

Analisis Penambahan Beban Dan Pembangkit Pada Sistem Kelistrikan Sulselbar PT. PLN Persero

Akhyar Muchtar¹⁾, Andi Fitriati²⁾, Adila Lestari Khaerunnisa³⁾, Rezky Putra Ananda Hamzah⁴⁾, Wahyu Fardiansyah⁵⁾, Muhira Dzar Faraby⁶⁾, Ahmad Rizal Sultan⁷⁾

¹Prodi D3 Teknik Mekatronika, Politeknik Bosowa, Makassar Indonesia
akhyarmuchtar@unn.ac.id

²Prodi D3 Teknik Mekatronika, Politeknik Bosowa, Makassar Indonesia
andi.fitriati@politeknikbosowa.ac.id

³Prodi D3 Teknik Mekatronika, Politeknik Bosowa, Makassar Indonesia
adilalestarisafnet@gmail.com

⁴Prodi D3 Teknik Mekatronika, Politeknik Bosowa, Makassar Indonesia
rezkyputraananda50@gmail.com

⁵Prodi D3 Teknik Mekatronika, Politeknik Bosowa, Makassar Indonesia
whyuardian2001@gmail.com

⁶Prodi D4 Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar Indonesia
muhiradzarfaby@poliupg.ac.id

⁷Prodi D4 Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar Indonesia
rizal.sultan@poliupg.ac.id

Abstrak

Masa modern saat ini, Indonesia termasuk ke dalam negara dengan tingkat kependudukan yang tinggi disertai perkembangan industri yang cukup pesat. Oleh karena itu, jumlah penggunaan energi listrik pun semakin naik tiap periodenya. Pada pengoperasian sistem tenaga listrik yang terdiri dari beberapa pusat pembangkit listrik, diperlukan suatu koordinasi yang cukup baik itu antara pembangkit maupun beban agar didapatkan suatu pembebanan optimal dan lebih ekonomis. Saat proses distribusi energi listrik itu pun harus secara ekonomis dan rasional. Dalam proses penyaluran listrik sangat memperhatikan kestabilan tegangan tetapi kerap kali mengabaikan rugi-rugi pada sistem transmisi. Maka dari itu dilakukan sebuah simulasi pada ETAP 12.6 agar dapat melihat prediksi pada sistem Sulselbar jika terjadi peningkatan beban sebanyak 12% untuk setiap bus dan penambahan satu unit pembangkit yang berbeda di setiap tahunnya dengan memperhatikan dampak pada nilai jatuh tegangan pada bus dan *losses* pada saluran atau jaringan. Sehingga dari penelitian tersebut, didapatkan hasil bahwa pada tahun ketiga, terjadi peningkatan beban menjadi 662,576 MW, persentase kenaikan *drop voltage* terbesar sebanyak 8,05% dan jumlah *losses* sebesar 10,062 MW.

Keywords : Peningkatan beban, Rugi daya, Jatuh tegangan, Sistem Sulselbar, ETAP

I. PENDAHULUAN

Masa modern saat ini, Indonesia termasuk ke dalam negara dengan tingkat kependudukan yang tinggi disertai perkembangan industri yang cukup pesat. Oleh karena itu, jumlah penggunaan energi listrik pun semakin naik tiap periodenya. Pada pengoperasian sistem tenaga listrik yang terdiri dari beberapa pusat pembangkit listrik, diperlukan suatu koordinasi yang cukup baik itu antara pembangkit maupun beban agar didapatkan suatu pembebanan optimal dan lebih ekonomis.

Proses distribusi energi listrik itu harus secara ekonomis dan rasional. Khususnya pada pengoperasian pembebanan jaringan Sulselbar dilakukan dengan pembagian pembebanan pada pembangkit tenaga listrik (penjadwalan pembebanan) saat menyuplai beban. Dalam proses penyaluran listrik ini sangat memperhatikan kestabilan tegangan tetapi kerap kali mengabaikan rugi-rugi pada sistem transmisi. Rugi-rugi pada sistem transmisi (*losses*) menyebabkan sistem transmisi jaringan Sulselbar menjadi kurang sehingga PT. PLN merencanakan pengembangan jaringan.[1]

Terlebih setiap tahunnya beban terus bertambah. Pengembangan beban industri dengan penambahan pembangkit yang tidak disertai dengan penambahan

peralatan kompensasi daya reaktif juga termasuk sebab terjadinya jatuh tegangan[11]. Sistem tenaga listrik yang baik adalah sistem tenaga yang dapat melayani beban secara kontinu dengan tegangan dan frekuensi yang konstan[4]. Sehingga untuk mengantisipasi hal tersebut dilakukan simulasi aliran daya sistem jaringan Sulselbar pada ETAP 12.6 dengan studi kasus : Penambahan beban 12% untuk setiap bus per tahun serta unit generator pada bus yang terpilih.

