

ANALISIS JATUH TEGANGAN PADA PENYULANG S-1 DI GARDU INDUK MANGGAR SARI BALIKPAPAN

ANALYSIS OF VOLTAGE DROP IN BALIKPAPAN'S S-1 FEEDING AT THE MANGGAR SARI BALIKPAPAN SUBSTATION

Idham Apriliyanto^{1*}, Restu Mukti Utomo², Adi Pandu Wirawan³, Arif Hardjanto⁴, Fatkhul Hani
Rumawan⁵

^{1,2,3,4,5}Universitas Mulawarman, Gn. Kelua, Samarinda

*E-mail: iidham642@gmail.com

Diterima 30-09-2023	Diperbaiki 06-10-2023	Disetujui 17-10-2023
---------------------	-----------------------	----------------------

ABSTRAK

Pada sistem distribusi yang belum maksimal dalam penyaluran ke beban disebabkan rugi- rugi tegangan pada sistem distribusi begitu besar. Bila tegangan tidak sesuai dengan standar PLN tahun 1995 dengan nominal tegangan maksimal +10% dan minimal -10%, pada umumnya terjadi disebabkan daya serta tegangan sebagian lenyap dalam perjalanan menuju konsumen, dimana dipengaruhi oleh antara lain panjangnya saluran distribusi, penempatan gardu ataupun trafo distribusi yang tidak maksimal terhadap beban, diameter penghantar yang tidak cocok dengan kapasitas beban sehingga menghasilkan panas pada saluran penghantar yang berdampak hilangnya daya serta tegangan pada jaringan. Jatuh tegangan juga berdampak pada pelanggan salah satunya performa peralatan listrik akan terpengaruh. Tujuan penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat jatuh tegangan pada Penyulang S-1 Manggar Sari dan bagaimana cara mengatasinya apabila terdapat jatuh tegangan yang tidak sesuai dengan standar PLN. Penyulang Manggar Sari Satu (S-1) merupakan salah satu penyulang yang terpanjang pada Gardu Induk Manggar Sari. Analisis perhitungan jatuh tegangan menggunakan software yaitu Power Factory DIgSILENT dan metode penelitian ini adalah analisis aliran daya menggunakan Newton Raphson. Hasil analisis menggunakan Power Factory DIgSILENT 15.1 pada Penyulang Manggar Sari Satu (S-1) selama 30 hari pada bulan Juni 2023 dalam keadaan pembebanan maksimum, didapatkan jatuh tegangan yang tidak sesuai standar PLN dengan batas toleransi kurang lebih 10% dari tegangan nominal. Jatuh tegangan yang tidak sesuai terdapat 40 transformator distribusi dari 108 tranformator distribusi. Pada penelitian ini perbaikan jatuh tegangan menggunakan mengubah tap changer pada transformator. Tap changer ini menambah 5% dari tegangan nominal. Tap changer dilakukan pada tranformator daya dengan tujuan agar tegangan kirim sampai ke ujung sesuai atau mendekati tegangan nominal 20 kV.

Kata kunci: Sistem Tenaga Listrik, Analisis Aliran Daya, DIgSILENT, Jatuh Tegangan, Tap Changer.

ABSTRACT

In the distribution system that has not been maximized in distribution to the load due to the large voltage losses in the distribution system. If the voltage is not in accordance with the 1995 PLN standard with a maximum nominal voltage of +10% and a minimum of -10%, it generally occurs because the power and voltage are partially lost on the way to the consumer, which is influenced by, among others, the length of the distribution line, the placement of substations or distribution transformers which is not optimal for the load, the diameter of the conductor does not match the load capacity resulting in heat in the conductor line which results in a loss of power and voltage in the network. The voltage drop also has an impact on customers, one of which is the performance of electrical equipment which will be affected. The purpose of this study aims to find out whether there is a voltage drop in the S-1 Manggar Sari Feeder and how to overcome it if there is a voltage drop that is not in accordance with PLN standards. The Manggar Sari Satu (S-1) feeder is one of the longest feeders at the Manggar Sari Substation. Analysis of the calculation of the voltage drop using software that is Power Factory DIgSILENT and this research method is power

flow analysis using Newton Raphson. Analysis results using Power Factory DIgSILENT 15.1 on the Manggar Sari Satu Feeder (S-1) for 30 days in June 2023 under maximum loading conditions, a voltage drop was found that did not comply with PLN standards with a tolerance limit of approximately 10% of the nominal voltage. There are 40 distribution transformers out of 108 distribution transformers with inappropriate voltage drops. In this research, the voltage drop repair is done by changing tap changer on the transformer. This tap changer adds 5% of the nominal voltage. Tap changer carried out on the power transformer with the aim that the sending voltage to the end matches or approaches the nominal voltage of 20 kV.

Keywords: : Electrical Power System, Power Flow Analysis, DIgSILENT, Voltage Drop, Tap Changer.

PENDAHULUAN

PT. PLN (Persero) merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang berkomitmen menyediakan listrik untuk segala rakyat Indonesia. Bersamaan dengan bertambahnya jumlah penduduk serta diiringi dengan kemajuan teknologi dikala ini, kebutuhan pokok listrik pula terus menjadi bertambah, sehingga kebutuhan pokok listrik telah jadi kebutuhan pokok warga Indonesia. Listrik meliputi sistem pembangkitan, sistem transmisi, serta sistem distribusi. Sistem distribusi dibagi jadi 2 ialah distribusi tegangan menengah (Distribusi Primer) dengan tegangan 20 KV serta distribusi tegangan (Distribusi Sekunder) dengan tegangan 220/ 380 V [1]. Penyulang yang keluar dari GI (gardu induk) biasanya bertegangan 20 kV. Kemudian dipecah dan diarahkan ke ULP (Unit Layanan Pelanggan). Jarak pengiriman listrik yang jauh dari jaringan menyebabkan hilangnya tegangan dan arus (juga dikenal sebagai jatuh tegangan). Kualitas saluran dan layanan harus diperhatikan sehubungan dengan masalah ini sehingga kesalahan apa pun dapat segera diperbaiki. Pada sistem distribusi yang belum maksimal dalam penyaluran ke beban disebabkan rugi-rugi tegangan pada sistem distribusi begitu besar. [2]. Bila tegangan tidak sesuai dengan standar PLN tahun 2013 dengan nominal tegangan maksimal +10% dan minimal -10% [3], pada umumnya terjadi disebabkan daya serta tegangan sebagian lenyap dalam perjalanan menuju konsumen, dimana dipengaruhi oleh antara lain panjangnya saluran distribusi, penempatan gardu ataupun trafo distribusi yang tidak maksimal terhadap beban, diameter penghantar yang tidak cocok dengan kapasitas beban sehingga menghasilkan panas pada saluran penghantar yang berdampak hilangnya daya serta tegangan pada jaringan [4]. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis jatuh tegangan untuk mengetahui apakah penurunan tegangan yang telah sesuai dengan standar PLN atau tidak. Standar PLN yang digunakan memiliki

toleransi nilai tegangan maksimal +10% dan minimal -10% menurut standar PLN T6.001 Tahun 2013. Apabila nilai tegangan pada saluran distribusi memiliki nilai tegangan lebih rendah dari -10% atau lebih tinggi dari 10% maka yang dilakukan adalah koreksi jatuh tegangan

METODOLOGI

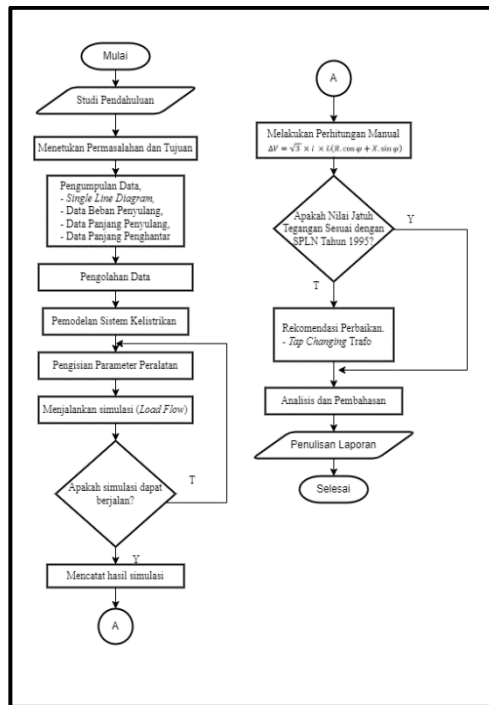
Metode yang digunakan yaitu dengan melakukan simulasi dengan aplikasi *Power Factory DIgSILENT 15.1* [5]. Sebelum melakukan simulasi dilakukan terlebih dahulu yang pengumpulan data yang diperlukan seperti data kabel/saluran, data instrument dalam sistem distribusi seperti *single line diagram*, data beban penyulang, data panjang penyulang, dan data panjang penghantar. Metodologi peneliti untuk melaksanakan penelitian adalah:

1) Studi literatur

Studi literatur, bertujuan untuk memperkuat teori yang digunakan dalam penelitian. Studi literatur dapat diperoleh dengan membaca jurnal, buku, dan artikel. Dalam penelitian ini akan dilakukan pemahaman dan penguasaan teori mengenai analisis jatuh tegangan pada saluran distribusi 20 kV.

