

Analisa Stabilitas Sistem Kelistrikan Sumatera dengan Beroperasinya PLTGU Riau 275 MW menggunakan Simulasi Digsilent

Yolnasdi^{1✉}, Lilik Anggit Waskito², David Setiawan³

^{1,2} Program Studi Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru

³ Program Studi Teknik Elektro, Universitas Lancang Kuning

E-mail : yolnasdi9@gmail.com^{1✉}, lilik.anggit@gmail.com², dsetia@unilak.ac.id³

Submitted : Desember 2021, Accepted: 30 Desember 2021

DOI: 10.31849/sainetin.v6i1.8871

Abstrak

Sesuai RUPTL (Rencana Umum Pengusahaan Tenaga Listrik) tahun 2019-2028 di sistem Sumatera tepatnya propinsi Riau akan beroperasi pembangkit IPP PLTGU Riau 275 MW pada tahun 2021. Dengan masuknya pembangkit PLTGU Riau 275 MW ke dalam sistem, selain meningkatkan pasokan daya juga berpengaruh terhadap kestabilan kelistrikan Sumatera. Kestabilan yang diamati adalah kestabilan tegangan dan frekuensi sebagai akibat gangguan pembangkit trip. Beberapa skenario dilakukan untuk melihat kestabilan frekuensi dengan mengetripping beberapa unit pembangkit hingga batasan stabilitas sistem terlampaui. Untuk mengatasi gangguan kestabilan frekuensi maka dilakukan skema pelepasan beban akibat frekuensi rendah (UFLS) sehingga sistem dapat mempertahankan kestabilannya. Pada penelitian ini menggunakan *software* Digsilent 15 untuk menjalankan simulasinya. Hasil simulasi menunjukkan bahwa ketika PLTGU Riau 275 MW sudah beroperasi dan terjadi gangguan pada sistem, maka respon frekuensi sistem lebih bagus dibanding ketika unit tersebut belum beroperasi. Pada skenario gangguan 4 unit pembangkit (411 MW) trip, batasan kestabilan sistem terlampaui sehingga perlu dilakukan skema pelepasan beban (UFLS) untuk mempertahankan kestabilannya. Penerapan skema UFLS pada saat PLTGU Riau 275 MW sudah beroperasi memberikan *saving* 73.47 MW atau setara Rp 106.142.109,00 per jam.

Kata Kunci: *PLTGU Riau 275 MW, Stabilitas Tegangan, Stabilitas Frekuensi, UFLS, Digsilent.*

Abstract

According to the 2019-2028 RUPTL (General Plan for Electricity Concession) in the Sumatra system, in Riau province, the IPP PLTGU Riau 275 MW plant will operate in 2021. the inclusion of the Riau 275 MW PLTGU plant in the system, in addition to increasing the power supply, will also affect stability. Sumatra electricity. The observed stability is the stability of the voltage and frequency as a result of the trip generator disturbance. Several scenarios were carried out to see frequency stability by tripping several generating units until the system stability limit was exceeded. To overcome the frequency stability disturbance, a under-frequency load release scheme (UFLS) is carried out so that the system can maintain its stability. In this study, Digsilent 15 software was used to run the simulation. The simulation results show that when the Riau 275 MW PLTGU is already operating and there is a disturbance in the system, the frequency response of the system is better than when the unit is not yet operating. In the fault scenario of 4 generating units (411 MW) trip, the system stability limit is exceeded, so it is necessary to carry out a load shedding scheme (UFLS) to maintain its stability. The implementation of the UFLS scheme when the Riau 275 MW PLTGU was already operating provided a saving of 73.47 MW or the equivalent of Rp. 106,142,109.00 per hour

Keywords: *Up to five keywords should also be included*

1. PENDAHULUAN

Sistem kelistrikan Sumatera merupakan yang terbesar kedua di Indonesia setelah sistem kelistrikan Jawa Bali. Pemenuhan akan

infrastruktur tenaga listrik sudah menjadi kebutuhan paling mendasar di tengah masyarakat saat ini. Sesuai RUPTL (Rencana Umum Pengusahaan Tenaga Listrik) tahun

2019-2028, maka pada tahun 2021 di propinsi Riau akan beroperasi pembangkit IPP PLTGU Riau 275 MW yang akan dibangun di daerah Tenayan, Pekanbaru [1], [2].

Sistem tenaga listrik adalah suatu sistem yang terdiri dari beberapa komponen, antara lain unit pembangkitan, saluran transmisi, gardu induk, dan jaringan distribusi yang berhubungan sedemikian rupa dan bekerja sama untuk melayani kebutuhan tenaga listrik bagi pelanggan sesuai kebutuhan [3], [4].

