

# REKONFIGURASI JARINGAN DISTRIBUSI TEGANGAN 20 KV PADA FEEDER PANDEAN LAMPER 5 RAYON SEMARANG TIMUR

Wisnu Aji Nugrahadi<sup>\*)</sup>, Juningtyastuti, and Bambang Winardi

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

<sup>\*)</sup>Email : wisnuelektro2011@gmail.com

## Abstrak

Suatu metode rekonfigurasi jaringan distribusi dibutuhkan untuk mengatasi permasalahan peningkatan atas kebutuhan beban. Kondisi ini menyebabkan jaringan distribusi tidak dapat bekerja sesuai dengan kriteria yang ditetapkan, sehingga perlu dilakukan pengembangan dan perencanaan ulang. Beberapa metode yang digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut, diantaranya : penambahan feeder baru, menyeimbangkan pembebanan fasa trafo, memperbesar ukuran penghantar kawat, mengubah konfigurasi jaringan serta menaikkan tegangan sumber. Tugas akhir ini membahas mengenai permasalahan yang terjadi pada feeder gardu induk pandean lamper 5. Metode yang digunakan pada tugas akhir ini adalah dengan menambahkan feeder baru dan menyeimbangkan beban trafo pada masing-masing fasa sehingga dengan metode ini akan menghasilkan perbaikan tegangan terbaik pada jaringan distribusi tegangan menengah. Hasil simulasi kondisi eksisting beban 82% menunjukkan bahwa nilai jatuh tegangan terbesar pada feeder pandean lamper 5 bernilai 5,61%. Sedangkan hasil simulasi jaringan dengan menambahkan feeder menghasilkan nilai jatuh tegangan yang bernilai 3,54% pada PDL.5 dan 2,43% pada PDL.14. Nilai jatuh tegangan pada setiap fasa akan lebih seimbang dengan menggunakan metode pembebanan fasa trafo. Hasil rekonfigurasi pembebanan trafo menunjukkan bahwa nilai jatuh tegangan pada fasa A bernilai sebesar 582,626 V, fasa B sebesar 591,966 V, dan fasa C sebesar 593,898 V. Sedangkan sebelum dilakukan rekonfigurasi, nilai jatuh tegangan fasa A sebesar 470,836 V, fasa B sebesar 578,862 V, serta fasa C sebesar 718,474 V.

*Kata kunci : Jaringan distribusi, Jatuh tegangan, Penambahan feeder, Pembebanan fasa trafo.*

## Abstract

A reconfiguration method of distribution network is needed to overcome increasing load requirement problem. This condition causes distribution network can not work accordance with the defined criteria. Several methods are used to overcome this problem, such as the addition of new feeder, balance trafo load on each phase, enlarge the size of conductor wire, change the network configuration and also increase source voltage. This Final Project will discuss about the problem which happen in the feeder of Pandean Lamper 5 Substation. The methods that used in this final project are adding new feeder and balancing every phase of trafo load, so by these methods will obtain the best voltage improvement result in distribution network intermediate voltage. The result of load existing condition simulation is 82 % show that the biggest drop voltage value in the feeder of Pandean Lamper 5 is 5,61 %. While the result of network simulation by adding feeder produce drop voltage value which totaled 3,54 % in PDL.5 and 2,43 in PDL.14. Drop voltage value at each phase will be more balance by using loading phase trafo. The result of reconfogiration of loading phase trafo in phase A is 582,626 V, phase B is 591,966 V, and phase C is 593,898 V. While before doing reconfiguration, the result of drop voltage in phase A is 470,836 V, phase B is 578,862 V, and phase C is 718,474 V.

*Keyword : Distribution Network, Drop Voltage, Feeder Addition, Loading Phase Trafo*

## 1. Pendahuluan

Pada rayon Semarang Timur, tercatat pada bulan maret 2015 terdapat 4 feeder GI Pandean Lamper yang menanggung beban  $\geq 80\%$ . Kondisi ini menyebabkan jaringan distribusi tersebut tidak lagi dapat bekerja sesuai dengan kriteria yang ditetapkan oleh *Masterplan Sistem Distribusi 20 kV APJ Semarang PT. PLN (Persero)*

