

PERENCANAAN PERBAIKAN JTR PENYULANG SRL001 DI DAERAH TANJUNGSARI GUNA MENGURANGI *DROP* TEGANGAN KONSUMEN PADA PT PLN (PERSERO) RAYON SEMARANG SELATAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE* ETAP 12.6.0

Bambang Winardi^{*)}, Agung Nugroho, Dinda Hapsari Kusumastuti

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail: bwundip@gmail.com

Abstrak

Sambungan rumah adalah titik akhir dari pelayanan listrik kepada konsumen, sehingga potret pelayanan dapat dilihat dari mutu tegangan dan tingkat keandalan dari sisi sambungan rumah. Dalam hal ini penulis menemukan sebuah kasus nyata sampel di lapangan mengenai sambungan rumah yang tidak sesuai standar yang layak untuk dibahas dan direncanakan solusi perbaikan jaringannya. Jumlah tarikan sambungan rumah yang tidak standar ini menyebabkan tegangan rumah mengalami jatuh tegangan. Hasil pengukuran pada waktu beban puncak adalah 170 V, persentasenya adalah 22,72%. Padahal tegangan jatuh yang diijinkan adalah maksimal 198 V, persentasenya adalah 10%. Dengan melihat keadaan yang terjadi di lapangan, maka direncanakan solusi untuk perbaikan jaringan. Dalam penelitian ini digunakan *software* ETAP 12.6.0 untuk simulasi jaringan eksisting, yang akan dibandingkan dengan hasil pengukuran di lapangan. Pada pengukuran jatuh tegangan secara langsung berupa 170 V, sedangkan jatuh tegangan dengan menggunakan *software* ETAP 12.6.0 berupa 168 V. Sedangkan pada rencana perbaikan jaringan, perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan *software* ETAP 12.6.0 diperoleh persentase jatuh tegangan hanya berkisar antara 1,81% - 3,63%. Pada *software* ETAP 12.6.0 menunjukkan bahwa rencana perbaikan yang dilakukan sudah memenuhi standar. Hal ini terlihat dari kisaran persentase jatuh tegangan dari 9,09% 22,72% bisa menjadi 1,81% - 3,63%.

Kata kunci : tegangan jatuh, perbaikan jaringan, *software* ETAP 12.6.0

Abstract

Home connection is the end point of the electricity service to the consumer, so that the portrait of service can be seen from the quality of the voltage and the level of reliability from the side of the home connection. In this case the authors found a real sample case in the field of home connections that did not fit the standards that deserved to be discussed and planned for network repair solutions. The amount of non-standard connection of the house connection causes the house voltage to experience a voltage drop. The measurement result at peak load time is 170 V, the percentage is 22.72%. Whereas the allowable drop voltage is a maximum of 198 V, the percentage is 10%. By looking at the circumstances that occur in the field, then planned solutions for network repair. In this research used ETAP 12.6.0 software for simulation of existing network, which will be compared with result of measurement in field. On the measurement of direct voltage drop of 170 V, while the voltage drop using ETAP 12.6.0 software is 168 V. While in the network repair plan, the calculations performed using ETAP 12.6.0 software obtained the percentage of voltage drops only ranged between 1.81% - 3.63%. In the software ETAP 12.6.0 shows that the improvement plan has met the standards. This can be seen from the percentage range of falling voltage from 9.09% 22.72% could be 1.81% - 3.63%.

