

Analisis Penurunan Jatuh Tegangan dan *Losses* akibat Sambungan Deret dengan Penambahan Jaringan Tegangan Rendah serta Rekonfigurasi Sambungan Rumah

Bagas Septian Pamungkas^{1*}, Amani Darma Tarigan², Muhammad Fahreza³

^{1,2,3}Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pembangunan Panca Budi, Medan, Indonesia

*Koresponden email: bagasseptian96@gmail.com

Diterima: 31 Maret 2024

Disetujui: 2 April 2024

Abstract

The Service Entrance (SE) is the end of the power distribution system to the customer, from where the quality of the voltage distributed by PT PLN (Persero) can be seen. At PT PLN Rayon Pedan, there are many reports from customers as well as inspection teams and technical services about the voltage drop in customers' homes. One of them is from Dukuh Nanggulan, Cawas Klaten. After being inspected by the technical department of PLN Rayon Pedan, there were many house connections that did not comply with PLN Standard 56-1 in 1993. The house connection can cause voltage drop and carrier loss. According to the measurement at the time of the peak load, the voltage at the end of the line dropped by 178.21 volts. This violates the tolerance limits specified by PLN in SPLN 1 1995 regarding the standard voltage, which is -10% for the lower limit or as much as 198 volts from the nominal voltage standard PLN 220 V. To overcome the voltage drop and loss caused by the service entrance, the authors of the series perform improved planning by adding new low voltage networks as well as reconfiguring old service entrances using ETAP 12.6.0 software to compare results before and after reconfiguration of the service entrance.

Keywords: *service entrance, SE, home connection series, power losses, voltage drop, low voltage network*

Abstrak

Sambungan rumah merupakan akhir dari sistem distribusi tenaga listrik kepada pelanggan, dari sinilah kualitas mutu tegangan yang didistribusikan oleh PT PLN (Persero) dapat dilihat. Di PT PLN Rayon Pedan banyak terdapat laporan baik dari pelanggan maupun dari tim inspeksi serta pelayanan teknik mengenai tegangan jatuh dirumah-rumah milik pelanggan. Salah satunya adalah laporan dari Dukuh Nanggulan, Cawas Klaten. Setelah disurvei oleh bagian teknik PLN Rayon Pedan ternyata banyak sambungan rumah (SR) yang tidak sesuai dengan standar PLN (SPLN) 56-1 tahun 1993. Sambungan rumah deret tersebut dapat menyebabkan jatuh tegangan serta rugi-rugi pada penghantarnya. Setelah dilakukan pengukuran pada waktu beban puncak, ternyata tegangan di sisi ujung turun sebesar 178,21 Volt. Hal ini melanggar batas toleransi yang di tentukan oleh PLN di SPLN 1 tahun 1995 mengenai Tegangan Standar, yaitu sebesar -10% untuk batas bawah atau sebesar 198 Volt dari nominal tegangan standar PLN 220 V. Untuk mengatasi jatuh tegangan dan rugi-rugi yang diakibatkan oleh SR deret tersebut penulis melakukan perencanaan perbaikan dengan menambah jaringan tegangan rendah baru serta rekonfigurasi sambungan rumah lama dan dilakukan perbandingan menggunakan perhitungan untuk melihat hasil sebelum dan setelah rekonfigurasi sambungan rumah.

Kata Kunci: *sambungan rumah, SR, sambungan rumah deret, susut daya, jatuh tegangan, jaringan tegangan rendah*

1. Pendahuluan

Pada saat ini, pertumbuhan penduduk di Indonesia mengalami peningkatan yang cukup pesat. Semakin pesatnya pertumbuhan penduduk sebanding dengan banyaknya industri yang dijalankan. Akibat adanya peningkatan tersebut, jumlah pemakaian listrik juga akan meningkat. Kebutuhan listrik yang semakin meningkat mengindikasikan bahwa listrik adalah salah satu kebutuhan primer bagi masyarakat. Oleh karena itu, PT PLN (Persero) sebagai salah satu penyedia tenaga listrik di Indonesia, dituntut untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik dengan menjaga kehandalan distribusi tenaga listrik.

Kehandalan sistem distribusi tenaga listrik dapat terwujud apabila dalam pelaksanaan sistem tenaga listrik mengikuti ketentuan standar yang berlaku. Namun dalam penyaluran energi listrik dari pusat pembangkit menuju ke konsumen tidak akan lepas dari rugi-rugi energi atau susut (*losses*) yang terjadi.

Rugi-rugi daya merupakan keadaan dimana jumlah energi yang disalurkan tidak sesuai dengan energi yang diterima. Hal ini dapat terjadi karena disebabkan oleh beberapa faktor, seperti letak dari konsumen jauh dari sumber tenaga listrik, voltage drop (jatuh tegangan), pembebanan berlebih pada transformator (overload), ketidakseimbangan beban, dan lain-lain. Susut dapat terjadi di sepanjang saluran distribusi tenaga listrik, salah satunya adalah susut pada sambungan rumah dan juga jaringan tegangan rendah. Susut ini terjadi pada tegangan nominal 220 Volt.

Berdasarkan data laporan inspeksi PT PLN (Persero) Rayon Pedan tahun 2017, banyak terjadi jatuh tegangan atau voltage drop pada sambungan rumah (SR) konsumen, sehingga hal ini menjadi kerugian bagi PT PLN (Persero). Sambungan rumah merupakan bagian akhir dari sistem distribusi tenaga listrik yang menghubungkan konsumen dengan jaringan distribusi tenaga listrik milik PT PLN (Persero).

Jatuh tegangan tersebut dapat terjadi karena SR deret yang tidak sesuai dengan standar PLN (SPLN 56-1 : 1993) [16]. Permasalahan jatuh tegangan ini sangat merugikan pelanggan karena dapat merusak peralatan listrik yang dimiliki oleh pelanggan dikarenakan tegangan yang didapatkan pelanggan kurang dari 220 V.

Untuk mengatasi permasalahan jatuh tegangan akibat sambungan rumah deret tersebut, PT PLN (Persero) Rayon Pedan mengambil tindakan dengan melakukan perluasan jaringan tegangan rendah [1] serta rekonfigurasi sambungan rumah deret [1][3]. Pada penelitian proyek akhir ini, penulis melakukan analisis terhadap jatuh tegangan dan rugi-rugi akibat sambungan rumah deret di Dukuh Nanggulan, Cawas, Klaten serta melakukan perhitungan menggunakan rumus perhitungan jatuh tegangan dan susut daya setelah dilakukannya rekonfigurasi sambungan rumah serta dilakukannya simulasi untuk melihat perbaikan susut daya dan jatuh tegangan dengan menggunakan ETAP 12.6.0 dimana sudah pernah dilakukan untuk simulasi oleh peneliti sebelumnya menggunakan versi ETAP 7.5 dan ETAP 12.6.0 [6][8][9][11][13].

