

ANALISA SUSUT DAYA DAN DROP TEGANGAN TERHADAP JARINGAN TEGANGAN MENENGAH 20KV PADA GARDU INDUK PANDEAN LAMPER SEMARANG

Diva Adin Maulana, Dedi Nugroho, ST.,MT , Ir. H. Budi Sukoco, MT

Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA)

Jl. Raya Kaligawe KM.4 Semarang

divaadinmaulana@std.unissula.ac.id

Abstrak - Distribusi energi listrik dari pusat pembangkit listrik (power plant) ke konsumen yang letaknya berjauhan selalu mengalami terjadiya rugi-rugi (losses), salah satunya adalah rugi tegangan. Rugi tegangan akan menyebabkan terjadinya jatuh tegangan (drop voltage) yang cukup besar, yang mengakibatkan rendahnya tegangan terima terutama yang berada di ujung saluran jaringan tegangan menengah (JTM). Drop Voltage pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar. Sehingga penambahan luas penampang penghantar akan sangat berpengaruh terhadap perbaikan jatuh tegangan.

Metode untuk memperbaiki jatuh tegangan pada sistem distribusi jaringan tegangan menengah (JTM) 20 kV di suatu feeder diantaranya adalah rekondutor penghantar yaitu dengan mengganti luas penampang menjadi lebih besar dan mengganti jenis penampang konduktor. Penelitian ini menganalisis penambahan luas penampang penghantar terhadap drop voltage. Perhitungannya dibantu dengan aplikasi ETAP 12.6 untuk simulasi.

Penelitian dilakukan pada penghantar jenis AAAC (All Aluminium Alloy Conductor) 70 mm², AAAC (All Aluminium Alloy Conductor) 150 mm², AAAC (All Aluminium Alloy Conductor) 240 mm². Hasil simulasi perhitungan ETAP 12.6 menunjukkan nilai drop voltage nya 1,15%, 0,59%, dan 0,42%. Disimpulkan bahwa dengan dilakukannya rekondutor penghantar dengan penambahan luas penampang penghantar akan menurunkan drop voltage, sehingga dapat meningkatkan kualitas serta keandalan sistem tenaga listrik.

Kata kunci : drop voltage, jatuh tegangan, losses, rekondutor, ETAP

Abstract - The distribution of electrical energy from power plants (power plants) to consumers located far apart always experiences losses, one of which is the voltage loss. The voltage loss will cause a voltage drop which is quite large, which results in low reception, especially at the end of the medium voltage network (JTM). Drop voltage on the power line is generally inversely proportional to the conductor cross-sectional area. So that the addition of the conductor cross-sectional area will greatly affect the repair of the voltage drop.

The method for correcting the voltage drop in a 20 kV medium voltage network (JTM) distribution system in a feeder is a conductor reconductor that is by changing the cross-sectional area to be larger and replacing the cross-section type of conductor. This study analyzes the addition of cross sectional area to drop voltage. The calculation is aided by the ETAP 12.6 application for simulation.

The study was conducted on the conductor of the type of AAAC (All Aluminum Alloy Conductor) 70 mm², AAAC (All Aluminum Alloy Conductor) 150 mm², AAAC (All Aluminum Alloy Conductor) 240 mm². The simulation results of ETAP 12.6 calculation show the value of voltage drop is 1.15%, 0.59%, and 0.42%. It was concluded that by conducting conductor conductor with the addition of the conductor cross-sectional area will reduce the voltage drop, thereby increasing the quality and reliability of the electric power system.

Keywords: drop voltage, voltage drop, losses, reconductor, ETAP

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Seiring dengan pertumbuhan ekonomi di Indonesia, kebutuhan masyarakat juga akan semakin meningkat. Hal tersebut menyebabkan pola konsumsi masyarakat terhadap energi listrik juga akan mengalami peningkatan secara kualitas dan kuantitas baik di daerah perkotaan maupun di daerah terpencil.

