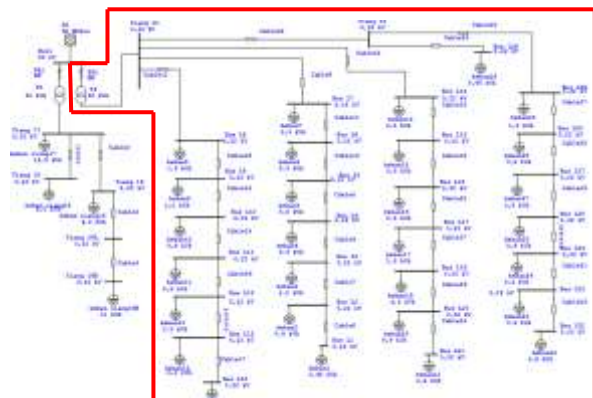
Perbaikan jaringan yang akan dilakukan terdiri dari penambahan kabel JTR, penambahan transformator distribusi 1 fasa 50 kVA untuk mengatasi beban yang sudah *overload* di Jalan Sawah Besar, dan penataan ulang SLP dan sambungan rumah (SR) konsumen yang tidak sesuai standar. Perbaikan jaringan yang akan dilakukan dapat dilihat pada Gambar.3 berikut.

Tabel 6. Hasil perhitungan dan simulasi ETAP rugi daya kondisi eksisting

Line	Jumlah Konsumen	Rugi daya	
		Eksisting (Watt)	Simulasi ETAP (Watt)
1	6 Rumah	95,86	103,5
2	7 Rumah	83,85	96,45
3	10 Rumah	142,2	250,2
4	16 Rumah	323,5	593,8
5	17 Rumah	454,9	963,1
Total		1817,78	2006,69

Tabel 7. Hasil perhitungan dan simulasi ETAP nilai tegangan kondisi eksisting

Kode Rumah	Tegangan	
	Eksisting (Volt)	Simulasi ETAP (Volt)
1	186	185
2	186	186
3	186	186
4	187	187
5	187	188
6	188	189
7	187	187
8	187	184
9	186	182
10	185	180
11	185	178
12	184	176
13	183	176
14	182	174
15	181	173
16	180	172
17	178	171
18	177	171
19	176	170
20	174	169
21	172	168
22	171	168
23	169	167
24	167	167
25	165	166
26	163	166
27	161	166
28	159	166
29	157	166



Gambar 3. Single line diagram perbaikan jaringan

Dengan langkah dan cara yang sama untuk mendapatkan besarnya nilai rugi daya dan jatuh tegangan kondisi eksisting, maka diketahui hasil perhitungan dan simulasi ETAP rugi daya dan jatuh tegangan pada kondisi perbaikan jaringan. Hasil keduanya dapat disajikan pada tabel rekapitulasi berikut ini.

Tabel 6. Hasil perhitungan dan simulasi ETAP rugi daya kondisi eksisting

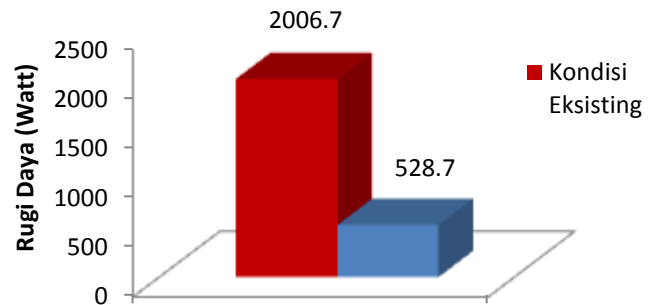
Tiang	Line	SLP	Rugi Daya Kondisi Perbaikan	
			Perhitungan (Watt)	Simulasi ETAP (Watt)
TBL.03-19/42	1	7 Rumah	203,7	219,7
	2	7 Rumah	53,18	128,2
	3	7 Rumah	129,2	152,5
TBL.03-20/42	1	1 Rumah	0,253	0,28
	2	7 Rumah	16,62	28,1
Total			501	528,7

Tabel 7. Hasil perhitungan dan simulasi ETAP nilai tegangan kondisi eksisting

Kode Rumah	Tegangan	
	Eksisting (Volt)	Simulasi ETAP (Volt)
1	209	207
2	211	209
3	212	211
4	213	213
5	214	214
6	214	215
7	215	213
8	215	212
9	215	212
10	215	211
11	215	211
12	214	210
13	214	210
14	214	209
15	215	215
16	215	215
17	215	214
18	215	214
19	214	213
20	214	212
21	214	211
22	215	213
23	215	213
24	215	213
25	215	213
26	215	212
27	215	212
28	215	211
29	215	210

3. Hasil dan Analisa

Dari hasil perhitungan dan simulasi yang telah didapatkan diatas, maka kondisi eksisting dan setelah dilakukan perbaikan jaringan dapat direkapitulasi. Hasil rekapitulasi untuk nilai rugi daya antara kondisi eksisting dan kondisi perbaikan jaringan disajikan dalam Gambar 4, sedangkan untuk rekapitulasi hasil jatuh tegangan disajikan dalam Gambar 5 sebagai berikut.