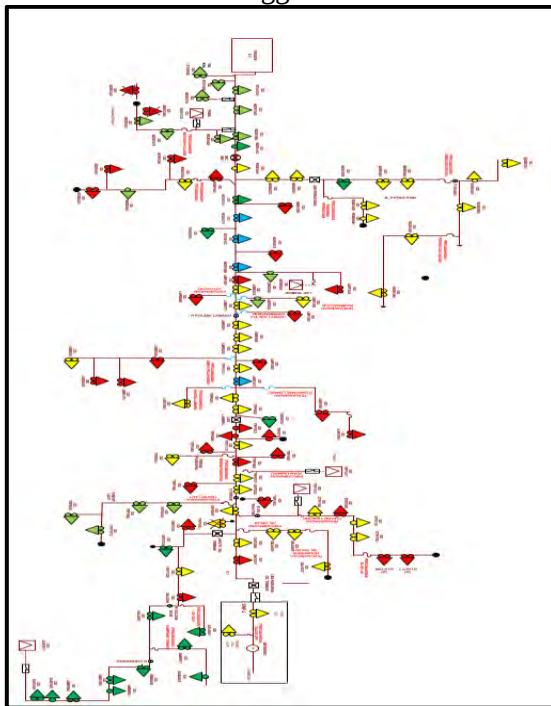
2) Metode Wawancara

Pengumpulan data dengan teknik ini dilakukan dengan mewawancarai secara langsung Bapak Novy Hidayat sebagai Supervisor Operasi PLN UP3 Balikpapan beserta staf operator distribusi. Hal ini dilakukan karena melihat bahwa terdapat kekurangan serta pertanyaan baru dari data yang diperoleh dari proses observasi. Metode ini dilakukan guna mengetahui kondisi asli yang terjadi di lapangan sehingga peneliti dapat dengan akurat mengolah data serta mengetahui kesalahan-kesalahan yang terjadi.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Berikut *single line diagram* pada penyulang S-1 Gardu Induk Manggar Sari:



Gambar 2. Single Line Diagram Penyulang S-1 Gardu Induk Manggar Sari

Adapun pengumpulan atau pengambilan data ini dilakukan dengan menggunakan media perantara. Umumnya media perantara ini berupa catatan atau laporan pada perusahaan dalam bentuk arsip. Adapun data yang diambil diantaranya:

1. Sistem distribusi 20 kV Penyulang Manggar Sari Satu (S-1).

2. Panjang jaringan distribusi 20 kV Penyulang Manggar Sari Satu (S-1).
3. Faktor daya Penyulang Manggar Sari Satu (S-1).
4. Data Single Line Diagram Penyulang Manggar Sari Satu (S-1)
5. Data penghantar saluran distribusi 20 kV berupa data jenis kabel, luas penampang.
6. Data beban berupa pembebanan puncak selama satu bulan terhitung dari tanggal 1 Juli 2023 – 31 Juli 2023.
7. Data transformator daya 150/20 kV Penyulang Manggar Sari Satu (S-1) berupa data jumlah, kapasitas, rating.
8. Data transformator distribusi 20 kV berupa data jumlah, kapasitas, rating.

Data Saluran Penyulang (S-1) Manggar Sari

Data impedansi dikumpulkan dengan menggunakan SPLN No. 64 tahun 1985 sebagai dasar. Tabel 1 memuat data saluran Penyulang Manggar Sari (S-1) yang bersumber data dari UP3 Balikpapan.

Tabel 1. Saluran Penyulang (S-1) Manggar Sari

No.	Garis Distribusi		Dari Bus	Membagi Bus	Tipe Kabel	Data Saluran		Impedansi		Arus (kA)
	Dari	Ko				Luas Penampang (mm ²)	Panjang Jarak (km)	Tahanan R (ohm/km)	Reaktansi X (ohm/km)	
1	GI	Tiang 1	S1-01	S1-07	MVTIC	3x150	0.17	0.206	0.014	0.266
2	Tiang 1	BTA 1625	S1-07	T-1	AAAC	3x150	0.85	0.2162	0.3305	0.266
3	BTA 1625	BTA 1658	T-1	T-2	AAAC	3x150	0.32	0.225	0.323	0.00002
4	BTA 1625	BTA 1800	T-1	T-3	AAAC	3x150	0.27	0.225	0.323	0.0004
5	BTA 1625	MGR 1618	T-1	T-4	AAAC	3x150	0.60	0.2162	0.3305	0.0006
6	BTA 1625	MGR 1345	T-1	T-5	AAAC	3x150	0.85	0.2162	0.3305	0.264
7	MGR 1345	MGR 1943	T-5	T-6	AAAC	3x150	1.20	0.225	0.323	0.247
8	MGR 1345	MGR 1480	T-5	T-7	AAAC	3x150	1.10	0.2162	0.3305	0.0004
9	MGR 1345	MGR 1626	T-5	T-8	AAAC	3x150	4.23	0.2162	0.3305	0.0133
10	MGR 1345	MGR 1479	T-5	T-9	AAAC	3x150	1.48	0.2162	0.3305	0.0016
11	MGR 1479	MGR 1481	T-9	T-10	AAAC	3x150	0.05	0.2162	0.3305	0.0003
12	MGR 1481	MGR 1463	T-6	T-11	AAAC	3x150	0.53	0.225	0.323	0.243
13	MGR 1463	MGR 1464	T-11	T-12	AAAC	3x70	0.19	0.2162	0.3305	0.243
14	MGR 1464	MGR 0323	T-12	T-13	AAAC	3x150	0.73	0.225	0.323	0.023
15	MGR 0323	MGR 0531	T-13	T-14	AAAC	3x150	0.09	0.225	0.323	0.0194
16	MGR 0531	MGR 1008	T-14	T-15	AAAC	3x150	0.48	0.225	0.323	0.0153
17	MGR 1008	MGR 1661	T-15	T-16	AAAC	3x150	1.20	0.225	0.323	0.012
18	MGR 1661	MGR 0945	T-16	T-17	AAAC	3x150	0.66	0.225	0.323	0.01
19	MGR 0945	MGR 1001	T-17	T-18	AAAC	3x150	2.21	0.225	0.323	0.0025
20	MGR 1001	MGR 0736	T-18	T-19	AAAC	3x150	0.75	0.225	0.323	0.00002
21	MGR 0736	MGR 1665	T-19	T-20	AAAC	3x150	2.27	0.225	0.323	0.0072
22	MGR 1665	MGR 1465	T-20	T-21	AAAC	3x150	2.31	0.225	0.323	0.04
23	MGR 1465	MGR 1466	T-21	T-22	AAAC	3x150	2.12	0.225	0.323	0.0009
24	MGR 0531	MGR 1485	T-14	T-23	AAAC	3x150	0.56	0.225	0.323	0.0033
25	MGR 1485	MGR 0648	T-23	T-24	AAAC	3x150	0.32	0.225	0.323	0.003
26	MGR 1485	MGR 1662	T-12	T-25	AAAC	3x150	1.10	0.225	0.323	0.021
27	MGR 1662	MGR 1004	T-25	T-26	AAAC	3x150	0.76	0.225	0.323	0.02
28	MGR 1004	MGR 1256	T-26	T-27	AAAC	3x150	0.65	0.225	0.323	0.003
29	MGR 1004	MGR 2043	T-26	T-28	AAAC	3x150	1.23	0.225	0.323	0.014
30	MGR 2043	MGR 1591	T-28	T-29	AAAC	3x150	0.63	0.225	0.323	0.004
31	MGR 2043	MGR 0135	T-29	T-30	AAAC	3x150	0.66	0.225	0.323	0.007
32	MGR 1464	MGR 0108	T-12	T-31	AAAC	3x150	0.33	0.225	0.323	0.03
33	MGR 0108	MGR 1550	T-31	T-32	AAAC	3x150	0.12	0.225	0.323	0.0002
34	MGR 0108	MGR 0270	T-31	T-33	AAAC	3x150	0.16	0.225	0.323	0.19
35	MGR 0270	MGR 0698	T-33	T-34	AAAC	3x150	0.43	0.225	0.323	0.002
36	MGR 0270	MGR 0192	T-33	T-35	AAAC	3x150	0.45	0.225	0.323	0.186
37	MGR 0192	MGR 0876	T-35	T-36	AAAC	3x150	0.25	0.225	0.323	0.005
38	MGR 0192	MGR 1659	T-35	T-37	AAAC	3x150	0.15	0.225	0.323	0.179
39	MGR 1659	LMR 2045	T-37	T-38	AAAC	3x150	0.49	0.225	0.323	0.01
40	LMR 2045	MGR 0829	T-38	T-39	AAAC	3x150	0.05	0.225	0.323	0.01
41	MGR 0829	LMR 1506	T-39	T-40	AAAC	3x150	0.6	0.225	0.323	0.004
42	MGR 1450	LMR 1097	T-37	T-41	AAAC	3x150	0.25	0.225	0.323	0.158
43	LMR 1097	LMR 0325	T-41	T-42	AAAC	3x150	0.06	0.225	0.323	0.165
44	LMR 0325	LMR 0888	T-42	T-43	AAAC	3x70	0.39	0.4608	0.3572	0.003
45	LMR 0325	LMR 2042	T-42	T-44	AAAC	3x150	0.44	0.225	0.323	0.01
46	LMR 2042	LMR 1096	T-44	T-45	AAAC	3x150	0.22	0.225	0.323	0.004
47	LMR 0325	LMR 0771	T-42	T-46	AAAC	3x150	0.56	0.225	0.323	0.15
48	LMR 0771	LMR 1621	T-46	T-47	AAAC	3x150	0.84	0.225	0.323	0.0012
49	LMR 0771	LMR 0291	T-46	T-48	AAAC	3x70	0.55	0.4608	0.3572	0.147
50	LMR 0291	LMR 0958	T-48	T-49	AAAC	3x70	0.45	0.4608	0.3572	0.14
51	LMR 0958	LMR 0252	T-49	T-50	AAAC	3x150	0.5	0.225	0.323	0.136
52	LMR 0252	LMR 0555	T-50	T-51	AAAC	3x70	0.65	0.4608	0.3572	0.007
53	LMR 0555	LMR 1376	T-51	T-52	AAAC	3x70	0.29	0.4608	0.3572	0.0004
54	LMR 0555	LMR 0610	T-51	T-53	AAAC	3x150	0.93	0.225	0.323	0.0014
55	LMR 0555	LMR 0910	T-51	T-54	AAAC	3x150	0.70	0.225	0.323	0.0005
56	LMR 0910	LMR 1505	T-50	T-55	AAAC	3x150	0.39	0.225	0.323	0.0012
57	LMR 0910	TRP 1613	T-50	T-56	AAAC	3x150	0.55	0.225	0.323	0.123
58	TRP 1613	LMR 1015	T-56	T-57	AAAC	3x150	0.46	0.225	0.323	0.121
59	LMR 1015	LMR 1054	T-57	T-58	AAAC	3x150	1.29	0.225	0.323	0.0004
60	LMR 1015	LMR 1381	T-57	T-59	AAAC	3x150	0.80	0.225	0.323	0.0014
61	LMR 1381	TRP 0296	T-59	T-60	AAAC	3x150	0.95	0.225	0.323	0.0008
62	LMR 1013	TRP 0293	T-57	T-61	AAAC	3x150	0.32	0.225	0.323	0.114
63	TRP 0293	TRP 0638	T-61	T-62	AAAC	3x70	0.93	0.4608	0.3572	0.111
64	TRP 0638	LMR 2036	T-62	T-63	AAAC	3x150	0.23	0.225	0.323	0.003
65	TRP 0638	TRP 1975	T-62	T-64	AAAC	3x150	0.18	0.225	0.323	0.104
66	TRP 1975	TRP 1659	T-62	T-65	AAAC	3x150	0.27	0.225	0.323	0.103
67	TRP 0296	TRP 0700	T-65	T-66	AAAC	3x150	0.20	0.225	0.323	0.0001
68	TRP 0296	TRP 1113	T-65	T-67	AAAC	3x150	0.37	0.225	0.323	0.03
69	TRP 1113	TRP 1506	T-67	T-68	AAAC	3x150	0.50	0.225	0.323	0.0003
70	TRP 1113	TRP 0914	T-67	T-69	AAAC	3x150	0.82	0.225	0.323	0.0004
71	TRP 1113	TRP 1659	T-67	T-70	AAAC	3x150	0.72	0.225	0.323	0.0001
72	TRP 1113	TRP 1663	T-67	T-71	AAAC	3x150	0.90	0.225	0.323	0.007
73	TRP 1663	TRP 1417	T-71	T-72	AAAC	3x70	0.26	0.4608	0.3572	0.011
74	TRP 1663	TRP 0757	T-71	T-73	AAAC	3x70	0.20	0.225	0.323	0.083
75	TRP 0757	TRP 1504	T-73	T-74	AAAC	3x150	0.15	0.225	0.323	0.002
76	TRP 0757	GNT 0353	T-73	T-75	AAAC	3x70	0.20	0.4608	0.3572	0.077
77	GNT 0353	TRP 1452	T-75	T-76	AAAC	3x150	0.20	0.225	0.323	0.0004
78	GNT 0353	GNT 0440	T-75	T-77	AAAC	3x150	0.90	0.225	0.323	0.006
79	GNT 0440	TRP 1954	T-77	T-78	AAAC	3x150	0.26	0.225	0.323	0.004
80	TRP 1954	TRP 2049	T-78	T-79	AAAC	3x150	0.62	0.225	0.323	0.0012