Keyword : voltage drop, network improvement, *software* ETAP 12.6.0

1. Pendahuluan

Masalah yang kerap dihadapi PT. PLN di bagian distribusi adalah tegangan yang sampai ke pelanggan mengalami jatuh tegangan atau tegangan turun di bawah standarisasi dari PLN⁷⁾. Pengaturan tegangan dan turun tegangan menurut SPLN No.72 Tahun 1987¹⁵⁾ yaitu jatuh tegangan

pada Jaringan Tegangan Menengah (JTM) maksimal 5%, jatuh tegangan pada trafo maksimal 3%, jatuh tegangan pada Jaringan Tegangan Rendah (JTR) maksimal 4%, dan jatuh tegangan pada Saluran pelayanan (SLP) maksimal 1%.¹⁷⁾

Salah satu daerah yang pernah mengalami jatuh tegangan adalah daerah Tanjungsari, Kelurahan Sumurboto,

Kecamatan Banyumanik, Semarang. Permasalahan tersebut diperoleh dari keluhan pelanggan yang melaporkan tegangannya di bawah 200 Volt. Hasil *survey* yang dilakukan, telah mendapat hasil bahwa salah satu tarikan di tiang terakhir di daerah Tanjungsari IV yang memiliki tarikan sambungan rumah (SR) melebihi batas yang diberikan dari PT. PLN, yaitu sejumlah 21 rumah. Besar tegangan pada ujung tarikan tersebut adalah 170 Volt yang diukur pada saat WBP (Waktu Beban Puncak).

Dari kasus tersebut, penulis akan memberikan rencana untuk memperbaiki JTR (Jaringan Tegangan Rendah) tersebut yaitu dengan memperluas jaringan. Dalam melakukan rencana perbaikan jatuh tegangan penulis menghitung jatuh tegangan dan mensimulasikan data yang ada dengan menggunakan *software ETAP 12.6.0* kemudian melakukan rencana perbaikan jatuh tegangan di wilayah Tanjungsari tersebut dan kemudian mensimulasikannya dengan menggunakan *software ETAP 12.6.0*.^{7,9)}

2. Metode

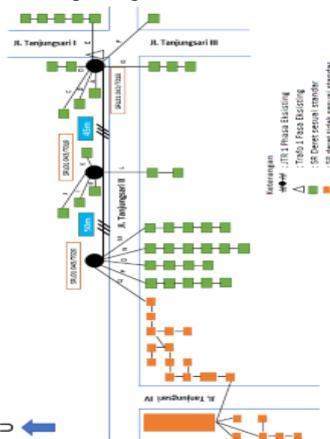
2.1. Data yang Dikumpulkan

Metode pengumpulan data adalah proses dalam pencarian data. Dalam penelitian ini pengumpulan data dilakukan dari *survey* data langsung ke lokasi studi kasus yaitu di Jalan Tanjungsari, Kelurahan Sumurboto, Kecamatan Banyumanik, Kota Semarang. Data yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

1. Gambar Jaringan Eksisting Lokasi Studi Kasus
2. Panjang Jaringan
3. Daya Tersambung Tiap Konsumen
4. Tegangan yang mengalir pada LWBP dan WBP

2.2. Kondisi Jaringan Eksisting

Kondisi jaringan eksisting di lapangan yang terletak di Jalan Tanjungsari, Kelurahan Sumurboto, Kecamatan Banyumanik, Kota Semarang ini diambil dari trafo 50 KVA yang terhubung dengan JTR.



Gambar 1. Kondisi Jaringan Eksisting

2.3. Data Jaringan Eksisting

Tabel 1. Tegangan Pelayanan

Nomor Tiang	Tarikan	Tegangan Pangkal	Tegangan Ujung
SRL01 043/T018	A	220 V	220 V
	B	219,6 V	219,6 V
	C	218 V	218
	D	218 V	215 V
	E	217 V	210 V
	F	218 V	218 V
	G	220 V	214 V
SRL01 043/T019	H	215 V	215 V
	I	214 V	214 V
	J	213 V	213 V
	K	215 V	215 V
	L	216 V	214 V
SRL01 043/T020	M	215 V	213 V
	N	214 V	211 V
	O	212 V	209 V
	P	212 V	208 V
	Q	210 V	170 V

Dari tabel 1 di atas didapatkan bahwa pada tiang SRL01 043/T020 tarikan Q terjadi jatuh tegangan yang cukup besar sehingga tegangan pelayanan pada ujung sambungan rumah hanya 170 volt yang standarnya maksimal jatuh tegangan adalah 198 volt. Jatuh tegangan ini terjadi karena tarikan sambungan rumah tersebut tidak standar yaitu 21 tarikan yang standarnya hanya 5 tarikan. Jarak rumah terakhir dengan tiang pun cukup jauh yaitu 225 meter yang standarnya maksimal 150 meter.

