

ANALISA RUGI-RUGI DAYA PADA SALURAN DISTRIBUSI TEGANGAN MENENGAH 20 KV DI PT.PLN (PERSERO) UP3 SIBOLGA

Oleh:

Jodi Trinaldi Manalu ¹⁾
Sukisan M Panggabean ²⁾
Janter Napitupulu ³⁾
Joslen Sinaga ⁴⁾
Jumari ⁵⁾

Universitas Darma Agung Medan ^{1,2,3,4,5)}

E-mail :

Jodimanalu0104@gmail.com ¹⁾

Sukisanpanggabean512@gmail.com ²⁾

Jnapitupulu96@gmail.com ³⁾

Josinaga1977@gmail.com ⁴⁾

62jumarieska@gmail.com ⁵⁾

ABSTRACT

The State Electricity Company (PT.PLN Persero) is a company authorized by the government to handle electricity in Indonesia. The distribution channel is an important component in the distribution of electric power, therefore the power losses in the distribution channel must be small so that the received electrical power must approach the electrical power sent. This study discusses electrical power losses in the 20 KV in the feeder SB-5 PT.PLN (Persero) UP3 Sibolga medium voltage primary distribution line. The method used in this research is to collect data and then calculate power losses manually. The existence of power losses in distribution lines is a problem that must be overcome, where this is caused by the large impedance of the line and the length of the line itself. By calculating the amount of power loss in a primary distribution network, the quality of an electric power can be known, so that it can be a plan for carrying out improvement actions to reduce power losses in the distribution network.

Keywords : Electric power, Power losses, Feeder 20 KV.

ABSTRACK

Perusahaan Listrik Negara (PT.PLN Persero) adalah satu perusahaan yang diberi wewenang oleh pemerintah untuk menangani kelistrikan di Indonesia. Saluran distribusi merupakan komponen penting dalam penyaluran daya listrik PT.PLN (Persero) oleh karenanya rugi-rugi daya pada saluran distribusi harus kecil agar daya listrik yang diterima harus mendekati daya listrik yang dikirimkan. Penelitian ini membahas tentang rugi_rugi daya listrik pada saluran distribusi primer tegangan menengah 20 KV di penyulang SB-5 PT.PLN (Persero) UP3 Sibolga. Metode yang digunakan dalam penelitian ini dengan melalui pengambilan data dan kemudian melakukan perhitungan rugi-rugi daya secara manual. Adanya rugi-rugi daya pada saluran distribusi merupakan suatu masalah yang harus diatasi, dimana hal ini diakibatkan oleh besarnya impedansi saluran dan panjang saluran itu sendiri. Dengan menghitung besar rugi daya pada satu jaringan distribusi primer, maka kualitas suatu tenaga listrik dapat diketahui, sehingga dapat menjadi perencanaan melakukan tindakan-tindakan penyempurnaan untuk mengurangi rugi-rugi daya pada jaringan distribusi

Kata kunci : Daya Listrik, Rugi-rugi daya, Penyulang 20 KV

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Distribusi Tenaga Listrik adalah penyaluran tenaga listrik dari sistem transmisi atau dari sistem pembangkitan kepada konsumen. Jaringan distribusi terdiri atas dua bagian, yang pertama adalah jaringan tegangan menengah/primer (JTM), yang menyalurkan daya listrik dari gardu induk subtransmisi ke gardu distribusi, jaringan distribusi primer menggunakan tiga kawat atau empat kawat untuk tiga fasa. Jaringan yang kedua adalah jaringan tegangan rendah (JTR), yang menyalurkan daya listrik dari gardu distribusi ke konsumen.