81	TRP 1854	TRP 1772	T-76	T-80	AAACS	3x150	0.88	0.225	0.333	0.0001
82	GNT 0253	GNT 0697	T-75	T-81	AAACS	3x150	1.26	0.225	0.333	0.07
83	GNT 0697	TRP 1913	T-81	T-82	AAACS	3x150	1.42	0.225	0.333	0.0024
84	GNT 0697	GTR 1160	T-81	T-83	AAACS	3x150	1.46	0.225	0.333	0.0024
85	GTR 1160	TRP 1858	T-83	T-84	AAACS	3x150	0.69	0.225	0.333	0.002
86	TRP 1858	GTR 1161	T-84	T-85	AAACS	3x150	1.77	0.225	0.333	0.001
87	GTR 1161	GTR 1162	T-85	T-86	AAACS	3x150	2.97	0.225	0.333	0.0006
88	GTR 1162	GTR 1785	T-86	T-87	AAACS	3x150	2.88	0.225	0.333	0.0003
89	GTR 1785	GTR 1777	T-87	T-88	AAACS	3x150	1.61	0.225	0.333	0.0002
90	GNT 0697	GNT 0458	T-81	T-89	AAACS	3x150	2.03	0.225	0.333	0.004
91	GNT 0458	GNT 0459	T-89	T-90	AAACS	3x70	1.51	0.4608	0.3572	0.004
92	GNT 0459	GNT 1220	T-90	T-91	AAACS	3x70	1.51	0.4608	0.3572	0.0001
93	GNT 0697	GNT 0294	T-81	T-92	AAACS	3x150	1.24	0.225	0.333	0.008
94	GNT 0294	GNT 0311	T-92	T-93	AAACS	3x150	0.98	0.225	0.333	0.004
95	GNT 0697	GNT 1236	T-81	T-94	AAACS	3x150	1.41	0.225	0.333	0.003
96	GNT 0697	GNT 0312	T-81	T-95	AAACS	3x70	1.47	0.4608	0.3572	0.004
97	GNT 0697	GNT 1220	T-81	T-96	AAACS	3x70	2.13	0.4608	0.3572	0.004
98	GNT 1220	SAL 0366	T-96	T-97	AAACS	3x70	0.87	0.4608	0.3572	0.022
99	SAL 0366	SAL 0561	T-97	T-98	AAACS	3x70	1.31	0.4608	0.3572	0.001
100	SAL 0366	SAL 0367	T-97	T-99	AAACS	3x70	1.16	0.4608	0.3572	0.017
101	SAL 0367	AMB 1611	T-99	T-100	AAACS	3x70	1.64	0.4608	0.3572	0.003
102	AMB 1611	AMB 0455	T-100	T-101	AAACS	3x150	1.11	0.225	0.333	0.0023
103	SAL 0367	AMB 0454	T-99	T-102	AAACS	3x70	2.04	0.4608	0.3572	0.013
104	AMB 0454	AMB 1984	T-104	T-103	AAACS	3x150	0.65	0.225	0.333	0.0114
105	AMB 1984	AMB 0630	T-103	T-104	AAACS	3x150	0.28	0.225	0.333	0.0102
106	AMB 0630	AMB 1664	T-104	T-105	AAACS	3x240	1.35	0.134	0.216	0.01
107	AMB 1664	SLB 1929	T-105	T-106	AAACS	3x150	0.85	0.225	0.333	0.01
108	SLB 1929	SLB 1930	T-106	T-107	AAACS	3x150	0.82	0.225	0.333	0.01
109	SLB 1930	SLB 1931	T-107	T-108	AAACS	3x150	0.85	0.225	0.333	0.01

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Simulasi Jatuh Tegangan Pada Penghantar Atau Kabel

Mengetahui tegangan pada bus di setiap gardu distribusi untuk membandingkan tegangan kirim pada bus di satu gardu distribusi dengan tegangan penerima pada bus di gardu distribusi kedua, sehingga analisis tegangan jatuhkan pada konduktor. Oleh karena itu, nilai jatuh tegangan dapat dihitung sebagai tegangan dengan besaran kV, serta nilai jatuh tegangan jika dikonversikan dalam persentase (%). Tabel 2 menunjukkan hasil simulasi penurunan tegangan penghantar untuk Penyulang Manggar Sari Satu (S-1) pada kondisi pembebanan maksimum