Setelah melihat keadaan ini maka penulis melakukan *survey* lapangan khususnya di tiang SRL01 043/T020 tarikan Q. Pada tarikan ini terdapat 7 pelanggan dengan daya 450 VA, 9 pelanggan daya 900 VA, 3 pelanggan daya 1300 VA, dan 1 pelanggan daya 4400 VA. Penulis melakukan *survey* lapangan dengan melakukan pengukuran tegangan dan mendapatkan tegangan pangkal 210 V pada pelanggan pertama dan mengalami jatuh tegangan 170 volt pada pelanggan ke 21. Adapun data pelanggan pada nomor tiang SRL01 043/T020 tarikan Q adalah sebagai berikut.

Tabel 2 Tegangan Pelayanan Tarikan Q

ID Pelanggan	Daya Terpasang	Tegangan Pelayanan
52-304-0259-496	1300 VA	200 V
52-304-0130-457	450 VA	196 V
52-304-0129-865	450 VA	193 V
14027733352	900 VA	190 V
34024572751	1300 VA	189 V
52-304-0130-196	450 VA	185 V
52-304-0621-874	900 VA	185 V
52-304-0294-021	450 VA	185 V
52-304-0284-747	450 VA	183 V
52-304-0130-041	450 VA	180 V
52-304-0130-806	900 VA	179 V
32027772345	900 VA	177 V
52-304-0415-111	4400 VA	175 V
14020152154	900 VA	171 V
52-304-0341-662	2200 VA	173 V

Tabel 2. Lanjutan

52-304-0609-078	900 VA	171 V
32029913327	900 VA	174 V
32030507779	1300 VA	174 V
45002871064	900 VA	173 V
52-304-0416-461	900 VA	173 V
52-304-0177-277	450 VA	170 V

3. Hasil dan Analisa

3.1. Simulasi Jaringan Eksisting dengan Software ETAP 12.6.0

Dari hasil simulasi dengan software ETAP tersebut dapat diperoleh jatuh tegangan pada masing- masing rumah. Jatuh tegangan hasil simulasi ETAP dapat dibandingkan dengan hasil pengukuran langsung seperti tabel di bawah ini.

Tabel 3. Perbandingan Jatuh Tegangan

Kode Rumah	Tegangan Pelayanan Pengukuran Langsung	Tegangan Pelayanan Simulasi ETAP	Selisih
1	200 V	195 V	5 V
2	196 V	191 V	5 V
3	193 V	188 V	5 V
4	190 V	187 V	3 V
5	189 V	187 V	2 V
6	185 V	183 V	2V
7	185 V	183 V	2 V
8	183 V	183 V	0 V
9	180 V	180 V	0 V
10	179 V	177 V	2 V
11	177 V	175 V	2 V
12	175 V	175 V	0 V
13	171 V	173 V	2 V
14	173 V	172 V	1 V
15	171 V	169 V	2 V
16	174 V	169 V	5 V
17	174 V	169 V	5 V
18	173 V	168 V	5 V
19	173 V	168 V	5 V
20	170 V	168 V	2 V
21	170 V	168 V	2

3.2. Perbandingan Persentase Jatuh Tegangan

Dari hasil simulasi dengan software ETAP diperoleh persentase jatuh tegangan pada masing- masing rumah. Persentase jatuh tegangan hasil simulasi ETAP dapat dibandingkan dengan persentase jatuh tegangan hasil pengukuran langsung seperti tabel di bawah ini.

