

# OPTIMISASI PENJADWALAN EKONOMIS PLTG PADA PLTGU TAMBAK LOROK DENGAN MENGGUNAKAN METODE *CUCKOO SEARCH ALGORITHM*

Ariya Dwi Wardhana<sup>\*</sup>), Tejo Sukmadi, and Munawar Agus Riyadi

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

<sup>\*</sup>E-mail: [ariya.wardhana@student.undip.ac.id](mailto:ariya.wardhana@student.undip.ac.id)

## Abstrak

Pembangkit tenaga listrik *thermal* merupakan suatu pembangkit yang menghasilkan energi listrik yang berasal dari energi *thermal*. Energi *thermal* bisa dihasilkan melalui pembakaran bahan bakar berupa gas ataupun batubara. Berdasarkan hal tersebut, pada pembangkit tenaga listrik *thermal* konsumsi bahan bakar sangatlah mempengaruhi biaya produksi energi listrik, sehingga diperlukan suatu teknik pengoperasian pembangkit yang optimum. Pada Penelitian ini *Cuckoo Search Algorithm* (CSA) diusulkan sebagai metode optimisasi konsumsi bahan bakar pada generator Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) di Unit Bisnis Pembangkit (UBP) Semarang dalam permasalahan penjadwalan ekonomis. Berdasarkan hasil penelitian dihasilkan adanya penghematan antara metode CSA dengan iterasi lambda dan metode CSA dengan prakiraan total konsumsi bahan bakar generator PLTG di UBP Semarang. Pada perbandingan antara metode CSA dengan iterasi lambda dihasilkan bahwa optimisasi CSA menghasilkan total konsumsi bahan bakar yang lebih rendah dibandingkan dengan metode iterasi lambda, dimana terjadi penghematan sebesar 27.331,53 MMBTU. Pada perbandingan antara metode CSA dengan prakiraan total konsumsi bahan bakar PLTG UBP Semarang dihasilkan bahwa optimisasi CSA menghasilkan total konsumsi bahan bakar yang lebih rendah dibandingkan dengan prakiraan total konsumsi bahan bakar PLTG UBP Semarang, dimana terjadi penghematan sebesar 31.667,51 MMBTU.

*Kata kunci: Penjadwalan ekonomis, Cuckoo search Algorithm, optimisasi pembangkit thermal.*

## Abstract

Thermal power plant is a generator that generates electrical energy derived from thermal energy. Thermal energy can be generated from combustion fuel in the form of gas or coal. Based on that, the thermal power plant fuel consumption affect the cost of production electrical energy, so it needs an optimum generator operation techniques. In this research Cuckoo Search Algorithm (CSA) is proposed as method of optimizing fuel consumption in Gas Turbine Power Plant (PLTG) in Semarang Power Plant Business Unit (UBP) on economic dispatch problem. Based on the result of research by taking the data of load on PLTG UBP Semarang generator, there is savings between CSA method with lambda iteration and CSA method with total estimation fuel consumption of PLTG generator UBP Semarang. Between the CSA method and the lambda iteration, CSA resulted lower total fuel consumption from lambda iteration method, which CSA resulted savings of 27,331.53 MMBTU. Between the CSA method and estimated consumption generator UBP Semarang, CSA resulted lower total fuel consumption from estimated consumption generator UBP Semarang, which CSA resulted savings of 31,667.51 MMBTU.

*Keywords: Economic dispatch, Cuckoo search algorithm, thermal power plant optimization.*

## 1. Pendahuluan

Pembangkit tenaga listrik *thermal* merupakan suatu pembangkit yang menghasilkan energi listrik yang berasal dari energi *thermal*. Energi *thermal* bisa dihasilkan dari pemanasan air dengan bahan bakar berupa gas ataupun batu bara. Berdasarkan hal tersebut, pada pembangkit tenaga listrik *thermal* konsumsi bahan bakar sangatlah

mempengaruhi biaya produksi energi listrik, sehingga diperlukan suatu teknik pengoperasian pembangkit yang optimal. Untuk mendapatkan pengoperasian yang optimal dalam memenuhi kebutuhan beban maka penjadwalan pengoperasian suatu generator pada pembangkit dan koordinasi antar pembangkit sangat diperlukan dalam upaya melakukan optimisasi pembebanan yang bertujuan untuk memperoleh biaya operasi yang optimal dan

ekonomis dengan memperhatikan batasan-batasan dari kapasitas unit pembangkit itu sendiri.

Menurut penelitian sebelumnya yang telah dilakukan terdapat beberapa metode sistem cerdas yang dapat digunakan dalam menyelesaikan permasalahan penjadwalan ekonomis diantaranya dengan menggunakan *particle swarm optimization*[1], *imperialist competitive algorithm*[2], *flower polination algorithm*[3], *chaotic bat algorithm*, *kinetic gas molecule optimization*[4], *particle diffusion*[5], dan *grey wolf optimization*[6].

*Cuckoo Search algorithm* (CSA) merupakan algoritma yang berdasar pada kebiasaan parasit burung *Cuckoo* yang meninggalkan telurnya di dalam sarang burung lain dalam rangka mencari tempat hidup yang terjamin akan sumber daya[7], [8]. Dengan menggunakan metode ini, diharapkan akan menghasilkan penjadwalan pembangkit dengan total daya yang sama dengan kebutuhan namun memerlukan biaya yang lebih minimal dibandingkan dengan menggunakan metode *Iterasi lambda* dan keadaan aktual Generator PLTG pada UBP Semarang.

