

# PERBAIKAN JTR PENYULANG SRL001 DI DAERAH TANJUNGSARI GUNA MENGURANGI DROP TEGANGAN DI PT PLN (PERSERO) RAYON SEMARANG SELATAN MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP

Agung Warsito, Bambang Winardi, and Dinda Hapsari Kusumastuti

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

<sup>\*)</sup> E-mail :

## Abstrak

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 adalah 10%. Dengan melihat keadaan yang terjadi di lapangan, maka direncanakan solusi untuk perbaikan jaringan. Perbaikan jaringan yang dilakukan adalah perluasan jaringan tegangan rendah (JTR) , perluasan jaringan tegangan menengah (JTM) 1 fasa, penambahan transformator 1 fasa 50 kVA, serta penataan tarikan sambungan rumah. Pada jaringan eksisting, perbedaan perhitungan antara pengukuran secara langsung dengan *software* ETAP 12.6.0 juga masih sedikit. Persentase jatuh tegangan pada jaringan eksisting ini berkisar antara 9,09% - 22.72%. 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

The number of connections house that this is no standard cause voltage experiencing dropping house voltage. Measurement result at the time of peak load is 170 V, the percentage is 22,72 %. Voltage drop in fact being permitted maximum is 10 %. By looking at the state of what happened in the field , the planned solutions to repair of network. Network improvement plans include the expansion 1-phase medium voltage network, JTR cable replacement, the addition of poles, the addition of 1-phase 50 kVA transformer and setup row house connection of the customers. On the existing network, the difference between the calculation measurements directly with software ETAP 12.6.0 also still a little. The percentage fall the tension in existing network this ranged from 9,09 % to 22.72 %. While on the network improvement plans , calculations were done using software ETAP 12.6.0 obtained the percentage fall voltage only ranged from 1,81% - 3,63 % . On the software ETAP 12.6.0 show that the plan is the improvement of standards. It is seen from the drop of a rate of 9,09% - 22.72 % to 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 PLN. Pengaturan tegangan dan turun tegangan menurut SPLN No.72 Tahun 1987 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%. [1],[2],[18]

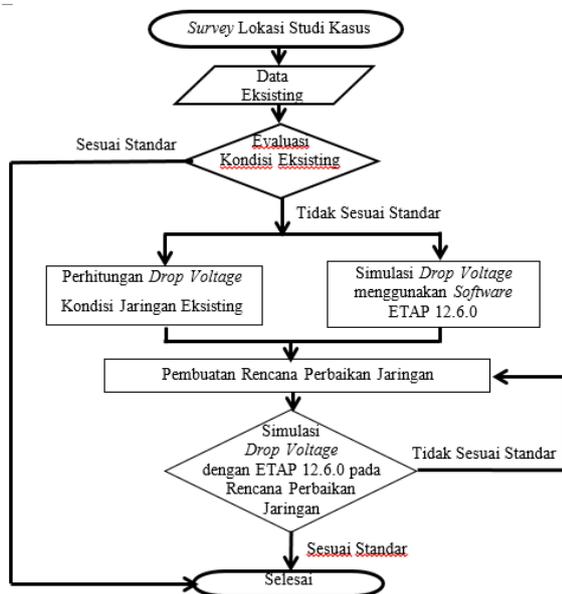
Salah satu daerah yang pernah mengalami jatuh tegangan adalah daerah Tanjungsari, Kelurahan Sumurboto, Kecamatan Banyumanik, Semarang. Permasalahan tersebut diperoleh dari keluhan pelanggan yang melaporkan tegangannya di bawah 200 Volt. Hasil *survey* yang dilakukan, telah mendapat hasil bahwa salah 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*. [7],[8]

## 2. Metode Penelitian

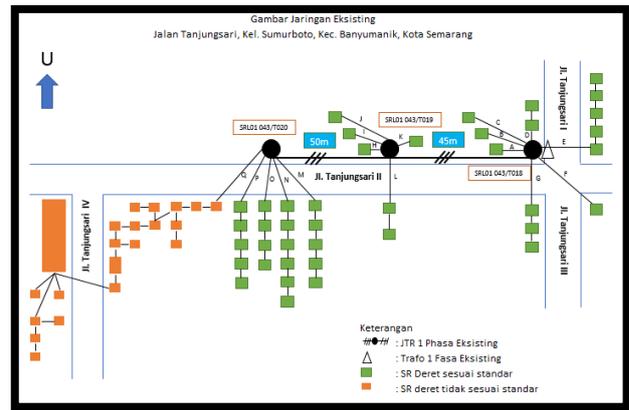
### 2.1. Diagram Alir (Flowchart)



