

PERBAIKAN LOSSES DAN DROP TEGANGAN PWI 9 DENGAN PELIMPAHAN BEBAN KE PENYULANG BARU PWI 11 DI PT PLN (PERSERO) AREA SEMARANG

Bambang Winardi^{*)}, Heru Winarno, and Kurnanda Rizky Aditama

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

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

Abstrak

Suatu sistem tenaga listrik dapat bekerja maksimal sesuai dengan standart yang ditetapkan oleh sistem tersebut. Di wilayah kerja Rayon Tegowanu pada jaringan tegangan menengah 20 kV penyulang PWI 9, terjadi drop tegangan pada ujung penyulang, yang melebihi standart SPLN 72:1987 sebesar 5 %. Selain itu, juga terjadi rugi daya yang tidak memenuhi target Kajian Kelayakan Operasi pada PT. PLN (Persero) Area Semarang yaitu lebih dari 5%. Dengan melihat topologi jaringan di wilayah kerja PT PLN Rayon Purwodadi, didapatkan solusi memindahkan sebagian beban PWI 9 ke penyulang baru PWI 11, agar dapat menekan persentase *drop* tegangan dan rugi daya. Menggunakan *software ETAP 7.5.0* dapat disimulasikan perhitungan beban, *drop* tegangan dan rugi daya tersebut. Dari hasil simulasi ETAP 7.5.0 pemindahan sebagian beban PWI 9 ke penyulang baru PWI 11, persentase *drop* tegangan pada penyulang PWI 9 akan menurun dari 11,85% menjadi -0,78%, dan persentase *drop* tegangan pada penyulang baru PWI 11 menjadi 5,49%. Sedangkan persentase rugi daya pada penyulang PWI 9 akan menurun dari 7,24% menjadi 1,71%, dan persentase rugi daya pada penyulang baru PWI 11 menjadi 4,49%.

Kata kunci : rugi daya, drop tegangan, simulasi ETAP 7.5.0

Abstract

An electric power system can work optimally in accordance with the standards set by the system. The working area Rayon Tegowanu at 20 kV medium voltage network feeder PWI 9, the voltage drop occurred at the end of the feeder, which exceeds the standard SPLN 72: 1987 by 5%. Additionally, power losses also occurs that does not meet the target of Operation Feasibility Study at PT. PLN (Persero) Area Semarang of more than 5%. By looking at the network topology in the region of PT PLN Rayon Purwodadi, obtained solution transfer partial load feeder PWI 9 to new feeder PWI 11, in order to suppress the percentage of voltage drop and power losses. Using ETAP 7.5.0 software can be simulated load calculation, voltage drop and that power losses. From the ETAP 7.5.0 simulation results transfer of part of the load of feeder PWI 9 to new feeder PWI 11, the percentage of voltage drop on the feeder PWI 9 will be decreased from 11,85% to -0,78%. and the percentage of voltage drop on the new feeder PWI 11 become 5.49%. While the percentage of power losses on feeder PWI 9 will be decreased from 7.24% to 1.71%, and the percentage of power losses on the new feeder PWI 11 become 4.49%.

Keywords: power losses, voltage drop, ETAP 7.5.0 simulation

1. Pendahuluan

PLN Rayon Purwodadi dihadapkan pada pendistribusian energi listrik ke pelanggan di wilayah Purwodadi dan sekitarnya. Untuk itu, Rayon Purwodadi berupaya mengoptimalkan mutu energi listrik yang tersalurkan kepada pelanggan. Pertumbuhan penduduk dan peningkatan taraf hidup masyarakat membuat konsumsi energi listrik kian meningkat.

