

Analisis Perhitungan Susut Daya Dan Energi Dengan Pendekatan Kurva Beban Di PT. PLN (Persero) Feeder Kualu

Tushalan Samosir¹, Usaha Situmeang¹, Masnur P. Halilintar¹

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning Pekanbaru.

Jl. Yos Sudarso Rumbai, Pekanbaru, Telp. (0761) 52324

Email : tushalan201511@gmail.com, usaha@unilak.ac.id, masnur@unilak.ac.id

Submitted : 07 Agustus 2022

Accepted: 28 Nopember 2022*

ABSTRAK

Agar ketersediaan energi listrik untuk masyarakat tetap lancar PT. PLN (Persero) senantiasa menjaga dengan memperhitungkan rugi daya listrik dan juga memperhitungkan bagaimana membangun suatu jaringan distribusi dari hulu ke hilir dengan memperhatikan luas penghantar dalam penyalurannya. Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisa faktor yang mempengaruhi susut energi pada saluran distribusi JTR PT. PLN (Persero) Pekanbaru Feeder Kualu dan menganalisis seberapa besar susut energi listrik pada saluran distribusi tersebut. Dengan metode kurva beban dapat digambarkan variasi dari pembebanan terhadap suatu gardu yang diukur dengan kW, Ampere, kVA sebagai fungsi dari waktu (dalam kurun waktu tertentu) maka dari perhitungan yang telah dilakukan arus maksimal yang dapat digunakan transformator sebesar 18294,696 A, sedangkan pembebanan transformator sebesar 4,794%, arus pembebanan sebesar 877,04 Ampere, faktor kepadatan beban sebesar 0,405 Ampere, resistansi saluran sebesar 39,841 Ohm, sedangkan resistansi antar tiang dengan nilai 0,0185 Ohm, maka dari data diatas dapatlah kesimpulan yang menyatakan bahwa susut daya di wilayah PT. PLN (Persero) Pekanbaru Feeder Kualu dalam kondisi baik sesuai dengan (SPLN) D3.002-2 tahun 2008.

Kata Kunci: Susut Daya, Energi, Pendekatan Kurva Beban

ABSTRACT

In order for the availability of electrical energy for the community remains stable PT. PLN (Persero) always maintains by taking into account electrical power losses and also takes into account how to build a distribution network from upstream to downstream by taking into account the area of the conductor in its distribution. The purpose of this study is to analyze the factors that influence energy loss in the distribution channel of JTR PT. PLN (Persero) Pekanbaru Feeder Kualu and analyze how much electricity is lost in the distribution channel. With the load curve method, it can be described the variation of loading on a substation measured by kW, Ampere, kVA as a function of time (within a certain period of time) so from the calculations that have been carried out the maximum current that can be used for transformers is 18294,696 A, while loading transformer is 4.794 %, loading current is 877.04 Ampere, load density factor is 0.405 Ampere, line resistance is 39.841 Ohm, while the resistance between poles is 0.0185 Ohm, so from the data above it can be concluded that the power loss in this area is PT. PLN (Persero) Pekanbaru Feeder Kualu is in good condition in accordance with (SPLN) D3.002-2 in 2008.

Keywords: *Power Loss, Energy, Load Curve Approach*

1. PENDAHULUAN

Menyediakan pelayanan dan tenaga listrik kepada konsumen dalam kualitas yang baik dan ekonomis adalah tugas yang diemban oleh perusahaan listrik, oleh karena itu PT. PLN (Persero) selaku penyedia layanan listrik kepada masyarakat harus senantiasa meningkatkan kinerja dalam memberikan pelayanan yang semakin andal sehingga dengan terpenuhkannya kebutuhan energi listrik masyarakat maka pandangan terhadap PT. PLN (Persero) akan senantiasa dinilai baik oleh masyarakat.

Upaya lain yang sejalan agar ketersediaan energi listrik untuk masyarakat tetap lancar adalah dengan memperhitungkan rugi daya listrik atau *losses*, dan juga memperhitungkan bagaimana membangun suatu jaringan distribusi dari pembangkit menuju konsumen yaitu dengan memperhatikan luas penghantar dalam penyalurannya yang akan mempengaruhi *cost* yang akan dikeluarkan oleh penyedia layanan.

Sumber energi dari pembangkit biasanya dibangkitkan dengan menggunakan sumber air, uap, angin, batu bara dan lain-lain. Berbagai upaya tentu telah dilakukan oleh pemerintah dalam pemenuhan kebutuhan masyarakat tentang energi listrik yaitu meningkatkan efisiensi pembangkit supaya menghasilkan energi yang baik.

