

Analisa Jatuh Tegangan dan *Losses* Pada Sistem Distribusi 20 kV Penyulang Simpang Rima

Amrina Yusra¹⁾, Muliadi^{2*)}, Syukri³⁾

^{1,2,3)}Jurusan Teknik Elektro Universitas Iskandar Muda

Jl. Kampus UNIDA, Surien, Meuraxa, Kota Banda Aceh, Aceh 23234

*Corresponding author E-mail: muliadi.tripa@gmail.com

ABSTRACT

The need for electrical energy is increasing day by day, causing an additional burden on the electricity network. The electrical energy that is distributed must have good power quality and quantity, continuity of service, quality power factor and system frequency. In facing these various demands, PLN, especially the Banda Aceh region, faces multiple obstacles, one of which is the voltage drop and power losses (losses) in the Simpang Rima Feeder distribution channel. This study aims to determine the magnitude of the voltage drop, find the location of the most significant drop point and determine the number of losses in the Simpang Rima feeder. To get the magnitude of the voltage drop and power losses (losses) on the Simpang Rima feeder was carried out using ETAP 12.6 software. The results show that the total voltage drop is 2.8% in Mag, the most significant voltage drop is at the SPR23 channel point (from SPR21 Bus to SPR23 Bus) which is 0.27% in Mag or 74V and the total losses in the Simpang feeder Rima is 27.1 kW or 35.8 kVAR.

Keywords: Distribution system, Feeder, Voltage drop, Losses, ETAP Software

ABSTRAK

Kebutuhan akan energi listrik semakin hari semakin meningkat sehingga menyebabkan adanya penambahan beban pada jaringan listrik. Energi listrik yang disalurkan harus memiliki kualitas dan kuantitas daya yang baik, kontinuitas pelayanan, faktor daya serta frekuensi sistem yang berkualitas. Dalam menghadapi berbagai macam tuntutan tersebut PLN khususnya wilayah Banda Aceh menghadapi berbagai kendala, salah satunya adalah drop tegangan dan rugi-rugi daya (losses) pada saluran distribusi Penyulang Simpang Rima. Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui besarnya jatuh tegangan, mendapatkan letak titik jatuh tegangan yang paling besar dan mengetahui besarnya rugi-rugi daya (losses) pada penyulang Simpang Rima. Untuk mendapatkan besarnya drop tegangan dan rugi-rugi daya (losses) pada penyulang Simpang Rima dilakukan dengan menggunakan software ETAP 12.6. Hasilnya didapatkan bahwa total jatuh tegangan adalah sebesar 2.8% in Mag, jatuh tegangan paling besar terdapat pada titik kanel SPR23 (dari Bus SPR21 ke Bus SPR23) yaitu sebesar 0.27% in Mag atau 74V dan total rugi-rugi daya (losses) pada penyulang Simpang Rima adalah sebesar 27.1 kW atau 35.8 kVAR.

Kata Kunci: Sistem distribusi, Penyulang, Jatuh tegangan, Rugi-rugi daya, Software ETAP

I. PENDAHULUAN

Bersamaan dengan berkembangnya perekonomian di Indonesia, keperluan masyarakat juga akan bertambah banyak dan meningkat. Hal tersebut, secara kualitas dan kuantitas dapat mengakibatkan meningkatnya tingkat konsumsi masyarakat terhadap energi listrik baik yang berada di daerah perkotaan maupun terpencil [1]. Meningkatnya konsumsi masyarakat terhadap energi listrik maka akan berdampak juga terhadap penambahan distribusi energi listrik sehingga beban pada jaringan listrik juga ikut meningkat [2][3]. Oleh sebab itu, energi listrik yang disalurkan ke berbagai konsumen harus dapat memenuhi tuntutan yang diminta, yaitu dengan kualitas dan kuantitas daya yang baik, kontinuitas pelayanan, tegangan yang stabil, faktor daya dan frekuensi sistem yang sesuai standar [4][5]. Tuntutan-tuntutan tersebut harus dipenuhi oleh penyedia tenaga listrik, yang dalam hal ini adalah PT. PLN (Persero).

Selanjutnya untuk menghadapi berbagai macam tuntutan tersebut, PLN khususnya wilayah Banda Aceh menghadapi berbagai macam kendala antara lain adalah adanya jatuh tegangan (*drop voltage*) dan rugi-rugi daya pada saluran distribusi. Jatuh tegangan adalah besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Terjadinya jatuh tegangan dapat menyebabkan kerusakan terhadap peralatan listrik. Jatuh tegangan juga dapat mengakibatkan adanya rugi-rugi daya listrik sehingga merugikan pengguna layanan dan juga pihak penyedia layanan listrik [6][7].

