

OPTIMASI *ECONOMIC DISPATCH* PADA UNIT PEMBANGKIT PLTG DI PLTGU TAMBAK LOROK MENGGUNAKAN ALGORITMA *ARTIFICIAL BEE COLONY*

Enrich Van Bosar Sitorus^{*)}, Hermawan, and Agung Nugroho

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}*E-mail: bosar.sitorus@gmail.com*

Abstrak

Economic Dispatch adalah proses pengalokasikan permintaan beban yang diperlukan antara unit pembangkit yang tersedia sehingga biaya operasi dapat diminimalkan. Algoritma yang diusulkan untuk penyelesaian *Economic Dispatch* adalah dengan menggunakan *Artificial Bee Colony* (ABC). ABC merupakan metoda pencarian terinspirasi oleh perilaku lebah madu saat mencari kualitas sumber makanan. Pada Tugas Akhir ini, Metode ABC diselesaikan dengan menggunakan Matlab dan untuk melihat performa dari simulasi metode ABC maka metode ini akan diaplikasikan dan diuji di sistem IEEE-3unit, IEEE-6unit dan PLTG unit 1 Tambak Lorok. Hasil simulasi pada sistem IEEE-3unit dan IEEE-6unit dengan metode ABC akan dibandingkan dengan hasil simulasi metode Particle Swarm Optimization dan metode konvensional *Lagrange Multiplier* untuk membuktikan validitas dan efektifitas dari metode ABC. Sedangkan pada sistem PLTG Tambak Lorok akan dibandingkan dengan dan tanpa mempertimbangkan laju perubahan beban. Dari hasil simulasi optimasi dengan metode ABC menunjukkan peforma yang baik. Hasil simulasi identik sama dengan metode optimasi lain seperti metode PSO dan Lagrange Multiplier dalam simulasi sistem uji IEEE. Sedangkan pada sistem PLTG Tambak Lorok deviasi penghematan didapat pada kebutuhan daya 60 MW sampai 210 MW yang selisihnya berkisar 10000 liter/jam.

Kata Kunci: Masalah Economic Dispatch, Metode Optimasi, ABC, PSO, Lagrange Multiplier

Abstract

Economic Dispatch is a process of required load demand allocation between the available generation units so that operating costs can be minimized. The proposed algorithm for completion of Economic Dispatch is using Artificial Bee Colony (ABC). ABC is a search method inspired by honey bee behavior which is looking for a quality food sources. In this final project, the ABC method and solved by using Matlab simulation to see the performance of the ABC method, this method will be applied and tested on the IEEE system-3unit, IEEE-6unit and PLTG unit 1 Tambak Lorok. The simulation results on the IEEE system-3unit and IEEE-6unit by the ABC method are compared with the results of the simulation method of Particle Swarm Optimization and conventional methods Lagrange Multiplier to prove the validity and effectiveness of the method ABC. While in PLTG Tambak Lorok will be compared with and without considering the rate of change of the load. From the results of simulation optimization with the ABC method shows good performance. Simulation results identical to other optimization methods such as PSO and Lagrange Multiplier method in IEEE simulation test system. While in PLTG Tambak Lorok the saving deviation happened in power demand of 60 MW to 210 MW, the difference is about 10 000 liters / hour.

Keyword: Economic Dispatch Problem, Optimization Methods, ABC, PSO, Lagrange Multiplier

1. Pendahuluan

Pembangkitan tenaga listrik merupakan komponen biaya terbesar didalam suatu sistem tenaga listrik. Sedangkan pada unit-unit pembangkit tenaga listrik memiliki karakteristik yang berbeda-beda dalam hal biaya pembangkitannya. Untuk mendapatkan pengoperasian yang optimal dalam memenuhi kebutuhan beban maka

penjadwalan pengoperasian suatu generator pada pembangkit dan koordinasi antar pembangkitan sangat diperlukan dalam upaya melakukan optimal pembebanan yang bertujuan untuk memperoleh biaya operasi yang optimal dan ekonomis dengan memperhatikan batasan-batasan dari kapasitas unit pembangkit itu sendiri.