Penambahan beban ini harus diimbangi dengan peningkatan pelayanan energi listrik¹³, Pada jaringan distribusi, pelayanan penyaluran dinilai dari mutu energi listrik dari pangkal sampai ujung jaringan. Dengan desain jaringan yang handal tidak hanya dapat menjaga kontinuitas penyaluran energi listrik suatu jaringan, tapi juga dapat menekan rugi daya dan drop tegangan penyulang. [14][16]

Dengan adanya permasalahan di atas penulis mencoba menganalisa dengan data *existing* yang ada pada Rayon

Purwodadi pada penyulang PWI 9, dengan mempertimbangkan panjang jaringan dan beban pada penyulang tersebut. Kemudian membandingkan rugi daya dan drop tegangan penyulang tersebut sebelum dan sesudah dilakukan rekonfigurasi jaringan. Dengan menggunakan software ETAP 7.5.0 penulis mencoba memindahkan sebagian beban PWI 9 ke penyulang baru PWI 11, sehingga dapat mengatasi menurunkan prosentase losses dan drop tegangan yang terjadi pada penyulang PWI 9.[2][3][15]

2. Metode

2.1. Drop Tegangan

Drop tegangan merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Besarnya drop tegangan dinyatakan baik dalam persen atau dalam besaran volt. Besarnya batas atas dan bawah ditentukan oleh kebijaksanaan perusahaan kelistrikan. PT PLN (Persero) mengatur standar drop tegangan dalam SPLN No.72 Tahun 1987 yaitu Turun tegangan yang diperbolehkan pada JTM adalah 2 % dari tegangan kerja untuk sistem Spindle/gugus dan 5 % dari tegangan kerja untuk sistem Radial diatas tanah dan sistem Simpul tergantung kepadatan beban. Perhitungan drop tegangan praktis pada batas-batas tertentu dengan hanya menghitung besarnya tahanan masih dapat dipertimbangkan, namun pada sistem jaringan khususnya pada sistem tegangan menengah masalah induktansi dan kapasitansinya diperhitungkan karena nilainya cukup berarti. Apabila perbedaan nilai tegangan tersebut melebihi standar yang ditentukan, maka mutu penyaluran tersebut rendah.

Drop tegangan pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar.

$$R = \rho \times \frac{L}{A} \dots \dots \dots (2.1)$$

Menurut Watkins (2004), untuk menghitung pesentase jatuh tegangan dapat menggunakan rumus :

$$\Delta V = \frac{V_S - V_R}{V_S} \times 100\% \dots \dots \dots (2.2)$$

Perhitungan drop voltage pada JTM 20 KV 3 fasa

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I \times L \times (R \cos \theta + X \sin \theta) \dots \dots (2.3)$$

Perhitungan drop voltage pada JTM 20 KV 1 fasa

$$\Delta V = I \times L \times (R \cos \theta + X \sin \theta) \dots \dots \dots (2.4)$$

2.2. Susut Distribusi Tenaga Listrik

Susut distribusi tenaga listrik atau rugi daya listrik adalah berkurangnya pasokan daya yang dikirimkan oleh sumber pasokan (PLN) kepada yang diterima dalam hal ini

konsumen. Perhitungan rugi daya berdasarkan analisa software Etap dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$\text{Rugi Daya (MW)} = \Sigma \text{ Apparent Losses} \dots \dots \dots (2.5)$$

Atau

$$\text{Rugi Daya (\%)} = \frac{\Sigma \text{ Apparent Losses}}{\Sigma \text{ Total Demand}} \times 100\% \dots (2.6)$$

Sedangkan untuk perhitungan losses pada jaringan distribusi menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P = 3 \cdot I^2 \cdot Z \cdot L \dots \dots \dots (2.7)$$

