

Economic Dispatch dengan Memperhitungkan Kekangan Emisi Lingkungan Menggunakan
Algoritma Kunang-Kunang

Eri Yuniati¹, Firmansyah Nur Budiman², Elvira Sukma Wahyuni³

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia
Jl Kaliurang KM 14.5 Yogyakarta, Indonesia

¹14524086@students.uii.ac.id,

²145240501@students.uii.ac.id, ³155231301@students.uii.ac.id

Abstrak— Seiring dengan berkembangnya zaman yang diikuti dengan perkembangan penduduk yang meningkat dari tahun ke tahun, mengakibatkan kebutuhan energi listrik semakin tinggi. Maka dari itu PLN sebagai salah satu pemasok energi listrik di Indonesia dituntut untuk menyediakan pasokan energi listrik yang mencukupi untuk masyarakat. Skripsi ini bertujuan untuk melakukan perhitungan *economic dispatch* unit pembangkit termal menggunakan algoritme kunang-kunang. Parameter algoritme kunang-kunang yang digunakan dalam perhitungan ini adalah konstanta intensitas cahaya setiap kunang-kunang, dan konstanta untuk *update* pergerakan kunang-kunang. Batasan yang digunakan dalam perhitungan biaya total yaitu emisi lingkungan total, beban total, dan daya pembangkit maksimal/minimal, dibantu dengan *software* MATLAB 2013. Energi yang harus dibangkitkan adalah sama dengan beban sebesar 54910 MW. Perhitungan biaya total pembangkit menggunakan dua pembandingan dengan memperhitungkan emisi lingkungan dan tanpa memperhitungkan emisi lingkungan. Hasil biaya total pembangkitan dengan memperhitungkan emisi lingkungan CO₂ sebesar \$2.055.805.000.000 dengan emisi lingkungan CO₂ sebesar 5131,6 ton selama 24 jam dengan beban yang berbeda-beda pada setiap jamnya. Dari hasil perhitungan, algoritme yang digunakan dapat mengoptimalkan biaya total pembangkitan dibandingkan dengan algoritme lainnya.

Kata kunci : *Economic Dispatch, Algoritma Kunang-kunang, Kekangan Emisi, MATLAB*

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik dari tahun ke tahun semakin meningkat. Hal tersebut terjadi karena pertumbuhan penduduk yang meningkat secara signifikan. Dari permasalahan yang ada, menuntut pemerintah untuk menyediakan energi listrik yang cukup untuk masyarakat. Namun, permasalahannya tidak berhenti disitu saja. Harga bahan bakar untuk membangkitkan energi listrik yang semakin meningkat menjadi tantangan tersendiri bagi pemerintah dalam hal ini PLN sebagai badan penyedia energi listrik.

Skripsi ini akan membahas tentang perhitungan biaya yang paling optimal dalam bahan bakar pembangkitan atau sering disebut dengan *economic dispatch*. *Economic dispatch* sangat diperlukan karena dengan perhitungan ini dapat menentukan alokasi biaya yang optimum dengan daya yang dibangkitkan tetap memenuhi permintaan beban. Metode optimasi yang digunakan untuk membantu perhitungannya adalah Algoritma Kunang-kunang. Penelitian ini juga menyertakan perhitungan emisi CO₂ yang dihasilkan dari pembangkitan terhadap lingkungan sekitar. Digunakannya kekangan emisi CO₂ karena kuantitas emisi ini termasuk tinggi apabila dibandingkan dengan emisi lainnya seperti SO₂ dan NO_x.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. *Economic Dispatch*

Sistem tenaga listrik merupakan sebuah usaha yang dilakukan untuk menyalurkan daya melalui saluran interkoneksi. Sistem tenaga listrik terbagi menjadi 3 bagian utama yaitu pembangkitan, transmisi dan distribusi. Salah satu masalah utama yaitu dalam sistem pembangkitan yang sangat diperlukan untuk memenuhi kebutuhan beban. Namun, pada masa sekarang ini sistem pembangkitan dengan bahan bakar fosil memerlukan biaya yang cukup besar. Maka dari itu, diperlukan perhitungan *Economic Dispatch* menggunakan metode Algoritma Kunang-kunang.

