

Analisis Aliran Daya Listrik Pada Penyulang Besikama ULP Atambua

Astrid Jenentris Besin^{*)1}, Sri Kurniati², Frans J. Likadja³

¹²³Teknik Tenaga Listrik / Teknik Elektro / Fakultas Sains dan Teknik / Universitas Nusa Cendana

^{*)}Corresponding author, email: astridbesin@gmail.com

Abstrak	INFO.
<p>Sistem distribusi tenaga listrik di penyulang Besikama adalah sistem distribusi Saluran Udara Tegangan Menengah 20 kV dan menggunakan konfigurasi radial. Penyulang Besikama memiliki panjang saluran 93.33 kms dan 68 gardu distribusi. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis aliran daya untuk mengetahui berapa rugi-rugi daya dan jatuh tegangan terbesar yang terjadi pada penyulang Besikama. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode deskriptif kuantitatif dan bantuan perangkat lunak ETAP 19.0.1. Hasilnya menunjukkan, rugi-rugi daya terbesar terjadi pada kabel 1 dimana rugi daya aktif sebesar 4,6 kW sedangkan rugi daya reaktif sebesar 3,7 kVAR. Penyebab terjadinya rugi-rugi daya terbesar dikabel 1 disebabkan oleh lebih panjangnya ukuran penghantar. Hasil jatuh tegangan terbesar terjadi pada bus WW 003 dengan nilai jatuh tegangan sebesar 645 V atau dalam presentase sebesar 3,23 %. Dari hasil yang diperoleh ini menunjukkan bahwa jatuh tegangan pada penyulang Besikama masih dalam batas standar SPLN No. 72 Tahun 1987 yaitu jatuh tegangan yang diperoleh pada JTM adalah 5 % dari tegangan kerja pada sistem radial.</p>	<p>Info. Artikel: No. 016 Received. July, 07, 2025 Revised. July 23, 2025 Accepted. August, 29, 2025 Page 1-7</p> <p>Kata kunci: ✓ Aliran daya ✓ Rugi-Rugi Daya ✓ Jatuh Tegangan</p>
<p>Abstract</p> <p><i>The power distribution system in the Besikama feeder is a 20 kV Medium Voltage Overhead Line distribution system and uses a radial configuration. Besikama feeder has a line length of 93,33 kms and 68 distribution substations. The purpose of this study is to analyze the power flow to determine the largest power losses and voltage drop that occur in the Besikama feeder. The method used in this research is a quantitative descriptive method and the help of ETAP 19.0.1 software. The results show that the largest power losses occur in cable 1 where the active power losses is 4.6 kW while the reactive power losses is 3.7 kVAR. The cause of the greatest power losses in cable 1 is due to the smaller diameter size of the conductor. The largest voltage drop occurred on the WW 003 bus with a voltage drop value of 19.355 V or a percentage of 3.23%. From the results obtained, it shows that the voltage drop on the Besikama feeder is still within the standard limits of SPLN No. 72 of 1987, namely the voltage drop obtained in JTM is 5% of the working voltage in the radial system.</i></p>	

PENDAHULUAN

Listrik adalah salah satu sumber energi yang sangat berpengaruh dan bermanfaat bagi kehidupan manusia, dimana hampir semua aktifitas manusia berhubungan dengan listrik. PT. PLN (Persero) merupakan badan usaha milik negara (BUMN) yang menyediakan tenaga listrik untuk kepentingan umum dan sesuai dengan kebutuhan seluruh masyarakat Indonesia [1]. Seiring bertambahnya jumlah penduduk dan kemajuan teknologi maka kebutuhan akan penggunaan listrik semakin bertambah akan menyebabkan adanya penambahan distribusi energi listrik, maka beban pada jaringan tersebut ikut bertambah dan akan menyebabkan meluasnya jaringan beban pada jaringan listrik tersebut [2].

Sistem distribusi merupakan bagian dari suatu sistem tenaga listrik yang berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya yang lebih besar agar sampai ke konsumen [3]. Pada proses penyaluran energi listrik melalui jaringan distribusi ke beban akan mengalami rugi-rugi daya dalam saluran yang dapat mengurangi daya listrik karena berubah menjadi panas [4]. Penyaluran listrik dengan jarak yang cukup jauh dapat mengakibatkan tegangan dan arus yang hilang. Salah satu gangguan yang terjadi pada saluran distribusi adalah tegangan jatuh atau drop tegangan [1].