2. Metode Penelitian

Dalam penulisan laporan proyek akhir ini menggunakan beberapa metode sebagai berikut:

- a. Metode Wawancara
Dengan metode ini penulis melakukan diskusi beserta tanya jawab untuk memperoleh data penelitian dengan pembimbing lapangan, serta staff yang memiliki pengetahuan mengenai topik permasalahan penelitian yang di muat
- b. Metode Observasi
Penulis melakukan pengumpulan data dengan cara observasi atau pengukuran langsung ditempat yang akan diteliti.
- c. Metode Studi Pustaka

Merupakan metode dengan mempelajari literatur baik jurnal, buku, catatan laporan perusahaan yang berkaitan dengan permasalahan yang penulis jadikan bahan penelitian guna mendukung analisa pembahasan.

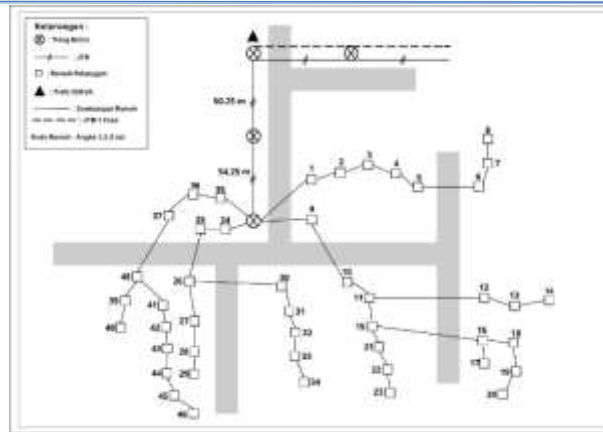
2.1 Perencanaan Perbaikan Sambungan Rumah Deret

Perencanaan perbaikan berguna untuk mengetahui kondisi dari sambungan rumah apakah sesuai dengan standar atau tidak [11]. Selain itu juga untuk memperbaiki kerugian-kerugian yang diakibatkan apabila sambungan rumah tersebut tidak sesuai dengan SPLN. Perencanaan perbaikan sambungan rumah dapat dilakukan dengan cara penggambaran peta jaringan existing, jatuh tegangan yang terjadi pada waktu beban puncak diukur dari pangkal dan ujung jaringan tegangan rendah. Pengukuran beban atau tegangan dilakukan pada waktu beban puncak yaitu pada saat malam hari pukul 18.00-20.00 WIB sama seperti penelitiannya lain dikarenakan waktu beban puncak adalah pukul tersebut [6]. Perencanaan perbaikan dapat dilakukan dengan langkah pelaksanaan sebagai berikut :

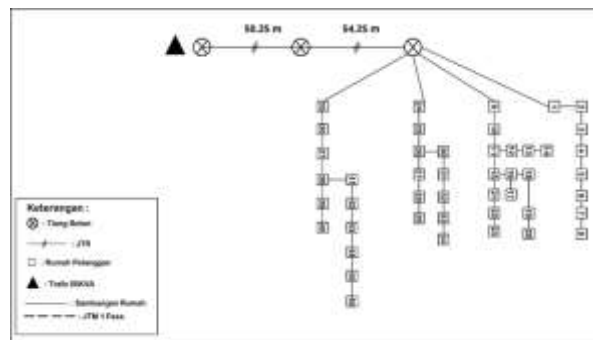
1. Observasi kondisi sambungan rumah dan jaringan tegangan rendah yang dilaporkan mengalami jatuh tegangan. Hal ini berguna untuk mengetahui berapa banyak sambungan rumah deret serta titik akhir dari jaringan tegangan rendah sehingga dapat disusun gambar perencanaan perbaikan.
2. Pengukuran beban pada transformator untuk mengetahui arus beban dan jatuh tegangan pada transformator tersebut.
3. Perhitungan pengukuran beban transformator sebagai pertimbangan apakah transformator tersebut mempengaruhi jatuh tegangan disisi pelanggan atau sambungan rumah

2.2 Observasi Perencanaan Perbaikan di Lokasi

Hasil observasi dilapangan didapatkan 46 Rumah yang beberapa memiliki sambungan rumah deret, sesuai dengan **Gambar 1**.

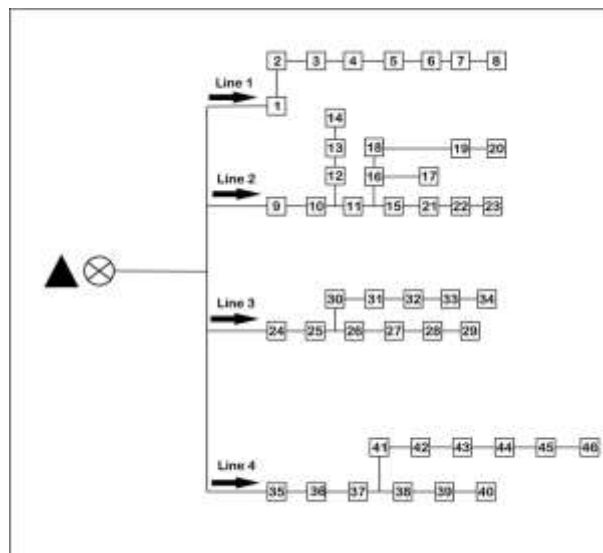


Gambar 1. Peta Pelanggan Dukuh Nanggulan



Gambar 2. Jaringan Eksisting Sambungan Rumah Deret

Dari **Gambar 2** dapat dilihat bahwa banyak pemasangan tarikan penghantar yang diambil dari tarikan awal SLTR atau tarikan tiap titik pada satu tiang lebih dari 5 sambungan rumah. Dari gambar jaringan eksisting tersebut juga dapat dibuat pemodelan rangkaian listrik seperti penelitian sebelumnya [6] berdasarkan hubungan seri dan paralel yang dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Pemodelan Rangkaian Listrik Jaringan Eksisting

2.3 Data Pengukuran

1. Data Penghantar JTR

Penghantar yang dipakai pada Jaringan Tegangan Rendah (JTR) di Dukuh Nanggulan yaitu penghantar jenis twisted cable atau penghantar isolasi berpilin NFAAX-T. Adapun panjang penghantar antar section JTR dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Data Pengukuran JTR

Section	Panjang (m)
A-B	50,25
B-C	54,25
Total	104,5

2. Data Pembebanan Transformator

Pengukuran beban transformator distribusi digunakan untuk menentukan apakah transformator tersebut dalam keadaan baik atau tidak. Kondisi dari pembebanan juga akan berpengaruh terhadap kualitas tegangan distribusi yang dipasoknya. Pembebanan transformator diukur menggunakan Ampstick, yaitu alat untuk mengukur arus yang mengalir di jaringan distribusi tenaga listrik. Arus listrik tersebut yang akan menentukan transformator dalam keadaan beban berlebih (overload) atau tidak.