Maka dari itu dilakukan simulasi agar pada sistem Sulselbar jika terjadi peningkatan beban sebanyak 12% untuk setiap bus dan penambahan satu unit pembangkit yang berbeda di setiap tahunnya dengan memperhatikan dampak pada nilai jatuh tegangan pada bus dan *losses* pada saluran atau jaringan.

II. KAJIAN LITERATUR

A. Aliran Daya

Studi aliran daya atau *load flow study* adalah suatu studi yang mempelajari aliran daya pada suatu sistem kelistrikan dari suatu titik ke titik lain dan tegangan pada bus-bus yang berada pada sistem tersebut. Studi aliran daya merupakan penentuan atau perhitungan tegangan, arus, daya aktif,

faktor daya dan daya reaktif yang terdapat pada berbagai titik dalam suatu jaringan sistem tenaga listrik pada keadaan pengoperasian normal, baik yang sedang berjalan maupun yang diharapkan akan terjadi di masa yang akan datang. Kondisi ideal itu sendiri akan terwujud jika ada koordinasi dari segala komponen, salah satunya mengenai efisiensi pembangkit. Dengan adanya tuntutan efisiensi terhadap pembangkit listrik, dapat meminimalisir ketidakseimbangan persediaan tenaga listrik untuk beban [5]. Studi analisis aliran daya dapat dihitung secara manual maupun menggunakan *software computer*.

Tujuan aliran daya adalah untuk mengetahui besar vektor tegangan pada tiap bus dan besar aliran daya pada tiap cabang suatu jaringan untuk suatu kondisi beban tertentu dalam kondisi normal. Hasil perhitungan dapat digunakan untuk menelaah berbagai persoalan yang berhubungan dengan jaringan tersebut, yaitu meliputi hal-hal yang berhubungan dengan operasi jaringan yaitu [6]:

1. Pengaturan tegangan (*voltage regulation*), perbaikan faktor daya (*power factor*) jaringan, kapasitas kawat penghantar, termasuk rugi – rugi daya.
2. Perluasan atau pengembangan jaringan, yaitu menentukan lokasi yang tepat untuk penambahan bus beban baru dan unit pembangkitan atau gardu induk baru.
3. Perencanaan jaringan, yaitu kondisi jaringan yang diinginkan pada masa mendatang untuk melayani pertumbuhan beban karena kenaikan terhadap kebutuhan tenaga listrik.

Dalam Studi Aliran Daya dikenal berbagai Bus,yaitu [7]:

1. Bus referensi (*slack bus* atau *swing bus*) Slack bus berfungsi untuk mencatu rugi-rugi dan kekurangan daya aktif dan reaktif pada jaringan. Karena itu bus yang biasa digunakan adalah bus yang berdaya besar, dimana tegangan dan sudut fasanya diketahui.
 - a. Terhubung dengan generator.
 - b. V dan sudut fasa dari generator diketahui dan tetap.
 - c. P dan Q dihitung.
2. Generator bus (bus pembangkitan) atau (P- V bus) Generator bus atau *Voltage Generator* bus berfungsi tidak hanya untuk pengontrol tegangan akan tetapi juga dapat menambah daya dalam sistem karena bus ini paling kurang terkoneksi dengan 1 buah generator.
 - a. Terhubung dengan generator.
 - b. P dan V dari generator diketahui dan tetap
 - c. Sudut fasa dan Q dari daya reaktif generator dihitung.
3. Bus pembebanan (P-Q bus) Bus pembebanan atau yang biasa juga disebut sebagai *Load bus* adalah bus bebanyang memiliki besaran nilai daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) yang diketahui. Pada bus ini tidak ada generator yang terkoneksi melainkan hanya terkoneksi dengan beban saja.

