
OPTIMASI PEMBANGKITAN EKONOMIS UNIT-UNIT PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA DIESEL MENGGUNAKAN METODE *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION* (PSO) STUDI KASUS DI PLTD MERAWANG

Hadinanto¹, Asmar², Rika Favoria Gusa²

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung

email korespondensi: hadinanto.ubb@gmail.com

ABSTRAK

Kemajuan teknologi dan berkembangnya suatu wilayah, akan mendorong konsumsi energi listrik semakin besar. Pada unit pembangkit tenaga diesel (PLTD), penambahan beban akan mendorong pertambahan kuantitas bahan bakar per satuan waktu yang akan meningkatkan pertambahan biaya per satuan waktu. Hal ini perlu menjadi perhatian khusus, sehingga perlu adanya langkah dalam menyelesaikan permasalahan tersebut. Salah satu solusi produsen listrik untuk menekan biaya operasi pembangkitan adalah dengan melakukan optimasi dalam produksi energi listrik yang disebut *economic dispatch*. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pembagian pembebanan dan biaya operasi dari hasil simulasi dengan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO) pada PLTD Merawang menggunakan batasan daya minimum pembangkit (P_{min}) dan maksimum unit pembangkit (P_{max}), nilai awal bobot inerti (Q_{min}) dan nilai akhir bobot inerti (Q_{max}) dan menggunakan nilai N dengan jumlah 20 partikel. Hasil dari Simulasi dari 5 unit pembangkit menunjukkan bahwa dengan rentang beban sebesar 11.500 kW sampai 24.000 kW biaya pembebanan dengan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO) sebesar Rp 45.742.533 – Rp 93.041.736 tiap jam

Kata kunci : PLTD, *Particle Swarm Optimization*, biaya pembebanan

PENDAHULUAN

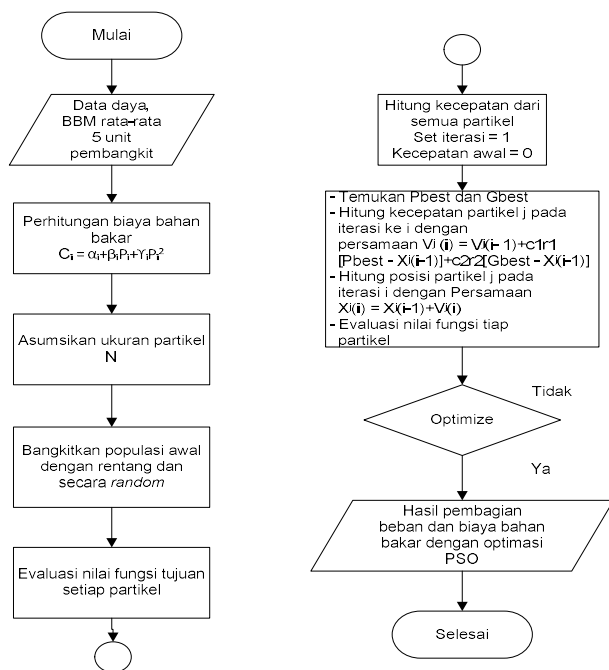
Kemajuan teknologi dan berkembangnya suatu wilayah, akan mendorong konsumsi energi listrik semakin besar. Pada unit pembangkit tenaga diesel (PLTD), penambahan beban akan mendorong pertambahan kuantitas bahan bakar per satuan waktu yang akan meningkatkan pertambahan biaya per satuan waktu. Hal ini perlu menjadi perhatian khusus, sehingga perlu adanya langkah dalam menyelesaikan permasalahan tersebut. Salah satu solusi produsen listrik untuk menekan biaya operasi pembangkitan adalah dengan melakukan optimasi dalam produksi energi listrik yang disebut *economic dispatch*.