Secara umum, sistem distribusi berawal dari penyulang yang keluar melalui GI (gardu induk) kemudian disalurkan ke APJ (Area Pelayanan Jaringan) yang berkapasitas 20kV kemudian disalurkan ke Rayon-rayon UPJ (Unit Pelayanan Jaringan) [7][8]. Jaringan tersebut menyalurkan energi listrik dengan jarak yang cukup jauh sehingga mengakibatkan jatuh tegangan dan rugi-rugi daya. Pada jaringan distribusi,

permasalahan tersebut sangat sulit untuk dihindari apalagi topologi jaringannya masih menggunakan sistem radial seperti yang terdapat pada penyulang Simpang Rima [9]. Pada penyulang tersebut, selain topologinya yang masih radial juga terdapat 64 titik beban sehingga sering mengalami jatuh tegangan. Namun pada penyulang tersebut, jatuh tegangan yang paling besar berada di titik paling ujung.

Berdasarkan permasalahan tersebut, tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mendapatkan besar dan letak titik jatuh tegangan yang paling besar serta besarnya rugi-rugi daya yang terjadi pada penyulang Simpang Rima. Pada penelitian ini metode yang digunakan yaitu dengan menggunakan *software* ETAP 12.6.

Selanjutnya, manfaat dari penelitian ini adalah agar dapat menjaga kualitas penyaluran listrik sesuai dengan tegangan yang diizinkan sehingga dapat memenuhi kebutuhan konsumen dengan baik dan sesuai dengan harapan.

II. METODE

Jatuh tegangan dan rugi-rugi daya pada sistem distribusi 20 kV pada penyulang Simpang Rima dianalisis dengan menggunakan *software* Etap 12.6. Adapun data-data yang diambil dalam penelitian ini, yaitu berasal dari PT. PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Keude Bieng dengan alamat di Jl. Banda Aceh - Calang No. 5, Lamgaboh, Kec. Lhoknga. Data-data tersebut berupa *single line diagram*, parameter transformator, parameter jaringan, rating tegangan primer/sekunder, daya terpasang, dan identitas beban.

A. Jatuh Tegangan

Selisih antara tegangan ujung kirim dengan tegangan ujung terima atau besar tegangan yang hilang pada penghantar listrik disebut dengan jatuh tegangan (*drop voltage*) yang dinyatakan dalam persen atau volt [6]. Menurut standar PLN (SPLN), nilai toleransi jatuh tegangan adalah 10%. Secara matematis, jatuh tegangan dapat dirumuskan sebagai berikut [1][10]:

$$\Delta V = V_s - V_r \quad (1)$$

atau dapat juga dituliskan dalam persentase:

$$\Delta V (\%) = \frac{\Delta V}{V} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan :

$\Delta V(\%)$ = Jatuh tegangan dalam persen

ΔV = Jatuh tegangan (volt)

V_s = Tegangan disisi pengirim (volt)

V_r = Tegangan disisi penerima (volt)

V = Tegangan kerja (Volt)

B. Rugi-rugi Daya

Rugi-rugi daya (*losses*) biasanya terjadi karena adanya gesekan-gesekan mekanis, rugi-rugi pada trafo maupun faktor cuaca yang dapat menyebabkan adanya arus bocor pada kabel-kabel saluran distribusi sehingga akan mengurangi efisiensi dari sistem tersebut. Rugi-rugi daya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan [4][10][11]:

$$\text{Rugi - rugi Daya} = \frac{I^2 R}{1000} \quad (3)$$

atau dalam persentase dapat ditulis:

$$\% I^2 R = \frac{P_{LS}}{P_r} \times 100 \quad (4)$$

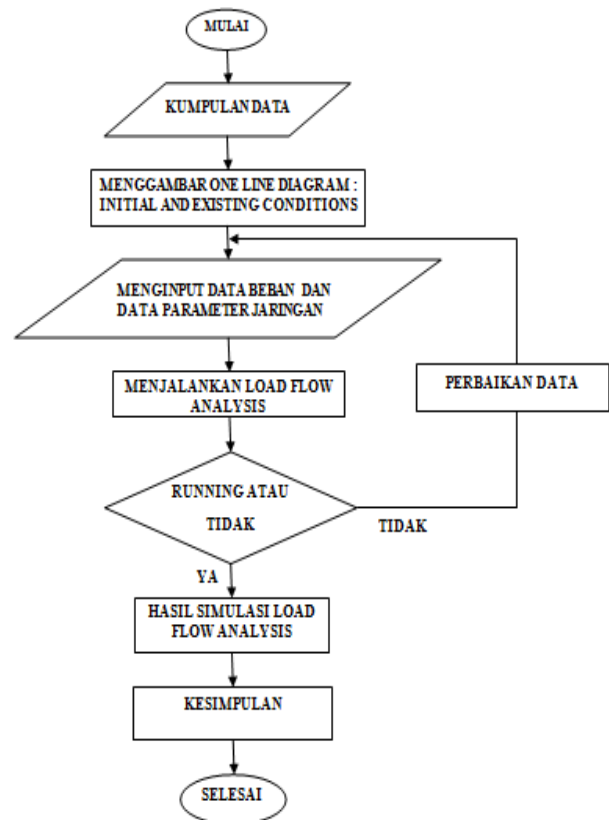
Dengan :

