

Pemanfaatan Aplikasi *Particle Swarm Optimization (PSO)* untuk Pengaturan Pengurangan Beban Tenaga Listrik

Moethia Faridha ¹, Dewiani ²

¹Teknik Elektro,Fakultas Teknik Universitas Islam Kalimantan MAB Banjarmasin

²Teknik Elektro,Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar

Jln. Adhyaksa No 1 Banjarmasin 70124 INDONESIA

Email: ¹bariethia@gmail.com, ²dewiani@unhas.ac.id

Abstract— Research on load shedding using the Particle Swarm Optimization (PSO) method is an important step in optimising the distribution of electrical loads to avoid rolling blackouts. This research aims to improve efficiency and effectiveness in handling load shedding in the electricity distribution system through the application of the Particle Swarm Optimisation (PSO) method. PSO is an optimisation algorithm inspired by the behaviour of particle swarms in searching for food sources. This research resulted in the effective implementation of load shedding based on PSO optimisation coupled with a hybrid method. It was found that this method can significantly reduce power outages and improve the performance of the electricity distribution system. This study concludes that the use of Particle Swarm Optimisation (PSO) method in load shedding in the electricity distribution system can provide an optimal and efficient solution to overcome emergency situations and improve the reliability of electricity supply. Further research can be conducted to evaluate the performance of this method in more complex scenarios and a wider variety of network conditions.

Intisari— Penelitian tentang load shedding dengan menggunakan metode Particle Swarm Optimization (PSO) merupakan langkah penting dalam mengoptimalkan distribusi beban listrik untuk menghindari pemadaman bergilir. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam penanganan load shedding pada sistem distribusi listrik melalui penerapan metode Particle Swarm Optimization (PSO). PSO adalah algoritma optimisasi yang terinspirasi dari perilaku gerakan kelompok partikel dalam mencari sumber pakan. Penelitian ini menghasilkan implementasi efektif load shedding berdasarkan optimasi PSO ditambah dengan metode hybrid. Ditemukan bahwa metode ini dapat mengurangi pemadaman listrik secara signifikan dan memperbaiki kinerja sistem distribusi listrik. Penelitian ini menyimpulkan bahwa penggunaan metode Particle Swarm Optimization (PSO) dalam load shedding pada sistem distribusi listrik dapat memberikan solusi yang optimal dan efisien untuk mengatasi situasi darurat dan meningkatkan keandalan pasokan listrik. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan untuk mengevaluasi kinerja metode ini dalam skenario yang lebih kompleks dan variasi kondisi jaringan yang lebih luas.

Kata Kunci— aplikasi, PSO, pengaturan, beban listrik

I. PENDAHULUAN

Pada tahun 1995, Profesor Kenndy dan Eberhart melihat pola tertentu melalui pengamatan ekstensif terhadap perilaku mencari makan burung, yang pada akhirnya merancang algoritme PSO untuk mensimulasikan aktivitas pencarian yang

ditunjukkan oleh burung. Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO) merupakan contoh sukses pengembangan evolusi yang berasal dari biosimulasi, dan merupakan aplikasi penting dalam bidang pemecahan masalah optimasi. Hasilnya, teknik particle swarm optimization telah terbukti bermanfaat di berbagai domain, menghasilkan banyak hasil yang patut dicatat. Selain itu, algoritma PSO telah menunjukkan kemampuannya untuk mengatasi kebingungan dan fenomena tertentu yang mungkin sulit dipecahkan dalam konteks masyarakat dunia nyata, sehingga menawarkan solusi yang hampir optimal. [1][2]

Pemanfaatan algoritma (PSO) dalam sistem tenaga listrik memiliki kemampuan untuk menyelesaikan masalah optimasi yang kompleks dan dinamis. Pada bidang ketenagalistrikan PSO digunakan untuk optimal peningkatan seperti pengaturan beban pada saat terjadi gangguan, yang mempengaruhi parameter frekuensi dan tegangan. Algoritma PSO menawarkan banyak keuntungan, termasuk eksplorasi global yang efektif, metodologi berbasis populasi, teknik pengoptimalan berkelanjutan, penghindaran optima lokal, ketahanan, kemampuan beradaptasi, konvergensi cepat, dan kemudahan implementasi. Akibatnya, metodologi yang disarankan menggunakan PSO untuk mengidentifikasi ambang batas yang paling sesuai untuk mengompresi data sistem daya.[3]

Perhatian utama untuk memastikan kelancaran operasi sistem energi terletak pada menjaga stabilitasnya. Sangat penting bahwa daya yang dipasok oleh pembangkit listrik sejalan dengan beban listrik pada sistem. Setiap gangguan dalam sistem energi listrik dapat menyebabkan pergeseran sementara ke arah stabilitas frekuensi dan tegangan. [4]