Tabel 4. Perbandingan Persentase DropTegangan

Kode Rumah	Persentase Jatuh Tegangan Pengukuran Langsung	Persentase Jatuh Tegangan Simulasi ETAP	Selisih
1	9,09 %	11,36%	2,27%
2	10,90 %	13,18%	2,28%
3	12,27 %	14,54%	2,27%
4	13,63 %	15%	1,37%
5	14,09 %	15%	0,91%

Tabel 3. Lanjutan

6	15,90 %	16,81%	0,91%
7	15,90 %	16,81%	0,91%
8	16,81 %	16,81%	0%
9	18,18 %	18,18%	0%
10	18,63 %	19,54%	0,91%
11	19,54 %	20,45%	0,91%
12	20,45 %	20,45%	0%
13	22,27 %	21,36%	1,36%
14	21,36%	21,81%	0,45%
15	22,72%	23,18%	0,46%
16	20,90%	23,18%	2,28%
17	20,90%	23,18%	2,28%
18	21,36%	23,63%	2,27%
19	21,36%	23,63%	2,27%
20	22,72%	23,63%	0,91%
21	22,72%	23,63%	0,91%

3.3. Perencanaan Perbaikan Jaringan Eksisting

Perluasan Jaringan Tegangan Rendah

Perluasan jaringan tegangan rendah ini dilakukan dengan cara penambahan tiang. Penambahan tiang ini bertujuan untuk memperbaiki jumlah SR deret yang melebihi ketentuan PLN di lokasi studi kasus. Menurut Buku Standar Konstruksi Jaringan Distribusi yang diterbitkan oleh PLN, pada satu tiang JTR dapat disambung maksimal lima sambungan layanan pelanggan (SLP). Dalam satu SLP dapat disambung seri maksimum 5 sambungan rumah (5 SR). Sehingga dengan penambahan tiang ini akan dialihkan beberapa beban/pelanggan yang disuplai dari salah satu ujung line tiang JTR yang sambungannya tidak memenuhi standar PLN ke tiang JTR yang baru.

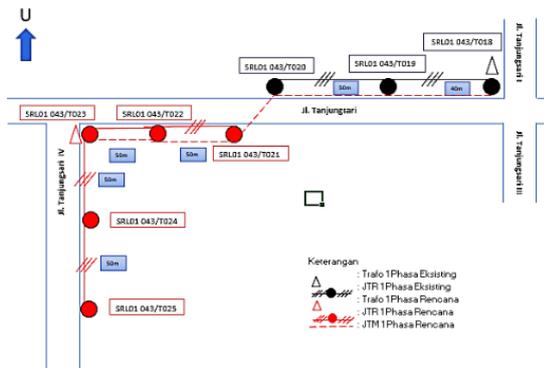
Perluasan JTM Satu Fasa

Langkah selanjutnya setelah penambahan kabel JTR adalah melakukan perluasan jaringan tegangan menengah satu fasa. JTM satu fasa yang baru akan berlokasi di tiang SRL01 043 T018 sampai dengan SRL01 043 T023. Perluasan JTM satu fasa ini sepanjang 210 meter.

Penghantar yang akan digunakan pada perluasan JTM satu fasa ini adalah penghantar AAACS ukuran 35mm² yang merupakan penghantar berisolasi. Tujuan penggunaan penghantar jenis ini adalah untuk mengurangi resiko terhadap gangguan temporer khususnya gangguan yang disebabkan oleh pohon sehingga keandalan pasokan listrik di daerah ini akan terjamin.

Penambahan Trafo Satu Fasa 50 KVA

Trafo distribusi di lokasi studi kasus sudah *overload*, maka penambahan trafo satu fasa menjadi hal yang penting untuk memperbaiki jaringan di lokasi studi kasus. Trafo yang akan ditambahkan ini akan menampung 21.750 VA. Maka dari itu perlu ditambah trafo satu fasa dengan kapasitas 50 KVA. Penempatan trafo 1 fasa 50 KVA juga merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam memperbaiki tegangan. Hal ini dikarenakan



Gambar 2. Perencanaan Perluasan Jaringan Tegangan Rendah

semakin dekat dengan sumber tegangan, maka tegangan pada jaringan tersebut akan semakin baik. Oleh karena itu, trafo satu fasa 50 KVA ini nantinya akan ditempatkan di tiang baru yaitu SRL01 043 T023. Kemudian jaringan yang menyuplai 21 rumah pada lokasi studi kasus ini akan di-split atau dipisahkan dari jaringan awal sehingga 21 rumah ini nantinya akan disuplai dari trafo satu fasa 50 KVA yang baru, dan 40 rumah akan disuplai dari trafo yang lama.