Analisis terhadap sistem tenaga merupakan salah satu cara untuk meningkatkan kualitas energi listrik, dikarenakan analisis sistem tenaga mencakup beberapa permasalahan utama dalam sistem tenaga salah satunya adalah aliran daya [5]. Analisis aliran daya digunakan untuk mengetahui kondisi sistem tenaga listrik, apakah masih dalam keadaan aman atau tidak [6]. Analisis aliran daya adalah penentuan atau perhitungan untuk mengetahui daya aktif, daya reaktif, arus, faktor daya dan tegangan yang terdapat pada berbagai titik dalam suatu jaringan sistem tenaga listrik pada keadaan pengoperasian normal, baik yang sedang berjalan maupun yang diharapkan akan terjadi di masa yang akan datang [7]. Hasil analisis aliran daya dapat digunakan untuk mengetahui rugi daya, jatuh tegangan, alokasi daya reaktif dan kemampuan sistem untuk memenuhi pertumbuhan beban [8].

Rugi-rugi daya merupakan daya yang hilang dalam penyaluran daya listrik dari sumber daya listrik utama ke suatu beban seperti ke rumah-rumah, ke gedung-gedung dan lain-lain [9]. Penyebab terjadinya rugi-rugi daya listrik disebabkan karena panjangnya sistem penyaluran dari tenaga listrik, ukuran diameter kawat penghantar yang digunakan, jenis kawat penghantar, dan ukuran tahanan dari kawat penghantar [10]. Jatuh tegangan adalah besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar gangguan tersebut terjadi karena panjangnya suatu penghantar pada saluran distribusi tegangan menengah [1]. Terjadinya jatuh tegangan dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu jauhnya daerah penyulang tenaga listrik dari sumber atau suplai, ketidak seimbangan beban, umur peralatan dan diameter penghantar [11]. Dalam SPLN No. 72 Tahun 1987 diuraikan bahwa tegangan yang stabil pada sistem jaringan menengah harus memiliki besar jatuh tegangan tidak melebihi 5% dari tegangan kerja sistem [12].

PT. PLN Persero Unit Layanan Pembangkit (ULP) Atambua merupakan salah satu ULP dari PT. PLN Persero yang mengatur pendistribusian tenaga listrik di Kabupaten Belu. Pada wilayah PT. PLN ULP Atambua terdapat 11 (Sebelas belas) penyulang dan salah satunya adalah penyaluran Besikama. Penyulang Besikama memiliki 68 gardu trafo distribusi terpasang dengan total panjang saluran 93,33 kms. Jenis penghantar yang digunakan adalah AAAC dengan ukuran 35, 50 dan 70 mm² dan penghantar AAAC-S dengan ukuran 70 mm² dengan besar tegangan kirim 20 kV. Perhitungan aliran daya yang terjadi menggunakan metode *Newton-Raphson* dan *software* ETAP 19.0.1. Metode *Newton-Raphson* memiliki perhitungan lebih baik untuk sistem tenaga yang lebih besar dan tidak linear dikarenakan lebih efisien dan praktis serta jumlah iterasi yang digunakan sedikit [13]. ETAP merupakan salah satu *software* aplikasi yang banyak digunakan untuk mensimulasi sistem tenaga listrik. Secara umum ETAP digunakan untuk simulasi hasil perancangan dan analisis suatu sistem listrik [14].

Berdasarkan latar belakang diatas, maka penulis melakukan penelitian dengan judul “Analisis Aliran Daya Listrik Pada Saluran Udara Tegangan Menengah 20 kV Penyulang Besikama di PT. PLN (Persero) ULP Atambua”.