Di dalam transmisi tenaga listrik Kehilangan energi perlu di prediksi dan di analisa agar tidak melebihi batas wajar. Kekurangan pasokan listrik pada suatu daerah akan berakibatkan tegangan rendah bahkan pemadaman listrik. Dalam proses transmisi dan distribusi tenaga listrik seringkali dialami rugi-rugi daya yang cukup besar yang diakibatkan oleh rugi-rugi pada saluran dan juga rugi-rugi pada trafo yang digunakan. Penyebab rugi-rugi daya terjadi karena beberapa faktor yaitu faktor kebocoran isolator, jarak, korona, dan lain- lain. Hilangnya energi sangat perlu di Analisa agar tidak melewati batas wajar. Kehilangan energi yang berupa rugi daya sulit untuk di hindari. Besar daya yang hilang dalam proses saat proses transmisi harus di Analisa dan diantisipasi, sehingga daya yang hilang masih dalam batas yang di perbolehkan.

Dengan adanya rugi-rugi daya tersebut, penulis akan melakukan “Analisa Rugi-Rugi Daya Pada saluran Distribusi Tegangan Menengah 20 KV di PT.PLN (Persero) UP3 Sibolga”. Analisa dilakukan dengan melalui pengambilan data dan kemudian melakukan perhitungan rugi-rugi daya secara manual.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka permasalahan dalam penelitian dapat di rumuskan sebagai berikut :

1. Berapa Rugi-rugi daya pada saluran distribusi primer 20 KV Penyulang SB-5 di PT.PLN (Persero) UP3 Sibolga ?
2. Berapa total rugi energi listrik dari rugi-rugi daya pada saluran distribusi 20 KV Penyulang SB-5 di PT.PLN (Persero) UP3 Sibolga ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui rugi-rugi daya pada saluran distribusi primer 20 KV Penyulang SB-5 DI PT.PLN (Persero) UP3 Sibolga.
2. Untuk mengetahui rugi energi listrik pada saluran distribusi primer 20 KV Penyulang SB-5 di PT.PLN (Persero) UP3 Sibolga.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian tersebut, manfaat yang di diharapkan dari laporan skripsi di diharapkan untuk :

1. Dapat mengetahui rugi-rugi daya pada jaringan 20 KV Penyulang SB-5 PT.PLN (Persero) UP3 Sibolga
2. Menambah wawasan dan pengetahuan bagi peneliti tentang penyebab, dan dampak dari rugi rugi daya pada jaringan listrik.
3. Sebagai bahan pembelajaran atau bahan acuan bagi peneliti selanjutnya dalam skala yang lebih luas dan kompleks yang berkaitan dengan judul ini.

1.5 Batasan Masalah

Agar isi dan pembahasan skripsi ini menjadi terarah dan dapat mencapai hasil yang di harapkan, mana penulis perlu membuat batasan masalah yang akan di bahas. Adapun yang menjadi batasan masalah dalam skripsi ini adalah:

1. Pembahasan hanya di jaringan distribusi primer 20 KV Penyulang SB-5, penyebab rugi-rugi daya listrik, dan nilai rugi daya listrik pada jaringan distribusi 20 KV Penyulang SB-5 di PT.PLN (Persero) UP3 Sibolga.
2. Pada proses menghitung rugi daya, tidak menggunakan *software* ETAP.
3. Tidak membahas rugi daya pada sisi saluran distribusi sekunder.
4. Tidak membahas jatuh tegangan dan rugi-rugi tegangan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Sistem Distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (Bulk Power Source) sampai ke konsumen. Salah satu unsur dari mutu pelayanan adalah kontinuitas pelayanan yang tergantung pada topologi dan konstruksi jaringan serta peralatan tegangan menengah. Masalah utama dalam menjalankan fungsi jaringan distribusi tersebut adalah mengatasi gangguan dengan cepat mengingat gangguan yang terbanyak dalam sistem tenaga listrik terdapat dalam jaringan distribusi, khususnya jaringan tegangan menengah Pada sistem distribusi tenaga listrik, tingkat kehandalan adalah hal yang sangat

penting dalam menentukan kinerja sistem tersebut.