Ketidakstabilan tegangan berpotensi menyebabkan terjadinya drop tegangan dan pemadaman. Untuk memastikan pemeliharaan stabilitas tegangan, pelepasan beban diimplementasikan sebagai tindakan korektif yang penting. Sejumlah penelitian telah dilakukan untuk mengeksplorasi optimalisasi strategi pelepasan beban. Namun, penting untuk menyadari bahwa masih ada kekurangan tertentu, seperti pemanfaatan model beban kontinu, pertimbangan terbatas respons permintaan, dan pengabaian beban kritis. Drop tegangan cenderung memanifestasikan dirinya sebagai akibat dari ketidakstabilan tegangan yang muncul selama gangguan yang signifikan. Ketika semua mekanisme pengoperasian dan kontrol daya lain yang tersedia telah habis, pelepasan beban tegangan rendah (UVLS) digunakan sebagai upaya terakhir. Meningkatnya kompleksitas dan ukuran sistem tenaga modern memperkuat risiko yang terkait dengan ketidakseimbangan daya dan gangguan frekuensi. Akibatnya, mekanisme

pertahanan utama yang digunakan dalam konteks ini adalah respons inersia generator, kontrol gubernur, pelepasan beban, dan kontrol pengiriman. Namun, perlu dicatat bahwa pelepasan beban konvensional memang memiliki keterbatasan tertentu, sehingga memerlukan penyelidikan lebih lanjut. Implementasi pelepasan beban tetap penting untuk pelestarian stabilitas tegangan dan batas aliran daya selama situasi darurat dalam sistem tenaga.[5][6][7][8].

Tujuan dari penelitian ini adalah Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO) dapat melakukan pengaturan frekuensi dan tegangan pada saat penurunan beban terjadi.

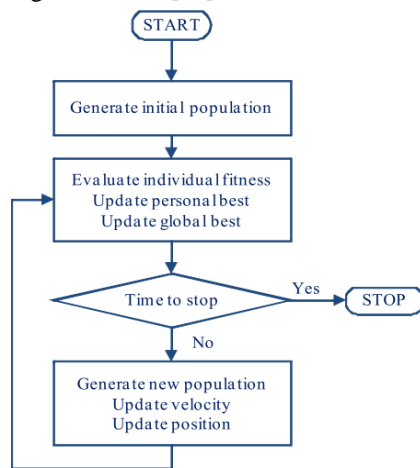
II. LITERATUR REVIEW

1. Mengingat Algoritma Particle Swarm Optimization memberikan hasil yang memuaskan, ansambel ini menjalani evaluasi sekunder dalam masalah aktual perkiraan konsumsi listrik Spanyol. Ini menyiratkan bahwa PSO adalah algoritma yang cocok untuk mengoptimalkan ansambel Mesin Pembelajaran Ekstrem, dan bahwa pendekatan yang disarankan dapat menghasilkan hasil yang menguntungkan dalam kedua masalah Time Series.[9].
2. Pelepasan beban frekuensi rendah (frekuensi di bawah) memiliki fungsi yang signifikan. Meskipun jarang dilakukan, ini sangat diperlukan dalam melindungi sistem dari dampak gangguan daya yang luar biasa.[10], Teknik baru untuk memastikan stabilitas tegangan dalam sistem juga diperkenalkan, yang dikenal sebagai metode pelepasan beban bawah tegangan optimal (UVLS). [11]. Sistem yang menghadapi berbagai situasi operasional, termasuk hilangnya pembangkit listrik dan peningkatan beban yang relatif tiba-tiba.[12]
3. Manajemen beban menimbulkan hambatan yang signifikan ketika mempertimbangkan implementasi jaringan cerdas. Selain itu, manajemen beban menghadirkan tantangan besar bagi pengoperasian sistem tenaga listrik yang aman. Teknik cerdas yang digunakan dalam manajemen beban memberi sistem kemampuan untuk mengembalikan operasi normal atau stabil setelah gangguan apa pun. Destabilisasi sistem terjadi ketika beban melampaui generasi, akibatnya mengakibatkan pemadaman bertingkat dan penghentian sebagian besar sistem tenaga, sehingga menyebabkan terjadinya penurunan frekuensi. Pendekatan optimal untuk menghindari pemadaman bertingkat dan kegagalan sistem daya adalah melalui pelepasan beban yang bijaksana.[13].
4. Penurunan beban darurat, yang didorong oleh peristiwa, menentukan strategi kuantitatif dengan mensimulasikan urutan tertentu dari peristiwa yang didorong oleh kesalahan yang diharapkan [14]. Pendekatan ini memerlukan tingkat akurasi yang tinggi dalam model dan penyelarasan mode operasi. Untuk menjaga keamanan frekuensi sistem, skema pelepasan beban frekuensi rendah (UFLS) biasanya dapat digunakan sebagai tindakan perbaikan akhir, yang bertujuan untuk melakukan penurunan beban.[15].
5. Penentuan pelepasan beban yang paling menguntungkan dalam berbagai situasi darurat menimbulkan rintangan yang signifikan dalam evaluasi keandalan sistem tenaga listrik, terutama dalam sistem skala ekspansif yang menggabungkan berbagai jenis beban.[16]
6. Stabilitas merupakan salah satu prasyarat bagi sistem tenaga listrik untuk mencapai tingkat keunggulan. Contoh faktor yang dapat menghambat stabilitas adalah penghentian operasi generator sistem. Untuk mengatasi kesulitan ini, tindakan yang dikenal sebagai rilis beban dijalankan. Secara khusus, pelepasan beban diimplementasikan dalam simulasi dengan tujuan mengembalikan frekuensi ke nilai otoritatifnya setelah terjadinya gangguan.[17]
7. Pelepasan beban dengan tujuan menilai dan mendistribusikan daya beban minimum yang memerlukan pembatasan untuk membawa frekuensi dan tegangan kembali ke kisaran yang dapat diterima untuk setiap bus beban setelah gangguan parah dalam sistem. Hasil yang diantisipasi dari pelepasan beban adalah pembentukan kembali frekuensi sistem tenaga, dengan mempertimbangkan kontrol utama regulator turbin dan daya cadangan generator untuk kontrol sekunder. Perhitungan dan evaluasi indikator stabilitas tegangan bus beban (Li) dilakukan untuk memprioritaskan besarnya debit beban di lokasi yang ditentukan. Besarnya pelepasan beban berbanding terbalik dengan indikator stabilitas tegangan pada bus beban, yang berarti bahwa nilai indikator yang lebih kecil sesuai dengan jumlah pelepasan beban yang lebih kecil dan sebaliknya. Dengan mengadopsi pendekatan ini, nilai frekuensi dan tegangan tetap dalam kisaran yang diizinkan, sehingga mencegah pelepasan jumlah beban yang besar dan selanjutnya mengurangi gangguan layanan bagi pelanggan. Efektivitas metodologi yang diusulkan ditunjukkan melalui penerapannya pada standar sistem tenaga generator IEEE 30 bus 6, yang disimulasikan dalam lingkungan MATLAB. Akibatnya, metode ini mengurangi pelepasan daya sekitar 20% dibandingkan dengan skema pelepasan beban konvensional.[18]
8. Algoritma PSO menunjukkan karakteristik konvergensi yang baik, namun gagal memberikan solusi yang mendekati optimal. Di sisi lain, algoritma APO menunjukkan kemampuan untuk meningkatkan keragaman dalam ruang pencarian dan juga untuk mencapai titik optimal global yang mendekati, sedangkan, APO rentan terhadap konvergensi dini. Algoritma hybrid HPSO-APO yang diusulkan menggabungkan kedua kekuatan algoritma individu, untuk mendapatkan keseimbangan antara kemampuan pencarian global dan lokal. Algoritma APO meningkatkan keragaman dalam ruang pencarian algoritma PSO. Algoritma optimasi hibrida digunakan untuk mengurangi kelebihan beban saluran dengan penjadwalan ulang generator selama keadaan darurat. Sistem uji praktis standar IEEE 30-bus dan 75-bus India dipertimbangkan untuk mengevaluasi ketahanan metode yang diusulkan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa metode HPSO-APO yang diusulkan lebih efisien dan tangguh dibandingkan metode PSO dan APO standar dalam hal mendapatkan solusi optimal Pareto yang beragam. Oleh karena itu, metode hibrida yang diusulkan dapat digunakan untuk sistem tenaga listrik yang besar dan saling terhubung untuk menyelesaikan masalah MO-SCOPF [19]