Sistem tenaga listrik merupakan suatu sistem terintegrasi yang berfungsi untuk menyediakan kebutuhan energi listrik dengan mempertimbangkan keseimbangan antara permintaan tenaga listrik (*demand*) dan penyediaan pasokan listrik (*supply*) sehingga dapat melayani kebutuhan konsumen (beban) secara terus menerus. Keseimbangan daya antara kebutuhan beban dengan pembangkitan (generator) merupakan salah satu ukuran kestabilan operasi sistem tenaga listrik. Kestabilan suatu sistem tenaga listrik merupakan kemampuan dari sistem untuk menjaga kondisi operasi yang seimbang dan juga kemampuan dari sistem tersebut untuk kembali ke kondisi operasi normal ketika terjadi gangguan.

Analisa aliran daya listrik adalah suatu studi untuk merencanakan dan mengetahui besarnya daya dalam suatu sistem tenaga listrik. Studi aliran daya merupakan penentuan atau perhitungan tegangan, arus, daya aktif maupun daya reaktif yang terdapat pada berbagai titik jaringan listrik pada keadaan operasi normal, baik yang sedang berjalan maupun yang diharapkan akan terjadi di masa yang akan datang [5], [6]. Analisa sistem tenaga listrik meliputi analisa terhadap parameter aliran beban, hubung singkat, stabilitas dan pengaman. Keempat masalah tersebut adalah faktor utama untuk meningkatkan kualitas energi listrik yang disalurkan oleh perusahaan listrik [7], [8].

Kemampuan suatu pembangkit dalam merespon perubahan frekuensi ketika terjadi gangguan sangat berpengaruh dalam suatu kestabilan sistem tenaga listrik [9]–[11]. Semakin cepat responnya maka sistem tersebut akan terhindar dari potensi gangguan yang meluas. Beroperasinya pembangkit PLTGU Riau 275 MW selain meningkatkan pasokan daya juga mempengaruhi kestabilan kelistrikan sistem Sumatera. Oleh karena itu diperlukan suatu analisa untuk melihat kehandalan sistem ketika terjadi gangguan pembangkit pada saat

sebelum dan sesudah PLTGU Riau 275 MW beroperasi. Metode yang dilakukan adalah dengan mengetripkan beberapa unit pembangkit sehingga dapat diketahui perubahan dan batasan stabilitas frekuensi sistem. Untuk menjaga dan mengatasi gangguan kestabilan frekuensi akibat gangguan pembangkit besar, maka perlu dilakukan skema pelepasan beban akibat frekuensi rendah (UFLS) sehingga sistem dapat mempertahankan kestabilannya [12]. Pada penelitian ini digunakan *software* Digsilent 15 untuk menjalankan simulasinya.

Dalam penelitian ini penulis tertarik untuk mengetahui bagaimana respon frekuensi sistem dan tegangan ketika terjadi gangguan pada unit PLTGU Riau 275 MW. Bagaimana respon frekuensi sistem ketika terjadi gangguan pembangkit pada kondisi sebelum dan sesudah PLTGU Riau 275 MW beroperasi. Seberapa besar pengaruh *load shedding* (pelepasan beban) pada saat gangguan unit pembangkit pada kondisi sebelum dan sesudah PLTGU Riau 275 MW beroperasi.

2. METODE PENELITIAN

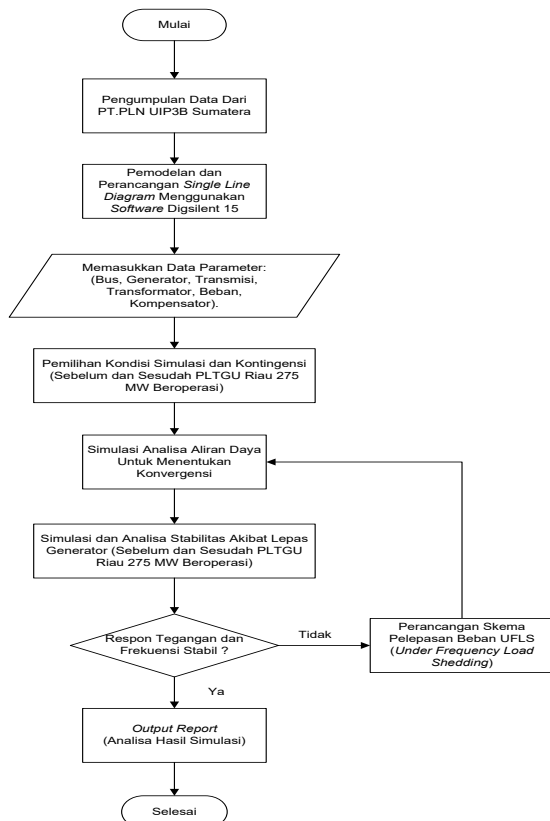
Penelitian ini melakukan analisis aliran daya dan stabilitas sistem tenaga (stabilitas tegangan dan frekuensi), dengan bantuan aplikasi Digsilent untuk mensimulasikannya. Stabilitas sistem tenaga listrik adalah suatu kemampuan sistem tenaga listrik atau bagian komponennya untuk mempertahankan sinkronisasi dan keseimbangan dalam sistem. Sinkronisasi dan keseimbangan harus dapat dipertahankan setelah suatu sistem mengalami suatu gangguan dengan semua variabel masih dalam batas yang diizinkan sehingga keutuhan sistem dapat terjaga. Kemampuan suatu pembangkit dalam merespon perubahan frekuensi ketika terjadi gangguan sangat berpengaruh dalam suatu kestabilan sistem tenaga listrik. Semakin cepat responnya maka sistem tersebut akan terhindar dari potensi gangguan yang meluas. Batas stabilitas sistem adalah daya-daya maksimum yang mengalir melalui suatu titik dalam suatu sistem tenaga tanpa menyebabkan hilangnya stabilitas [13].