Untuk mengatasi masalah *economic dispatch*, berbagai teknik optimasi telah diterapkan. Selama beberapa tahun terakhir, sejumlah pendekatan telah dikembangkan untuk memecahkan masalah ini dengan menggunakan pemrograman matematika, yaitu, metode iterasi lambda yang pernah dibahas oleh CLC dan SCW dalam jurnal “*Branch and bound scheduling for thermal generating units*” pada tahun 1993^[9] dan dibahas juga oleh Marno Siswanto dalam “Optimasi Pembagian Beban Pada Unit Pembangkit PLTG Tambak Lorok Dengan Metode *Lagrange Multiplier*” pada tahun 2005^[2]. Namun, metode ini tidak mampu memberikan solusi optimal dalam sistem listrik skala besar. Dalam metode klasik, fungsi biaya masing-masing generator diwakili oleh fungsi kuadrat sederhana. Dalam rangka untuk membuat metode numerik yang lebih mudah untuk memecahkan masalah ED, algoritma pencarian stokastik heuristik seperti Particle Swarm Optimization (PSO) telah berhasil diterapkan oleh Saumendra Sarangi dalam “*particle swarm optimization applied to Economic Dispatch Problem*” pada tahun 2009^[8] dan dibahas juga oleh Basuki Sri Wantoro dalam “*Particle Swarm Optimization Untuk Optimasi Penjadwalan Pembebanan Pada Unit Pembangkit PLTG Di PLTGU Tambak Lorok*” pada tahun 2012^[3]. Namun, tidak satupun dari metode yang disebutkan memiliki jaminan untuk memperoleh solusi optimasi global dalam batas waktu komputasi yang dapat dikaitkan dengan kelemahan mereka. Dalam PSO konvergensi prematur dapat menjebak algoritma menjadi kurang optimal, yang mungkin mengurangi kemampuan optimasi mereka ketika diterapkan untuk memecahkan masalah *economic dispatch*.

Dari permasalahan tersebut diatas maka diperlukan suatu metode untuk memberikan solusi dalam masalah optimisasi ini. Teknik solusi dapat diselesaikan dengan kecerdasan buatan. Salah satu teknik solusi kecerdasan buatan untuk masalah optimisasi ialah menggunakan teknik algoritma *Artificial Bee Colony* (ABC). Kelebihan utama algoritma ABC adalah mempunyai struktur yang sederhana, mudah dimengerti dan diimplementasikan, dan memiliki performa optimasi keandalan yang tinggi.

Untuk melihat performa dari simulasi metode ABC maka metode ini akan diaplikasikan dan diuji di sistem IEEE-3unit, IEEE-6unit dan PLTG unit 1 Tambak Lorok. Hasil simulasi pada sistem IEEE-3unit dan IEEE-6unit dengan metode ABC akan dibandingkan dengan hasil simulasi metode *Particle Swarm Optimization* dan metode konvensional *Lagrange Multiplier* untuk membuktikan validitas dan efektifitas dari metode ABC. Sedangkan pada sistem PLTG Tambak Lorok optimasi dengan metode ABC akan dibandingkan dengan dan tanpa mempertimbangkan laju perubahan beban.

2. Metode

2.1. Pemodelan Unit-Unit Pembangkit

Pemodelan unit pembangkit menunjukkan karakteristik dari suatu unit pembangkit. Pada suatu pusat pembangkit yang terdiri dari beberapa unit, dapat dioptimalkan pengoperasiannya dengan mengetahui karakteristik dari setiap unit pembangkitnya. Karakteristik unit pembangkit ditunjukkan oleh suatu fungsi yang menjelaskan kebutuhan akan bahan bakar dari suatu unit pembangkit dalam menghasilkan daya.