*Distribusi Jawa Tengah dan DIY* sehingga perlu dilakukan pengembangan dan perencanaan ulang.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Zulfakar Arthur Banantara dengan judul "*Metode Pendekatan untuk Merekonfigurasi Panjang Maksimal pada Penyulang Tambak Lorok 04 dan Kalisari 02 di UPJ Semarang Tengah*", metode rekonfigurasi jaringan dapat

dilakukan dengan melakukan pendekatan panjang maksimal pada suatu penyulang untuk menekan jatuh tegangan.[10] Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Andang Purnomo dengan judul “*Analisis Tegangan Jatuh Sistem Distribusi Listrik Kabupaten Pelalawan dengan Menggunakan ETAP 7.5.0*”, menjelaskan bahwa metode rekonfigurasi jaringan dapat dilakukan dengan rekondutor dan pemasangan *kapasitor bank*. Dengan metode tersebut, nilai jatuh tegangan pada jaringan listrik dapat direduksi.[11] Sesuai SPLN No. 72 ; tahun 1987, jatuh tegangan yang diijinkan pada jaringan distribusi tegangan menengah adalah sebesar 5%.[6]

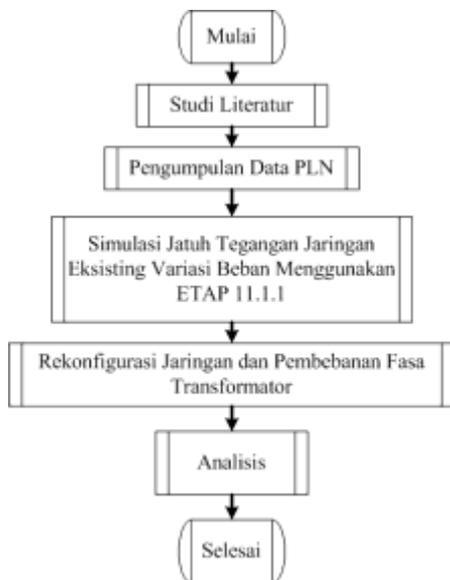
Berdasarkan teori pendukung diatas, penulis berinisiatif mencoba untuk menyelesaikan permasalahan yang ada pada rayon Semarang Timur. Penelitian ini membahas permasalahan pada *feeder* gardu induk Pandean Lamper 5 (PDL 5), dimana pembebanan *feeder* PDL.5 mencapai 82% dari rating maksimal beban yang ditanggung suatu *feeder*. Hal ini menyebabkan nilai jatuh tegangan jaringan tegangan menengah *feeder* PDL.5 melebihi *standar* SPLN yaitu  $\geq 5\%$ . Dengan adanya permasalahan tersebut, maka diperlukan adanya rekonfigurasi jaringan sehingga diharapkan dapat mereduksi jatuh tegangan pada jaringan tersebut. Rekonfigurasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan penambahan *feeder* baru, kemudian dilakukan penyeimbangan beban pada masing-masing fasa trafo.

## 2. Metode

### 2.1. Langkah Penelitian

Metode penelitian tugas akhir ini menjelaskan mengenai proses rekonfigurasi jaringan distribusi 20kV berdasarkan nilai jatuh tegangan.

Gambar 1 berikut adalah langkah penelitian yang dilakukan pada tugas akhir ini:



Gambar 1 Langkah Penelitian Rekonfigurasi Jaringan

### 2.2 Studi Literatur

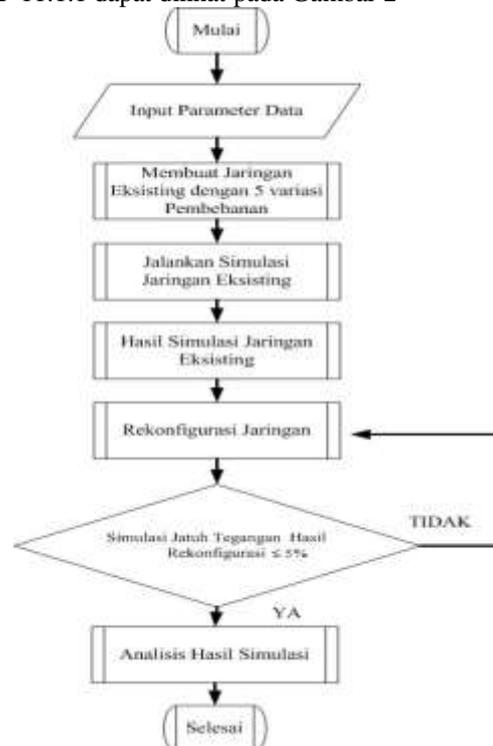
Langkah pertama yang perlu dilakukan dalam suatu penelitian yaitu melakukan studi literatur. Studi literatur merupakan proses pembelajaran terhadap objek yang akan diteliti, dalam hal ini tentang rekonfigurasi jaringan distribusi tegangan menengah. Tujuan dari studi literatur yaitu untuk mendapatkan landasan teori mengenai perencanaan rekonfigurasi jaringan. Selain itu, objek studi literatur diarahkan ke perangkat lunak atau *software* simulasi jaringan yang dalam penelitian ini menggunakan *software* ETAP 11.1.1.

