

# Skema Percepatan Pemulihan Frekuensi Sistem Akibat *Automatic Load Shedding* pada Jaringan 20 kV (Studi Kasus Gardu Induk Garuda Sakti Pekanbaru)

<sup>1</sup>Liliana, <sup>2</sup>Zulfatri Aini

<sup>1,2</sup> Program Studi Teknik Elektro UIN Suska Riau

E-mail : <sup>1</sup>liliana@uin-suska.ac.id, <sup>2</sup>zulfatri\_aini@uin-suska.ac.id

## Abstrak

Beban lebih (*Overload*) dapat menyebabkan sistem mengalami drop tegangan. Tindakan pelepasan beban (*load shedding*) tertentu diperlukan untuk meminimalisir gangguan yang terjadi. Namun dampak upaya yang dilakukan mengakibatkan frekuensi sistem mengalami penurunan. Penelitian ini bertujuan mengatur pembebanan dengan beberapa skenario yang diharapkan dapat mempertahankan frekuensi sistem dengan lebih baik. Metode yang dilaksanakan adalah memodifikasi skema pelepasan beban pada Gardu Induk Garuda Sakti Pekanbaru dengan mempercepat waktu pemulihan frekuensi, dimana waktu pemulihan frekuensi yang diizinkan yaitu 5 detik. Under Frequency Relay digunakan untuk mendeteksi penurunan frekuensi akibat *load shedding*. Setelah didapat skema baru dalam pelepasan beban maka waktu pemulihan untuk setiap frekuensi dapat dipercepat. Berdasarkan simulasi pelepasan beban dengan Software ETAP 12.6 sebelum dan setelah dilakukan modifikasi maka hasil percepatan waktu pemulihan frekuensi 49,3 Hz, 49,1 Hz, 48,9 Hz dan 48,7 Hz menjadi 0,1 detik, 1,78 detik, 2,38 detik dan 0,89 detik .

**Kata kunci :** *Overload*, drop tegangan, frekuensi sistem, *load shedding*, *under frequency relay*

## Abstract

*Overload can cause the system to experience a voltage drop. Certain load shedding measures are required to minimize fault. However, the impact of the efforts resulted in the frequency of the system decreased. This research aims to regulate the loads with several scenarios that are expected to better maintain the frequency system. The method implemented is to modify the load shedding scheme at Garuda Sakti Substation at Pekanbaru by speeding up the frequency recovery time, where the allowed frequency recovery time is 5 seconds. Under Frequency Relay is used to detect frequency drop due to load shedding. Once a new scheme is obtained in load shedding, the recovery time for each frequency can be accelerated. Based on the simulation of load shedding with ETAP Software 12.6 before and after modification, the result of accelerated frequency recovery time of 49.3 Hz, 49.1 Hz, 48.9 Hz and 48.7 Hz to 0.2, 1.12, 2.54, and 0.76 seconds.*

**Keywords :** *voltage drop, frequency system, load shedding, under frequency relay*

## I. PENDAHULUAN

Penurunan frekuensi sistem yang cukup besar pada suatu jaringan listrik dapat mengakibatkan ketidakstabilan tegangan. Penurunan frekuensi terjadi apabila jumlah beban lebih besar dari pada jumlah daya yang dibangkitkan. Kondisi ini dinamakan *overload* pada generator sehingga mengakibatkan melambatnya putaran generator yang bisa mengakibatkan frekuensi dan tegangan akan keluar dari penyettingannya [1] [2] [3].

Penambahan beban secara mendadak akan berdampak pada penurunan frekuensi sistem, begitu pula apabila ada unit pembangkit yang mengalami gangguan dan keluar (trip) dari sistem juga akan berdampak pada penurunan frekuensi [3]. Frekuensi merupakan salah satu parameter

yang dapat menunjukkan keadaan yang tidak normal pada suatu sistem tenaga listrik.