Particle Swarm Optimization (PSO) adalah teknik optimasi berbasis populasi, teknik ini terinspirasi oleh tingkah laku sosial pada kawanan burung yang terbang berduyun-duyun atau gerombolan ikan yang berenang berkelompok. PSO memiliki banyak kesamaan dengan teknik-teknik *evolutionary computation* yang lain, seperti *Genetic Algorithms* (GA), *Evolutionary Strategies* (ES). PSO maupun GA dimulai dengan suatu populasi yang terdiri dari sejumlah individu (yang menyatakan solusi) yang dibangkitkan secara acak dan selanjutnya melakukan pencarian solusi optimum melalui perbaikan individu untuk sejumlah generasi tertentu. Berbeda dengan GA, PSO tidak menggunakan operator-operator evolusi seperti rekombinasi dan mutasi. PSO memiliki memori untuk menyimpan solusi terbaik, sedangkan GA tidak punya. (Suyanto, 2014).

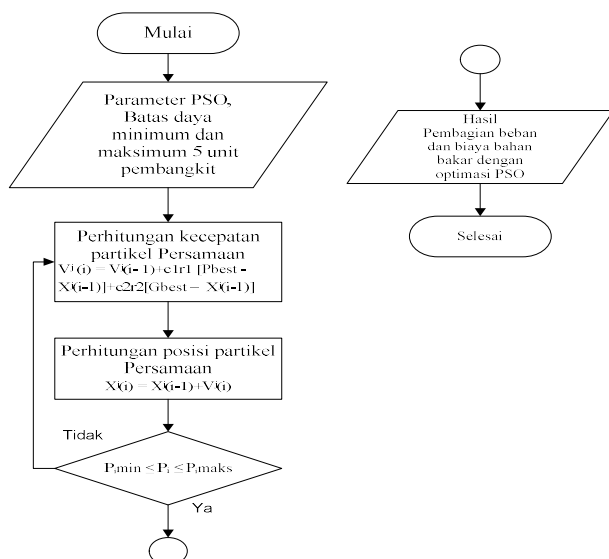
Sistem tenaga listrik pada pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD) PT PLN (Persero) Merawang memiliki 10 unit pembangkit dan yang beroperasi hanya 9 unit yang terdiri dari beberapa jenis mesin penggerak yang berbeda dengan kapasitas semua unit sebesar 42.000 kW. Dari permasalahan akan dilakukan analisis optimasi pada unit – unit PLTD Merawang (5 unit dari 9 unit beroperasi) menggunakan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pembagian pembebanan dan biaya pembangkitan yang optimum (biaya pembangkitan minimum) menggunakan metode *Particle Swarm Optimization*.

Penelitian tentang optimasi operasi pembangkit juga pernah dilakukan oleh Donal (2013) dengan judul *Pembebanan Ekonomis Pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) Merawang dengan Metode Pengali LA GRANGE*. Faris Firmansyah (2013) dengan judul *Optimal Power Flow (OPF) Pembangkit Jawa Bali 500 kV Menggunakan Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO)*. Fityan Thalib (2014) dengan judul *Optimasi Pembangkitan Ekonomis Pada Unit-Unit Pembangkit Tenaga Diesel Menggunakan Metode Modifikasi Particle Swarm Optimization (MPSO)*. Febriansyah (2017) dengan judul *Pembebanan Ekonomis Dengan Metode LA GRANGE Pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) Sektor Keramasan Palembang*.

METODE PENELITIAN



Gambar 1. Langkah Penelitian



Gambar 2. Flochart pembagian pembebanan dengan optimasi Particle Swarm Optimization

Gambar 2 menunjukkan proses iterasi untuk menentukan pembagian pembebanan dengan optimasi Particle Swarm Optimization. Adapun prosesnya adalah masukan data berupa parameter-parameter PSO yaitu Koefisien pertama, koefisien kedua, koefisien ketiga dari persamaan biaya bahan bakar, batasan daya minimum dan maksimum dari generator. Variasi beban, jumlah partikel, iterasi maksimum, c1 dan c2, wmax dan wmin. Kemudian hitung kecepatan partikel dengan persamaan