Dengan bertambah tingginya tingkat konsumsi masyarakat di seluruh wilayah terhadap energi listrik akan menyebabkan adanya penambahan distribusi energi listrik, karena beban pada jaringan listrik tersebut juga ikut bertambah karena kebutuhan dan juga akan menyebabkan meluasnya jaringan beban pada jaringan listrik tersebut. Energi listrik yang disalurkan harus memenuhi tuntutan yang diminta yaitu adanya kualitas dan kuantitas daya yang baik, kontinuitas pelayanan serta tegangan, faktor daya dan frekuensi sistem yang berkualitas. Tuntutan – tuntutan tersebut harus dipenuhi oleh penyedia tenaga listrik, yang dalam hal ini adalah PLN. Dalam menghadapi berbagai macam tuntutan tersebut PLN menghadapi berbagai macam kendala. Salah satu kendala yang muncul adalah adanya susut daya dan rugi – rugi daya pada saluran transmisi dan distribusi.

Berbagai upaya dilakukan untuk mengurangi susut daya yang terjadi di jaringan distribusi tegangan menengah 20kV. Seperti memperbaiki konfigurasi jaringan, memasang kapasitor dan menaikkan tegangan pada trafo gardu induk. Upaya-upaya perbaikan tersebut masih belum maksimal, sehingga diperlukan solusi lain untuk perbaikan susut daya yang terjadi di jaringan distribusi. Oleh karena adanya latar

belakang tersebut dibuat penelitian dengan judul “ANALISA SUSUT DAYA DAN DROP TEGANGAN TERHADAP JARINGAN TEGANGAN MENENGAH 20KV PADA GARDU INDUK PANDEAN LAMPER SEMARANG”.

B. Batasan Masalah

Guna membahas materi secara jelas dan menghasilkan penelitian yang akurat dan signifikan, berikut batasan masalah diberikan ialah :

Menghitung besarnya jatuh tegangan dan juga rugi-rugi daya pada jaringan distribusi berdasarkan panjang maupun diameter suatu penghantar. Sehingga perhitungan tersebut dapat menjadi acuan untuk memperoleh nilai faktor daya yang optimal.

C. Tujuan Penulisan

Mengacu pada perumusan masalah, tujuan penelitian yang hendak dicapai pada penyusunan Tugas Akhir ini adalah :

1. Menentukan besar jatuh tegangan yang terjadi pada Feeder PDL01 di jaringan tegangan menengah 20kV G.I Pandean Lamper Semarang.
2. Menentukan besar rugi-rugi daya yang terjadi pada Feeder PDL01 di jaringan tegangan menengah 20kV G.I Pandean Lamper Semarang.

II. TINJAUAN PUSTAKA/ LANDASAN TEORI

A. Jaringan Distribusi Tegangan Menengah

Jaringan distribusi tenaga listrik merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang menyalurkan energi listrik dari sumber daya besar ke konsumen. Sumber daya besar adalah pusat-pusat pembangkit listrik. Pembangkit listrik ini digolongkan atas jenis-jenis tenaga yang digunakan, seperti pembangkit yang menggunakan tenaga air, tenaga surya, tenaga angin, minyak bumi, batu bara, dan lain-lain [1].

Energi listrik tegangan 20 kV di busbar gardu induk, disalurkan melewati feeder – feeder distribusi ke gardu hubung atau dapat langsung dihubungkan ke konsumen. Dari gardu hubung, energi disalurkan ke gardu - gardu distribusi. Gardu distribusi yaitu gardu tempat mengubah tegangan primer menjadi tegangan sekunder, kemudian membaginya ke saluran pengisi primer dan selanjutnya akan disalurkan ke setiap titik pelanggan. Gardu distribusi berfungsi untuk melayani konsumen tegangan rendah dimana tegangan 20 kV diturunkan menjadi 380 / 220 volt pada trafo distribusi, untuk kemudian disalurkan pada konsumen melalui jaringan tegangan rendah (jaringan distribusi sekunder).