P_{LS} = Rugi-rugi daya penyulang (W)

P_r = Daya penyulang (W)

C. Software Etap

Electric transient analysis program (Etap) yaitu salah satu *software* yang dimanfaatkan untuk menganalisis, mendesain, serta menguji keadaan sistem tenaga listrik yang disimulasikan secara *off-line*. Etap juga digunakan untuk monitoring data operasi, simulasi sistem secara *real time*, optimasi, sistem manajemen energi dan simulasi *intelligent load shedding*. Selanjutnya dalam *Power Station*, Etap dapat dimanfaatkan untuk membuat *single line diagram* secara grafis dan menganalisis aliran daya, arus hubung singkat, *motor starting*, harmonisa, stabilitas transien, koordinasi peralatan proteksi, dan *optimal capacitor placement* [8][11][12]. Adapun tahapan-tahapan dalam penelitian ini, selengkapnya ditunjukkan pada Gambar 1.



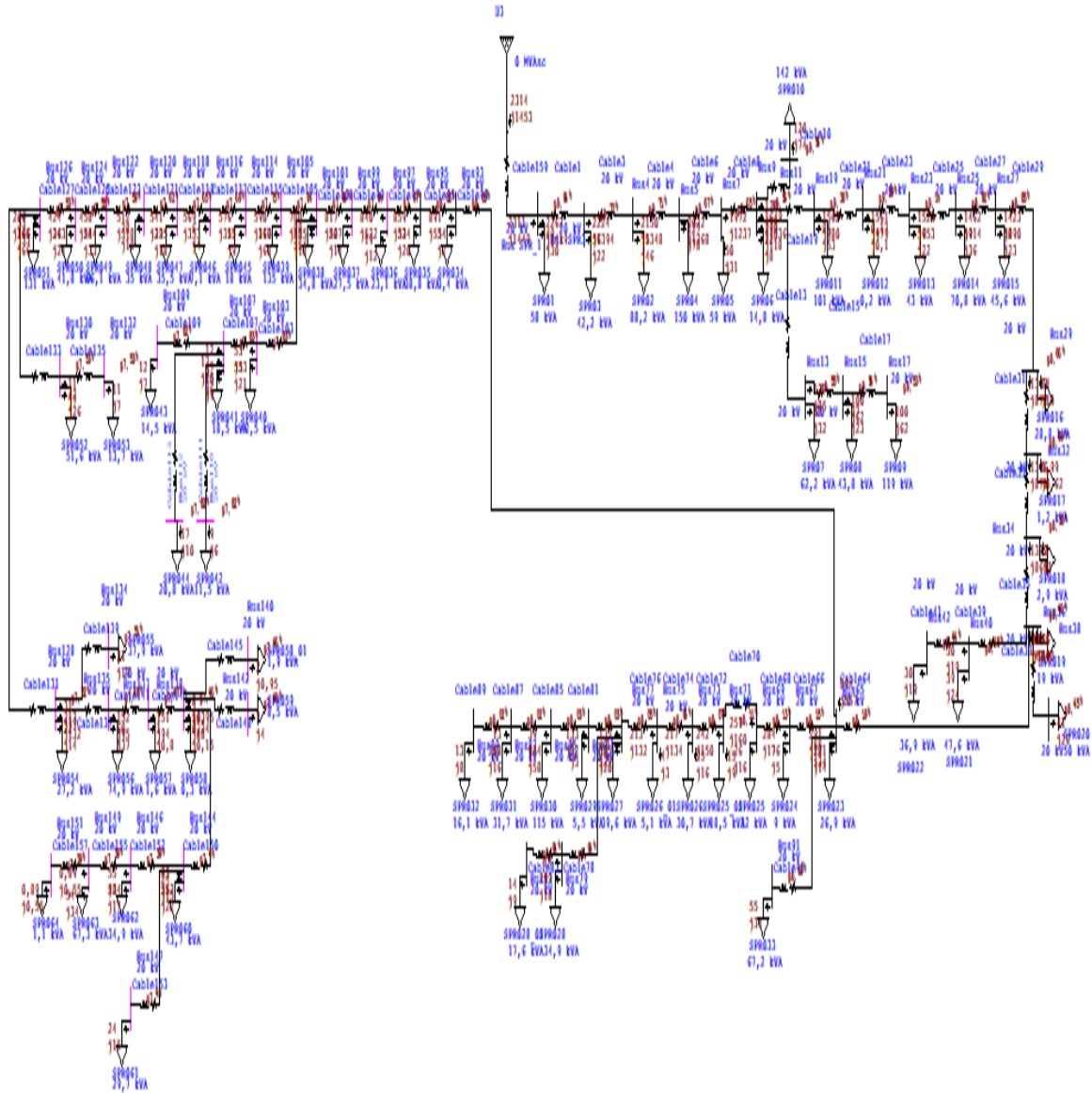
Gambar 1. Diagram alir penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Simulasi