Tabel 2. Data Pengukuran Arus Transformator di tiang K1-56/13

Trafo	Line/Jurusan	Hasil Pengukuran (A)	Total (A)	Rata-rata Arus (A)
B&D 50 KVA	X1	52	101	50,5
	X2	49		
	Netral	7,5		

3. Data Pengukuran Tegangan, Arus dan Panjang Sambungan Rumah (SR)

Pengukuran jatuh tegangan dilakukan pada waktu beban puncak (WBP) karena pada saat-saat tersebut penggunaan listrik oleh pelanggan lebih maksimal. Terdapat 46 sambungan rumah yang dapat diukur. Data pengukuran tegangan, arus dan panjang penghantar dapat dilihat pada **Tabel 3.**

Tabel 3. Data Pengukuran Tegangan (V), Arus (A), dan Panjang SR

No	Kode Rumah	ID Pelanggan	Tegangan Kirim (V)	Daya (VA)	Tegangan Terukur (V)	Arus Terukur (A)	Panjang SR
1	RMH 1	524010204873	220	450	206.15	1.71	35
2	RMH 2	524010213742	220	450	203.92	1.24	20
3	RMH 3	524010204010	220	450	201.22	1.53	20
4	RMH 4	524010588956	220	900	199.62	3.45	30
5	RMH 5	524010204753	220	450	198.28	1.42	20
6	RMH 6	524010849525	220	450	197.42	1.32	25
7	RMH 7	524010204348	220	450	196.84	1.53	20
8	RMH 8	524010202350	220	450	196.12	1.70	25
9	RMH 9	524010213759	220	450	203.40	1.78	20
10	RMH 10	524010849533	220	450	199.82	1.42	30
11	RMH 11	524010201070	220	900	198.41	3.42	20
12	RMH 12	524010414454	220	450	197.32	1.53	50
13	RMH 13	524010203743	220	450	196.85	1.30	30
14	RMH 14	524010865868	220	450	196.43	1.60	25
15	RMH 15	524010414447	220	450	195.86	1.23	25
16	RMH 16	524011009036	220	450	194.89	1.60	55
17	RMH 17	524010848515	220	450	193.97	1.51	20
18	RMH 18	524010344509	220	450	193.32	1.30	25
19	RMH 19	524010350827	220	450	189.56	1.42	35
20	RMH 20	524010204044	220	450	187.21	1.53	23
21	RMH 21	524010248886	220	450	192.22	1.56	20
22	RMH 22	524010256226	220	450	190.43	1.67	30
23	RMH 23	524010249009	220	450	189.86	1.54	25
24	RMH 24	524010542205	220	450	203.51	1.75	25

No	Kode Rumah	ID Pelanggan	Tegangan Kirim (V)	Daya (VA)	Tegangan Terukur (V)	Arus Terukur (A)	Panjang SR
25	RMH 25	524010204268	220	450	200.13	1.45	30
26	RMH 26	524010204156	220	450	197.32	1.50	25
27	RMH 27	524010811910	220	900	196.23	3.60	35
28	RMH 28	5240103448212	220	900	194.45	3.52	30
29	RMH 29	524010567014	220	450	193.12	1.57	15
30	RMH 30	524010204284	220	450	196.71	1.54	30
31	RMH 31	524010811902	220	900	194.65	3.43	20
32	RMH 32	524010204276	220	450	192.25	1.42	35
33	RMH 33	524010444826	220	450	192.11	1.56	25
34	RMH 34	524010204243	220	450	191.56	1.61	20
35	RMH 35	524010204250	220	450	202.20	1.53	15
36	RMH 36	524010371404	220	450	199.45	1.30	15
37	RMH 37	524010200937	220	450	198.64	1.60	15
38	RMH 38	524010201358	220	450	196.12	1.30	20
39	RMH 39	524010501838	220	450	195.54	1.50	15
40	RMH 40	524010978821	220	450	194.23	1.70	15
41	RMH 41	524010205357	220	900	195.32	3.56	15
42	RMH 42	524010205365	220	450	193.78	1.52	20
43	RMH 43	524010205373	220	900	192.32	3.30	20
44	RMH 44	524010205245	220	450	190.89	1.51	15
45	RMH 45	524010960951	220	450	189.21	1.61	20
46	RMH 46	524010204761	220	900	189.21	3.64	20

3. Hasil dan Pembahasan

Jatuh tegangan yang dihitung adalah menggunakan data hasil pengukuran tegangan langsung pada saat beban puncak dari pukul 18.00-20.00 WIB.

3.1 Perhitungan Persentase Jatuh Tegangan Berdasarkan Data Pengukuran

Perhitungan jatuh tegangan adalah dengan membandingkan tegangan hasil pengukuran langsung dengan tegangan standar PLN yaitu 220 Volt [15]. Data pengukuran tegangan yang akan dibandingkan dengan tegangan standar PLN dapat dilihat pada **Tabel 3**. Besar jatuh tegangan dinyatakan dalam bentuk persentase dengan menggunakan persamaan 1:

$$\% \Delta V = (V_s - V_r) / V_s \times 100\% \quad (\text{Persamaan 1: \% Jatuh Tegangan})$$

Persentase Jatuh Tegangan Kode Rumah RMH1:

$$\begin{aligned} \% \Delta V &= (V_s - V_r) / V_s \times 100\% \\ \% \Delta V &= (220 - 206.15) / 220 \times 100\% \\ \% \Delta V &= 6.29\% \end{aligned}$$

Hasil Perhitungan setiap sambungan rumah pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Perhitungan persentase Drop V Sambungan Rumah