B. Penghantar

Penghantar yaitu suatu media yang berfungsi untuk menyalurkan arus listrik dari satu titik ke titik yang lain. Penghantar ini adalah bahan konduktor yang biasanya terbuat dari aluminium atau tembaga. Penghantar yang digunakan dapat berupa kawat berisolasi atau kabel. Ada juga penghantar tanpa isolasi seperti BC(*Bare Conductor*) penghantar berlubang (*Hollow Conductor*), ACSR (*Aluminium Conductor Steel Reinforced*), AAC (*All Aluminium Conductor*), AAAC (*All Aluminium Alloy Conductor*), A3CS (*All Aluminium Alloy Conductor Solation*), dan ACAR (*Aluminium Conductor Alloy Reinforced*) [5].

C. Persamaan

Terjadinya jatuh tegangan pada saluran disuatu lokasi yaitu disebabkan oleh bagian yang berbeda tegangan didalam suatu sistem daya tersebut dan juga dipengaruhi oleh resistansi, reaktansi, dan impedansi pada saluran. Jatuh tegangan pada saluran yaitu selisih antara tegangan pada pangkal pengiriman dengan tegangan pada ujung penerimaan tenaga listrik [10]. Besarnya jatuh tegangan dapat dinyatakan sebagai berikut :

untuk saluran 3 phasa

$$\Delta V = I (R \cos \theta + X \sin \theta)$$

Keterangan :

- ΔV = Jatuh tegangan (Volt)
 I = Arus yang mengalir (Ampere)
 R = Tahanan saluran (Ohm)
 θ = Sudut dari factor daya beban

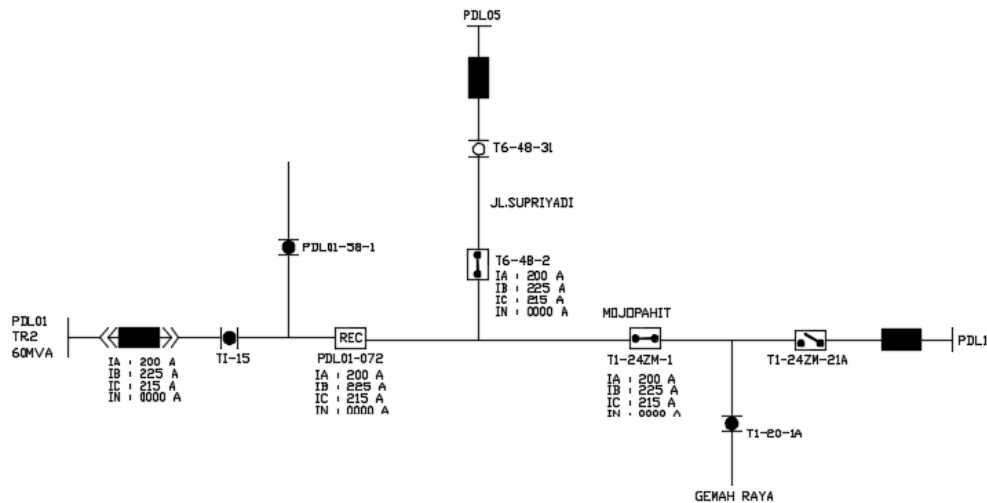
Untuk mencari presentase jatuh tegangan

$$\% \Delta V = (\Delta V / V_{in}) \times 100\%$$

Dari presentase yang telah diperoleh kemudian ditransformasikan ke dalam tabel supaya pembacaan hasil penelitian menjadi mudah.

