

## Optimasi Under Frequency Load Shedding Menggunakan Metode PSO Algorithm Pada Sistem Distribusi PT. Dian Swastatika Sentosa Serang Power Plant

Masjudin<sup>1</sup>, Siti Hajar Juliatiza<sup>1</sup>, Cakra Adipura Wicaksana<sup>1</sup><sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten.

### Informasi Artikel

Naskah Diterima : 16 Nopember 2021

Direvisi : 18 Nopember 2021

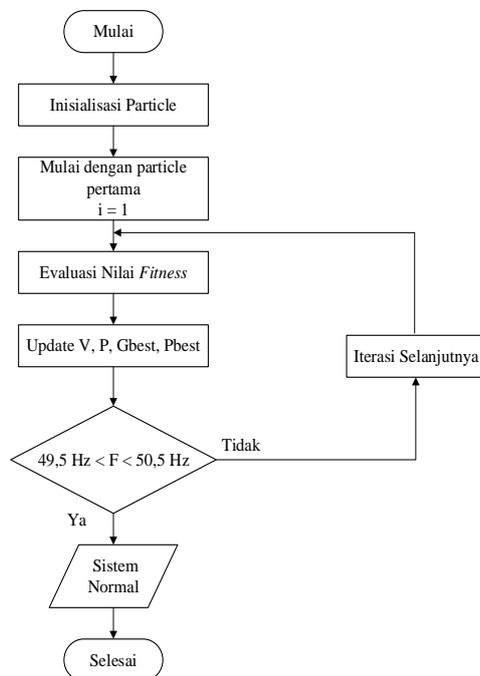
Disetujui : 19 Nopember 2021

doi: 10.36055/setrum.v10i2.13138

\*Korespodensi Penulis:

masjudin@untirta.ac.id

### Graphical abstract



### Abstract

The stability of the power system is the main thing that must be maintained for the safe operation of the system. The value of the generator supply must be equal to the value of the load on the electric power system. Disturbances in the electric power system can result in changes to the transient direction, namely towards frequency stability. The disturbance that occurs in the system is off the generator. The result of this disturbance is an imbalance of power on the generating side and the load side, resulting in a decrease in the frequency value. Under frequency load shedding is an effort that aims to restore the frequency value to the permissible limit utilizing load shedding. This research was conducted on the distribution system of PT Dian Swastatika Sentosa Serang Power Plant which consists of 4 generator units with a total supply of 128.1 MW. This simulation is made in several scenarios according to the number of generator units in the system. To obtain optimum results in load shedding, the Particle Swarm Optimization method is used. This method will find the minimum value of the load removed at each stage of load shedding. The results of the scenario simulation showed an average decrease of around 1.03 MW of the released load when compared to the calculation when not using the Particle Swarm Optimization method.

**Keywords:** Particle Swarm Optimization, Frequency Stability, Under frequency load shedding.

### Abstrak

Stabilitas sistem tenaga merupakan hal utama yang harus dijaga untuk keamanan operasi sistem. Besar nilai suplai pembangkit harus sama seiring dengan nilai beban pada sistem tenaga listrik. Gangguan pada sistem tenaga listrik dapat mengakibatkan perubahan kearah transient yakni ke arah stabilitas frekuensi. Gangguan yang terjadi pada sistem adalah lepas pembangkit. Akibat dari gangguan ini yaitu ketidakseimbangan daya pada sisi pembangkit dan sisi beban sehingga terjadi penurunan nilai frekuensi. Under frequency load shedding merupakan upaya yang bertujuan untuk mengembalikan nilai frekuensi pada batas yang diizinkan dengan cara pelapasan beban. Penelitian ini dilakukan pada sistem distribusi PT Dian Swastatika Sentosa Serang Power Plant yang didalamnya terdiri dari 4 unit generator dengan total suplai sebesar 128,1 MW. Simulasi ini dibuat pada beberapa skenario sesuai dengan jumlah unit generator pada sistem. Untuk mendapatkan hasil yang optimum dalam pelepasan beban digunakan metode Particle Swarm Optimization. Metode ini akan menemukan nilai minimum beban yang dilepas pada setiap tahap pelepasan beban. Hasil simulasi skenario terjadi penurunan rata-rata berkisar 1,03 MW beban yang dilepaskan jika dibandingkan dengan perhitungan saat tidak menggunakan metode Particle Swarm Optimization.

