

Rekonfigurasi Jaringan Untuk Mengurangi *Losses* Dan Jatuh Tegangan Pada Penyulang Krueng Cut

Nurlaila Amna¹⁾, Teuku Murisal Asyadi^{2*)}, Muliadi³⁾, Muzafar⁴⁾

1, 2, 3, 4) Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Iskandar Muda
Jl. Kampus UNIDA, Surien, Meuraxa, Kota Banda Aceh, Aceh 23234

*Corresponding author E-mail: teukumurisal@gmail.com

ABSTRACT

Banda Aceh has a distribution system with a radial and looping configuration. In the electrical energy distribution system there are several obstacles caused by maintenance or disruptions that cause blackouts, in addition to the lack of network supply causing voltage drops which can disrupt consumers. The system from the Ulee Kareng GI, the Krueng Cut feeder, is connected to the 20 kV Banda Aceh GI system via 5 Incoming Feeders at the output of the Ulee Kareng GI, which allows the load on the Banda Aceh GI to be divided. Therefore, to overcome this problem, you must reconfigure the distribution system network. In this research, the author analyzes the power losses and voltage drops in the Ulee Kareng GI distribution system on the Krueng Cut feeder, namely on the PT network system. PLN (Persero) UP3 Banda Aceh. If there is a disturbance from one of the GIs, it will be possible to change the reconfiguration of the Banda Aceh GI network, which was initially only a radial reconfiguration system, so with the addition of Energize GI Ulee Kareng it can be integrated into a Loop network system. The method used to analyze the system network reconfiguration uses the ETAP 12.6 application. Based on the simulation results of changes in the reconfiguration network of the GI Ulee Kareng distribution system using the ETAP application, quite significant changes can be seen in power quality and voltage drops. The voltage before the reconfiguration at the Ulee Kareng GI was 19.11 kV and after the reconfiguration of the Ulee Kareng GI, the average voltage value increased by 19.48 kV. Meanwhile, the power loss value obtained before the reconfiguration was 177.7 kW and after the reconfiguration of the Ulee Kareng GI, the power loss was 14.5 kW, while the difference was 103.2 kW, this can reduce losses. -power loss of 87%. And the reliability index produced in 2021 before the reconfiguration was carried out, for SAIDI was 2.06 hours/customer or 124,152 minutes/customer and SAIFI was 2.42 hours/customer or 145,245 minutes/customer. Meanwhile, the index value in 2022 after reconfiguration was obtained for SAIDI, the results were better at 1.15 hours/customer or 69.54 minutes/customer and for SAIFI the results were 1.89 hours/customer or 113.245 minutes/customer.

Keywords: Drop voltage, Power losses, Incoming feeder, Reconfiguration, Reliability index.

ABSTRAK

Banda Aceh memiliki sistem distribusi dengan konfigurasi radial dan looping. dalam sistem pendistribusian energi listrik terdapat beberapa hambatan yang disebabkan oleh pemeliharaan atau pun gangguan yang menyebabkan pemadaman, selain itu kurangnya pasokan jaringan menyebabkan adanya jatuh tegangan yang dapat mengganggu konsumen. Sistem dari GI Ulee Kareng penyulang Krueng Cut Terhubung dengan sistem 20 kV GI Banda Aceh melalui 5 Incoming Feeder pada keluaran GI Ulee Kareng yang membuat beban di GI Banda Aceh dapat terbagi. Oleh karena itu untuk mengatasi masalah tersebut harus melakukan rekonfigurasi jaringan sistem distribusi. Pada penelitian ini, penulis menganalisa rugi-rugi daya dan jatuh tegangan sistem distribusi GI Ulee Kareng penyulang Krueng Cut yaitu pada sistem jaringan PT. PLN (Persero) UP3 Banda Aceh. Apabila terjadi gangguan dari salah satu GI, akan dapat mengubah rekonfigurasi jaringan GI Banda Aceh yang awalnya hanya sistem rekonfigurasi radial maka dengan adanya penambahan Energize GI Ulee Kareng dapat terintegrasi menjadi sistem jaringan Loop. Adapun metode yang digunakan untuk menganalisa rekonfigurasi jaringan sistem tersebut menggunakan aplikasi ETAP 12.6. Berdasarkan hasil simulasi perubahan rekonfigurasi jaringan sistem distribusi GI Ulee Kareng menggunakan aplikasi ETAP, terlihat perubahan yang cukup signifikan pada kualitas daya dan jatuh tegangan. Tegangan sebelum adanya rekonfigurasi pada GI Ulee Kareng sebesar 19,11 kV dan sesudah adanya rekonfigurasi GI Ulee Kareng nilai rata-rata tegangan menjadi meningkat sebesar 19,48 kV. Sedangkan nilai rugi-rugi daya yang diperoleh sebelum adanya rekonfigurasi sebesar 177,7 kW dan setelah adanya rekonfigurasi GI Ulee Kareng di dapat rugi-rugi daya sebesar 14,5 kW adapun selisih yang terjadi sebesar 103,2 kW, hal ini dapat membuat penurunan rugi-rugi daya sebesar 87 %. Dan indeks keandalan yang dihasil pada tahun 2021 sebelum dilakukan rekonfigurasi, untuk SAIDI yaitu sebesar 2,06 jam/pelanggan atau 124,152 menit/pelanggan dan SAIFI yaitu sebesar 2,42 jam/pelanggan atau 145,245 menit/pelanggan. Sedangkan nilai indeks pada tahun 2022 setelah dilakukan rekonfigurasi didapatkan untuk SAIDI hasilnya menjadi lebih baik sebesar 1,15 jam/pelanggan atau 69,54 menit/pelanggan dan SAIFI hasilnya sebesar 1,89 jam/pelanggan atau 113,245 menit/pelanggan.

Kata Kunci: Jatuh tegangan, Rugi-rugi daya, Incoming feeder, Rekonfigurasi, Indeks keandalan.

I. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik merupakan salah satu tenaga yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat, perkantoran, industri, dan lain sebagainya. Segala aktifitas yang berkaitan dengan kebutuhan sehari-hari tidak terlepas dari kebutuhan akan tenaga listrik bagi kehidupan masyarakat modern [1]. Selain itu, tenaga listrik merupakan salah satu tolak ukur perkembangan suatu daerah, semakin berkembangnya suatu daerah maka kebutuhan tenaga listrik juga semakin meningkat. Dengan bertambahnya kebutuhan tenaga listrik maka dituntut untuk memiliki mutu, kesinambungan dan keandalan yang tinggi, syarat-syarat tersebut dapat dipenuhi apabila sistem tenaga listrik mempunyai tegangan yang stabil dan konstan [2].

Tegangan yang stabil dan konstan bergantung pada keandalan sistem tenaga listrik yang dimulai dari pusat pembangkitan sampai ke pusat beban [3]. Penyaluran tenaga listrik ke beban konsumen mempunyai banyak masalah yang menyebabkan kestabilan tegangan pada saluran menjadi terganggu. Oleh karena itu gardu induk yang merupakan pusat pembebanan dituntut untuk dapat menyalurkan tenaga listrik dengan nilai tegangan yang stabil dan memiliki kualitas yang sangat baik [4].

Pada sistem ketenagalistrikan, susut teknis distribusi dipengaruhi oleh panjang saluran/jaringan. Berdasarkan tegangannya sistem distribusi tenaga listrik di Indonesia dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu, distribusi tegangan menengah 20 kV dan distribusi tegangan rendah 220/380 Volt [5]. Pada suatu sistem penyaluran sistem tenaga listrik baik memakai sistem transmisi, sub transmisi maupun distribusi ada kemungkinan besar akan terjadi rugi-rugi daya dan jatuh tegangan [6]. Rugi-rugi daya dan Jatuh tegangan dapat juga terjadi karena penghantar yang digunakan mempunyai tahanan. Oleh karena itu, penyaluran jarak jauh sangat memungkinkan terjadinya jatuh tegangan dan rugi-rugi daya, sehingga tegangan dan arus listrik banyak yang hilang [7].

Jatuh tegangan adalah permasalahan yang paling sering terjadi pada saluran distribusi 20 kV yang disebabkan oleh beberapa faktor seperti panjang penghantar, jenis penghantar dan beban dari saluran distribusi 20 kV tersebut [8]. Panjang dan jenis penghantar saluran berpengaruh pada nilai resistansi dari penghantar yang digunakan dimana semakin besar nilai resistansi penghantar suatu saluran maka semakin besar juga nilai jatuh tegangan pada saluran tersebut. nilai jatuh tegangan yang terjadi pada saluran distribusi 20 kV tersebut [9].

Kualitas tegangan dan efisiensi energi listrik sangat dipengaruhi oleh besarnya rugi-rugi daya dan jatuh tegangan pada saluran distribusi tergantung pada jenis panjang penghantar, jaringan distribusi, kapasitas transformator, beban, faktor daya, dan banyaknya pemakaian beban-beban yang bersifat induktif yang menyebabkan meningkatnya kebutuhan daya reaktif [10][11]. Untuk mengurangi rugi-rugi daya dan jatuh tegangan bisa diminimalkan dengan berbagai cara yaitu penambahan pembangkit, penambahan kapasitor bank, melakukan perubahan kembali sistem dengan cara rekonfigurasi sistem.

Rekonfigurasi jaringan distribusi yaitu proses mengubah nilai arus maupun impedansi penyulang atau memindahkan suplai suatu titik beban transformator distribusi dari suatu penyulang ke penyulang yang lain [12]. Rekonfigurasi jaringan listrik dapat digunakan untuk menjaga keseimbangan sistem dan mengurangi rugi-rugi

daya dan jatuh tegangan saluran. Sedangkan untuk rugi-rugi daya adalah besarnya daya yang hilang pada suatu jaringan, yang besarnya sama dengan daya yang disalurkan dari sumber [13][14].

Upaya meningkatkan suatu sistem penyaluran tenaga listrik yang mampu memenuhi kebutuhan tersebut dengan baik tentunya harus memenuhi kriteria yang ditentukan oleh standar SPLN No.72 Tahun 1987 yaitu 5% bagi sistem yang memanfaatkan konfigurasi jaringan radial dan simpul [15]. Hal ini diupayakan untuk meminimalkan jaringan listrik dengan cara merekonfigurasi jaringan agar rugi-rugi daya dan jatuh tegangan dalam kondisi yang lebih baik sesuai Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN) [16].

Oleh sebab itu perlu dilakukan perhitungan untuk mengurangi rugi-rugi daya dan jatuh tegangan serta tingkat keandalan pada jaringan distribusi yang terjadi pada daerah tersebut terutama di Penyulang Krueng Cut. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengurangi rugi-rugi daya dan jatuh tegangan serta tingkat keandalan pada transformator 20 kV. Metode yang digunakan dalam proses perhitungan ini yaitu dengan simulasi ETAP.

Adapun manfaat dari penelitian ini agar dapat memastikan bahwa rekonfigurasi jaringan distribusi 20 kV pada ULP Syiah Kuala Penyulang Krueng Cut sudah dilakukan dengan benar sehingga dapat meningkatkan kualitas daya, jatuh tegangan, dan keandalan sistem terhadap kebutuhan pelanggan listrik dapat terpenuhi.

II. METODE

A. Metode Penelitian

Pada penelitian ini, teknik pengumpulan data dilakukan dengan metode observasi secara langsung kepada tempat penelitian agar data yang dihasilkan lebih akurat. Adapun data yang diperoleh yaitu berupa data primer maupun data sekunder dan selanjutnya diolah dengan metode perhitungan matematis sesuai dengan rumus yang diperoleh dari berbagai referensi. Untuk memperoleh informasi dan data yang akurat serta relevan dengan permasalahan penelitian, maka penulis memilih lokasi penelitian di PLN Area Banda Aceh ULP Syiah Kuala Penyulang Krueng Cut dengan masa penelitian satu bulan, dimulai dari tanggal 20 Agustus 2023 sampai dengan tanggal 20 September 2023.