Diagram Alir Penelitian

Analisa kontingensi dengan metode mengetripkan beberapa unit pembangkit hingga 4 unit dan diamati perbedaan stabilitasnya baik pada saat sebelum dan sesudah masuknya PLTGU Riau 275 MW. Untuk kestabilannya

sendiri juga diamati pada saat sebelum dan sesudah dilakukan Under Frequency Load Shedding pada kondisi frekuensi sistem berada di 49,0 Hz.

Dalam penelitian ini menggunakan bantuan software Aplikasi DiGSILENT Power Factory 15 yang berguna untuk melakukan analisis sistem tenaga listrik yang meliputi jaringan tenaga listrik, pembangkit, industri, transmisi, dan distribusi [14].



Gambar 1. Diagram Alir Analisa Aliran Daya dan Stabilitas Sistem

Untuk melakukan perhitungan analisa aliran daya dan stabilitas pada saat beroperasinya PLTGU Riau 275 MW perlu dilakukan beberapa tahapan dalam pemodelannya. Gambar 1 adalah diagram alir dalam penyusunan pemodelan tersebut.

Peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah: Satu Set Laptop Fujitsu Lifebook PH 701, dengan sistem operasi Windows 7 Professional 64-bit (6.1, Build 7600) menggunakan prosesor Intel Core i5, 2.4 GHz, RAM 4 GB, dan ROM 500 GB. Sementara Perangkat Lunak yang digunakan adalah DiGSILENT Power Factory versi 15.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penambahan suatu instalasi tenaga listrik baik berupa transformator, transmisi atau

pembangkit berdampak pada stabilitas sistem. Dengan beroperasinya pembangkit PLTGU Riau 275 MW memberi dampak terhadap perubahan stabilitas sistem baik stabilitas frekuensi maupun stabilitas tegangan. Pada bab ini akan dikaji perubahan kestabilan frekuensi sistem saat terjadi gangguan pembangkit pada kondisi sebelum dan sesudah PLTGU Riau 275 MW beroperasi. Selain itu juga akan diamati kestabilan frekuensi dan tegangan apabila terjadi gangguan pada unit PLTGU Riau 275 MW. Perancangan skema pelepasan beban karena frekuensi rendah (*under frequency load shedding*) akibat gangguan unit pembangkit juga dimodelkan pada kondisi sebelum dan sesudah PLTGU Riau 275 MW beroperasi. Dalam penelitian ini, penulis melakukan analisa dengan menggunakan bantuan *software* Digsilent.

Analisa sistem tenaga listrik meliputi analisa terhadap parameter aliran beban, hubung singkat, stabilitas dan pengamanan. Keempat masalah tersebut adalah faktor utama untuk meningkatkan kualitas energi listrik yang disalurkan oleh perusahaan listrik [15], [16].

Untuk mengetahui kondisi sistem kelistrikan maka perlu dilakukan analisa terhadap komponen sistem tenaga listrik yang meliputi pembangkit, saluran transmisi, transformator dan beban terpasang. Dalam perhitungan aliran daya, analisa sistem tenaga listrik dapat menggunakan beberapa metode untuk mengetahui besarnya nilai parameter-parameter setiap bus sistem yang meliputi tegangan, daya, arus dan sudut fasa. Dalam penyelesaian studi aliran daya telah dikembangkan berbagai metode, salah satu metode yang sering digunakan adalah Metode Newton Raphson [17]–[19].

Studi Simulasi Stabilitas Sistem

Studi simulasi stabilitas sistem Sumatera pada saat beroperasinya PLTGU Riau 275 MW dilakukan dengan mengetripkan unit PLTGU Riau 275 MW untuk diamati respon tegangan dan frekuensinya. Selain itu juga dilakukan pengujian dengan mengetripkan beberapa unit pembangkit dalam skenarionya. Selanjutnya diamati respon frekuensinya dan dibandingkan pada kondisi sebelum dan sesudah PLTGU Riau 275 MW beroperasi.