**Kata kunci:** Particle Swarm Optimization, Stabilitas Frekuensi, Under frequency load shedding

© 2021 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved

## 1. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik dapat dikatakan sebagai sistem yang baik, jika memenuhi beberapa persyaratan, antara lain keandalan, kualitas, dan kestabilan. Sistem tenaga listrik yang baik harus

memenuhi ketiga syarat tersebut, sehingga sistem mampu memberikan pasokan listrik secara terus menerus dengan standar besaran untuk tegangan dan frekuensi sesuai dengan aturan yang berlaku dan harus segera kembali ke kondisi normal apabila sistem terjadi gangguan [1]. Salah satu gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik adalah *under-frequency* karena ketidakseimbangan antara pembangkit dengan beban. Hal tersebut dapat diatasi dengan teknik *Under-frequency load shedding* (UFLS), teknik ini menggunakan kemantapan frekuensi dan stabilitas tegangan sebagai faktor pembatas untuk operasi yang seimbang dari sistem tenaga. *Under-frequency load shedding* dalam sistem tenaga listrik berpengaruh besar untuk mencegah *blackout* dan mengantisipasi terhadap kondisi diluar perencanaan, atau kondisi ekstrem.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Teknik kecerdasan buatan sudah digunakan untuk mengoptimalkan pengaturan penggunaan UFLS (*under frequency load shedding*) yaitu untuk menentukan nilai pelepasan beban yang diperlukan. Metode Jaringan Saraf Tiruan (*Artificial Neural Network*) digunakan untuk menyelesaikan masalah pelepasan beban [2]. Namun, dengan menggunakan metode JST tidak dapat menjamin untuk mempertimbangkan semua skenario yang ada, karena metode ini membutuhkan waktu yang cukup lama untuk menyelesaikan semua skenario yang ada. Terdapat kemungkinan gagal dalam memprediksi hasil yang akurat pada kasus yang bervariasi dan struktur jaringan yang kompleks diperlukan untuk metode ini. Jaringan Saraf Tiruan diterapkan untuk mengurangi pelepasan beban akibat *under frequency* pada *small island power system* dengan memerlukan data lapangan [3]. Metode baru kecerdasan buatan dalam UFLS adalah menggunakan Fuzzy dalam pengambilan keputusan untuk menentukan jumlah pelepasan beban [4]. Parameter keanggotaan *fuzzy logic control* membutuhkan pengetahuan sistem sebelumnya. Jika tidak, hasil gagal memberikan pelepasan beban yang optimal.

*Genetic Algorithm* (GA) digunakan untuk meminimalkan jumlah pelepasan beban dan memaksimalkan jumlah ayunan frekuensi terendah [5]. Skenario UFLS dengan *Genetic Algorithm* melibatkan beban maksimum konstan yang harus dilepaskan [5]. Selain *Logika Fuzzy*, *Genetic Algorithm* juga menerapkan hierarki dengan batasan parameter UFLS. *Genetic Algorithm* membutuhkan waktu lama untuk menentukan jumlah pelepasan beban dan mengevaluasi individu. Metode ini sulit dalam menemukan nilai optimal global yang tepat. *Genetic Algorithm* membutuhkan evaluasi fungsi respon (kesesuaian) yang tergantung pada jumlah individu dan jumlah generasi [6]. Metode *Ant Colony Optimization* (ACO) diterapkan untuk meminimalkan ukuran dari pelepasan beban dalam sebuah respon dinamis. Namun, ACO hanya berlaku untuk masalah diskrit dan analisis teoritisnya sulit [7].

Sistem membutuhkan suatu metode yang dapat mengoptimalkan jumlah beban minimum yang harus dilepas, karena dalam melakukan pelepasan beban, terdapat beban-beban tertentu yang tidak boleh mati sehingga pemilihan beban juga perlu diperhatikan agar sistem tersebut berjalan dengan optimal. Oleh karena itu untuk memperoleh hasil maksimal perlu adanya metode yang tepat. Metode PSO (*Particle Swarm Optimization*) *algorithm* digunakan untuk mendapatkan parameter optimal pada nilai pelepasan beban. Metode ini dipilih dikarenakan algoritma yang sederhana tetapi menghasilkan hasil yang optimal baik dari segi hasil maupun segi waktu [8].