$$V(i) = V(i-1) + c1r1 [Pbest - X(i-1)] + c2r2 [Gbest - X(i-1)] \quad (1)$$

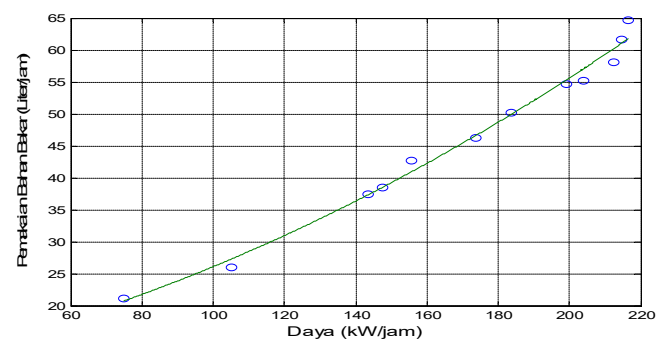
Selanjutnya hitung posisi dari partikel dengan persamaan

$$X(i) = X(i-1) + V(i) \quad (2)$$

Setelah menghitung posisi dari partikel, periksa apakah nilai P_i sudah sesuai, tidak melebihi atau kurang dari batasan generator. Jika sesuai, maka proses berlanjut menghitung biaya bahan bakar. Akan tetapi jika nilai P_i melebihi atau bahkan kurang dari batasan generator, proses akan diulangi dari menghitung kecepatan partikel dan posisi partikel. Hasil pembagian beban dan biaya bahan bakar dengan optimasi PSO.

HASIL DAN PEMBAHASAN

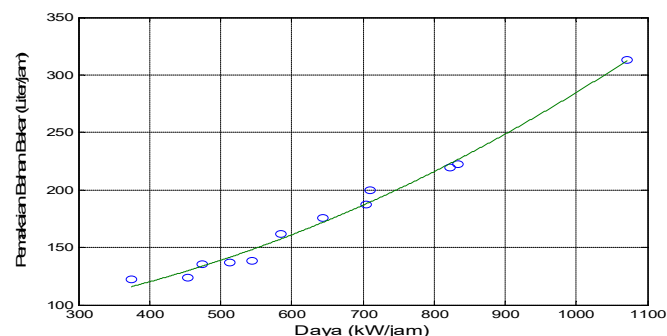
Karakteristik Masukan Keluaran



Gambar 3. Kurva Masukan Keluaran unit 1

Gambar 3 menunjukkan karakteristik masukan keluaran pada unit 1. Persamaan karakteristik unit 1 dinyatakan sebagai berikut :

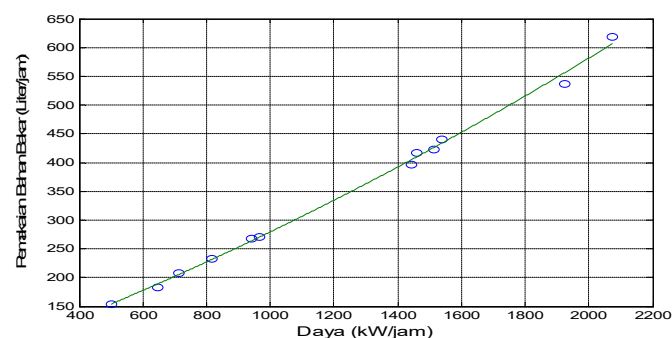
$$h1 = 0.00065306 \cdot P_1^2 + 0.0995 \cdot P_1 + 9.5920 \text{ liter/jam}$$



Gambar 4. Kurva Masukan Keluaran unit 2

Gambar 4 menunjukkan karakteristik masukan keluaran pada unit 2. Persamaan karakteristik unit 2 dinyatakan sebagai berikut :

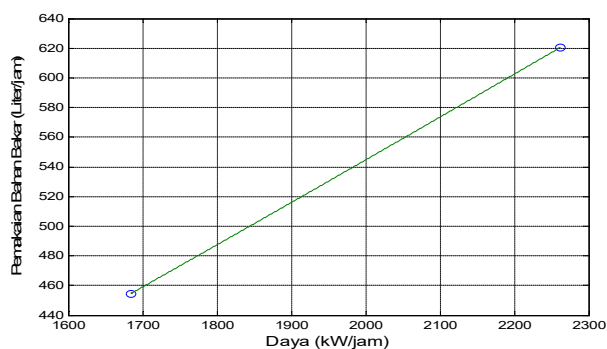
$$h2 = 0.00017463 P_2^2 + 0.0295 P_2 + 80.2 \text{ liter/jam}$$