III. METODE

Pendekatan baru untuk kontrol tegangan dan frekuensi dalam jaringan mikro disajikan dalam penelitian ini. Metode yang diusulkan menggunakan teknik kontrol impedansi virtual adaptif yang didasarkan pada algoritma Particle Swarm Optimization (MOPSO) multi-tujuan.[20]

Teknik Particle Swarm Optimization (PSO) digunakan untuk mencapai resolusi optimal untuk masalah pengiriman daya reaktif di ranah jaringan listrik. PSO adalah algoritma pengoptimalan yang berakar pada kecerdasan swarm dan bertujuan untuk menemukan solusi paling optimal untuk masalah tertentu dengan memanipulasi partikel dalam area investigasi yang ditentukan.[21]



Gambar. 1 Flowchart for particle swarm optimization algorithm. [22]

1. Dalam algoritma Particle Swarm Optimization (PSO), partikel digunakan untuk mewakili solusi, dan kumpulan partikel disebut sebagai swarm. Setiap partikel memiliki dua karakteristik utama: posisi dan kecepatan. Pergerakan setiap partikel ditentukan oleh kecepatannya, yang membawanya ke posisi baru. Setelah posisi baru tercapai, posisi terbaik untuk setiap partikel dan seluruh kawanan diperbarui sesuai dengan itu. Kecepatan setiap partikel kemudian disesuaikan berdasarkan pengalamannya. Proses berulang ini berlanjut sampai kriteria penghentian terpenuhi.
2. Populasi awal dihasilkan untuk memulai algoritma PSO. Kebugaran setiap individu dievaluasi, dan posisi terbaik pribadi mereka dan posisi terbaik global diperbarui sesuai dengan itu. Proses ini diulang sampai kriteria penghentian terpenuhi. Jika kriteria tidak terpenuhi, populasi diperbarui dengan menghasilkan satu set individu baru dan menyesuaikan kecepatan dan posisi mereka. Diagram alir pada Gambar 1 menggambarkan keseluruhan proses algoritma optimasi kawanan partikel.
3. Mirip dengan Algoritma Genetik (GA), algoritma PSO dimulai dengan fase inialisasi, di mana gerombolan partikel awal dihasilkan. Konsep representasi solusi juga diterapkan, mirip dengan GA. Setiap partikel diinisialisasi dengan posisi dan kecepatan acak dan dievaluasi untuk nilai kebugarannya. Posisi terbaik pribadi dan terbaik global diperbarui berdasarkan nilai kebugaran setiap partikel dan seluruh kawanan. Jika kriteria terminasi tidak terpenuhi,