PSO didasarkan pada perilaku sekawanan burung atau ikan. PSO *algorithm* meniru perilaku sosial organisme ini. Perilaku sosial terdiri dari tindakan individu dan pengaruh dari individu - individu lain dalam suatu kelompok. Kata partikel menunjukkan, misalnya, seekor burung dalam kawanan burung. Setiap individu atau partikel berperilaku dengan cara menggunakan kecerdasannya (*intelligence*) sendiri dan juga dipengaruhi perilaku kelompok kolektifnya. Dengan demikian, jika satu partikel atau seekor burung menemukan jalan yang tepat atau pendek menuju ke sumber makanan, sisa kelompok yang lain juga akan dapat segera mengikuti jalan tersebut meskipun lokasi mereka jauh di kelompok tersebut [9].

Algoritma dimulai dengan inisialisasi populasi ukuran N partikel. Setiap partikel dalam sebuah ruang pencarian dimensi diberikan posisi acak dan kecepatan (V). Kemudian partikel - partikel mengevaluasi fungsi kebugaran dan dari evaluasi ini posisi setiap partikel dinyatakan sebagai posisi terbaik lokal (*PBest*) dan di antara partikel terbaik lokal yang terbaik disebut sebagai terbaik global (*GBest*). Berikut ini adalah persamaan yang digunakan untuk update posisi dan partikel [10].

$$V_k^{i+1} = \omega \times V_k^i + C_1 \times Rand_1 \times (P_{k,Best}^i - X_k^i) + C_2 \times Rand_2 \times (G_{Best}^i - X_k^i) \quad (1)$$

$$X_k^{i+1} = X_k^i + V_k^{i+1} \quad (2)$$

Keterangan :

$V_k^1$  = Kecepatan partikel k pada iterasi

$C$  = Learning Factor (0,∞)

$Rand$  = Bilangan Random (0,1)

$X_k^i$  = Posisi partikel k untuk iterasi ke-l

$P_{k,Best}^i$  = Posisi terbaik dari partikel k untuk iterasi ke-l

$G_{Best}^i$  = Posisi paling terbaik yang dicapai oleh setiap partikel

$\omega$  = Bobot inersia

$x$  = Patikel yang bergerak

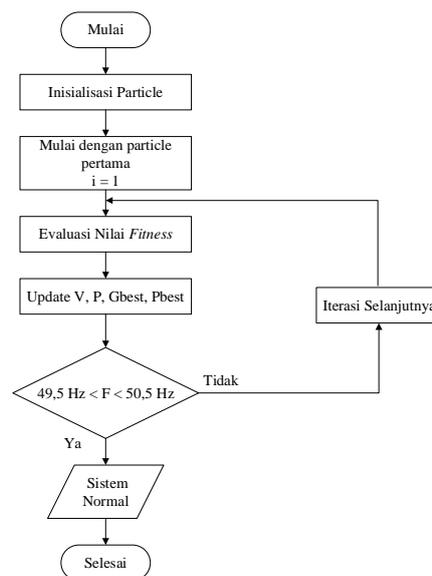
Untuk memproses algoritma pada PSO maka dilakukan pengembangan sebagai berikut [10] :

1. Asumsikan bahwa ukuran kelompok atau kawan (jumlah partikel) adalah N. Kecepatan dan posisi awal pada tiap partikel dalam N dimensi ditentukan secara random (acak).
2. Hitung kecepatan dari semua partikel. Semua partikel bergerak menuju titik optimal dengan suatu kecepatan. Awalnya semua kecepatan dari partikel diasumsikan sama dengan nol, set iterasi  $i = 1$ .
3. Nilai *fitness* setiap partikel ditaksir menurut fungsi sasaran (*objective function*) yang ditetapkan. Jika nilai *fitness* setiap partikel pada lokasi saat ini lebih baik dari *Pbest*, maka *Pbest* diatur untuk posisi saat ini.
4. Nilai *fitness* partikel dibandingkan dengan *Gbest*. Jika *Gbest* yang terbaik maka *Gbest* yang diperbaharui.
5. Melakukan pengecekan apakah solusi yang sekarang sudah konvergen. Jika posisi semua partikel menuju ke satu nilai yang sama, maka ini disebut konvergen. Jika belum konvergen maka langkah 2 diulang dengan memperbarui iterasi  $i = i + 1$ , dengan cara menghitung nilai baru dari *Pbest* dan *Gbest*. Proses iterasi ini dilanjutkan sampai semua partikel menuju ke satu titik solusi yang sama. Biasanya akan ditentukan dengan kriteria