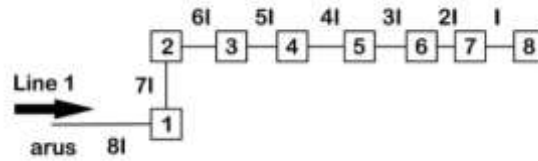
No	Kode Rumah	Tegangan Standar Mutu PLN (V)	Tegangan Terukur (V)	ΔV (Volt)	Persen Jatuh Tegangan (%)
1	RMH 1	220	206.15	13.85	-6.30%
2	RMH 2	220	203.92	16.08	-7.31%
3	RMH 3	220	201.22	18.78	-8.54%

4	RMH 4	220	199.62	20.38	-9.26%
5	RMH 5	220	198.28	21.72	-9.87%
6	RMH 6	220	197.42	22.58	-10.26%
7	RMH 7	220	196.84	23.16	-10.53%
8	RMH 8	220	196.12	23.88	-10.85%
9	RMH 9	220	203.40	16.60	-7.55%
10	RMH 10	220	199.82	20.18	-9.17%
11	RMH 11	220	198.41	21.59	-9.81%
12	RMH 12	220	197.32	22.68	-10.31%
13	RMH 13	220	196.85	23.15	-10.52%
14	RMH 14	220	196.43	23.57	-10.71%
15	RMH 15	220	195.86	24.14	-10.97%
16	RMH 16	220	194.89	25.11	-11.41%
17	RMH 17	220	193.97	26.03	-11.83%
18	RMH 18	220	193.32	26.68	-12.13%
19	RMH 19	220	189.56	30.44	-13.84%
20	RMH 20	220	187.21	32.79	-14.90%
21	RMH 21	220	192.22	27.78	-12.63%
22	RMH 22	220	190.43	29.57	-13.44%
23	RMH 23	220	189.86	30.14	-13.70%
24	RMH 24	220	203.51	16.49	-7.50%
25	RMH 25	220	200.13	19.87	-9.03%
26	RMH 26	220	197.32	22.68	-10.31%
27	RMH 27	220	196.23	23.77	-10.80%
28	RMH 28	220	194.45	25.55	-11.61%
29	RMH 29	220	193.12	26.88	-12.22%
30	RMH 30	220	196.71	23.29	-10.59%
31	RMH 31	220	194.65	25.35	-11.52%
32	RMH 32	220	192.25	27.75	-12.61%
33	RMH 33	220	192.11	27.89	-12.68%
34	RMH 34	220	191.56	28.44	-12.93%
35	RMH 35	220	202.20	17.80	-8.09%
36	RMH 36	220	199.45	20.55	-9.34%
37	RMH 37	220	198.64	21.36	-9.71%
38	RMH 38	220	196.12	23.88	-10.85%
39	RMH 39	220	195.54	24.46	-11.12%
40	RMH 40	220	194.23	25.77	-11.71%
41	RMH 41	220	195.32	24.68	-11.22%
42	RMH 42	220	193.78	26.22	-11.92%
43	RMH 43	220	192.32	27.68	-12.58%
44	RMH 44	220	190.89	29.11	-13.23%
45	RMH 45	220	189.21	30.79	-14.00%
46	RMH 46	220	189.21	30.79	-14.00%

3.2 Perhitungan Susut Daya Berdasarkan Data Pengukuran

$$P = I^2 \times R$$

Kemudian dilakukan perhitungan masing-masing *Line* yaitu sebagai berikut :



Gambar 4. Line 1 Jaringan Eksisting

Perhitungan Line 1 Kode Rumah 1, jumlah tarikan konsumen sebanyak 8 rumah, arus total yang masuk melalui sambungan rumah 1 adalah penjumlahan arus dari Line 1. Data pengukuran arus dapat dilihat pada **Tabel 3** sehingga perhitungan menjadi sebagai berikut :

$$I = 13.9 \text{ A}$$

$$R = 1.91 \text{ } \Omega/\text{km} \times 0.035 \text{ km}$$

$$R = 0.06685 \text{ } \Omega$$

$$P = 2(I^2 R)$$

$$P = 2([(13.9)]^2 \times 0.06685)$$

$$P = 25.83 \text{ Watt}$$

Sehingga keseluruhan perhitungan dari *Line 1* sampai dengan *Line 4* pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Perhitungan Susut Daya setiap Line

Kode Rumah	Line	I Masuk (A)	Panjang SR (km)	Resistansi (Ω/km)	Hitung Resistansi (Ω)	Hasil Rugi Daya (Watt)
SR 1	Line 1	13.9	0.035	1.91	0.06685	25.83
SR 2		12.19	0.02	1.91	0.0382	11.35
SR 3		10.95	0.02	1.91	0.0382	9.16
SR 4		9.42	0.03	1.91	0.0573	10.17
SR 5		5.97	0.02	1.91	0.0382	2.72
SR 6		4.55	0.025	1.91	0.04775	1.98
SR 7		3.23	0.02	1.91	0.0382	0.80
SR 8		1.7	0.025	1.91	0.04775	0.28
SR 9	Line 2	24.41	0.02	1.91	0.038	45.28
SR 10		22.63	0.03	1.91	0.057	58.38
SR 11		13.36	0.02	1.91	0.038	13.57
SR 12		4.43	0.05	1.91	0.096	3.77
SR 13		2.9	0.03	1.91	0.057	0.96
SR 14		1.6	0.025	1.91	0.048	0.25
SR 15		13.36	0.025	1.91	0.048	17.14
SR 16		12.13	0.055	1.91	0.105	30.90
SR 17		1.51	0.02	1.91	0.038	0.17
SR 18		4.25	0.025	1.91	0.048	1.73
SR 19		2.95	0.035	1.91	0.067	1.17
SR 20		1.53	0.025	1.91	0.048	0.22
SR 21		4.77	0.02	1.91	0.038	1.73
SR 22		3.21	0.03	1.91	0.057	1.17