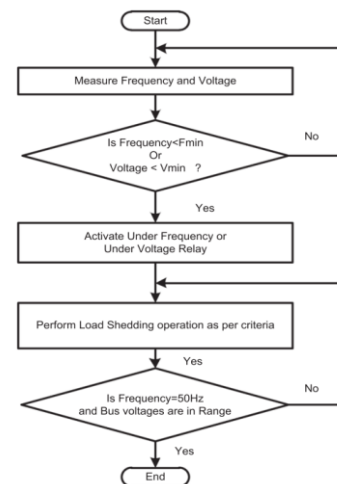
kecepatan dan posisi partikel diperbarui untuk membuat kawanan baru. Pembaruan ini mempertimbangkan posisi terbaik pribadi dan terbaik global, serta kecepatan partikel sebelumnya. Perlu dicatat bahwa algoritma PSO tidak memerlukan penyortiran nilai kebugaran, yang dapat memberikan keuntungan komputasi yang signifikan dibandingkan GA, terutama untuk ukuran populasi besar. Pembaruan kecepatan dan posisi di PSO hanya melibatkan operasi aritmatika sederhana pada bilangan real.

4. Dalam algoritma PSO, dua operasi utama adalah Pembaruan Kecepatan dan Pembaruan Posisi. Kecepatan setiap partikel diperbarui berdasarkan tiga komponen: kecepatan sebelumnya (istilah inersia atau momentum), pengalaman partikel individu (istilah kognitif atau belajar mandiri), dan pengalaman kolektif kawanan (istilah pembelajaran kelompok atau sosial). Setiap komponen memiliki konstanta berat terkait, dan untuk algoritma PSO dasar, tiga konstanta diperlukan.
5. Secara keseluruhan, algoritma PSO menawarkan pendekatan yang berbeda untuk pengoptimalan dibandingkan dengan GA. Ini menggunakan segerombolan partikel untuk mencari solusi optimal dengan terus memperbarui kecepatan dan posisi setiap partikel berdasarkan pengalaman individu dan kolektif mereka. Proses iteratif ini memungkinkan algoritma untuk secara bertahap menyatu menuju optimal global.[22]. Persamaan untuk memperbarui posisi partikel : [6]

$$P_{l+1} = P_l + V_{l+1}, \tag{1}$$

$$V_{l+1} = a \cdot V_l + c_1 \cdot r_1(P_l - P_b) + c_2 \cdot r_2(P_l - P_g), \tag{2}$$

Koefisien percepatan, dilambangkan sebagai c1 dan c2, dikaitkan dengan koefisien r1 dan r2, yang dihasilkan secara acak di setiap iterasi. pb dan pg mewakili nilai terbaik pribadi untuk setiap partikel dan posisi kawanan paling terkenal selama iterasi ke-l. Proses pembaruan untuk semua posisi partikel dijalankan secara berurutan sampai kriteria target atau jumlah maksimum iterasi tercapai.[6]



Gambar. 2 Flow chart of conventional load shedding.[23]

IV. PEMBAHASAN

1. Algoritma hibrida ABC-PSO baru, yang diadaptasi dari proyek estimasi perangkat lunak, digunakan untuk melakukan UVLS pada sistem IEEE 14-bus yang dimodifikasi. Delapan kondisi kelebihan beban diberlakukan pada sistem mulai dari pembebanan 105% hingga 140%, di mana peringkat FVSI digunakan untuk mengidentifikasi bus yang lemah. Pelepasan beban kemudian dilakukan setelah pengaturan relai yang telah didekalibrasi selama 3,5 detik, 5 detik, dan 8 detik, yang memberikan pemulihan profil tegangan sebesar 99,32% secara keseluruhan. Algoritma hibrida ABC-PSO yang diusulkan mampu melepaskan beban dalam jumlah yang optimal, memberikan 89,56% beban paska kontingensi, dibandingkan dengan GA 77,04%, ABC-ANN 84,03%, dan PSO-ANN 80,96%. Penelitian ini telah disimulasikan pada perangkat lunak MATLAB,[5].

Tabel 1 Data generator untuk model IEEE 14-bus.

IEEE 14 bus test system - bus data							
Base MVA = 100							
Bus number	Bus type	P (demand)	Q (demand)	Voltage magnitude	Voltage angle	Voltage limits	
(i)		[MW]	[MVar]	[p.u.]	[rad]	max	min
1	3	0	0	1.06	0	1.061	0.95
2	2	21.7	12.7	1.045	0	1.05	0.95
3	2	94.2	19	1.01	0	1.05	0.95
4	1	47.8	-3.9	1.00	0	1.05	0.95
5	1	7.6	1.6	1.00	0	1.05	0.95
6	2	11.2	7.5	1.05	0	1.051	0.95
7	1	0	0	1.00	0	1.05	0.95
8	2	0	0	1.05	0	1.051	0.95
9	1	29.5	16.6	1.00	0	1.05	0.95
10	1	9	5.8	1.00	0	1.05	0.95
11	1	3.5	1.8	1.00	0	1.05	0.95
12	1	4.1	1.6	1.00	0	1.05	0.95
13	1	13.5	5.8	1.00	0	1.05	0.95
14	1	14.9	5	1.00	0	1.05	0.95