Tabel 1 berikut ini adalah daftar skenario pembangkit yang akan ditripkan dalam simulasinya.

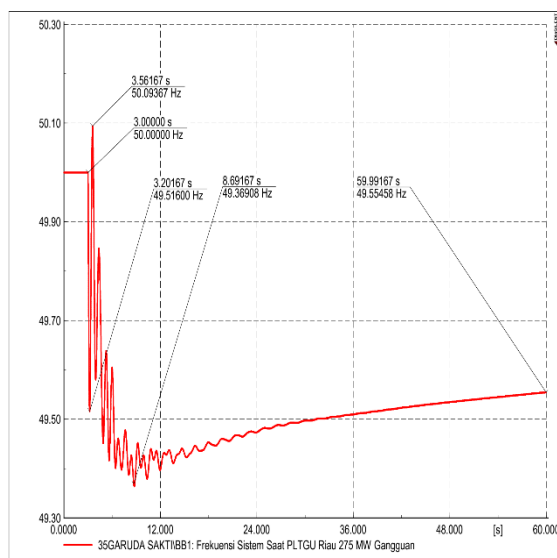
Tabel 1. Daftar pembangkit simulasi stabilitas

Ske-nario	Unit Pembangkit	MW	MW (Total)
1	PLTGU Riau 275 MW	275	275
2	PLTU Banjarsari #1	105,6	105,6
3	PLTU Banjarsari #1 PLTU Tarahan #3	105,6 85,4	191
4	PLTU Banjarsari #1 PLTU Tarahan #3 PLTU Nagan Raya #1	105,6 85,4 70	261
5	PLTU Banjarsari #1 PLTU Tarahan #3 PLTU Nagan Raya #1 PLTU Pangkalan Susu #1	105,6 85,4 70 150	411

Skenario 1

Pada skenario 1, pembangkit yang disimulasikan adalah pembangkit PLTGU Riau dengan beban 275 MW. Pembangkit tersebut ditripkan dan dilihat respon frekuensi dan tegangannya. Berikut ini adalah gambar grafik respon frekuensi dan tegangannya.

a. Respon Frekuensi



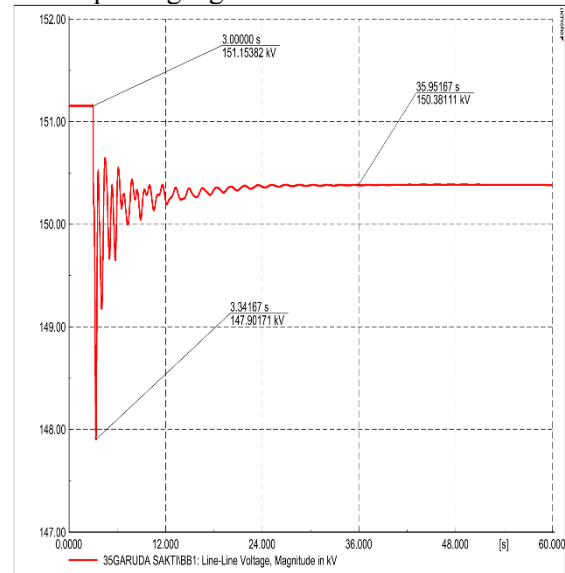
Gambar 2. Respon frekuensi gangguan PLTGU Riau 275 MW

Pada gambar grafik respon frekuensi diatas menunjukkan bahwa, ketika PLTGU Riau 275 MW masuk ke sistem Sumatera maka perlu dilihat respon frekuensi terhadap stabilitas sistem Sumatera. Pada simulasi stabilitas frekuensi, pembangkit PLTGU Riau 275 MW ditripkan pada detik ke-3 dengan frekuensi awal 50 Hz. Selanjutnya frekuensi beresilasi dari 50,00 Hz → 49,51 Hz → 50,09 Hz → 49,36 Hz → 49,55 Hz.

Dari gambar grafik terlihat bahwa frekuensi sistem pada saat PLTGU Riau 275 MW gangguan dan beresilasi tetapi menuju kondisi steady state ke frekuensi 49,55 Hz.