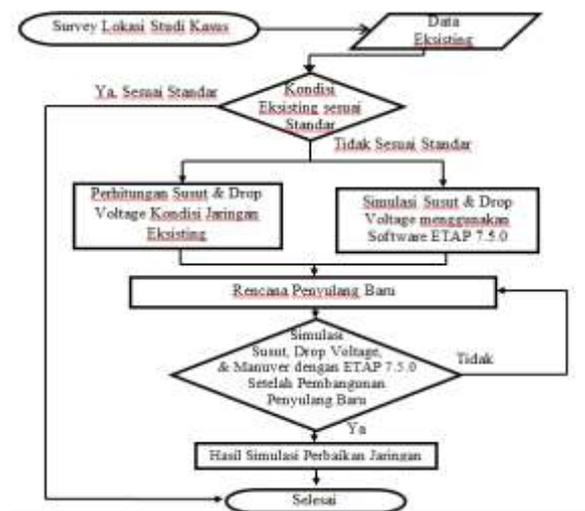
2.3. Faktor Daya

Bila arus dan tegangan berbentuk sinusoidal, maka faktor daya (*power factor*) didefinisikan sebagai cosinus sudut yang dibentuk antara simpangan nol (*zero-crossing*) tegangan dan simpangan nol arus, dengan nol tegangan sebagai acuan. Faktor daya merupakan suatu besaran yang dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara daya aktif dan daya semu (Suhendi dan Widjaksono, TT : 4). Sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Faktor Daya} &= \text{Daya Aktif (P) / Daya Semu (S)} \\ &= \text{kW / kVA} \\ &= V \cdot I \cos \varphi / V \cdot I = \cos \varphi \dots \dots \dots (2.20) \end{aligned}$$

2.4. Metode Pengamatan

Evaluasi drop tegangan ini dilakukan di penyulang PWI 9 PT PLN (Persero) Rayon Purwodadi bulan Februari 2015. Secara garis besar, penyusunan Penelitian ini dapat digambarkan dengan diagram alir (*flow chart*) pada gambar 1

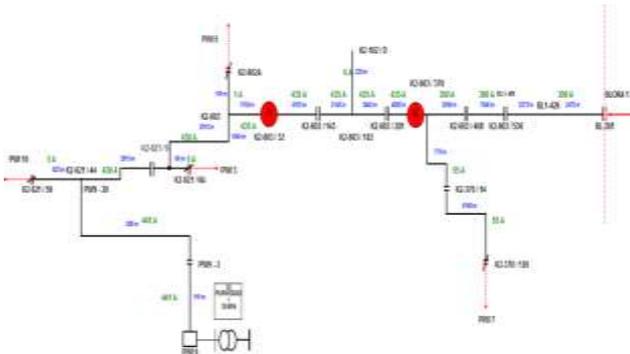


Gambar 1. Diagram Alir Pengamatan

2.5 Bahan Pengamatan

1. Beban penyulang PWI 9, PWI 8, dan PWI 6
2. Panjang Jaringan Tegangan Menengah per section PWI 9

3. Single Line Diagram Penyulang PTI 05 dan JKO04Existing



Gambar 2. Single Line Diagram PTI 05 dan JKO 04 Existing

4. Data Beban, Rugi Daya Teknis, dan Tegangan Ujung Penyulang PWI 9 Kondisi Existing dan Perbandingannya Berdasarkan Kajian Kelayakan Operasional (KKO)

Tabel 1. Data Beban, Rugi Daya Teknis, dan Tegangan Ujung Penyulang PWI 9

Beban Penyulang	Penyulang PWI 9 (Eksisting)		
	Tegangan	Rugi Daya	
14.934 Kw	17,606 kV	1.121kW	7,24%

Tabel 2. Perbandingan Data Beban, Rugi Daya Teknis, dan Drop Tegangan Penyulang PWI 9 Kondisi Existing Berdasarkan KKO

Parameter	PWI 9 Eksist	KKO	Status
% Rugi Daya	7,24	>5 %	Melebihi KKO
% VD	11,85	>5 %	Melebihi KKO

3. Hasil dan Analisa

3.1. Perhitungan Drop Voltage Penyulang PWI 9 Eksisting

Berdasarkan hasil perhitungan jatuh tegangan melalui simulasi ETAP maupun perhitungan manual, dapat dihitung persentase jatuh tegangan pada ujung penyulang PWI 9 (section H) sebelum dibangun PWI 11 sebagai berikut :

$$V_H = 21 - 3,370 = 17,630 \text{ kV}$$

$$\Delta V_H = 20 - 17,630 = 2,37 \text{ kV}$$

$$\% \Delta V = \frac{2,37}{20} \times 100\% = 11,85 \%$$

3.2. Persentase Losses Daya Penyulang PWI 9 Eksisting

Berdasarkan hasil perhitungan rugi daya melalui simulasi ETAP maupun perhitungan manual, dapat dihitung persentase rugi daya pada penyulang PWI 9 sebelum

dibangun PWI 11. Total beban yang dipikul penyulang 14.934 kW sehingga :

$$\% P = \frac{\text{Rugi Daya}}{\text{Demand}} \times 100\% = 7,24 \%$$

3.3. Simulasi Load Flow Penyulang PWI 9 Setelah Pembangunan PWI 11

Dari hasil simulasi aliran daya didapatkan data beban tertinggi penyulang, tegangan ujung penyulang dan losses pada penyulang PWI 9 dan penyulang PWI 11 seperti pada tabel 3