2.1 Daya

Daya listrik yaitu jumlah energi yang dihasilkan pada sebuah rangkaian. Sumber energi seperti tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik, sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut. Sistem tenaga listrik terdapat tiga jenis daya listrik yang saling berhubungan dan di pengaruhi oleh faktor daya ($\cos \theta$). Daya listrik dapat dinyatakan dengan menggunakan persamaan.

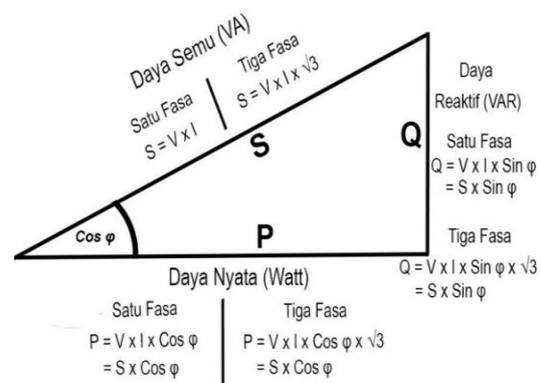
$$P = V \cdot I$$

Dimana :

P : Daya

V : Tegangan

I : Arus



2.2 Rugi-rugi Daya

Rugi – rugi daya merupakan daya yang hilang dalam penyaluran daya listrik dari sumber daya listrik utama ke suatu beban seperti kerumah - rumah, ke gedung –gedung dan lain – lain. Rugi – rugi daya yang dihitung pada penelitian ini adalah di primer trafo. Rugi-rugi daya yang terjadi akibat adanya daya yang hilang pada jaringan seperti daya aktif

daya reaktif. Semakin panjang saluran maka nilai tahanan dan reaktansi jaringan akan semakin besar, sehingga rugi-rugi bertambah besar baik itu pada rugi-rugi daya aktif maupun rugi-rugi daya reaktif. Rugi daya adalah gangguan dalam sistem dimana sejumlah energi hilang dalam proses pengaliran listrik mulai dari gardu induk sampai dengan konsumen . Apabila tidak terdapat gardu induk, rugi rugi daya dimulai dari gardu distribusi sampai dengan konsumen . Rugi daya yang terjadi pada sistem distribusi listrik disebabkan karena adanya tahanan penghantar , induktansi dan kapasitansi. Karena saluran distribusi primer atau sekunder berjarak pendek maka kapasitansi dapat di abaikan.

Berdasarkan SPLN No.72 tahun 1987 besarnya nilai rugi daya diperlukan untuk menentukan keandalan pada sistem, yaitu nilai rugi daya tidak boleh melebihi standar yang di iijinkan sebesar 10%. Apabila melebihi standar yang di iijinkan akan menyebabkan kerugian terhadap penyalur tenaga listrik.

Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa rugi daya (losses) adalah suatu bentuk kehilangan energi listrik yang berasal dari sejumlah energi yang terjual ke konsumen dan mengganggu efisiensi sistem distribusi listrik.

Besarnya rugi daya aktif dapat dirumuskan dengan persamaan

Untuk Satu Phasa :

$$\Delta P = 2 \times I^2 \times R \times L$$

Untuk Tiga Phasa :

$$\Delta P = 3 \times I^2 \times R \times L$$

Dimana :

ΔP : Rugi Daya Aktif (Watt)

I : Arus Saluran (Ampere)
R : Hambatan / Tahanan Saluran (Ohm/Km)
L : Panjang Saluran / Penghantar (Km)

Besarnya rugi daya reaktif dapat dirumuskan dengan persamaan :

Untuk Satu Phasa:

$$\Delta Q = 2 \times I^2 \times X \times L$$

Untuk Tiga Phasa :

$$\Delta Q = 3 \times I^2 \times X \times L$$

Dimana :

ΔQ : Rugi Daya Reaktif (Watt)
I : Arus Saluran (Ampere)
X : Reaktansi Saluran (Ohm/Km)
L : Panjang Saluran / Penghantar (Km)