Tabel 2. Hasil Simulasi Jatuh Tegangan pada Penghantar atau kabel

No	Gardu Distribusi		Dari Bus	Menuju Bus	Tegangan										Batas V6 (%)
	Dari	Ke			Tegangan Nominal (kV)	Tegangan Kirim (kV)	%	Tegangan Penerima (Nominal)	Tegangan Terima (kV)	%	Drop Voltage (kV)	kV	%		
1	GI	Ilang 1	S1-01	S1-07	20	19.467	97.335%	20	19.452	97.260%	0.015	0.075%	±10%		
2	Ilang 1	STA 1625	S1-07	T-1	20	19.452	97.260%	20	19.346	96.730%	0.106	0.539%	±10%		
3	STA 1625	STA 1658	T-1	T-2	20	19.346	96.730%	20	19.346	96.730%	0	0.000%	±10%		
4	STA 1625	STA 1860	T-1	T-3	20	19.346	96.730%	20	19.346	96.730%	0	0.000%	±10%		
5	STA 1625	MGB 1616	T-1	T-4	20	19.346	96.730%	20	19.344	96.725%	0.001	0.005%	±10%		
6	STA 1625	MGB 1345	T-1	T-5	20	19.346	96.730%	20	19.207	96.035%	0.139	0.695%	±10%		
7	MGB 1345	MGB 1943	T-5	T-6	20	19.207	96.035%	20	19.023	95.115%	0.184	0.920%	±10%		
8	MGB 1943	MGB 1480	T-6	T-7	20	19.207	96.035%	20	19.207	96.035%	0	0.000%	±10%		
9	MGB 1345	MGB 1626	T-5	T-8	20	19.207	96.035%	20	19.173	94.665%	0.034	0.170%	±10%		
10	MGB 1345	MGB 1479	T-5	T-9	20	19.207	96.035%	20	19.206	96.030%	0.001	0.005%	±10%		
11	MGB 1479	MGB 1481	T-9	T-10	20	19.206	96.030%	20	19.206	96.030%	0	0.000%	±10%		
12	MGB 1943	MGB 1463	T-6	T-11	20	19.023	95.115%	20	18.943	94.715%	0.080	0.400%	±10%		
13	MGB 1463	MGB 1464	T-11	T-12	20	18.943	94.715%	20	18.914	94.670%	0.029	0.145%	±10%		
14	MGB 1464	MGB 0523	T-12	T-13	20	18.914	94.670%	20	18.904	94.620%	0.010	0.050%	±10%		
15	MGB 0523	MGB 0531	T-13	T-14	20	18.904	94.620%	20	18.903	94.615%	0.001	0.005%	±10%		
16	MGB 0531	MGB 1006	T-14	T-15	20	18.903	94.615%	20	18.898	94.450%	0.005	0.025%	±10%		
17	MGB 1006	MGB 1661	T-15	T-16	20	18.898	94.490%	20	18.890	94.450%	0.008	0.040%	±10%		
18	MGB 1661	MGB 0945	T-16	T-17	20	18.890	94.450%	20	18.886	94.430%	0.004	0.020%	±10%		
19	MGB 0945	MGB 1001	T-17	T-18	20	18.886	94.430%	20	18.883	94.415%	0.003	0.015%	±10%		
20	MGB 1001	MGB 0736	T-18	T-19	20	18.883	94.415%	20	18.883	94.415%	0	0.000%	±10%		
21	MGB 0945	MGB 1665	T-17	T-20	20	18.886	94.430%	20	18.876	94.380%	0.010	0.050%	±10%		
22	MGB 1665	MGB 1465	T-20	T-21	20	18.876	94.380%	20	18.871	94.355%	0.005	0.025%	±10%		
23	MGB 1465	MGB 1466	T-21	T-22	20	18.871	94.355%	20	18.870	94.350%	0.001	0.005%	±10%		
24	MGB 0531	MGB 1485	T-13	T-23	20	18.903	94.615%	20	18.902	94.610%	0.001	0.005%	±10%		
25	MGB 1485	MGB 0648	T-23	T-24	20	18.902	94.610%	20	18.901	94.605%	0.001	0.005%	±10%		
26	MGB 1466	MGB 1662	T-12	T-25	20	18.914	94.670%	20	18.899	94.495%	0.015	0.075%	±10%		
27	MGB 1662	MGB 1004	T-25	T-26	20	18.899	94.495%	20	18.889	94.445%	0.010	0.050%	±10%		
28	MGB 1004	MGB 1256	T-26	T-27	20	18.889	94.445%	20	18.888	94.440%	0.001	0.005%	±10%		
29	MGB 1004	MGB 2043	T-26	T-28	20	18.889	94.445%	20	18.878	94.390%	0.011	0.055%	±10%		
30	MGB 2043	MGB 1951	T-28	T-29	20	18.878	94.390%	20	18.877	94.385%	0.001	0.005%	±10%		
31	MGB 1951	MGB 0314	T-29	T-30	20	18.878	94.390%	20	18.876	94.380%	0.002	0.010%	±10%		
32	MGB 1454	MGB 0108	T-12	T-31	20	18.914	94.670%	20	18.874	94.370%	0.040	0.200%	±10%		
33	MGB 0108	MGB 1540	T-31	T-32	20	18.874	94.370%	20	18.874	94.370%	0	0.000%	±10%		
34	MGB 0108	MGB 0270	T-31	T-33	20	18.874	94.370%	20	18.855	94.275%	0.019	0.095%	±10%		
35	MGB 0270	MGB 0698	T-33	T-34	20	18.855	94.275%	20	18.855	94.275%	0	0.000%	±10%		
36	MGB 0698	MGB 0192	T-33	T-35	20	18.855	94.275%	20	18.803	94.015%	0.052	0.260%	±10%		
37	MGB 0192	MGB 0876	T-35	T-36	20	18.803	94.015%	20	18.805	94.015%	0	0.000%	±10%		
38	MGB 0192	MGB 1659	T-35	T-37	20	18.803	94.015%	20	18.787	93.935%	0.016	0.080%	±10%		
39	MGB 1659	LMR 2045	T-37	T-38	20	18.787	93.935%	20	18.761	93.920%	0.026	0.130%	±10%		
40	LMR 2045	MGB 0829	T-38	T-39	20	18.761	93.920%	20	18.761	93.920%	0	0.000%	±10%		

42	MGB 0829	LMR 1636	T-39	T-40	20	18.784	93.920%	20	18.783	93.919%	0.001	0.005%	±10%
43	MGB 1659	LMR 1097	T-37	T-41	20	18.787	93.935%	20	18.761	93.895%	0.026	0.120%	±10%
44	LMR 1097	LMR 0321	T-41	T-42	20	18.761	93.895%	20	18.755	93.775%	0.006	0.030%	±10%
45	LMR 0321	LMR 0888	T-42	T-43	20	18.755	93.775%	20	18.753	93.765%	0.002	0.010%	±10%
46	LMR 0888	LMR 2042	T-42	T-44	20	18.753	93.775%	20	18.753	93.765%	0.002	0.010%	±10%
47	LMR 2042	LMR 1066	T-44	T-45	20	18.753	93.765%	20	18.753	93.765%	0	0.000%	±10%
48	LMR 1066	LMR 0738	T-42	T-46	20	18.753	93.775%	20	18.762	93.810%	0.009	0.045%	±10%
49	LMR 0738	LMR 1621	T-46	T-47	20	18.762	93.810%	20	18.762	93.810%	0	0.000%	±10%
50	LMR 0738	LMR 0291	T-46	T-48	20	18.762	93.810%	20	18.621	91.165%	0.081	0.405%	±10%
51	LMR 0291	LMR 0948	T-48	T-49	20	18.621	91.165%	20	18.558	92.760%	0.063	0.315%	±10%
52	LMR 0948	LMR 0292	T-49	T-50	20	18.558	92.760%	20	18.515	92.575%	0.043	0.215%	±10%
53	LMR 0292	LMR 0355	T-40	T-51	20	18.515	92.575%	20	18.511	92.545%	0.004	0.020%	±10%