Kembalinya frekuensi sistem dari frekuensi terendah 49,36 Hz saat gangguan menuju ke frekuensi 49,55 Hz tanpa pelepasan beban disebabkan adanya peran momen inerti dan free governor pembangkit yang cukup untuk mengembalikan frekuensi ke kondisi steady state. Dari grafik respon frekuensi diketahui bahwa beroperasinya PLTGU Riau 275 MW masih aman terhadap stabilitas frekuensi ketika unit tersebut mengalami gangguan.

b. Respon tegangan



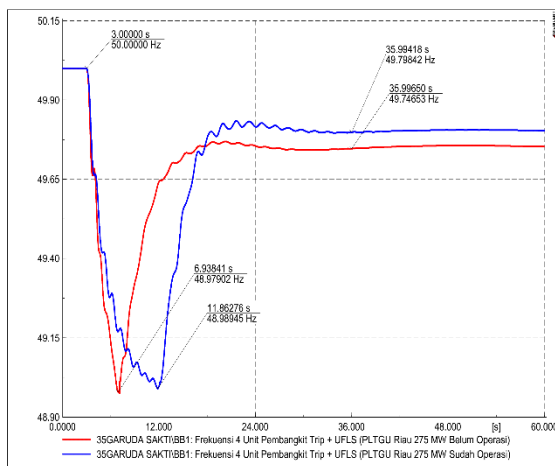
Gambar 3. Respon tegangan gangguan PLTGU Riau 275 MW

Pada gambar grafik respon tegangan diatas menunjukkan bahwa, ketika PLTGU Riau 275 MW masuk ke sistem Sumatera maka perlu dilihat respon tegangan terhadap stabilitas sistem Sumatera. Pada simulasi stabilitas tegangan, pembangkit PLTGU Riau 275 MW ditripkan pada detik ke-3 dengan tegangan awal 150 kV. Selanjutnya tegangan beresilasi dari 150,00 kV → 147,90 kV → 150,38 kV.

Dari gambar grafik terlihat bahwa tegangan sistem pada saat PLTGU Riau 275 MW mengalami gangguan dan beresilasi tetap menuju ke kondisi *steady state* ke tegangan 150,38 kV. Kembalinya tegangan sistem dari tegangan 147,90 kV saat gangguan menuju ke tegangan 150,38 kV disebabkan adanya peran dari AVR pembangkit lain yang merespon perubahan tegangan sehingga dapat segera mengembalikan tegangan sistem ke kondisi *steady state*. Dari grafik respon tegangan diketahui bahwa beroperasinya PLTGU Riau 275 MW masih aman terhadap stabilitas tegangan ketika unit tersebut mengalami gangguan.

Skenario 5 dengan Under Frequency Load Shedding (UFLS)

Pada skenario 5 dengan UFLS, pembangkit yang ditripkan adalah pembangkit PLTU Banjarsari #1 (105,6 MW), PLTU Tarahan #3 (85,4 MW), PLTU Nagan Raya #1 (70 MW) dan PLTU Pangkalan Susu #1 (150 MW) dengan total bebannya 411 MW dengan diberi skema pelepasan beban akibat frekuensi rendah. Simulasi ini dimaksudkan untuk melihat stabilitas frekuensi ketika terjadi gangguan 4 unit pembangkit dengan total beban 411 MW dan melihat peranan PLTGU Riau 275 MW dalam meningkatkan stabilitas sistem Sumatera. Pada simulasi ini pembangkit tersebut ditripkan dan diberi respon pelepasan beban akibat frekuensi rendah (UFLS) pada setting frekuensi 49,00 Hz. Ketika frekuensi sistem turun dan menyentuh 49,00 Hz maka skema UFLS tersebut mulai bekerja untuk melepas beban. Selanjutnya diamati respon frekuensi pada kedua kondisi baik sebelum maupun sesudah PLTGU Riau 275 MW beroperasi. Berikut ini adalah gambar grafik respon frekuensinya.



Gambar 5. Respon frekuensi gangguan 4 unit pembangkit (411MW) + UFLS

Kondisi Sebelum PLTGU Riau 275 MW Beroperasi (Grafik Merah): Pada gambar grafik berwarna merah terlihat bahwa, ketika PLTU Banjarsari #1 (105,6 MW), PLTU Tarahan #3 (85,4 MW), PLTU Nagan Raya #1 (70 MW) dan PLTU Pangkalan Susu #1 (150 MW) ditripkan, maka frekuensinya beresilasi dari 50,00 Hz → 48,979 Hz → 49,746 Hz. UFLS mulai bekerja pada waktu 6,93841 s di frekuensi 48,979 Hz. Naiknya frekuensi tersebut dari 48,979 Hz → 49,746 Hz merupakan kerja dari skema UFLS dengan melepas beban sebesar 493,54 MW.

Kondisi Sesudah PLTGU Riau 275 MW Beroperasi (Grafik Biru): Pada gambar grafik berwarna biru terlihat bahwa, ketika PLTU Banjarsari #1 (105,6 MW), PLTU Tarahan #3 (85,4 MW), PLTU Nagan Raya #1 (70 MW) dan PLTU Pangkalan Susu #1 (150 MW) ditripkan maka frekuensinya beresilasi dari 50,00 Hz → 48,989 Hz → 49,798 Hz. UFLS mulai bekerja pada waktu 11,862 s di frekuensi 48,989 Hz. Naiknya frekuensi tersebut dari 48,989 Hz → 49,798 Hz merupakan kerja dari skema UFLS dengan melepas beban sebesar 420,07 MW.