Pada Penelitian ini akan dibahas mengenai Optimisasi Penjadwalan Ekonomis generator PLTG UBP Semarang dengan menggunakan metode sistem cerdas berupa CSA. Kemudian akan ditentukan pembagian daya pada masing-masing generator yang terdapat pada PLTGU blok 1 dan blok 2 Tambak lorok dengan beban tertentu.

Tujuan dari Penelitian ini metode CSA yang di diusulkan mampu menentukan nilai optimal penjadwalan ekonomis pada unit pembangkit PLTG di PLTGU blok 1 dan blok 2 Tambak Lorok dengan metode CSA. Hal tersebut dibuktikan dengan membandingkan hasil simulasi yang didapat dengan metode pembandingan *Iterasi Lambda* dan keadaan aktual generator PLTG pada UBP Semarang .

Batasan masalah pada Penelitian ini adalah sebagai berikut:

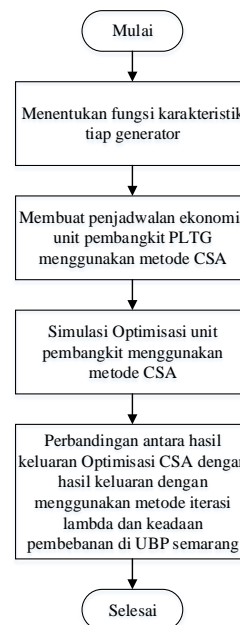
1. Pengambilan data dilakukan pada semua unit PLTG di PLTGU blok 1 dan blok 2 Tambak Lorok.
2. Data yang digunakan adalah data bulan April 2017 pengoperasian generator PLTG UBP Semarang.
3. Karakteristik generator PLTG UBP Semarang ditentukan dengan metode pendekatan *Least Square Parabolic Approach*.
4. Metode solusi untuk masalah optimisasi penjadwalan ekonomis generator menggunakan metode CSA.
5. Aplikasi dari metode ini ditujukan pada generator PLTG UBP Semarang dengan memperhatikan batasan dari kapasitas unit pembangkit.
6. Optimisasi penjadwalan unit pembangkit tidak mempertimbangkan rugi-rugi pada jaringan.
7. Optimisasi yang dilakukan dalam keadaan open cycle dan tidak terhubung oleh PLTU pada UBP Semarang.
8. Simulator yang digunakan pada Penelitian adalah MATLAB R2013.

## 2. Metode

### 2.1. Metode Penelitian

Berdasarkan Gambar 1, pada awalnya dilakukan penelitian di Unit Bisnis Pembangkitan (UBP) Tambak Lorok Semarang untuk didapatkan *Flow Fuel* dan pembebanan untuk setiap generator PLTG yang ada baik di blok 1 maupun di blok 2 selama bulan April. Setelah didapatkan data *flow fuel* barulah fungsi karakteristik masing-masing pembangkit dapat ditentukan dengan menggunakan metode regresi polinomial[9]. Kemudian barulah dilakukan pencarian fungsi karakteristik untuk masing-masing pembangkit dengan menggunakan regresi polinomial orde dua dan merancang program penjadwalan ekonomis dengan menggunakan metode optimisasi CSA. Didalam program akan terdapat sub menu berupa sistem operasi sesaat. sistem operasi sesaat merupakan pengoperasian penjadwalan ekonomis dengan besar permintaan daya tertentu yang besarnya masih didalam batas-batas pembangkitan daya oleh kombinasi generator yang ada di PLTG UBP Semarang

Untuk mengetahui hasil yang didapat dengan metode CSA merupakan nilai yang paling optimum (konsumsi bahan bakar terendah) maka digunakan *iterasi lambda* dan penggunaan bahan bakar aktual pada generator PLTG UBP Semarang sebagai pembandingan. Perbandingan ini sangatlah penting dimana hal ini merupakan bukti apakah dengan menggunakan metode CSA akan didapatkan total penggunaan bahan bakar yang lebih rendah dari pada menggunakan metode *iterasi lambda* ataupun konsumsi penggunaan bahan bakar aktual pada generator PLTG UBP Semarang dengan daya pembebanan total yang sama.



**Gambar 1.** Bagan alir penelitian optimisasi penjadwalan ekonomis generator PLTG UBP Semarang dengan menggunakan metode CSA.

2.2. Perancangan Sistem

Fungsi tujuan dari program simulasi ini adalah penjadwalan operasi pembangkit dengan daya tertentu sehingga dihasilkan total konsumsi bahan bakar yang rendah dengan memperhatikan batasan-batasan pembangkit itu sendiri. Batasan-batasan pembangkit terdapat 2 macam yaitu kapasitas unit pembangkit dan kecepatan perubahan beban.

1. Kapasitas unit pembangkit ( $P_{i(\min)} \leq P_i \leq P_{i(\max)}$ ;  $i = 1, 2, \dots, n$ ). Kapasitas unit pembangkit merupakan batas-batas pembangkitan daya pada masing-masing

Tabel 1. Batasan daya pembangkitan generator PLTG UBP Semarang

Generator	Batas Bawah (MW)	Batas Atas (MW)
GTG 1.1	30	93
GTG 1.2	30	93
GTG 1.3	30	93
GTG 2.1	30	93
GTG 2.2	30	93
GTG 2.3	30	93

generator. Pada PLTG, pembebanan kurang dari beban minimum menyebabkan pembakaran yang kurang sempurna sehingga menurunkan tingkat efisiensi generator. Pada Tabel 1 disajikan batasan-batasan pada masing-masing generator PLTG di UBP Semarang.