Apabila kondisi ini dibiarkan, hal fatal yang bisa terjadi yaitu sistem dapat mengalami pemadaman total. Oleh karena itu, perubahan beban harus diikuti dengan perubahan daya penggerak generator. Permasalahan ini seringkali dialami oleh jaringan yang memikul pembebanan yang tinggi. Salah satu upaya yang dilakukan dengan melepaskan beban pada sistem namun hal ini seringkali berdampak kepada penurunan frekuensi yang cukup besar [4] [5].

Saat frekuensi sistem mengalami penurunan, maka perlu dilakukan upaya untuk mengembalikan kondisi frekuensi sistem kembali pada keadaan normal yang telah ditetapkan. PLN menggunakan frekuensi nominal 50 Hz, dengan

ketentuan tidak lebih rendah dari 49,5 Hz atau lebih tinggi dari 50,5 Hz, dan selama waktu keadaan darurat (*emergency*) dan gangguan, frekuensi sistem diizinkan turun hingga 47,5 Hz atau naik hingga 52 Hz sebelum unit pembangkit diizinkan keluar dari operasi [6].

Permasalahan penurunan frekuensi akibat pelepasan pembebanan juga terjadi pada sistem kelistrikan di Gardu Induk (GI) Garuda Sakti Pekanbaru. Selama beberapa tahun ini pihak PLN di wilayah ini telah melakukan skenario yang sama dalam melakukan pelepasan beban. Namun seiring dengan penambahan beban yang meningkat setiap tahunnya berdasarkan data prakiraan penambahan beban pada gardu ini untuk setiap tahunnya mencapai rata-rata 10% [7], maka sangat perlu dievaluasi skenario yang ada dengan membuat skenario yang terbaik sehingga penurunan frekuensi dapat segera ditangani lebih cepat.

Penelitian ini melakukan pengembangan dari solusi masalah dengan melakukan simulasi gangguan pelepasan pembebanan dengan beberapa skenario untuk kondisi perkembangan beban di GI Garuda Sakti yang mengalami kenaikan setiap tahunnya sebesar rata-rata 10%. Penambahan *under frequency relay* dilakukan untuk mendeteksi penurunan frekuensi dan melakukan pelepasan beban secara otomatis [8]. Pelepasan beban oleh *under frequency relay* merupakan cara yang digunakan untuk mengontrol frekuensi dari jaringan tenaga dan untuk memelihara kestabilan sistem [9]. Ketika frekuensi turun dari nilai yang ditentukan, *relay* akan bekerja untuk memutuskan secara bertahap beban-beban yang telah ditentukan, sehingga diharapkan frekuensi sistem kembali berada dalam keadaan normal. Hasil skenario hasil penelitian ini kemudian akan dibandingkan dengan skenario GI Garuda Sakti saat ini.

## II. METODE PENELITIAN

### 2.1. Data Penelitian

Data yang diperlukan dari Gardu Induk Garuda Sakti Pekanbaru dalam penelitian untuk menguji skenario terbaik yang dihasilkan disajikan berikut ini.

#### 2.1.1. Frekuensi Acuan

Gardu induk garuda sakti menetapkan empat batasan atau acuan dalam pelepasan beban, yang mana di setiap tahapannya akan melepas *feeder* yang berbeda. Berikut adalah tabel acuan frekuensi pada Gardu Induk Garuda Sakti.

TABEL 1 BATASAN FREKUENSI ACUAN [11]

Tahapan	Frekuensi Acuan (Hz)
1	49,3
2	49,1
3	48,9
4	48,7

#### 2.2.2. Data Beban Gardu Induk Garuda Sakti

Data beban yang digunakan dalam penelitian adalah data beban di setiap *feeder*/penyulang.

TABEL 2 DATA BEBAN TIAP PENYULANG [11]

No	Trafo Daya (MVA)	Nama Feeder	Beban (MW)
1	TD#1 =50	Arengka	6,06
2		Cipta Karya	5,97
3	TD#2=50	Pantai Cermin	4,00
4		Lobak	5,02
5		Adi Soecepto	8,78
6	TD#3=60	Soeta	5,02
7		Jendral	8,71
8		MTQ	7,61
9		Soebrantas	7,69
10		Panam	3,10
11		Bangau Sakti	8,67
12		Tambusai	5,67
13	TD#4=70	Taman Karya	8,04
14		Bakti	6,22
15		Suka Jaya	6,87
16		Riau	5,25
17		Unri	6,69
18		Suka Karya	5,85
19	Total Beban	Lipat Kain	8,83
20		Tarai	6,15
21		Melur	6,05
22		Perawang	7,53
23		Kualu	6,86
Total Beban			150,62

#### 2.2.3. Skema Load Shedding

Skema pelepasan beban pada Gardu Induk Garuda Sakti bertujuan untuk dapat dibandingkan hasil dari pemulihan frekuensi dengan skema yang baru.