- a. Terhubung dengan generator.
- b. P dan V dari generator diketahui dan tetap
- c. V dan sudut fasa tegangan dihitung [7].

B. Jatuh tegangan (Drop Voltage)

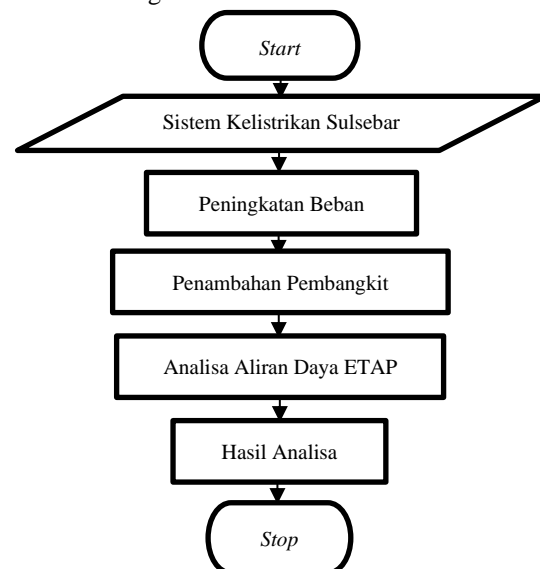
Jatuh tegangan merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Jatuh tegangan pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan Panjang penghantar beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar [8]. Jatuh tegangan pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar [9]. Kelebihan beban pada transformator pun dapat menyebabkan terjadinya jatuh tegangan di sepanjang penghantar yang dilaluinya [10]. Adapun jatuh tegangan dipengaruhi oleh impedansi konduktor, semakin besar impedansi maka penurunan tegangan akan semakin besar [11]

C. Rugi-rugi saluran (losses)

Rugi-rugi daya adalah kebocoran daya atau daya yang hilang di sepanjang jalur penyaluran tenaga listrik. *Losses* itu sendiri bisa diakibatkan karena rusaknya pembangkit, panjang kabel, terdapat komponen yang rusak, serta keakuratan dari alat ukur yang kurang memadai [12]. Rugi daya dapat di ketahui apabila tegangan pada pangkal pengirim (pembangkit) dan pangkal penerima terjadi perbedaan. Rugi-rugi daya akan membuat tidak efesiennya jaringan dalam pengiriman tenaga listrik dari sumber pembangkit ke beban (konsumen) [13]. Rugi-rugi dapat pun dapat disebabkan oleh umur alat yang sudah tua yang menyebabkan menurunnya kinerja alat tersebut [14]. Serta memberikan pengaruh yang besar terhadap kualitas daya serta tegangan yang dikirimkan ke sisi pelanggan [15].

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini disimulasikan pada ETAP 12.6 dengan Sistem Sulsebar sebagai objek, dengan melampirkan report tegangan setelah studi kasus serta rugi-rugi saluran (*losses*). Adapun ruang lingkup ataupun rangkaian kegiatan penelitian sebagai berikut :



Gambar 1. Flowchart Kegiatan

A. Studi Kasus

1. Tahun I = Penambahan beban pada setiap bus sebesar 12% dari tahun sebelumnya (keadaan normal) dan penambahan satu unit generator 62 MW pada bus Bakaruru
2. Tahun II = Penambahan beban pada setiap bus sebesar 12% dari tahun sebelumnya (tahun I) dan penambahan satu unit generator 100 MW pada bus Sengkang.
3. Tahun III = Penambahan beban pada setiap bus sebesar 12% dari tahun sebelumnya (Tahun II) dan penambahan satu unit generator 70 MW pada bus Poso

B. Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang kami laksanakan ialah studi literatur dengan data pada tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Data Pembangkit

No.	Nama Bus (Kode Bus)	V	Kapasitas	
			MW	Mvar
1.	Bakaru (1)	1.02	126	-1.1
2.	Pinrang (5)	1	0,63	0
3.	Suppa (7)	0.9866	40	16
4.	PLTU Barru (9)	0.9667	40,36	9,12
5.	Borongloe (19)	0.9428	17,2	4,6
6.	Punagaya (31)	1	232,84	61
7.	Sinjai (34)	1	9,7	0,6
8.	Sengkang (37)	1.01	302,8	36,3
9.	Makale (38)	1.02	7,1	1,52
10.	Palopo (39)	1.02	5	2,5
11.	PLTA Poso (41)	1.01	66,1	13,19