### 2.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan proses mengumpulkan data-data yang diperlukan dalam penyusunan laporan tugas akhir. Data-data yang didapatkan pada tugas akhir ini berasal dari beberapa instansi Perusahaan Listrik Negara (PLN) diantaranya yaitu : PT. PLN (Persero) Rayon Semarang Timur, PT.PLN (Persero) Area Semarang, dan Gardu Induk Pandean Lamper Semarang Timur. Data-data yang didapatkan diantaranya adalah Single Line diagram GI Pandean lamper, topologi GI Pandean Lamper, data pembebanan Area Semarang, data-data impedansi konduktor, monitoring tegangan 20 kV, serta data pelengkap lainnya.

### 2.4 Simulasi Software ETAP

Diagram alir simulasi dengan menggunakan software ETAP 11.1.1 dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2.

Langkah pertama dalam menjalankan simulasi jaringan yaitu membuat jaringan eksisting *feeder* PDL.05 GI Pandean Lamper sesuai dengan gambar topologi PLN. Selanjutnya, *input* kan parameter-parameter yang dibutuhkan *software ETAP* agar program dapat di *running*. Kemudian setelah itu, dilakukan simulasi dengan kondisi pembebanan 82%. Alasan menggunakan skenario pembebanan tersebut karena pada bulan maret 2015, data pembebanan *feeder* PDL.5 GI Pandean Lamper menunjukkan nilai pembebanan sebesar 82%. Kemudian dilakukan variasi skenario pembebanan trafo yaitu pada kondisi 60%, 70%, 82%, 90%, serta 100%. Pemilihan variasi skenario pembebanan tersebut bertujuan untuk mengetahui bagaimana kondisi jaringan saat beban berada dibawah kondisi beban puncak yaitu saat pembebanan 60% dan 70%, ataupun sebaliknya saat pembebanan berada diatas beban puncak yaitu saat pembebanan 90% dan 100%. Setelah semua parameter data dimasukkan pada 5 variasi pembebanan tersebut, maka ETAP 11.1.1 dapat melakukan simulasi. Dari hasil simulasi jaringan eksisting, kemudian dilakukan rekonfigurasi untuk mengurangi nilai jatuh tegangan.

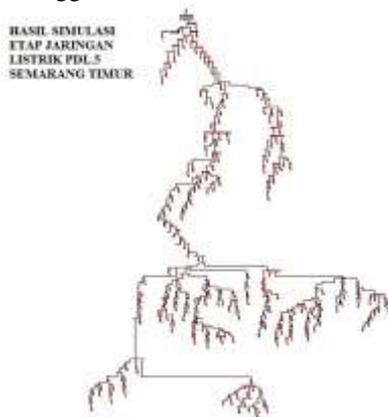
### 2.5 Rekonfigurasi Jaringan

Proses rekonfigurasi dilakukan dengan menambahkan satu *feeder* baru pada GI Pandean Lamper, yang diasumsikan sebagai PDL. 14. Dalam simulasi, *feeder* PDL. 14 dianggap berada satu tiang dengan PDL.5. Selanjutnya *feeder* baru tersebut akan dihubungkan ke gardu-gardu distribusi untuk mengurangi beban *feeder* eksisting. Proses rekonfigurasi selanjutnya dilakukan dengan pembagian pembebanan fasa trafo pada jaringan yang telah ditambahkan satu *feeder* baru. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan jatuh tegangan terbaik pada jaringan.