Dalam pendistribusian tenaga listrik, terjadi rugi-rugi daya (*losses*), akibat hilangnya daya tersebut berdampak pada rendahnya keandalan kualitas daya yang dipasok kekonsumen. Penyebab kerugian terletak pada beberapa faktor, seperti jarak saluran listrik yang terlalu jauh, beban tidak seimbang, sambungan penghantar, dan lain-lain hal.

Untuk mengetahui susut/*losses* maka perlu dilakukan analisis untuk menghitung susut dari segi teknis dan non teknis yaitu

dengan mengukur beban transformator. Dari pengukuran tersebut akan digunakan sebagai bahan untuk menganalisis kerugian (*losses*) ataupun beberapa parameter yang mempengaruhi rugi daya tersebut, agar adanya upaya dari pihak perusahaan untuk bisa meminimalisir kerugian.

Dalam implementasinya, PLN tentu memiliki permasalahan yang dihadapi salah satunya susut daya. Penyusutan daya sendiri dapat ditemukan pada berbagai tempat jaringan tenaga listrik mulai dari transmisi, pembangkit hingga penyusutan daya pada pendistribusian pelanggan. Hal ini menjurus terjadinya krisis pasokan listrik, yang dalam jangka panjang akan dapat memperlambat pertumbuhan ekonomi. Kekurangan daya memaksa PT. PLN (Persero) melakukan pemadaman bergilir yang menyebabkan banyak kerugian bagi pelanggan, terlebih lagi jika jadwal giliran tidak jelas waktunya. Maka dari itu persoalan susut daya merupakan permasalahan yang harus segera ditangani dan menjadi prioritas terutama bagi PT. PLN.

2. METODE PENELITIAN

Pada dasarnya, konsep daya adalah energi yang digunakan untuk melakukan usaha. Dalam sistem tenaga, daya listrik adalah jumlah energi listrik yang digunakan untuk melakukan kerja. Daya listrik sering dinyatakan dalam watt atau *horsepower* (hp). *Horsepower* adalah satuan daya listrik, dimana 1 HP sama dengan 746 watt, watt adalah satuan listrik dimana 1 watt sama dengan daya yang dihasilkan dengan mengalirkan 1 Ampere dan tegangan 1 Volt.

Susut Daya Pada Penghantar

Susut daya pada penghantar berbanding lurus dengan tahanan dan kuadrat arus yang mengalir. Susut daya ini sering disebut daya disipasi pada

penghantar. Susut daya penghantar dapat ditulis seperti berikut [1] :

$$R \text{ saluran} = R_t \times L \text{ saluran} \quad (1)$$

Untuk nilai tahanan pada penghantar berbanding lurus dengan panjang penghantar dan berbanding terbalik dengan luas penampangnya. Secara sistematis nilai hambatan dirumuskan seperti berikut [5] :

$$R \text{ antar tiang} = \frac{R \text{ saluran}}{n \text{ tiang}} \quad (2)$$

Faktor beban merupakan perbandingan antara beban rata-rata dengan beban maksimum untuk suatu periode waktu tertentu. Beban rata-rata dan beban puncak dapat dinyatakan dalam kilowatt, kilovolt amper, amper dan sebagainya, tetapi satuan dari keduanya harus sama. Dari definisi faktor beban dapat ditulis seperti [3] :

$$LF = \frac{I_{rata-rata}}{I_{puncak}} \quad (3)$$

Arus Beban Penuh

Dilihat dari sisi daya tegangan tinggi pada transformator distribusi dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut [4] :

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \quad (4)$$

Mendapatkan perhitungan arus beban penuh (*full load*), maka dapat menggunakan Persamaan

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3}} \quad (5)$$

Maka untuk menghitung persentase pembebanan seperti Persamaan berikut:

$$\% b = \frac{I_{ph}}{I_{FL}} \times 100\% \quad (6)$$

Susut Daya Pada Inti Besi

Menurut SPLN no 50 tahun 1997 besarnya susut inti besi pada transformator distribusi seperti pada Tabel 1 dibawah ini [2].