Tabel 2. Data Beban

No.	Nama Bus (Kode Bus)	V	Beban	
			MW	Mvar
1.	Polmas (2)	1.01	6.9	4
2.	Majene (3)	1	9.1	2.6
3.	Mamuju (4)	1	14.1	5
4.	Pare Pare (6)	1	16.6	4.9
5.	Sidrap (8)	1	18.9	12.4
6.	Barru (10)	1	6.95	2.4
7.	Pangkep 150 (11)	1	32.8	13.5
8.	Pangkep 70 (12)	1	0	-20
9.	Tonasa (13)	1	10.7	4.7
10.	Bosowa (14)	1	28.3	19.6
11.	Kimma (15)	1	13.8	4.5
12.	Tello 150 (16)	1	49.3	20.1
13.	Panakukang (17)	1	50.2	22.6
14.	Tello 70 (18)	1	0	-20
15.	Mandai (20)	1	16.4	4.3
16.	Daya (21)	1	25.5	-15.9
17.	Tello 30 (22)	1	0	0
18.	Barawaja (23)	1	3.81	0.13
19.	Tello Lama 150 (24)	1	40.9	11.7
20.	Tello Lama 70 (25)	1	0	-20
21.	Bontoala (26)	1	40.4	11.7
22.	Sungguminasa (27)	1	36.4	10.2
23.	Tanjung Bunga (28)	1	42.1	16
24.	Tallasa (29)	1	17.1	5.4
25.	Maros (30)	1	15.4	5
26.	Jeneponto (32)	1	16	4.2
27.	Bulukumba (33)	1	21.6	21.8
28.	Bone (35)	1	22.4	37.8
29.	Soppeng (36)	1	10.1	4.4

30.	Ltupa (40)	1	9.7	51
31.	Pomana 275 (42)	1	0	0
32.	Pomana 150 (43)	1	3.31	0.2
33.	Poso (44)	1	10.6	1.2

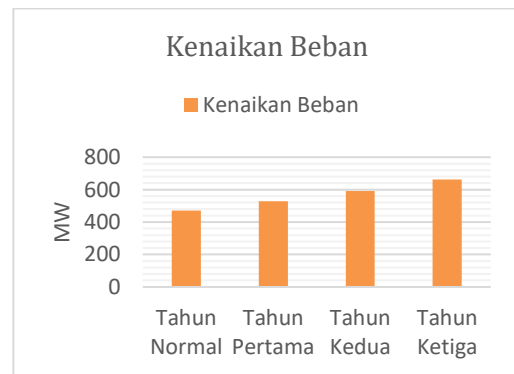
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Kenaikan Beban

Pada simulasi yang telah dilakukan, terdapat 3 periode waktu:

1. Tahun I, disimulasikan kenaikan beban sebesar 12% (dari beban tahun normal) pada setiap bus dan satu unit generator 62 MW pada bus Bakaruru. Hasilnya pada tahun pertama terjadi kenaikan dari 471,384 MW menjadi 528,232 MW.
2. Tahun II, disimulasikan kenaikan beban sebesar 12% (dari beban tahun I) pada setiap bus dan satu unit generator 100 MW pada bus Sengkang. Hasilnya pada tahun pertama terjadi kenaikan dari 528,232 MW menjadi 591,616 MW.
3. Tahun III, disimulasikan kenaikan beban sebesar 12% (dari beban tahun II) pada setiap bus dan satu unit generator 70 MW pada bus Poso. Hasilnya pada tahun pertama terjadi kenaikan dari 519,616 MW menjadi 662,576 MW.

Adapun grafik yang menunjukkan kenaikan beban pada tiap periode dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik Kenaikan Beban

B. Analisis Peningkatan Drop Voltage

Drop Voltage pada 3 periode pada simulasi dapat dilihat pada tabel 3:

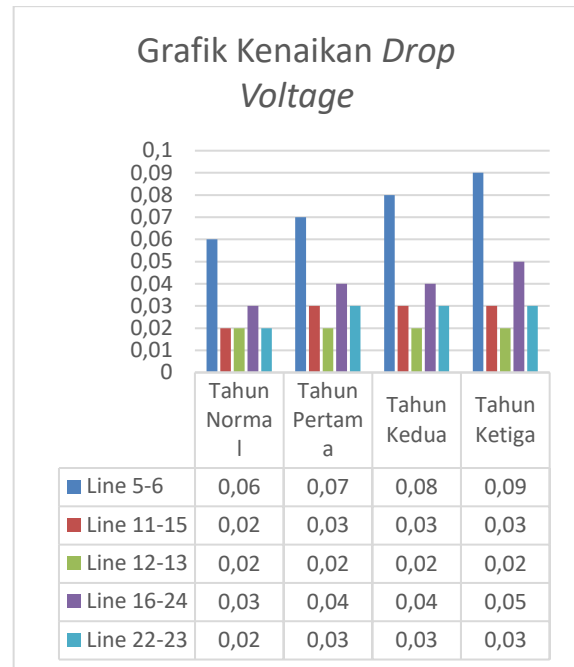
Tabel 3. Data Drop Voltage

Line	% Drop Voltage			
	0	I	II	III
1-2	1.05	1.18	1.33	1.50
1-5	-	-	-	-
2-3	1.01	1.13	1.28	1.44
2-6	0.99	1.11	1.25	1.41
3-4	0.84	0.95	1.06	1.20
5-6	0.06	0.07	0.08	0.09
6-7	0.06	0.07	0.08	0.09
6-8	0.27	0.30	0.34	0.38

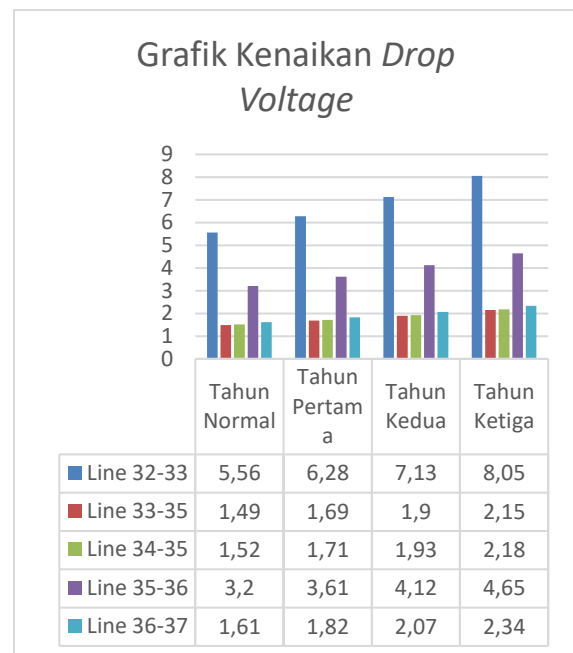
6-9	0.06	0.07	0.08	0.09
8-30	0.87	0.98	1.11	1.25
8-38	0.33	0.37	0.42	0.47
36-8	1.28	1.45	1.65	1.87
37-8	0.33	0.37	0.42	0.47
9-10	0.03	0.03	0.03	0.04
10-11	1.08	1.21	1.37	1.54
11-12	0.09	0.10	0.11	0.12
11-14	0.29	0.32	0.36	0.40
11-15	0.02	0.03	0.03	0.03
12-13	0.02	0.02	0.02	0.02
12-20	0.17	0.19	0.21	0.24
14-16	0.32	0.36	0.41	0.46
15-16	0.06	0.07	0.08	0.09
16-17	0.12	0.14	0.15	0.17
16-18	0.12	0.13	0.15	0.17
16-22	0.16	0.18	0.20	0.23
16-24	0.03	0.04	0.04	0.05
16-27	0.07	0.08	0.09	0.10
18-19	0.95	1.07	1.20	1.36
18-20	0.24	0.27	0.30	0.34
18-21	0.01	0.01	0.01	0.01
22-23	0.02	0.03	0.03	0.03
24-25	0.05	0.06	0.06	0.07
25-26	0.15	0.17	0.19	0.22
27-28	0.09	0.10	0.11	0.12
27-29	0.09	1.12	1.26	1.42
27-30	0.21	0.23	0.26	0.30
29-31	-	-	-	-
29-32	0.75	0.85	0.96	1.08
32-33	5.56	6.28	7.13	8.05
33-34	0.02	0.02	0.03	0.03
33-35	1.49	1.69	1.90	2.15
34-35	1.52	1.71	1.93	2.18
35-36	3.20	3.61	4.12	4.65
36-37	1.61	1.82	2.07	2.34
38-39	-	-	-	-
39-40	0.01	0.01	0.02	0.02
40-41	0.01	0.01	0.02	0.02
41-42	0.01	0.01	0.02	0.02
42-43	0.00	0.00	0.00	0.00
43-44	0.01	0.01	0.01	0.02