III. METODE PENELITIAN/ EKSPERIEN

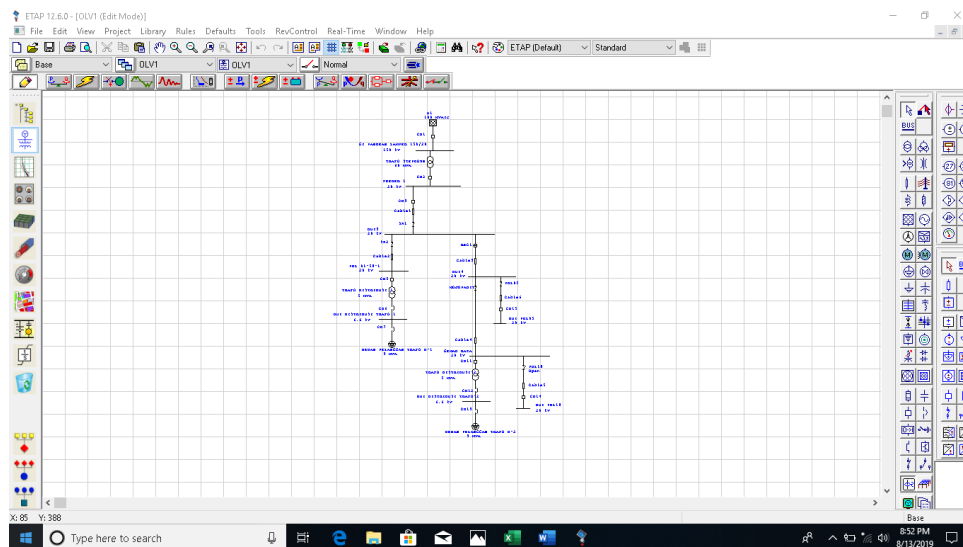
Model penelitian dalam penelitian ini adalah menghitung susut daya dan *drop voltage* dari feeder PDL 01 GI Pandean Lamper menggunakan perhitungan manual dan Microsoft Exel. Berikut adalah gambar *single line diagram* feeder PDL 01 GI Pandean Lamper :



Gambar 3.1 Metode Penelitian

Pada Tugas Akhir ini, penulis melakukan metode penelitian melalui pengambilan data sekunder di Gardu Induk Pandean Lamper Semarang. Sehingga proses penelitian menggunakan perangkat komputer atau laptop dan studi literatur berupa jurnal-jurnal, karya ilmiah dan studi kasus dari berbagai sumber.

Metode penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu dengan menggunakan simulasi ETAP 12.6. *Electric Transient and Analysis Program (ETAP)* merupakan suatu perangkat lunak yang mendukung sistem tenaga listrik. Perangkat ini mampu bekerja dalam keadaan *offline* untuk simulasi tenaga listrik, *online* untuk pengelolaan data *real-time* atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara *real-time*. Fitur yang terdapat di dalamnya bermacam – macam antara lain fitur yang digunakan untuk menganalisa pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik.



Gambar 3.1 Contoh Tampilan ETAP 12.6

Alur penelitian dalam tugas akhir ini adalah sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.4.



Gambar 3.3 Blok diagram langkah-langkah penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengumpulan Data

Data Beban Tarrafo Feeder PDL01

Tabel 4.1 Data Beban Tarrafo Feeder PDL01

No	Feeder	No. Pole	Fasa	Panjang Penghantar (kms)	Beban (A)
1	PDL-01	T1-15	3	0,45	217,3
2	PDL-01	PDL01-58-1	3	1,89	23
3	PDL-01	PDL01-72	3	1,89	171,3
4	PDL-01	T1-24ZM-1	3	2,82	109
5	PDL-01	T1-20-1A	3	3,89	54,3

2. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan melakukan secara manual dan menggunakan ETAP 12.6 :

a. Analisa Drop Tegangan secara manual

Untuk menghitung *drop voltage* di Feeder PDL 01 menggunakan rumus persamaan 2.3 :

untuk saluran 3 phasa

$$V = I (R \cos \theta + X \sin \theta)$$

Dalam perhitungan kali ini penulis menggunakan konduktor sesuai di feeder PDL 01 yaitu AAAC (*All Aluminium Alloy Conductor*) 240mm². Sehingga hasil yang diperoleh sebagai berikut:

diketahui :

$$V = 20 \text{ kV}$$

$$L = 0,45 \text{ km}$$

$$R = 0,1344 \text{ } \Omega/\text{km} = 0,13 \text{ } \Omega/\text{km} \times 0,45 \text{ km} = 0,058 \text{ } \Omega$$

$$X = 0,3158 \text{ } \Omega/\text{km} = 0,3158 \text{ } \Omega/\text{km} \times 0,45 \text{ km} = 0,142 \text{ } \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{(0,058)^2 + (0,142)^2} = \sqrt{0,0235} = 0,153 \text{ } \Omega$$

$$\cos \theta = R/Z = 0,379$$

$$\sin \theta = X/Z = 0,93$$

Dalam mencari nilai *drop voltage* penulis memasukkan nilai I yang sudah ada di tabel 4.1. Kemudian dapat di aplikasikan rumus *drop voltage* persamaan 2.3 :

$$\Delta V = I (R \cos \theta + X \sin \theta)$$

$$= 217,3 (0,058 \times 0,379 + 0,142 \times 0,93)$$

$$= 33,47 \text{ V}$$

$$\% \Delta V = (33,47 \text{ V} / 20000 \text{ V}) \times 100\%$$

$$= 0,17 \%$$

Pada konduktor AAAC (*All Aluminium Alloy Conductor*) 150 mm². Sehingga hasil yang diperoleh sebagai berikut

diketahui :

$$V = 20 \text{ kV}$$

$$L = 0,45 \text{ km}$$

$$R = 0,2162 \text{ } \Omega/\text{km} = 0,2162 \text{ } \Omega/\text{km} \times 0,45 \text{ km} = 0,097 \text{ } \Omega$$

$$X = 0,3305 \text{ } \Omega/\text{km} = 0,3305 \text{ } \Omega/\text{km} \times 0,45 \text{ km} = 0,149 \text{ } \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{(0,097)^2 + (0,149)^2} = \sqrt{0,0316} = 0,178 \text{ } \Omega$$

$$\cos \theta = R/Z = 0,545$$

$$\sin \theta = X/Z = 0,84$$

Dalam mencari nilai *drop voltage* penulis memasukkan nilai I yang sudah ada di tabel 4.1. Kemudian dapat di aplikasikan rumus *drop voltage* persamaan 2.3 :

$$\Delta V = I (R \cos \theta + X \sin \theta)$$

$$= 217,3 (0,097 \times 0,545 + 0,149 \times 0,84)$$

$$= 38,68 \text{ V}$$

$$\% \Delta V = (38,68 \text{ V} / 20000 \text{ V}) \times 100\%$$

$$= 0,19 \%$$

Pada konduktor AAAC (*All Aluminium Alloy Conductor*) 70 mm². Sehingga hasil yang diperoleh sebagai berikut :

diketahui :

$$V = 20 \text{ kV}$$

$$L = 0,45 \text{ km}$$

$$R = 0,4608 \text{ } \Omega/\text{km} = 0,4608 \text{ } \Omega/\text{km} \times 0,45 \text{ km} = 0,207 \text{ } \Omega$$

$$X = 0,3572 \Omega/\text{km} = 0,3572 \Omega/\text{km} \times 0,45 \text{ km} = 0,161 \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{(0,207)^2 + (0,161)^2} = \sqrt{0,0688} = 0,262 \Omega$$

$$\cos \theta = R/Z = 0,790$$

$$\sin \theta = X/Z = 0,61$$

Dalam mencari nilai *drop voltage* penulis memasukkan nilai I yang sudah ada di tabel 4.1. Kemudian dapat di aplikasikan rumus *drop voltage* persamaan 2.3 :

