

IMPLEMENTASI METODA PARTICLE SWARM OPTIMIZATION PADAPEMBANGKIT PLTG PT. PUSRI

Dedy Hermanto

Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Palembang

email: dbagindosaid@gmail.com

ABSTRAK

Optimasi suatu pembangkit merupakan salah satu indikator keandalan sistem tenaga listrik, dalam pengertian selalu diupayakan besar daya yang dibangkitkan harus sama dengan besar kebutuhan di sisi beban setiap saat. Pada unit pembangkit termal penambahan beban akan mendorong penambahan jumlah bahan bakar per satuan waktu, yang biasa disebut input output suatu pembangkit tenaga listrik. Analisa beban dan biaya bahan bakar suatu pembangkit tenaga listrik dikenal dengan istilah *Economic Dispatch*. Beberapa metoda konvensional yang sering digunakan dalam penyelesaian masalah ED adalah metoda Lagrange dan Dynamic Programming dan pada pendekatan heuristik adalah metoda Particle Swarm Optimization (PSO). Penghematan yang dapat diperoleh dengan menggunakan metoda Particle Swarm Optimization (PSO) pada pembebanan tenaga listrik sebesar 30,19 MW sampai dengan 34,08 MW adalah Rp 3.423.370,73 sampai dengan Rp 3.824.613,11 per-jam.

Kata kunci: *Economic Dispatch*, , Particle Swarm Optimization (PSO)

PENDAHULUAN

Sektor energi sangat penting bagi perekonomian Indonesia karena selain sebagai komoditas ekspor juga digunakan di dalam negeri sebagai bahan bakar dan bahan baku. Sektor ketenagalistrikan merupakan bagian dari sektor energi yang sangat berperan dalam proses industrialisasi. Sementara ketersediaan energi minyak bumi dan gas bumi semakin berkurang karena eksploitasi yang terus menerus dan penemuan-penemuan sumber energi baru yang tidak sebanding dengan besarnya konsumsi energi itu sendiri maupun dengan laju pertumbuhan sektor industri yang melaju pesat yang akhirnya membawa konsekuensi pada kebutuhan energi yang semakin meningkat pula, khususnya energi listrik. Salah satu kendala dalam pengembangan ketenagalistrikan adalah cadangan beberapa sumber energi fosil semakin terbatas dan semakin ketatnya peraturan untuk mempertahankan kualitas lingkungan hidup. Disamping itu berbagai persoalan dapat menimbulkan penurunan kualitas serta kelangsungan suplai daya listrik ke beban. Hal ini muncul sebagai akibat dari pemakaian tenaga listrik ke konsumen yang selalu berubah sepanjang waktu, biaya bahan bakar untuk memproduksi listrik (khususnya untuk pembangkit listrik thermal) dan kondisi alam dan lingkungan yang selalu mengganggu kelancaran operasi sistem.

Untuk mengantisipasi ketergantungan terhadap suplai energi (khususnya energi listrik), yang harus ditanggulangi sendiri, perlu ditingkatkan efisiensi dan optimalisasi yang terkait dalam penggunaan energi listrik. Salah satu upaya optimalisasi adalah melakukan optimasi pembebanan pembangkit pada unit-unit pembangkit tenaga listrik yang ada pada sistem. (Ilyas, A. M., Penangsang, O., & Soeprijanto, A. (2010)

Penelitian ini, dilakukan untuk mendapatkan nilai optimal atau biaya minimum dalam pembebanan pembangkit listrik tenaga gas (PLTG) PT PUSRI pada beban tertentu dengan pendekatan analisis economic dispatch menggunakan metoda PSO, dan untuk mendapatkan perbandingan antara biaya pembangkitan PLTG pada real system terhadap biaya yang diperoleh dengan analisis seconomic dispatch dengan metoda PSO.

Penelitian sebelumnya perhitungan *economic dispatch* sudah sering dilakukan dengan menggunakan metode konvensional seperti metoda Relaksasi Lagrange, Iterasi Lambda maupun metoda Programmig Dinamic.