Pada tahapan ini, untuk mendapatkan besarnya jatuh tegangan dan rugi-rugi daya pada penyulang Simpang Rima, maka dianalisis dengan menggunakan simulasi Etap. Penyulang Simpang Rima terdapat 64 bus dengan panjang saluran 33,994 kilo meter sirkuit (KMS). Selanjutnya setelah menginput semua data, simulasi aliran daya dilakukan pada bus GH. Ajun yang dipilih sebagai bus referensi (*swing bus*).

Bentuk peta aliran daya penyulang Simpang Rima hasil simulasi selengkapnya ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta aliran daya penyulang Simpang Rima

Dari Gambar 2, maka didapatkan besar jatuh tegangan dan rugi-rugi daya dari masing-masing saluran pada penyulang Simpang Rima. Adapun nilai jatuh tegangan yang terdapat pada penyulang Simpang Rima selengkapnya ditunjukkan pada Tabel. 1.

TABEL 1. DROP TEGANGAN PADA PENYULANG SAMPANG RIMA

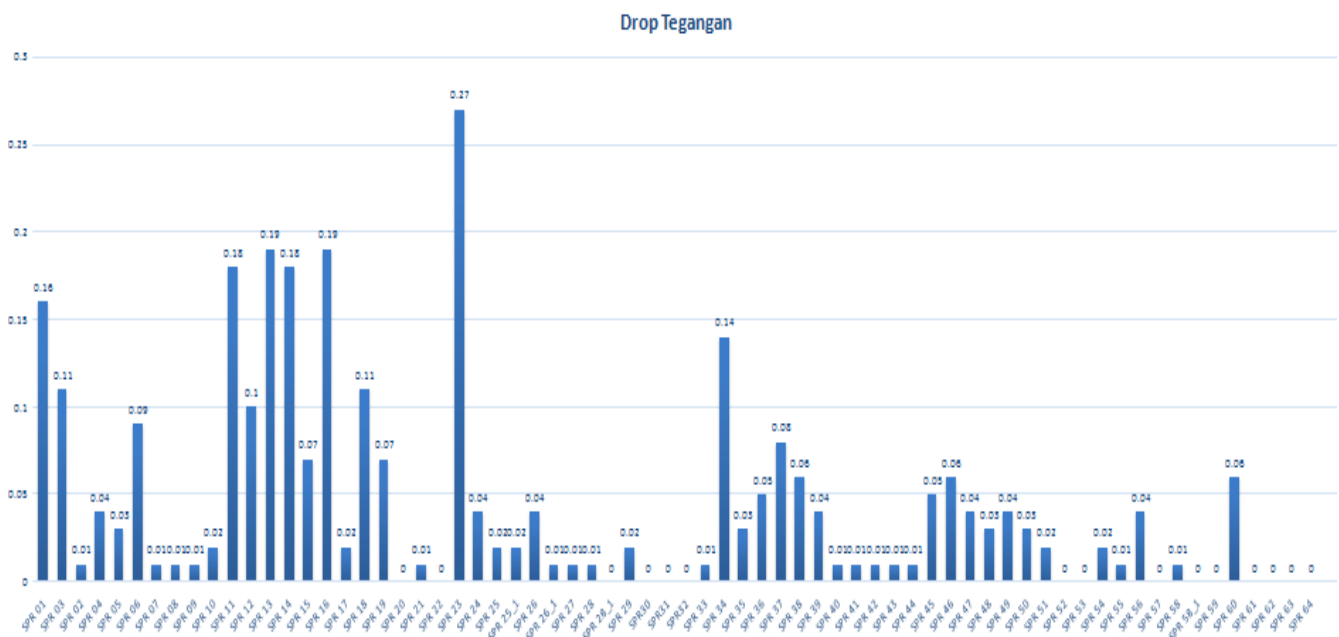
No	Jaringan			Drop Tegangan	
	Dari Bus	Ke Bus	Kabel	Volt	% in Vmag
1	GH	SPR 01	Kabel SPR 1	32	0,16
2	SPR 01	SPR 03	Kabel SPR 3	22	0,11
3	SPR 03	SPR 02	Kabel SPR 2	2	0,01
4	SPR 02	SPR 04	Kabel SPR 4	8	0,04
5	SPR 04	SPR 05	Kabel SPR 5	6	0,03
6	SPR 05	SPR 06	Kabel SPR 6	18	0,09
7	SPR 06	SPR 07	Kabel SPR 7	2	0,01
8	SPR 07	SPR 08	Kabel SPR 8	2	0,01
9	SPR 08	SPR 09	Kabel SPR 9	2	0,01