Kode Rumah	Line	I Masuk (A)	Panjang SR (km)	Resistansi (Ω/km)	Hitung Resistansi (Ω)	Hasil Rugi Daya (Watt)
SR 23		1.54	0.025	1.91	0.048	0.23
SR 24	Line 3	22.95	0.025	1.91	0.048	50.56
SR 25		21.2	0.03	1.91	0.057	51.24
SR 26		10.19	0.025	1.91	0.048	9.97
SR 27		8.69	0.035	1.91	0.067	10.12
SR 28		5.09	0.03	1.91	0.057	2.95
SR 29		1.57	0.015	1.91	0.029	0.14
SR 30		9.56	0.03	1.91	0.057	10.42
SR 31		8.02	0.02	1.91	0.038	4.89
SR 32		4.59	0.035	1.91	0.067	2.82
SR 33		3.17	0.025	1.91	0.048	0.96
SR 34		1.61	0.02	1.91	0.038	0.20
SR 35		Line 4	24.04	0.015	1.91	0.029
SR 36	22.51		0.015	1.91	0.029	29.39
SR 37	21.21		0.015	1.91	0.029	26.09
SR 38	4.5		0.02	1.91	0.038	1.54
SR 39	3.2		0.015	1.91	0.029	0.59
SR 40	1.7		0.015	1.91	0.029	0.17
SR 41	15.14		0.015	1.91	0.029	13.29
SR 42	11.58		0.02	1.91	0.038	10.19
SR 43	10.06		0.02	1.91	0.038	7.69
SR 44	6.76		0.015	1.91	0.029	2.65
SR 45	5.25		0.02	1.91	0.038	2.09
SR 46	3.64		0.02	1.91	0.038	1.01

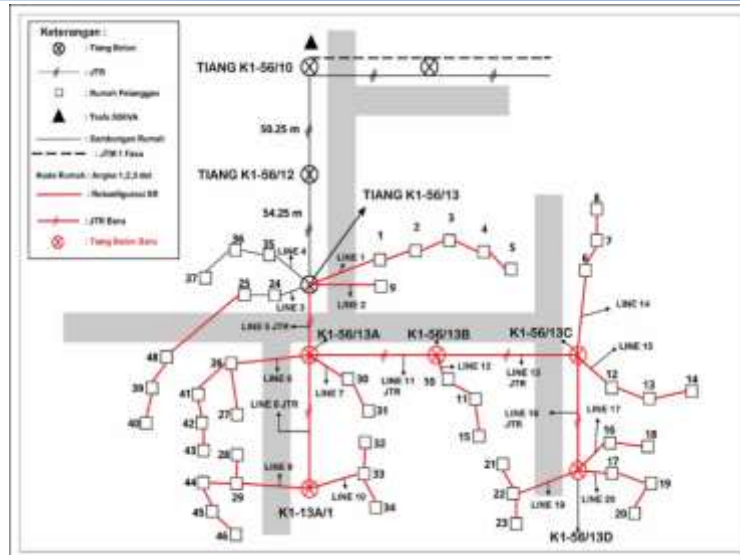
Dari perhitungan rugi-rugi di tiap sambungan rumah, maka didapatkan total rugi-rugi yang dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Hasil Total Rugi-rugi Jaringan

No.	Line	Rugi Hasil Perhitungan (Watt)
1.	Line 1	62.29
2.	Line 2	177.20
3.	Line 3	144.29
4.	Line 4	127.07
	Total	510.85

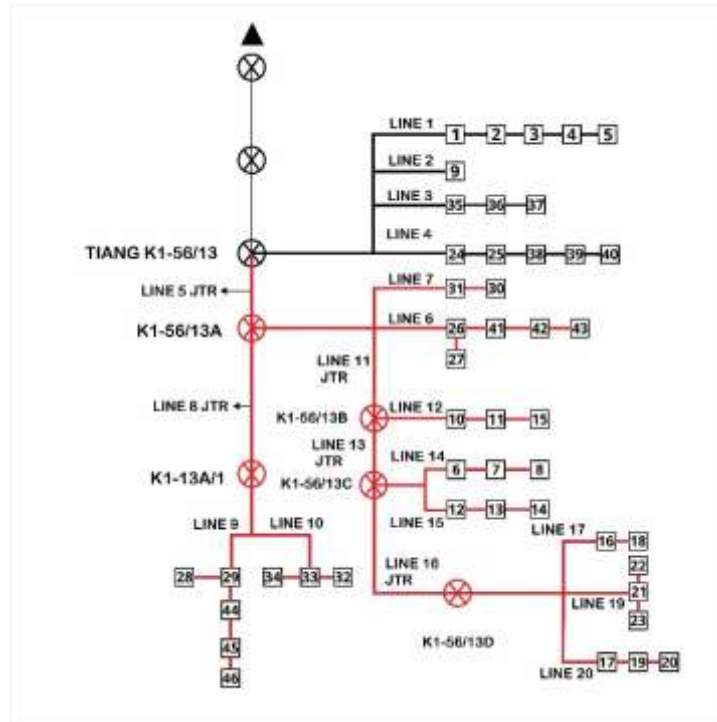
3.3 Penambahan Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dan Rekonfigurasi Sambungan Rumah Deret.

Untuk memperbaiki jatuh tegangan dan susut daya yang terjadi akibat sambungan rumah (SR) yang tidak sesuai dengan SPLN maka diperlukan rekonfigurasi sambungan rumah. Peta kondisi jaringan eksisting pada **Gambar 5**. menunjukkan bahwa diperlukan penambahan jaringan tegangan rendah (JTR) guna menjangkau sambungan rumah deret yang paling ujung agar jatuh tegangan dapat berkurang. Penambahan JTR dan rekonfigurasi SR dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Penambahan JTR dan Rekonfigurasi SR

Sedangkan untuk mempermudah dalam penamaan jaringan tegangan rendah baru dan sambungan rumah yang direkonfigurasi maka penulis membuat pemodelan rangkaian sederhana yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Penambahan JTR dan Rekonfigurasi SR

Perencanaan rekonfigurasi SR memperhatikan kondisi jaringan eksisting sehingga titik pemotongan SR deret disesuaikan dengan panjang penghantar SR lama. Hal ini dimaksudkan agar pada saat pekerjaan tidak perlu menambah panjang penghantar sambungan rumah.