Selain itu trafo satu fasa 50 KVA ini juga nantinya dapat mengantisipasi pertumbuhan beban di lokasi studi kasus. Seperti yang terlihat pada gambar jaringan eksisting menunjukkan bahwa terdapat lahan kosong di sekitar lokasi studi kasus. Hal ini memberikan peluang untuk terjadinya pertumbuhan beban di lokasi tersebut.

3.4. Perbaikan Tarikan Sambungan Rumah

Perbaikan tarikan sambungan rumah sangat diperlukan untuk meminimalisir jatuh tegangan di jaringan eksisting lokasi studi kasus. Pada jaringan eksisting ini nantinya pada tarikan 21 rumah yang tidak standar akan dipindahkan ke tiang baru. Tarikan 21 rumah di lokasi studi kasus akan dipindahkan ke 5 tiang yang baru yang setiap tiang memiliki tarikan masing-masing.

Pada tiang SRL01 043 T021 akan ditarik 2 sambungan layanan pelanggan (SLP). SLP pertama terdiri dari 2 konsumen yaitu konsumen nomer 1 dan 2, sedangkan SLP kedua terdiri dari 3 SLP, yaitu konsumen nomer 3, 4 dan 5. Pada tiang SRL01 043 T022 akan ditarik 2 SLP. SLP yang pertama dan kedua masing-masing terdiri dari 2 konsumen, yaitu nomer 7 8 dan 6 9. Pada tiang SRL01 043 T023 ini tempat transformator 1 fasa diletakkan. Terdiri dari 2 tarikan SLP. SLP pertama dengan 1 konsumen nomer 10 dan SLP kedua dengan 2 konsumen nomer 11 dan 12. Pada tiang SRL01 043 T024 terdapat 2 SLP. SLP yang pertama terdiri dari 3 konsumen, yaitu nomer 15, 16 dan 17. SLP yang kedua terdiri dari 2 konsumen yaitu 13 dan 14. Pada tiang yang terakhir yaitu SRL01 043 T025 ditarik 2 tarikan SLP. SLP yang pertama terdiri dari konsumen nomer 18

dan 19. Sedangkan SLP yang kedua terdiri dari 2 SLP juga yaitu nomer 20 dan 21.

Perbaikan tarikan sambungan rumah seperti yang telah dijelaskan di atas, akan digambarkan pada gambar 4.8 seperti gambar di bawah. Perbaikan tarikan sambungan rumah tersebut nantinya dapat memperbaiki kualitas tegangan karena sambungan rumah yang terpasang sudah sesuai standar PLN yaitu tarikan maksimal dari 1 SLP adalah 5 pelanggan.

3.5. Kajian Kelayakan Jatuh Tegangan Menggunakan Simulasi software ETAP 12.6.0

Simulasi kelayakan tegangan pelayanan menggunakan software ETAP 12.6.0 ini sama seperti simulasi software ETAP yang dilakukan sebelumnya pada jaringan eksisting lokasi studi kasus. Metode penggambaran tiang dan bus juga akan dilakukan sama seperti simulasi jaringan eksisting. Pembebanan sama seperti pembebanan pada saat dilakukan pengukuran tegangan di lokasi studi kasus. Sehingga dengan model pembebanan yang sama, rencana perbaikan jaringan ini dapat diketahui jatuh tegangannya.