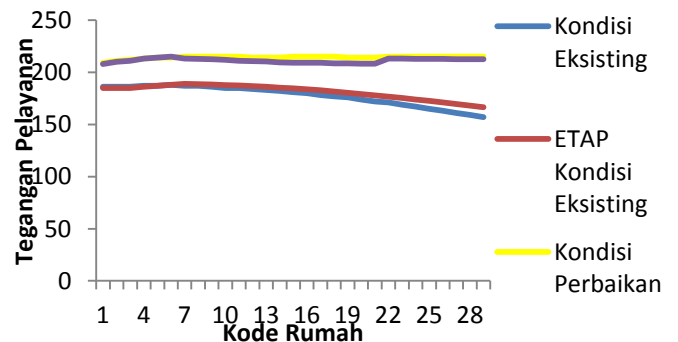


Gambar 4. Grafik perbandingan rugi daya kondisi eksisting dan kondisi setelah perbaikan

Perbaikan jaringan dengan penataan ulang SLP dan SR ini sudah sesuai standar PLN, yaitu penataan ulang SLP tiang TBL.03-19/42 dan tiang TBL.03-20/42. Pada tiang TBL.03-19/42 yang semula 2 SLP untuk menyuplai 29 kode rumah konsumen menjadi 3 SLP untuk tiap SLP disambung 7 rumah konsumen secara seri dengan panjang jaringan 40 meter, sedangkan pada tiang TBL.03-20/42 yang semula tidak terdapat tarikan JTR suplai trafo lain dapat digunakan untuk menyuplai energi listrik bagi 2 SLP yang masing-masing 1 SLP disambung 7 rumah konsumen dengan panjang jaringan 23 meter dan untuk 1 SLP lain terdiri dari 1 rumah konsumen dengan panjang jaringan 8 meter.

Dari hasil perhitungan susut daya setelah perbaikan jaringan menunjukkan bahwa besarnya susut daya lebih kecil dari sebelum perbaikan, yaitu dari 2006,7 Watt menjadi 550,7 Watt. Jika dihitung persentase dari total susut daya sebelum perbaikan jaringan, yaitu turun sebesar 21,93%.

Sedangkan untuk hasil perhitungan dan simulasi nilai jatuh tegangan pada kondisi eksisting dan setelah dilakukan perbaikan berdasarkan Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Grafik perbandingan nilai tegangan kondisi eksisting dan kondisi setelah perbaikan

Berdasarkan Gambar 5 di atas, menunjukkan bahwa hasil antara perhitungan dengan simulasi ETAP untuk masing-masing kondisi yaitu kondisi eksisting dan kondisi setelah perbaikan memiliki hasil yang hampir sama.

Perbedaan nilai jatuh tegangan saat kondisi eksisting yang sebelumnya 14,18%-24,27% setelah dilakukan perbaikan jaringan menurun sebesar 2,32%-5,91%.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan simulasi ETAP yang dilakukan untuk mengetahui nilai rugi daya dan nilai tegangan pada kondisi eksisting dan setelah perbaikan jaringan dapat disimpulkan bahwa perbaikan jaringan di Jalan Sawah Besar Raya meliputi penambahan kabel JTR, penambahan trafo distribusi 1 fasa 50KVA serta penataan ulang Saluran Layanan Pelanggan (SLP) dan SR dapat mereduksi besarnya rugi daya yang sebelumnya sebesar 2006,7 Watt menjadi 528,7 Watt, hasil ini turun sebesar 21,93%.

Sedangkan untuk nilai jatuh tegangan yang semula 14,18%-24,27% menjadi 2,32%-5,91%. Hasil ini sudah sesuai dengan SPLN No 1 : 1995 untuk besarnya jatuh tegangan maksimal 10%.

Referensi

- [1] Putro, A. P. "Analisis Tegangan Jatuh Sistem Distribusi Listrik Kabupaten Pelalawan dengan Menggunakan ETAP 7.5.0", Skripsi, Universitas Diponegoro, Semarang, 2015.
- [2] Suartika, Made. "Rekonfigurasi Jaringan Tegangan Rendah (JTR) Untuk Memperbaiki Drop Tegangan di Daerah Banjar Tulangnyuh Klungkung," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 9, no. 2, Juli. 2010.
- [3] Hardiyanto, Eko, "Evaluasi Instalasi Jaringan Tegangan Rendah Untuk Menekan Rugi-Rugi Daya dan Tegangan Jatuh," Penelitian, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Indonesia, Depok, Indonesia, 2008.
- [4] Nugroho, Agung dan Eko Setiawan. "Analisa Perbaikan Losses dan Jatuh Tegangan Pada Jaringan Sambungan Rumah Tidak Standar Dengan Simulasi Software ETAP 7.5.0," *Jurnal Transmisi*, vol. 17, no. 3, 2015.
- [5] Sukmawidjaja, Maulana. "Perhitungan Profil Tegangan Pada Sistem Distribusi Menggunakan Matrix Admittansi dan Matrix Impedansi Bus", *JeTri*, vol.7, no.2, Feb. 2008. Tegangan Standar Tegangan Rendah (TR), SPLN 1, 1987
- [6] Kabel Pilin Udara Tegangan 0,6-1 kV, SPLN 42-10, 1993
- [7] Kelompok Kerja Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik dan Pusat Penelitian Sains dan Teknologi Universitas Indonesia, Kriteria Disain Enjiniring Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik, PT PLN (Persero), 2010.
- [8] Kelompok Kerja Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik dan Pusat Penelitian Sains dan Teknologi Universitas Indonesia, Standard Konstruksi Sambungan Tenaga Listrik, PT PLN (Persero), 2010.
- [9] Kelompok Kerja Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik dan Pusat Penelitian Sains dan Teknologi Universitas Indonesia, Standard Konstruksi Jaringan Tegangan Rendah, PT PLN (Persero), 2010.
- [10] Kelompok Kerja PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah dan D.I Yogyakarta, Buku Pedoman Standar Konstruksi, PT PLN (Persero), 2008.
- [11] Spesifikasi Desain Untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR), SPLN 72, 1987.
- [12] Sambungan Listrik, SPLN 56, 1984
- [13] Sambungan Tegangan Rendah (TR), SPLN 56-1, 1993