### 3. METODOLOGI

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir dari penelitian ini adalah sebagai berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3.2 Skenario Gangguan Beban Lebih

Perancangan pelepasan beban yang disimulasikan yaitu pelepasan beban yang terjadi akibat adanya kelebihan beban sehingga terjadinya penurunan frekuensi sistem. Gangguan beban lebih disebabkan oleh adanya gangguan yang terjadi pada generator sehingga mengharuskan generator tersebut padam. Pada Tabel 1 merupakan skenario padamnya generator yang dilakukan pada penelitian ini.

Tabel 1. Skenario Kombinasi Generator Padam

Generator			
G#1	G#2	G#3	G#6
OFF	ON	ON	Ref
ON	OFF	ON	Ref
ON	ON	OFF	Ref
ON	ON	ON	Ref
OFF	OFF	ON	Ref
OFF	ON	OFF	Ref
OFF	ON	ON	Ref
ON	OFF	OFF	Ref
ON	OFF	ON	Ref
ON	ON	OFF	Ref
OFF	OFF	OFF	Ref
ON	OFF	OFF	Ref
OFF	ON	OFF	Ref
OFF	OFF	ON	Ref

3.3 Tahapan Pelepasan Beban

Berikut ini adalah tahap-tahap pelepasan beban beserta pemilihan beban yang akan dilepas pada saat terjadi penurunan frekuensi sebelum menggunakan PSO.

Tabel 2. Pemilihan Unit Pembebanan Setiap Tahap Pelepasan Beban PT Dian Swastika Sentosa Serang *Power Plant*

Tahap	Unit Pembebanan	Jumlah beban (MW)
I	H8 (SP 1/1 + AOCC 5)	0
	H11 (PM 1)	9
	H17 (AOCC 3/4+SP 5)	14
	H13 (SP 1/2)	7,8
	H7 (PM 2)	13,4
II	H2 (P M 4 + PM5)	15,2
	H14 (SP3/6)	15
III	H4 (PM 6)	10,2
	H3 (PM 3)	8,8
	H9 ( <i>Utility-1 + Converting Printing</i> )	8
IV	H6 ( <i>Utility-2</i> )	5

4. Analisa dan Pembahasan

4.1. Hasil Pelepasan Beban Menggunakan PSO Algorithm

PSO *algorithm* digunakan untuk mencari nilai minimum dari pelepasan beban yang disebabkan oleh gangguan beban lebih. Titik keberhasilan dari metode ini yaitu tercapainya *value fitness* dengan batasan frekuensi yang telah ditetapkan yakni  $\pm 0,5$  dari 50 Hz ( 49,5 s.d. 50,5 Hz) . Proses untuk tercapainya nilai *value fitness* ini dibutuhkan suatu parameter PSO, yakni adalah sebagai berikut :

Tabel 3. Parameter Pelepasan Beban PSO

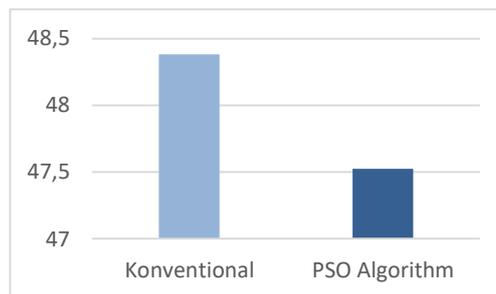
Parameter	Nilai
N	30
D	1
c1 dan c2	1
xmax	0,83
xmin	0.0025
kmax	50
tmax	0,9
tmin	0,4

Hasil dari penelitian ini berupa nilai minimum untuk pelepasan beban jika terjadi gangguan beban lebih yang disebabkan oleh padamnya generator. Setelah dilakukan perhitungan dan simulasi menggunakan metode PSO *algorithm* didapatkan hasil seperti yang tertera pada Tabel dibawah ini.

