

Optimasi Emission Dispatch Penjadwalan Pembangkit Daya Pada Sistem Kelistrikan Jawa-Madura-Bali Menggunakan Algoritma Particle Swarm Optimization

1st Alviandra Pratama Leksmana
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

alviandrapratama@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Jangkung Raharjo
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

jangkungraharjo@telkomuniversity.ac.id

3rd Kharisma Bani Adam
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

baniadam@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Emission Dispatch merupakan sebuah upaya untuk menghasilkan nilai emisi dari setiap unit pembangkit agar menghasilkan keluaran emisi yang paling minimum. Setiap daya yang dimasukkan sesuai dengan permintaan dari demand yang telah ditentukan dengan memperhatikan nilai batasan minimum dan maksimum agar tidak melanggar dari batasan minimum dan maksimum dari setiap generator. Untuk menghasilkan hasil yang optimal metode Particle Swarm Optimization digunakan untuk mengkalkulasikan masalah optimasi dari setiap generator sehingga menghasilkan biaya operasional dan emisi yang optimal sesuai dengan permintaan daya.

Kata Kunci : Emisi Dispatch, Particle Swarm optimization.

I. PENDAHULUAN

Di Indonesia, kebutuhan energi pada tahun 2008 mencapai 179,48 MTOE. Sementara itu, Indonesia menghasilkan listrik sebesar 149,44 TWh pada tahun 2008. Sebagian besar dari total konsumsi listrik tersebut dikonsumsi oleh pelanggan yang terhubung dengan sistem interkoneksi Jawa-Madura-Bali (JAMALI), yaitu sebesar 78,11%. Mayoritas energi primer yang digunakan oleh sistem interkoneksi JAMALI masih berupa batu bara, minyak bumi dan gas bumi, yaitu masing-masing sebesar 40,90%, 29,13% dan 20,14% dari pembangkit sistem interkoneksi JAMALI. Indonesia juga memiliki potensi energi terbarukan yang besar dan terdapat banyak peluang pengembangan dalam penyediaan listrik. Sumatera (13.800 MW), Jawa dan Bali (10.359,5 MW) serta Sulawesi (2.000 MW) memiliki banyak potensi panas bumi. Dari total potensi tersebut, baru 964 MW yang dikembangkan di Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) yang berlokasi di Jawa dan Bali. Tenaga air merupakan sumber energi terbarukan dengan potensi terbesar, tetapi tidak dapat digunakan secara efektif untuk menghasilkan listrik. Potensi tenaga air Indonesia diperkirakan mencapai 75.674 MW, namun hanya 4.200 MW (sekitar 5%) yang digunakan untuk penyediaan listrik [1].

Energi listrik merupakan kebutuhan yang diperlukan dalam kehidupan sehari-hari. Ada dua jenis

pembangkit listrik, yaitu sumber energi konvensional dan nonkonvensional. Kebutuhan energi listrik semakin meningkat, sehingga kebutuhan pembangkit listrik juga semakin meningkat. Saat ini, permintaan energi listrik dipenuhi oleh sumber energi tradisional seperti batu bara, minyak bumi, solar, energi nuklir, dll. Pembangkit listrik tradisional memiliki kelemahan: pembangkit batubara menghasilkan gas karbon dioksida (CO_2), yang mempengaruhi lingkungan, sedangkan energi nuklir memiliki biaya tinggi dan limbah nuklir berbahaya bagi manusia [2].

Sebagian besar pembangkit di Indonesia adalah pembangkit panas yang menggunakan bahan bakar fosil. Pembelian bahan bakar untuk penggunaan pembangkit listrik menghabiskan biaya 60% dari total biaya operasi [3]. Mahalnya harga BBM sangat bergantung pada beban masing-masing unit produksi. Semakin tinggi beban pada generator, semakin tinggi biaya bahan bakar. Oleh karena itu terdapat korelasi antara beban listrik dengan biaya produksi seperti daya input generator, sehingga beban listrik merupakan fungsi dari biaya produksi. Mempertahankan pelayanan kepada konsumen dan meminimalkan biaya bahan bakar membutuhkan solusi yang disebut Economic Dispatch (EcD), yang menghormati batasan masing-masing unit produksi. Dengan terwujudnya ECD dalam sistem ketenagalistrikan, maka biaya produksi setiap unit dalam produksi listrik yang dihasilkan dapat diminimalkan [4]. Ketika bahan bakar fosil dibakar di pembangkit listrik termal, emisi seperti sulfur oksida (SO_x), nitrogen oksida (NO_x) dan karbon dioksida (CO_2) dilepaskan ke lingkungan. Dalam hal ini, emisi dari setiap unit produksi diminimalkan untuk mengurangi dampak lingkungan. Ini disebut Pengiriman Emisi (EmD). Kombinasi dari dua masalah produksi ini disebut Combined Economy and Emissions Delivery (CEED). Dengan menerapkan CEED dalam sistem ketenagalistrikan diharapkan pelayanan kepada konsumen tetap terjaga dengan tetap mengoptimalkan setiap unit produksi, sehingga emisi dan biaya bahan bakar dapat ditekan serendah mungkin mengingat keterbatasan masing-masing unit produksi [5].