3.4. Simulasi Kondisi Tiap Sambungan Rumah Sebelum Rekonfigurasi

Simulasi yang dilakukan untuk mengetahui jatuh tegangan akibat sambungan rumah deret atau tidak sesuai dengan SPLN menggunakan bantuan software ETAP dengan konfigurasi kabel dan sebagainya mengacu pada data SPLN. Terdapat 4 line sambungan rumah yang ditarik dari tiang JTR. Dari simulasi yang telah dilakukan didapatkan hasil jatuh tegangan yang dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Jatuh Tegangan Kondisi Sebelum Dilakukan Rekonfigurasi menggunakan ETAP 12.6.0

Kode Rumah	Line	Tiang	Tegangan Kirim PLN (Volt)	Tegangan Simulasi (Volt)	ΔV (Volt)	Persen Drop (%)
RMH 1	Line 1	K1-56/13	220	205.36	14.64	6.65%
RMH 2		K1-56/13		204.12	15.88	7.22%
RMH 3		K1-56/13		203.03	16.97	7.71%
RMH 4		K1-56/13		201.64	18.36	8.35%
RMH 5		K1-56/13		200.86	19.14	8.70%
RMH 6		K1-56/13		200.4	19.6	8.91%
RMH 7		K1-56/13		200.09	19.91	9.05%
RMH 8		K1-56/13		199.9	20.1	9.14%
RMH 9	Line 2	K1-56/13	220	205.33	14.67	6.67%
RMH 10		K1-56/13		201.83	18.17	8.26%
RMH 11		K1-56/13		199.67	20.33	9.24%
RMH 12		K1-56/13		198.52	21.48	9.76%
RMH 13		K1-56/13		198.06	21.94	9.97%
RMH 14		K1-56/13		197.87	22.13	10.06%
RMH 15		K1-56/13		197.93	22.07	10.03%
RMH 16		K1-56/13		195.82	24.18	10.99%
RMH 17	K1-56/13	195.67	24.33	11.06%		
RMH 18	Line 3	K1-56/13	220	195.25	24.75	11.25%
RMH 19		K1-56/13		194.71	25.29	11.50%
RMH 20		K1-56/13		194.54	25.46	11.57%
RMH 21		K1-56/13		197.47	22.53	10.24%
RMH 22		K1-56/13		197	23	10.45%
RMH 23		K1-56/13		196.81	23.19	10.54%
RMH 24	Line 4	K1-56/13	220	204.43	15.57	7.08%
RMH 25		K1-56/13		201.31	18.69	8.50%
RMH 26		K1-56/13		198.91	21.09	9.59%
RMH 27		K1-56/13		197.49	22.51	10.23%
RMH 28		K1-56/13		196.74	23.26	10.57%
RMH 29		K1-56/13		196.63	23.37	10.62%
RMH 30		K1-56/13		197.49	22.51	10.23%
RMH 31		K1-56/13		196.7	23.3	10.59%
RMH 32		K1-56/13		195.87	24.13	10.97%
RMH 33		K1-56/13		195.48	24.52	11.15%
RMH 34		K1-56/13		195.32	24.68	11.22%
RMH 35		K1-56/13		206.01	13.99	6.36%
RMH 36		K1-56/13		204.33	15.67	7.12%
RMH 37		K1-56/13		202.77	17.23	7.83%
RMH 38	K1-56/13	200.86	19.14	8.70%		
RMH 39	K1-56/13	200.62	19.38	8.81%		
RMH 40	K1-56/13	200.51	19.49	8.86%		
RMH 41	K1-56/13	199.79	20.21	9.19%		
RMH 42	K1-56/13	198.68	21.32	9.69%		
RMH 43	K1-56/13	197.74	22.26	10.12%		
RMH 44	K1-56/13	197.26	22.74	10.34%		
RMH 45	K1-56/13	196.79	23.21	10.55%		
RMH 46	K1-56/13	196.47	23.53	10.70%		

Dari hasil simulasi menggunakan software ETAP 12.6 didapatkan hasil jatuh tegangan melebihi batas-batas yang ditentukan oleh PLN yaitu +5% dan -10%. Jatuh tegangan yang terjadi melebihi batas bawah dari ketentuan yang diperbolehkan. Semakin banyak rumah yang disadapkan dari satu sambungan rumah/deret/seri maka jatuh tegangan semakin besar. Untuk memperbaiki jatuh tegangan agar sesuai dengan batas-batas yang ditentukan melalui SPLN maka diperlukan rekonfigurasi SR serta penambahan JTR.

Sedangkan hasil rugi daya dengan berdasarkan simulasi menggunakan ETAP 12.6.0 dapat dilihat pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Rugi Daya Tiap Sambungan Rumah Sebelum Rekonfigurasi dengan Simulasi ETAP 12.6.0

Kode Rumah	Line	Tiang	Losses (Watt)
RMH 1	Line 1	K1-56/13	39.44
RMH 2		K1-56/13	17.77
RMH 3		K1-56/13	13.58
RMH 4		K1-56/13	14.95
RMH 5		K1-56/13	5.53
RMH 6		K1-56/13	2.48
RMH 7		K1-56/13	1.10
RMH 8		K1-56/13	0.34
RMH 9	Line 2	K1-56/13	70.51
RMH 10		K1-56/13	92.81
RMH 11		K1-56/13	53.85
RMH 12		K1-56/13	6.16
RMH 13		K1-56/13	1.64
RMH 14		K1-56/13	0.34
RMH 15		K1-56/13	27.84
RMH 16		K1-56/13	18.80
RMH 17	Line 2	K1-56/13	0.27
RMH 18		K1-56/13	3.10
RMH 19		K1-56/13	1.89
RMH 20		K1-56/13	0.31
RMH 21		K1-56/13	2.50
RMH 22		K1-56/13	1.68
RMH 23		K1-56/13	0.34
RMH 24		Line 3	K1-56/13
RMH 25	K1-56/13		74.43
RMH 26	K1-56/13		52.82
RMH 27	K1-56/13		13.27
RMH 28	K1-56/13		4.21
RMH 29	K1-56/13		0.22
RMH 30	K1-56/13		15.58
RMH 31	K1-56/13		7.21
RMH 32	Line 4	K1-56/13	4.53
RMH 33		K1-56/13	1.44
RMH 34		K1-56/13	0.29
RMH 35		K1-56/13	49.50
RMH 36		K1-56/13	43.03
RMH 37		K1-56/13	37.03
RMH 38		K1-56/13	42.01
RMH 39		K1-56/13	0.88
RMH 40	Line 4	K1-56/13	0.22
RMH 41		K1-56/13	17.66
RMH 42		K1-56/13	14.21
RMH 43		K1-56/13	10.43
RMH 44		K1-56/13	3.47
RMH 45		K1-56/13	2.60
RMH 46	Line 4	K1-56/13	1.16
Total			859,89

Simulasi Kondisi Tiap Sambungan Rumah Setelah Rekonfigurasi. Perencanaan rekonfigurasi dapat dilihat pada **Gambar 6**. Dilakukannya rekonfigurasi bertujuan untuk memperbaiki jatuh tegangan dan losses yang diakibatkan oleh sambungan yang tidak sesuai dengan SPLN. Single Line Diagram (SLD) atau diagram satu garis sambungan rumah hasil rekonfigurasi dapat dilihat pada lampiran di halaman terakhir laporan ini. Sedangkan hasil dari simulasi setelah rekonfigurasi SR dapat dilihat pada **Tabel 9**.