Tabel 1. Rugi-rugi inti besi

No	kVA (Rating Transformator)	Rugi-rugi Inti Besi (Watt)
1	25	75

2	50	150
3	100	300
4	160	400
5	200	480
6	250	600
7	315	770
8	400	930
9	500	1100
10	630	1300
11	800	1750
12	1000	2300
13	1250	2500
14	1600	3000
15	2000	3600
16	2500	4000

Susut Daya Pada Tembaga

Susut tembaga disebabkan oleh arus beban yang mengalir pada belitan transformator. Karena arus beban yang mengalir berubah-ubah, maka susut tembaga juga tidak konstan bergantung pada beban. Susut tembaga dinyatakan pada persamaan berikut ini [3] :

$$P_{cu} = I^2 \times R_{cu} \quad (7)$$

Karena arus beban berubah-ubah, maka rugi tembaga juga tidak konstan karena bergantung pada besarnya beban. Besarnya rugi-rugi tembaga pada setiap perubahan beban dapat ditentukan dengan persamaan berikut ini:

$$P_{cu2} = \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2 \times P_{cu1} \quad (8)$$

Analisa Perhitungan Susut Energi

Dalam penghitungan faktor yang mempengaruhi susut energi digunakan beberapa persamaan berikut [7] :

$$I_{max} = \frac{S}{3 \times 220} \quad (9)$$

Persen pembebanan digunakan untuk menghitung besarnya arus pembebanan pada saluran distribusi setiap jam sehingga variasi pembebanan dapat dilihat hubungannya dengan susut energi yang terjadi.

$$\% \text{Pembebanan} = \frac{n_{\text{pelanggan}} \times n_{\text{ilaikurva}}}{S(VA) \times \cos \phi} \quad (10)$$

Arus pembebanan merupakan parameter yang menunjukkan berapa besar arus yang dikeluarkan oleh transformator pada waktu tertentu akibat pembebanan oleh pelanggan. Berikut persamaan yang digunakan dalam penghitungan arus pembebanan [6] :

$$I_{pp} = I_{\max} \times \% \text{pembebanan} \quad (11)$$

Kepadatan beban menampilkan kebutuhan energi listrik pada masing-masing titik beban. Persamaan yang digunakan sebagai berikut:

$$I_{gw} = \frac{I_{pp} (A)}{n_{\text{tiang}}} \quad (12)$$

Dalam penghitungan susut energi saluran distribusi jaringan tegangan menengah mengacu kepada Standar PLN (SPLN) D3.002-2 Tahun 2008 dimana susut energi boleh terjadi berkisar antara 5% s.d 10%, digunakan persamaan sebagai berikut :

$$W_{\text{loses}} = 3 \times n_{\text{tiang}} \times I_{gw} \times R_{\text{antar tiang}} \times \text{pf} \quad (13)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Jenis Penghantar yang digunakan pada penyulang Kualu yang terdiri dari tiga jenis penghantar seperti pada Tabel 2, yaitu penghantar jenis AAAC, AAACS dan SKTM dengan luas penampang 35, 70, 150, 240, 300.

Tabel 2. Data penghantar

ID Penghantar	Arus Penghantar		
	R	S	T
SUTM – Jasmine	1,60	1,60	1,66
SUTM - Ke Arah Jasmine	1,92	1,13	1,14
SUTM - Simp. Jl. Serasi	1,87	1,06	1,72
SUTM - Melintas Jl. Lobak	1,71	1,54	1,82
SUTM - SEBELUM PTS	1,71	1,54	1,82
SUTM – TOWER	1,39	1,39	1,25
SUTM - Melintas Srikandi	1,91	1,50	1,32
SUTM - Stopan W.G.II	1,988	2,143	2,22

SUTM - Melintas Simp4 W.G	1,21	1,51	1,82
SUTM - Srikandi Ke Delima	1,047	1,34	1,693
SUTM - Widya Graha III	2,63	1,93	1,53
SUTM – Kantor Pajak	1,56	2,04	1,44
SUTM 30	5,695	4,105	3,597
SUTM - Teratai Garden2	0,062	0,523	0,234
SUTM - Teratai Garden 1	1,534	1,184	1,261
SUTM - Melintas Skuntum 1	1,731	1,459	1,791
SUTM - Melintas Srikandi	1,13	1,509	0,321
SUTM - Melintas Ring Road	1,6	1,02	1,245
SUTM – Platinum	2,297	1,584	1,123
SUTM - Naga Sakti	1,858	1,34	1,308
SUTM - JL. Melati	1,763	1,65	1,925