54	LMR 0355	LMR 1178	T-51	T-52	20	18.511	92.545%	20	18.511	92.545%	0	0.000%	±10%
55	LMR 0355	LMR 0610	T-51	T-53	20	18.511	92.545%	20	18.510	92.540%	0.001	0.005%	±10%
56	LMR 0355	LMR 0910	T-51	T-54	20	18.511	92.545%	20	18.511	92.545%	0	0.000%	±10%
57	LMR 0292	LMR 1505	T-50	T-55	20	18.515	92.575%	20	18.515	92.575%	0	0.000%	±10%
58	LMR 0292	TRP 1613	T-50	T-56	20	18.515	92.575%	20	18.473	92.465%	0.042	0.210%	±10%
59	TRP 1613	LMR 1013	T-56	T-57	20	18.473	92.465%	20	18.439	92.195%	0.034	0.170%	±10%
60	LMR 1013	LMR 1654	T-57	T-58	20	18.439	92.195%	20	18.438	92.190%	0.001	0.005%	±10%
61	LMR 1654	LMR 1581	T-57	T-59	20	18.439	92.195%	20	18.439	92.190%	0.001	0.005%	±10%
62	LMR 1581	LMR 1953	T-59	T-60	20	18.438	92.190%	20	18.438	92.190%	0	0.000%	±10%
63	LMR 1013	TRP 0203	T-57	T-61	20	18.439	92.195%	20	18.416	92.080%	0.023	0.115%	±10%
64	TRP 0203	TRP 0658	T-61	T-62	20	18.416	92.080%	20	18.313	91.565%	0.103	0.515%	±10%
65	TRP 0658	LMR 2036	T-62	T-63	20	18.313	91.565%	20	18.313	91.565%	0.000	0.000%	±10%
66	TRP 2036	TRP 0755	T-62	T-64	20	18.313	91.565%	20	18.301	91.595%	0.012	0.060%	±10%
67	TRP 0755	TRP 0296	T-64	T-65	20	18.301	91.565%	20	18.284	91.420%	0.017	0.085%	±10%
68	TRP 0296	TRP 0700	T-65	T-66	20	18.284	91.420%	20	18.284	91.420%	0	0.000%	±10%
69	TRP 0700	LMR 1163	T-65	T-67	20	18.284	91.420%	20	18.261	91.305%	0.023	0.115%	±10%
70	LMR 1163	LMR 1019	T-67	T-68	20	18.261	91.305%	20	18.261	91.305%	0	0.000%	±10%
71	TRP 1019	TRP 0859	T-67	T-70	20	18.261	91.305%	20	18.261	91.305%	0	0.000%	±10%
72	TRP 0859	TRP 1663	T-70	T-71	20	18.261	91.305%	20	18.207	91.035%	0.054	0.270%	±10%
73	TRP 1663	TRP 1417	T-71	T-72	20	18.207	91.035%	20	18.205	91.025%	0.002	0.010%	±10%
74	TRP 1417	TRP 0353	T-71	T-73	20	18.207	91.035%	20	18.192	90.860%	0.015	0.075%	±10%
75	TRP 0353	TRP 0755	T-73	T-74	20	18.192	90.860%	20	18.192	90.860%	0	0.000%	±10%
76	TRP 0755	GMT 0343	T-73	T-76	20	18.192	90.860%	20	18.177	90.835%	0.015	0.075%	±10%
77	GMT 0343	TRP 0442	T-76	T-76	20	18.177	90.860%	20	18.176	90.860%	0.001	0.005%	±10%
78	TRP 0442	GMT 0450	T-76	T-77	20	18.177	90.860%	20	18.173	90.865%	0.001	0.020%	±10%
79	GMT 0450	TRP 0941	T-77	T-78	20	18.173	90.865%	20	18.173	90.865%	0	0.000%	±10%
80	TRP 0941	TRP 0948	T-78	T-79	20	18.173	90.865%	20	18.172	90.860%	0.001	0.005%	±10%
81	TRP 0948	TRP 1581	T-79	T-80	20	18.173	90.865%	20	18.173	90.865%	0	0.000%	±10%
82	TRP 1581	GMT 0959	T-79	T-81	20	18.177	90.865%	20	18.122	90.610%	0.055	0.275%	±10%
83	GMT 0959	TRP 0913	T-81	T-82	20	18.122	90.610%	20	18.103	90.515%	0.019	0.095%	±10%
84	TRP 0913	GMT 1160	T-82	T-83	20	18.122	90.610%	20	18.120	90.600%	0.002	0.010%	±10%
85	GMT 1160	TRP 1858	T-83	T-84	20	18.120	90.600%	20	18.119	90.595%	0.001	0.005%	±10%
86	TRP 1858	GMT 1861	T-84	T-85	20	18.119	90.595%	20	18.118	90.590%	0.001	0.005%	±10%
87	GMT 1861	TRP 1581	T-85	T-86	20	18.118	90.595%	20	18.118	90.595%	0	0.000%	±10%
88	TRP 1581	GMT 1160	T-86	T-87	20	18.118	90.595%	20	18.118	90.590%	0.001	0.005%	±10%
89	GMT 1160	TRP 1777	T-87	T-88	20	18.118	90.595%	20	18.116	90.585%	0	0.000%	±10%
90	TRP 1777	GMT 0458	T-88	T-89	20	18.116	90.585%	20	18.117	90.580%	0.005	0.025%	±10%
91	GMT 0458	GMT 0459	T-89	T-90	20	18.117	90.585%	20	18.115	90.575%	0.002	0.010%	±10%
92	GMT 0459	GMT 1627	T-90	T-91	20	18.115	90.575%	20	18.114	90.570%	0.001	0.005%	±10%
93	GMT 1627	TRP 0353	T-91	T-92	20	18.112	90.575%	20	18.116	90.590%	0.006	0.030%	±10%
94	TRP 0353	GMT 0211	T-92	T-93	20	18.112	90.575%	20	18.112	90.580%	0	0.000%	±10%
95	GMT 0211	GMT 0236	T-93	T-94	20	18.112	90.575%	20	18.120	90.600%	0.002	0.010%	±10%
96	GMT 0236	GMT 0312	T-94	T-95	20	18.122	90.610%	20	18.116	90.580%	0.006	0.030%	±10%
97	GMT 0312	GMT 1220	T-95	T-96	20	18.122	90.610%	20	18.069	90.345%	0.053	0.265%	±10%
98	GMT 1220	SAL 0366	T-96	T-97	20	18.069	90.345%	20	18.030	90.240%	0.010	0.095%	±10%
99	SAL 0366	GMT 0312	T-97	T-98	20	18.030	90.240%	20	18.048	90.280%	0.018	0.095%	±10%
100	SAL 0312	SAL 0316	T-97	T-97	20	18.030	90.240%	20	18.035	90.255%	0.015	0.075%	±10%
101	SAL 0316	AMB 1611	T-99	T-100	20	18.035	90.155%	20	18.026	90.130%	0.025	0.125%	±10%
102	AMB 1611	AMB 0455	T-100	T-101	20	18.026	90.155%	20	18.024	90.120%	0.002	0.010%	±10%
103	SAL 0455	AMB 0454	T-99	T-102	20	18.035	90.155%	20	18.005	90.025%	0.026	0.130%	±10%
104	AMB 0454	AMB 0454	T-102	T-103	20	18.005	90.025%	20	18.000	90.000%	0.005	0.025%	±10%
105	AMB 0454	AMB 0900	T-103	T-104	20	18.000	90.000%	20	18.000	90.000%	0	0.000%	±10%
106	AMB 0900	AMB 1611	T-104	T-105	20	17.999	89.995%	20	17.992	89.960%	0.003	0.015%	±10%
107	AMB 1611	SLR 1929	T-105	T-106	20	17.993	89.995%	20	17.990	89.990%	0.002	0.010%	±10%
108	SLR 1929	SLR 1930	T-106	T-107	20	17.990	89.990%	20	17.988	89.990%	0.002	0.010%	±10%
109	SLR 1930	SLR 1931	T-107	T-108	20	17.988	89.990%	20	17.983	89.915%	0.005	0.025%	±10%