Tabel 4. Perbandingan Perhitungan dan PSO

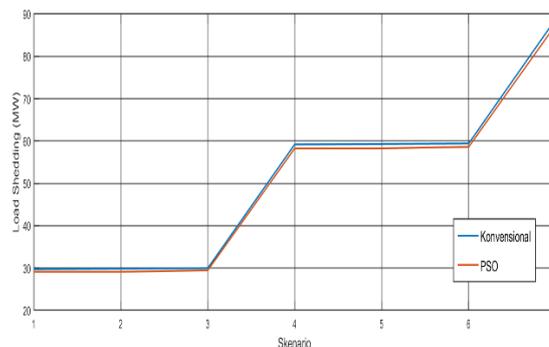
Generator (MW)	Tanpa PSO (MW)	Dengan PSO (MW)
Skenario 1	29,77307187	29,14275
Skenario 2	29,87427575	29,14275
Skenario 3	29,97547969	29.4630
Skenario 4	59,22626593	58,28550
Skenario 5	59,32748965	58,28550
Skenario 6	59,42871345	58,60575
Skenario 7	88,78655108	87,42825

Hasil dari running PSO *algorithm* didapatkan sebuah nilai pelepasan beban jika terjadinya gangguan beban lebih, berikut ini adalah perbandingan nilai rata-rata dari setiap skenario :



Gambar 2. Perbandingan Rata - Rata Nilai Pelepasan Beban

Gambar 2 memperlihatkan perbandingan antara jumlah beban yang dilepas jika dihitung menggunakan perhitungan manual dengan menggunakan PSO *algorithm* pada Matlab. Nilai Perhitungan manual rata-rata bernilai sebesar 48,382 MW dan hasil dari menggunakan algoritma PSO bernilai sebesar 47,523 MW.



Gambar 3 Grafik Perbandingan Nilai Pelepasan Beban Konvensional dan PSO

Gambar 3 merupakan perbandingan hasil nilai beban yang akan dilepaskan jika menggunakan langkah konvensional dan menggunakan PSO. Grafik sisi horizontal merupakan skenario yang dilakukan pada penelitian ini yakni skenario 1 hingga skenario 7, selanjutnya untuk sisi vertikal merupakan nilai pelepasan beban tiap skenario. Selisih antara keduanya jika dirata-ratakan sebesar 1,038 MW.

Setelah mengetahui nilai pelepasan beban menggunakan PSO. Langkah selanjutnya membuat tahapan nilai pelepasan beban. Berikut ini adalah tahap pelepasan beban menggunakan PSO.

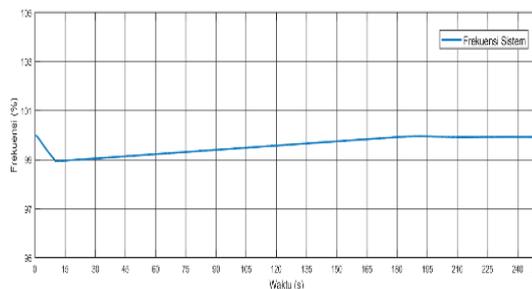
Tabel 4. 1 Tahap Pelepasan Beban Setelah menggunakan PSO

Tahap	Unit Pembebanan	Jumlah beban (MW)
I	H8 (SP 1/1 + AOCC 5)	0
	H11 (PM 1)	9
	H17 (AOCC 3/4+SP 5)	14
	H7 (PM 2)	13,4
II	H13 (SP 1/2)	7,8
	H2 (P M 4 + PM5)	15,2
	H14 (SP3/6)	15
III	H4 (PM 6)	10,2
	H3 (PM 3)	8,8

Setelah mengetahui tahap pelepasan beban yang mencakup frekuensi *load shedding* serta waktu *trip relay* dengan menggunakan simulasi PSO Matlab. Untuk mendapatkan grafik respon frekuensi kontinu, selanjutnya melakukan simulasi pada ETAP untuk mengetahui respon frekuensi pada PT Dian Swastika Sentosa Power Plant. Berikut ini adalah grafik hasil skenario pelepasan beban menggunakan PSO.

1. Skenario G #3 Padam

Gambar 4 merupakan grafik respon frekuensi yang didapatkan dari simulasi ETAP. Simulasi yang dilakukan adalah simulasi untuk skenario 1, gangguan yang terjadi karena generator G#3 padam. Simulasi ini dilakukan dengan kondisi sistem dalam keadaan *overload* yang disebabkan oleh generator keluar (padam) dari sistem tenaga listrik.