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Emission Dispatch

Tujuan EmD adalah untuk mencari kombinasi dari masing-masing generator untuk menghasilkan total emisi Natrium Dioksida (NO₂) minimum yang dihasilkan oleh setiap generator yang paling minimum dalam satuan gram/jam (Gram/h). Data keluaran yang akan diperoleh adalah data real-time yang dihasilkan dari setiap pembangkit. Emission Dispatch memiliki rumus kuadratik yaitu:

$$F_i = \sum_{i=1}^N (\alpha_i P_i^2 + \beta_i P_i + \gamma_i)$$

P_i = Power Generation dari Generator i

$\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$ = rumus koefisien Emisi dari Generator i

N = Jumlah Generator

Semua fungsi target yang digunakan harus memberikan hasil yang minimal atau optimal dan juga sesuai dengan kapasitas pembangkitan masing-masing spesifikasi generator pembangkit listrik JAMALI yang sesuai dengan permintaan daya. Fungsi tujuan ini harus diikuti oleh rumus emission dispatch

$$\sum_{i=1}^j P_i = P_d$$

Pada rumus emisi merupakan total pembebanan yang harus dipenuhi oleh system ini. Namun hasil keluaran dari setiap generator harus memenuhi nilai terendah dan nilai tertinggi daya operasi dari setiap generator yang diekspresikan dengan rumus:

$$P_{min} \leq P_i \leq P_{max}$$

Pada rumus P_{min} dan P_{max} diatas merupakan representasi dari daya minimum dan maximum daya generator- i .

B. Constrains

Semua fungsi target yang digunakan harus memberikan hasil yang minimal atau optimal dan juga sesuai dengan kapasitas pembangkitan masing-masing spesifikasi generator pembangkit listrik JAMALI yang sesuai dengan permintaan daya. Fungsi tujuan ini harus diikuti oleh rumus emission dispatch.

$$\sum_{i=1}^j P_i = P_d$$

Pada rumus emisi merupakan total pembebanan yang harus dipenuhi oleh system ini. Namun hasil keluaran dari setiap generator harus memenuhi nilai terendah dan nilai

tertinggi daya operasi dari setiap generator yang diekspresikan dengan rumus:

$$P_{min} \leq P_i \leq P_{max}$$

Pada rumus P_{min} dan P_{max} diatas merupakan representasi dari daya minimum dan maximum daya generator- i .

C. Algoritma PSO

Particle Swarm Optimization (PSO) adalah metode komputasi yang mengoptimalkan masalah dengan secara iteratif mencoba memperbaiki solusi sehubungan dengan ukuran kualitas yang ditentukan. PSO memecahkan masalah dengan memberikan populasi kandidat solusi, metode ini memindahkan partikel dalam ruang pencarian sesuai dengan rumus matematika sederhana untuk posisi dan kecepatan partikel. PSO bersifat metaheuristik karena hanya membuat sedikit asumsi tentang masalah yang dioptimalkan dan dapat mencari ruang solusi yang sangat besar. Selain itu, ini tidak memanfaatkan gradien dari masalah yang dioptimalkan, yang berarti tidak memerlukan tugas pengoptimalan yang diperlukan oleh metode pengoptimalan klasik seperti penurunan gradien dan metode quasi-Newtonian.