Tabel 3. Hasil Simulasi Jatuh Tegangan pada Transformator

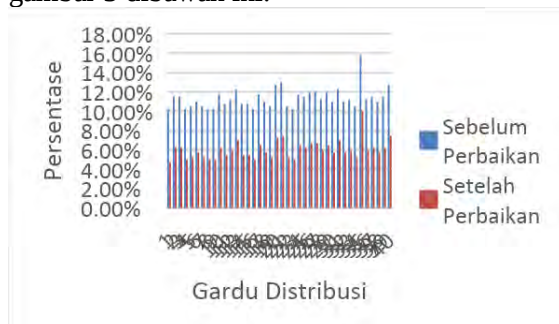
No.	Gardu Distribusi	Dial Bus	Membaca Bus	Tegangan Nominal		Tegangan Kirim (kV)		Tegangan Normal		Tegangan Terima (kV)		Drop Voltage (kV)		Batas Vd (%)
				S1-01	150	150	100.000%	20	19.467	97.335%	0.533	2.665%		
1	T1	Terminal	S1-01	150	150	100.000%	20	19.467	97.335% <td>0.533</td> <td>2.665%<td></td><td>±10%</td></td>	0.533	2.665% <td></td> <td>±10%</td>		±10%	
2	BT1 1625	T-1	Td-1	20	19.346	96.730%	0.400	0.381	95.250%	0.019	4.750%		±10%	
3	BT1 1658	T-2	Td-2	20	19.346	96.730%	0.400	0.387	96.500%	0.013	3.250%		±10%	
4	BT1 1660	T-3	Td-3	20	19.346	96.730%	0.400	0.386	96.500%	0.014	3.500%		±10%	
5	MOB 1616	T-4	Td-4	20	19.345	96.725%	0.400	0.384	96.000%	0.016	4.000%		±10%	
6	MOB 1345	T-5	Td-5	20	19.207	96.035%	0.400	0.379	94.750%	0.021	5.250%		±10%	
7	MOB 1943	T-6	Td-6	20	19.023	95.115%	0.400	0.351	92.500%	0.029	7.250%		±10%	
8	MOB 1489	T-7	Td-7	20	19.207	96.035%	0.400	0.385	95.750%	0.017	4.250%		±10%	
9	MGR 1626	Td-8	Td-8	20	19.173	95.865%	0.400	0.370	92.500%	0.030	7.500%		±10%	
10	MGR 1479	T-9	Td-9	20	19.206	96.030%	0.400	0.380	95.000%	0.020	5.000%		±10%	
11	MGR 1481	T-10	Td-10	20	19.206	96.030%	0.400	0.380	95.000%	0.020	5.000%		±10%	
12	MGR 1483	T-11	Td-11	20	19.043	94.715%	0.400	0.375	93.750%	0.025	6.250%		±10%	
13	MGR 1484	T-12	Td-12	20	19.014	94.570%	0.400	0.370	92.500%	0.030	7.500%		±10%	
14	MGR 0323	T-13	Td-13	20	18.904	94.520%	0.400	0.368	92.000%	0.032	8.000%		±10%	
15	MGR 0531	T-14	Td-14	20	18.903	94.515%	0.400	0.376	94.000%	0.024	6.000%		±10%	
16	MGR 1006	T-15	Td-15	20	18.888	94.490%	0.400	0.368	92.000%	0.032	8.000%		±10%	
17	MGR 1661	T-16	Td-16	20	18.889	94.490%	0.400	0.372	93.000%	0.028	7.000%		±10%	
18	MGR 0945	T-17	Td-17	20	18.886	94.480%	0.400	0.377	94.250%	0.023	5.750%		±10%	
19	MGR 1001	T-18	Td-18	20	18.883	94.415%	0.400	0.365	91.250%	0.035	8.750%		±10%	
20	MGR 0736	T-19	Td-19	20	18.883	94.415%	0.400	0.368	94.500%	0.022	5.500%		±10%	
21	MGR 1685	T-20	Td-20	20	18.876	94.380%	0.400	0.369	92.250%	0.031	7.750%		±10%	
22	MGR 1485	T-21	Td-21	20	18.873	94.370%	0.400	0.369	92.250%	0.031	7.750%		±10%	
23	MGR 1466	T-22	Td-22	20	18.870	94.350%	0.400	0.373	93.250%	0.027	6.750%		±10%	
24	MGR 1483	T-23	Td-23	20	18.902	94.510%	0.400	0.375	93.750%	0.025	6.250%		±10%	
25	MGR 0648	T-24	Td-24	20	18.901	94.505%	0.400	0.369	92.250%	0.031	7.750%		±10%	
26	MGR 1662	T-25	Td-25	20	18.899	94.485%	0.400	0.373	93.250%	0.027	6.750%		±10%	
27	MGR 1004	T-26	Td-26	20	18.893	94.485%	0.400	0.367	91.750%	0.033	8.250%		±10%	
28	MGR 1256	T-27	Td-27	20	18.888	94.440%	0.400	0.371	92.750%	0.029	7.250%		±10%	
29	MGR 2043	T-28	Td-28	20	18.878	94.390%	0.400	0.369	92.250%	0.031	7.750%		±10%	
30	MGR 1551	T-29	Td-29	20	18.877	94.385%	0.400	0.368	92.000%	0.032	8.000%		±10%	
31	MGR 0335	T-30	Td-30	20	18.876	94.380%	0.400	0.365	91.250%	0.035	8.750%		±10%	
32	MGR 0108	T-31	Td-31	20	18.874	94.370%	0.400	0.366	91.500%	0.034	8.500%		±10%	
33	MGR 1550	T-32	Td-32	20	18.874	94.370%	0.400	0.377	94.250%	0.023	5.750%		±10%	
34	MGR 0270	T-33	Td-33	20	18.855	94.275%	0.400	0.371	92.750%	0.029	7.250%		±10%	
35	MGR 0608	T-34	Td-34	20	18.855	94.275%	0.400	0.368	92.000%	0.032	8.000%		±10%	
36	MGR 0192	T-35	Td-35	20	18.863	94.015%	0.400	0.367	91.750%	0.033	8.250%		±10%	
37	MGR 0676	T-36	Td-36	20	18.893	94.015%	0.400	0.363	90.750%	0.037	9.250%		±10%	
38	MGR 1659	T-37	Td-37	20	18.787	93.935%	0.400	0.370	92.500%	0.030	7.500%		±10%	
39	LMR 2045	T-38	Td-38	20	18.784	93.920%	0.400	0.369	92.250%	0.031	7.750%		±10%	
40	LMR 0820	T-39	Td-39	20	18.784	93.920%	0.400	0.361	90.250%	0.039	9.750%		±10%	
41	LMR 1636	T-40	Td-40	20	18.783	93.915%	0.400	0.362	90.500%	0.038	9.500%		±10%	
42	LMR 1097	T-41	Td-41	20	18.781	93.905%	0.400	0.370	92.500%	0.030	7.500%		±10%	
43	LMR 0125	T-42	Td-42	20	18.755	93.775%	0.400	0.350	85.750%	0.041	10.250%		±10%	
44	LMR 0683	T-43	Td-43	20	18.751	93.765%	0.400	0.366	91.500%	0.034	8.500%		±10%	
45	LMR 2042	T-44	Td-44	20	18.753	93.765%	0.400	0.370	92.500%	0.030	7.500%		±10%	
46	LMR 1598	T-45	Td-45	20	18.752	93.765%	0.400	0.365	91.250%	0.035	8.750%		±10%	
47	LMR 0771	T-46	Td-46	20	18.702	93.510%	0.400	0.365	91.250%	0.035	8.750%		±10%	
48	LMR 1621	T-47	Td-47	20	18.702	93.510%	0.400	0.368	92.000%	0.032	8.000%		±10%	
49	LMR 0201	T-48	Td-48	20	18.621	93.105%	0.400	0.354	88.500%	0.046	11.500%		±10%	
50	LMR 0958	T-49	Td-49	20	18.588	92.790%	0.400	0.365	91.250%	0.035	8.750%		±10%	
51	LMR 0352	T-50	Td-50	20	18.519	92.595%	0.400	0.354	88.500%	0.046	11.500%		±10%	
52	LMR 1555	T-51	Td-51	20	18.511	92.555%	0.400	0.359	89.750%	0.041	10.250%		±10%	
53	LMR 1378	T-52	Td-52	20	18.511	92.555%	0.400	0.369	92.250%	0.031	7.750%		±10%	
54	LMR 0610	T-53	Td-53	20	18.510	92.550%	0.400	0.366	91.500%	0.034	8.500%		±10%	
55	LMR 0910	T-54	Td-54	20	18.511	92.555%	0.400	0.369	92.250%	0.031	7.750%		±10%	
56	LMR 1651	T-55	Td-55	20	18.511	92.555%	0.400	0.365	91.250%	0.035	8.750%		±10%	
57	TRP 1613	T-56	Td-56	20	18.473	92.365%	0.400	0.358	89.500%	0.042	10.500%		±10%	
58	LMR 1012	T-57	Td-57	20	18.439	92.195%	0.400	0.356	89.000%	0.044	11.000%		±10%	
59	LMR 1654	T-58	Td-58	20	18.438	92.190%	0.400	0.368	92.000%	0.032	8.000%		±10%	
60	LMR 1581	T-59	Td-59	20	18.438	92.190%	0.400	0.366	91.500%	0.034	8.500%		±10%	
61	LMR 1953	T-60	Td-60	20	18.438	92.190%	0.400	0.365	91.250%	0.035	8.750%		±10%	
62	TRP 0253	T-61	Td-61	20	18.416	92.080%	0.400	0.361	90.250%	0.039	9.750%		±10%	
63	TRP 0938	T-62	Td-62	20	18.313	91.565%	0.400	0.358	89.000%	0.042	10.500%		±10%	
64	LMR 2036	T-63	Td-63	20	18.312	91.560%	0.400	0.359	89.750%	0.041	10.250%		±10%	
65	TRP 1975	T-64	Td-64	20	18.301	91.535%	0.400	0.359	89.750%	0.041	10.250%		±10%	
66	TRP 2096	T-65	Td-65	20	18.284	91.420%	0.400	0.361	90.250%	0.041	10.250%		±10%	
67	TRP 1566	T-66	Td-66	20	18.284	91.420%	0.400	0.363	90.750%	0.039	9.750%		±10%	
68	TRP 1313	T-67	Td-67	20	18.261	91.305%	0.400	0.357	89.250%	0.043	10.750%		±10%	
69	TRP 1506	T-68	Td-68	20	18.261	91.305%	0.400	0.362	90.500%	0.038	9.500%		±10%	
70	TRP 0914	T-69	Td-69	20	18.261	91.305%	0.400	0.363	90.750%	0.037	9.250%		±10%	
71	TRP 1550	T-70	Td-70	20	18.261	91.305%	0.400	0.365	91.250%	0.035	8.750%		±10%	
72	TRP 1663	T-71	Td-71	20	18.207	91.035%	0.400	0.355	88.500%	0.045	11.250%		±10%	
73	TRP 1417	T-72	Td-72	20	18.205	91.025%	0.400	0.351	87.750%	0.049	12.250%		±10%	
74	TRP 0757	T-73	Td-73	20	18.192	90.960%	0.400	0.357	89.250%	0.043	10.750%		±10%	
75	TRP 1504	T-74	Td-74	20	18.192	90.960%	0.400	0.360	90.000%	0.040	10.000%		±10%	
76	GNT 0353	T-75	Td-75	20	18.192	90.960%	0.400	0.357	89.250%	0.043	10.750%		±10%	
77	TRP 1452	T-76	Td-76	20	18.176	90.880%	0.400	0.359	89.750%	0.041	10.250%		±10%	
78	GNT 0440	T-77	Td-77	20	18.175	90.865%	0.400	0.353	88.250%	0.047	11.750%		±10%	
79	TRP 1954	T-78	Td-78	20	18.175	90.865%	0.400	0.359	89.750%	0.041	10.250%		±10%	
80	TRP 2040	T-79	Td-79	20	18.172	90.860%	0.400	0.358	89.500%	0.042	10.500%		±10%	
81	TRP 1772	Td-80	Td-80	20	18.173	90.865%	0.400	0.363	90.750%	0.037	9.250%		±10%	
82	GNT 0867	T-81	Td-81	20	18.122	90.610%	0.400	0.349	87.250%	0.051	12.750%		±10%	
83	TRP 1742	Td-82	Td-82	20	18.116	90.585%	0.400	0.352	88.500%	0.048	12.250%		±10%	
84	GTR 1106	T-83	Td-83	20	18.139	90.680%	0.400	0.360	90.000%	0.040	10.000%		±10%	
85	TRP 1555	T-84	Td-84	20	18.119	90.595%	0.400	0.350	90.000%	0.042	10.000%		±10%	
86	GTR 1161	T-85	Td-85	20	18.118	90.590%	0.400	0.358	89.500%	0.042	10.000%		±10%	
87	GTR 1102	T-86	Td-86	20	18.117	90.583%	0.400	0.359	89.750%	0.041	10.250%		±10%	
88	TRP 1556	T-87	Td-87	20	18.116	90.580%	0.400	0.357	89.500%	0.042	10.250%		±10%	
89	GTR 1177	T-88	Td-88	20	18.115	90.580%	0.400	0.361	90.250%	0.039	9.750%		±10%	
90	GRI 0165	T-89	Td-89	20	18.117	90.585%	0.400	0.353	88.250%	0.047	11.750%		±10%	
91	GRI 0459	Td-90	Td-90	20	18.115	90.575%	0.400	0.354	88.500%	0.046	11.500%		±10%	
92	GRI 1627	T-91	Td-91	20	18.114	90.570%	0.400	0.362	90.500%	0.038	9.500%		±10%	
93	GRI 1742	T-92	Td-92	20	18.113	90.565%</								

Tabel 5. Hasil Simulasi Jatuh Tegangan Pada Penghantar Atau Kabel Setelah Mengubah Tap Changer