Gambar 5. Kurva Masukan Keluaran unit 3

Gambar 5 menunjukkan karakteristik masukan keluaran pada unit 3. Persamaan karakteristik unit 3 dinyatakan sebagai berikut :

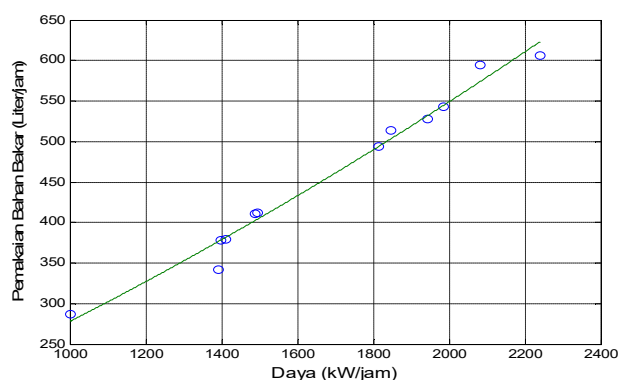
$$h_3 = 0.000034073P_3^2 + 0.1998P_3 + 45.0 \text{ liter/jam}$$



Gambar 6. Kurva Masukan Keluaran unit 4

Gambar 6 menunjukkan karakteristik masukan keluaran pada unit 4. Persamaan karakteristik unit 4 dinyatakan sebagai berikut :

$$h_4 = 0.00002566P_4^2 + 0.2566P_4 \text{ liter/jam}$$



Gambar 7. Kurva Masukan Keluaran unit 5

Gambar 7 menunjukkan karakteristik masukan keluaran pada unit 5. Persamaan karakteristik unit 5 dinyatakan sebagai berikut :

$$h_5 = 0.000031065P_5^2 + 0.1780P_5 + 68.29 \text{ liter/jam}$$

Persamaan Biaya Bahan Bakar

Setelah mendapatkan persamaan masukan-keluaran dalam bentuk persamaan polynomial orde dua (kuadratik) yaitu, persamaan h1 sampai h5. Selanjutnya, dilakukan perhitungan persamaan biaya bahan bakar tiap unit pembangkit sesuai dengan persamaan

$C_i = a_i + \beta_i P_i + \gamma_i$ persamaan biaya bahan bakar diperoleh dengan mengalikan koefisien-koefisien pada persamaan karakteristik masukan-keluaran tiap unit pembangkit terhadap harga bahan bakar. Persamaan biaya bahan bakar ini digunakan untuk menghitung biaya bahan bakar pada setiap pembebanan.

Tabel 1. Karakteristik Koefisien Biaya

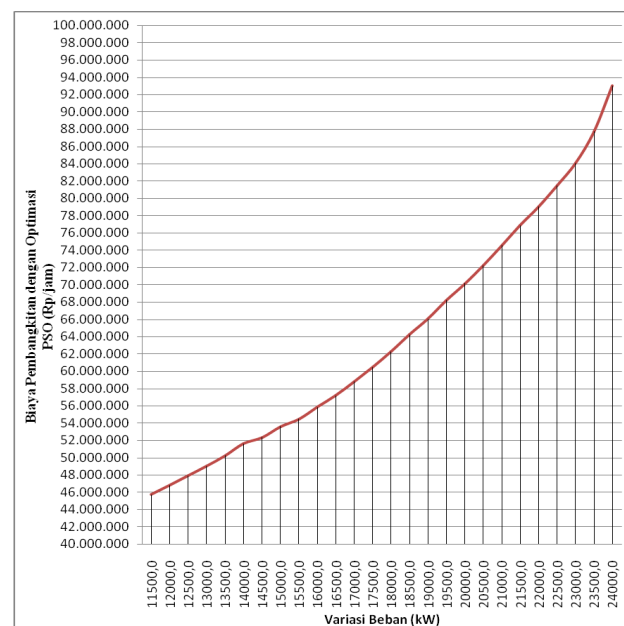
Unit	Persamaan Karakteristik	Daya (kW)	
		Minimum	Maksimum
P1	$81532 + 845.6019P_1 + 5.5510P_1^2$	1500	3180
P2	$682520 + 250.3562P_2 + 1.4844P_2^2$	3000	6522
P3	$382790 + 1698.6P_3 + 0.2896P_3^2$	3000	6522
P4	$0 + 2181.1P_4 + 0P_4^2$	2000	6121
P5	$580470 + 1512.8P_5 + 0.2641P_5^2$	2000	6121
Total Daya		11.500	28.466