Perbedaan gambar antara jaringan eksisting dan rencana perbaikan jaringan adalah adanya dua buah trafo satu fasa 50 KVA, adanya penambahan kabel LVTC pada jaringan rencana perbaikan dan adanya penataan sambungan rumah (SR) deret dimana satu sambungan layanan pelanggan hanya disambung maksimum lima rumah. Dan tentu saja hasil yang diharapkan pada simulasi rencana perbaikan jaringan ini adalah didapatkannya jatuh tegangan yang memenuhi standar sehingga rencana perbaikan yang telah dibuat ini layak untuk diterapkan dan dapat menjadi solusi dalam menangani kasus di Jalan Tanjungsari tersebut. Berikut adalah gambar single line diagram simulasi rencana perbaikan menggunakan software ETAP 12.6.0.

Dengan simulasi ETAP maka akan terlihat besarnya jatuh tegangan setelah dilakukannya perbaikan jaringan. Dan dengan menggunakan rumus persentase jatuh tegangan maka akan diketahui pula besarnya persentase jatuh tegangan.

4. Kesimpulan

Pada lokasi studi kasus, di Jalan Tanjungsari, Kelurahan Sumurboto, Kecamatan Banyumanik, Kota Semarang, terdapat salah satu tarikan di tiang SRL01 043 T020 mempunyai 21 tarikan. Padahal, standarnya adalah 5 tarikan. Jarak tiang terakhir sampai rumah ke 21 itu pun juga cukup jauh yaitu 200 meter yang standarnya hanya 150 meter.

Hasil pengukuran secara langsung menunjukkan bahwa jatuh tegangan di lokasi studi kasus yaitu dimulai dari rumah kedua. Besar jatuh tegangan di lokasi studi kasus berkisar antara 196 V – 170 V. Sedangkan dari perhitungan persentase jatuh tegangan antara 9,09% - 22,72%.

Hasil perhitungan jatuh tegangan dengan menggunakan *software ETAP* berkisar antara 195 V – 168 V, sedangkan perhitungan persentase jatuh tegangan berkisar antara 11,36% - 23,63%.

Setelah dilakukan simulasi dengan menggunakan *software ETAP*, terdapat perbedaan tegangan antara hasil simulasi dengan pengukuran secara langsung. Selisih perhitungan jatuh tegangan secara langsung dengan menggunakan *software ETAP* hanya berkisar 0 – 5 Volt saja, sedangkan selisih perhitungan persentase jatuh tegangan secara langsung dengan menggunakan *software ETAP* 0 % - 2,28 %.

Untuk memperbaiki jatuh tegangan yang di bawah standar ini, maka penulis melakukan perbaikan pada jaringan. Perbaikan yang dilakukan adalah perluasan jaringan tegangan rendah (JTR). Perluasan JTR ini dilakukan karena jarak tiang terakhir dengan konsumen 21 jaraknya 200 meter, maka diperlukan penambahan JTR dengan penambahan tiang dan penambahan kabel JTR. Kemudian perluasan jaringan tegangan menengah (JTM) 1 fasa, yang digunakan untuk penempatan trafo satu fasa. Selain itu juga dilakukan penambahan transformator 1 fasa 50 kVA, yang akan menyuplai 21 rumah dengan total beban 21.750 VA. Penambahan trafo ini juga digunakan untuk mengatasi pertumbuhan beban di lokasi studi kasus. Dan yang paling penting dilakukan adalah penataan tarikan sambungan rumah pada tiang JTR yang baru ditambahkan.

Apabila perbaikan telah dilakukan maka perbaikan tersebut disimulasikan pada *software ETAP* 12.6.0. Dari simulasi ini terlihat bahwa perbaikan jaringan yang dilakukan layak untuk diterapkan, karena persentase jatuh tegangan berkisar antara 1,81% - 3,63%. Persentase jatuh tegangan tersebut sudah sesuai dengan standar PLN, yaitu SPLN No 1 : 1995 untuk drop tegangan maksimal 10%.