10	SPR 06	SPR 10	Kabel SPR 10	4	0,02
11	SPR 10	SPR 11	Kabel SPR 11	36	0,18
12	SPR 11	SPR 12	Kabel SPR 12	20	0,10
13	SPR 12	SPR 13	Kabel SPR 13	38	0,19
14	SPR 13	SPR 14	Kabel SPR 14	36	0,18
15	SPR 14	SPR 15	Kabel SPR 15	14	0,07
16	SPR 15	SPR 16	Kabel SPR 16	38	0,19
17	SPR 16	SPR 17	Kabel SPR 17	4	0,02
19	SPR 18	SPR 19	Kabel SPR 19	14	0,07
20	SPR 19	SPR 20	Kabel SPR 20	0	0,00
21	SPR 20	SPR 21	Kabel SPR 21	2	0,01
22	SPR 21	SPR 22	Kabel SPR 22	0	0,00
23	SPR 21	SPR 23	Kabel SPR 23	54	0,27
24	SPR 23	SPR 24	Kabel SPR 24	8	0,04
25	SPR 24	SPR 25	Kabel SPR 25	4	0,02
26	SPR 25	SPR 25_1	Kabel SPR 25_1	4	0,02
27	SPR 25_1	SPR 26	Kabel SPR 26	8	0,04
28	SPR 26	SPR 26_1	Kabel SPR 26_1	2	0,01
29	SPR 26_1	SPR 27	Kabel SPR 27	2	0,01

30	SPR 27	SPR 28	Kabel SPR 28	2	0,01
31	SPR 28	SPR 28_1	Kabel SPR 28_1	0	0,00
32	SPR 27	SPR 29	Kabel SPR 29	4	0,02
33	SPR 29	SPR30	KabelSPR30	0	0,00
34	SPR30	SPR31	KabelSPR31	0	0,00
35	SPR31	SPR32	Kabel SPR 32	0	0,00
36	SPR 23	SPR 33	Kabel SPR 33	2	0,01
37	SPR 23	SPR 34	Kabel SPR 34	28	0,14
38	SPR 34	SPR 35	Kabel SPR 35	6	0,03
39	SPR 35	SPR 36	Kabel SPR 36	10	0,05
40	SPR 36	SPR 37	Kabel SPR 37	16	0,08
41	SPR 37	SPR 38	Kabel SPR 38	12	0,06
42	SPR 38	SPR 39	Kabel SPR 39	8	0,04
43	SPR 38	SPR 40	Kabel SPR 40	2	0,01
44	SPR 40	SPR 41	Kabel SPR 41	2	0,01
45	SPR 41	SPR 42	Kabel SPR 42	2	0,01
46	SPR 41	SPR 43	Kabel SPR 43	2	0,01
47	SPR 41	SPR 44	Kabel SPR 44	2	0,01
48	SPR 39	SPR 45	KabelSPR45	10	0,05
49	SPR 45	SPR 46	KabelSPR46	12	0,06
50	SPR 46	SPR 47	Kabel SPR 47	8	0,04
51	SPR 47	SPR 48	Kabel SPR 48	6	0,03
52	SPR 48	SPR 49	Kabel SPR 49	8	0,04

53	SPR 49	SPR 50	Kabel SPR 50	6	0,03
54	SPR 50	SPR 51	Kabel SPR 51	4	0,02
55	SPR 51	SPR 52	Kabel SPR 52	0	0,00
56	SPR 52	SPR 53	Kabel SPR 53	0	0,00
57	SPR 51	SPR 54	Kabel SPR 54	4	0,02
58	SPR 54	SPR 55	Kabel SPR 55	2	0,01
59	SPR 54	SPR 56	Kabel SPR 56	8	0,04
60	SPR 56	SPR 57	Kabel SPR 57	0	0,00
61	SPR 57	SPR 58	Kabel SPR 58	2	0,01
62	SPR 58	SPR 58_1	Kabel SPR 58_1	0	0,00
63	SPR 58	SPR 59	Kabel SPR 59	0	0,00
64	SPR 58	SPR 60	Kabel SPR 60	12	0,06
65	SPR 60	SPR 61	Kabel SPR 61	0	0,00
66	SPR 60	SPR 62	Kabel SPR 62	0	0,00
67	SPR 62	SPR 63	Kabel SPR 63	0	0,00
68	SPR 63	SPR 64	Kabel SPR 64	0	0,00

Tabel 1 menampilkan jumlah tegangan jatuh yang terdapat di masing-masing saluran pada penyulang Simpang Rima. GH. Ajun adalah sebagai referensi *slack/swing bus* yang menyuplai tegangan ke 64 bus trafo, dimana SPR64 merupakan trafo ujung dari sistem distribusi penyulang Simpang Rima. Adapun grafik jatuh tegangan yang terjadi pada penyulang Simpang Rima ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik jatuh tegangan pada penyulang Simpang Rima