Tabel 3. Hasil Perhitungan Simulasi load flow Setelah Pembangunan PTI 10 pada ETAP 7.5.0

Hasil Simulasi Setelah Pembangunan PWI 11							
Beban Penyulang		Tegangan		Rugi Daya/Losses			
PWI 9		PWI 11		PWI 9		PWI 11	
kW	A	kW	A	kW	A	kW	A
8.046	221	8.039	220	18.899kV	147,3	544,3	365 969,8

3.3.1. Perhitungan Drop Voltage Penyulang PWI 9 Setelah Pembangunan PWI 11

Berdasarkan hasil perhitungan jatuh tegangan melalui simulasi ETAP maupun perhitungan manual, dapat dihitung persentase jatuh tegangan pada ujung masing-masing penyulang setelah dibangun PWI 11 sebagai berikut :

Pada penyulang PWI 9 drop voltage sebesar :

$$V_D = 21 - 0,843 = 20,157 \text{ kV}$$

$$\Delta V_D = 20 - 20,157 = -0,157 \text{ kV}$$

$$\% \Delta V = \frac{-0,157}{20} \times 100\% = -0,78 \%$$

Pada penyulang PWI 11 drop voltage sebesar :

$$V_H = 21 - 2,098 = 18,902 \text{ kV}$$

$$\Delta V_H = 20 - 18,902 = 1,098 \text{ kV}$$

$$\% \Delta V = \frac{1,098}{20} \times 100\% = 5,49 \%$$

Sehingga perbaikan persentase drop voltage pada penyulang PWI 9 dari 11,85 % menjadi -0,78 %, namun berdampak kenaikan persentase drop voltage pada penyulang PWI 11 menjadi 5,49 %. Persentase jatuh tegangan tersebut sudah berkurang dari kondisi sebelum pembangunan penyulang PWI 11, serta memenuhi SPLN yaitu tidak lebih dari 5%, walaupun berdampak jatuh tegangan pada PWI 11 menjadi sedikit diatas standar SPLN. Hal ini menunjukkan bahwa pembangunan penyulang PWI 11 berpotensi besar dalam memperbaiki jatuh tegangan yang ada di penyulang PWI 9.

3.3.2. Persentase Losses Daya Penyulang PWI 9 Sebelum Pembangunan PWI 11

Berdasarkan hasil perhitungan rugi daya melalui simulasi ETAP maupun perhitungan manual, dapat dihitung

persentase rugi daya pada kedua penyulang setelah dibangun PWI 11.

Total beban yang dipikul penyulang PWI 9 sebesar 8.046 kW sehingga :

$$\%P = \frac{Losses}{Demand} \times 100\% = 1,71 \%$$

Total beban yang dipikul penyulang PWI 11 sebesar 8.039 kW sehingga :

$$\%P = \frac{Losses}{Demand} \times 100\% = 4,49 \%$$

Persentase susut daya kedua penyulang tersebut sudah berkurang dari kondisi sebelum pembangunan penyulang PWI 11, serta memenuhi Kajian Kelayakan Operasi (KKO) yaitu tidak lebih dari 5 %. Hal ini menunjukkan bahwa pembangunan penyulang PWI 11 berpontesi besar dalam mengurangi rugi daya teknis yang ada di penyulang PWI 9.