B. Persamaan

1. Perhitungan ketidakseimbangan beban [13];

$$I_{rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} \quad (1)$$

Dimana besarnya arus fasa dalam keadaan seimbang (I) sama dengan besarnya arus rata-rata, pada keadaan seimbang, besarnya koefisien a, b dan c adalah I. Dengan demikian rata-rata ketidakseimbangan beban dalam % adalah :

$$\%I_{rata-rata} = \frac{\{|a-1| + |b-1| + |c-1|\}}{3} \times 100\% \quad (2)$$

2. Persentase rugi – rugi daya terhadap total daya yang disalurkan [13];

$$\%Rugi - rugi\ daya = \frac{P}{\Delta P} \times 100\% \quad (3)$$

Dimana :

P = Energi yang disalurkan (Watt)

ΔP = Energi yang dipakai (Watt)

Persentase rugi – rugi daya terhadap total daya yang disalurkan adalah perbandingan rugi-rugi daya terhadap daya yang disalurkan dalam persen [13];

3. *System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)*

SAIFI merupakan istilah yang digunakan IEEE untuk menyebut nilai indeks rata-rata frekuensi gangguan pada sistem distribusi. SAIFI adalah rata-rata jumlah interupsi atau gangguan yang berkelanjutan per konsumen sepanjang tahun [12].

$$SAIFI = \frac{\text{Jumlah dari perkalian frekuensi padam dan pelanggan yg padam}}{\text{Total pelanggan}} \tag{4}$$

4. *System Average Interruption Duration Index (SAIDI)*

SAIDI merupakan istilah yang digunakan IEEE untuk menyebut nilai indeks rata-rata durasi atau lamanya gangguan pada system distribusi. SAIDI adalah durasi

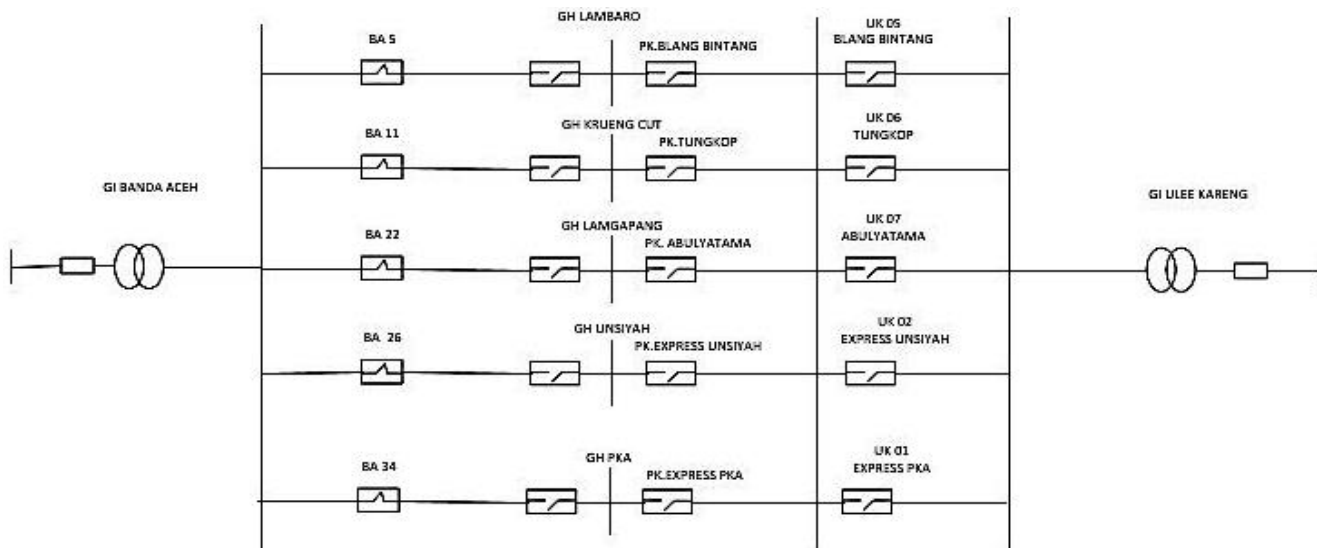
rata-rata interupsi atau gangguan per konsumen sepanjang tahun [12].

$$SAIDI = \frac{\text{jumlah dari perkalian durasi padam dan pelanggan yg padam}}{\text{Total pelanggan}} \tag{5}$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Penyulang Krueng Cut

Dalam sistem Interkoneksi 20 kV, penyulang Krueng Cut terhubung dengan Gardu Induk Banda Aceh melalui 5 incoming feeder pada keluaran GH Krueng Cut yang membuat beban di GI Banda Aceh dapat terbagi, serta dapat meningkatkan kehandalan interkoneksi jaringan apabila terjadi gangguan dari salah satu GH, hal ini mengubah jaringan rekonfigurasi jaringan GI Banda Aceh yang awalnya hanya sistem rekonfigurasi radial maka dengan adanya penambahan *Energize* GH Krueng Cut maka dapat terintergrasi menjadi sistem jaringan *loop*.



Gambar 1. Rekonfigurasi jaringan GH Krueng Cut

B. Pengaruh Rekonfigurasi Kualitas Daya dan Jatuh Tegangan Penyulang Krueng Cut

Sebelum adanya sistem interkoneksi GI Banda Aceh dengan GI Ulee Kareng tegangan terima di GH (Gardu Hubung) sebesar 18,86 kV sampai 19,27 kV, setelah adanya sistem interkoneksi dari GI Ulee Kareng menjadi sebesar 19,34 kV sampai 19,63 kV. Berikut ini perbandingan tegangan pada Gardu Distribusi (GD) sebelum dan sesudah adanya GI Ulee Kareng seperti tabel di bawah ini.