Berdasarkan Tabel 1, dan grafik pada Gambar 3 menunjukkan bahwa terdapat beberapa saluran mengalami jatuh tegangan diantaranya adalah pada saluran atau kabel SPR13 dan SPR 16 dengan jatuh tegangan masing-masing sebesar 38 V atau 0,19 % in Vmag. Pada saluran (kabel) SPR11 dan SPR14, terdapat jatuh tegangan masing-masing sebesar 36 V atau 0,18 % in Vmag dan pada saluran (kabel) SPR1 juga terdapat jatuh tegangan sebesar 32 V atau 0,16 % in Vmag. Namun pada penyulang Simpang Rima, jatuh tegangan yang paling besar terdapat pada saluran SPR23, yaitu yang menghubungkan jaringan dari bus SPR21 ke bus SPR23 sebesar 54 V atau 0,27% in Vmag.

Selanjutnya dari hasil simulasi yang ditunjukkan pada Gambar 2, di dapatkan besarnya rugi-rugi daya pada semua

saluran penyulang Simpang Rima seperti yang ditunjukkan pada Tabel. 2.

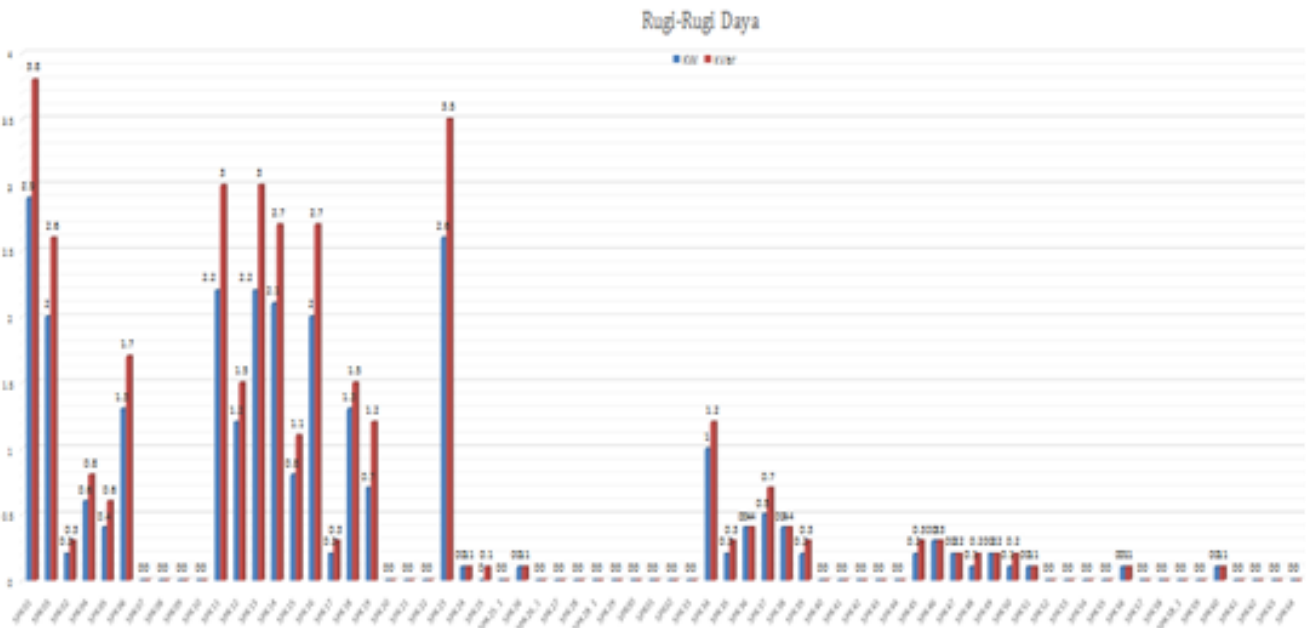
TABEL 2. RUGI-RUGI DAYA PADA PENYULANG SEMPANG RIMA

No	Jaringan			Rugi-Rugi Daya	
	Dari Bus	Ke Bus	Kabel	kW	kVAR
1	GH	SPR 01	Kabel SPR1	2,9	3,8
2	SPR 01	SPR 03	Kabel SPR3	2,0	2,6
3	SPR 03	SPR 02	Kabel SPR2	0,2	0,3
4	SPR 02	SPR 04	Kabel SPR4	0,6	0,8
5	SPR 04	SPR 05	Kabel SPR5	0,4	0,6
6	SPR 05	SPR 06	Kabel SPR6	1,3	1,7
7	SPR 06	SPR 07	Kabel SPR7	0,0	0,0
8	SPR 07	SPR 08	Kabel SPR8	0,0	0,0