Dari hasil simulasi yang di dapat pada Tabel 3 terlihat bahwa kondisi tegangan dari tiap-tiap bus mengalami penurunan, tetapi besarnya masih berada dalam batas yang telah ditentukan, yaitu sebesar - 10% sampai +5% dari nilai tegangan dasar dan dapat diketahui bahwa kenaikan paling tinggi terjadi pada saluran atau *line* 39 yang menghubungkan bus 32-33 dengan kenaikan pada periode tahun III sebanyak 8,05%.

Adapun kenaikan signifikan *drop voltage* untuk 5 bus terendah dan 5 bus tertinggi dapat dilihat pada grafik pada gambar 3 dan gambar 4.



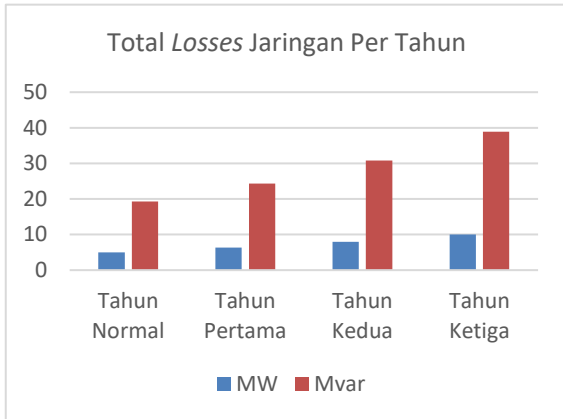
Gambar 3. Grafik Persentase kenaikan *drop voltage* pada 5 bus terendah



Gambar 4. Grafik persentase kenaikan *drop voltage* pada 5 bus tertinggi

C. Analisis Peningkatan Jumlah Losses

Untuk analisis peningkatan jumlah *losses* pada jaringan dapat di lihat pada grafik pada tabel 5.



Gambar 5. Grafik Peningkatan jumlah losses pada jaringan

Dari grafik 5 diketahui bahwa besarnya losses pada masing-masing saluran. Pada peningkatan dalam 3 periode yang diamati, losses yang paling terbesar terjadi pada saluran ke 28 yaitu penghubung antara bus 18 ke bus 19 sebesar 2.530 KWatt pada daya aktif, pada daya reaktifnya susut daya yang paling terbesar juga terjadi pada saluran 35 penghubung dari bus 27 ke bus 29 yaitu sebesar 10.513 Kvar. Sedangkan untuk losses yang paling kecil pada daya aktif (P) terjadi pada saluran 9 sebesar 0,4 Kw. Pada daya reaktif losses yang paling kecil terjadi pada saluran 20 yaitu sebesar 2,4 Kvar.

v. KESIMPULAN

1. Pada tahun pertama, terjadi peningkatan beban menjadi 528,232 MW. Persentase kenaikan drop voltage terbesar sebanyak 6,28% dan jumlah losses sebesar 6,302 MW.
2. Pada tahun kedua, terjadi peningkatan beban menjadi 591,616 MW. Persentase kenaikan drop voltage terbesar sebanyak 7,13% dan jumlah losses sebesar 7,974 MW.
3. Pada tahun kedua, terjadi peningkatan beban menjadi 662,576 MW.. Persentase kenaikan drop voltage terbesar sebanyak 8,05% dan jumlah losses sebesar 10,062 MW.
4. Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa nilai jatuh tegangan dan losses semakin bertambah sering bertambahnya beban dan generator tiap tahunnya.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Rencana Usaha Penyediaan Tenaga (RUPTL) PT PLN (Persero) 2015-2024

[2] Ariangga.A.R., S.I.Hardyudo., U.T.Kartini., W.Aribowo. (2021). Analisis Rugi Daya dan Jatuh Tegangan Pada Sistem Kelistrikan PT. Pertamina Ledok Untuk Meningkatkan Keandalan Sistem. Jurnal Teknik Elektro, Vol. 10, No.3. DOI : 10.26740/jte.v10n3.p649-659

[3] Faraby, M. D. D., & Penangsang, O. (2017). Studi Aliran Beban Interkoneksi SistemSulbangsel hingga Tahun 2020 Berdasarkan RUPTL PT. PLN (Persero) 2017-2026. JST (Jurnal Sains Terapan), 3(1).