2.3 Energi Listrik

Energi listrik merupakan suatu bentuk energi yang dihasilkan dari aliran muatan listrik. Kehilangan energi listrik akibat dari rugi daya dapat menyebabkan perusahaan listrik sebagai penyalur mengalami kerugian biaya listrik. Kerugian biaya listrik ini disebabkan oleh energi listrik yang terdistribusikan tidak diterima sebesar energi listrik yang dikirim, sehingga energi listrik yang dikirim tidak dapat terjual semua atau seluruhnya. Oleh sebab itu, perlu dicari berapa besar biaya listrik yang diakibatkan oleh rugi daya. listrik dapat dirumuskan dengan persamaan :

$$W = P \times t$$

Dimana :

W : Energi Listrik (kWh)

P : Daya Listrik (KW)

t : Waktu Pemakaian (Jam)

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dari bulan April sampai bulan Juli 2022, dimana untuk pengambilan data penelitian dilakukan pada bulan Mei di PT.PLN (Persero) UP3 SIBOLGA berlokasi di JL.Dr.Ferdinand LumbanTobing No.30, Kota Sibolga.

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan cara metode pengumpulan data secara langsung dari data milik PT.PLN UP3 Sibolga dan kemudian melakukan perhitungan rugi-rugi daya secara manual. Sesuai dengan ketentuan dari SPLN Rumus perhitungan rugi-rugi daya pada jaringan distribusi yaitu :

- Rugi Daya Aktif 3 Fasa
 $\Delta P = 3 \times I^2 \times R \times L$
- Rugi Daya Reaktif 3 Fasa
 $\Delta Q = 3 \times I^2 \times X \times L$

Dimana :

- ΔP : Rugi Daya Aktif (Watt)
- ΔQ : Rugi Daya Reaktif (Watt)
- I : Arus Saluran (Ampere)
- R : Hambatan / Tahanan Saluran (Ohm/Km)
- X : Reaktansi Saluran (Ohm/Km)
- L : Panjang Saluran / Penghantar (Km)

Perhitungan rugi energi listrik menggunakan rumus :

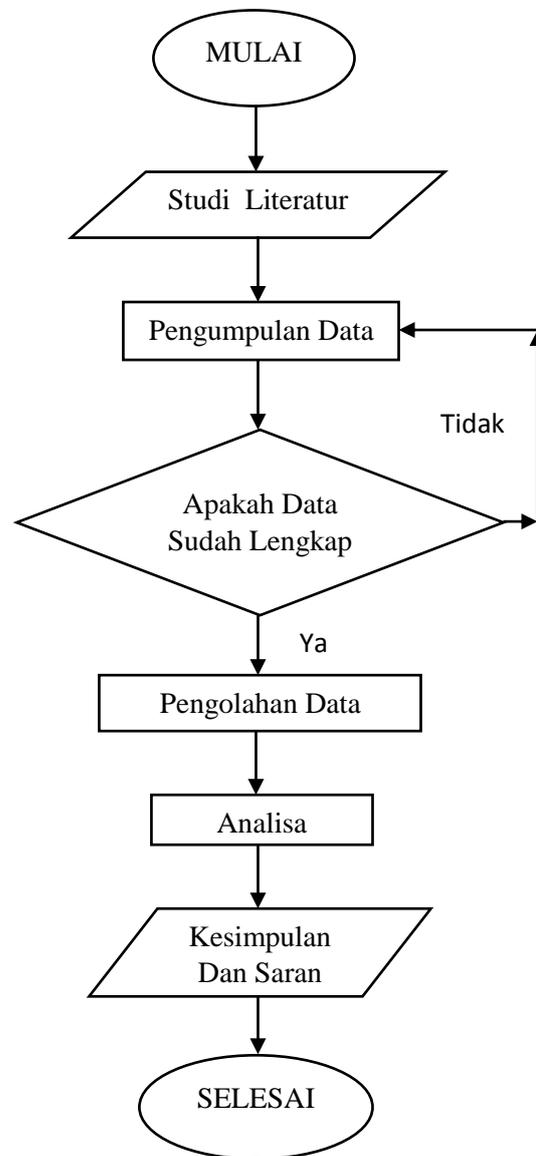
$$W = P \times t$$

Dimana :