3.3.3. Perhitungan Arus Beban Trafo III Gardu Induk Purwodadi Setelah Sebagian Beban Dipindahkan ke Penyulang PWI 11

Setelah sebagian beban dipindahkan ke penyulang PWI 11, beban penyulang PWI 9 berkurang dari 441 A menjadi 221 A. Berikut perhitungan total beban yang dipikul oleh trafo III Gardu Induk Purwodadi (30 MVA) setelah sebagian beban dipindahkan ke penyulang PWI 11:

$$\begin{aligned} &\text{Beban trafo III GI Purwodadi} \\ &= \frac{\text{Arus Beban PWI 9} + \text{PWI 8} + \text{PWI 6}}{\text{Arus nominal trafo}} \times 100\% \\ &= \frac{221 + 114 + 239}{866} \times 100\% = 66,2 \% \end{aligned}$$

Beban trafo III Gardu Induk Purwodadi berkurang jika dibandingkan dengan beban sebelum pembangunan penyulang PWI 11. Jadi bisa disimpulkan bahwa selain dapat memperbaiki rugi daya dan drop tegangan, pembangunan penyulang PWI 11 juga dapat mengurangi persentase pembebanan trafo III Gardu Induk Purwodadi yang sebelumnya 91,6 % menjadi 66,2 %.

3.4. Hasil Pembahasan

Dari pembahasan yang penyusun lakukan melalui perhitungan dan simulasi *software* ETAP, maka perbandingan rugi daya, drop tegangan dan pembebanan trafo III GI Purwodadi kondisi sebelum dan sesudah pembangunan penyulang PWI 11 dapat dilihat pada Tabel 4 sampai dengan Tabel 5

Tabel 4. Perbandingan Sebelum Pembangunan Penyulang PWI 11 terhadap KKO

Parameter	PWI 9 Ekst	KKO	Status
% Rugi Daya	7,24 %	>5%	Melebihi KKO
% Drop Tegangan	91,6%	>5%	Melebihi KKO

Tabel 5. Perbandingan Hasil Simulasi Sesudah Pembangunan Penyulang PWI 11 terhadap KKO

Parameter	Sesudah Pembangunan PWI 11	KKO	Status
% Rugi daya PWI 9	1,71	<5 %	Sesuai KKO
% Rugi daya PWI 11	4,49	<5 %	Sesuai KKO
% drop Tegangan PWI 9	0,78	<5 %	Sesuai KKO
% drop Tegangan PWI 11	5,49	>5 %	Melebihi KKO

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi ETAP dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan ditambahkannya penyulang PWI 11, pembebanan trafo III GI Purwodadi turun dari 91,6 % menjadi 66,2 %.
2. Dengan adanya penyulang PWI 11 maka rugi daya teknis penyulang PWI 9 yang sebelumnya sebesar 1082,4 kW dapat ditekan menjadi 138 kW, dengan persentase rugi daya dari 7,24 % menjadi 1,71 % sehingga sesuai dengan batas rugi daya pada Kajian Kelayakan Operasi (KKO) Area Semarang yaitu tidak melebihi 5 %. Sedangkan tegangan ujung penyulang PWI 9 yang sebelumnya sebesar 17,6 kV dapat dinaikan menjadi 20,157 kV, dengan persentase drop tegangan dari 11,85 % menjadi - 0,78 %, sehingga sesuai dengan batas drop tegangan pada Kajian Kelayakan Operasi (KKO) Area Semarang yaitu tidak melebihi 5 %.
3. Persentase rugi daya teknis pada penyulang baru PWI 11 yang akan dibangun juga sesuai Kajian Kelayakan Operasi (KKO) yaitu sebesar 4,49%. Sedangkan persentase drop tegangan pada penyulang baru PWI 11 yang akan dibangun melebihi sedikit dari Kajian Kelayakan Operasi (KKO) yaitu sebesar 5,49%.