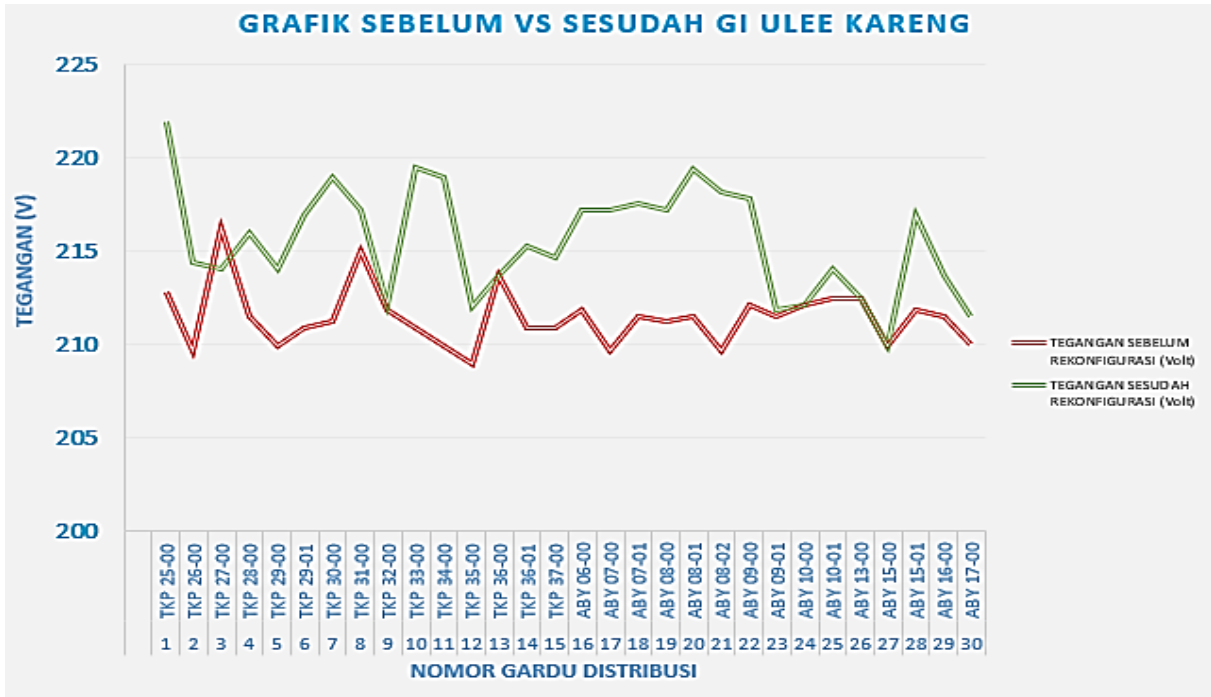
TABEL 1. PERBANDINGAN GARDU DISTRIBUSI SEBELUM DAN SESUDAH PENAMBAHAN GI ULEE KARENG

No	Kode Gardu	Daya Trafo (kVA)	Beban Trafo (kVA)	Tegangan Sebelum Rekonfigurasi (V)	Tegangan Sesudah Rekonfigurasi (V)
1	TKP 25-00	160	100,1	213	222
2	TKP 26-00	100	81,7	210	214
3	TKP 27-00	100	25,9	216	214
4	TKP 28-00	100	41,1	212	216
5	TKP 29-00	100	56,4	210	214
6	TKP 29-01	50	31,1	211	217
7	TKP 30-00	100	49,2	211	219

8	TKP 31-00	50	12,5	215	217
9	TKP 32-00	25	12,9	212	212
10	TKP 33-00	100	55,9	211	211
11	TKP 34-00	50	45,8	210	219
12	TKP 35-00	100	50,4	209	212
13	TKP 36-00	50	11,6	214	214
14	TKP 36-01	100	52,6	211	215
15	TKP 37-00	100	24,2	211	215
16	ABY 06-00	50	10,1	212	217
17	ABY 07-00	50	16,9	210	217
18	ABY 07-01	50	31,1	212	218
19	ABY 08-00	50	22,1	211	217
20	ABY 08-01	100	18,1	212	219
21	ABY 08-02	50	11,5	210	218
22	ABY 09-00	100	21,8	212	218
23	ABY 09-01	100	19,6	212	212
24	ABY 10-00	100	37,1	212	212
25	ABY 10-01	50	36,7	212	214
26	ABY 13-00	50	18,9	212	212
27	ABY 15-00	50	35,6	210	210
28	ABY 15-01	50	30,92	212	217
29	ABY 16-00	50	19,5	212	214
30	ABY 17-00	100	32,5	210	212

Pada Tabel 1 terdapat perbedaan gardu distribusi sebelum dan sesudah adanya penambahan dengan total gardu distribusi yang berjumlah 30 gardu, maka perubahan tegangan sebelum adanya GI Ulee Kareng nilai tegangan terendah sebesar 209 V pada gardu TKP 35-00, menjadi

sebesar 212 V dengan adanya sistem yang masuk melalui GI Ulee Kareng. Untuk lebih jelasnya maka perbedaan tegangan sebelum dan sesudah terhubung dengan GI Ulee Kareng digambarkan dalam grafik seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