Perhitungan *economic dispatch* dilakukan dengan menggunakan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO), mempunyai kelebihan dalam penelusuran global sehingga dapat konvergen lebih cepat dan memberikan performansi yang lebih baik. (Maickel Tuegeh, Soeprijanto dan Mauridhi H Purnomo. 2009)

Untuk mendapatkan hasil yang terarah dan tidak melebar atau bias, maka diasumsikan sistem terkoneksi secara keseluruhan, beroperasi dalam kondisi stabil dan dalam perhitungan rugi-rugi transmisi tidak diperhitungkan.

TINJAUAN PUSTAKA

Karakteristik Pembangkit Thermal

Karakteristik pembangkit merupakan modal dasar dalam melakukan pengaturan output pembangkit untuk menekan pembiayaan bahan baku energi. Melalui karakteristik pembangkit ini dibuat model matematisnya sehingga dapat dilakukan proses optimasi dalam memperoleh optimum ekonomi biaya pembangkitan. Karakteristik input output pembangkit termal adalah karakteristik yang menggambarkan hubungan antara input bahan bakar (liter/jam) dan output yang dihasilkan oleh pembangkit (MW). Pada umumnya karakteristik input output pembangkit termal didekati dengan fungsi polinomial orde dua (Huseyin Hakan Balci, Jorge F. 2004).

Persamaan orde dua tersebut seperti persamaan 2.1 berikut :

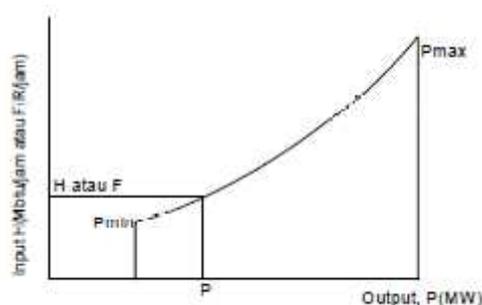
$$H_i = a + b p_i + c p_i^2 \quad (2.1)$$

Dimana :

H_i = Input bahan bakar pembangkit thermal ke - i (MBtu/jam)

P_i = Output pembangkit thermal ke-I (MW)

a_i, b_i, c_i = Konstanta input - output pembangkit thermal ke i



Gambar 1. Karakteristik input-output unit pembangkit termal (ideal)

Gambar 1 di atas adalah karakteristik input-output unit pembangkit termal dapat dinyatakan sebagai berikut :

1. Input dari pembangkit dinyatakan dalam $H = \text{Mbtu/jam}$ (energi panas yang dibutuhkan), atau $F = \text{Rp/jam}$ (total biaya bahan bakar)
2. Output dari pembangkit dinyatakan dalam $P = \text{MW}$ (daya).

Untuk memperoleh persamaan karakteristik input-output dalam penelitian ini berdasarkan data pemakaian bahan bakar / hasil pengamatan secara faktual di lapangan. Dengan menggunakan metoda Least Square persamaan karakteristik input – output untuk masing-masing PLTG didapat.

Economic Dispatch

Economic Dispatch adalah pembagian pembebanan pada pembangkit-pembangkit yang ada dalam sistem secara optimal ekonomi, pada harga beban sistem tertentu. Besar beban pada suatu sistem tenaga selalu berubah setiap periode waktu tertentu, oleh karena itu untuk mensuplai beban secara ekonomis maka perhitungan economic Dispatch dilakukan pada setiap besar beban tersebut, atau dengan kata lain untuk mencari nilai optimum dari output daya dari kombinasi unit pembangkit yang bertujuan untuk meminimalkan total biaya pembangkitan dan dapat memenuhi batasan *equality* dan *inequality*. (Wood, A.J. dan Wollenberg, B.F., 2005)

Secara umum fungsi biaya dari tiap pembangkit dapat diformulasikan secara matematis sebagai suatu fungsi obyektif seperti yang diberikan pada persamaan 2.2 (Wood, A.J. dan Wollenberg, B.F., 2005) berikut :

$$F_t = \sum_{i=1}^N F_i(P_i)$$

$$F_i(P_i) = a_i + b_i P_i + c_i P_i^2$$

Dimana :

F_t	= total biaya pembangkitan (Rp)
$F_i(P_i)$	= fungsi biaya input – output
a_i, b_i, c_i	= koefisien biaya dari pembangkit i
P_i	= output pembangkit i
n	= jumlah pembangkit
i	= indeks dari dispatchable unit

Particle Swarm Optimazion (PSO)

Optimasi berbasis particle swarm merupakan teknik optimasi berdasarkan populasi yang dibangun oleh James Kennedy dan Russ Eberhart di tahun 1995, yang terinspirasi dari perilaku sekawanan burung atau ikan. Setiap solusi dalam ruang jawab optimasi berbasis particle swarm akan disebut "partikel". Semua partikel akan dievaluasi oleh fungsi kecocokan untuk dioptimalkan, dan memiliki velocity yang akan mengarahkan pergerakan partikel. (J. Kennedy and R. C. Eberhart. 1995.)