Salah satu perhitungan optimasi pada pembagian pembebanan sistem pembangkit adalah dengan *Economic Dispatch*. Untuk mendapatkan biaya yang optimum digunakan kombinasi-kombinasi unit pembangkit untuk pemenuhan pembebanan. Jadi, dalam perhitungan *Economic Dispatch* pembagian beban pada setiap pembangkit diukur dari kapasitas yang mampu dibangkitkan oleh sistem pembangkit. Sehingga dari hal tersebut biaya dapat ditekan seminimal mungkin karena biaya bahan bakar merupakan biaya yang paling utama pada sistem pembangkitan.

B. Algoritma Kunang-kunang

Algoritma Kunang-kunang merupakan metode optimasi baru yang dikembangkan oleh Xin Dia Yang pada tahun 2007. Metode ini memanfaatkan metode *stokastik* dan metode *metaheuristic* yang banyak digunakan untuk memecahkan permasalahan kompleks dalam hal optimasi. Metode *stokastik* ini digunakan karena proses acak dalam perhitungan set solusi

yang terinspirasi dari sikap berkedip kunang-kunang. *Heuristic* berarti dapat menemukan solusi dengan *trial* dan *error*. *Heuristik* merupakan tingkat yang lebih rendah, dan untuk tingkat yang lebih tinggunya adalah *meta-heuristik*. *Meta-heuristik* dapat mencari solusi untuk bertahan hidup dalam sebuah populasi.

1. Konsep Algoritma Kunang-kunang

Algoritma Kunang-kunang bekerja pada 3 aturan dasar dan 3 faktor utama yaitu intensitas cahaya, daya tarik, dan juga gerakan kunang-kunang. Aturan tersebut sebagai berikut :

- Semua kunang-kunang adalah *unisex*, sehingga semua kunang-kunang tertarik antar satu kunang-kunang dengan kunang-kunang lainnya.
- Daya tarik dari kunang-kunang tergantung pada tingkat kecerahan kunang-kunang. Kunang-kunang yang lebih redup akan tertarik pada kunang-kunang dengan tingkat kecerahan yang lebih tinggi. Namun hal tersebut juga dipengaruhi oleh jarak antar kunang-kunang yang mengurangi intensitas cahaya kunang-kunang dan penyerapan cahaya akibat dari factor udara. Apabila kedua hal tersebut terjadi maka kunang-kunang akan bergerak secara *random*.
- Kecerahan atau intensitas cahaya pada kunang-kunang dipengaruhi oleh nilai tujuan dari masalah yang ada. Untuk masalah maksimasi, intensitas cahaya sebanding dengan nilai fungsi tujuan.

2. Jarak antar *firefly*

Jarak antar kunang-kunang di interpretasikan sebagai i dan j serta lokasi kunang-kunang adalah x_i, x_j yang dilakukan dengan peletakan titik persebaran secara *random* dalam sebuah diagram kartesius dengan semua rumus, dimana selisih antar kunang-kunang i dan j merupakan jarak antar kedua kunang-kunang. Rumusnya sebagai berikut :

$$r_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (2.1)$$

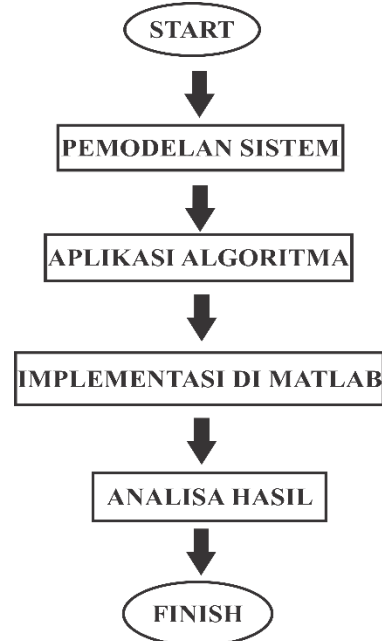
3. Pergerakan *firefly*

Pergerakan pada kunang-kunang untuk menuju intensitas cahaya yang lebih tinggi dapat dilihat dengan persamaan :

$$x_i = x_i + \beta_0 \times \exp(-\gamma r_{ij}^2) \times (x_j - x_i) + a \times \left(rand - \frac{1}{2} \right) \quad (2.2)$$

Semua variabel pada persamaan diatas diberikan fungsi keatraktifan *firefly* untuk menentukan tingkat kecerahan serta menjamin cara kerja algoritma agar lebih mudah dan cepat untuk menentukan solusi yang optimal.