TABEL 3 DATA SKEMA LOAD SHEDDING [11]

Tahap ke-	Frekuensi (Hz)	Penyulang yang dilepas	Daya (MW)
1	49,3	Lipat Kain	8,83
1	49,3	Soeta	5,02
2	49,1	Perawang	7,53
3	48,9	Panam	3,10
3	48,9	Tambusai	5,67
4	48,7	Soebrantas	7,69
4	48,7	Riau	5,25

2.2.4 Data Generator

Terdapat delapan generator yang terhubung pada sistem Gardu Induk Garuda Sakti

TABEL 4 DATA BEBAN TIAP PENYULANG [11]

Generator	1	2		3	4	5	7	8
MW	18	25		16	16	16	10	25

2.2.5. Data Prakiraan Perkembangan Beban GI Garuda Sakti

Data perkembangan beban pada GI Garuda Sakti untuk tahun 2019 sampai dengan tahun 2024, peningkatan pembebanan setiap tahun diperkirakan sebesar 10 %. Untuk lebih jelasnya data perkembangan beban disajikan pada Tabel 5 berikut ini

TABEL 5 . DATA PERKIRAAN PERKEMBANGAN BEBAN [7]

Tahun	Beban (MW)
2019	249,6
2020	269,92
2021	291,34
2022	313,86
2023	337,409
2024	362,18

2.2. Langkah-Langkah Penelitian

Simulasi dilakukan menggunakan menggunakan sub program *Transient Stability Analysis* (Analisa Kestabilan Transien) pada Software ETAP 12.6 untuk melihat besar perubahan frekuensi terhadap waktu saat terjadinya pelepasan beban dengan langkah sebagai berikut [12]:

1. Membuat *single line* diagram Gardu Induk Garuda Sakti dari pembangkitan ke penyulang
2. Memasukan data-data generator, trafo, jaringan, dan beban (beban diasumsikan bertambah 10 % setiap penyulang)
3. Memasang *under frequency relay* pada trafo tegangan, lalu melakukan penyetingan *under frequency relay* frekuensi acuan skema pelepasan beban GI Garuda Sakti
4. Memberikan gangguan pada sistem dengan mengurangi sumber daya, sehingga sistem mengalami *Overload* .
5. *Under frequency relay* mendeteksi adanya penurunan frekuensi sampai penurunan

frekuensi mencapai batasan acuan pada skema GI Garuda Sakti, maka selanjutnya mencoba mensimulasikan pelepasan beban dengan yang terbaik untuk mendapatkan waktu pemulihan frekuensi yang lebih cepat

6. Frekuensi kembali mencapai kestabilan (sesuai standarisasi).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

*Overload* yang terjadi pada GI Garuda Sakti menyebabkan sistem tenaga menjadi terganggu. Solusi terhadap permasalahan *overload* tersebut sejauh ini diselesaikan dengan melakukan pelepasan pembebanan. Berdasarkan skema pelepasan beban yang telah dilakukan sejauh ini sudah membantu sistem untuk selalu berada dalam kondisi aman. Namun dampak dari pelepasan beban pada penyulang dapat mengakibatkan ketidakstabilan karena terjadinya penurunan frekuensi di bawah standarisasi yang ada.

Penurunan frekuensi yang terjadi diharapkan dapat segera pulih agar sistem kembali stabil [10]. Berikut ini akan ditampilkan hasil simulasi pemulihan frekuensi dengan skema GI Garuda Sakti dan Skema yang baru.