Tabel 3 Data pengukuran arus beban

Data Arus Terukur Pada Pangkal Penyulang Kualu							
Jam	Tanggal						
	1	2	3	4	5	6	7
0.00	202	201	203	201	205	202	195
1.00	180	181	182	183	184	185	186
2.00	172	170	171	172	173	174	175
3.00	169	171	172	171	173	169	168
4.00	169	170	170	174	175	170	170
5.00	169	166	167	169	171	154	170
6.00	171	172	170	172	170	162	176
7.00	155	159	163	164	163	154	162
8.00	160	162	172	179	174	154	180
9.00	189	185	197	199	185	152	203
10.00	192	193	199	198	182	162	205
11.00	200	194	198	206	192	168	209
12.00	193	196	204	205	186	170	208
13.00	200	202	204	203	183	172	210
14.00	209	208	209	209	185	169	219
15.00	209	211	210	210	187	172	217
16.00	198	214	213	212	182	173	206
17.00	197	198	192	199	185	174	205
18.00	201	204	203	206	193	195	208
19.00	232	234	232	235	224	225	238
20.00	231	226	228	231	215	224	219
21.00	231	223	224	227	212	223	220
22.00	223	221	200	221	218	220	230
23.00	213	213	217	217	212	209	221
Rata-rata	194	195	196	198	188	181	200

Faktor yang mempengaruhi susut energi

Dalam penelitian ini, penulis akan menganalisis faktor apa saja yang dapat mempengaruhi susut energi serta faktor manakah yang paling mempengaruhi susut energi yakni kabel distribusi dan beban pelanggan. Untuk mengetahui indikatornya maka peneliti akan menggunakan kategori berdasarkan SPLN. PT PLN Pekanbaru pada bulan Agustus 2021 menggunakan kapasitas transformator sebesar 12074,5 kVA. Berdasarkan kapasitas tersebut, maka dapat dihitung menggunakan Persamaan (9) pada arus maksimal yang dapat digunakan transformator :

$$I_{Max} = \frac{S}{3 \times 220}$$

$$I_{Max} = \frac{12.074.500 \text{ VA}}{3 \times 220}$$

$$I_{Max} = 18294,696 \text{ A}$$

Persen Pembebanan Transformator

Untuk mengetahui pembebanan transformator, maka langkah pertama yang dilakukan adalah menghitung nilai kurva beban, penghitungan kurva beban akan menggunakan kurva beban mingguan periode Agustus 2021 seperti Tabel 4.

Tabel 4. Rata-rata arus terpakai

Tanggal	Arus (A)
1	194
2	195
3	196
4	198
5	188
6	181
7	200
Total	1352

Berdasarkan Tabel 4, dapat diketahui bahwa nilai total pada kurva beban adalah sebesar 1352kWh. Berdasarkan hasil dokumentasi yang didapat dari PT PLN diketahui juga banyaknya pelanggan pada periode Agustus 2021 adalah 46.306

pelanggan dimana memiliki kapasitas pada sistem adalah 12.074.500 VA yang memiliki nilai kurva beban adalah 1.352 kWh, berdasarkan pemaparan tersebut maka dapat hitung menggunakan Persamaan (10) sebagai berikut:

$$\% \text{ Pembebanan} = \frac{n_{\text{Pelanggan}} \times \text{Nilai Kurva}}{S \text{ (VA)} \times \cos \varphi}$$

$$\% \text{ Pembebanan} = \frac{46.306 \times 1352}{12.074.500 \times 0.8}$$

$$\% \text{ Pembebanan} = \frac{62.605.712}{9.659.600}$$

$$\% \text{ Pembebanan} = 6,48$$

Jika kita lihat pada standar PLN D3.002-1 2007, dimana disebutkan bahwa persentase pembebanan tidaklah boleh untuk melebihi delapan puluh persen. Pada perhitungan yang telah dilakukan dapat dipahami bahwa besaran pembebanan adalah 6,48 persen dimana nilai tersebut termasuk dalam kategori sedang dan aman dan tidak menimbulkan kerusakan.