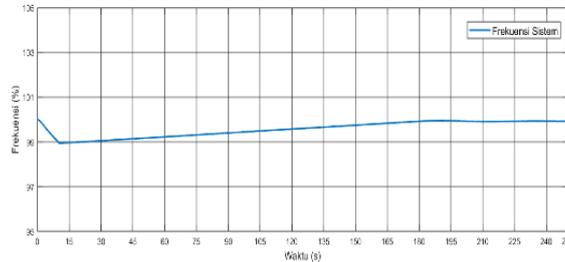
Gambar 4 Respon Frekuensi sistem saat G #3 Padam

Simulasi dilakukan dengan waktu 250 detik, lalu generator keluar dari sistem pada detik ke 10. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa mula – mula frekuensi turun menjadi 98,9%, hal ini terjadi karena generator G#3 padam yang mengakibatkan terjadinya beban lebih akibat berkurangnya suplai daya listrik ke beban. Setelah itu, *under frequency relay* akan bekerja memutuskan hubungan antara beban dengan sistem. Jumlah beban yang dilepaskan sesuai dengan tahapan sudah dibuat. Dalam waktu 250 detik frekuensi sudah kembali pada batas normal.

2. Skenario G #2 Padam

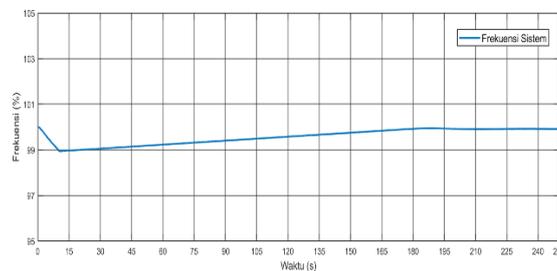
Gambar 5 merupakan grafik respon frekuensi yang didapatkan dari simulasi ETAP. Simulasi yang dilakukan adalah simulasi untuk skenario 2, gangguan yang terjadi karena generator G#2 padam. Simulasi ini dilakukan dengan kondisi sistem dalam keadaan *overload* yang disebabkan oleh generator keluar (padam) dari sistem tenaga listrik.

Simulasi dilakukan dengan waktu 250 detik, lalu generator keluar dari sistem pada detik ke 10. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa mula – mula frekuensi turun menjadi 98,9%, hal ini terjadi karena generator G#2 padam yang mengakibatkan terjadinya beban lebih akibat berkurangnya suplai daya listrik ke beban. Setelah itu, *under frequency relay* akan bekerja memutuskan hubungan antara beban dengan sistem. Jumlah beban yang dilepaskan sesuai dengan tahapan yang sudah dibuat. Dalam waktu 250 detik frekuensi sudah kembali pada batas normal.



Gambar 5 Respon Frekuensi sistem saat G #2 Padam

### 3. Skenario G #1 Padam

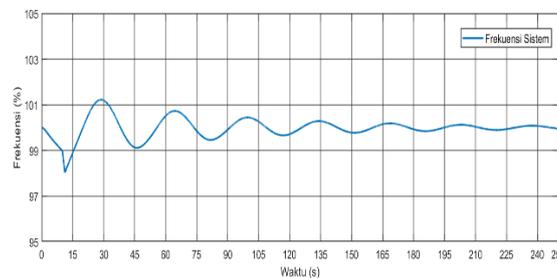


Gambar 6 Respon Frekuensi sistem saat G #1 Padam

Gambar 6 merupakan grafik respon frekuensi yang didapatkan dari simulasi ETAP. Simulasi yang dilakukan adalah simulasi untuk skenario 3, gangguan yang terjadi karena generator G#1 padam. Simulasi ini dilakukan dengan kondisi sistem dalam keadaan *overload* yang disebabkan oleh generator keluar (padam) dari sistem tenaga listrik.

Simulasi dilakukan dengan waktu 250 detik, lalu generator keluar dari sistem pada detik ke 10. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa mula – mula frekuensi turun menjadi 98,9%, hal ini terjadi karena generator G#1 padam yang mengakibatkan terjadinya beban lebih akibat berkurangnya suplai daya listrik ke beban. Setelah itu, *under frequency relay* akan bekerja memutuskan hubungan antara beban dengan sistem. Jumlah beban yang dilepaskan sesuai dengan tahapan yang sudah dibuat. Dalam waktu 250 detik frekuensi sudah kembali pada batas normal.