Tabel 9. Hasil Tegangan Simulasi Sambungan Rumah Setelah Rekonfigurasi

Kode Rumah	Line	Tiang	Tegangan Simulasi (Volt)	Persen Jatuh Tegangan (%)
RMH 1	Line 1	K1-56/13	205.87	6.42%
RMH 2		K1-56/13	204.87	6.88%
RMH 3		K1-56/13	204.07	7.24%
RMH 4		K1-56/13	202.98	7.74%
RMH 5		K1-56/13	200.77	8.74%

Kode Rumah	Line	Tiang	Tegangan Simulasi (Volt)	Persen Jatuh Tegangan (%)
RMH 9	Line 2	K1-56/13	207.76	5.56%
RMH 35	Line 3	K1-56/13	207.5	5.68%
RMH 36		K1-56/13	207.2	5.82%
RMH 37		K1-56/13	207	5.91%
RMH 24	Line 4	K1-56/13	206.7	6.05%
RMH 25		K1-56/13	205.4	6.64%
RMH 38		K1-56/13	204.8	6.91%
RMH 39		K1-56/13	204.5	7.05%
RMH 40	Line 6	K1-56/13	204.4	7.09%
RMH 27		K1-56/13A	201.6	8.36%
RMH 41		K1-56/13A	201.6	8.36%
RMH 42		K1-56/13A	201	8.64%
RMH 43		K1-56/13A	200.6	8.82%
RMH 26	Line 7	K1-56/13A	202.4	8.00%
RMH 30		K1-56/13A	203.1	7.68%
RMH 31		K1-56/13A	202.2	8.09%
RMH 28	Line 9	K1-13A/1	200.72	8.76%
RMH 29		K1-13A/1	199.7	9.23%
RMH 44		K1-13A/1	202.47	7.97%
RMH 45		K1-13A/1	199.4	9.36%
RMH 46	Line 10	K1-13A/1	199.3	9.41%
RMH 32		K1-13A/1	202.1	8.14%
RMH 33		K1-13A/1	202.1	8.14%
RMH 34		K1-13A/1	204.61	7.00%
RMH 10	Line 12	K1-56/13B	201.6	8.36%
RMH 11		K1-56/13B	201	8.64%
RMH 15		K1-56/13B	200.8	8.73%
RMH 6	Line 14	K1-56/13C	203.62	7.45%
RMH 7		K1-56/13C	200.38	8.92%
RMH 8		K1-56/13C	200.13	9.03%
RMH 16		K1-56/13D	199.7	9.23%
RMH 17	Line 15	K1-56/13D	200.2	9.00%
RMH 12		K1-56/13C	199.6	9.27%
RMH 13		K1-56/13C	199	9.55%
RMH 14		K1-56/13C	198.6	9.73%
RMH 18	Line 17	K1-56/13D	199.4	9.36%
RMH 22		K1-56/13D	199.6	9.27%
RMH 21	Line 19	K1-56/13D	199.2	9.45%
RMH 23		K1-56/13D	199.4	9.36%
RMH 19	Line 20	K1-56/13D	202.56	7.93%
RMH 20	Line 20	K1-56/13D	199.3	9.41%

Hasil simulasi setelah rekonfigurasi SR serta penambahan JTR menunjukkan perbaikan dari jatuh tegangan sebelum dilakukannya rekonfigurasi. Nilai jatuh tegangan setelah rekonfigurasi SR tidak melebihi batas bawah dari standar yang ditentukan yaitu -10%. Sedangkan hasil losses dengan berdasarkan simulasi menggunakan ETAP 12.6 dapat dilihat pada **Tabel 10**.

Tabel 10. Rugi Daya Tiap Sambungan Rumah Setelah Rekonfigurasi

Kode Rumah	Line	Tiang	Losses (Watt)
RMH 1	Line 1	K1-56/13	17.78
RMH 2	Line 1	K1-56/13	7.05
RMH 3	Line 1	K1-56/13	4.51
RMH 4	Line 1	K1-56/13	3.80
RMH 5	Line 1	K1-56/13	0.28
RMH 6	Line 14	K1-56/13C	3.10
RMH 7	Line 14	K1-56/13C	1.10
RMH 8	Line 14	K1-56/13C	0.34
RMH 9	Line 2	K1-56/13	0.29
RMH 10	Line 12	K1-56/13B	6.72
RMH 11	Line 12	K1-56/13B	2.53
RMH 12	Line 15	K1-56/13C	11.08
RMH 13	Line 15	K1-56/13C	3.08
RMH 14	Line 15	K1-56/13C	0.34

Kode Rumah	Line	Tiang	Losses (Watt)
RMH 15	Line 12	K1-56/13B	0.36
RMH 16	Line 14	K1-56/13D	3.45
RMH 17	Line 14	K1-56/13D	2.54
RMH 18	Line 17	K1-56/13D	0.43
RMH 19	Line 20	K1-56/13D	2.01
RMH 20	Line 20	K1-56/13D	0.33
RMH 21	Line 19	K1-56/13D	1.10
RMH 22	Line 17	K1-56/13D	6.75
RMH 23	Line 19	K1-56/13D	0.36
RMH 24	Line 4	K1-56/13	9.45
RMH 25	Line 4	K1-56/13	7.24
RMH 26	Line 6	K1-56/13A	23.49
RMH 27	Line 6	K1-56/13A	2.07
RMH 28	Line 9	K1-13A/1	36.26
RMH 29	Line 9	K1-13A/1	10.77
RMH 30	Line 7	K1-56/13A	4.02
RMH 31	Line 7	K1-56/13A	1.19
RMH 32	Line 10	K1-13A/1	0.52
RMH 33	Line 10	K1-13A/1	5.93
RMH 34	Line 10	K1-13A/1	1.18
RMH 35	Line 3	K1-56/13	2.06
RMH 36	Line 3	K1-56/13	0.91
RMH 37	Line 3	K1-56/13	0.23
RMH 38	Line 4	K1-56/13	2.71
RMH 39	Line 4	K1-56/13	0.90
RMH 40	Line 4	K1-56/13	0.23
RMH 41	Line 6	K1-56/13A	5.54
RMH 42	Line 6	K1-56/13A	2.66
RMH 43	Line 6	K1-56/13A	1.18
RMH 44	Line 9	K1-13A/1	0.88
RMH 45	Line 9	K1-13A/1	1.17
RMH 46	Line 9	K1-13A/1	1.17

Rekonfigurasi yang dilakukan dengan menambah jaringan tegangan rendah sebanyak 5 gawang dengan panjang 50 meter tiap gawang. Penghantar menggunakan jenis LTVC 3x70+1x50 mm². Akibat adanya impedansi dari penghantar akan menimbulkan rugi-rugi yang dapat dilihat pada **Tabel 11**.