- W : Energi Listrik (kWh)
- P : Daya Listrik (KW)
- t : Waktu Pemakaian (Jam)

3.2 Alur Penelitian

Adapun diagram alir penilitan yang digunakan pada skripsi ini adalah sebagai berikut :



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data-data yang diperoleh

Adapun data-data yang diperoleh dari PT.PLN (Persero) UP3 Sibolga adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Impedansi Kawat Penghantar

No	Jenis Pengantar	Luas Penampang (mm ²)	Impedansi (Ohm/Km)	
			Resistansi (R) (Ohm/Km)	Reaktansi (X) (Ohm/Km)
1	AAAC	35	0,9217	0,3790
2	AAAC	50	0,6452	0,3678
3	AAAC	70	0,4608	0,3572
4	AAAC	150	0,2162	0,3305
5	AAAC	240	0,1344	0,3158
6	XLPE	240	0,125	0,382

Tabel 4.2 Panjang Saluran Penyulang SB-5

No	Jenis Pengantar	Bahan Pengantar	Ukuran (mm ²)	Panjang Saluran
1	AAAC	Aluminium	240 mm ²	61,34 Km
2	XLPE	Aluminium	240 mm ²	8,36 Km
Total Panjang Saluran				69,7 Km

Tabel 3. 1 Total Daya ULP Sibolga Kota Bulan Mei

No	ULP SIBOLGA KOTA	SATUAN	MEI
1	Penerimaan	kWh	18.838.215
2	Penjualan Total	kWh	16.630.219
3	Penjualan di sisi TT	kWh	-
4	Penjualan di sisi TM	kWh	3.525.322
5	Penjualan di sisi TR	kWh	13.104.897

Tabel 3. 2 Arus dan Tegangan penyulang SB-5

Data Arus dan Tegangan Penyulang SB-5 Bulan Mei 2022						
Tgl	ARUS (A)			Arus Rata-rata (A)	Tegangan (V)	Cos Φ
	R	S	T			
1	311	315	314	313	20.708	0,90
2	314	312	317	314	20.720	0,90
3	309	313	311	311	20.701	0,90
4	319	321	320	320	20.636	0,90
5	318	320	316	318	20.711	0,90
6	317	313	318	316	20.722	0,90
7	314	317	312	314	20.712	0,90
8	319	313	316	317	20.688	0,90
9	323	321	319	321	20.604	0,90
10	320	318	321	319	20.589	0,90
11	322	325	318	321	20.683	0,90
12	328	316	320	321	20.993	0,90
13	309	311	317	312	20.709	0,90
14	314	317	316	315	20.734	0,90
15	318	315	308	313	20.722	0,90
16	316	320	318	318	20.728	0,90
17	322	321	328	320	20.711	0,90
18	322	324	318	321	20.689	0,90
19	328	318	329	325	20.583	0,90
20	320	316	318	318	20.659	0,90

21	320	329	324	324	20.712	0,90
22	316	313	318	318	20.713	0,90
23	316	320	323	319	20.724	0,90
24	318	317	315	316	20.718	0,90
25	320	315	317	317	20.715	0,90
26	328	324	327	326	20.708	0,90
27	318	319	315	317	20.711	0,90
28	317	314	311	314	20.220	0,90
29	317	321	326	318	20.689	0,90
30	315	320	317	317	20.656	0,90
31	318	312	315	315	20.703	0,90

4.2 Hasil

Sesuai dengan ketentuan dari SPLN 64 tahun 1985 yang di dalam terdapat ketentuan dari nilai resistansi (tahanan) dan nilai reaktansi dari masing-masing jenis penghantar pada saluran distribusi. Pada saluran distribusi primer 20 KV penyulang SB-5 di PT.PLN (Persero) UP3 Sibolga ini, memiliki total Panjang saluran penghantar sepanjang 69,7 Km.