$$\Delta V = I (R \cos \theta + X \sin \theta)$$

$$= 217,3 (0,207 \times 0,790 + 0,161 \times 0,61)$$

$$= 56,88 \text{ V}$$

$$\% \Delta V = (56,88 \text{ V} / 20000 \text{ V}) \times 100\%$$

$$= 0,28 \%$$

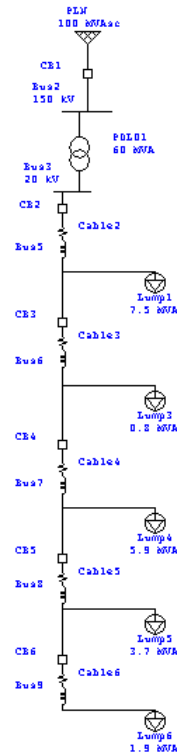
Sehingga akan diperoleh hasil seperti Tabel 4.2

Tabel 4.1 Tabel Validasi Perhitungan Manual *Drop Voltage*

Jenis Konduktor	Perhitungan Drop Voltage
AAAC 70 mm ²	0,28 %
AAAC 150 mm ²	0,19 %
AAAC 240 mm ²	0,17 %

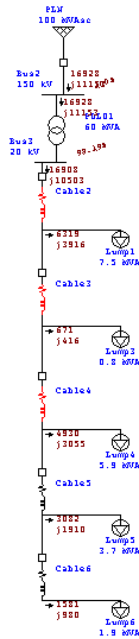
b. Analisa Drop Tegangan menggunakan ETAP 12.6

Untuk mengetahui besar *drop voltage* penulis dapat mensimulasikan dengan menggunakan ETAP 12.6, jaringan yang akan disimulasikan harus digambarkan ke ETAP 12.6 terlebih dahulu. Dibawah ini adalah contoh dari penggambaran jaringan menggunakan ETAP 12.6.



Gambar 4.1 Penggambaran Jaringan Tegangan Menengah Menggunakan ETAP 12.6

Dalam aplikasi ETAP 12.6 dilakukan pendekatan untuk luas penampang 70 mm², 150 mm², 240 mm² dikarenakan jenis penghantar ini tidak ada pada aplikasi ETAP 12.6. Sehingga dapat dilakukan dengan pendekatan luas penampang yaitu 77,3 mm², 158 mm², 262 mm²



Gambar 4.2 Hasil simulasi *Drop Voltage* pada ETAP 12.6 menggunakan jenis penghantar AAAC 240 mm²

Hasil perhitungan *drop voltage* pada feeder PDL 01 pada ETAP 12.6 dengan menggunakan AAAC (*All Aluminium Alloy Conductor*) 70 mm², 150 mm² dan 240 mm² adalah sebagai berikut :

Tabel 4.3 Perhitungan *Drop Voltage* dengan ETAP 12.6

Jenis Konduktor	Perhitungan <i>Drop Voltage</i> dengan Aplikasi ETAP 12.6
AAAC 70 mm ²	1,15%
AAAC 150 mm ²	0,59%
AAAC 240 mm ²	0,42%

Dari hasil penelitian *drop voltage* yang sudah dilakukan dapat dirangkum pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Perhitungan *Drop Voltage* manual dan ETAP 12.6

Jenis Konduktor	Perhitungan <i>Drop Voltage</i>	Perhitungan <i>Drop Voltage</i> dengan Aplikasi ETAP 12.6
AAAC 70 mm ²	0,28%	1,15%
AAAC 150 mm ²	0,19%	0,59%
AAAC 240 mm ²	0,17%	0,42%

Dari penelitian diatas dapat disimpulkan nilai drop voltage menjadi lebih baik dikarenakan penggantian konduktor dari jenis maupun penambahan luas penampang penghantar. Dengan dilakukannya penambahan luas penampang yang semakin besar menggunakan jenis penghantar atau koduktor AAAC (*All Alumunium Alloy Conductor*) diperoleh nilai *drop voltage* yang semakin menurun. Dengan nilai *drop voltage* yang semakin menurun atau semakin kecil maka akan semakin baik karena akan mewujudkan sistem tenaga listrik yang andal. Dari data diatas juga dapat disimpulkan dengan penambahan luas penampang dan penggantian jenis penghantar menggunakan AAAC (*All Alumunium Alloy Conductor*) akan berpengaruh signifikan pada jumlah kWh per tahunnya, dan dapat mengurangi nilai *losses*. Hal tersebut sangat berguna bagi PT. PLN (Persero) karena dengan menurunkan nilai *losses* artinya dapat meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik.