2. Kecepatan perubahan beban ( $\Delta P \leq 6 \text{ MW/menit}$ ). Kecepatan perubahan beban Generator merupakan batas kemampuan dalam menaikkan atau menurunkan kapasitas yang dihasilkan. Dalam hal ini unit PLTG Tambak Lorok memiliki kecepatan perubahan beban 6 MW/menit.

2.3. Pemodelan Unit-Unit Pembangkit

Berikut merupakan pemodelan unit-unit pembangkit GTG 1.1, GTG 1.2, GTG 1.3, GTG 2.1, GTG 2.2, dan GTG 2.3 pada PLTG di PLTGU PT Indonesia Power UBP Semarang.

A. PLTG blok 1

Gambar 2 merupakan grafik fungsi kuadratis karakteristik pembangkit unit GTG 1.1 dengan Persamaan karakteristik pembangkit adalah

$$F_1 = 11371 + 141,71P_1 + 0,71P_1^2 \quad (1)$$

B. GTG 1.2

Gambar 3 merupakan grafik fungsi kuadratis karakteristik pembangkit unit GTG 1.2 dengan Persamaan karakteristik pembangkit adalah

$$F_2 = 31897,42 - 318,50P_2 + 3,29P_2^2. \quad (2)$$

C. GTG 1.3

Gambar 4 merupakan grafik fungsi kuadratis karakteristik pembangkit unit GTG 1.3 dengan Persamaan karakteristik pembangkit adalah

$$F_3 = 9550,23 + 203,93P_3 + 0,23P_3^2 \quad (3)$$

D. GTG 2.1

Gambar 5 merupakan grafik fungsi kuadratis karakteristik pembangkit unit GTG 2.1 dengan Persamaan karakteristik pembangkit adalah

$$F_4 = 31061,06 - 302,22P_4 + 3,22P_4^2 \quad (4)$$

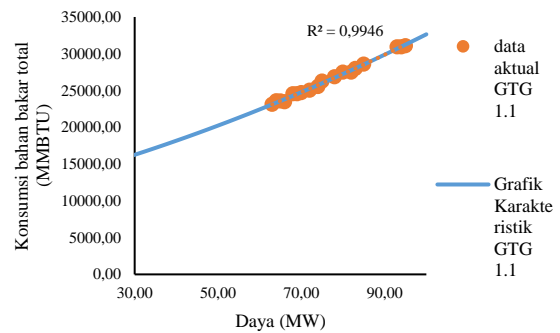
E. GTG 2.2

Gambar 6 merupakan grafik fungsi kuadratis karakteristik pembangkit unit GTG 2.2 dengan Persamaan karakteristik pembangkit adalah

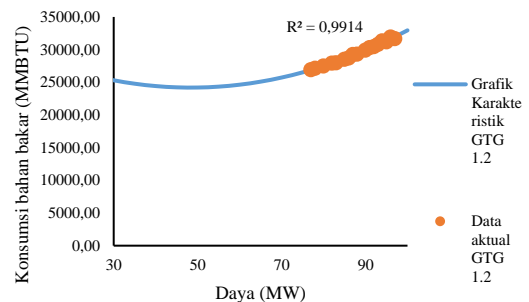
$$F_5 = 9345,41 + 191,61P_5 + 0,46P_5^2 \quad (5)$$

F. GTG 2.3

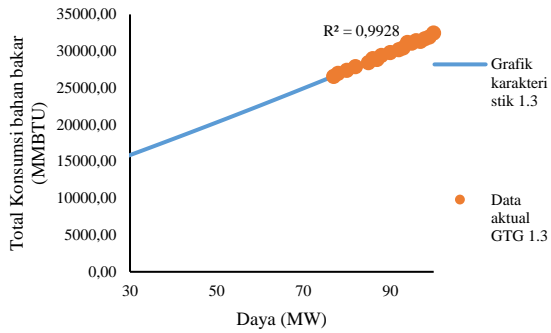
Gambar 7 merupakan grafik fungsi kuadratis karakteristik pembangkit unit GTG 2.3 dengan Persamaan karakteristik pembangkit adalah

$$F_6 = 5301,45 + 202,86P_6 - 0,21P_6^2 \quad (6)$$


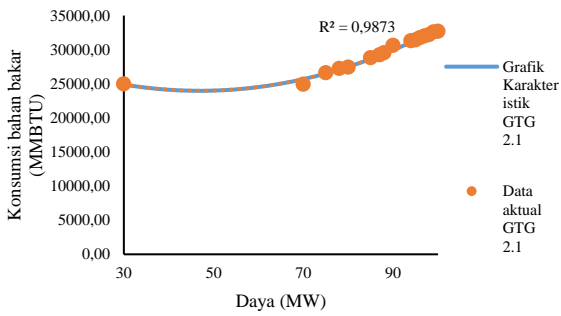
Gambar 2. Kurva karakteristik konsumsi bahan bakar GTG 1.1



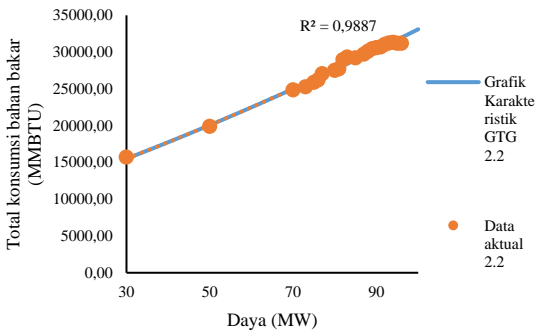
Gambar 3. Kurva karakteristik konsumsi bahan bakar GTG 1.2