James Kennedy dan Russel Eberhart memperkenalkan Particle Swarm Optimization (PSO) pada sebuah paper dengan judul yang sama pada tahun 1995, dengan paper kedua berjudul *A new Optimizer Using Particle Swarm Theory* juga pada tahun yang sama dengan menggunakan C.W. Reynolds' 1987 (*Flocks, herds, and schools : a distributed behavioral model*), perintis algoritma untuk animasi flock-like (kawanan burung) sebagai referensi, Reynold menggunakan jarak antara individu-individu di dalam kawanan untuk mempengaruhi arah gerak dari masing-masing individu. Algoritma tersebut kemudian menjadi komponen utama dalam algoritma PSO. Walaupun Kennedy dan Eberhart memulai model dengan kawanan burung, ternyata dalam pengembangannya model algoritma ini lebih mirip dengan model kawanan lebah yang didefinisikan oleh M. M. Millonas pada papernya dengan judul *Swarms, Phase Transition, and Collective Intelligence* (1994).

Millonas mendefinisikan lima prinsip kecerdasan kawanan lebah yaitu :

1. Proximity (kemampuan kawanan untuk membentuk ruang dan komputasi waktu yang sederhana).
2. Quality (kemampuan kawanan untuk merespon perubahan kualitas lingkungan)
3. Diverse response (kecenderungan kawanan untuk menghindari komputasional saluran yang panjang)
4. Stability (momentum pada kawanan seperti daya tahan kawanan ketika bereaksi pada perubahan-perubahan kecil atau temporal), dan
5. Adaptability (sebagai sebuah counter untuk prinsip stability, kawanan harus dapat berubah ketika merespon perubahan lingkungan).

Menurut Kennedy dan Eberhart, algoritma PSO memiliki prinsip-prinsip yang sama. Metode ini menggunakan sekumpulan partikel yang bekerjasama, dimana masing-masing partikel merepresentasikan satu kandidat solusi, untuk mengeksplorasi solusi-solusi yang memungkinkan bagi permasalahan optimasi. Masing-masing partikel diinisialisasi secara acak, kemudian partikel-partikel tersebut diperbolehkan untuk "terbang". Pada setiap langkah optimasi, masing-masing partikel akan mengevaluasi kemampuannya dan kemampuan partikel-partikel disekitarnya. Masing-masing partikel dapat menyimpan solusi yang menghasilkan kemampuan terbaik sebagai salah satu kandidat solusi terbaik untuk semua partikel disekitarnya. (J. Kennedy and R. C. Eberhart. 1995.)

Metode optimasi yang didasarkan pada swarm intelligence ini disebut algoritma behaviorally inspired sebagai alternatif dari algoritma genetika, yang sering disebut evolution-based procedures. Algoritma PSO ini awalnya diusulkan oleh Kennedy dan Eberhart. Dalam konteks optimasi multivariabel, kawanan diasumsikan mempunyai ukuran tertentu atau tetap dengan setiap partikel posisi awalnya terletak di suatu lokasi yang acak dalam ruang multidimensi. Setiap partikel diasumsikan memiliki dua karakteristik: posisi dan kecepatan. Setiap partikel bergerak dalam ruang/space tertentu dan mengingat posisi terbaik yang pernah dilalui atau ditemukan terhadap sumber makanan atau nilai fungsi objektif. (Sri Kusumadewi. 2003)

Setiap partikel menyampaikan informasi atau posisi bagusnya kepada partikel yang lain dan menyesuaikan posisi dan kecepatan masing-masing berdasarkan informasi yang diterima mengenai posisi yang bagus tersebut. Sebagai contoh, misalnya perilaku ikan-ikan dalam kawanan. Meskipun setiap ikan mempunyai keterbatasan dalam hal kecerdasan, biasanya ia akan mengikuti kebiasaan (rule) seperti berikut:

1. Seekor ikan tidak berada terlalu dekat dengan ikan yang lain
2. Ikan tersebut akan berenang mengarah ke arah rata-rata keseluruhan ikan
3. Akan memposisikan diri dengan rata-rata posisi ikan yang lain dengan menjaga

sehingga jarak antar ikan dalam kawanan itu tidak terlalu jauh

Dengan demikian perilaku kawanan ikan akan didasarkan pada kombinasi dari 3 faktor simpel berikut:

1. Kohesi - terbang bersama
2. Separasi - jangan terlalu dekat
3. Penyesuaian(alignment) - mengikuti arah bersama

Beberapa istilah umum yang digunakan dalam PSO dapat didefinisikan sebagai berikut :

1. Swarm : populasi dari suatu algoritma.
2. Particle : anggota (individu) pada suatu swarm.
3. Pbest (Personal Best) : posisi Pbest suatu particle yang menunjukkan posisi particle yang dipersiapkan untuk mendapatkan suatu solusi yang terbaik.
4. Gbest (Global Best) : posisi terbaik particle pada swarm atau posisi terbaik diantara Pbest yang ada.
5. Velocity (V) : kecepatan yang menggerakkan proses optimasi yang menentukan arah dimana particle diperlukan untuk berpindah dan memperbaiki posisinya semula.
6. Learning Rates (C1 dan C2) : suatu konstanta untuk menilai kemampuan particle (C1) dan kemampuan sosial swarm (C2) yang menunjukkan bobot dari particle terhadap memorinya. Nilai C1 dan C2 antara 0-2.
7. Inertia Weight (θ) : parameter yang digunakan untuk mengontrol dampak dari adanya velocity.

Algoritma PSO

Algoritma Particle Swarm Optimization yang standar ditemukan melalui simulasi model kehidupan sosial binatang yang disederhanakan yang berhubungan dengan individu, kemampuan belajar dan teori swarm. (Y. Shi and R. C. Eberhart. 1998.)

$$V_{id} = V_{id} + c_1 \text{rand}_1 \times (P_{id} - X_{id}) + c_2 \text{rand}_2 \times (P_{gd} - X_{id}) \quad (2.3)$$

$$X_{id} = X_{id} + V_{id} \quad (2.4)$$

dengan :

c_1 dan c_2 = koefisien akselerasi,

rand_1 dan rand_2 = bilangan random antara (0-1),

$X_i = (X_{i1}, X_{i2}, X_{i3}, \dots, X_{iD})$ dipresentasikan sebagai partikel ke i

$P_i = (p_{i1}, p_{i2}, p_{i3}, \dots, p_{iD})$

dipresentasikan sebagai posisi awal pada partikel ke i (posisi yang memberi nilai fitness terbaik), simbol g merepresentasikan sebagai indeks dari partikel terbaik diantara semua partikel dalam suatu populasi.

$V_i = (v_{i1}, v_{i2}, v_{i3}, \dots, v_{iD})$

direpresentasikan sebagai

perubahan posisi (velocity) dari partikel i

Prosedur standar untuk menerapkan algoritma Particle Swarm Optimization adalah sebagai berikut :

1. Inisialisasi populasi dari particle-particle dengan posisi dan velocity secara random dalam suatu ruang dimensi penelusuran
2. Evaluasi fungsi fitness optimisasi yang diinginkan di dalam variabel d pada setiap particle.
3. Membandingkan evaluasi *fitness partikel* dengan nilai Pbestnya. Jika nilai yang ada lebih baik dibandingkan dengan nilai Pbestnya, maka Pbest diset sama dengan nilai tersebut dan P_i sama dengan lokasi particle yang ada X_i dalam ruang dimensional d .
4. Identifikasi partikel dalam lingkungan dengan hasil terbaik sejauh ini.
5. Update velocity dan posisi partikel sesuai persamaan (2.21) dan (2.22)

Kembali ke langkah 2 sampai kriteria terpenuhi, biasanya berhenti pada nilai fitness yang cukup baik atau sampai pada jumlah maksimum iterasi.