III. METODE PENELITIAN



Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Penelitian

1. Pemodelan Sistem

Pengoperasian pembangkit energi listrik untuk mendapatkan biaya yang paling optimum atau sering disebut *economic dispatch* harus menggunakan perhitungan yang matang. Dalam penelitian digunakan metode optimasi berupa Algoritma Kunang-kunang dengan data yang digunakan berupa data dari sistem IEEE 24 bus.

a. Fungsi objektif *economic dispatch*

Tujuan utama dari penelitian ini adalah memperhitungkan biaya pembangkitan yang optimal yang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\sum_{i=1}^N F(P_i) = a_i + b_i(P_i) + c_i P_i^2 \quad (3.1)$$

- *Constraint*
- Daya yang dibangkitkan

Persamaan daya yang dibangkitkan oleh semua unit pembangkit dituliskan sebagai berikut :

$$\sum_{i=1}^N P_i = P_{beban} \quad (3.2)$$

Dengan batas minimum dan maksimum daya yang dibangkitkan sebagai berikut :

$$P_{min} \leq P \leq P_{max} \quad (3.3)$$

➤ Emisi

Dalam setiap pembangkitan energi listrik pasti menghasilkan emisi dari bahan bakar yang digunakan. Emisi tersebut dapat dihitung dari persamaan berikut :

$$E_i(P_i) = x_i + y_i P_i + z_i P_i^2 \quad (3.4)$$

Dengan batas maksimum yang diijinkan adalah :

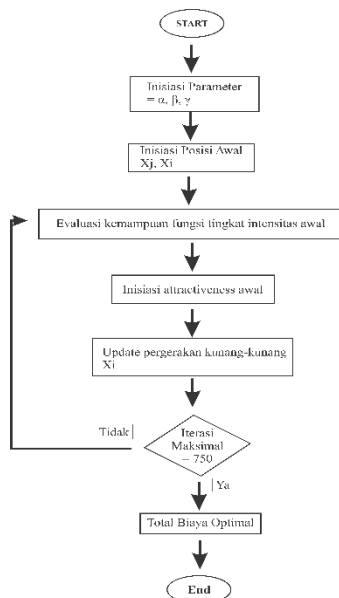
$$Emisi = me \times P_{beban} \quad (3.5)$$

• Data Sistem IEEE 24 Bus

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data *study literature* yang didapatkan dari IEEE. Data tersebut memuat 24 bus dengan 26 Generator. Data Sistem IEEE 24 bus tersebut memuat data golongan bahan bakar, data daya minimum dan maksimum yang dapat dibangkitkan pada setiap unit pembangkit, data fungsi koefisien biaya tiap unit pembangkit, dan juga data fungsi koefisien emisi tiap unit pembangkit. data sistem IEEE tersebut terdapat dalam lampiran.

b. Aplikasi Algoritma

Pada penerapan algoritma optimasi yang akan digunakan pada perhitungan *economic dispatch* akan dijelaskan dengan diagram alir pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Prosedur Penerapan Algoritma Kunang-kunang

c. Implementasi di Matlab

Software yang akan digunakan untuk membantu perhitungan *economic dispatch* dengan data kompleks adalah dengan Matlab. *Software* ini sering digunakan untuk memecahkan masalah pada bidang teknik karena *toolbox* yang dimilikinya cukup lengkap.

d. Analisa Hasil

Dalam analisa hasil ini akan membahas apa yang sudah didapatkan dari simulasi penerapan Algoritma Kunang-kunang untuk perhitungan *economic dispatch* dengan menggunakan bantuan *software* Matlab.

IV. HASIL DAN ANALISIS

1. Simulasi *economic dispatch* dengan memperhitungkan kekangan emisi menggunakan Algoritma Kunang-kunang.

26 generator pada 24 bus yang digunakan pada penelitian untuk menguji biaya pembangkitan yang paling optimal dengan menggunakan metode Algoritma Kunang-kunang. Hasil total biaya yang didapatkan dari 40 kali *running* dengan parameter iterasi sebanyak 750 kali, nilai *alpha* sebesar 0,6, nilai *beta* sebesar 1,0, dan nilai *gamma* sebesar 0,5 adalah sebagaimana pada tabel 4.1 :