Pada sistem IEEE-3unit^[8] setiap unitnya mempunyai karakteristik sebagai berikut :

Tabel 1 Kapasitas dan koefisien unit generator IEEE-3unit

Unit	PGmin (MW)	PGmax (MW)	α	B	γ
1	100	600	561	7.92	0.00156
2	100	400	310	7.85	0.00194
3	50	200	78	7.97	0.00482

Pada sistem IEEE-6unit^[8] setiap unitnya mempunyai karakteristik sebagai berikut :

Tabel 2 Kapasitas dan koefisien unit generator IEEE-6unit

Unit	PGmin (MW)	PGmax (MW)	α	B	γ
1	10	125	756.79886	38.53	0.15240
2	10	150	451.32513	46.15916	0.10587
3	35	225	1049.9977	40.39655	0.02803
4	35	210	1243.5311	38.30553	0.03546
5	130	325	1658.5596	36.32782	0.02111
6	125	315	1356.6592	38.27041	0.01799

Pada sistem PLTG unit 1 Tambak Lorok setiap unitnya mempunyai karakteristik sebagai berikut :

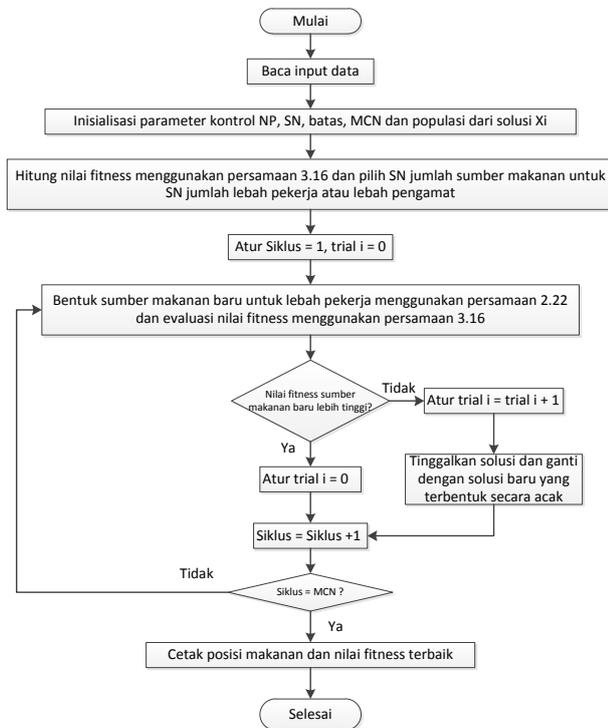
Tabel 3 Kapasitas dan koefisien unit generator PLTG unit 1 Tambak Lorok

Unit	PGmin (MW)	PGmax (MW)	α	B	γ
1	30	105	11539.596	0.1697564	1.168×10^{-6}
2	30	105	16346.351	0.015187438	2.3297×10^{-6}
3	30	105	13978.2174	0.11871682	1.3703×10^{-6}

2.2 Pembuatan Program Simulasi

Pembuatan program simulasi ini menggunakan software Matlab versi 7.6 dengan metode ABC (*Artificial Bee Colony*). Program simulasi ini dibuat dalam 7 tahap, tahap pertama adalah inisialisasi parameter kontrol, tahap kedua adalah memproduksi situs makanan sumber awal, tahap ketiga adalah mengirim lebah pekerja pada sumber makanan dan menetapkan jumlah nektar, tahap keempat adalah mengirim lebah pengamat ke sumber makanan

tergantung pada jumlah nektar mereka, tahap kelima adalah kirim pencari ke wilayah pencarian untuk menemukan sumber makanan baru, tahap keenam adalah catat solusi terbaik, tahap ketujuh adalah periksa kriteria terminasi. Algoritma pembuatan program simulasi ditunjukkan pada Gambar 1 di bawah ini :