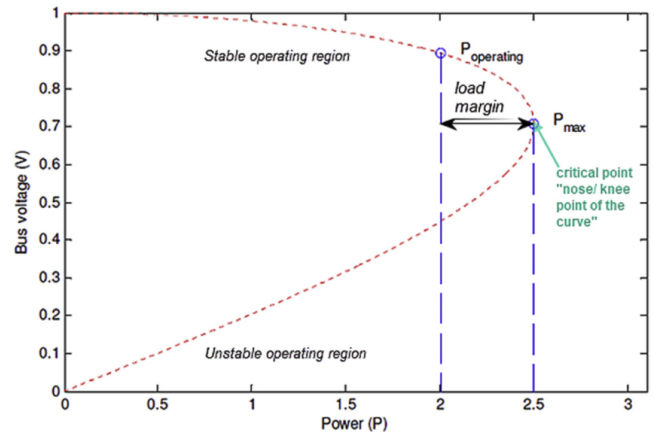
IEEE, [5]

Tabel 2 Data bus untuk model IEEE 14-bus. IEEE, [5]

IEEE 14 bus test system - bus data							
Base MVA = 100							
Bus number	Bus type	P (demand)	Q (demand)	Voltage magnitude	Voltage angle	Voltage limits	
(i)		[MW]	[MVar]	[p.u.]	[rad]	max	min
1	3	0	0	1.06	0	1.061	0.95
2	2	21.7	12.7	1.045	0	1.05	0.95
3	2	94.2	19	1.01	0	1.05	0.95
4	1	47.8	-3.9	1.00	0	1.05	0.95
5	1	7.6	1.6	1.00	0	1.05	0.95
6	2	11.2	7.5	1.05	0	1.051	0.95
7	1	0	0	1.00	0	1.05	0.95
8	2	0	0	1.05	0	1.051	0.95
9	1	29.5	16.6	1.00	0	1.05	0.95
10	1	9	5.8	1.00	0	1.05	0.95
11	1	3.5	1.8	1.00	0	1.05	0.95
12	1	4.1	1.6	1.00	0	1.05	0.95
13	1	13.5	5.8	1.00	0	1.05	0.95
14	1	14.9	5	1.00	0	1.05	0.95

Tabel 3 Data cabang untuk model IEEE 14-bus. IEEE[5]

IEEE 14 bus test system - branch data						
Line number	From bus	To bus	Resistance R	Inductance X	Susceptance (B/2)	Transformer tap ratio
			[p.u.]	[p.u.]	[p.u.]	
1	2	5	0.057	0.1739	0.034	1
2	6	12	0.1229	0.2558	0	1
3	12	13	0.2209	0.1999	0	1
4	6	13	0.0662	0.1303	0	1
5	6	11	0.095	0.1989	0	1
6	11	10	0.0821	0.1921	0	1
7	9	10	0.0318	0.0845	0	1
8	9	14	0.1271	0.2704	0	1
9	14	13	0.1709	0.348	0	1
10	7	9	0	0.11	0	1
11	1	2	0.0194	0.0592	0.0528	1
12	3	2	0.047	0.198	0.0438	1
13	3	4	0.067	0.171	0.0346	1
14	1	5	0.054	0.323	0.0492	1
15	5	4	0.0134	0.0421	0.0128	1
16	2	4	0.0581	0.1763	0.0374	1
17	5	6	0	0.252	0	0.932
18	4	9	0	0.5562	0	0.969
19	4	7	0	0.2091	0	0.978
20	8	7	0	0.1762	0	1

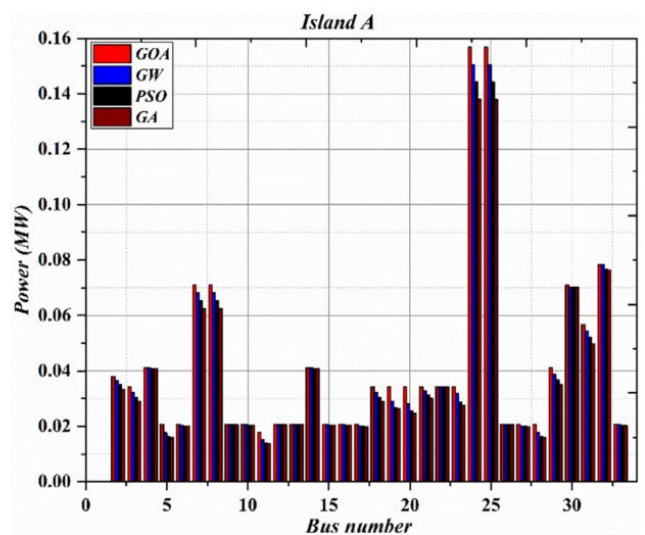


Gambar 3. Kurva P-V yang menunjukkan titik SNB.[5]