## 3 Hasil dan Analisa

### 3.1 Kondisi Eksisting

Berikut merupakan hasil simulasi kondisi eksisting PDL.5 dengan menggunakan ETAP 11.1.1



Berdasarkan hasil simulasi kondisi eksisting pada salah satu titik lokasi yang memiliki nilai jatuh tegangan tertinggi yaitu titik lokasi PDL5. 72. T2. U15. T6. S10. Berikut merupakan tabel perubahan nilai jatuh tegangan pada setiap variasi pembebanan :

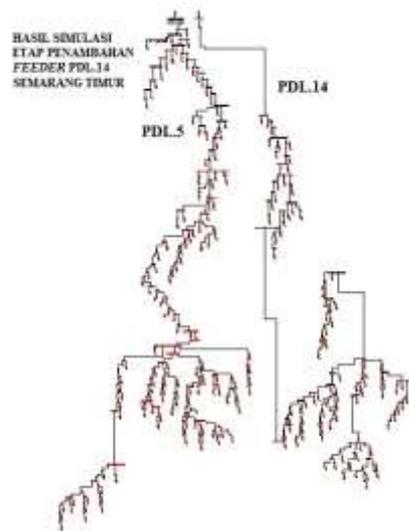
Tabel 1 Perubahan nilai  $\Delta V$  pada variasi pembebanan

Feeder	Kondisi Pembebanan	$\Delta V$ (Volt)	$\Delta V$ (%)
PDL.5	100%	1351	6,76
PDL.5	90%	1225	6,13
PDL.5	82%	1122	5,61
PDL.5	70%	966	4,83
PDL.5	60%	834	4,17

Dari hasil rekapitulasi kondisi variasi pembebanan *feeder* PDL.5, terlihat bahwa pada kondisi pembebanan 60% dan 70% nilai jatuh tegangan dan presentase pembebanan total suatu *feeder* berada pada batas toleransi SPLN. Sedangkan pada saat kondisi pembebanan 82%, 90%, dan 100% nilai jatuh tegangan dan presentase pembebanan total tidak sesuai dengan standar SPLN. Sehingga pada kondisi pembebanan 82%, 90%, dan 100% perlu dilakukan rekonfigurasi penambahan *feeder*.

### 3.2 Rekonfigurasi Penambahan *feeder* PDL.14

Berikut merupakan hasil simulasi penambahan *feeder* PDL.14 dengan menggunakan ETAP 11.1.1



Keterangan :  
PDL.5 = PDL.X  
PDL.14 = PDL.Y

Titik lokasi yang digunakan untuk menunjukkan perubahan nilai jatuh tegangan *feeder* PDL.X pada variasi pembebanan adalah titik lokasi PDL.X.72. T2. U15. T6. S10. Sedangkan titik lokasi yang digunakan pada *feeder* PDL.Y adalah titik lokasi PDL.Y. 71. B2. U1. B13. U10. T7.

U7. Berikut merupakan tabel perubahan nilai jatuh tegangan pada setiap variasi pembebanan :  
pembebanan :

**Tabel 2** Perubahan nilai  $\Delta V$  PDL. X dengan variasi pembebanan

Feeder	Kondisi Pembebanan	$\Delta V$ (Volt)	$\Delta V$ (%)
PDL.X	100%	854	4,27
PDL.X	90%	773	3,87
PDL.X	82%	708	3,54
PDL.X	70%	608	3,04
PDL.X	60%	524	2,62

Sedangkan tabel perubahan nilai  $\Delta V$  dengan variasi pembebanan *feeder* PDL.Y ditunjukkan pada Tabel 3 berikut :

**Tabel 3** Perubahan nilai  $\Delta V$  PDL. Y dengan variasi pembebanan

Feeder	Kondisi Pembebanan	$\Delta V$ (Volt)	$\Delta V$ (%)
PDL.Y	100%	587	2,94
PDL.Y	90%	530	2,65
PDL.Y	82%	485	2,43
PDL.Y	70%	416	2,08
PDL.Y	60%	358	1,79

Dari hasil rekapitulasi rekonfigurasi penambahan *feeder*, terlihat bahwa presentase nilai jatuh tegangan pada semua kondisi pembebanan baik pada *feeder* PDL.X maupun PDL.Y berada didalam standar SPLN yaitu  $\leq 5\%$ .