Gambar 1 Flowchart algoritma pembuatan program simulasi

3. Pengujian dan Analisis

3.1. Pengujian Simulasi ABC

Pengujian terhadap program simulasi ini dilakukan dengan tujuan agar dapat diketahui apakah program yang dibuat ini sudah berjalan sesuai dengan yang diinginkan atau belum. Keberhasilan program diukur dari kemampuannya untuk menganalisis pendistribusian beban yang optimal sehingga daya yang dibangkitkan pada masing-masing unit memenuhi batas yang telah ditentukan dan juga biaya yang dihemat dari pendistribusian beban mencapai nilai maksimum. Hasil uji ini juga dibandingkan dengan metode optimasi lain seperti hasil perhitungan dengan metode PSO^[8] dan hasil perhitungan dengan *Lagrange Multiplier*^[8] untuk melihat sejauh mana keakuratan program optimasi dengan metode ABC ini. Dalam kasus ini kerugian transmisi diabaikan dan semua simulasi ini dilakukan pada menggunakan program MATLAB 7.10.

Hasil pengujian simulasi dari tabel karakteristik di atas akan menghasilkan daya keluaran dan biaya total pada

tiap metode untuk sistem IEEE – 3 unit yang dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4 Data output untuk sistem IEEE – 3 unit

Output unit	I - Lambda	PSO	ABC
P1 (MW)	416.94	416.95	416.94
P2 (MW)	353.31	353.30	353.30
P3 (MW)	129.75	129.75	129.76
Biaya total (Liter/Jam)	8653.6	8653.25	8653.3

Hasil pengujian simulasi dari tabel karakteristik di atas akan menghasilkan daya keluaran dan biaya total pada tiap metode untuk sistem IEEE – 6 unit yang dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 5 Data output untuk sistem IEEE-6unit

Output unit	I - Lambda	PSO	ABC
P1 (MW)	32.51	32.51	32.54
P2 (MW)	10.61	10.61	10.81
P3 (MW)	143.68	143.68	143.65
P4 (MW)	143.06	143.06	143.02
P5 (MW)	287.14	287.14	287.07
P6 (MW)	282.97	282.97	282.88
Biaya total (Liter/Jam)	45464.1	45464.1	45464.1

Dari kedua tabel dengan permintaan beban 900 MW di atas dapat dilihat hasil perbandingan simulasi antara metode optimasi ABC dengan metode optimasi Iterasi Lambda dan PSO memiliki kemampuan yang identik sama atau hanya memiliki sedikit perbedaan.

3.2 Hasil Perbandingan Simulasi Metode ABC Secara Diskrit dengan Metode ABC Secara Operasi Sistem

Pada sub bab ini akan dibahas penggunaan pengoperasian pembangkit yang optimal dengan memperhatikan batas laju perubahan daya output dan akan dibandingkan dengan optimasi *economic dispatch* metode ABC secara diskrit yang hanya memperhatikan batas minimum dan maksimum kapasitas generator tanpa memperhatikan batas laju perubahan daya output. Untuk melihat perbedaan hasil simulasi metode ABC secara diskrit dengan ABC secara operasi sistem maka akan dilakukan perbandingan operasi generator dan total biaya bahan bakar

3.2.1 Hasil Simulasi ABC Secara Diskrit

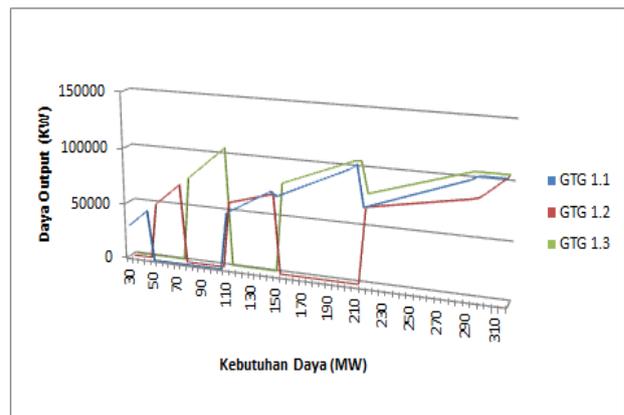
Dalam pengoperasian unit pembangkit GTG dengan ABC secara diskrit ini dilakukan dengan memperhatikan batas maksimum dan minimum kapasitas generator tanpa memperhatikan batas laju perubahan daya output. Hasil simulasi metode ABC operasional pada kebutuhan daya ini dapat dilihat pada Tabel 6 berikut :