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### 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 merk B&D yang terhubung dengan jaringan tegangan rendah (JTR) dengan penghantar LVTC/NFA2X-T 2x70mm<sup>2</sup> + N50mm yang kemudian disalurkan ke SLP menggunakan LVTC/NFA2X 2x16mm<sup>2</sup> dan disalurkan ke rumah-rumah menggunakan kabel LVTC/NFA2X 2x10mm<sup>2</sup>. Pada Jaringan eksisting terdapat 61 konsumen dengan daya 450 VA sebanyak 25 konsumen, 900 VA sebanyak 31 konsumen, 1300 VA sebanyak 3 konsumen, 2200 VA sebanyak 1 konsumen dan 4400 VA sebanyak 1 konsumen.



Gambar 2. Kondisi Jaringan Eksisting

### 2.3. Data Jaringan Eksisting

Dari gambar 6 mengenai jaringan eksisting maka akan terlihat bahwa jaringan eksisting tersebut memiliki 3 tiang untuk menyuplai 61 konsumen. Jarak antar tiang listrik adalah 40 meter dan 50 meter. Kondisi tarikan sambungan rumah pada jaringan tersebut berkisar dari 1 tarikan sampai 6 tarikan kecuali pada tiang SRL01 043/T020 tarikan bagian Q yang memiliki tarikan sambungan rumah sebanyak 21 tarikan. Penulis hanya akan membahas pada tarikan di tiang SRL01 043/T020 tarikan bagian Q yang memiliki 21 tarikan sambungan rumah tersebut.

Tabel 1. Tegangan Pelayanan

| Nomor Tiang       | Tarikan | Tegangan Pangkal | Tegangan Ujung |
|-------------------|---------|------------------|----------------|
| SRL01<br>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<br>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<br>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.

### 3. Hasil dan Analisa

#### 3.1. Perhitungan Jatuh Tegangan Eksisting

Dengan data pengukuran tabel 3.2 tersebut maka kita dapat menghitung besarnya presentase jatuh tegangan konsumen, perhitungan presentase jatuh tegangan dapat menggunakan rumus.

$$\Delta V = \frac{V_s - V_r}{V_s} \times 100\%$$

Dari perhitungan persentase jatuh tegangan pada pelanggan diatas terlihat bahwa jatuh tegangan di pelanggan berkisar antara 9,09% - 22,72% yang jatuh tegangan sebesar ini berada di bawah standar yang ditetapkan PLN. Persentase jatuh tegangan pada lokasi studi kasus dimulai dari konsumen ketiga. Standar persentase jatuh tegangan yang ditetapkan PLN adalah sebesar +5% dan - 10%. Maka dari itu tegangan pelayanan pada jaringan eksisting lokasi studi kasus di Jalan Tanjungsari, Kelurahan Sumurboto, Kecamatan Banyumanik, Kota Semarang berada di bawah standar yang telah ditetapkan oleh PT. PLN.

#### 3.2. Simulasi Jaringan Eksisting dengan Software ETAP 12.6.0

Software ETAP 12.6.0. dalam laporan ini digunakan untuk mensimulasikan SR (Sambungan Rumah). Pemodelan ETAP pada bagian ini digunakan untuk mengetahui besarnya jatuh tegangan pada jaringan eksisting. Besarnya nilai jatuh tegangan pada software ETAP ini akan dibandingkan dengan besarnya nilai jatuh tegangan dengan hasil pengukuran langsung di lapangan.

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 2. Perbandingan Jatuh Tegangan

| 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%   |
| 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

Penulis melakukan pengukuran secara langsung dan melakukan perhitungan jatuh tegangan, maka dapat disimpulkan bahwa tegangan pelayanan pada 21 sambungan rumah pada jaringan eksisting di lokasi studi kasus tidak memenuhi standar. Sesuai dengan SPLN 1 tahun 1995 bahwa disebutkan jatuh tegangan maksimal adalah 10% sementara pada lokasi studi kasus jatuh tegangan berkisar antara 9,09% - 22,72%. Dengan kondisi yang demikian maka diperlukan perbaikan jaringan guna meningkatkan kualitas tegangan pada lokasi studi kasus. Secara garis besar, perbaikan jaringan ini dilakukan dengan perluasan jaringan tegangan rendah (JTR) , perluasan jaringan tegangan menengah (JTM) 1 fasa, penambahan transformator 1 fasa 50 kVA, serta penataan tarikan sambungan rumah.