No	Gardu Distribusi	Dari Bus	Mengiri Bus	Tegangan Nominal (kV)	Tegangan Kiri (kV)	%	Tegangan Nominal (kV)	Tegangan Terna (kV)	%	Drop Voltage (kV)	Drop Voltage (%)	Batas Vd (%)
1	IT	Terminal	S1-01	150	150	100.000%	0	20.448	100.240%	0.448	2.240%	+10%
2	BT4 1625	T-1	T-0-1	20	20.334	101.670%	0.439	0.401	100.250%	0.001	0.250%	+10%
3	BT4 1658	T-3	T-0-2	20	20.334	101.670%	0.440	0.407	101.750%	0.007	1.750%	+10%
4	BT4 1800	T-3	T-0-3	20	20.334	101.670%	0.440	0.406	101.500%	0.006	1.500%	+10%
5	MGB 1616	T-4	T-0-4	20	20.333	101.665%	0.440	0.404	101.000%	0.004	1.000%	+10%
6	MGB 1345	T-5	T-0-5	20	20.203	101.015%	0.400	0.399	99.750%	0.001	0.250%	+10%
7	MGB 1440	T-6	T-0-6	20	20.029	100.145%	0.400	0.392	99.000%	0.008	2.000%	+10%
8	MGB 1440	T-7	T-0-7	20	20.202	101.015%	0.400	0.403	100.750%	0.003	0.750%	+10%
9	MGB 1626	T-8	T-0-8	20	20.171	100.855%	0.400	0.391	97.750%	0.009	2.250%	+10%
10	MGB 1479	T-9	T-0-9	20	20.202	101.010%	0.400	0.400	100.000%	0	0.000%	+10%
11	MGB 1481	T-10	T-0-10	20	20.202	101.010%	0.400	0.400	100.000%	0	0.000%	+10%
12	MGB 1483	T-11	T-0-11	20	19.954	99.770%	0.400	0.388	98.750%	0.005	1.250%	+10%
13	MGB 1484	T-12	T-0-12	20	19.927	99.635%	0.400	0.390	97.500%	0.011	2.500%	+10%
14	MGB 1623	T-13	T-0-13	20	19.917	99.555%	0.400	0.389	97.250%	0.011	2.750%	+10%
15	MGB 0501	T-14	T-0-14	20	19.916	99.580%	0.400	0.396	99.000%	0.004	1.000%	+10%
16	MGB 1636	T-15	T-0-15	20	19.912	99.500%	0.400	0.388	97.000%	0.012	3.000%	+10%
17	MGB 1661	T-16	T-0-16	20	19.901	99.520%	0.400	0.392	98.000%	0.008	2.000%	+10%
18	MGB 0645	T-17	T-0-17	20	19.908	99.500%	0.400	0.397	99.250%	0.003	0.750%	+10%
19	MGB 1001	T-18	T-0-18	20	19.897	99.455%	0.400	0.386	96.500%	0.014	3.500%	+10%
20	MGB 0756	T-19	T-0-19	20	19.897	99.455%	0.400	0.398	99.500%	0.002	0.500%	+10%
21	MGB 1665	T-20	T-0-20	20	19.891	99.455%	0.400	0.390	97.500%	0.011	2.750%	+10%
22	MGB 1465	T-21	T-0-21	20	19.886	99.430%	0.400	0.389	97.250%	0.011	2.750%	+10%
23	MGB 2043	T-22	T-0-22	20	19.884	99.425%	0.400	0.384	96.000%	0.008	1.500%	+10%
24	MGB 1465	T-23	T-0-23	20	19.875	99.475%	0.400	0.386	99.000%	0.004	1.000%	+10%
25	MGB 0648	T-24	T-0-24	20	19.915	99.575%	0.400	0.390	97.500%	0.011	2.500%	+10%
26	MGB 1662	T-25	T-0-25	20	19.913	99.565%	0.400	0.384	96.500%	0.006	1.500%	+10%
27	MGB 1004	T-26	T-0-26	20	19.903	99.515%	0.400	0.388	97.000%	0.012	3.000%	+10%
28	MGB 1256	T-27	T-0-27	20	19.902	99.510%	0.400	0.392	98.000%	0.008	2.000%	+10%
29	MGB 2043	T-28	T-0-28	20	19.893	99.495%	0.400	0.387	97.500%	0.011	2.500%	+10%
30	MGB 1551	T-29	T-0-29	20	19.892	99.490%	0.400	0.388	97.000%	0.012	3.000%	+10%
31	MGB 0335	T-30	T-0-30	20	19.891	99.455%	0.400	0.386	96.500%	0.014	3.500%	+10%
32	MGB 1100	T-31	T-0-31	20	19.889	99.445%	0.400	0.387	96.750%	0.013	3.250%	+10%
33	MGB 0158	T-32	T-0-32	20	19.889	99.445%	0.400	0.397	98.250%	0.003	0.750%	+10%
34	MGB 0276	T-33	T-0-33	20	19.872	99.390%	0.400	0.391	97.750%	0.009	2.250%	+10%
35	MGB 0998	T-34	T-0-34	20	19.871	99.355%	0.400	0.389	97.250%	0.011	2.750%	+10%
36	MGB 0192	T-35	T-0-35	20	19.823	99.115%	0.400	0.388	97.000%	0.012	3.000%	+10%
37	MGB 0876	T-36	T-0-36	20	19.822	99.120%	0.400	0.384	96.000%	0.010	4.000%	+10%
38	MGB 1659	T-37	T-0-37	20	19.807	99.035%	0.400	0.391	97.500%	0.009	2.250%	+10%
39	LMB 2041	T-38	T-0-38	20	19.804	99.020%	0.400	0.390	97.500%	0.011	2.500%	+10%
40	MGB 1026	T-39	T-0-39	20	19.803	99.020%	0.400	0.382	95.500%	0.018	4.500%	+10%
41	LMB 1636	T-40	T-0-40	20	19.803	99.015%	0.400	0.383	95.750%	0.017	4.250%	+10%
42	LMB 1097	T-41	T-0-41	20	19.782	98.910%	0.400	0.390	97.500%	0.011	2.500%	+10%
43	LMB 0325	T-42	T-0-42	20	19.777	98.885%	0.400	0.381	95.250%	0.019	4.750%	+10%
44	LMB 0888	T-43	T-0-43	20	19.775	98.875%	0.400	0.387	96.750%	0.013	3.250%	+10%
45	LMB 2042	T-44	T-0-44	20	19.775	98.875%	0.400	0.390	97.500%	0.011	2.500%	+10%
46	LMB 1096	T-45	T-0-45	20	19.775	98.875%	0.400	0.386	96.500%	0.014	3.500%	+10%
47	LMB 0771	T-46	T-0-46	20	19.727	98.635%	0.400	0.386	96.500%	0.014	3.500%	+10%
48	LMB 1621	T-47	T-0-47	20	19.727	98.635%	0.400	0.388	97.000%	0.012	3.000%	+10%
49	LMB 0251	T-48	T-0-48	20	19.725	98.625%	0.400	0.375	95.000%	0.025	6.250%	+10%
50	LMB 0298	T-49	T-0-49	20	19.701	97.755%	0.400	0.386	96.500%	0.014	3.500%	+10%
51	LMB 0292	T-50	T-0-50	20	19.551	97.755%	0.400	0.375	93.750%	0.025	6.250%	+10%
52	LMB 0358	T-51	T-0-51	20	19.547	97.735%	0.400	0.380	95.000%	0.022	5.000%	+10%
53	LMB 1378	T-52	T-0-52	20	19.547	97.735%	0.400	0.389	97.250%	0.011	2.750%	+10%
54	LMB 0610	T-53	T-0-53	20	19.546	97.730%	0.400	0.386	96.500%	0.014	3.500%	+10%
55	LMB 0910	T-54	T-0-54	20	19.547	97.735%	0.400	0.389	97.250%	0.011	2.750%	+10%
56	LMB 1505	T-55	T-0-55	20	19.551	97.755%	0.400	0.385	96.250%	0.015	3.750%	+10%
57	TRP 1613	T-56	T-0-56	20	19.512	97.500%	0.400	0.379	94.750%	0.021	5.250%	+10%
58	LMB 1013	T-57	T-0-57	20	19.479	97.305%	0.400	0.377	94.250%	0.023	5.750%	+10%
59	LMB 1954	T-58	T-0-58	20	19.479	97.305%	0.400	0.388	97.000%	0.012	3.000%	+10%
60	LMB 1581	T-59	T-0-59	20	19.479	97.305%	0.400	0.386	96.500%	0.013	3.250%	+10%
61	LMB 1953	T-60	T-0-60	20	19.478	97.300%	0.400	0.385	96.250%	0.015	3.750%	+10%
62	TRP 0293	T-61	T-0-61	20	19.458	97.200%	0.400	0.382	95.500%	0.018	4.500%	+10%
63	TRP 0638	T-62	T-0-62	20	19.361	96.805%	0.400	0.379	94.750%	0.021	5.250%	+10%
64	TRP 0296	T-63	T-0-63	20	19.360	96.800%	0.400	0.380	95.000%	0.022	5.000%	+10%
65	TRP 1975	T-64	T-0-64	20	19.351	96.700%	0.400	0.380	95.000%	0.022	5.000%	+10%
66	TRP 0296	T-65	T-0-65	20	19.334	96.670%	0.400	0.375	95.000%	0.025	6.250%	+10%
67	TRP 0700	T-66	T-0-66	20	19.331	96.670%	0.400	0.381	96.000%	0.018	4.000%	+10%
68	TRP 1113	T-67	T-0-67	20	19.312	96.500%	0.400	0.378	94.500%	0.022	5.500%	+10%
69	TRP 1906	T-68	T-0-68	20	19.312	96.500%	0.400	0.383	95.750%	0.017	4.250%	+10%
70	TRP 0914	T-69	T-0-69	20	19.312	96.500%	0.400	0.384	96.000%	0.017	4.250%	+10%
71	TRP 1859	T-70	T-0-70	20	19.312	96.500%	0.400	0.386	96.500%	0.014	3.500%	+10%
72	TRP 1663	T-71	T-0-71	20	19.261	96.305%	0.400	0.376	94.000%	0.024	6.000%	+10%
73	TRP 1417	T-72	T-0-72	20	19.259	96.205%	0.400	0.372	93.000%	0.028	7.000%	+10%
74	TRP 0757	T-73	T-0-73	20	19.247	96.235%	0.400	0.378	94.500%	0.022	5.500%	+10%
75	TRP 1944	T-74	T-0-74	20	19.247	96.235%	0.400	0.380	95.000%	0.022	5.000%	+10%
76	GNT 0353	T-75	T-0-75	20	19.232	96.100%	0.400	0.378	94.500%	0.022	5.500%	+10%
77	TRP 1452	T-76	T-0-76	20	19.232	96.100%	0.400	0.380	95.000%	0.022	5.000%	+10%
78	GNT 0440	T-77	T-0-77	20	19.229	96.145%	0.400	0.374	93.500%	0.026	6.500%	+10%
79	TRP 1954	T-78	T-0-78	20	19.229	96.145%	0.400	0.377	94.250%	0.023	5.750%	+10%
80	TRP 2049	T-79	T-0-79	20	19.228	96.140%	0.400	0.379	94.750%	0.021	5.250%	+10%
81	TRP 1772	T-80	T-0-80	20	19.229	96.145%	0.400	0.384	95.000%	0.016	4.000%	+10%
82	GNT 0697	T-81	T-0-81	20	19.181	95.905%	0.400	0.371	92.750%	0.029	7.250%	+10%
83	TRP 1913	T-82	T-0-82	20	19.164	95.820%	0.400	0.370	92.500%	0.033	7.500%	+10%
84	GTR 1160	T-83	T-0-83	20	19.179	95.895%	0.400	0.381	93.250%	0.019	4.750%	+10%
85	TRP 1858	T-84	T-0-84	20	19.178	95.890%	0.400	0.381	93.250%	0.019	4.750%	+10%
86	GTR 1161	T-85	T-0-85	20	19.177	95.885%	0.400	0.379	94.750%	0.021	5.250%	+10%
87	GTR 1162	T-86	T-0-86	20	19.176	95.880%	0.400	0.380	95.000%	0.022	5.000%	+10%
88	GTR 1785	T-87	T-0-87	20	19.176	95.880%	0.400	0.382	95.500%	0.018	4.500%	+10%
89	GTR 1777	T-88	T-0-88	20	19.176	95.880%	0.400	0.382	95.500%	0.018	4.500%	+10%
90	GNT 0158	T-89	T-0-89	20	19.177	95.885%	0.400	0.374	93.500%	0.026	6.500%	+10%
91	GNT 0459	T-90	T-0-90	20	19.174	95.870%	0.400	0.375	93.750%	0.023	5.750%	+10%
92	GNT 1627	T-91	T-0-91	20	19.174	95.870%	0.400	0.382	95.500%	0.018	4.500%	+10%
93	GNT 0294	T-92	T-0-92	20	19.175	95.875%	0.400	0.373	93.250%	0.027	6.750%	+10%
94	GNT 0311	T-93	T-0-93	20	19.173	95.865%	0.400	0.373	93.250%	0.027	6.750%	+10%
95	GNT 1246	T-94	T-0-94	20	19.179	95.935%						