9	SPR 08	SPR 09	Kabel SPR9	0,0	0,0
10	SPR 06	SPR 10	Kabel SPR10	0,0	0,0
11	SPR 10	SPR 11	Kabel SPR11	2,2	3,0
12	SPR 11	SPR 12	Kabel SPR12	1,2	1,5
13	SPR 12	SPR 13	Kabel SPR13	2,2	3,0
14	SPR 13	SPR 14	Kabel SPR14	2,1	2,7
15	SPR 14	SPR 15	Kabel SPR15	0,8	1,1
16	SPR 15	SPR 16	Kabel SPR16	2,0	2,7
17	SPR 16	SPR 17	Kabel SPR17	0,2	0,3
18	SPR 17	SPR 18	Kabel SPR18	1,3	1,5
19	SPR 18	SPR 19	Kabel SPR19	0,7	1,2
20	SPR 19	SPR 20	Kabel SPR20	0,0	0,0
21	SPR 20	SPR 21	Kabel SPR21	0,0	0,0
22	SPR 21	SPR 22	Kabel SPR22	0,0	0,0
23	SPR 21	SPR 23	Kabel SPR23	2,6	3,5
24	SPR 23	SPR 24	Kabel SPR24	0,1	0,1
25	SPR 24	SPR 25	Kabel SPR25	0,0	0,1
26	SPR 25	SPR 25_1	Kabel SPR25_1	0,0	0,0
27	SPR 25_1	SPR 26	Kabel SPR26	0,1	0,1
28	SPR 26	SPR 26_1	KabelS PR26_1	0,0	0,0
29	SPR 26_1	SPR 27	Kabel SPR27	0,0	0,0
30	SPR 27	SPR 28	Kabel SPR28	0,0	0,0
31	SPR 28	SPR 28_1	Kabel SPR28_1	0,0	0,0
32	SPR 27	SPR 29	Kabel SPR29	0,0	0,0
33	SPR 29	SPR30	Kabel SPR30	0,0	0,0
34	SPR30	SPR31	Kabel SPR31	0,0	0,0
35	SPR31	SPR32	Kabel SPR32	0,0	0,0
36	SPR 23	SPR 33	Kabel SPR33	0,0	0,0
37	SPR 23	SPR 34	Kabel SPR34	1,0	1,2
38	SPR 34	SPR 35	Kabel SPR35	0,2	0,3
39	SPR 35	SPR 36	Kabel SPR36	0,4	0,4
40	SPR 36	SPR 37	Kabel SPR37	0,5	0,7
41	SPR 37	SPR 38	Kabel SPR38	0,4	0,4
42	SPR 38	SPR 39	Kabel SPR39	0,2	0,3
43	SPR 38	SPR 40	Kabel SPR40	0,0	0,0
44	SPR 40	SPR 41	Kabel SPR41	0,0	0,0

45	SPR 41	SPR 42	Kabel SPR42	0,0	0,0
46	SPR 41	SPR 43	Kabel SPR43	0,0	0,0
47	SPR 41	SPR 44	Kabel SPR44	0,0	0,0
48	SPR 39	SPR 45	Kabel SPR45	0,2	0,3
49	SPR 45	SPR 46	Kabel SPR46	0,3	0,3
50	SPR 46	SPR 47	Kabel SPR47	0,2	0,2
51	SPR 47	SPR 48	Kabel SPR48	0,1	0,2
52	SPR 48	SPR 49	Kabel SPR49	0,2	0,2
53	SPR 49	SPR 50	Kabel SPR50	0,1	0,2
54	SPR 50	SPR 51	Kabel SPR51	0,1	0,1
55	SPR 51	SPR 52	Kabel SPR52	0,0	0,0
56	SPR 52	SPR 53	Kabel SPR53	0,0	0,0
57	SPR 51	SPR 54	Kabel SPR54	0,0	0,0
58	SPR 54	SPR 55	Kabel SPR55	0,0	0,0
59	SPR 54	SPR 56	Kabel SPR56	0,1	0,1
60	SPR 56	SPR 57	Kabel SPR57	0,0	0,0
61	SPR 57	SPR 58	Kabel SPR58	0,0	0,0
62	SPR 58	SPR 58_1	Kabel SPR58_1	0,0	0,0
63	SPR 58	SPR 59	Kabel SPR59	0,0	0,0
64	SPR 58	SPR 60	Kabel SPR60	0,1	0,1
65	SPR 60	SPR 61	Kabel SPR61	0,0	0,0
66	SPR 60	SPR 62	Kabel SPR62	0,0	0,0
67	SPR 62	SPR 63	Kabel SPR63	0,0	0,0
68	SPR 63	SPR 64	Kabel SPR64	0,0	0,0
Total				27,1	35,8