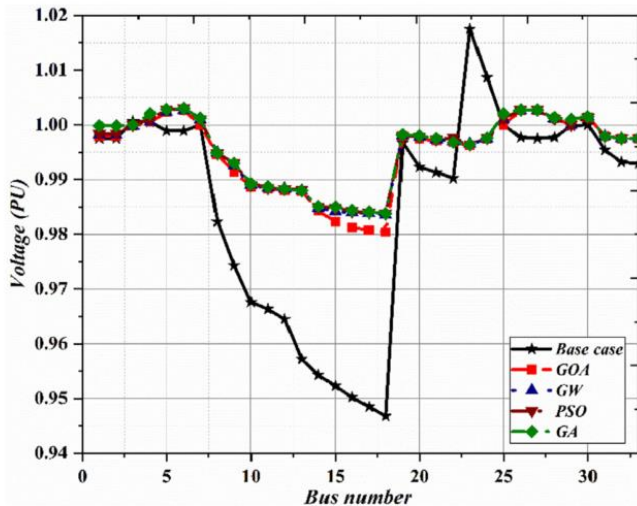
2. Teknik pelepasan beban baru yang menggunakan algoritma Particle Swarm Optimization (PSO) dibandingkan dengan optimasi belalang (GOA), GW, GA diusulkan untuk tujuan menjaga stabilitas sistem tenaga jarak jauh yang terdiri dari sumber daya energi terdistribusi (DER). Untuk menangani kendala pelepasan beban yang terkait dengan beberapa tujuan, seperti batasan generasi, batasan beban yang diijinkan, dan prioritas beban,

Tabel 4. Analisis pelepasan beban optimal menggunakan model yang berbeda pada jam 9.00 dalam sistem.[24]

Methods	The total load demand (MW)	The amount of curtailed load (MW)	The entire remaining load (MW)
GA	2.575	1.352	1.223
PSO	2.575	1.264	1.311
GW	2.575	1.184	1.391
GOA	2.575	1.176	1.399



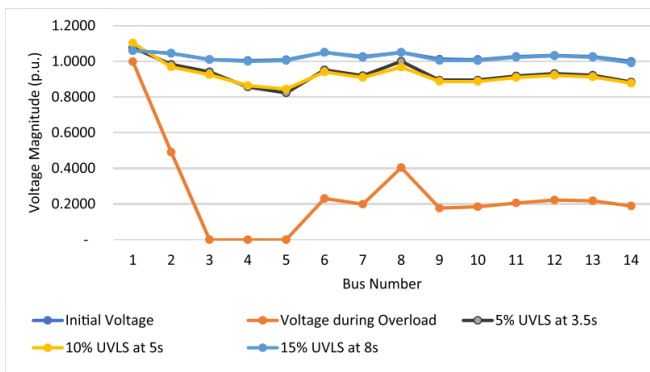
Gambar 4. Perbandingan kinerja PSO dan metode lain dalam hal permintaan beban individu untuk pulau A.[24]



Gambar 5. Perbandingan profil tegangan yang diperoleh dengan PSO dan metode lain pada jam 9.00 untuk pulau A.[24]

V. HASIL

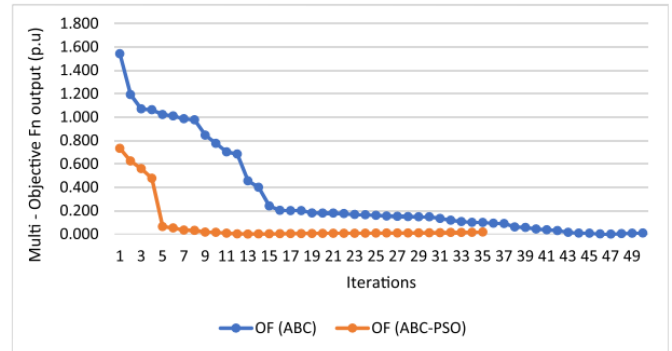
1. PSO-ABC



Gambar 6 Voltage recovery of the IEEE 14-bus system after UVLS.[5]

Tabel 5. kinerja algoritma Hybrid ABC-PSO. Bus[5]

Bus no.	Base load	GA	ABC-ANN	PSO-ANN	Proposed algorithm
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.2170	0.1138	0.1987	0.1157	0.1837
3	0.9420	0.4940	0.8625	0.5023	0.8530
4	0.4780	0.4780	0.2784	0.2353	0.4325
5	0.0760	0.0760	0.0760	0.0760	0.0758
6	0.1120	0.1120	0.1120	0.1120	0.0970
7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
9	0.2950	0.2950	0.1787	0.5855	0.2526
10	0.0900	0.0900	0.0900	0.0900	0.0886
11	0.0350	0.0350	0.0350	0.0350	0.0298
12	0.0610	0.0610	0.0610	0.0610	0.0529
13	0.1350	0.0915	0.1350	0.1350	0.1106
14	0.1490	0.1490	0.1490	0.1490	0.1431



Gambar 7. Konvergensi solusi pengoptimalan. [5]

2. PSO, GOA, GW, GA

Tabel 6 Perbandingan kinerja pelepasan beban optimal dengan metode optimasi yang berbeda untuk sistem kepulauan yang berbeda pada jam 9.00.[24]