Simulasi UFLS Kondisi PLTGU PLTGU Riau 275 MW Belum Beroperasi. Tabel 2. Beban UFLS Kondisi PLTGU Riau 275 MW Belum Beroperasi.

Tabel 2. Beban UFLS Kondisi PLTGU Riau 275 MW Belum Beroperasi

No	Event	Detik	Nama Beban	Beban (MW)
1	Load Event	6.8446	Aceh\L1NAGAN RAYA	12.39
2	Load Event(1)	6.8450	Aceh\L1BIREUN 2	7.33
3	Load Event(2)	6.8451	Aceh\L1MEULABOH 1	11.21
4	Load Event(3)	6.8451	Aceh\L1SIGLI 2	11.27
5	Load Event(4)	6.8452	Aceh\L1ACEH 2	24.14
6	Load Event(5)	6.8557	Sumut\L2LABUHAN 2	22.54
7	Load Event(6)	6.8557	Sumut\L2GLUGUR 3	23.89
8	Load Event(7)	6.8557	Sumut\L2MABAR 3	14.37
9	Load Event(8)	6.8558	Sumut\L2KIM 2	17.90
10	Load Event(9)	6.8559	Sumut\L2DENAI 1	24.28
11	Load Event(10)	6.8559	Sumut\L2NAMORAMBE 1	23.35
12	Load Event(11)	6.8561	Sumut\L2LISTRIK 3	20.92
13	Load Event(12)	6.8564	Sumut\L2TANJUNG MORAWA 1	11.00
14	Load Event(13)	6.8594	Sumut\L2GUNUNG PARA	7.02
15	Load Event(14)	6.8617	Sumut\L2KISARAN 1	26.99
16	Load Event(15)	6.8628	Sumut\L2AEK KANOPAN 2	10.05
17	Load Event(16)	6.8667	RIAU\L3BAGAN BATU 1	8.44
18	Load Event(17)	7.0559	Lampung\L8BATURAJA 2	13.93
19	Load Event(18)	7.0564	Lampung\L8MUARA DUA	5.69
20	Load Event(19)	7.0594	Lampung\L8BLAMBANGAN UMPU 2	5.06

No	Event	Detik	Nama Beban	Beban (MW)
23	Load Event(22)	7.0683	Lampung\L8MENGKALA 3	6.60
24	Load Event(23)	7.0749	Lampung\L8KOTABUMI 1	16.13
25	Load Event(24)	7.0972	Lampung\L8SEPUTIH BANYAK 1	15.20
26	Load Event(25)	7.0990	Lampung\L8ADIJAYA 2	15.90
27	Load Event(26)	7.1116	Lampung\L8METRO 2	21.17
28	Load Event(27)	7.1126	Lampung\L8SRIBAWONO 3	18.03
29	Load Event(28)	7.1152	Lampung\L8TELUK BETUNG 3	19.90
30	Load Event(29)	7.1167	Lampung\L8PAGELARAN 1	18.72
31	Load Event(30)	7.1205	Lampung\L8SUTAMI 2	8.77
32	Load Event(31)	7.1223	Lampung\L8TARAHAN 1	14.26
33	Load Event(32)	7.1248	Lampung\L8KALIANDA 1	21.95
Total				493.54

Simulasi UFLS Kondisi PLTGU PLTGU Riau 275 MW Sudah Beroperasi

Tabel 3. Beban UFLS Kondisi PLTGU Riau 275 MW Sudah Beroperasi.