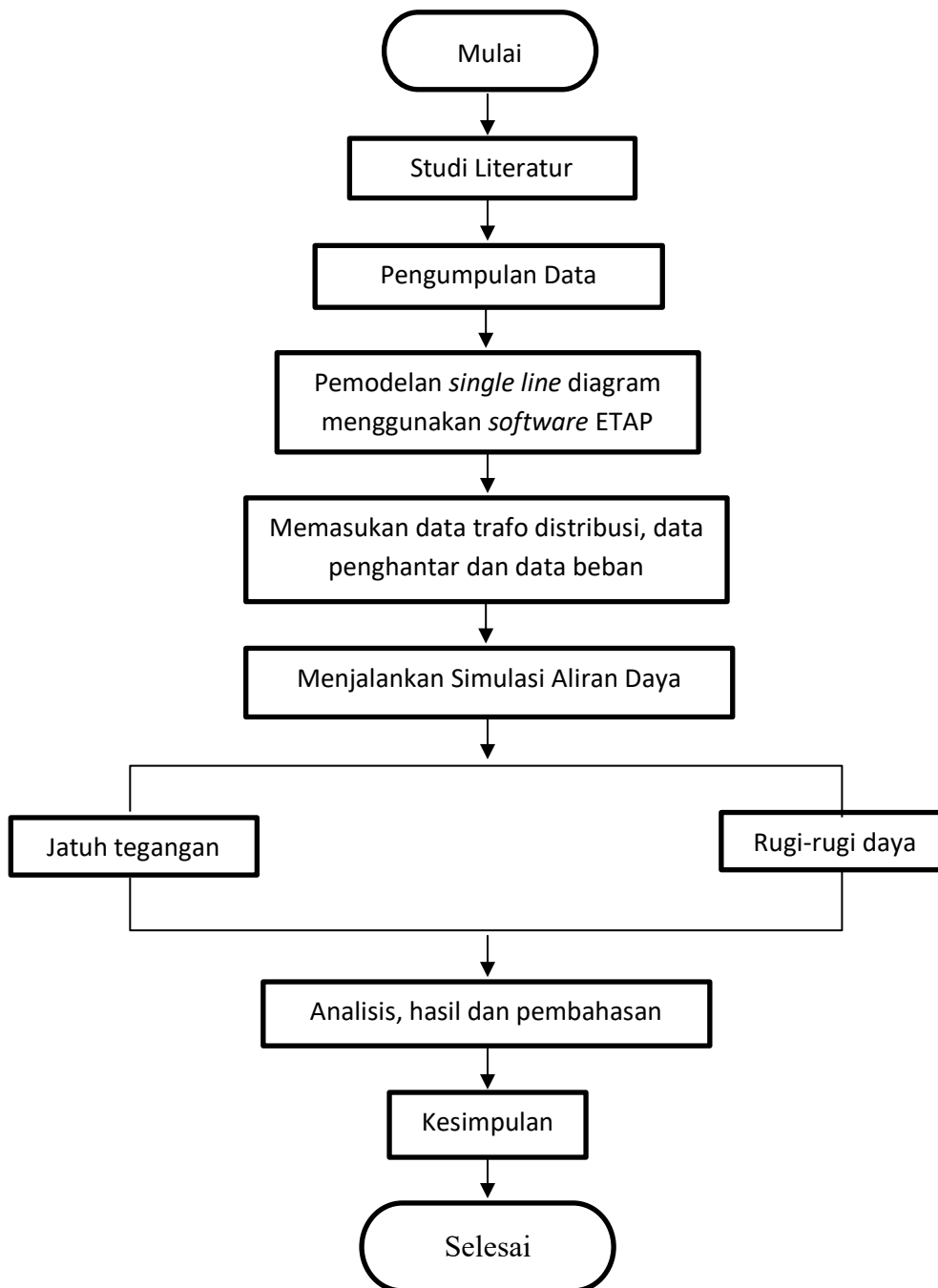
METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif kuantitatif. Metode deskriptif kuantitatif digunakan pada penelitian untuk menjelaskan kondisi rugi-rugi daya dan jatuh tegangan yang mengalir pada sistem tenaga listrik menggunakan *software* ETAP 19.0.1. pada penyulang Besikama.

Analisis data

1. Mengumpulkan data *single line* diagram, data trafo distribusi, data penghantar dan data beban pada penyulang Besikama.
2. Perancangan model *single line* diagram menggunakan *software* ETAP 19.0.1.
3. Memasukan data trafo distribusi, data penghantar dan data beban pada model *single line* diagram pada *software* ETAP 19.0.1.
4. Melakukan simulasi aliran daya untuk mengetahui rugi-rugi daya dan jatuh tegangan.
5. Menganalisis hasil dari simulasi aliran daya untuk mengetahui berapa rugi-rugi daya terbesar dan berapa jatuh tegangan terbesar yang terjadi pada penyulang Besikama.