Tabel 4.1 Data hasil *running* untuk menentukan total biaya

Tanpa Kekangan Emisi CO ₂				Dengan Kekangan Emisi CO ₂			
Jam ke-	Total biaya (\$ x juta)	Daya dibangkitkan (MW)	Emisi (Ton)	Jam ke-	Total biaya (\$ x juta)	Daya dibangkitkan (MW)	Emisi (Ton)
1	40.801	1700	202,34	1	42.075	1700	200,19
2	45.541	1730	205,56	2	46.963	1730	201,79
3	41.211	1690	200,78	3	45.200	1690	196,19
4	39.820	1700	197,35	4	45.255	1700	201,91
5	45.513	1750	204,18	5	48.585	1750	206,39
6	49.123	1850	203,72	6	55.142	1850	200,19
7	54.617	2000	204,14	7	57.830	2000	204,21
8	83.316	2430	217,37	8	90.259	2430	216,68
9	110.632	2540	220,48	9	112.923	2540	219,46
10	95.591	2600	211,47	10	101.672	2600	209,53
11	109.152	2670	212,45	11	111.684	2670	210,67
12	104.583	2590	220,47	12	115.226	2590	218,81
13	94.239	2590	220,89	13	100.183	2590	216,71
14	98.836	2550	226,78	14	102.045	2550	224,99
15	104.173	2620	230,98	15	107.783	2620	227,21
16	111.296	2650	224,19	16	120.127	2650	224,48
17	102.153	2550	223,91	17	109.652	2550	219,28
18	104.514	2530	218,67	18	107.305	2530	216,00
19	88.719	2500	224,78	19	93.049	2500	222,77
20	103.733	2550	216,91	20	105.631	2550	214,94

Jam ke-	Total biaya (\$ x juta)	Daya dibangkitkan (MW)	Emisi (Ton)	Jam ke-	Total biaya (\$ x juta)	Daya dibangkitkan (MW)	Emisi (Ton)
21	102.003	2600	244,16	21	107.043	2600	243,39
22	89.622	2480	224,94	22	95.633	2480	223,98
23	63.438	2200	213,47	23	77.882	2200	211,64
24	51.517	1840	200,99	24	56,658	1840	200,19
Total	1.934.143	54910	5170.98	Total	2.055.805	54910	5131,6

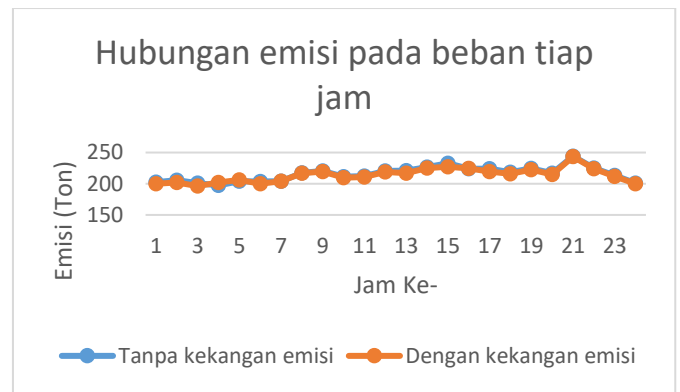
Dari hasil *running* yang didapatkan dengan beban yang digunakan pada setiap jamnya sama, total biaya yang diperoleh dengan memperhitungkan kekangan emisi CO_2 lebih mahal dibandingkan dengan tanpa memperhitungkan kekangan emisi CO_2 . Namun, emisi yang dihasilkan tanpa memperhitungkan kekangan emisi CO_2 juga lebih besar kuantitasnya. Hal tersebut terjadi karena tanpa memperhitungkan kekangan emisi CO_2 , unit-unit pembangkit dengan kuantitas emisi yang lebih besar seperti unit pembangkit berbahan bakar batu bara akan mensuplay beban terlebih dahulu sehingga emisi yang dihasilkan lebih besar, kemudian disusul dengan unit pembangkit berbahan bakar minyak dengan emisi yang tidak terlalu besar dan terakhir unit pembangkit berbahan bakar nuklir yang menghasilkan emisi CO_2 yang sangat rendah.

Dengan memperhitungkan kekangan emisi lingkungan, skenario yang digunakan dengan batasan emisi yang digunakan maka unit-unit pembangkit dengan kuantitas emisi rendah akan dinyalakan terlebih dahulu untuk mensuplay beban. Unit pembangkit tersebut seperti yang berbahan bakar nuklir. Unit pembangkit berbahan nuklir menghasilkan kuantitas emisi yang sangat rendah, kemudian unit pembangkit berbahan bakar minyak untuk mensuplay beban selanjutnya karena unit pembangkit ini menghasilkan kuantitas emisi yang cukup besar, dan yang terakhir unit pembangkit berbahan bakar batu bara yang menghasilkan kuantitas emisi yang sangat tinggi maka digunakan untuk mensuplay beban puncak.