Arus Pembebanan

Arus pembebanan adalah perhitungan untuk mengetahui besaran arus yang dapat dihasilkan oleh transformator di waktu tertentu yang diakibatkan oleh pembebanan pengguna. Jika kita mengacu pada hasil perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya, kita telah mengetahui besaran I_{max} adalah 18294,696A dan persentase pembebanan sebanyak 4,794%. Maka dengan nilai yang telah didapat tersebut akan dilakukan perhitungan arus pembebanan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$I_{pp} = I_{max} \times \text{Persentase Pembebanan}$$

$$I_{pp} = 18294,696 \times 6,48\%$$

$$I_{pp} = 1185,67 \text{ A}$$

Menurut SPLN D3.002.3 tahun 2008 berpendapat bahwa besaran arus pembebanan tidaklah diperbolehkan melebihi delapan puluh persen dari kapasitas transformator. Dari perhitungan yang dilakukan diatas, maka dapat diketahui besaran I_{pp} adalah 1185,67 A. Nilai tersebut menunjukkan bahwasanya arus pembebanan

tergolong pada kategori rendah dan aman sehingga tidak menimbulkan kerusakan.

Faktor Kepadatan Beban

Arus terhadap letak beban merupakan pengertian dari faktor kepadatan beban. Berdasarkan hasil persamaan dari arus pembebanan didapat nilai sebesar 1185,67 A, kemudian berdasarkan hasil dokumentasi pada PT PLN Pekanbaru diketahui bahwa jumlah tiang pada jaringan tegangan rendah adalah 2165 tiang. Maka dari data tersebut dapat dihitung dengan Persamaan (12) sebagai berikut:

$$I_{gw} = \frac{I_{pp} (A)}{n \text{ tiang}}$$

$$I_{gw} = \frac{1185,67}{2.165}$$

$$I_{gw} = 0,547 \text{ A}$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan diketahui bahwa besaran kepadatan beban adalah sebesar 0,547 A. Hal ini juga dikuatkan berdasarkan standar SPLN D2.002.2 tahun 2008 dimana bahwasanya nilai kepadatan beban tidak boleh melebihi delapan puluh persen dari kapasitas transformator.

Resistansi Saluran

Resistansi jenis ini adalah besaran hambatan yang dapat terjadi sepanjang distribusi. Perhitungan resistansi distribusi diketahui adalah 0,547 Ohm, kemudian hasil dokumentasi diketahui bahwa distribusi jaringan tegangan rendah adalah 86,611 kms. Berdasarkan dari nilai-nilai tersebut maka dapat dihitung resistansi saluran dengan Persamaan (1).

$$R \text{ saluran} = R_t \times L \text{ saluran}$$

$$R \text{ saluran} = 0,547 \times 86,611$$

$$R \text{ saluran} = 47,376 \text{ Ohm}$$

Dari perhitungan yang telah dilakukan, diketahui nilai resistansi saluran adalah 47,376 Ohm. Perhitungan resistansi saluran tersebut menunjukkan bahwa pada

saluran sepanjang 86,661 kms dapat terjadi hambatan sebesar 47,376 Ohm.

Resistansi Antar Tiang

Resistansi jenis ini adalah besaran hambatan yang dapat terjadi pada kabel antar tiang satu dengan tiang lain. Untuk mengetahui resistansi antar tiang maka harus diketahui nilai resistansi saluran dan jumlah tiang. Pada nilai resistansi saluran telah dilakukan perhitungan dan didapat nilai sebesar 47,376 Ohm. Kemudian berdasarkan hasil dokumentasi diketahui bahwa jumlah tiang 2165 tiang. Berdasarkan data yang telah didapat, maka dapat dihitung resistansi antar tiang menggunakan Persamaan (2).

$$R \text{ antar tiang} = \frac{R \text{ saluran}}{n \text{ tiang}}$$

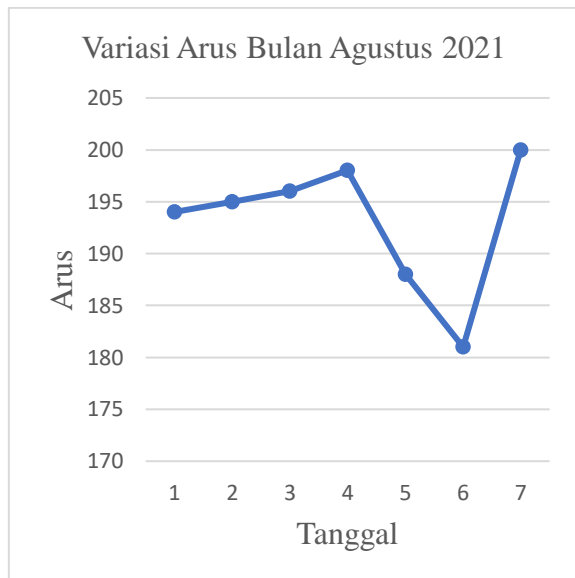
$$R \text{ antar tiang} = \frac{47,376}{2.165}$$

$$R \text{ antar tiang} = 0,0218 \text{ Ohm}$$

Daya Dan Energi Yang Terpakai

Untuk mendapatkan daya dan energi yang terpakai pada penyulang Kualu maka penulis menggunakan kurva beban. Berdasarkan pada data pengukuran arus beban transformator penyulang kualu yang dilakukan dalam kurun waktu satu minggu maka dapat dibuat pemakaian seperti pada Tabel 4 sehingga dari perbedaan jumlah arus yang didapat perharinya dapat digambarkan kedalam bentuk grafik.