Flowchart penelitian:



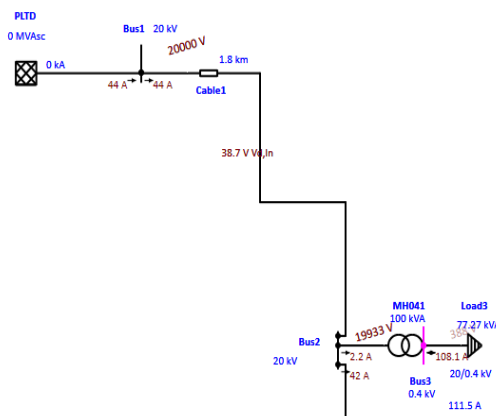
Gambar 1 Flowchart Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis aliran daya pada Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 kV penyulang Besikama menggunakan *software* ETAP 19.0.1. Simulasi dilakukan untuk mengetahui rugi-rugi daya listrik terbesar pada penyulang Besikama dan jatuh tegangan terbesar pada penyulang Besikama.

1. Rugi-Rugi Daya

Analisis rugi-rugi daya pada penyulang Besikama menggunakan *software* ETAP 19.0.1 dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2 Simulasi Rugi-Rugi Daya

Setelah melakukan simulasi menggunakan *software* ETAP 19.0.1, maka dilakukan perhitungan rugi-rugi daya aktif dan perhitungan rugi-rugi daya reaktif sebagai berikut [10]:

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 I &= 44 \text{ A} \\
 R &= 0,4608 \text{ ohm} \\
 X &= 0,3572 \text{ ohm} \\
 L &= 1,8 \text{ km}
 \end{aligned}$$

Maka

$$\begin{aligned}
 \text{Rugi-rugi daya aktif: } \Delta P &= 3 \times I^2 \times R \times L \\
 &= 3 \times 44^2 \times 0,4608 \times 1,8 \\
 &= 4.817,387 \text{ Watt} \\
 &= 4,817 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rugi-rugi daya reaktif: } \Delta Q &= 3 \times I^2 \times X \times L \\
 &= 3 \times 44^2 \times 0,3572 \\
 &= 3 \times 1.936 \times 0,3572 \times 1,8 \\
 &= 3.734,311 \text{ VAR} \\
 &= 3,734 \text{ kVAR}
 \end{aligned}$$

Hasil simulasi rugi-rugi daya aktif dan rugi-rugi daya reaktif menggunakan *software* ETAP 19.0.1 pada penyulang Besikama, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Simulasi Rugi-Rugi Daya

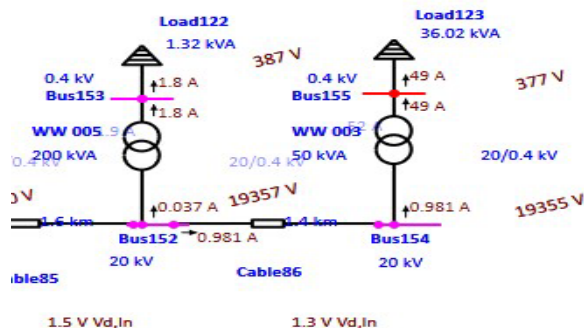
No	Saluran	Aliran Daya		Rugi Daya		Arus (A)
		Daya Aktif (MW)	Daya Reaktif (MVAR)	Daya Aktif (kW)	Daya Reaktif (kVAR)	
1	Kabel 1	1.506	0.238	4.6	3.7	44.0
2	Kabel 2	1.438	0.194	4.0	3.2	42.0
3	Kabel 3	1.414	0.178	3.2	2.6	41.4
4	Kabel 4	0.023	0.014	0.0	0.0	0.8
5	Kabel 5	1.388	0.161	0.2	0.2	40.7
6	Kabel 6	1.350	0.137	1.9	1.5	39.5
7	Kabel 7	1.321	0.119	3.6	2.9	38.7
8	Kabel 8	0.038	0.024	0.0	0.0	1.3
9	Kabel 9	0.030	0.019	0.0	0.0	1.0
10	Kabel 10	0.008	0.005	0.0	0.0	0.3
11	Kabel 11	1.280	0.092	1.8	1.4	37.5

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan *software* ETAP 19.0.1, menunjukkan rugi-rugi daya terbesar terjadi pada kabel 1, dengan nilai rugi-rugi daya aktif sebesar 4,6 kW dan rugi-rugi daya reaktif sebesar 3,7

kVAR. Penyebab terjadinya rugi-rugi daya listrik disebabkan oleh beberapa faktor yaitu panjangnya sistem penyaluran dari tenaga listrik, ukuran diameter kawat penghantar yang digunakan, jenis kawat penghantar, dan ukuran tahanan dari kawat penghantar. Sedangkan pada penyulang Besikama penyebab rugi-rugi daya terbesar terjadi pada kabel 1 karena Panjang salurannya lebih dari yang lain.