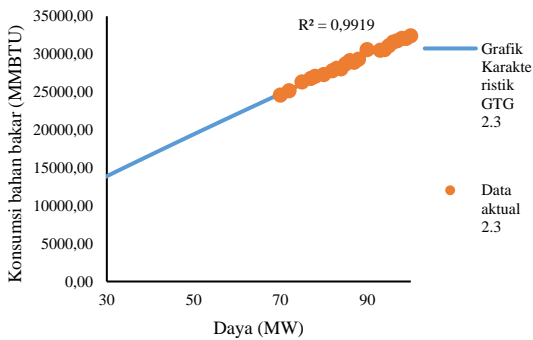
Gambar 4. Kurva karakteristik konsumsi bahan bakar GTG 1.3



Gambar 5. Kurva karakteristik konsumsi bahan bakar GTG 2.1

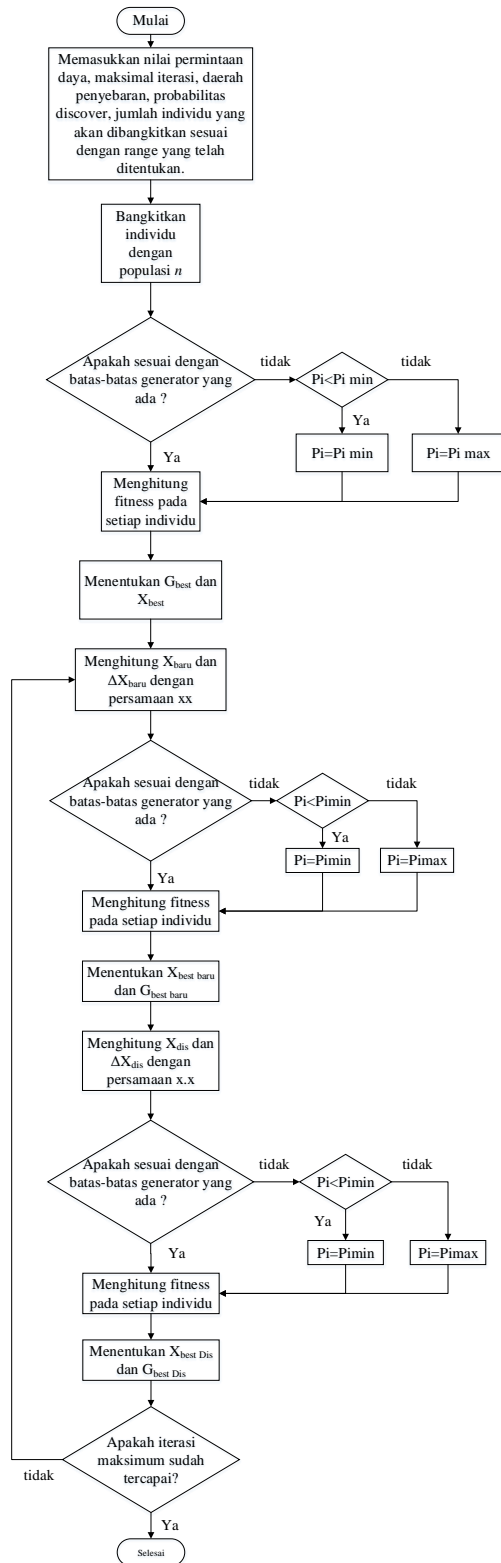


Gambar 6. Kurva karakteristik konsumsi bahan bakar GTG 2.2



Gambar 7. Kurva karakteristik konsumsi bahan bakar GTG 2.3

2.4. Aplikasi CSA pada Penjadwalan Ekonomis Unit Pembangkit



Gambar 8. Diagram alir metode optimisasi CSA pada penjadwalan ekonomis generator PLTG UBP Semarang.

Penjadwalan ekonomis merupakan sebuah kegiatan pengaturan daya pada setiap pembangkit sehingga dihasilkan total bahan bakar yang optimal untuk membangkitkan daya tertentu. Untuk mengoptimalkan daya yang harus dibangkitkan pada setiap generator maka diperlukan optimisasi. Pada Penelitian ini digunakan optimisasi berupa CSA. Metode ini pertama kali ditemukan oleh Deb dan Yang pada tahun 2009 [8], dikembangkan oleh Ramin Rajabioun pada tahun 2010 [10], dan diimplementasikan ke dalam studi kasus penjadwalan pembangkit oleh M. Basu pada tahun 2013[7].

Secara garis besar tahapan pada algoritma CSA terdiri atas tahap pra-iterasi dan tahap iterasi.

#### A. Tahap Pra-Iterasi CSA

Tahap pra-iterasi meliputi beberapa hal sebagai berikut:

1. Mendeklarasikan nilai fitness yang merupakan persamaan karakteristik bahan bakar setiap unit pembangkit yakni

$$F_{total} = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 \quad (7)$$

dan

$$P_D = P_{total} \quad (8)$$

Dimana

$$P_{total} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 \quad (9)$$

2. Memasukkan parameter CSA yang meliputi jumlah individu (N), maksimum iterasi (Maxit), kemungkinan telur *cuckoo* ditemukan oleh pemilik sarang (Pa) dan daerah penyebaran (alpha). Pada optimisasi CSA nilai N di-input-kan sebesar 12, maxit sebesar 300, Pa berkisar antara 0,4 hingga 0,6, dan alpha berkisar antara 0,4 hingga 0,9. Sedangkan jumlah variabel yang digunakan bernilai enam yang mewakili enam generator.