### 4. Skenario G #1 dan G #3 Padam

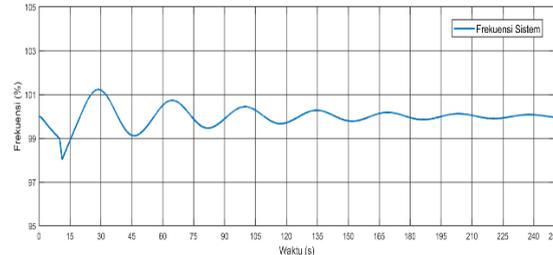


Gambar 7 Respon Frekuensi sistem saat G #1 dan G #3 Padam

Gambar 7 diatas merupakan grafik respon frekuensi yang didapatkan dari simulasi ETAP. Simulasi yang dilakukan adalah simulasi untuk skenario 6, gangguan yang terjadi karena generator G #1 dan G #3 padam. Simulasi ini dilakukan dengan kondisi sistem dalam keadaan *overload* yang terjadi karena generator keluar (padam) dari sistem tenaga listrik.

Simulasi dilakukan dengan waktu 250 detik, lalu generator keluar dari sistem pada detik ke 10. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa mula – mula frekuensi turun menjadi 98%, hal ini terjadi karena generator G #1 dan G #3 padam yang mengakibatkan terjadinya beban lebih akibat berkurangnya suplai daya listrik ke beban. Setelah itu, *under frequency relay* akan bekerja memutuskan hubungan antara beban dengan sistem. Jumlah beban yang dilepaskan sesuai dengan tahapan yang sudah dibuat. Dalam waktu 250 detik frekuensi sudah kembali pada batas normal.

5. Skenario G #2 dan G #3 padam

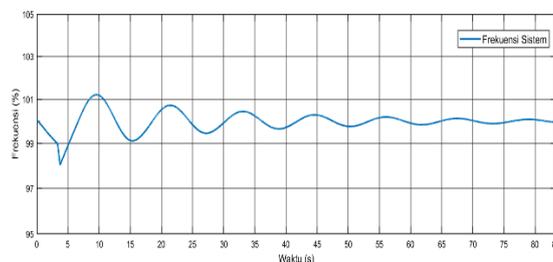


Gambar 8 Respon Frekuensi sistem saat G #2 dan G #3 Padam

Gambar 8 diatas merupakan grafik respon frekuensi yang didapatkan dari simulasi ETAP. Simulasi yang dilakukan adalah simulasi untuk skenario 5, gangguan yang terjadi karena generator G #2 dan G #3 padam. Simulasi ini dilakukan dengan kondisi sistem dalam keadaan *overload* yang terjadi karena generator keluar (padam) dari sistem tenaga listrik.

Simulasi dilakukan dengan waktu 250 detik, lalu generator keluar dari sistem pada detik ke 10. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa mula – mula frekuensi turun menjadi 98%, hal ini terjadi karena generator G #2 dan G #3 padam yang mengakibatkan terjadinya beban lebih akibat berkurangnya suplai daya listrik ke beban. Setelah itu, *under frequency relay* akan bekerja memutuskan hubungan antara beban dengan sistem. Jumlah beban yang dilepaskan sesuai dengan tahapan yang sudah dibuat. Dalam waktu 250 detik frekuensi sudah kembali pada batas normal.

6. Skenario G #1 dan G #2 padam



Gambar 9 Respon Frekuensi sistem saat G #1 dan G #2 Padam

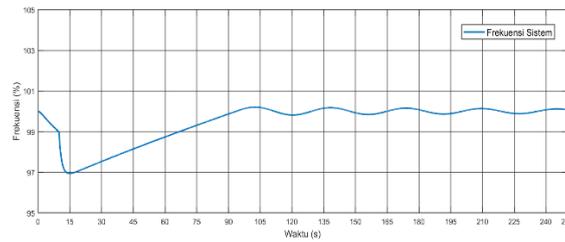
Simulasi dilakukan dengan waktu 250 detik, lalu generator keluar dari sistem pada detik ke 10. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa mula – mula frekuensi turun menjadi 98%, hal ini terjadi karena generator G #1 dan G #2 padam yang mengakibatkan terjadinya beban lebih akibat berkurangnya suplai daya listrik ke beban. Setelah itu, *under frequency relay* akan bekerja memutuskan hubungan antara beban dengan sistem. Jumlah beban yang dilepaskan sesuai dengan tahapan yang sudah dibuat. Dalam waktu 250 detik frekuensi sudah kembali pada batas normal.