2. Jatuh Tegangan

Analisis jatuh tegangan pada penyulang Besikama menggunakan *software* ETAP 19.0.1, dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3 Hasil Simulasi Jatuh Tegangan Pada Bus WW 003

Setelah simulasi menggunakan *software* ETAP 19.0.1, maka dilakukan perhitungan jatuh tegangan di ujung jaringan atau pada bus WW 003 sebagai berikut [15]:

Diketahui :

$$V_S = 20000 \text{ V} = V_R = 19355 \text{ V}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} \Delta V &= V_S - V_R \\ &= 20000 \text{ Volt} - 19355 \text{ Volt} \\ &= 645 \text{ Volt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \Delta V &= \frac{\Delta V}{V_S} \times 100\% \\ &= \frac{645}{20000} \times 100\% \\ &= \frac{645}{20000} \times 100\% \\ &= 3,23\% \end{aligned}$$

Hasil simulasi jatuh tegangan menggunakan *software* ETAP 19.0.1 pada penyulang Besikama, dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Simulasi Jatuh Tegangan

No	Bus	Tegangan Kirim (V)	Tegangan Terima (V)	Jatuh Tegangan (V)	Presentase Jatuh Tegangan (%)
1	MH 011	20000	19418	582	2.91
2	MH 029	20000	19415	585	2.93
3	MH 031	20000	19401	599	3.00
4	MH 032	20000	19401	599	3.00
5	MH 012	20000	19389	611	3.06
6	MH 035	20000	19382	618	3.09
7	WW 001	20000	19370	630	3.15
8	WW 004	20000	19368	632	3.16
9	WW 002	20000	19360	640	3.20
10	WW 005	20000	19357	643	3.22
11	WW 003	20000	19355	645	3.23

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan *software* ETAP 19.0.1, maka besar jatuh tegangan yang terjadi pada bus WW 003 (ujung penyulang) memperoleh nilai jatuh tegangan paling besar yaitu 645 V atau

dalam presentase sebesar 3,23%. Jatuh tegangan terbesar terjadi pada WW 003 karena jarak yang paling jauh dari sumber dengan total panjang saluran pada penyulang Besikama 93,33 kms. Terjadinya jatuh tegangan dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu jauhnya daerah penyulang tenaga listrik dari sumber, ketidak seimbangan beban, umur peralatan dan diameter penghantar. Dari hasil yang diperoleh ini menunjukkan bahwa jatuh tegangan pada penyulang Besikama masih dalam batas standar SPLN 72 : 1987 yaitu tegangan yang stabil pada sistem jaringan menengah harus memiliki besar jatuh tegangan tidak melebihi 5% dari tegangan kerja sistem.