Berdasarkan Tabel 4 maka dapat dibuatlah kurva beban pemakaian yang terjadi selama 1 minggu. Dengan kurva beban ini dapat kita lihat perubahan selain bentuk angka melainkan dalam bentuk grafik seperti Gambar 1 Dan melalui grafik ini akan kelihatan perbedaan data yang lebih menarik dan lebih mudah untuk dilihat perbedaannya.



Gambar 1. Grafik kurva beban

Perhitungan Susut Energi

Dari parameter perhitungan yang telah ditentukan sebelumnya, maka penghitungan susut energi dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (13) sebagai berikut :

$$W_{losses} = 3 \times n \text{ tiang} \times igw \times R \text{ antar tiang} \times pf$$

$$W_{losses} = 3 \times 2.165 \times 0,405 \times 0,0185 \times 0,8$$

$$W_{losses} = 38,931 \text{ kWh}$$

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil pengukuran analisis dapat disimpulkan bahwa:

1. Faktor yang mempengaruhi susut energi pada saluran distribusi jaringan rendah di PT PLN (Persero) Pekanbaru Penyulang Kualu adalah beban pelanggan yang dimana hasil perhitungan tersebut diperoleh hasil I_{max} 18294,696 A, lalu persentase pembebanan transformator sebesar 6,48 %, arus pembebanan (Ipp) diperoleh hasil 1185,67 A, faktor kepadatan beban (Igw) diperoleh nilai 0,547 A, kemudian dari kabel distribusi memiliki resistansi sebesar 5,476 ohm, resistensi saluran terdapat besaran hambatan sebesar 47,376 Ohm, dan resistensi antar tiang bernilai 0,0218 Ohm.

2. Besaran susut energi listrik di PT PLN (Persero) Pekanbaru Penyulang Kualu bernilai 953.589,8 kWh. Menurut Standar PLN (SPLN) D3.002-2 Tahun 2008 dimana susut energi boleh terjadi berkisar antara 5% s.d 10% dari total energi yang dihasilkan. Sehingga nilai tersebut memenuhi standar susut energi yang telah ditentukan dalam PLN (SPLN) D3.002-2 Tahun 2008

Saran

Ketepatan perhitungan kerugian teknis tergantung pada detailnya data yang ada, oleh karena itu diharapkan data dilapangan dapat terus dikumpulkan setiap harinya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Muchyi, Abdul (2009). Studi Perkiraan Susut Energi dan Alternatif Perbaikan pada Penyulang, Divisi Fakultas Teknik, Jakarta, Penerbit Universitas Indonesia.
- [2] Purnawan, I. G. N. G. O., Hani, S., & Subandi, S. (2019). Pengaruh Penggunaan Penghantar AAAC-S Terhadap Sensitivitas Sistem Proteksi Pada Jaringan Distribusi 20 KV. Jurnal Elektrikal, Vo.3, No.1.
- [3] Soenarjo, Waluyo dan Andi Ali Akbar (2007). Perhitungan Susut Daya Pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah Saluran Udara dan Kabel, Jurnal Sains dan Teknologi Emas, Vol. 17, No. 3.
- [4] Stephen J. Chapman (2005). *Electric Machinery Fundamentals*, New York, McGraw Hill.
- [5] Suhardi (2008). Teknik Distribusi Tenaga Listrik, Jakarta, Penerbit Direktorat Pembinaan Sekolah

Menengah Kejuruan Departemen Pendidikan Nasional.

- [6] Sukamdani, A., & Rijanto, T. (2018). Studi Susut Daya Pada Saluran Distribusi PT. PLN (Persero) Area Pelayanan Dan Jaringan (APJ) Surabaya Selatan. Jurnal Teknik Elektro. Vol. 8, No. 3.

- [7] Suswanto, Daman (2009). Sistem Distribusi Tenaga Listrik, Edisi Pertama, Universitas Negeri Padang. Padang.