sebesar 0.063 kV atau 15.75% dari tegangan nominal 0.400 kV. Dengan tegangan kirim (Bus T-101) sebesar 18.024 kV atau 90.12% dari tegangan nominal 20 kV dan tegangan terima (Bus Td-101) sebesar 0.337 kV atau 84.251% dari tegangan nominal 0.400 kV. Setelah mengubah tap changer, jatuh tegangan pada gardu distribusi AMB 0455 sebesar 0.04 kV atau 10.00% dari tegangan nominal 0.400 kV. Dengan tegangan kirim (Bus T-101) sebesar 19.089 kV atau 95.445% dari tegangan nominal 20 kV dan tegangan kirim (bus Td-101) sebesar 0.360 atau 90.00% dari tegangan nominal 0.400 kV. Hal ini dikarenakan dengan menaikkan 5% dari tegangan nominal 20 kV pada sisi sekunder transformator daya (T1).

Perbandingan jatuh tegangan pada transformator distribusi yang mengalami jatuh tegangan dan tidak sesuai dengan standar PLN yaitu kurang lebih 10%. Menggunakan *tap changer* dengan menaikkan tegangan pada sisi sekunder pada transformator daya sebesar 5%, sehingga terjadi kenaikan tegangan. Misalnya pada transformator LMR 0325 yang sebelumnya tegangan yang terima sebesar 0.359 kV atau 89.75% menjadi 0.381 kV atau 95.25%. adapun perbandingan sebelum perbaikan dan setelah perbaikan jatuh tegangan pada transformator distribusi dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini:



Gambar 3. Perbandingan Sebelum dan Setelah Perbaikan Jatuh tegangan Menggunakan Tap Changer

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, serta berdasarkan tujuan dari penelitian ini maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: 1. Berdasarkan hasil analisis menggunakan *Power Factory DIgSILENT 15.1* pada Penyulang Manggar Sari Satu (S-1) selama 30 hari pada bulan Juni 2023 dalam keadaan pembebanan maksimum, pada penghantar atau kabel mengalami jatuh tegangan namun masih sesuai standar PLN yaitu dengan batas toleransi kurang lebih 10% dari tegangan nominal. Hal ini dikarenakan luas penampang yang digunakan cukup besar dan jenis kabel

yang digunakan juga sudah sesuai dengan standar PLN. Sedangkan pada transformator distribusi didapatkan jatuh tegangan yang tidak sesuai standar PLN dengan batas toleransi kurang lebih 10% dari tegangan nominal. Dari total transformator distribusi yaitu berjumlah 108 transformator terdapat 40 transformator yang mengalami jatuh tegangan yang tidak sesuai standar PLN. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu tegangan kirim yang dikirimkan kurang dari tegangan nominal dan pembebanan pada transformator distribusi melebihi kapasitas transformator distribusi.

2. Pada penelitian ini perbaikan jatuh tegangan menggunakan dengan *mengubah tap changer* pada transformator. *Tap changer* ini menambah 5% dari tegangan nominal. Tap changer dilakukan pada transformator daya dengan tujuan agar tegangan kirim sampai ke ujung sesuai atau mendekati tegangan nominal 20 kV. Rata-rata setelah menggunakan tap changer yaitu pada penghantar atau kabel didapatkan rata-rata tegangan kirim sebesar 19.584 kV atau 97.92% dan rata-rata tegangan terima sebesar 19.570 kV atau 97.85%. sedangkan sebelum menggunakan *tap changer* pada penghantar atau kabel didapatkan rata-rata tegangan kirim sebesar 18.550 kV atau 92.75% dan rata-rata tegangan terima sebesar 18.535 kV atau 92.67%. Pada transformator distribusi rata-rata didapatkan tegangan kirim sebesar 19.562 kV atau 97.80% dari tegangan nominal yaitu 20 kV serta tegangan terima didapatkan sebesar 0.384 kV atau 96.10% dari tegangan nominal 0.400 kV, sebelumnya tegangan kirim sebesar 18.526 kV atau 92.63% dari tegangan nominal yaitu 20 kV serta tegangan terima didapatkan sebesar 0.364 atau 90.91% dari tegangan nominal 0.400 kV.

SARAN

Adapun saran untuk perusahaan maupun penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Pada perusahaan
 - a) Diharapkan dari hasil analisis jatuh tegangan ini dapat digunakan sebagai referensi maupun acuan bagi PT. PLN (Persero) UP3 Balikpapan atau Gardu Induk Manggar Sari dalam permasalahan jatuh tegangan dan bisa dijadikan pertimbangan untuk menggunakan software *Power Factory DIgSILENT 15.1* sebagian acuan untuk menjalankan simulasi sistem tenaga listrik.
2. Pada penelitian selanjutnya
 - a) Untuk penelitian selanjutnya diharapkan dalam menganalisis jatuh tegangan

pada saluran tegangan menengah 20 kV ini bisa menjadi salah satu referensi yang mana dapat dikembangkan lagi seperti menggunakan software ETAP atau menggunakan software PSS/E (*Power System Simulation For Engineers*) yang nantinya dapat dibandingkan hasil analisis jatuh tegangan dengan hasil skripsi ini.

b) Setelah analisis jatuh tegangan pada saat beban puncak selanjutnya perlu dilakukan analisis jatuh tegangan saat pembebanan rata-rata dan minimum sehingga dapat membandingkan beban dalam keadaan puncak, rata-rata dan minimum.

c) Penelitian ini perlu diperluas untuk mengetahui nilai rugi-rugi daya pada Penyulang Manggar Sari Satu (S-1), karena penelitian ini hanya terfokus pada tegangan saja.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. H. Mubarak Kholifah Yusuf, "Analisis Penanganan Jatuh Tegangan Pada Jaringan Distribusi 20 KV Menggunakan Electrical Transient Analysis Program (ETAP) 12.6," *הארץ*, vol. 2, no. 8.5.2017, pp. 2003–2005, 2022.
- [2] 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, doi: 10.36277/jteuniba.v6i2.140.
- [3] Standar Perusahaan Listrik Negara T6.001, "Tegangan - Tegangan Standar," *Standar Perusahaan. List. Negara T6.0012013*, vol. 1.1995, no. 391, p. 12, 2013.
- [4] T. Gonen, *Power Transmission System*. 2000.
- [5] G. I. Tarigan *et al.*, "Analisis Voltage Drop Dengan Memperbaiki Konduktor Menggunakan Software ETAP," vol. 30, no. April, pp. 469–476, 2022.