PERHITUNGAN DAN KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, diimplementasikan metoda Particle Swarm Optimization untuk solusi masalah economic dispatch pada sistem kelistrikan PT PUSRI Palembang.

Data Pemakaian Bahan Bakar

Tabel 1 Pemakaian Bahan Bakar Gas Rata-rata Unit PLTG PUSRI 1B

No.	DAYA (MW)	BAHAN BAKAR (Mbtu/Jam)
1	9,77	206,56
2	9,29	198,18
3	10,16	208,59
4	10,25	209,12
5	10,08	207,36

Tabel 2 Pemakaian Bahan Bakar Gas Rata-rata Unit PLTG PUSRI II

No.	DAYA (MW)	BAHAN BAKAR (Mbtu/Jam)
1	7,480	150,721
2	7,770	151,842
3	7,630	155,048
4	8,100	158,513
5	7,980	156,988

Tabel 3 Pemakaian Bahan Bakar Gas Rata-rata Unit PLTG PUSRI III

No.:	DAYA (MW)	BAHAN BAKAR (Mbtu/Jam)
1	7,58	206,56
2	7,87	198,18
3	7,23	208,56
4	8,04	207,36
5	7,92	210,14

Tabel 4 Pemakaian Bahan Bakar Gas Rata-rata Unit PLTG PUSRI IV

No.	DAYA (MW)	BAHAN BAKAR (Mbtu/Jam)
1	7,58	136,14
2	7,77	137,74
3	7,89	139,63
4	7,93	139,78
5	8,04	141,28

Persamaan Karakteristik Input – Output Unit-unit Pembangkit

Untuk pembangkitan energi listrik dengan mengabaikan rugi-rugi transmisi dan memperhitungkan batas-batas generator, maka pada sistem pembangkitan energi listrik keluaran daya dari generator seharusnya tidak melebihi keperluan operasi stabilitas sistem sehingga daya dari generator tersebut harus berada pada batas minimum dan maksimum yang diberikan. Batasan minimum dan maksimum empat unit PLTG di PT PUSRI

Perhitungan dengan Metoda Particle Swarm Optimization

Parameter digunakan dalam perhitungan Partikel Swarm Optimization ini adalah:

Partikel = daya yang dibangkitkan masing-masing unit pembangkit

Swarm = populasi partikel dalam satu kelompok pembangkitan sistem

Jumlah iterasi maksimum = 50

Inertia Weight = $w = 0,4$

Koefisien acak = $r_1, r_2 = 1$

Koefisien percepatan = $c_1 = 0,6 ; c_2 = 0,5$

Pbest = personal best, posisi terbaik partikel

Gbest = personal best, posisi terbaik dari keseluruhan

Pada 5 variasi total beban yang diukur, diperoleh hasil perhitungan dengan menggunakan metoda PSO seperti tabel berikut :

Tabel 5 Biaya Pembangkitan dengan metoda PSO

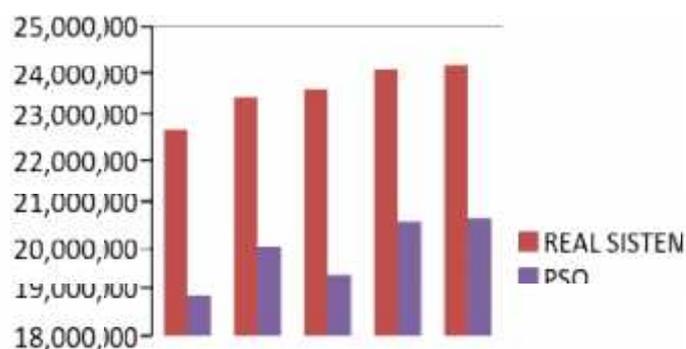
TOTAL BEBAN (MW)	OPTIMASI PEMBANGKITAN UNIT PEMBANGKIT (MW)				BIAYA PEMBANGKITAN (Rp/jam)				TOTAL BIAYA (Rp/jam)
	P - 1B	P - II	P - III	P - IV	P - 1B	P - II	P - III	P - IV	
30,19	16,5233	4,2469	4,8867	4,8867	7.083.180	3.746.120	3.958.380	4.060.380	18.848.060
32,18	16,2074	5,0424	5,6444	5,2858	7.062.562	4.341.562	4.406.885	4.245.909	20.056.917
32,55	17,2585	4,5488	4,6003	6,1423	7.113.843	3.976.066	3.777.313	4.569.596	19.436.819
32,55	16,2091	5,22851	5,4740	6,5817	7.062.685	4.516.538	4.309.890	4.569.222	20.585.335
34,08	16,5195	5,2931	5,44572	6,8119	7.082.960	4.520.967	4.300.206	4.751.886	20.656.020