3. Pada tahap ini individu dibangkitkan dengan jumlah sebanyak N. Dimana untuk setiap individu akan tersusun atas matriks dengan 6 elemen dengan struktur sebagai berikut:

$$X_j = [P_{j1} P_{j2} P_{j3} P_{j4} P_{j5} P_{j6}] \quad (10)$$

Dan untuk setiap daya unit pembangkit akan memiliki nilai :

$$P_{ji} = P_{i min} + (P_{i max} - P_{i min}) * rand1 \quad (11)$$

Rand1 merupakan nilai random *uniform* dari 0 hingga 1.

#### B. Tahap Iterasi CSA

Di dalam CSA sendiri proses iterasi terbagi menjadi 2, yaitu iterasi yang terjadi ketika telur disebar oleh induk *cuckoo* pada sarang burung lainnya dan iterasi yang terjadi pada pertumbuhan telur itu sendiri.

1. Tahap Penyebaran Telur CSA

- a) setiap individu akan memiliki nilai baru berdasarkan persamaan 12.

$$X_j^{baru} = X_{best j} + alpha * rand2_j * \Delta X_j^{baru} \quad (12)$$

Dimana alpha merupakan daerah penyebaran yang besarnya lebih dari 0 dan  $rand2_j$  merupakan nilai random normal dengan standard deviasi sebesar 1,5 dan rata-rata sebesar 0.

Sedangkan besarnya  $\Delta X_j^{baru}$  dicari berdasarkan persamaan 13.

$$\Delta X_j^{baru} = v_j * \sigma_x(\beta) / \sigma_y(\beta) * (X_{best j} - G_{best}) \quad (13)$$

Besarnya  $v_j$  dapat dicari berdasarkan persamaan 14.

$$v_j = rand_x / |rand_y| \quad (14)$$

Dimana  $rand_x$  dan  $rand_y$  merupakan dua variabel distribusi normal dengan rata-rata 0 dan standard deviasi  $\sigma_x(\beta)$  dan  $\sigma_y(\beta)$  yang dicari berdasarkan persamaan 15 dan 16

$$\sigma_x(\beta) = \left[ \frac{\Gamma(1+\beta) * \sin(\frac{\pi * \beta}{2})}{\Gamma(\frac{1+\beta}{2})} * \beta * 2^{\frac{\beta-1}{2}} \right]^{1/\beta} \quad (15)$$

$$\sigma_y(\beta) = 1 \quad (16)$$

Dimana  $\beta$  merupakan distribusi *uniform* dengan nilai 0.3 hingga 1.99 dan  $\Gamma(.)$  Merupakan fungsi gamma.

2. Tahap Pertumbuhan Telur

Pada tahap ini individu yang telah disebar dengan metode *levy flights* akan mengalami perubahan dan pengecekan. Berikut tahapannya:

- a) Individu akan mengalami perubahan berdasarkan persamaan 17.

$$x_j^{dis} = X_{best j} + K * \Delta X_j^{dis} \quad (17)$$

Dimana K merupakan koefisien yang ditentukan berdasarkan keadaan dari probabilitas induk sarang menemukan telur *cuckoo*.

$$K = \begin{cases} 1 & \text{apabila } rand_3 < P_a \\ 0 & \text{apabila } rand_3 \geq P_a \end{cases} \quad (18)$$

Sedangkan kenaikan nilai dari  $\Delta X_j^{dis}$  ditentukan berdasarkan persamaan 19.

$$\Delta X_j^{dis} = rand_3 * [randP_1(X_{best j}) - randP_2(X_{best j})] \quad (19)$$

Dimana  $rand_3$  merupakan distribusi acak dengan nilai mean sebesar 0 dan standard deviasi sebesar 1.  $randP_1(X_{best j}^{baru})$  dan  $randP_2(X_{best j}^{baru})$  adalah pesturbasi acak untuk posisi individu di dalam  $X_{best j}^{baru}$

### 3. Hasil dan Analisa

#### 3.1. Pengoperasian CSA

Pada pengoperasian CSA yang dibahas, digunakan pembebanan terendah yang juga sebagai beban pada jam kerja pada pembebanan generator PLTG UBP Semarang yakni 332,29 MW.

Berdasarkan pada tabel 4, terlihat adanya 15 kombinasi dari kemungkinan 4 pembangkit yang aktif untuk

memenuhi beban sebesar 332,29 MW. Dari 15 kombinasi yang dihasilkan, kombinasi GTG 1.1 aktif, GTG 1.2 aktif, GTG 1.3 aktif, GTG 2.1 tidak aktif, GTG 2.2 tidak aktif, dan GTG 2.3 aktif menghasilkan konsumsi bahan bakar terendah, dengan nilai kombinasi GTG 1.1, GTG 1.2, GTG 1.3, dan GTG 1.4 secara berturut-turut ialah 84,95 MW, 89,84 MW, 93 MW, dan 64,50 MW. Pada kombinasi tersebut dihasilkan total konsumsi bahan bakar total sebesar 112193,38 MMBTU

Berdasarkan pada tabel 5, terlihat adanya 6 kombinasi dari kemungkinan 5 pembangkit yang aktif untuk memenuhi beban sebesar 332,29 MW. Dari 6 kombinasi yang dihasilkan, kombinasi GTG 1.1 aktif, GTG 1.2 aktif, GTG 1.3 aktif, GTG 2.1 tidak aktif, GTG 2.2 aktif, dan GTG 2.3 aktif menghasilkan konsumsi bahan bakar terendah, dengan nilai kombinasi GTG 1.1, GTG 1.2, GTG 1.3, GTG 2.2 dan GTG 2.3 secara berturut-turut ialah 63,95 MW, 89,37 MW, 83,99 MW, 62,90MW, dan 32,08 MW. Pada

kombinasi tersebut dihasilkan total konsumsi bahan bakar total sebesar 119046,47 MMBTU.