7. Skenario G #1, G #2 dan G #3 padam

Gambar 10 diatas merupakan grafik respon frekuensi yang didapatkan dari simulasi ETAP. Simulasi yang dilakukan adalah simulasi untuk skenario 7, dimana gangguan yang terjadi karena generator G #1, G #2 dan G #3 padam. Simulasi ini dilakukan dengan kondisi sistem dalam keadaan *overload* yang terjadi karena generator keluar (padam) dari sistem tenaga listrik.

Simulasi dilakukan dengan waktu 250 detik, lalu generator keluar dari sistem pada detik ke 10. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa mula – mula frekuensi turun menjadi 97%, hal ini terjadi karena generator G #1, G #2 dan G #3 padam yang mengakibatkan terjadinya beban lebih akibat

berkurangnya suplai daya listrik ke beban. Setelah itu, *under frequency relay* akan bekerja memutuskan hubungan antara beban dengan sistem. Jumlah beban yang dilepaskan sesuai dengan tahapan yang sudah dibuat. Dalam waktu 250 detik frekuensi sudah kembali pada batas normal.



Gambar 10 Respon Frekuensi sistem saat G #1, G #2 dan G #3 Padam

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari simulasi dan analisis pada skripsi ini, dapat diambil kesimpulan yaitu setelah dilakukan simulasi skenario gangguan akibat padamnya generator dapat dilihat bahwa pengaruh dari metode *Particle Swarm Optimization* terdapat pada nilai minimum pelepasan beban. Terjadi penurunan rata-rata berkisar 1,038 MW, beban yang dilepaskan jika dibandingkan dengan perhitungan manual. Lalu terjadi penurunan nilai pelepasan beban pada tahap pelepasan beban, jika dibandingkan dengan data yang diberlakukan di PT. Dian Swastika Sentosa *Power Plant*.

#### REFERENSI

- [1] E. E. Abdul Hadi, "Studi Pelepasan Beban Dengan Menggunakan Relai Frekuensi," *Jom FTEKNIK*, p. Volume 03. No. 02, Oktober 2016.
- [2] M. Kumar, M. Sujatha, T. Devaraj dan N. Kumar, "Artificial Neural Network Approach for Under Frequency Load Shedding," *International Journal of Scientific & Engineering Research*, vol. 3, no. 7, 2012.
- [3] S. Padron, M. Hernandez dan A. Falcon, "Reducing Under Frequency Load Shedding in Isolated Power Systems Using Neural Networks. Gran Canaria: A Case Study," *IEEE Transaction on Power Systems*, vol. 31, p. 1, 2016.
- [4] C. Ertugrul, "Application of Fuzzy Logic for Load Frequency Control of Hydroelectrical Power Plants," *Energy Conversion Management*, vol. 48, no. 4, pp. 1281-1288, 2007.
- [5] Y.-Y. Hong dan P. H. Chen, "Genetic Based Underfrequency Load Shedding in a Stand Alone Power System Considering Fuzzy Loads," *IEEE Transaction on Power System*, vol. 27, pp. 87-95, 2012.
- [6] D. Mingchui, L. Chinwang dan W. Chikong, "Adaptive Under-frequency Load Shedding," *Tsinghua Science and Technology*, vol. 13, no. 6, 2008.
- [7] Dorigo, Marco, M. Biratti dan T. Stutzle, "Ant Colony Optimization - Artificial Ants as a Computational Intelligence Technique," *IEEE Computational Intelligence Magazine*, 2006.
- [8] M. A. Tantawy, A. Y. Hatata dan A. Kafi, "Optimal Under-Frequency Load Shedding Scheme Based on PSO," *Mansoura Engineering Journal*, vol. 43, no. 2, 2018.
- [9] Santosa, Particle Swarm Optimization, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November, 2011.
- [10] B. Bakhsideh, "Optimal reactive power control of DGs for voltage regulation of MV distribution systems using sensitivity analysis method and PSO algorithm," *Electrical Power and Energy Systems*, vol. 68, pp. 52 - 60, 2015.