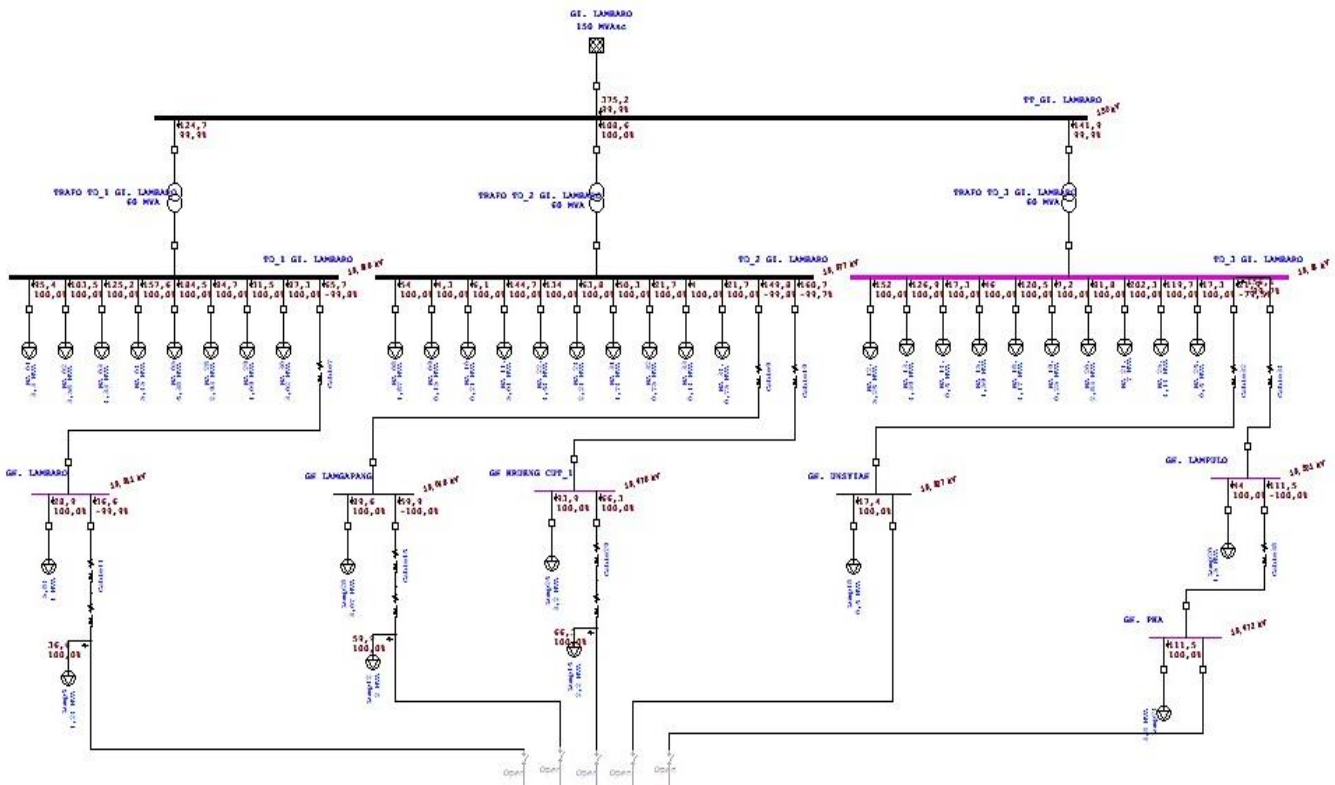


Gambar 2. Grafik perbandingan tegangan sebelum dan sesudah penambahan GI Ulee Kareng

Pada grafik (Gambar 2) menunjukkan bahwa sistem interkoneksi yang dilakukan melalui proses rekonfigurasi GH Krueng Cut memberikan dampak pada perubahan sistem perubahan di ULP Syiah Kuala, antara lain kualitas tegangan, faktor daya dan jatuh tegangan.

C. Simulasi ETAP Sebelum Penambahan GI Ulee Kareng

Pada tahapan ini, pengujian dilakukan untuk mengetahui pengaruh rekonfigurasi sistem terhadap kualitas tegangan, kehandalan jaringan, rugi-rugi daya (*losses*), faktor daya dan jatuh tegangan.



Gambar 3. Hasil simulasi ETAP sebelum dilakukan penambahan GI Ulee Kareng

Pada Gambar 3 merupakan hasil dari simulasi ETAP dimana konfigurasi masih menggunakan sistem radial. Hasilnya menunjukkan bahwa tegangan pada setiap Bus GH (Gardu Hubung) masih sangat rendah dan masih minimnya tingkat kehandalan sistem apabila terjadi gangguan pada salah satu *feeder*. Untuk persentase efisiensi tegangan operasi sebelum adanya GI Ulee Kareng selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 2.

TABEL 2. NILAI EFISIENSI TEGANGAN OPERASI SEBELUM PENAMBAHAN GI ULEE KARENG

Gardu Hubung	Batas Tegangan (kV)	Tegangan Operasi (kV)	Efisiensi Operasi (%)
GH Lambaro	20	19,27	92,64
GH Lamgapang	20	19,12	95,61

GH Krueng Cut	20	18,89	94,45
GH Unsyiah	20	19,39	96,96
GH Lampulo	20	18,86	94,28
Rata-rata		19,1	94,78

Pada Tabel 2 nilai efisiensi tegangan operasi sebelum terhubung dengan GI Ulee Kareng, menunjukkan bahwa nilai tegangan operasi pada GH Lambaro sebesar 19,27 kV dengan efisiensi operasi mencapai 92,64 %, GH Lamgapang sebesar 19,12 kV dengan efisiensi operasi mencapai 95,61 %, GH Krueng Cut sebesar 18,89 kV dengan efisiensi operasi mencapai 94,45 %, GH Unsyiah sebesar 19,39 kV dengan efisiensi operasi mencapai 96,96 % dan GH Lampulo sebesar 18,86 kV dengan efisiensi operasi mencapai 94,28 %. Maka nilai rata-rata yang didapatkan sebesar 19,1 kV dengan efisiensi rata-rata 94,78 %.

TABEL 3. LOSSESS DAN JATUH TEGANGAN (VD) SEBELUM PENAMBAHAN GI ULEE KARENG

Jaringan Sistem	Daya From To Bus		Daya From To Bus		Rugi-Rugi Daya		Tegangan Bus		Vd (%)	Tegangan Ujung (kV)
	MW	MVAR	MW	MVAR	KW	KVAR	From	To		
GI Banda Aceh	- 35,45	-12,75	35,52	15,11	69,1	2357,7	96,6	100	2,37	17,41
SKTM 240 mm ² UK 05	- 4,57	- 1,74	4,67	1,73	17	- 16,9	96,2	92,6	0,12	15,82
SKTM 240 mm ² UK 06	- 4,17	- 1,79	4,18	1,64	12,2	- 50	95,3	95,6	0,31	16,60
SKTM 240 mm ² UK 07	- 4,35	- 1,78	4	1,74	11,4	- 39,5	94,2	94,4	0,28	16,40
SKTM 240 mm ² UK 02	- 0,60	- 0,2	1	- 0,25	1,5	- 435,1	97	95,3	0,23	19,39
SKTM 240 mm ² UK 01	- 3,72	- 1,12	- 4	- 1,16	6,5	- 435,1	94,3	94,1	0,19	18,86
Total					117,7	1781,1				

Pada Tabel 3 menunjukkan bahwa sebelum dilakukan rekonfigurasi, jaringan rugi-rugi daya yang dihasilkan relatif tinggi dengan perolehan sebesar 177,7 kW dan sebesar

1781,1 kVAR, serta terjadi jatuh tegangan yang cukup tinggi yaitu sebesar 15,82 kV pada SKTM 240 mm² UK05.