Tabel 6 Hasil simulasi ABC diskrit untuk sistem PLTG unit 1 Tambak Lorok

Demand (KW)	GTG 1.1 (KW)	GTG 1.2 (KW)	GTG 1.3 (KW)	Total Biaya (Liter/Jam)
30000	30000			17683.48
35000	35000			18911.87
40000	40000			20198.65
45000	45000			21543.83
50000		50000		22929.99
55000		55000		24229.20
60000		60000		25644.51
65000		65000		27176.51
70000		70000		28825.00
75000			75000	30589.91
80000			80000	32245.48
85000			85000	33969.56
90000			90000	35762.17
95000			95000	37623.29
100000			100000	39552.91
105000			105000	41551.04
110000	51171.48	58828.51		48587.13
115000	54501.82	60498.17		50053.04
120000	57832.15	62167.84		51557.85
125000	61162.48	63837.51		53101.57
130000	64492.81	65507.18		54684.17
135000	67823.14	67176.85		56305.68
140000	71153.47	68846.52		57966.09
145000	74483.80	70516.19		59665.39
150000	70923.53		79076.46	61389.06
155000	73622.78		81377.21	63081.99
160000	76322.03		83677.96	64806.45
165000	79021.27		85978.72	66562.44
170000	81720.52		88279.47	68562.44
175000	84419.77		90580.22	70168.99
180000	87119.02		92880.97	72019.56
185000	89818.26		95181.73	73901.66
190000	92517.51		97482.48	75815.28
195000	95216.76		99783.23	77760.43
200000	97916.01		102083.98	79737.11
205000	100615.25		104384.74	81745.31
210000	105000		105000	83792.25
215000	69338.29	67936.47	77725.22	88540.05
220000	71462.59	69001.49	79535.91	90211.11
225000	73586.88	70066.50	81346.61	91906.98
230000	75711.18	71131.53	83157.27	93627.66
235000	77835.49	72196.56	84967.93	95373.16
240000	79959.77	73261.57	86778.65	97143.46
245000	82084.06	74326.59	88589.33	98938.58
250000	84208.15	75391.79	90400.05	100758.51
255000	86332.65	76456.65	92210.69	102603.25
260000	88456.96	77521.66	94021.37	104472.80
265000	90581.25	78586.67	95832.07	106367.17
270000	92705.51	79651.73	97642.74	108286.35
275000	94829.84	80716.72	99453.42	110230.33
280000	96954.13	81781.72	101264.13	112199.14
285000	99078.45	82846.74	103074.80	114192.75
290000	101202.69	83911.82	104885.47	116211.17
295000	104456.79	85543.20	105000	118260.59
300000	104999.84	90000.15	105000	120367.05
305000	104999.95	95000.04	105000	122606.96
310000	104999.97	100000.02	105000	124954.35
315000	105000	105000	105000	127418.23

Dari hasil simulasi metode ABC diskrit pada saat kebutuhan beban (*demand*) antara $30 \leq P \leq 105$ MW dihasilkan pola pengoperasian pembangkit yang optimal yaitu yang hanya mengoperasikan satu unit pembangkit GTG saja Pada saat kebutuhan beban (*demand*) antara $105 < P \leq 210$ MW dihasilkan pola pengoperasian

pembangkit yang optimal yaitu yang mengoperasikan dua unit pembangkit GTG secara bersama-sama. Pada saat kebutuhan beban (*demand*) antara $210 < P \leq 315$ MW dihasilkan pola pengoperasian pembangkit yang optimal yaitu mengoperasikan tiga unit pembangkit GTG secara bersama-sama. Grafik operasi generator dengan metode optimasi ABC diskrit adalah sebagai berikut :



Gambar 2 Grafik operasi generator dengan metode optimasi ABC diskrit

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa terdapat perubahan daya output di tiap generator yang sangat besar dan melewati batas laju perubahan daya output yang diperbolehkan yaitu sebesar 30 MW.