Terdiri dari kawat penghantar (konduktor) AAAC 240 mm² dan kabel penghantar (konduktor) XLPE 240 mm². Pada kawat penghantar (konduktor) AAAC 240 mm² mempunyai nilai resistansi sebesar 0,1344 Ohm/Km dan mempunyai nilai reaktansi sebesar 0,3158 Ohm/Km dengan panjang saluran sebesar 61,34 Km.

Sedangkan pada kabel penghantar (konduktor) XLPE 240 mm² mempunyai nilai resistansi sebesar 0,125 Ohm/Km dan mempunyai nilai reaktansi sebesar 0,382 Ohm/Km dengan panjang saluran sebesar 8,36 Km.

Perhitungan Rugi Daya Aktif

Perhitungan rugi daya aktif di hitung secara manual menggunakan rumus berdasarkan SPLN pada bulan Mei tahun 2022 sebagai berikut :

Tanggal 1

$$\Delta P = (3 \times I_2 \times R \times L_{AAAC}) + (3 \times I_2 \times R \times L_{XLPE})$$

$$= (3 \times 3132 \times 0,1344 \times 61,34) + (3 \times 3132 \times 0,125 \times 8,36)$$

$$= 2.422.997,52 \text{ W} + 307.132,81 \text{ W}$$

$$= 2.730.130,34 \text{ W}$$

$$= 2.730,13 \text{ KW}$$

Total rugi daya aktif dari tanggal 1 – 31 Mei sebesar 87.193,3 KW dan jumlah daya pejualan pada bulan Mei di sisi saluran distribusi tegangan menengah adalah 3.525.322 KW maka total rugi daya dalam persen(%) yaitu:

$$\frac{87.193,3}{3.525.322} \times 100\% = 2,47\%$$

Perhitungan Rugi Daya Reaktif

Berikut ini adalah perhitungan rugi daya aktif pada bulan Mei tahun 2022 secara manual menggunakan rumus berdasarkan SPLN.

Tanggal 1

$$\Delta Q = (3 \times I_2 \times X \times L_{AAAC}) + (3 \times I_2 \times X \times L_{XLPE})$$

$$= (3 \times 3132 \times 0,1344 \times 61,34) + (3 \times 3132 \times 0,125 \times 8,36)$$

$$= 5.693.323,05 \text{ W} + 938.597,88 \text{ W}$$

$$= 6.631.920,93 \text{ W}$$

$$= 6.631,92 \text{ KW}$$

Total Rugi daya Reaktif dari tanggal 1- 31 Mei yaitu : 211.807,5 KW

Perhitungan Rugi Energi Listrik

Perhitungan rugi energi listrik per hari, di hitung secara manual dengan menggunakan rumus sebagai berikut : $W = P \times t$. Perhitungan rugi energi listrik per hari dengan waktu pemakaian sebanyak 24

jam per hari, pada bulan Mei tahun 2022 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Tanggal 1 } W &= P \times t \\ &= 2.730,13 \text{ KW} \times 24 \\ &= 65.523,12 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Tabel 4. 3 Rugi Energi Listrik

Tabel Hasil Rugi Energi Pada Bulan Mei 2020 Penyulang SB-5		
Tgl	Rugi Daya Aktif (KW)	Rugi Energi Listrik (kWh)
1	2730,13	65.523,1
2	2747,60	65.942,4
3	2695,35	64.688,4
4	2853,61	68.486,6
5	2818,05	67.633,2
6	2782,72	66.785,3
7	2747,60	65.942,4
8	2800,36	67.208,6
9	2871,47	68.915,3
10	2835,80	68.059,2
11	2871,47	68.915,3
12	2871,47	68.915,3
13	2712,71	65.105,1
14	2765,13	66.363,1
15	2730,13	65.523,1
16	2818,05	67.633,2
17	2853,61	68.486,6
18	2871,47	68.915,2
19	2943,48	70.643,5
20	2818,05	67.633,2
21	2925,40	70.209,6
22	2818,05	67.633,2
23	2835,80	68.059,2
24	2782,72	66.785,3
25	2800,36	67.208,6
26	2961,62	71.078,9
27	2800,36	67.208,6
28	2747,60	65.942,4
29	2818,05	67.633,2
30	2800,36	67.208,6
31	2765,13	66.363,1