Tabel 1 menunjukkan persamaan biaya bahan bakar tiap unit pembangkit pada PLTD Merawang. Harga bahan bakar senilai Rp 8.500 perliter (sumber: PT Pertamina Persero, 15 Mei 2017).

Pembagian Beban Dengan Metode Particle Swarm Optimization

Dengan simulasi variasi beban 11.500 kW (batasan beban minimum 5 unit pembangkit) sampai 28.466 kW (batasan beban maksimum 5 unit pembangkit), batasan minimum dan maksimum unit – unit pembangkit dapat dilihat pada tabel 1.

Pada Tabel 2 akan ditampilkan hasil perhitungan pembagian pembebanan dari 5 unit pembangkit PLTD Merawang dan biaya operasi menggunakan metode Particle Swarm Optimization.



Gambar 8. Grafik hubungan antara pembebanan dengan optimasi Particle Swarm Optimization (PSO) dan biaya pembebanan per-unit (Rp/jam)

Gambar 8 menunjukkan hubungan antara pembebanan dengan optimasi Particle Swarm Optimization (PSO) dengan beban maksimum 24.000 kW diperoleh biaya pembebanan senilai Rp 93.041.736 per jam. Dari grafik juga dapat diketahui bahwa semakin besar kenaikan beban maka semakin besar pula biaya pembangkitannya.

Tabel 2. Hasil Pembagian Pembebanan Dan Biaya Pembangkitan Menggunakan Metode Particle Swarm Optimization (PSO)

Variasi Beban (kW)	Unit					Biaya (Rp/jam)
	Unit 1 (kW)	Unit 2 (kW)	Unit 3 (kW)	Unit 4 (kW)	Unit 5 (kW)	
11.500	1.500	3.000	3.000	2.000	2.000	45.742.533
12.000	1.500	3.000	3.000	2.500	2.000	46.833.083
12.500	1.500	3.000	3.000	3.000	2.000	47.923.633
13.000	1.500	3.000	3.000	3.500	2.000	49.014.184
13.500	1.500	3.000	3.000	3.726	2.274	50.230.796
14.000	1.500	3.000	3.000	3.793	2.707	51.602.452
14.500	1.500	3.000	3.000	4.816	2.184	52.366.429
15.000	1.500	3.000	3.000	5.010	2.490	53.629.953
15.500	1.500	3.000	3.000	5.927	2.073	54.496.524
16.000	1.500	3.000	3.000	5.976	2.524	55.833.699
16.500	1.500	3.000	3.000	6.121	2.879	57.193.228
17.000	1.500	3.000	3.112	6.121	3.267	58.798.393
17.500	1.500	3.000	3.074	6.121	3.805	60.484.546
18.000	1.500	3.000	3.307	6.121	4.072	62.270.281
18.500	1.500	3.000	4.058	6.121	3.821	64.244.856
19.000	1.500	3.000	3.690	6.121	4.689	66.057.992
19.500	1.500	3.000	4.606	6.121	4.273	68.200.916
20.000	1.500	3.000	4.579	6.121	4.800	70.143.029
20.500	1.500	3.000	4.721	6.121	5.158	72.249.725
21.000	1.500	3.000	5.249	6.121	5.130	74.552.540
21.500	1.500	3.000	5.576	6.121	5.303	76.872.071
22.000	1.500	3.000	5.260	6.121	6.119	79.039.117
22.500	1.500	3.000	5.842	6.121	6.037	81.511.628
23.000	1.500	3.000	6.267	6.121	6.112	84.077.856
23.500	1.500	3.236	6.522	6.121	6.121	87.741.940
24.000	1.500	3.736	6.522	6.121	6.121	93.041.736
24.500	3.180	3.000	3.000	2.000	2.000	102.127.327
25.000	3.180	3.000	3.000	2.000	2.000	102.627.327
25.500	3.180	3.000	3.000	2.000	2.000	103.127.327
26.000	3.180	3.000	3.000	2.000	2.000	103.627.327
26.500	3.180	3.000	3.000	2.000	2.000	104.127.327
27.000	3.180	3.000	3.000	2.000	2.000	104.627.327
27.500	3.180	3.000	3.000	2.000	2.000	105.127.327
28.000	3.180	3.000	3.000	2.000	2.000	105.627.327
28.466	3.180	3.000	3.000	2.000	2.000	106.093.327