PSO bekerja dengan menggunakan banyak partikel yang membentuk kawanan. Setiap partikel terkait dengan solusi kandidat. Solusi kandidat hidup berdampingan dan berkolaborasi secara bersamaan. Setiap partikel kawanan terbang di area pencarian dan mencari tempat pendaratan terbaik. Jadi area pencarian adalah kumpulan solusi yang mungkin, dan kelompok partikel terbang (kawanan) mewakili solusi yang berubah. Selama pembangkitan (iterasi), setiap partikel mengikuti solusi terbaiknya (optimal) dan solusi terbaik (optimal) dari swarm. Kemudian edit dua parameter yaitu kecepatan udara (kecepatan) dan posisi. Lebih khusus lagi, setiap partikel secara dinamis menyesuaikan kecepatan terbangnya sebagai respons terhadap pengalamannya sendiri dan tetangganya. Demikian pula, ia mencoba mengubah lokasinya berdasarkan informasi tentang lokasi saat ini, kecepatan, jarak antara lokasi saat ini dan optimal pribadi, serta lokasi saat ini dan optimis segerombolan. Kawanan partikel (burung) terus bergerak ke wilayah yang menjanjikan hingga menemukan global optimum yang memecahkan masalah optimisasi.

D. Data Daya dan Data Emisi Pembangkit Listrik Jawa-Madura_Bali

Berikut adalah data yang digunakan untuk melakukan simulasi Emission Dispatch untuk Pembangkit Jawa Madura bali.

TABLE 1

Data Emission Dispatch Pembangkit Listrik JAMALI

EMISSION COEFFICIENT OF 42 POWER PLANTS FROM JAMALI ELECTRICITY SYSTEM, INDONESIA			
PP	a	b	y
1	23,0041	-1,2414	0,0142
2	23,0041	-1,2414	0,0142
3	23,0041	-1,2414	0,0142
4	23,0041	-1,2414	0,0142
5	331,0012	-3,8812	0,0512
6	331,0012	-3,8812	0,0512
7	331,0012	-3,8812	0,0512
8	0	0	0

9	0	0	0
10	0	0	0
11	0	0	0
12	330,0021	-3,7884	0,04332
13	330,0021	-3,7884	0,04332
14	14,9231	-0,3277	0,3485
15	14,9231	-0,3277	0,3485
16	49,823	-0,2134	0,0423
17	49,823	-0,2134	0,0423
18	49,823	-0,2134	0,0423
19	387,121	-0,3213	0,0113
20	387,121	-0,3213	0,0113
21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	0	0
24	0	0	0
25	0	0	0
26	0	0	0
27	0	0	0
28	0	0	0
29	44,0031	-4,4123	0,0556
30	44,0031	-4,4123	0,0556
31	44,0031	-4,4123	0,0556
32	44,0031	-4,4123	0,0556
33	21,0334	-0,6224	0,0345
34	559,441	-0,9412	0,0553
35	559,441	-0,9412	0,0553
36	12,9953	-0,2339	0,0332
37	34,8343	-0,1584	0,0848
38	55,0012	-5,4332	0,0823
39	55,0012	-5,4332	0,0823
40	32,4525	-0,4123	0,04231
41	22,8831	-1,2321	0,0112
42	22,8831	-1,2321	0,0112

III. HASIL DAN VALIDASI DATA

Tujuan dari melakukan simulasi data yaitu melihat apakah Algoritma PSO ini dapat menghasilkan hasil Emission Dispatch yang optimal dengan mengkalkulasikan 42 data generator. Emisi yang didapat sudah terbilang minimal dari hasil yang ada.

Untuk popsize dan jumlah iterasi sama dengan percobaan sebelumnya yaitu Popsiz :1000 dan Iterasi :200. Hasil Data simulasi permintaan daya selama 24 jam akan ditunjukkan di figure 1. dan untuk data permintaan daya terlampir di figure 1