Island	Fitness value				Voltage stability margin				The amount of load should be curtailed (%)			
	GA	PSO	GW	GOA	GA	PSO	GW	GOA	GA	PSO	GW	GOA
A	1.8218	1.8658	1.9362	1.9787	0.9364	0.9330	0.9136	0.8941	52.50	49.08	45.98	45.67
B	1.8384	1.8328	1.874	1.9286	0.8995	0.8793	0.8606	0.8471	21.77	20.22	19.71	16.63
C	1.8726	1.8807	1.9263	1.9619	0.9154	0.9136	0.9044	0.8819	43.24	41.19	40.33	38.05
D	1.7806	1.8082	1.8964	1.9482	0.9023	0.8971	0.8781	0.8437	33.31	31.51	28.84	27.98

Analisis komparatif kinerja pelepasan beban menggunakan pendekatan GOA dilakukan sehubungan dengan tiga teknik optimasi yang berbeda, yaitu optimasi swarm partikel (PSO), optimasi serigala abu-abu (GW), dan algoritma genetik (GA), dalam berbagai skenario pulau. Temuan yang diperoleh menunjukkan bahwa metodologi yang diusulkan mengungguli metode lain, menunjukkan pengurangan jumlah nilai beban untuk kondisi pulau yang ditempati penuh (yaitu 45,67% untuk pulau A, 16,63% untuk pulau B, 38,05% untuk pulau C, dan 27,98% untuk pulau D dalam penyelidikan ini). [24]

VI. KESIMPULAN

1. Pelepasan beban agregat yang dihasilkan membangun kembali daya efektif pada 89,56% setelah interupsi, dibandingkan dengan 77,04%, 84,03%, dan 80,96% dalam teknik Algoritma Genetik (GA), Artificial Bee Colony-Artificial Neural Network (ABC-ANN), dan Partikel Swarm Optimization-Artificial Neural Network (PSO-ANN). Selain itu, stabilitas ketegangan dipulihkan pada interval 3,5, 5, dan 8 detik, sesuai dengan konfigurasi relai terdesentralisasi. Profil tarik rata-rata juga dikembalikan sebesar 99,32% dari keadaan awalnya sebelum gangguan. Akibatnya, fitur pembeda dari algoritma ABC-PSO hibrida ini terletak pada kapasitasnya untuk menghitung fungsi multi-tujuan, sehingga menawarkan pandangan yang lebih komprehensif tentang kesulitan Under Voltage Load Shedding

(UVLS). Studi ini berfungsi sebagai bukti bahwa Teknik Kecerdasan Komputasi dapat digunakan secara efektif untuk mengoptimalkan solusi sistem energi. [5]

2. Hasil simulasi memvalidasi kemandirian PSO, GOA, GA, GW dalam memastikan stabilitas tegangan dengan mengoptimalkan jumlah beban yang akan dilepaskan dalam skenario pulau yang berbeda. Selain itu, upaya penelitian di masa depan akan mencakup kondisi yang lebih rumit, mencakup lebih banyak gangguan dan pulau, sementara juga menerapkan metode yang diusulkan untuk memfasilitasi pemantauan microgrid yang komprehensif, [24]

UCAPAN TERIMA KASIH

Judul untuk ucapan terima kasih dan referensi tidak diberi nomor. Terima kasih disampaikan kepada Tim JTE UNIBA yang telah meluangkan waktu untuk membuat template ini.