3.2.2 Hasil Simulasi ABC Secara Operasi Sistem

Dalam pengoperasian unit pembangkit GTG dengan ABC secara operasi sistem ini selain memperhatikan batas maksimum dan minimum kapasitas generator juga disimulasikan dengan memperhatikan batas laju perubahan daya output. Hasil simulasi metode ABC operasional pada kebutuhan daya ini dapat dilihat pada Tabel 7 berikut :

Tabel 7 Hasil simulasi ABC operasi sistem untuk sistem PLTG unit 1 Tambak Lorok

Demand (KW)	GTG 1.1 (KW)	GTG 1.2 (KW)	GTG 1.3 (KW)	Total Biaya (Liter/Jam)
30000	30000			17683.49
35000	35000			18911.87
40000	40000			20198.65
45000	45000			21543.83
50000	50000			22947.42
55000	55000			24409.40
60000	30000	30000		36582.19
65000	30000	35000		37415.28
70000	30000.14	39999.86		38364.86
75000	30000.27	44999.73		39430.92
80000	31189.50	48810.50		40608.51
85000	34519.83	50480.17		41841.04
90000	30000	30000	30000	55355.18
95000	30036.3	34559.78	30403.92	56200.34
100000	30115.99	3950715	30376.87	57142.83

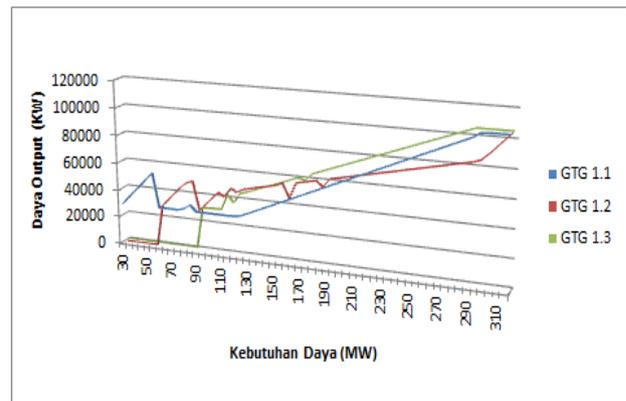
105000	30010.14	44411.43	30578.43	58191.49
110000	30002.57	41871.47	41871.47	59247.12
115000	30085.86	38326.34	36587.79	60381.44
120000	30192.39	46056.30	43751.31	61512.45
125000	31100.87	38766.25	45703.88	62703.81
130000	33225.71	49831.94	46942.33	63928.25
135000	35349.83	50896.15	48754.00	65177.51
140000	37473.82	51961.15	50565.02	66451.58
145000	39598.12	53026.18	52375.68	67750.46
150000	41722.43	54091.20	54186.36	69074.15
155000	43846.72	56221.24	55997.04	70422.66
160000	45971.01	45971.01	57807.73	71795.98
165000	48095.07	57286.59	59618.33	73194.11
170000	50219.64	58351.26	58351.26	74617.05
175000	52343.90	59416.30	63239.79	76064.80
180000	54468.19	60481.34	65050.46	77537.36
185000	56592.48	56592.48	66861.17	79034.74
190000	58716.54	62611.30	68672.14	80556.93
195000	60841.09	63676.57	70482.32	82103.93
200000	62965.38	64741.45	72293.16	83675.74
205000	65089.74	65806.37	74103.87	85272.37
210000	67213.98	66871.448	75914.56	86893.80
215000	69338.29	67936.47	77725.22	88540.05
220000	71462.59	69001.49	79535.91	90211.11
225000	73586.88	70066.50	81346.61	91906.98
230000	75711.18	71131.53	83157.27	93627.66
235000	77835.49	72196.56	84967.93	95373.16
240000	79959.77	73261.57	86778.65	97143.46
245000	82084.06	74326.59	88589.33	98938.58
250000	84208.15	75391.79	90400.05	100758.51
255000	86332.65	76456.65	92210.69	102603.25
260000	88456.96	77521.66	94021.37	104472.80
265000	90581.25	78586.67	95832.07	106367.17
270000	92705.51	79651.73	97642.74	108286.35
275000	94829.84	80716.72	99453.42	110230.33
280000	96954.13	81781.72	101264.13	112199.14
285000	99078.45	82846.74	103074.80	114192.75
290000	101202.69	83911.82	104885.47	116211.17
295000	104456.79	85543.20	105000	118260.59
300000	104999.84	90000.15	105000	120367.05
305000	104999.95	95000.04	105000	122606.96
310000	104999.97	100000.02	105000	124954.35
315000	105000	105000	105000	127418.23