Referensi

- [1]. Anonim. 1992: Standard Konstruksi Jaringan Distribusi Dilingkungan Perusahaan Listrik Negara, Buku saku. Jakarta: PT. PLN (Persero)
- [2]. Anonim. 2009. Materi Prajabatan Bidang Distribusi : Desain Kriteria Jaringan Distribusi. Pusdiklat PT. PLN (Persero)
- [3]. Anonim. 2010. Materi Prajabatan Bidang Distribusi : Panduan Software ETAP. Pusdiklat PT. PLN (Persero)
- [4]. Badan Standarisasi Nasional. 2000. Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000). Jakarta : Badan Standarisasi Nasional
- [5]. Cahyanto, Restu Dwi. 2008. Studi Perbaikan Kualitas Tegangan dan Rugi-Rugi Daya Pada Penyulang Pupur dan Bedak Menggunakan Bank Kapasitor, Trafo Pengubah Tap dan Penggantian Kabel Penyulang.

- Skripsi Sarjana pada FT Universitas Indonesia Jakarta: tidak diterbitkan.
- [6]. Idris, Kamal. 1990. Analisis Sistem Tenaga Listrik. Jakarta : Erlangga
- [7]. Kelompok Kerja Standar Kontruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik dan Pusat Penelitian Sains dan Teknologi Universitas Indonesia. 2010. Buku I Kriteria Desain Enjinereng Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik. Jakarta : PT PLN (Persero)
- [8]. Kelompok Pembakuan Bidang Distribusi.1985. SPLN 59:1985 Keandalan Pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV. Jakarta : Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara
- [9]. ----.1985. SPLN 64:1985 Petunjuk Pemilihan dan Penggunaan Pelebur. Jakarta : Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara
- [10]. ----.1987. SPLN 72:1987 Spesifikasi Desain Untuk Jaringan Tegangan Menengah dan Jaringan tegangan Rendah. Jakarta : Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara
- [11]. ----.1994. SPLN 56-2:1994 Sambungan Tenaga Listrik Tegangan Menengah. Jakarta : PT Perusahaan Listrik Negara (Persero)
- [12]. ----.1996. SPLN 56-3:1996 Sambungan Tenaga Listrik Tegangan Menengah Diatas 8 MVA s/d 60 MVA. Jakarta : PT Perusahaan Listrik Negara (Persero)
- [13]. 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. Semarang: Universitas Diponegoro
- [14]. Muhdar, Isla J & Yunus. 2013. Evaluasi Drop Tegangan Pada Jaringan Tegangan Menengah 20 Kv Feeder Bojo Pt Pln (Persero) Rayon Mattirotasi. Makasar : Politeknik Negeri Ujung Pandang
- [15]. Nugroho, Ageng. 2014. Pembagian Beban Pada Perluasan Jaringan Distribusi Tegangan Menengah 1 Fasa Menjadi 3 Fasa Di Gondoriyo Menggunakan Software Etap 7.5.0. Semarang: tidak diterbitkan.
- [16]. Ratnasari, Aprilia Dian. 2013. Simulasi Losses Dan Drop Tegangan Pada Penyulang Kpk 06 Gardu Induk Krapyak Berdasarkan Data Existing Dan Peramalan Beban Menggunakan Software Etap 7.5.0. Semarang: Universitas Diponegoro
- [17]. Robandi, Imam. 2008. Becoming The Winner : Riset Menulis Ilmiah, Publikasi Ilmiah dan Presentasi. Andi Publisher : Jakarta.
- [18]. Sarimun, Wahyudi. 2011. Buku Saku Pelayanan Teknik (Yantek). Edisi Kedua. Depok: Garamond
- [19]. Sarwokok, Tri Adi. 2008. Inilah Bahasa Indonesia Jurnalistik. Andi Publisher : Jakarta
- [20]. Suhadi, dkk. 2008. Teknik Distribusi Tenaga Listrik. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
- [21]. 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
- [22]. Suswanto, Daman. 2009. SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK. Padang: Universitas Negeri Padang
- [23]. Waluyo, dkk. 2007. Perhitungan Susut Daya Pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah Saluran Udara Dan Kabel. Jurnal Sains dan Teknologi EMAS, Vol.17 No.3. Bandung: Itenas Bandung
- [24]. Watkins, AJ dan R.K. PARTON. 2004. Perhitungan Instalasi Listrik. Jakarta : Erlangga
- [25]. Whitaker, Jerry C. 1999. Ac Power System Handbook. New York: CRC Press