No	Event	Detik	Nama Beban	Beban (MW)
1	Load Event	11.8507	RIAU\L3NEW GARUDA SAKTI	6.07
2	Load Event(1)	11.8511	RIAU\L3GARUDA SAKTI 1	25.11
3	Load Event(2)	11.9410	Sumut\L2PADANG SIDEMPUAN 3	10.84
4	Load Event(3)	11.9481	RIAU\L3BAGAN BATU 1	8.44
5	Load Event(4)	11.9653	Sumut\L2TANJUNG MORAWA 1	11.00
6	Load Event(5)	11.9655	Sumut\L2NAMORAMBE 1	23.35
7	Load Event(6)	11.9656	Sumut\L2SEI ROTAN 1	26.32
8	Load Event(7)	11.9664	Sumut\L2PAYA PASIR 2	15.52
9	Load Event(8)	11.9701	Aceh\L1BIREUN 2	7.33
10	Load Event(9)	11.9708	Aceh\L1ACEH 2	24.14
11	Load Event(10)	11.9708	Aceh\L1SIGU 2	11.27
12	Load Event(11)	11.9714	Aceh\L1MEULABOH 1	11.21
13	Load Event(12)	11.9726	Aceh\L1NAGAN RAYA	12.39
14	Load Event(13)	12.0118	Lampung\L8BATURAJA 2	13.93
15	Load Event(14)	12.0229	Lampung\L8MUARA DUA	5.69
16	Load Event(15)	12.0328	Lampung\L8BLAMBANGAN UMPU 2	5.06
17	Load Event(16)	12.0480	Lampung\L8BUKIT KEMUNING 1	6.22
18	Load Event(17)	12.0480	Lampung\L8LIWA	8.92
19	Load Event(18)	12.0511	Lampung\L8MENGKALA 3	6.60
20	Load Event(19)	12.0543	Lampung\L8KOTABUMI 1	16.13
21	Load Event(20)	12.0716	Lampung\L8SEPUTIH BANYAK 1	15.20
22	Load Event(21)	12.0769	Lampung\L8ADIJAYA 2	15.90
23	Load Event(22)	12.0979	Lampung\L8SRIBAWONO 3	18.03
24	Load Event(23)	12.0991	Lampung\L8METRO 2	21.17
25	Load Event(24)	12.1025	Lampung\L8TEGINENENG 4	10.65
26	Load Event(25)	12.1058	Lampung\L8TELUK BETUNG 3	19.90
27	Load Event(26)	12.1149	Lampung\L8SUTAMI 2	8.77
28	Load Event(27)	12.1185	Lampung\L8PAGELARAN 1	18.72
29	Load Event(28)	12.1225	Lampung\L8TARAHAN 1	14.26
30	Load Event(29)	12.1225	Lampung\L8KALIANDA 1	21.95
Total				420.07

Potensi kerugian yang timbul akibat gangguan pembangkit pada skenario 5 dapat dihitung sebagai berikut. Dengan menganggap tarif penjualan listrik ke konsumen per Juni 2021 adalah sebesar Rp. 1.444,7 / kWh maka kerugiannya adalah:

Kondisi PLTGU Riau 275 MW Belum Beroperasi:

- Total beban padam = 493,54 MW
- Jumlah KWh padam dalam 1 jam = $493,54 \times 1.000 \times 1 = 493.540$ kWh.
- Jumlah rupiah padam dalam 1 jam = $493.540 \times 1.444,7 \times 1 = \text{Rp } 713.017.238,-$

Kondisi PLTGU Riau 275 MW Sudah Beroperasi:

- Total beban padam = 420,07 MW
- Jumlah kWh padam dalam 1 jam = $420,07 \times 1.000 \times 1 = 420.070$ kWh
- Jumlah rupiah padam dalam 1 jam = $420070 \times 1.444,7 \times 1 = \text{Rp } 606.875.129,-$

Dari perhitungan potensi kerugian pada skenario 5 maka dapat diketahui bahwa dengan

beroperasinya PLTGU Riau 275 MW dapat menyelamatkan potensi kerugian akibat kWh tak tersalur sebesar:

- Total selisih beban padam = $493,54 - 420,07 = 73,47$ MW
- Jumlah KWh selisih beban padam dalam 1 jam = $73,47 \times 1.000 \times 1 = 73.470$ kWh
- Jumlah rupiah padam dalam 1 jam = $73.470 \times 1.444,7 \times 1 = \text{Rp } 106.142.109,-$

4. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi kajian analisa stabilitas sistem Sumatera dengan beroperasinya PLTGU Riau 275 MW dapat diambil kesimpulan diantaranya adalah: Dengan masuknya PLTGU Riau 275 MW selain meningkatkan kestabilan sistem juga meningkatkan pasokan daya aktif pada sistem Sumatera yakni dari sebelumnya 7234 MW menjadi 7509 MW, sehingga cadangan sistem nya bertambah dari 855 MW menjadi 1130 MW. Hasil simulasi menunjukkan bahwa ketika terjadi gangguan pada PLTGU Riau 275 MW maka kondisi sistem Sumatera masih aman. Hal ini dapat dilihat dari hasil simulasinya sebagai berikut: Frekuensi saat gangguan beresilasi turun ke 49,369 Hz dan stabil naik lagi ke 49,55 Hz tanpa pelepasan beban. Tegangan saat gangguan beresilasi turun ke 147,901 kV dan stabil naik lagi. Skenario simulasi stabilitas yang dilakukan dengan mengetripkan beberapa unit pembangkit dari ukuran terkecil hingga terbesar menunjukkan hasil bahwa respon frekuensi sistem lebih bagus ketika PLTGU Riau 275 MW sudah beroperasi dibanding sebelum beroperasi. Pada skenario gangguan 4 unit pembangkit dengan beban 411 MW memperlihatkan bahwa stabilitas frekuensi sistem sudah terlampaui batasannya. Oleh karena itu perlu direncanakan skema pelepasan beban akibat frekuensi rendah (UFLS) sehingga sistem dapat mempertahankan kestabilannya. Penerapan skema UFLS pada saat PLTGU Riau 275 MW sudah beroperasi memberikan saving sebesar 73,47 MW atau setara Rp 106.142.109,00 per jam.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Menteri ESDM RI, "Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN (Persero) 2021-2030. Kep.Menteri ESDM No 188.K/HK.02/MEM.L/2021," *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik 2021-2030*, 2021.