5. SIMPULAN

1. Rugi daya aktif pada bulan Mei 2022 di jaringan distribusi primer 20 KV penyulang SB-5, terbesar terjadi di tanggal 26 sebesar 2.961,62 KW dan total rugi daya sebesar 87.193,73 KW.
2. Berdasarkan SPLN No.72 tahun 1987 besarnya nilai rugi daya yang di ijinakan maksimal sebesar 10% maka rugi daya pada saluran distribusi primer Penyulang SB-5 sebesar 2,47% dalam keadaan baik dan memenuhi standar rugi daya yang di ijinakan.
3. Rugi daya reaktif pada bulan Mei 2022, terbesar terjadi di tanggal 26 sebesar 7.194,25 KW dan total rugi daya reaktif sebesar 211.807,5 KW.
4. Rugi energi listrik pada bulan Mei 2022, paling rendah terjadi di tanggal 13 Sebesar 65.105,1 KW dan tertinggi terjadi di tanggal 26 sebesar 71.078,9 KW.
5. Rugi-rugi daya pada jaringan distribusi listrik tidak dapat di hilangkan karena setiap saluran penghatantar memiliki nilai impedansinya masing-masing.

6.DAFTAR PUSTAKA

- Andy Frediansyah," *Analisis Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi Tegangan Menengah Penyulang Pandean Lamper 06 Di Pt Pln (Persero) Area Semarang*" Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Semarang Semarang, 2018.
- Albaroka Guton, & Gatot Widodo, "*Analisis Rugi Daya pada Jaringan Distribusi Penyulang Barata Jaya*"

- Surabaya Selatan Menggunakan Software ETAP 12.6** Teknik Elektro Universitas Negeri Surabaya, 2017.
- Cekdin Cekmas, Barlian Taufik, **"Transmisi Daya Listrik"** Yogyakarta, 2013.
- Iskan, Dahlan, **"Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik"**. Jakarta Selatan : PT PLN (Persero), 2010.
- Janter Napitupulu, Yahya Ginting, Martopo Lumban gaol, **"Keandalan Peralatan Pengaman Jaringan Distribusi Pada PT PLN Rayon Medan Timur"**, Jurnal Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Darma agung, vol. VIII. No 2, 2019.
- Joslen Sinaga, **"Studi Ketidak Seimbangan Beban Jaringan Tegangan Rendah,"** Jurnal Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Darma Agung, vol. X no. 1 ,2021.
- Jhonson M Siburian, **"Analisis Peningkatan Kinerja Jaringan Distribusi 20 KV Dengan Metode Thermovisi Jaringan PT. PLN (PERSERO) ULP Medan Baru"**, Jurnal Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Darma Agung, vol.IX no. 1, 2020.
- Kadir, Abdul, **"Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik"** Jakarta, Universitas Indonesia 2000
- Suhadi, dkk. **"Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1-2"**. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
- Suswanto, Daman, **"Sistem Distribusi Tenaga Listrik"**, Padang: Universitas Negeri Padang, 2009.
- Sugianto, dkk. **"Analisis Rugi-Rugi Daya Pada Penghantar Saluran Transmisi Tegangan Menengah 150 KV Dari Gardu Induk Koto Panjang ke Gardu Induk Garuda Sakti Pekanbaru"**. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau Kampus Bina Widya Pekanbaru, 2014.
- Salim, Agus, **"Pedoman Standar Konstruksi Jaringan Distribusi Th 2008"** Semarang : PT PLN (Persero), 2008.
- SPLN 42 -10 : 1986 dan SPLN 74 : 1987
- William D. Stevenson, Jr, **"Analisis Sistem Tenaga Listrik"** Edisi Keempat 1984.