KESIMPULAN

1. Rugi-rugi daya yang terbesar terjadi pada kabel 1 dimana rugi daya aktif sebesar 4,6 kW sedangkan rugi daya reaktif sebesar 3,7 kVAR. Penyebab terjadinya rugi-rugi daya terbesar di kabel 1 disebabkan oleh ukuran panjang saluran yang terpanjang.
2. Jatuh tegangan terbesar terjadi pada bus WW 003 dengan nilai jatuh tegangan sebesar 645 V atau dalam presentase sebesar 3,23 %. Dari hasil presentase yang diperoleh, menunjukkan bahwa jatuh tegangan pada penyulang Besikama masih dalam batas standar SPLN 72 : 1987 yaitu tegangan yang stabil pada sistem jaringan menengah harus memiliki besar jatuh tegangan tidak melebihi 5% dari tegangan kerja sistem radial.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Tuhan Yesus Kristus, Orang Tua, kakak dan adik saya. Beserta dosen pembimbing Ibu Dr. Ir. Hj. Sri Kurniati A., ST, MT dan Bapak Frans J. Likadja, ST, MM yang membimbing dan memberi masukan kepada penulis selama penyusunan skripsi ini, dan juga kepada Bapak Nursalim, ST, MT selaku penguji yang memberikan kritik dan saran kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kurniawan, A. "Analisis Jatuh Tegangan Dan Penanganan Pada Jaringan Distribusi 20 kV Rayon Palur PT. PLN (Persero) Menggunakan ETAP 12.6," Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2016.
- [2] Maulana, D. A., Dedi Nugroho, and Budi Sukoco. "Analisis Susut Daya dan Drop Tegangan Terhadap Jaringan Tegangan Menengah 20 kV Pada Gardu Induk Pandean Lamper Semarang," Konverensi Ilm. Mhs. UNISSULA 2, pp. 382–389, 2019.
- [3] Arsuyono. "Analisis Perbaikan Jatuh Tegangan (Voltage Drop) Pada Penyulang Lubuk Jambi Di Area Pelayanan PT. PLN (Persero) ULP Taluk Kuantan," Skripsi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau Pekanbaru, 2021.
- [4] Frediansyah, A. "Analisis Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi Tegangan Menengah Penyulang Pandean Lamper 06 Di PT PLN (Persero) Area Semarang," Skripsi, Universitas Semarang, 2018.
- [5] Hasibuan, A., Isa, M., Yusoff, M. I., Rafidah, S., and Rahim, A. "Analisa Aliran Daya Pada Sistem Tenaga Listrik Dengan Metode Fast Decoupled Menggunakan Software ETAP," vol. 3, no. 1, pp. 1–9, 2020.
- [6] Aribowo, B. Tri., Setiawidayat, S., and Muksim, M. "Simulasi dan Analisis Load Flow Sistem Interkoneksi Kalimantan Timur Menggunakan Software ETAP 12.6," no. September, pp. 626–633, 2018.
- [7] Otniel, F., Busaeri, N., and Sustisna. "Analisis Aliran Daya Sistem Tenaga Listrik Pada Bagian Penyulang 05EE0101A Di Area Utilities II PT. Pertamina (Persero) Refinery Unit IV Cilacap Menggunakan Metode Newton-Raphson," vol. 01, no. 01, pp. 1–6, 2019.
- [8] Nigara, A. G., and Primadiyono, Y. "Analisis Aliran Daya Sistem Tenaga Listrik pada Bagian Texturizing di PT Asia Pasific Fibers Tbk Kendal menggunakan Software ETAP Power Station 4 . 0," vol. 7, no. 1, pp. 1–4, 2015.

- [9] Manalu, J. T., Panggabean, S. M., Napitupulu, J., Sinaga, J., and Jumari. "Analisa Rugi-Rugi Daya Pada Saluran Distribusi Tegangan Menengah 20 kV Di PT.PLN (Persero) UP3 Sibolga," *J. Teknol. Energi Uda J. Tek. Elektro*, vol. 12, no. 1, p. 15, 2023, doi: 10.46930/jteu.v12i1.2843.
- [10] Pilat, J. P., Tumaliang, H., and Silimang, S. "Analisa Rugi-Rugi Daya Pada Saluran Distribusi 20 kV Di Kabupaten Kepulauan Sangihe," *J. Josua Prasetyo Pilat*, pp. 1–6, 2022.
- [11] Purnomo Putro, A., and Winardi, B. "Analisis Tegangan Jatuh Sistem Distribusi Listrik Kabupaten Pelalawan Dengan Menggunakan Etap 7.5.0," *Transient J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 122–127, 2015, <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient/article/view/8800>
- [12] Seran, K. "Analisis Rugi Daya Dan Jatuh Tegangan Pada Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 KV Penyulang Naitimu PT. PLN ULP Atambua Menggunakan Perangkat Lunak Electrical Transient Analyzer Program (ETAP) 12.6.0," *Skripsi, Universitas Nusa Cendana*, 2020.
- [13] Kase, D. C. "Analisis Penyambungan PLTS On-Grid Oelpuah 5 MPW Ke Sistem Saluran Udara Tegangan Menengah 20 kV PT. PLN Unit Layanan Kupang Menggunakan Perangkat Lunak Digsilent Power Factory 15.1.7," *Universitas Nusa Cenda*, 2020.
- [14] Monantun, S. R. *Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*. Kementrian Pendidikan Dasar Menengah dan Kebudayaan Republik Indonesia, 2014.
- [15] Jos, A. F. P. "Analisis Perbaikan Drop Tegangan Dengan Kapasitor Pada Penyulang Nggorang Menggunakan ETAP 12.6," *Universitas Nusa Cendana*, 2023.