- [2] A. D. Riva *et al.*, *Riau Regional Energy Outlook 2019*. Jakarta: Kalaka, 2021.
- [3] A. Rafik, “Sistem Informasi Inventaris Laboratorium Teknik Elektro Umy Berbasis Web Dengan Framework Codeigniter,” Skripsi Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, 2017.
- [4] H. Eteruddin, D. Setiawan, and P. P. P. Hutagalung, “Evaluasi Jaringan Tegangan Menengah 20 kV Pada Feeder 7 Peranap PT. PLN Persero Rayon Taluk Kuantan,” in *Seminar Nasional Pakar*, 2020, pp. 1.4.1-1.4.6.
- [5] J. J. Grainer and W. D. Stevenson Jr, *Power System Analysis*, 5th ed. New York: McGraw-Hill, 1994.
- [6] H. Eteruddin, M. Mutamalikin, and A. Arlenny, “Perencanaan Sistem Distribusi 20 kV Di Sungai Guntung Kabupaten Indragiri Hilir-Riau,” *Jurnal Inovasi Penelitian*, vol. 2, no. 6, pp. 1863–1872, 2021.
- [7] P. S. Bimbhra, *Electrical Machinery*, 7th ed. Khanna Publishers, 2003.
- [8] H. Eteruddin, D. Setiawan, and H. P. Sitepu, “Modifikasi Sistem ATS-AMF Diesel Emergency Generator Pada PLTU dengan Metode Warming Up,” *Jurnal Teknik*, vol. 14, no. 2, pp. 129–136, 2020.
- [9] H. Hendry, H. Eteruddin, and A. Atmam, “Analysis of Voltage Sag Due to Short Circuit on the Sub System in Central Sumatera,” *International Journal of Electrical, Energy an Power System Engineering*, vol. 1, no. 2, pp. 1–5, 2018.
- [10] I. Gunawan, H. Eteruddin, and U. Situmeang, “Analisis Transien Pada Sistem Transmisi 150 kV Riau Setelah Beroperasinya PLTU Tenayan Raya Menggunakan Powerworld Simulator,” *Jurnal Teknik*, vol. 14, no. 2, pp. 223–231, 2020.
- [11] P. R. H. Marpaung, H. Eteruddin, and D. Setiawan, “Studi Perubahan Beban Terhadap Kinerja AVR pada Generator Sinkron Unit 2 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) PT. Ubjom Tenayan Raya,” in *Seminar Nasional Karya Ilmiah Multidisiplin*, 2021, pp. 96–109.
- [12] R. Hutagaol, U. Situmeang, and Zulfahri, “Studi Overload Shedding Pada Transformator Daya Gardu Induk Garuda Sakti,” *SainETIn*, vol. 4, no. 1, pp. 1–8, 2019.
- [13] M. Djiteng, *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta: Graha Ilmu. Jakarta: Graha Ilmu, 2006.
- [14] R. Abdullah, D. Meliala, and Z. Zulfahri, “Studi PLTG Unit 2 Pusat Listrik Balai Pungut Sebagai Black Start Saat Kehilangan Tegangan Pada Sistem 150 kV,” *SainETIn*, vol. 2, no. 1, pp. 11–17, 2018.
- [15] G. W. Chang, S. Y. Chu, and H. L. Wang, “An Improved Backward/Forward Sweep Load Flow Algorithm for Radial Distribution Systems,” *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 22, no. 2, pp. 882–884, 2007.
- [16] S. S. Wibowo, *Analisa Sistem Tenaga*. Malang: Polinema Press, 2018.
- [17] T.-H. Chen and N.-C. Yang, “Three-Phase Power-Flow by Direct Z BR Method for Unbalanced Radial Distribution Systems,” *IET Generation, Transmission and Distribution*, vol. 3, no. 10, pp. 903–910, 2009.
- [18] M. R. Djalal, Y. L. Chandra, M. Y. Yunus, and H. Nauwir, “Penyelesaian Aliran Daya 37 Bus Dengan Metode Newton Raphson (Studi Kasus Sistem Interkoneksi 150 kV Sulawesi Selatan),” *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, vol. 12, no. 1, pp. 35–49, 2014.
- [19] D. Yudanto and D. Tessel, “Analisis Aliran Daya Sistem Tenaga Listrik Pada PT. Sele Raya Merangin Dua Menggunakan Metode Newton-Raphson,” *Journal of Electrical Power Control and Automation (JEPCA)*, vol. 4, no. 2, pp. 51–58, 2021.