TABEL 4. JUMLAH BEBAN SEBELUM PENAMBAHAN GI ULEE KARENG

Gardu Hubung	Tegangan (kV)	Beban Terhubung Langsung				Total Beban Pada Bus		
		kVA Konstan		Z Konstan		MVA	Cos θ	I (A)
		MW	MVAR	MW	MVAR			
GH Lambaro	20	1,184	1,460	0,320	0,390	2,320	0,95	69,0
GH Lamgapang	20	0,860	0,270	0,210	0,070	1,110	0,96	32,7
GH Krueng Cut	20	0,960	0,350	0,240	0,075	1,247	0,96	36,8
GH Unsyiah	20	0,480	0,150	0,120	0,037	0,620	0,96	18,5
GH Lampulo	20	1,200	0,375	0,300	0,094	1,550	0,96	46,3

Pada Tabel 4 menunjukkan bahwa total beban bus pada GH Krueng Cut sebelum dilakukan penambahan GI Ulee Kareng yaitu sebesar 1,247 MVA dengan Cos θ 0,96 dan arus 36,8 A. Beban GH Krueng Cut yang terhubung pada salurannya memiliki nilai konstanta yang tetap. Pada GH Unsyiah mendapatkan total beban paling rendah diantara yang lain dimana total beban yang didapatkan yaitu sebesar 0,620 MVA dengan Cos θ 0,96 dan arus 18,5 A. Total beban yang dihasilkan sangat bervariasi yang disebabkan oleh banyaknya jumlah pelanggan pada masing-masing GH.

D. Simulasi ETAP Setelah Penambahan GI Ulee Kareng

Pengujian dilakukan untuk mengetahui pengaruh rekonfigurasi sistem terhadap kualitas tegangan, kehandalan jaringan, rugi-rugi daya, faktor daya dan jatuh tegangan. Hasil simulasi aliran daya pada sistem distribusi sesudah dilakukan penambahan GI Ulee Kareng berdampak pada peningkatan kehandalan sistem apabila terjadi gangguan pada salah satu *feeder*. Hasil simulasi ETAP selengkapnya ditunjukkan pada Gambar 4.

mencapai 96,69 %. Maka nilai rata-rata maka di dapat sebesar 19,48 kV dengan efisiensi rata-rata 96,69 %.

TABEL 6. LOSSESS DAN JATUH TEGANGAN (VD) SESUDAH PENAMBAHAN GI ULEE KARENG

Jaringan Sistem	Daya From To Bus		Daya From To Bus		Rugi-Rugi Daya		Tegangan Bus		Vd (%)	Tegangan Ujung (kV)
	MW	MVAR	MW	MVAR	KW	KVAR	From	To		
GI Banda Aceh	- 16,27	-3,32	16,29	3,8	13	442,3	97,4	100	0,67	19,59
SKTM 240 mm ² UK 05	0	- 0,021	0	0	0	- 21,2	97,8	97,8	0	19,44
SKTM 240 mm ² UK 06	0	- 0,065	0	0	0	- 64,6	99,6	99,6	0	19,86
SKTM 240 mm ² UK 07	0	- 0,054	0	0	0	- 53,8	99,5	99,5	0	19,87
SKTM 240 mm ² UK 02	- 0,59	- 0,185	0,600	- 0,26	1,5	- 437,4	97,2	95,5	0,23	19,43
SKTM 240 mm ² UK 01	- 0,59	- 0,185	0,600	- 0,26	1,5	- 437,4	97,2	95,5	0,23	19,38
Total					16	-177,8				

Pada Tabel 6 menunjukkan bahwa setelah dilakukan rekonfigurasi jaringan rugi-rugi daya yang dihasilkan mengalami penurunan dengan perolehan sebesar 16 kW dan sebesar -177,8 kVAR, jatuh tegangan yang terjadi setelah dilakukan perbaikan yaitu sebesar 19,44 kV.

TABEL 7. JUMLAH BEBAN SETELAH PENAMBAHAN GI ULEE KARENG

Gardu Hubung	Tegangan (kV)	Beban Terhubung Langsung				Total Beban Pada Bus		
		kVA Konstan		Z Konstan		MVA	Cos θ	I (A)
		MW	MVAR	MW	MVAR			
GH Lambaro	20	1,184	1,46	0,320	0,39	5,82	0,95	84,0
GH Lamgapang	20	0,86	0,27	0,21	0,07	4,61	0,96	47,7
GH Krueng Cut	20	0,96	0,35	0,28	0,085	4,747	0,96	5,8
GH Unsyiah	20	0,48	0,15	0,12	0,037	4,12	0,96	33,5
GH Lampulo	20	1,20	0,375	0,30	0,094	5,05	0,96	61,3

Pada Tabel 7 menunjukkan bahwa total beban pada GH Krueng Cut setelah dilakukan penambahan GI Ulee Kareng didapatkan bahwa ada penambahan yaitu sebesar 4,474 MVA dengan Cos θ 0,96 dan arus 51,8 A, dengan nilai beban yang terhubung pada salurannya yaitu nilai konstan. Pada GH Unsyiah mendapatkan total beban paling rendah diantara yang lain dimana total beban yang didapatkan sebesar yaitu sebesar 4,12 MVA dengan Cos θ 0,96 dan arus 33,5 A. Adapun selisih total beban bus setelah masuknya rekonfigurasi dari GI Ulee Kareng yaitu 3,5 MVA yang berdampak yang cukup besar terhadap perubahan tegangan dan rugi-rugi daya pada jaringan distribusi.

E. Pengaruh Tingkat Keandalan Terhadap Penambahan GI Ulee Kareng

Dengan adanya penambahan rekonfigurasi GI Ulee Kareng diharapkan dapat meminimalisir gangguan berupa pemadaman listrik, apabila salah satu feeder pada jaringan distribusi terganggu, sehingga tidak berdampak pada lamanya pemadaman listrik yang diakibatkan dari sistem yang masih disuplai dari GI Banda Aceh.