3.1. Hasil Simulasi Pemulihan Frekuensi Pelepasan Beban Skema GI Garuda Sakti.

*Overload* yang terjadi menyebabkan satu atau dua penyulang harus dilepas sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 3. Pemilihan penyulang yang dilepas bertujuan untuk mengurangi gangguan yang disebabkan *overload* pada sistem. Diupayakan pemilihan penyulang yang dilepas sedapat mungkin tidak menyebabkan penurunan frekuensi yang besar sehingga sistem menjadi tidak stabil. Maka pihak GI Garuda Sakti mengupayakan penurunan frekuensi dengan waktu pemulihannya yang cepat agar sistem kembali stabil. Hasil skema yang didapatkan bahwa pihak GI Garuda Sakti telah merancang skema pelepasan beban untuk empat tahap frekuensi. Tahap 1 melakukan pelepasan penyulang Lipat Kain dan Soekarno-Hatta dengan penurunan frekuensi sebesar 49,3 Hz. Selanjutnya tahap 2 dilakukan pelepasan beban pada penyulang Perawang dengan penurunan frekuensi 49,1 Hz. Tahap 3 Pelepasan dilakukan pada penyulang Panam dan Tambusai dengan penurunan frekuensi 48,9 Hz, dan pelepasan beban pada penyulang Soebrantas dan Panam dengan penurunan

frekuensi 48,7 Hz. Berikut waktu pemulihan frekuensi untuk skema GI Garuda Sakti setelah disimulasikan pada software ETAP 12.6

TABEL 6. PELEPASAN BEBAN GI GARUDA SAKTI

Tahap ke-	Frekuensi (Hz)	Waktu Mencapai Frekuensi Tahap ke- (detik)	Waktu Pemulihan Frekuensi (detik)
1	49,3	10.4	1,8
2	49,1	19.01	5,2
3	48,9	11.05	5,89
4	48,7	9.20	4,31

Pelepasan beban mengakibatkan frekuensi mengalami penurunan, hasil simulasi menunjukkan waktu pemulihan frekuensi yang bervariasi untuk tiap tahap pelepasan beban. Berdasarkan acuan PLN , diharapkan waktu pemulihan tidak lebih dari 5 detik. Dari Tabel 6 menunjukkan bahwa waktu pemulihan untuk penurunan frekuensi pada nilai 49,3 Hz dan 4, 89 Hz masih di luar batas ketentuan waktu pemulihan. Penelitian ini mencoba memberikan solusi yang lebih baik dalam mempercepat waktu pemulihan frekuensi agar sistem kembali stabil dengan lebih cepat. Disamping itu faktor perkembangan beban juga harus diperhatikan untuk mengantisipasi agar waktu pemulihan frekuensi masih berada di dalam rangnya.

Beberapa tahun ini penanganan *overload* di GI Garuda Sakti masih menggunakan skema yang sama. Padahal sebagaimana diketahui bahwa perkembangan pembebanan di GI tersebut meningkat sebesar kira kira 10% pertahunnya, sehingga perlu dievaluasi kembali penanganan *overload* dengan skema yang ada. Dengan diketahuinya besarnya waktu pemulihan frekuensi saat ini, maka peneliti mencoba melakukan perubahan pada skema pelepasan beban untuk dapat menghasilkan pemulihan frekuensi yang lebih cepat agar sistem juga lebih cepat mencapai kestabilan. Berikut hasil simulasi pelepasan beban dan waktu pemulihan frekuensinya dengan skema yang baru.