Pada saat kebutuhan daya (*demand*) antara $30 \leq P < 60$ MW, maka hanya ada satu kemungkinan unit pembangkit GTG yang beroperasi, karena untuk mengoperasikan dua atau tiga unit pembangkit GTG secara bersama-sama tidak mungkin dilakukan karena tidak memenuhi syarat pembebanan minimum operasi pembangkit yaitu minimum 30 MW.

Pada saat kebutuhan daya (*demand*) antara $60 \leq P < 90$ MW, maka pola kemungkinan unit pembangkit GTG yang beroperasi adalah beroperasi dengan dua unit pembangkit GTG yang dioperasikan secara bersama-sama. Sedangkan untuk mengoperasikan tiga unit pembangkit GTG secara bersama-sama tidak mungkin dilakukan karena tidak memenuhi syarat pembebanan minimum operasi pembangkit yaitu minimum 30 MW.

Pada saat kebutuhan daya (*demand*) antara $90 \leq P \leq 315$ MW, maka pola kemungkinan unit pembangkit GTG yang beroperasi adalah beroperasi hanya dengan tiga unit pembangkit GTG yang dioperasikan secara bersama-sama.

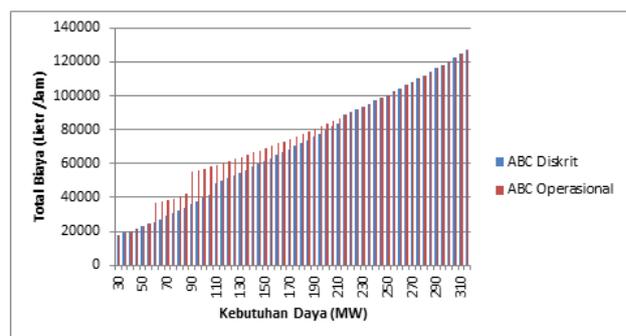
Grafik operasi generator dengan metode optimasi ABC operasi sistem adalah sebagai berikut:



Gambar 3 Grafik operasi generator dengan metode optimasi ABC operasi sistem

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa terdapat perubahan daya output di tiap generator yang relatif kecil dan tidak melewati toleransi batas laju perubahan daya output yang diperbolehkan.