Berdasarkan pada tabel 6, tentunya hanya akan didapati 6 pembangkit dengan kondisi aktif. Keenamnya memiliki pembagian beban yang tidak sama, GTG 1.1, GTG 1.2, GTG 1.3, GTG 2.1, GTG 2.2, dan GTG 2.3 secara berturut-turut membangkitkan daya sebesar 57,22 MW, 91,21 MW, 30,46 MW, 91,18 MW, 31,97 MW, dan 30,24 MW, dengan besar total konsumsi bahan bakar ialah 128181,94 MMBTU.

Berdasarkan pada tabel 7, pembangkitan GTG 1.1 sebesar 84,95 MW, GTG 1.2 89,84 MW, GTG 1.3 sebesar 93 MW, dan GTG 2.3 sebesar 64,50, dengan total konsumsi bahan bakar sebesar 112193,38 MMBTU menghasilkan nilai konsumsi bahan bakar paling optimum dibandingkan dengan kemungkinan kombinasi lainnya.

**Tabel 4. kombinasi pembangkitan daya 332,29 MW dengan 4 pembangkit**

Beban (MW)	PLTGU BLOK I			PLTGU BLOK II			Total konsumsi bahan bakar (MMBTU)
	GTG I.1 (MW)	GTG I.2 (MW)	GTG I.3 (MW)	GTG II.1 (MW)	GTG II.2 (MW)	GTG II.3 (MW)	
332,29	73,19	86,09	87,03	85,98	0,00	0,00	112328,62
332,29	81,57	88,68	93,00	0,00	69,03	0,00	112452,51
332,29	84,95	89,84	93,00	0,00	0,00	64,50	112193,38
332,29	78,05	87,56	0,00	87,04	79,65	0,00	112663,57
332,29	86,55	88,60	0,00	89,11	0,00	68,03	112411,48
332,29	82,25	86,21	0,00	0,00	71,06	92,76	112668,42
332,29	80,23	0,00	93,00	86,32	72,74	0,00	112499,14
332,29	93,00	0,00	93,00	89,54	0,00	56,75	112257,53
332,29	78,45	0,00	93,00	0,00	67,84	93,00	112545,64
332,29	82,89	0,00	0,00	86,53	70,07	93,00	112714,87
332,29	0,00	87,62	92,60	85,54	66,52	0,00	112554,46
332,29	0,00	88,56	93,00	88,95	0,00	61,78	112247,47
332,29	0,00	88,68	92,77	0,00	77,24	73,60	112582,31
332,29	0,00	87,48	0,00	84,84	70,03	89,95	112772,67
332,29	0,00	0,00	91,74	87,34	71,19	81,02	112648,13

**Tabel 5. kombinasi pembangkitan daya 332,29 MW dengan 5 pembangkit**

Beban (MW)	PLTGU BLOK I			PLTGU BLOK II			Total konsumsi bahan bakar (MMBTU)
	GTG I.1 (MW)	GTG I.2 (MW)	GTG I.3 (MW)	GTG II.1 (MW)	GTG II.2 (MW)	GTG II.3 (MW)	
332,29	61,43	88,18	67,89	81,00	33,78	0,00	120658,22
332,29	62,84	91,36	57,61	87,86	0,00	32,61	119397,19
332,29	63,95	89,37	83,99	0,00	62,90	32,08	119046,47
332,29	74,36	89,16	0,00	78,22	56,89	33,65	119267,02
332,29	80,69	0,00	74,72	89,03	57,10	30,76	119072,47
332,29	0,00	87,38	74,15	84,87	53,09	32,79	119223,82

**Tabel 6. kombinasi pembangkitan daya 332,29 MW dengan 6 pembangkit**

Beban (MW)	PLTGU BLOK I			PLTGU BLOK II			Total konsumsi bahan bakar (MMBTU)
	GTG I.1 (MW)	GTG I.2 (MW)	GTG I.3 (MW)	GTG II.1 (MW)	GTG II.2 (MW)	GTG II.3 (MW)	
332,29	57,22	91,21	30,46	91,18	31,97	30,24	128181,94

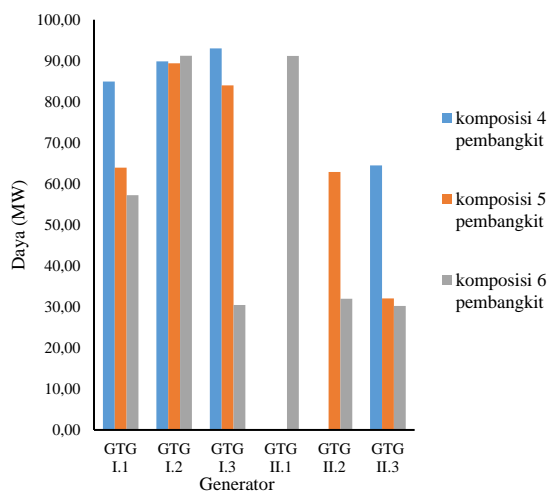
Tabel 7. perbandingan nilai optimum CSA dengan kemungkinan pembangkit yang aktif dalam memenuhi beban 332,29 MW