### 3.3 Rekonfigurasi Penambahan *feeder* PDL.14 dan Pembebanan Fasa Trafo

Rekonfigurasi pembebanan fasa trafo merupakan salah satu metode yang digunakan untuk memperoleh penurunan nilai jatuh tegangan terbaik. Hal ini dilakukan dengan cara menyeimbangkan beban per fasa pada jaringan tiga fasa sehingga tidak terjadi perbedaan jatuh tegangan yang besar pada setiap fasa. Pada kondisi ini, *phase connection* di *setting* agar arus fasa A, B, dan C seimbang.

Berikut merupakan tabel rekonfigurasi pembebanan trafo 1 fasa yang digunakan untuk menyeimbangkan arus tiap fasa.

**Tabel 4** Pembebanan Fasa Trafo PDL. X dan PDL. Y

No	Feeder	Lokasi	Fasa Trafo Eksisting	Fasa Trafo Rekonfigurasi
1	PDL. X	74	C	A
2	PDL. X	87	C	A
3	PDL. X	72.T2.U4.T3	C	A
4	PDL. X	72 T2.U2.T9.U2.T5	C	A
5	PDL. X	72 T2.U2.T9.U2.T8	C	B

**Tabel 4 (Lanjutan)**

No	Feeder	Lokasi	Fasa Trafo Eksisting	Fasa Trafo Rekonfigurasi
6	PDL. X	72.T2.U15.T4.U8	C	A
7	PDL. X	72.T2.S1.T11.S8	C	A
8	PDL. X	72.T2.S15.T2.S8	C	A
9	PDL. X	72.T2.S19	C	A
10	PDL. X	85.T7.U1	C	A
11	PDL. X	85.T13.U5	B	A
12	PDL. Y	31.U13.T13	B	A
13	PDL. Y	31.U17	B	C
14	PDL. Y	85.B3.S5.B5	C	B
15	PDL. Y	85.B3.S5.B7	B	A

Tabel 4 menunjukkan bahwa rekonfigurasi pembebanan fasa trafo dilakukan terhadap 2 *feeder* yaitu PDL. X dan PDL. Y. Terdapat 11 trafo yang diubah *phase connection*nya untuk memperoleh keseimbangan beban tiap fasa.

Berikut perubahan nilai rata-rata jatuh tegangan sebelum dan setelah dilakukan rekonfigurasi pembebanan fasa *feeder* PDL.X dan PDL.Y sebagai berikut :

➤ PDL.X

a) Fasa A

Pada saat kondisi sebelum dilakukan rekonfigurasi pembebanan fasa, nilai rata-rata jatuh tegangan sebesar 470,836 V. Kemudian setelah dilakukan rekonfigurasi pembebanan fasa, nilai rata-rata jatuh tegangan menjadi sebesar 582,626 V. Hal tersebut berarti bahwa terjadi kenaikan nilai rata-rata sebesar 111,79 V setelah dilakukan rekonfigurasi pembebanan fasa A PDL.X

b) Fasa B

Pada saat kondisi sebelum dilakukan rekonfigurasi pembebanan fasa, nilai rata-rata jatuh tegangan sebesar 578,862 V. Kemudian setelah dilakukan rekonfigurasi pembebanan fasa, nilai rata-rata jatuh tegangan menjadi sebesar 591,966 V. Hal tersebut berarti bahwa terjadi kenaikan nilai rata-rata sebesar 13,104 V setelah dilakukan rekonfigurasi pembebanan fasa B PDL.X.

c) Fasa C

Pada saat kondisi sebelum dilakukan rekonfigurasi pembebanan fasa, nilai rata-rata jatuh tegangan sebesar 718,474 V. Kemudian setelah dilakukan rekonfigurasi pembebanan fasa, nilai rata-rata jatuh tegangan menjadi sebesar 593,898 V. Hal tersebut berarti bahwa terjadi penurunan nilai rata-rata sebesar 124,576 V setelah dilakukan rekonfigurasi pembebanan fasa C PDL.X.