Setelah melakukan simulasi metode ABC secara diskrit dan metode ABC secara operasi sistem akan dilakukan perbandingan konsumsi BBM antara metode ABC secara diskrit dengan metode ABC secara operasi sistem. Grafik perbandingan konsumsi BBM metode optimasi ABC diskrit dengan ABC operasi sistem adalah sebagai berikut:



Gambar 4 Grafik perbandingan konsumsi BBM metode optimasi ABC diskrit dengan ABC operasi sistem

Dari grafik perbandingan konsumsi BBM dapat dilihat bahwa dalam keadaan operasional memang lebih banyak konsumsi bahan bakarnya daripada metode diskrit. Selisih konsumsi yang terjadi pada saat permintaan beban 60 MW sampai 210 MW yang selisihnya berkisar 10000 liter/jam meskipun pada pengoperasian di bawah 60 MW maupun di atas 210 MW tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Namun, pada prakteknya metode diskrit tidak

dapat digunakan karena operasi generatornya melewati batas toleransi laju perubahan daya output.

4. Kesimpulan

1. Metode Artificial Bee Colony (ABC) dapat digunakan untuk solusi dari masalah penjadwalan pembebanan optimal pada unit pembangkit PLTG di PLTGU blok 1 Tambak Lorok.
2. Dari hasil pengujian, selisih konsumsi yang terjadi pada saat permintaan beban 60 MW sampai 210 MW yang selisihnya berkisar 10000 liter/jam meskipun pada pengoperasian di bawah 60 MW maupun di atas 210 MW tidak terdapat perbedaan yang signifikan.
3. Dari hasil pengujian, metode optimasi ABC menunjukkan performa yang baik untuk masalah optimasi penjadwalan pembebanan. Ini dapat dilihat dari hasil perbandingan metode-metode optimasi lain seperti metode PSO dan metode Lagrange Multiplier (*iterasi Lambda*) yang digunakan sebagai metode pembandingan memiliki hasil yang mirip dan identik sama.

Saran

1. Perlu dikembangkan untuk optimasi *economic dispatch* pada unit pembangkit PLTG di PLTGU Tambak lorok dengan mempertimbangkan daya yang dihasilkan pada Turbin Uap (STG) pada saat pola operasi *Combine Cycle*.
2. Perlu dikembangkan untuk optimasi *economic dispatch* untuk sistem yang lebih besar dan kompleks dengan mempertimbangkan rugi-rugi pada jaringan.
3. Dapat dikembangkan sistem optimasi *economic dispatch* dengan metode optimasi Artificial Bee Colony yang sudah diimprovisasi.

Referensi

- [1]. Cekdin, Cekmas. 2007. "Sistem Tenaga Listrik, Contoh Soal dan Penyelesaian Menggunakan MATLAB". Yogyakarta : CV Andi Offset.
- [2]. Siswanto, Marno. 2005. "Optimasi Pembagian Beban Pada Unit Pembangkit PLTG Tambak Lorok Dengan Metode Lagrange Multiplier". Skripsi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
- [3]. Sri Wantoro, Basuki. 2012. "Particle Swarm Optimization Untuk Optimasi Penjadwalan Pembebanan Pada Unit Pembangkit PLTG Di PLTGU Tambak Lorok". Skripsi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
- [4]. Wood Allen J, Wollenberg Bruce F. 1996, "Power Generation, Operational, and Control", Second Edition, Jhon Wiley & Sons, Inc.
- [5]. Karaboga, Dervis. 2005. "An Idea Based On Honey Bee Swarm For Numerical Optimization". Turkey : Technical Report-TR06.
- [6]. Murugan, R., M.R. Mohan. 2012. "Modified Artificial Bee Colony Algorithm For Solving Economic Dispatch Problem". India : ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences,
- [7]. Murugan, R., M.R. Mohan. 2012. "Artificial Bee Colony Optimization For The Combined Heat And Power Economic Dispatch Problem". India : ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences.
- [8]. Saumendra Sarangi. 2009. "Particle Swarm Optimization Applied to Economic Dispatch Problem". India : Thesis Department of Electrical Engineering National Institute of Technology Rourkela.
- [9]. C. CL and W. SC. 1993. "Branch-and bound scheduling for thermal generating units". IEEE Trans. Energy Convers. 8(2): 184-189.