Referensi

- [1]. Anonim. 1992. *Standard Konstruksi Jaringan Distribusi Di Lingkungan Perusahaan Listrik Negara, Buku saku*. Jakarta : PT. PLN (Persero).
- [2]. Anonim. 2006. *Perhitungan Losses*. Jakarta: Pusdiklat PT. PLN (Persero).
- [3]. Anonim. 2009. *Materi Prajabatan Bidang Distribusi : Desain Kriteria Jaringan Distribusi*. Jakarta : Pusdiklat PT. PLN (Persero).
- [4]. Anonim. 2010. *Buku 1 : Kriteria Desain Enjiniring Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik* . Jakarta : PT. PLN (Persero).
- [5]. Anonim. 2010. *Buku 3 : Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Rendah Tenaga Listrik* . Jakarta : PT. PLN (Persero).
- [6]. Arumdina, Yulia. 2014. *Perhitungan Prediksi Beban Listrik dari Tahun 2013 Hingga Tahun 2017 dengan Menggunakan Metode Regresi Linier Sederhana di PT. PLN (Persero) Rayon Semarang Tengah*. Penelitian (tidak diterbitkan). Semarang : Universitas Diponegoro.
- [7]. Kurniasih, Aisa Indra. 2013. *Perencanaan Perbaikan Jaringan Dengan Perhitungan Losses Dan Simulasi Software Etap 7.5.0 Pada Sambungan Rumah Tidak Standar Di Perumahan Tlogosari Semarang*. Penelitian (tidak diterbitkan). Semarang : Universitas Diponegoro.
- [8]. Kurniawan, Deny Fluoriandi. 2014. *Perbaikan Jaringan Tegangan Rendah dan Reposisi Trafo untuk Sambungan Rumah Pelanggan Guna Memperbaiki Jatuh Tegangan pada PT. PLN (Persero) Rayon Weleri*. Penelitian (tidak diterbitkan). Semarang : Universitas Diponegoro.
- [9]. Siregar. 2011. *Study Perbaikan Faktor Daya Pada Sistem Radial 20 KV Analisis Menggunakan Etap*. Penelitian. Medan : Universitas Sumatra Utara.
- [10]. Suartika, Made. 2010. *Rekonfigurasi Jaringan Tegangan Rendah (JTR) Untuk Memperbaiki Drop Tegangan Di Daerah Banjar Tulangnyuh Klungkung*. Jurnal Teknologi Elektro, Volume 9, Nomor 2. Bali : Universitas Udayana.
- [11]. Sukmawidjaja, Maula. 2008. *Perhitungan Profil Tegangan Pada Sistem Distribusi Menggunakan Matrix Admitansi Dan Matrix Impedansi Bus*. Jurnal Teknik Elektro, Volume 7, Nomor 2, Jakarta : Universitas Trisakti.
- [12]. Suswanto, Daman. 2009. *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Makalah. Padang : Universitas Negeri Padang.
- [13]. SPLN 54. 1984. *Sambungan Listrik*. Jakarta : Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara.
- [14]. SPLN 56-1. 1993. *Sambungan Listrik Tegangan Rendah (SLTR)*. Jakarta : Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara.
- [15]. SPLN 72. 1987. *Spesifikasi Desain untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR)*. Jakarta : Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara.
- [16]. SPLN 74. 1987. *Standar Listrik Pedesaan*. Jakarta : Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara.
- [17]. SPLN 1. 1995. *Tegangan-Tegangan Standar*. Jakarta : Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara.
- [18]. Wasis, Abraham Arif. 2014. *Rekonfigurasi Jaringan Tegangan Rendah untuk Perbaikan Profil Tegangan dan Susut Daya Listrik di Desa Brumbung Kecamatan Mranggen Kabupaten Demak*. Penelitian (tidak diterbitkan). Semarang : Universitas Diponegoro.
- [19]. Zuhail. 2000. *Dasar Teknik Listrik dan Elektronika Daya*. Jakarta : Gramedia.