Beban (MW)	PLTGU BLOK I			PLTGU BLOK II			Total konsumsi bahan bakar (MMBTU)
	GTG I.1 (MW)	GTG I.2 (MW)	GTG I.3 (MW)	GTG II.1 (MW)	GTG II.2 (MW)	GTG II.3 (MW)	
332,29	84,95	89,84	93,00	0,00	0,00	64,50	112193,38
332,29	63,95	89,37	83,99	0,00	62,90	32,08	119046,47
332,29	57,22	91,21	30,46	91,18	31,97	30,24	128181,94

Berdasarkan pada gambar 9, terlihat bahwa dalam membangkitkan daya dengan beban 332,29 MW terdapat 3 kemungkinan yaitu komposisi 4 pembangkit, 5 pembangkit, dan 6 pembangkit yang aktif. Dalam hal ini, GTG 1.2 mengalami perubahan namun sangat sedikit dari komposisi 4 pembangkit, 5 pembangkit, dan 6 pembangkit GTG 1.3 menghasilkan daya keluaran selalu diatas 80 MW, sedangkan untuk GTG 1.1, 1.3, dan 2.3 mengalami penurunan nilai ketikan kombinasi pembangkit ditingkatkan.

Berdasarkan pada gambar 11, terlihat bahwa mulai dari iterasi ke 50 hingga iterasi ke 332,29 MW dihasilkan gambar grafik yang lurus dengan posisi total daya sebesar 335,84 MW. Gambar grafik yang lurus ini menunjukkan bahwa individu CSA sudah mengalami keadaan konvergen. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa metode optimisasi CSA yang digunakan sudah konvergen.

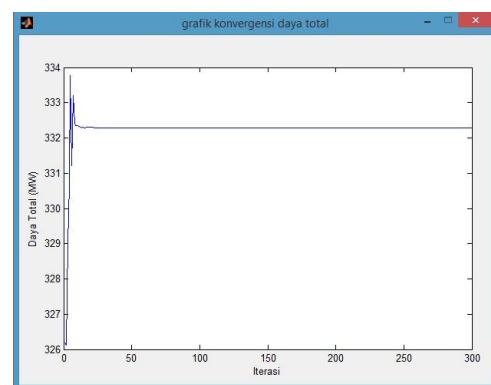
Berdasarkan gambar 12, terlihat bahwa mulai dari iterasi ke 50 hingga iterasi ke 300 dihasilkan gambar grafik yang lurus dengan posisi konsumsi bahan bakar sebesar 113127,95 MMBTU. Gambar grafik yang lurus ini menunjukkan bahwa individu CSA sudah mengalami keadaan konvergen. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa metode optimisasi CSA yang digunakan sudah konvergen.



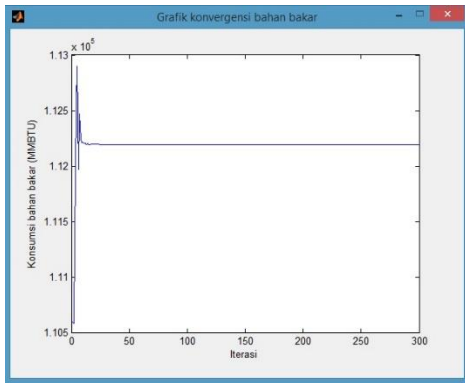
Gambar 9. Komposisi kemungkinan terbaik dalam menghasilkan daya dengan beban 332,29 MW



Gambar 10. Tampilan GUI Optimisasi CSA pada beban 332,29 MW



Gambar 11. Grafik konvergensi daya total pada beban 332,29 MW



Gambar 12. Grafik konvergensi bahan bakar pada beban 332,29 MW

### 3.3. Perbandingan CSA, Iterasi Lambda, dan UBP Semarang

Untuk mengetahui bahwa optimisasi CSA merupakan optimisasi yang menghasilkan total konsumsi bahan bakar paling optimum maka hasil keluaran optimisasi dengan menggunakan metode CSA dibandingkan dengan metode *Iterasi lambda*, dan keadaan aktual pembangkit PLTG UBP Semarang dengan data pembebanan generator PLTG UBP Semarang tanggal 19 April 2017.

Berdasarkan tabel 8, apabila dibandingkan antara metode optimisasi CSA dengan metode iterasi lambda didapatkan adanya perbedaan nilai total konsumsi bahan bakar.

Metode CSA mampu menghasilkan total konsumsi bahan bakar yang lebih rendah selama 21 jam dengan total konsumsi bakar total dalam satu hari sebesar 3.031.783,20 MMBTU sedangkan pada optimisasi dengan menggunakan *iterasi lambda* dihasilkan konsumsi bahan bakar total selama satu hari sebesar 3.059.094,63 MMBTU. Apabila dibandingkan total konsumsi bahan bakar dalam satu hari, metode CSA memberikan penghematan total konsumsi bahan bakar sebesar 27.311,43 MMBTU. Hal ini menyatakan bahwa Optimisasi CSA lebih ekonomis dibandingkan dengan menggunakan metode optimisasi iterasi lambda.

Berdasarkan tabel 8, apabila dibandingkan antara metode optimisasi CSA dengan prakiraan total konsumsi bahan bakar generator PLTG UBP Semarang didapatkan adanya perbedaan nilai total konsumsi bahan bakar. Metode CSA mampu menghasilkan total konsumsi bahan bakar yang lebih rendah selama 23 jam dengan total konsumsi bakar total dalam satu hari sebesar 3.031.783,20 MMBTU sedangkan pada prakiraan konsumsi total konsumsi bahan bakar generator PLTG UBP Semarang dihasilkan konsumsi bahan bakar total selama satu hari sebesar 3.063.430,61 MMBTU. Apabila dibandingkan total konsumsi bahan bakar dalam satu hari, metode CSA memberikan penghematan total konsumsi bahan bakar sebesar 31.667,51 MMBTU. Hal ini menyatakan bahwa Optimisasi CSA lebih ekonomis dibandingkan dengan metode pembagian beban pada generator PLTG UBP Semarang.