TABEL 8. DATA TERJADINYA PEMADAMAN LISTRIK PADA PENYULANG TAHUN 2022

Penyulang	Jumlah Gangguan	Lama Durasi Padam (Menit)	Jumlah Pelanggan Padam	Durasi x Jumlah Pelanggan Padam (Menit)	Beban Rata-rata (kW)	Energi Tidak Tersalurkan (kWh)
Unsyiah	0	0	4.210	0	2.005,07	0
PKA	0	0	8.542	0	2.563,86	0
Krueng Cut	5	133	5.663	753.179	1.183,32	157.381,56
Tungkop	11	49	3.990	195.510	2.103,68	279.789,44
Abulyatama	4	15	4.533	67.995	1.972,20	262.302,60
Total	20			1.016.684		699.473,60

Pada Tabel 8 menunjukkan bahwa jumlah pemadaman akibat gangguan yang di suplai dari GI Banda Aceh selama tahun 2022 adalah sebanyak 20 kali. Hal ini berdampak pada padamnya listrik pelanggan dengan total durasi x jumlah pelanggan padam didapatkan hasilnya sebesar 1.016.684 menit, serta total energi tidak tersalurkan (*Energy Not Served*) yaitu sebesar 699.473,60 kWh yang diakibatkan dari salah satu *feeder* yang terganggu. Jadi dengan adanya rekonfigurasi GI Ulee Kareng dapat meminimalisir terjadinya gangguan pemadaman listrik pelanggan di daerah penyulang tersebut.

1. Perhitungan SAIDI dan SAIFI tahun 2021

Berdasarkan data dari Aplikasi Pengaduan dan Keluhan Terpadu (APKT) PLN Banda Aceh mempunyai Total Pelanggan 259.149 pelanggan, jumlah gangguan dalam 1 tahun sebanyak 276 kali dan lamanya padam 1 tahun sebanyak 243,23 Jam.

Jumlah lama padam permanen pelanggan dalam 1 (tahun) menggunakan SAIDI berdasarkan persamaan 4, sebagai berikut :

$$\sum_n^i (\delta_i \times N_i) = 536.233,25 \text{ (jam x pelanggan)}$$

$$SAIDI = \frac{\sum_n^i (\delta_i \times N_i)}{N_t}$$

$$SAIDI = \frac{536.233,25}{259,149} = 2,06 \text{ jam/pelanggan}$$

$$= 124,152 \text{ menit/pelanggan}$$

Jumlah lama padam permanen pelanggan dalam 1 (tahun) menggunakan SAIFI berdasarkan persamaan 5, sebagai berikut :

$$\sum_n^i (\lambda_i \times N_i) = 622,370 \text{ (pelanggan padam)}$$

$$SAIFI = \frac{\sum_n^i (\lambda_i \times N_i)}{N_t}$$

$$SAIFI = \frac{622,370}{259,149} = 2,42 \text{ jam/pelanggan}$$

$$= 145,245 \text{ menit/pelanggan}$$

2. Perhitungan SAIDI dan SAIFI tahun 2022

Berdasarkan data dari Aplikasi Pengaduan dan Keluhan Terpadu (APKT) PLN Banda Aceh mempunyai Total Pelanggan 269,957 pelanggan, jumlah gangguan dalam 1 tahun sebanyak 236 kali dan lamanya padam 1 tahun sebanyak 171,68 Jam.

Jumlah lama padam permanen pelanggan dalam 1 (tahun) menggunakan SAIDI berdasarkan persamaan 4, sebagai berikut :

$$\sum_n^i (\delta_i \times N_i) = 312.883,92 \text{ (jam x pelanggan)}$$

$$SAIDI = \frac{\sum_n^i (\delta_i \times N_i)}{N_t}$$

$$SAIDI = \frac{312.883,92}{269,957} = 1,15 \text{ jam/pelanggan}$$

$$= 69,54 \text{ menit/pelanggan}$$

Jumlah lama padam permanen pelanggan dalam 1 (tahun) menggunakan SAIFI berdasarkan persamaan 5, sebagai berikut :

$$\sum_n^i (\lambda_i \times N_i) = 511,480 \text{ (pelanggan padam)}$$

$$SAIFI = \frac{\sum_n^i (\lambda_i \times N_i)}{N_t}$$

$$SAIFI = \frac{511,480}{269,957} = 1,89 \text{ jam/pelanggan}$$

$$= 113,245 \text{ menit/pelanggan}$$

TABEL 9. PERBANDINGAN NILAI SAIDI DAN SAIFI

No	Indeks	Perbandingan Sebelum dan Sesudah Rekonfigurasi	
		2021	2022
1	SAIDI (jam/plg)	2,06	1,15
2	SAIFI (jam/plg)	2,42	1,89

Berdasarkan Tabel 9 dapat dilihat bahwa perbandingan indeks nilai SAIDI dan SAIFI pada tahun 2021 dan 2022 sebelum dan sesudah dilakukan rekonfigurasi terdapat hasil yang berbeda tergantung dari banyaknya terjadi gangguan pada pelanggan selama 1 tahun.

Tahun 2021 sebelum dilakukan rekonfigurasi, pada nilai indeks SAIDI terjadi jumlah gangguan pemadaman terhadap pelanggan yaitu sebesar 2,06 jam/pelanggan atau 124,152 menit/pelanggan dan pada nilai indeks SAIFI terjadi jumlah gangguan pemadaman terhadap pelanggan yaitu sebesar 2,42 jam/pelanggan atau 145,245 menit/pelanggan.