Tabel 2 menampilkan jumlah rugi-rugi daya yang terdapat di masing-masing saluran pada penyulang Simpang Rima. GH. Ajun adalah sebagai referensi *slack/swing bus* yang menyuplai tegangan ke 64 bus trafo, dimana SPR64 merupakan trafo ujung dari sistem distribusi penyulang Simpang Rima. Dari Tabel 2 menunjukkan bahwa total rugi-rugi daya yang terdapat pada penyulang Simpang Rima sebesar 27,1 kW atau 35,8 kVAR. Adapun grafik rugi-rugi daya yang terjadi pada penyulang Simpang Rima ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik rugi-rugi daya pada penyulang Simpang Rima

Grafik pada gambar 4 menunjukkan bahwa rugi-rugi daya pada penyulang Simpang Rima yang paling besar terdapat pada beban SPR01, yaitu kabel yang menyalurkan GH (kabel SPR01). GH Ajun sebagai referensi *slack/swing bus* ke SPR01 sebesar 2.9 kW atau 3.8 kVAR. Kabel. Selanjutnya, rugi-rugi daya juga terdapat pada saluran (kabel) SPR23 yaitu sebesar 2,6 kW atau 3,5 kVAR.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil analisis maka dapat disimpulkan bahwa total jatuh tegangan pada penyulang Simpang Rima adalah sebesar 560 V atau 2.8% in Mag. Drop tegangan paling besar terdapat pada titik kabel SPR23 (dari Bus SPR 21 ke Bus SPR 23) yaitu sebesar 54 V atau 0.27 % Mag. Total rugi-rugi daya pada penyulang Simpang Rima adalah sebesar 27.1 kW atau 35.8 kVAR.

REFERENSI

- [1] D. Maulana, D. Nugroho, and B. Sukoco, "Analisa Susut Daya dan Drop Tegangan Terhadap Jaringan Tegangan Menengah 20 kV pada Gardu Induk Pandean Lamper Semarang," in *Prosiding Konferensi Ilmiah Mahasiswa Unissula (KIMU) 2, 2019*, pp. 382–389.
- [2] M. Nafi, "Studi Pengamanan Transformator Daya 8000 kVA Dari Gangguan Arus Lebih Pada PT PLN (Persero) ULPLTD Lueng Bata," vol. 2, pp. 5–9, 2022.
- [3] A. Assagaf, "Analisis Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Rumah Tangga Sedang PT Perusahaan Listrik Negara (PERSERO)," *DIE – J. Ilmu Ekon. dan Manaj.*, vol. 6, no. 3, 2010.
- [4] A. Muhtar, Iwan, D. I. H. Antarissubhi, and Suryani, "Analisis Rugi Daya Jaringan Distribusi Primer PT. PLN ULP Sengkang Sulawesi Selatan," *Vertex Elektro*, vol. 13, no. 01, pp. 18–24, 2021.
- [5] R. C. Huda and M. Haddin, "Perbaikan Jatuh Tegangan dengan Upgrading Konduktor pada Feeder PWI 03 GI 150 / 20 KV," vol. 4, no. 1, pp. 29–42, 2022.
- [6] N. R. Alham, R. M. Utomo, H. Hilmansyah, M. Muslimin, A. W. Aditya, and A. Mubarak, "Studi Tentang Perbaikan Jatuh Tegangan Di Tiang Ujung Jaringan Tegangan Rendah Pada PT. PLN UP3 Area Samarinda," *J. Tek. Elektro Uniba (JTE UNIBA)*, vol. 6, no. 2, pp. 212–216, 2022.
- [7] O. Kati, A. Khafabin, and Suparno, "Studi Evaluasi Distribusi Jaringan Tegangan Rendah (JTR) pada Gardu JPR 047 Penyulang Merak," *Elsains J. Elektro*, vol. 3, no. 1, pp. 31–36, 2021.
- [8] Muliadi and Aswijar Jamal, "Analisa Keandalan Sistem Distribusi Berdasarkan Indeks SAIFI, SAIDI, dan CAIDI Pada Penyulang Suak Ribee ULP. Meulaboh Kota," *Ajeetech*, vol. 2, no. 1, pp. 14–18, 2022.
- [9] E. Ediwan, M. Muliadi, M. Mahalla, N. Nazaruddin, and A. Mulkan, "The Reconfiguration of Network at 20 kV Distribution System Nagan Raya Substation with the Addition of the Krueng Isep Hydroelectric Power Plant," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 2, 2021.
- [10] Ramadoni Syahputra, *Buku Ajar: Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik, Pertama*. Yogyakarta: LP3M UMY Yogyakarta, 2017.
- [11] C. I. Cahyadi, K. Atmia, and A. Fitriani, "Analisis Pengaruh Rugi-Rugi Daya Pada Jaringan Transmisi 150 kV Menggunakan Software Etap 12.6," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 126–130, 2022.
- [12] S. Ekanugraha and A. B. Pulungan, "Memperbaiki Drop Tegangan dengan Simulasi Rekonfigurasi Jaringan Sistem 20 kV," *J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 3, no. 1, pp. 249–256, 2022.