#### 3.4. 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.

Selain penambahan tiang JTR, langkah selanjutnya dalam perluasan jaringan tegangan rendah adalah dengan penambahan kabel JTR. Penambahan kabel JTR berfungsi untuk memperbaiki jaringan di lokasi studi kasus yang dilakukan mulai dari tiang SRL01 043 T021 sampai dengan tiang SRL01 043 T025 menggunakan LVTC/NFA2X-T ukuran 2x70mm<sup>2</sup>+N50mm<sup>2</sup> sepanjang 200 meter.

#### 3.5. 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 35mm<sup>2</sup> 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.

Faktor yang melatarbelakangi perluasan jaringan tegangan menengah satu fasa di lokasi studi kasus adalah jumlah beban sudah *overload* melebihi kapasitas trafo distribusi di daerah tersebut, sehingga memerlukan adanya penambahan trafo distribusi yang baru. Perluasan JTM satu fasa ini sebagai penghubung ke sisi primer trafo distribusi yang akan ditambahkan tersebut.

### 3.6. 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 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.

### 3.7. 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.

### 3.8. Kajian Kelayakan Jatuh Tegangan Menggunakan Simulasi *software ETAP 12.6.0*

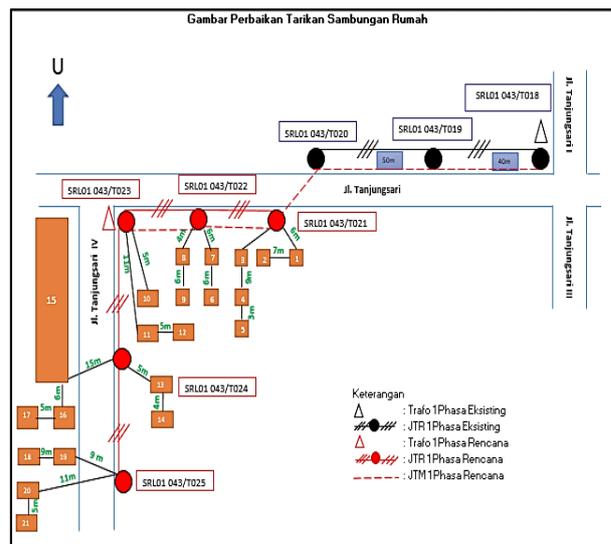
Simulasi kelayakan tegangan pelayanan menggunakan *software ETAP 12.6.0* ini sama seperti simulasi *software ETAP* yang dilakukan sebelumnya pada jaringan eksisting lokasi studi kasus. Metode penggambaran tiang dan bus juga akan dilakukan sama seperti simulasi jaringan eksisting. Pembebanan sama seperti 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*.

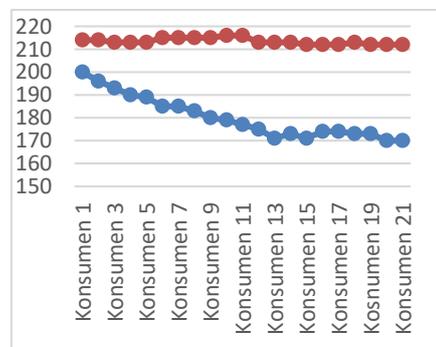
Dengan simulasi ETAP maka akan terlihat besarnya jatuh tegangan setelah dilakukannya perbaikan jaringan. Dan dengan menggunakan rumus persentase jatuh tegangan maka akan diketahui pula besarnya persentase jatuh tegangan.

$$\Delta V = \frac{V_s - V_r}{V_s} \times 100\%$$

Seperti terlihat di gambar dibawah ini



Gambar 3. Perbaikan Tarikan SR



—●— Tegangan Sebelum Perbaikan  
—●— Tegangan Setelah Perbaikan

Gambar 4. Perbandingan Tegangan Pelayanan Sebelum Perbaikan dan Setelah Perbaikan

#### 4. Kesimpulan

1. 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.
2. 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%.
3. 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%.
4. 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.