KESIMPULAN

Rentang beban PLTD Merawang yang digunakan pada simulasi penelitian ini sebesar 11.500 kW (batasan beban minimum 5 unit pembangkit) sampai 28.466 kW (batasan beban maksimum 5 unit pembangkit). Untuk hasil perhitungan menggunakan metode *Particle Swarm Optimizatio*, beban 11.500 kW sampai 24.000 kW semua unit (5 unit pembangkit) beroperasi pada batas beban minimum dan maksimumnya dengan menghasilkan biaya pembangkitan yang optimum (Biaya pembangkitan minimum). Sedangkan untuk beban 24.500 kW sampai 28.466 kW, unit 1 beroperasi pada batas beban maksimumnya, unit 2, unit 3, unit 4, dan unit 5

beroperasi pada batas beban minimumnya sehingga pembagian pembebanan tiap unit tidak sesuai dengan beban yang dimasukkan. Sedangkan untuk biaya pembangkitan untuk rentang beban 11.500 kW sampai 24.000 kW, dengan pembagian pembebanan menggunakan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO) sebesar Rp 45.742.533 – Rp 93.041.736 tiap jam.

REFERENSI

- Arfah Z, Efrita., Firmansyah Faris., 2013, *Optimal Power Flow (OPF) Pembangkit Jawa Bali 500 kV Menggunakan Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO) Template*, Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan, 13 Februari 2013, Surabaya.
- Donal, 2013, *Pembebanan Ekonomis Pada pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) Merawang Dengan Metode Pengali LA GRANGE*, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung.
- Febriansyah, 2017, *Pembebanan Ekonomis Dengan Metode Pengali LA GRANGE Pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) Sektor Keramasan Palembang*, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung.
- Gunawan, Rikki., 2015, *Analisis Pengaturan Faktor Daya (Cos ϕ) Pada Pembangkit Di PLTD Merawang*, Jurusan teknik Elektro, Fakultas teknik, Universitas Bangka Belitung.
- Marsudi, Djiteng., 2005, *Pembangkitan Energi Listrik*, Erlangga, Jakarta.
- Marsudi, Djiteng., 2006, *Operasi Sistem Tenaga Listrik*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Santoso, Budi., 2008, *Matlab Untuk Statistika dan Teknik Optimasi*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Santoso, Budi., Willy, Paul., 2011, *Metoda Metaheuristik Konsep dan Implementasi*, Guna Widya, Surabaya.
- Suyanto, 2014, *Algoritma Optimasi (Deterministik atau Probabilistik)*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Thalib, Fityan., Tri pratiwi Handayani, dan, Kanata, Sabhan., 2014, *Optimasi Pembangkitan Ekonomis Pada Unit-Unit Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Telaga Menggunakan Modifikasi Particle Swarm Optimization (MPSO)*, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Ichsan Gorontalo.