2. Simulasi *economic dispatch* dengan beban tiap jam



Gambar 4.1 Grafik hubungan total biaya pada beban tiap jam



Gambar 4.2 Grafik hubungan emisi pada beban tiap jam

Grafik diatas menjelaskan perbedaan total biaya dengan energi yang dibangkitkan sesuai dengan beban pada setiap jamnya. Perbedaan total biaya yang diperhitungkan berdasarkan kekangan dengan memperhitungkan emisi dan tanpa memperhitungkan kekangan emisi. Hasil yang didapatkan bahwa pada saat beban sudah lebih dari 2000 MW maka biaya totalnya akan meningkat jika dibandingkan dengan beban yang dibawah 2000 MW. Hal tersebut dikarenakan unit pembangkit dengan bahan bakar murah yang mampu membangkitkan energi lebih banyak atau lebih sering disebut unit pembangkit dasar sudah tidak bisa mencukupi beban yang diinginkan. Unit dasar yang dimaksudkan seperti bahan bakar nuklir dan batu bara.

V. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan maka peneliti dapat menarik kesimpulan :

1. Perhitungan *economic dispatch* dengan menggunakan algoritme *kunang-kunang* dipengaruhi oleh konstanta intensitas cahaya setiap *kunang-kunang* dan juga konstanta untuk *update* pergerakan *kunang-kunang*. Dari hasil perhitungan dengan bantuan *software* Matlab maka didapatkan hasil tanpa memperhitungkan kekangan emisi CO_2 , biaya total pembangkitan selama 24 jam sebesar \$1.934.143 juta, dengan kuantitas emisi sebesar 5170,98 ton dan beban yang di *suplay* sebesar 54910 MW.
2. Pada *economic dispatch* dengan memperhitungkan emisi CO_2 biaya yang diperlukan sebesar \$2.055.805 juta. Emisi CO_2 yang dihasilkan sebanyak 5131,6 ton. Dari hasil pembangkitan selama 24 jam tersebut maka dapat dilihat bahwa dengan memperhitungkan kekangan emisi CO_2 , biaya total pembangkitan lebih mahal dibandingkan dengan tanpa memperhitungkan kekangan emisi CO_2 . Namun emisi yang dihasilkan lebih rendah yang dengan menggunakan kekangan emisi CO_2 . Dari simulasi yang dilakukan dapat diketahui bahwa emisi terbesar yang dihasilkan dari pembangkitan adalah dari bahan bakar batu bara, disusul dengan bahan bakar minyak, kemudian bahan bakar nuklir, dan yang terakhir yang paling ramah lingkungan dengan emisi CO_2 yang paling minimal adalah bahan bakar nuklir.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Komsiyah, "Optimisasi Economic Dispatch Dengan Transmission Loss Menggunakan Metode Extended Lagrange Multiplier Dan Gaussian Particle Swarm Optimization (Gpso)," *ComTech.*, vol.1, no. 2pp. 259–271,2015.
- [2] R. S. Ibrahim, R. S. Wibowo, and A. Musthofa, "Economic Load Dispatch Unit Pembangkit Termal Mempertimbangkan Penambahan Pembangkit Tenaga Angin dengan Menggunakan Firefly Algorithm," , *jurnal Teknik ITS*, vol. 6, no. 1, 2017.
- [3] T. Dewantoro, R. S. Wibowo, and A. Suprijanto, "Security Constrained Unit Commitment menggunakan Metode Firefly Algorithm", *Proseding SENTIA 2016*, vol. 8, pp. 1–6, 2016.
- [4] X. Yang, S. Soheil, S. Hosseini, and A. Hossein, "Firefly Algorithm for solving non-convex economic dispatch problems with valve loading effect," *Appl. Soft Comput. J.*, vol. 12, no. 3, pp. 1180–1186, 2012.
- [5] F. N. Budiman, "Penjadwalan Unit Pembangkit Termal dengan Memperhitungkan Kekangan Emisi Lingkungan dan Ketidakpastian Sistem," , Skripsi Universitas Gadjah Mada, 2009.
- [6] L. Jebaraj, C. Venkatesan, I. Soubache, and C. Christober, "Application of differential evolution algorithm in static and dynamic economic or emission dispatch problem : A review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 77, no. October 2015, pp. 1206–1220, 2017.
- [7] J. H. Van Sickle, K. Y. Lee, and J. S. Heo, "Power Plant Control," *ISAP*, no. 2, pp. 560–565, 2007.