Tabel 11. Rugi-rugi Penghantar JTR Baru

Gawang	Panjang (m)	Rugi Daya berdasar Simulasi ETAP (Watt)
K1-56/13 sampai K1-56/13A	50	308.01
K1-56/13A sampai K1-13A/1	50	21.53
K1-56/13A sampai K1-56/13B	50	62.00
K1-56/13B sampai K1-56/13C	50	39.78
K1-56/13C sampai K1-56/13D	50	12.83

Hasil rugi-rugi total adalah keseluruhan penjumlahan rugi-rugi daya pada tiap sambungan rumah dan jaringan tegangan rendah hasil rekonfigurasi yang ditimbulkan akibat adanya impedansi penghantar yang dapat dilihat pada **Tabel 12** dengan berdasarkan **Gambar 6** sebagai acuan rekonfigurasi sambungan rumah.

Tabel 12. Rugi-rugi Total setelah Rekonfigurasi

Line/Tiang	Rugi Daya (Watt)
Line 1	33.42
Line 2	0.29
Line 3	20.53
Line 4	3.2
Line 6	44.32
Line 7	5.21
Line 9	51.87
Line 10	7.63
Line 12	9.61

Line/Tiang	Rugi Daya (Watt)
Line 14	4.54
Line 15	14.5
Line 17	3.88
Line 19	8.21
Line 20	4.88
K1-56/13 sampai K1-56/13A	308.01
K1-56/13A sampai K1-13A/1	21.53
K1-56/13A sampai K1-56/13B	62.00
K1-56/13B sampai K1-56/13C	39.78
K1-56/13C sampai K1-56/13D	12.83
Total	656.24

Untuk mengetahui pengaruh dari rekonfigurasi SR dan penambahan JTR terhadap rugi-rugi yang ditimbulkan maka akan dilakukan perbandingan terhadap hasil rugi daya dari perhitungan berdasarkan data pengukuran, rugi daya hasil simulasi sebelum dilakukan rekonfigurasi, dan rugi daya hasil simulasi setelah dilakukan rekonfigurasi yang dapat dilihat pada **Tabel 13**.

Tabel 13. Perbandingan Rugi Daya Hasil Perhitungan dan Simulasi

Rugi Daya Perhitungan (Watt)	Rugi Daya Hasil Simulasi Sebelum Rekonfigurasi (Watt)	Rugi Daya Hasil Simulasi Setelah Rekonfigurasi (Watt)
510.85	859.89	656.24

4. Kesimpulan

Dilakukannya penambahan jaringan tegangan rendah di lokasi jatuh tegangan tersebut membuat jarak sambungan rumah yang paling ujung menjadi lebih dekat ke sumber tegangan atau jaringan tegangan rendah (JTR) sehingga kualitas tegangan di Dukuh Nanggulan membaik. Perbaikan sambungan rumah sesuai dengan SPLN SPLN 56-1 tahun 1993 mengakibatkan tegangan yang awalnya melebihi standar dari PLN sekarang membaik dengan rentang persentase jatuh tegangannya diantara 5%-8% saja dengan diiringi penurunan rugi daya dengan menggunakan simulasi ETAP 12.6.0.

5. Daftar Pustaka

- [1] Kelompok Pembakuan Bidang Distribusi dan Kelompok Kerja Konstruksi Distribusi. 1987. SPLN 72:1987. Spesifikasi Desain untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR). Jakarta : Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara.
- [2] Multa, Lesnanto, Restu Prima Aridani. 2013. Modul Pelatihan ETAP. Yogyakarta : Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Universitas Gadjah Mada.
- [3] PT. PLN (Persero). 2010. Buku 1 Kriteria Disain Enjinereng Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik. Jakarta : PT PLN (Persero) Jalan Trunojoyo Blok M-I/135, Kebayoran Baru Jakarta Selatan.
- [4] Sarimun, Wahyudi. 2011. Buku Saku Pelayanan Teknik Edisi Kedua. Depok : Garamond.
- [5] Hardiyanto, Eko. , 2008. "Evaluasi Instalasi Jaringan Tegangan Rendah Untuk Menekan Rugi-Rugi Daya dan Tegangan Jatuh," Penelitian, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Indonesia, Depok, Indonesia.
- [6] Handayani, Fani. 2016. "Analisis Jatuh Tegangan dan Rugi Daya pada Jaringan Tegangan Rendah Menggunakan Software ETAP 12.6.0. Jurnal Distribusi. Teknik Elektro. Universitas Diponegoro.
- [7] Kelompok Kerja Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik dan Pusat Penelitian Sains dan Teknologi Universitas Indonesia. Standard Konstruksi Sambungan Tenaga Listrik. PT PLN (Persero). 2010./
- [8] 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.
- [9] Putro, A. P. "Analisis Tegangan Jatuh Sistem Distribusi Listrik Kabupaten Pelalawan dengan Menggunakan ETAP 7.5.0", Skripsi, Universitas Diponegoro, Semarang, 2015.
- [10] Hardiyanto, Eko. , 2008. "Evaluasi Instalasi Jaringan Tegangan Rendah Untuk Menekan Rugi-Rugi Daya dan Tegangan Jatuh," Penelitian, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Indonesia, Depok, Indonesia.

- [11] 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..
- [12] Efendi, Juri. 2018. “Analisa Aliran Beban pada Sistem Tenaga Listrik di Pusat Penampung Produksi Menggung Pertamina Asset IV Field Cepu Menggunakan Software ETAP 12.6.” Publikasi Ilmiah 1–17.
- [13] Nizar, Ahmad. 2021. “Analisis Rugi Daya Menggunakan ETAP pada Jaringan Distribusi 20KV Penyulang Bagong.” Jurnal Teknik Elektro 10(1):195–202
- [14] SPLN No 1. 1995. “Tegangan - Tegangan Standar.” Standar Perusahaan Listrik Negara.
- [15] Sugianto, Sugianto, Arif Jaya, and Bayu Adrian Ashad. 2020. “Analisis Rugi-Rugi Daya Jaringan Distribusi Penyulang POLDA Area Makassar Utara dengan ETAP 12.6.” PROtek : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro 7(1):51–54. doi: 10.33387/protk.v7i1.1690.