➤ PDL.Y

a) Fasa A

Pada saat kondisi sebelum dilakukan rekonfigurasi pembebanan fasa, nilai rata-rata jatuh tegangan sebesar 391,538 V. Kemudian setelah dilakukan rekonfigurasi pembebanan fasa, nilai rata-rata jatuh tegangan menjadi sebesar 413,918 V. Hal tersebut berarti bahwa terjadi kenaikan nilai rata-rata sebesar 22,38 V setelah dilakukan rekonfigurasi pembebanan fasa A PDL.Y.

b) Fasa B

Pada saat kondisi sebelum dilakukan rekonfigurasi pembebanan fasa, nilai rata-rata jatuh tegangan sebesar 441,26 V. Kemudian setelah dilakukan rekonfigurasi pembebanan fasa, nilai rata-rata jatuh tegangan menjadi sebesar 410,854 V. Hal tersebut berarti bahwa terjadi penurunan nilai rata-rata sebesar 30,406 V setelah dilakukan rekonfigurasi pembebanan fasa B PDL.Y.

c) Fasa C

Pada saat kondisi sebelum dilakukan rekonfigurasi pembebanan fasa, nilai rata-rata jatuh tegangan sebesar 402,948 V. Kemudian setelah dilakukan rekonfigurasi pembebanan fasa, nilai rata-rata jatuh tegangan menjadi sebesar 411,244 V. Hal tersebut berarti bahwa terjadi kenaikan nilai rata-rata sebesar 9,29 V setelah dilakukan rekonfigurasi pembebanan fasa C PDL.Y.

#### 4. Kesimpulan

Dari pemaparan diatas terlihat bahwa metode penambahan *feeder* ditambah dengan pembebanan fasa trafo lebih baik dibanding dengan hanya penambahan *feeder*. Hal ini terlihat dari nilai jatuh tegangan yang seimbang pada setiap fasanya. Hasil rekonfigurasi penambahan *feeder* menunjukkan bahwa nilai jatuh tegangan PDL. X sebesar 3,468% atau 693,4 V. Sedangkan hasil rekonfigurasi penambahan *feeder* ditambah dengan pembebanan fasa trafo menunjukkan nilai jatuh tegangan fasa A sebesar 582,62 V, fasa B sebesar 591,96 V, fasa C sebesar 593,89V. Sebelum dilakukan rekonfigurasi dengan 2 metode menunjukkan bahwa nilai jatuh tegangan fasa A sebesar 470,83 V, fasa B sebesar 578,86 V, serta fasa C sebesar 718,47 V.

#### Referensi

- [1]. Sulasno, Teknik dan Sistem Tenaga Distribusi Tenaga Listrik Edisi I, Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang, 2001.
- [2]. Saadat, Hadi. 1999. "Power System Analysis". McGraw Hill.
- [3]. Stevenson, William D. 1996. "Analisis Sistem Tenaga Listrik". Erlangga.
- [4]. Gonen, Turan, "Electric Power Distribution System Engineering", Mcgraw-hill book company., Colombia, 1986
- [5]. Kelompok Kerja Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik dan Pusat Penelitian Sains dan Teknologi Universitas Indonesia, Standard Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik, PT PLN (Persero) , 2010
- [6]. SPLN 72 1987 , Spesifikasi Desain Untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR)
- [7]. SPLN 64 1985 , Petunjuk Pemilihan dan Penggunaan Pelebur pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah
- [8]. SPLN 1 1995 , Tegangan-Tegangan Standar
- [9]. Aprilian P. Kawihing, "Pemerataan Beban Transformator Pada Saluran Distribusi Sekunder", Tugas Akhir, Unsrat, Manado
- [10]. Zulfakar AB, Metode Pendekatan Untuk Merekonfigurasi Panjang Maksimal Pada Penyulang Tambak Lorok 04 dan Kalisari 02 UPJ Semarang Tengah, Tugas Akhir, Undip, Semarang
- [11]. Andang P, Analisis Tegangan Jatuh Sistem Distribusi Listrik Kabupaten Palalawan Dengan Menggunakan ETAP 7.5.0
- [12]. Suhadi , SMK Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid I, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Umum Dirjen Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional , 2008
- [13]. Nurhadi P, Studi Perbaikan Unjuk Kerja Jaringan Distribusi Tegangan Menengah Melalui Rekonfigurasi Yang Optimal dan Perbaikan Faktor Daya, Tugas Akhir, UI , Jakarta.
- [14]. Pembuatan Master plan Sistem Distribusi 20 kV APJ Semarang PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah dan DIY, 2009
- [15]. Ramdhani, Mohamad, "Rangkaian Listrik". Jakarta : Erlangga, 2008