[4] Gunadin.I.C., Zaenab., M.Jibril., A.Apriana., A.Siswanto. (2018). Analisis Kestabilan Sistem Sulsebar Akibat Dinamik Load Menggunakan Metode Operation Rescheduling. Jurnal JPE, Vol. 22, No.1. DOI : 10.25042/jpe.052018.05

[5] Alber. Ivan Darren., Berkah Fajar Tamtono. (2022). Analisis Pengaruh Perubahan Pembebanan Listrik Terhadap Konsumsi Spesifik bahan Bakar Pembangkitan, Heat Rate dan Efisiensi pada Unit 1 PLTU Kendari-3. JEPT : Jurnal Energi Baru & Terbarukan, Vol. 1, No. 3. DOI : 10.14710/jebt.2022.13371

[6] Hasibuan.A, Isa.M, Yusoff Irwan.M ,S.Rafidah. (2020). Analisa Aliran Daya Pada Sistem Tenaga Listrik dengan Metode Fast Decoupled menggunakan software ETAP. JurnalTeknikElektro,Vol.3,No.1.DOI:10.30596/rele.v1i1.5236

[7] Salman.R., Mustaman., Arwandi S. (2008). Simulasi dan Analisis Aliran daya Pada Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Perangkat Lunak Electrical Transient Analyser Program (ETAP) Versi 4.0

[8] P. Irene Kartika., A.Aziz., Perawati., N. Nurdiana., Y. Irwansi. (2021). Analisis Jatuh Tegangan Pada Penyulang Cendana Gardu Induk Bungaran Palembang. Jurnal Ampere, Vol. 6, No.2. DOI : 10.31851/ampere

[9] Effendi A, A.Yuana, E. Crismas (2017). Analisa Drop Tegangan PT PLN. (Persero) Rayon Lubuk Sikaping Setelah Penambahan PLTM Guntung. Jurnal Teknik Elektro ITP, Vol. 6, No.2

[10] Harapap. P, M. Adam, A. Prabowo. (2019) Analisa Penambahan Trafo Sisip Sisi Distribusi 20 kV mengurangi Beban Overload Dan Jatuh Tegangan Pada Trafo B1 11 Rayon Tanah Jawa Dengan Simulasi ETAP 12.6. Jurnal Teknik Elektro, Vol. 1, No.2 DOI : 10.30596/rele.v1i1.3002

[11] Bagus R.T, Denny I (2023). Analisis Jatuh Tegangan Pada Gardu Induk Cerne Sistem Transmisi 150 kV menggunakan Aplikasi Digsilent Jurnal

Ampere, Vol.8, No. 1. DOI : 10.31851/ampere

[12] Desmira., Nadiah Khoirunnisa., (2020). *Pengaruh Susut Energi (Losses) Pada Jaringan Distribusi (Studi Kasus : di PT. Krakatau Daya Listrik). Jurnal Ilmiah : Energi dan Kelistrikan*, Vol. 12, No. 2. DOI : 10.33322/energi.v12i2.1079

[13] Awansah. Rudi Setiabudy. (2021). *Analisa Jatuh Tegangan dan Rugi -Rugi Daya Dengan Penempatan Kapasitor Bank Pada Penyulang Nila PT PLN Area Metro. EPIC (Journal of Electrical Power, Instrumentation and Control)*, Vol. 4, No. 2. DOI : 10.32493/epic.v4i2.14340

[14] Sasongko.D.W., M.Suyanto., Mujiman. (2017). *Analisis Terjadinya Losses Pada Transformator Daya 20 kV Jaringan Distribusi di Gardu Induk Wonosari, Surakarta. Jurnal Elektrikal*, Vol.4, No.2

[15] Ananda.R., A.Bintoro., M.Daud. (2022). *Pengaruh Beban Terhadap Losses Pada Penyulang GL.01 Gardu Induk Glugur Menggunakan Software Etap. Jurnal Energi Elektrik*, Vol.11, No. 2.