V. PENUTUP

Kesimpulan

Dari penelitian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pengaruh dari gangguan hewan dan petir pada feeder KDS 06 Area Kudus menyebabkan terjadinya *Drop Voltage*.
2. Nilai *drop voltage* dari jenis penghantar AAAC (*All Alumunium Alloy Conductor*) 70 mm² adalah sebesar 0,28 %, jenis penghantar AAAC (*All Alumunium Alloy Conductor*) 150 mm² adalah sebesar 0,19 %, jenis penghantar AAAC (*All Alumunium Alloy Conductor*) 240 mm² adalah sebesar 0,17 %.
3. Sedangkan perhitungan *drop voltage* menggunakan simulasi aplikasi ETAP 12.6 dengan cara memasukan data pada aplikasi ETAP 12.6, sehingga nilai hasil simulasi pada aplikasi ETAP 12.6 yang didapatkan untuk jenis penghantar AAAC (*All Alumunium Alloy Conductor*) 70 mm² sebesar 1,15%, jenis penghantar AAAC (*All Alumunium Alloy Conductor*) 150 mm² sebesar 0,59%, jenis penghantar AAAC (*All Alumunium Alloy Conductor*) 240 mm² sebesar 0,42%.
4. Dengan dilakukan penambahan luas penampang yang semakin besar pada feeder PDL 01 nilai *drop voltage* menghasilkan nilai yang semakin menurun sehingga akan semakin membaik.

VI. Daftar Pustaka

Artikel Jurnal :

- [1] A. .Pabla, "Sistem Distribusi Daya Listrik," *Ed. ke 4.Diterjemahkan oleh Ir. Abdul Hadi.Jakarta Erlangga*, 1981.
- [2] SPLN, "Hantaran Alumunium Campuran (AAAC).Jakarta : PLN," 41 - 8, 1981.
- [3] W. Sarimun N, "Buku Saku Pelayanan Teknik (Yantek). Bekasi : Garamond," 2011.
- [4] T.B. Cekdin, Cekmas, "Transmisi Daya Listrik. Yogyakarta : Andi Offset," 2013.
- [5] Sumanto, "Pengetahuan Bahan Untuk Mesin & Listrik. Yogyakarta : Andi Offset," 1994.
- [6] P.V. dan E.S. Harten, "Instalasi Arus Listrik Arus Kuat 1.1981.Bandung : Binacipta."
- [7] Suharto, "Teori Bahan dan Pengaturan Teknik.Jakarta : Rineka Cipta," 1995.
- [8] "Hayt, Jr, William H dan Jack E. Kemmerly.Rangkaian Listrik.Edisi ke 4.Diterjemahkan Patur Silaban, Ph.D. Jakarta : Erlangga."
- [9] A. Tanjung, J. Teknik, E. Universitas, and L. Kuning, "GARDU INDUK TELUK LEMBU DAN PLTMG LANGGAM POWER," vol. 11, no. 2, pp. 160–166, 2014.
- [10] SPLN, "Impedansi Kawat Penghantar. Jakarta : PLN," 64, 1985.
- [11] L. T. Akhir, "PERHITUNGAN DROP VOLTAGE BERBASIS ETAP 7.5 PADA REKONDUKTOR PENYULANG JTM 20 kV PERHITUNGAN DROP VOLTAGE BERBASIS ETAP 7.5 PADA REKONDUKTOR PENYULANG JTM 20 kV," 2015.