### 3.3. Hasil Simulasi Pelepasan Beban dan Pemulihan Frekuensi dengan Skema Baru

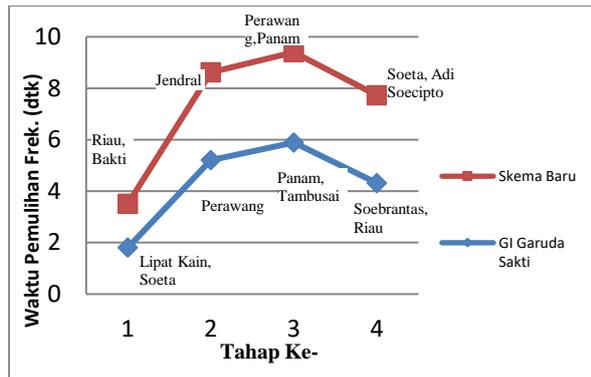
TABEL 7. PENYULANG YANG DILEPAS FREKUENSI SKEMA BARU

Tahap ke-	Frekuensi (Hz)	Penyulang yang dilepas
1	49,3	Bakti
1	49,3	Riau
2	49,1	Jendral
3	48,9	Perawang
3	48,9	Panam
4	48,7	Soeta
4	48,7	Adi Soecepto

TABEL 8. WAKTU PEMULIHAN FREKUENSI SKEMA BARU

Tahap ke-	Frekuensi (Hz)	Waktu Mencapai Frekuensi Tahap ke- (detik)	Waktu Pemulihan Frekuensi (detik)
1	49,3	9,21	1,70
2	49,1	21,32	3,42
3	48,9	9,62	3,51
4	48,7	9,15	3,42

Hasil simulasi dengan skema yang baru menunjukkan waktu pemulihan frekuensi yang lebih cepat untuk setiap penurunan frekuensi yang terjadi akibat pelepasan beban. Berdasarkan Tabel 7 dan Tabel 8 dapat dilihat bahwa pelepasan beban tahap 1 dilakukan pada penyulang Riau dan Bakti, waktu pemulihan sistem sebesar 1,7 detik. Tahap 2 pelepasan beban pada penyulang Jendral dengan waktu pemulihan sistem 3,42 detik . Tahap 3 penyulang yang dilepas adalah Perawang dan Panam dengan waktu pemulihan sebesar 3,51. Tahap 4 pelepasan beban dilakukan pada penyulang Soeta dan Adi Soecepto dengan besar waktu pemulihan 3,42 detik. Setiap pemilihan tahap pelepasan beban memberikan waktu pemulihan frekuensi yang lebih cepat dan sudah dalam range standarisasi PLN sebesar 5 detik. Perbandingan waktu pemulihan Frekuensi antara Skema GI Garuda Sakti dan Skema baru dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Perbandingan Waktu Pemulihan Frekuensi.

Berikut hasil percepatan waktu pemulihan frekuensi dengan skema baru

TABEL 9. PERCEPATAN PEMULIHAN WAKTU FREKUENSI

Frekuensi (Hz)	Percepatan Waktu (detik)
49,3	0,1
49,1	1,78
48,9	2,38
48,7	0,89

Dari Tabel 9 dapat dilihat bahwa setelah diberlakukannya skema yang baru dalam mengatasi gangguan overload pada GI Garuda Sakti, maka waktu pemulihan frekuensi sistem juga mengalami percepatan waktu untuk setiap tahap frekuensi yang ada sehingga sistem lebih cepat mencapai kestabilan.

#### IV. KESIMPULAN (STYLE: BAB)

Berdasarkan perkembangan beban di GI Garuda Sakti maka didapatkan skema baru dalam menjaga kestabilan sistem akibat *overload*. Dari hasil simulasi dan analisa yang dilakukan pada GI Garuda Sakti dapat disimpulkan bahwa Skema baru yang dihasilkan terhadap penyulang yang dilepas untuk setiap penurunan frekuensi acuan adalah pada tahap 1 (49,3 Hz) beban yang dilepas yaitu Penyulang Riau dan Bakti, pada tahap 2 (49,1 Hz) beban yang dilepas yaitu *feeder* Jendral, pada Tahap 3 (48,9 Hz) beban yang dilepas yaitu Perawang dan Panam, pada tahap 4 (48,7 Hz) beban yang dilepas Soeta dan Adi Soeipto). Sedangkan waktu pemulihan frekuensi yang didapatkan untuk skema baru dihasilkan percepatan pemulihan frekuensi untuk setiap kondisi frekuensi acuan yang meliputi pada frekuensi 49,3 Hz waktu pemulihan dapat

dipercepat 0,1 detik, pada frekuensi 49,1 Hz waktu pemulihan dapat dipercepat 1,78 detik, pada frekuensi 48,9 Hz waktu pemulihan dapat dipercepat 2,38 detik dan pada frekuensi 48,7 Hz waktu pemulihan dapat dipercepat 0,89 detik.