Sedangkan pada tahun 2022 setelah dilakukan rekonfigurasi didapatkan nilai indeks untuk SAIDI hasilnya menjadi lebih baik sebesar 1,15 jam/pelanggan atau 69,54 menit/pelanggan. Dan nilai indeks untuk SAIFI hasilnya sebesar 1,89 jam/pelanggan atau 113,245 menit/pelanggan.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil analisis, didapatkan hasil perhitungan pada penyulang Krueng Cut sebelum dilakukan rekonfigurasi yaitu nilai tegangan gardu distribusi rata-rata sebesar 211 V, dan setelah dilakukan rekonfigurasi menjadi sebesar 216 V, selisih kenaikan tegangan mencapai 0,2 %. Sedangkan berdasarkan hasil simulasi ETAP menunjukkan bahwa terdapat kenaikan tegangan sebesar 19,48 kV dari tegangan awal sebesar 19,11 kV dari setiap gardu hubung Penyulang Krueng Cut. Hasil perhitungan *losses* yang terjadi sebelum adanya rekonfigurasi didapatkan nilainya sebesar 177,7 kW dan setelah dilakukan rekonfigurasi nilai rugi-rugi daya yang didapatkan sebesar 14,5 kW, adapun selisih yang terjadi sebesar 103,2 kW, dalam hal ini terjadi penurunan rugi-rugi daya sebesar 87 %. Hasil perhitungan pada tahun 2021 sebelum dilakukan rekonfigurasi nilai indeks SAIDI yaitu sebesar 2,06 jam/pelanggan atau 124,152 menit/pelanggan dan nilai indeks SAIFI yaitu sebesar 2,42 jam/pelanggan atau 145,245 menit/pelanggan. Setelah dilakukan rekonfigurasi pada tahun 2022 didapatkan nilai indeks SAIDI hasilnya menjadi lebih baik sebesar 1,15 jam/pelanggan atau 69,54 menit/pelanggan dan nilai indeks untuk SAIFI hasilnya sebesar 1,89 jam /pelanggan atau 113,245 menit/pelanggan.

REFERENSI

- [1] Alim Subawa, I. M., Maharta Pemayun, A. A. G., & Arta Wijaya, I. W., (2019). Rekonfigurasi Saluran Distribusi 20 kV Pada Penyulang Menjangkau Untuk Mengatasi Jatuh Tegangan. *Jurnal SPEKTRUM*, 6(3), 101–106.
- [2] Aryanto, N., & Balkis, M., (2021). Tinjauan Gangguan Jaringan Distribusi 20 kV Penyulang Muara Aman PT. PLN (Persero) ULP Rayon Muara Aman. *JTERAF (Jurnal Teknik Elektro Raflesia)*, 1(1), 16–22.
- [3] Budiayasa, I. G., Artha Wijaya, I. W., & Indra Partha, T. G., (2021). Rugi – Rugi Daya Akibat Pengaruh Ketidak Seimbangan Beban Terhadap Arus Netral Pada Efektifitas Penggunaan Daya Terpasang. *Jurnal SPEKTRUM*, 8(1), 260.
- [4] Arya Suardika, I P., Dyana Arjana, I G., & Maharta Pemayun, A. A. G., (2018). Rekonfigurasi Saluran Distribusi 20 kV Untuk Mengurangi Rugi-Rugi Daya dan Jatuh Tegangan Pada Penyulang Abang. *E-Journal SPEKTRUM*, 5(2), 231–238.
- [5] Dwipayana, I K. B., & Rachman, A. Y. D., (2022). Analisa Pengaruh Rekonfigurasi Jaringan 20 KV Terhadap Kualitas Tegangan dan Rugi Daya di Saluran Gardu Hubung Rao dengan Menggunakan Software ETAP 12.6.0. *SiNARINT (Seminar Nasional Riset & Inovasi Teknologi)*, 1(1), 138–148.
- [6] Ekanugraha, S., & Pulungan, A. B., (2022). Memperbaiki Drop Tegangan dengan Simulasi Rekonfigurasi Jaringan Sistem 20 kV. *JTEIN (Jurnal Teknik Elektro Indonesia)*, 3(1), 249–256.
- [7] Aksan, Fathur N., & Samsurizal, (2021). Studi Rekonfigurasi Sistem Distribusi Pada Jaringan 20 kV Dengan Metode Simple Branch Exchange Pada Penyulang Cempaka. *EPSILON (Journal of Electrical Engineering and Information Technology)*, 19(2), 45–52.
- [8] Firdaus, M., Sunanda, W., & Kurniawan, R., (2019). Perencanaan Gardu Induk Muntok Dan Rekonfigurasi Penyulang 20 kV PLN Rayon Muntok Untuk Perbaikan Tegangan Ujung Dan Susut. *Proceedings of National Colloquium Research and Community Service*, 3, 137–141.
- [9] Hidayat, Taufik, & Sofyan, A., (2023). Analisa Rekonfigurasi Jaringan Distribusi 20 kV Di PT. PLN Sungai Rumbai. *Rag Teknik Journal*, 6(2), 100–106.

- [10] Isnanto, B., Jumnahdi, M., & Puriza, M. Y., (2019). Studi Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Di Penyulang Dandang PLN UP3 Belitung. *Proceedings of National Colloquium Research and Community Service*, 3, 79–83.
- [11] Muliadi, Syukri, Asyadi, Teuku Murisal, & Salim, A., (2022). Analisa Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Pada Trafo Distribusi Penyulang Mibo Rayon Merduati. *AJEETECH (Aceh Journal of Electrical Engineering and Technology)*, 2(2), 7–12.
- [12] Muliadi, & Aswizar Jamal. (2022). Analisa Keandalan Sistem Distribusi Berdasarkan Indeks SAIFI, SAIDI, dan CAIDI Pada Penyulang Suak Ribee ULP. Meulaboh Kota. *AJEETECH (Aceh Journal of Electrical Engineering and Technology)*, 2(1), 14–18.
- [13] Rezki, Teuku M. R., Muliadi, & Syukri. (2023). Analisis Pemasangan Arrester Pada Gardu Distribusi Penyulang Johan Pahlawan ULP Meulaboh Kota. *AJEETECH (Aceh Journal of Electrical Engineering and Technology)*, 3(1), 25–32.
- [14] Subhan, Fauzi, Asyadi, Teuku Murisal, Muliadi, Syukri, & Masrurha F., (2023). Analisa Perbaikan Tegangan Ujung Pada Jaringan Distribusi 20 kV Di GH Tangse ULP Beureunuen. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 11(1), 40–47.
- [15] Syukri, Asyadi, Teuku Murisal, Muliadi, & Moesnadi, F., (2022). Analisa Pembebanan Transformator Distribusi 20 kV Pada Penyulang LS5 Gardu LSA 249. *JJEEE (Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering)*, 4(2), 202–206.
- [16] Tambunan, A. D., & Salman, R., (2021). Analisis Rugi-Rugi Daya Akibat Adanya Arus Pada Titik Netral Transformator Distribusi Di Jaringan Distribusi 20 kV PT. PLN (Persero) UP3 Medan. *E-Dev (Jurnal Engineering Development)*, 1(1), 1–6.