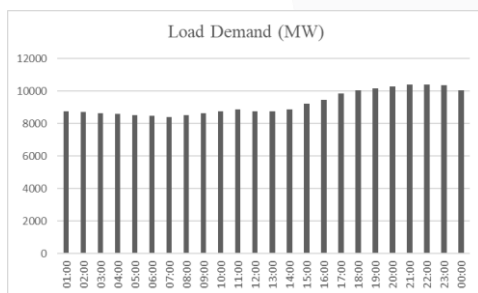


FIGURE 1
Data Permintaan Load 24 Jam

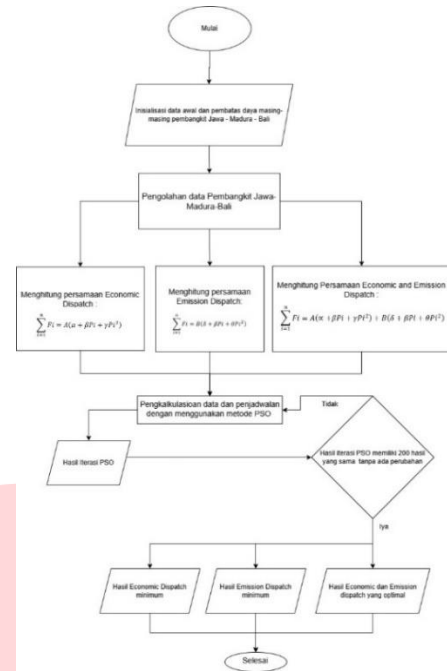


FIGURE 2
Prosedur Pengujian Data pada program

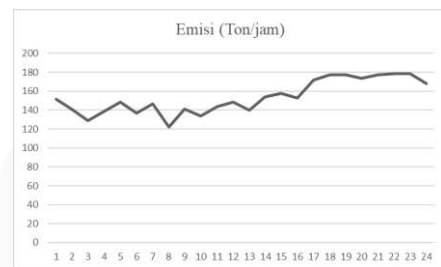


FIGURE 3
Hasil Emission Dispatch

Pada percobaan emission dispatch dengan mengambil demand tertinggi yaitu pada pukul 22.00 permintaan mencapai titik tertinggi yaitu 10411 MW. Dari program ini didapat hasil Emisi paling minimum sebesar 171,551.20 kg/jam dengan jumlah iterasi sebesar 200 kali iterasi dan diselesaikan dalam waktu 1.019346detik. Demand tertinggi diambil dikarenakan apabila menggunakan demand yang besar maka program PSO akan bekerja maksimal.

IV. KESIMPULAN

Emission Dispatch yang dilakukan pada program PSO mendapatkan hasil yang minimum pada generator Jawa-Madura-Bali. Hasil yang didapat sudah sesuai tanpa melanggar aturan dari batas daya minimum dan maksimum dari setiap generator. Algoritma PSO ini setelah dilakukan perbandingan dengan Algoritma KMA dapat disimpulkan bahwa algoritma PSO ini menghasilkan hasil yang lebih unggul dibandingkan dengan Algoritma KMA.

REFERENSI

- [1] S. Kanata, "Kajian Ekonomis Pembangkit Hybrid Renewable Energi Menuju Desa Mandiri Energi di Kabupaten Bone-Bolango," *Jurnal Rekayasa ElektriKa*, pp. 114-122, 2015
- [2] B.Chitti Babu and K.B.Mohanty, "Double-fed induction generator for variable speed wind energy conversion system-modeling and simulation", *International journal of computer and electrical engineering*, Vol.2 No.1, February,2010, 1793-8163,pp 141-147.
- [3] Y. Hakimah, "Penjadwalan Operasi Pembangkit PLTG Gunung Megang Berdasarkan Biaya Bahan Bakar," vol. 4, pp. 31-43, 2016.
- [4] H. Saadat, "Power System Analysis." WCB McGraw-Hil, New York, p. 691, 1999
- [5] F. Parvez, P. Vasant, V. Kallimani, and J. Watada, "A holistic review on optimization strategies for combined economic emission dispatch problem," *Renew. Sustain. EnergyRev.*, no. June, pp. 1-15, 2017
- [6] Hadi Sadat, "Chapter 7", in *Power System Analysis*,2. McGraw-Hill, 2002, Bab 7.
- [7] Poli, Riccardo, James Kennedy, and Tim Blackwell. "Particle swarm optimization." *Swarm intelligence* 1.1 (2007): 33-57.
- a. A. Aditya, A. A. Simaremare, J. Raharjo, Suyanto and I. Wijayanto, "Komodo Mlipir Algorithm to Solve Generator Scheduling Problems," 2022 2nd International Conference on Electronic and Electrical Engineering and Intelligent System (ICE3IS), Yogyakarta, Indonesia, 2022, pp. 84-88, doi: 10.1109/ICE3IS56585.2022.10010294.
- [8] H.Rhim "How Does Particle Swarm Optimization Work",baeldung. "https://www.baeldung.com/cs/pso#3-mathematical-models"(Accessed January 12 2023).