REFERENSI

- [1] X. Du, M. Zhang, and Y. He, "Self-optimization examination system based on improved particle swarm optimization," *Nonlinear Eng.*, vol. 12, no. 1, 2023, doi: 10.1515/nleng-2022-0271.
- [2] X. Du, M. Zahang, X. Wang, and C. Science, "m nl ad in e e V by e th rsio is n fil O e is nly m nl ad in e e V by e th rsio is n fil O e is nly," vol. 7, no. 4, pp. 163–172, 2014.
- [3] S. Karthika and P. Rathika, "An Adaptive Data Compression Technique Based on Optimal Thresholding using Multi-Objective PSO Algorithm for Power System Data," *Appl. Soft Comput.*, p. 111028, 2023, doi: 10.1016/j.asoc.2023.111028.
- [4] M. Masjudin, S. H. Juliatiza, and C. A. Wicaksana, "Optimasi Under Frequency Load Shedding Menggunakan Metode PSO Algorithm Pada Sistem Distribusi PT. Dian Swastatika Sentosa Serang Power Plant," *Setrum Sist. Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, vol. 10, no. 2, pp. 105–113, 2021, doi: 10.36055/setrum.v10i2.13138.
- [5] S. M. Kiseng, C. M. Muriithi, and G. N. Nyakoe, "Under voltage load shedding using hybrid ABC-PSO algorithm for voltage stability enhancement," *Heliyon*, vol. 7, no. 10, p. e08138, 2021, doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e08138.
- [6] N. Al Masood, A. Jawad, and S. Banik, "A RoCoF-constrained underfrequency load shedding scheme with static voltage stability-based zoning approach," *Sustain. Energy, Grids Networks*, vol. 35, p. 101080, 2023, doi: 10.1016/j.segan.2023.101080.
- [7] S. Abdollahi kakroudi, R. Ebrahimi, and A. Ahmadi, "Real-time under-voltage load shedding method considering integer-value load model and feeder participation in demand response," *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 217, no. November 2022, p. 109115, 2023, doi: 10.1016/j.epsr.2023.109115.
- [8] P. Singh, R. Arya, L. S. Titare, P. Purey, and L. D. Arya, "Value aided optimal load shedding accounting voltage stability consideration employing Crow Search Algorithm with modification based on Lampinen's criterion," *Appl. Soft Comput.*, vol. 143, 2023, doi: 10.1016/j.asoc.2023.110391.
- [9] M. Larrea, A. Porto, E. Irigoyen, A. J. Barragán, and J. M. Andújar, "Extreme learning machine ensemble model for time series forecasting boosted by PSO: Application to an electric consumption problem," *Neurocomputing*, vol. 452, pp. 465–472, 2021, doi: 10.1016/j.neucom.2019.12.140.
- [10] T. Skrijanc, R. Mihalic, and U. Rudez, "A systematic literature review on under-frequency load shedding protection using clustering methods," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 180, no. September 2022, p. 113294, 2023, doi: 10.1016/j.rser.2023.113294.
- [11] P. Pourghasem, H. Seyedi, and K. Zare, "A new optimal under-voltage load shedding scheme for voltage collapse prevention in a multi-microgrid system," *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 203, no. June 2021, p. 107629, 2022, doi: 10.1016/j.epsr.2021.107629.
- [12] H. Awad and A. Hafez, "Optimal operation of under-frequency load shedding relays by hybrid optimization of particle swarm and bacterial foraging algorithms," *Alexandria Eng. J.*, vol. 61, no. 1, pp. 763–774, 2022, doi: 10.1016/j.aej.2021.06.034.
- [13] M. Talaat, A. Y. Hatata, A. S. Alsayyari, and A. Alblawi, "A smart load management system based on the grasshopper optimization algorithm using the under-frequency load shedding approach," *Energy*, vol. 190, p. 116423, 2020, doi: 10.1016/j.energy.2019.116423.
- [14] Y. Chen, S. Liao, and J. Xu, "Emergency load-shedding optimization control method based on reinforcement learning assistance," *Energy Reports*, vol. 8, pp. 1051–1061, 2022, doi: 10.1016/j.egy.2022.02.140.
- [15] A. Rafinia, J. Moshtagh, and N. Rezaei, "Stochastic optimal robust design of a new multi-stage under-frequency load shedding system considering renewable energy sources," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 118, no. July 2019, 2020, doi: 10.1016/j.ijepes.2019.105735.
- [16] K. Hou *et al.*, "A fast optimal load shedding method for power system reliability assessment based on shadow price theory," *Energy Reports*, vol. 8, pp. 352–360, 2022, doi: 10.1016/j.egy.2021.11.104.
- [17] I. Darmana, A. R. Salvayer, and Erliwati, "Load Shedding Simulation Using A Frequency Relay in Lampung Electrical System," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 990, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/990/1/012005.
- [18] H. H. A. W. Al-Sadooni and R. H. Al-Rubayi, "Combinational load shedding using load frequency control and voltage stability indicator," *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 12, no. 5, pp. 4661–4671, 2022, doi: 10.11591/ijece.v12i5.pp4661-4671.
- [19] K. Teeparthi and D. M. Vinod Kumar, "Multi-objective hybrid PSO-APO algorithm based security constrained

- optimal power flow with wind and thermal generators,” *Eng. Sci. Technol. an Int. J.*, vol. 20, no. 2, pp. 411–426, 2017, doi: 10.1016/j.jestch.2017.03.002.
- [20] R. Sepehrzad, M. Khojasteh Rahimi, A. Al-Durra, M. Allahbakhshi, and A. Moridi, “Optimal energy management of distributed generation in micro-grid to control the voltage and frequency based on PSO-adaptive virtual impedance method,” *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 208, no. February, p. 107881, 2022, doi: 10.1016/j.epsr.2022.107881.
- [21] M. A. M. Shaheen, H. M. Hasanien, and A. Alkuhayli, “A novel hybrid GWO-PSO optimization technique for optimal reactive power dispatch problem solution,” *Ain Shams Eng. J.*, vol. 12, no. 1, pp. 621–630, 2021, doi: 10.1016/j.asej.2020.07.011.
- [22] V. Kachitvichyanukul, “Comparison of Three Evolutionary Algorithms: GA, PSO, and DE,” *Ind. Eng. Manag. Syst.*, vol. 11, no. 3, pp. 215–223, 2012, doi: 10.7232/iems.2012.11.3.215.
- [23] M. M. Aman, M. Arshad, H. K. Zuberi, and J. A. Laghari, “A hybrid scheme of load shedding using globalized frequency and localized voltage (GFLV) controller,” *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 113, no. November 2018, pp. 674–685, 2019, doi: 10.1016/j.ijepes.2019.05.073.
- [24] M. Ahmadipour, M. Murtadha Othman, Z. Salam, M. Alrifayy, H. Mohammed Ridha, and V. Veerasamy, “Optimal load shedding scheme using grasshopper optimization algorithm for islanded power system with distributed energy resources,” *Ain Shams Eng. J.*, vol. 14, no. 1, p. 101835, 2022, doi: 10.1016/j.asej.2022.101835.