Tabel 8. Perbandingan konsumsi bahan bakar antara CSA, iterasi lambda, dan PLTG UBP Semarang

Pukul	Beban (MW)	Konsumsi Bahan Bakar (MMBTU/jam)		
		CSA	iterasi Lambda	UBP Semarang
01:00	336,15	113216,88	113280,91	113534,26
02:00	335,84	113127,95	113197,55	113457,37
03:00	335,80	113125,90	113186,79	113443,13
04:00	336,29	113247,11	113318,55	113569,66
05:00	336,21	113235,27	113297,04	113588,44
06:00	332,29	112193,38	114123,05	112642,52
07:00	332,29	112193,38	114123,05	112642,52
08:00	332,29	112193,38	114123,05	112642,52
09:00	332,29	112193,38	114123,05	112642,52
10:00	332,29	112193,38	114123,05	112642,52
11:00	332,29	112193,38	114123,05	112642,52
12:00	332,29	112193,38	114123,05	112642,52
13:00	332,29	112193,38	114123,05	112642,52
14:00	355,75	118265,50	118260,31	118774,76
15:00	346,92	115972,92	115966,14	118185,13
16:00	415,50	140338,28	140376,27	151216,84
17:00	526,30	176052,05	176341,11	176445,01
18:00	535,36	178396,40	178743,93	178812,04
19:00	540,65	179615,43	180130,96	180384,19
20:00	443,58	147677,61	157266,58	148332,79
21:00	451,44	149725,84	149973,78	159323,33
22:00	540,84	179848,19	180180,55	180321,46
23:00	550,14	182390,83	182589,76	182902,03
<b>Total konsumsi bahan bakar</b>		<b>3.031.763,10</b>	<b>3.059.094,63</b>	<b>3.063.430,61</b>



#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian optimisasi penjadwalan ekonomis PLTG pada PLTGU Tambak Lorok Semarang dengan menggunakan metode optimisasi *Cuckoo Search Algorithm* didapati bahwa dengan menggunakan optimisasi CSA akan dihasilkan konsumsi bahan bakar yang lebih rendah dari pada prakiraan konsumsi bahan bakar aktual generator PLTG UBP Semarang. Dengan menggunakan optimisasi CSA didapatkan penghematan sebesar 31.667,51 MMBTU pada penjadwalan dengan kondisi bebabn generator PLTG UBP semarang tertanggal 19 april 2017. Sedangkan pada optimisasi dengan menggunakan iterasi lambda, optimisasi CSA menghasilkan nilai konsumsi bahan bakar terendah sebanyak 21 jam dan menghasilkan selisih antara optimisasi CSA dengan Iterasi lambda sebesar 27.331,53 MMBTU, yang artinya optimisasi CSA lebih unggul dibandingkan dengan optimisasi dengan menggunakan iterasi lambda

#### Referensi

- [1] B. sri wantoro, Hermawan, and H. Susatyo, "PARTICLE SWARM OPTIMIZATION UNTUK OPTIMASI PENJADWALAN PEMBEBANAN PADA UNIT PEMBANGKIT PLTG DI PLTGU TAMBAK LOROK," no. energy, 2012.
- [2] Y. Trisiana, I. Robandi, and H. Suryoatmojo, "Optimisasi Economic Dispatch Menggunakan Imperialist Competitive Algorithm (ICA) pada Sistem Tenaga Listrik," no. energy, 2011.
- [3] A. Y. Abdelaziz, E. S. Ali, and S. M. A. Elazim, "Implementation of flower pollination algorithm for solving economic load dispatch and combined economic emission dispatch problems in power systems," *Energy*, vol. 101, pp. 506–518, 2016.
- [4] B. R. Adarsh, T. Raghunathan, T. Jayabarathi, and X. Yang, "Economic dispatch using chaotic bat algorithm," *Energy*, vol. 96, pp. 666–675, 2016.
- [5] L. Han, C. E. Romero, and Z. Yao, "Economic dispatch optimization algorithm based on particle diffusion," *ENERGY Convers. Manag.*, vol. 105, pp. 1251–1260, 2015.
- [6] M. Pradhan, P. Kumar, and T. Pal, "Electrical Power and Energy Systems Grey wolf optimization applied to economic load dispatch problems," *Int. J. Electr. POWER ENERGY Syst.*, vol. 83, pp. 325–334, 2016.
- [7] M. Basu and A. Chowdhury, "Cuckoo search algorithm for economic dispatch," *Energy*, vol. 60, pp. 99–108, 2013.
- [8] X.-S. Yang and S. Deb, "Cuckoo Search via Levy Flights," 2010.
- [9] S. C. Chapra and R. P. Canale, "Numerical methods for engineers," *Math. Comput. Simul.*, vol. 33, no. 3, p. 260, 2015.
- [10] X.-S. Yang and S. Deb, "Engineering optimisation by cuckoo search Xin-She Yang\*," vol. 1, no. 4, pp. 330–343, 2010.
- [11] F. N. Osuolale and J. Zhang, "Thermodynamic Optimization of Atmospheric Distillation Unit," *Comput. Chem. Eng.*, 2017.