Sementara untuk biaya pembangkitan faktual di lapangan adalah sebagai berikut :

Tabel 6 Biaya pembangkitan Real Sistem

TOTAL BEBAN (MW)	P - 1B		P - II		P - III		P - IV		TOTAL BIAYA (Rp)
	P (MW)	F (Mbtu-jam)	P (MW)	F (Mbtu-jam)	P (MW)	F (Mbtu-jam)	P (MW)	F (Mbtu-jam)	
30,19	8,7700	186,7588	7,4800	150,7213	6,7100	167,4154	7,2300	140,1308	22.672.673
32,18	10,0951	205,9663	7,8700	158,0375	6,9854	163,8679	7,2333	140,1309	23.480.228
32,55	10,1567	208,5954	7,8500	156,4763	6,7060	167,4155	7,8333	140,3558	23.650.429
32,55	10,3677	208,6450	7,8800	159,6308	7,2648	175,2842	8,0417	141,2779	24.072.053
34,08	10,3700	208,6452	8,1000	163,5125	7,5400	173,1754	8,0600	142,8958	24.191.241

Perbandingan biaya pembangkitan dapat ditampilkan dalam bentuk grafik :



Gambar 2. Perbandingan Biaya Pembangkitan Real Sistem Dan Metoda Particle Swarm Optization

KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan analisis di atas, maka dapat disimpulkan :

1. Metoda Particle Swarm Optimization (PSO) dapat diimplementasikan dalam perhitungan economic dispatch di PT PUSRI Palembang, dengan demikian bisa diterapkan untuk menekan biaya pembangkitan daya listrik.
2. Penghematan yang dapat diperoleh dengan menggunakan metoda Particle Swarm Optimization (PSO) pada pembebanan tenaga listrik sebesar 30,19 MW sampai dengan 34,08 MW adalah Rp 3.423.370,73 sampai dengan Rp 3.824.613,11 per-jam.

DAFTAR PUSTKA

- Huseyin Hakan Balci, Jorge F. 2004. *Scheduling Electric Power Generators Using Particle Swarm Optimization Combined With The Lagrangian Relaxation Method*. In Proceedings of the Int. J. Appl. Math. Comput. Sci., 2004, Vol. 14, No. 3, 411-421. Auburn, AL, USA
- Ilyas, A. M., Penangsang, O., & Soeprijanto, A. (2010). Optimisasi Economic Dispatch Pembangkit Termal Sistem 500 kV Jawa Bali Menggunakan Modified Improved Particle Swarm Optimization (MIPSO). Surabaya: Jurnal Seminar Nasional Pascasarjana X-ITS.
- J. Kennedy and R. C. Eberhart. 1995. *Particle Swarm Optimization*. 1995. In Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks. IEEE Service Center, Piscataway, USA.
- Maickel Tuegeh, Soeprijanto dan Mauridhi H P urnomo. 2009. *Modified Improved Particle Swarm Optimization for Optimal Generator Scheduling*. (SNATI 2009) ISSN: 1907-5022, Yogyakarta, 20 Juni. Indonesia.
- Sri Kusumadewi. 2003. *Artificial Intellegence (Teknik dan Aplikasinya)*. Pen. Graha Ilmu. Edisi 1. Yogyakarta. Indonesia.
- Wood, A.J. dan Wollenberg, B.F., 2005. *Power Generation Operation and Control*, 5nd edition, John Wiley & Sons. Inc., Singapore. Singapore.
- Y. Shi and R. C. Eberhart. 1998. *Parameter selection in particle swarm optimization*. In V. W. Porto, N. Saravanan, D. Waagen, and A. Eibe, editors, In Proceedings of the Seventh Annual Conference on Evolutionary Programming 591600. Springer-Verlag. USA.