Penelitian ini memberikan kontribusi baru terhadap permasalahan penurunan frekuensi dengan mempercepat waktu pemulihannya. Dengan bertambahnya pembebanan pada sistem setiap tahunnya juga hendaknya diharapkan kepada pihak PLN terutama pihak GI Garuda Sakti secara berkala mengevaluasi penanganan gangguan yang ada dengan terus meningkatkan dan memperbaharui solusi terhadap permasalahan yang terjadi. Dalam penelitian ini penulis menyarankan khusus terkait dengan permasalahan *overload* pada sistem, pihak GI Garuda Sakti secara berkala meninjau kembali keadaan terkini sistem sehingga kestabilan sistem tenaga dapat lebih terjaga.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. S. Batorowicz, J. Hanson, O. Goieva, W. Schoenberger, and A. Shustov, "Impact of open phase fault conditions on electrical protection and motor behaviour," *IET Conf. Publ.*, vol. 2016, no. CP671, pp. 1–6, 2016, doi: 10.1049/cp.2016.0092.
- [2] B. S. Abdulraheem and C. K. Gan, "Power system frequency stability and control: Survey," *Int. J. Appl. Eng. Res.*, vol. 11, no. 8, pp. 5688–5695, 2016.
- [3] N. Nuswantara, W. G. Ariastina, and A. A. N. Amrita, "Studi Kestabilan Sistem dan Pelepasan Beban (Load Shedding) Berdasarkan Standar IEEE di PT. Pertamina (Persero) Refinery Unit IV," *J. SPEKTRUM*, vol. 4, no. 1, p. 66, 2017, doi: 10.24843/spektrum.2017.v04.i01.p11.
- [4] A. Hadi and E. Ervianto, "Studi Pelepasan Beban Dengan Menggunakan Relai Frekuensi Kurang Pada Sistem Tenaga Listrik," pp. 1–7, 2016.
- [5] R. P. T. Tambunan, Karnoto, and S. Handoko, "Simulasi Pelepasan Beban ( Load Shedding ) Pada Sistem Jaringan Distribusi Tragi Sibolga 150 / 20 Kv ( Studi Kasus Pada Penyulang Tragi Sibolga , Sumut )," *Transient*, vol. 3, no. 2, p. 213, 2014.
- [6] M. Energi, D. A. N. Sumber, and D. Mineral, "Peraturan Menteri ESDM No. 37 Thn 2008 Grid Code Sumatera," vol. 0, pp. 1–184, 2008.

- [7] D. Darmawan, “Analisis Keberadaan Dan Pengembangan Gardu Induk Distribusi 20 kV Di Kota Pekanbaru,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [8] N. O. Nwazor, W. S. Orisadare, and E. Phan, “Intelligent Substation Automatic Load Shedding System for Power Distribution,” vol. 10, no. 2, pp. 1296–1301, 2019.
- [9] B. Sakti K.P., A. A. G. Maharta Pelayun, and I. G. Dyana Arjana, “Studi Analisis Ufr (Under Frequency Relay) Pada Gardu Induk Pesanggaran,” *J. SPEKTRUM*, vol. 6, no. 2, p. 45, 2019, doi: 10.24843/spektrum.2019.v06.i02.p07.
- [10] J. A. Pongtiku, M. Tuegeh, I. H. Tumaliang, and J. T. Elektro-ft, “Analisa Stabilitas Transien Untuk Menentukan Waktu Pemutusan Kritis (Critical Clearing Time) Pada Jaringan Transmisi 70 Kv Plta Tanggari Ii-Gi Sawangan Dengan Menggunakan Program Matlab,” *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 3, no. 2, pp. 53–58, 2014, doi: 10.35793/jtek.3.2.2014.4525.
- [11] GI Garuda Sakti, Dokumen PLN 2016, PLN, 2016
- [12] *Electric Transient and Analysis Program Version 12,6,0*, 2016.