

Optimalisasi Pembebanan Pembangkit Pada Sistem 500 kV Jawa Bali Dengan Menggunakan *Cuckoo Search Algorithm*

Rizka Abdullah¹⁾, M. Dachyar²⁾, dan Farizal³⁾

¹⁾Departemen Teknik Industri, Universitas Indonesia, Salemba-Jakarta

²⁾Departemen Teknik Industri, Universitas Indonesia, Depok

Email: rizka.abdullah@ui.ac.id

ABSTRAK

Biaya bahan bakar adalah komponen terbesar dalam biaya penyediaan tenaga listrik, oleh karena itu perlu dilakukan optimasi penggunaan bahan bakar sehingga biaya penyediaan tenaga listrik dapat ditekan se minimal mungkin. Pada sistem tenaga listrik yang besar seperti sistem 500 KV Jawa-Bali terdapat beberapa jenis pembangkit dengan beberapa jenis bahan bakar digunakan. Setiap unit pembangkit mempunyai karakteristik tersendiri dan bahan bakar mempunyai perbedaan harga yang beragam yaitu gas, batubara, air. Untuk memenuhi kebutuhan sistem tenaga listrik maka perlu dilakukan pengaturan pembebanan pembangkitan sehingga memenuhi kebutuhan sistem tersebut. Pada penelitian ini akan menggunakan *Cuckoo Search Algorithm* untuk melakukan optimasi pembebanan pembangkit sehingga mendapatkan biaya bahan bakar se minimal mungkin dengan tetap memenuhi kebutuhan sistem tenaga listrik. Diharapkan metode *Cuckoo Search Algorithm* dapat menghasilkan biaya bahan bakar lebih rendah dari sistem yang ada pada PLN saat ini.

Kata kunci: Biaya bahan bakar, *Cuckoo Search Algorithm*, Pembangkit listrik, Tenaga listrik

1. Pendahuluan

PT. PLN (Persero) adalah BUMN yang diberikan tugas oleh pemerintah untuk menyediakan tenaga listrik kepada seluruh Masyarakat Indonesia, namun disisi lain PLN adalah suatu Perseroan yang juga dituntut untuk dapat memberikan keuntungan kepada Pemerintah, oleh sebab itu PLN selalu berusaha untuk melakukan upaya-upaya untuk meningkatkan efisiensi guna menekan biaya pokok produksi. Saat ini komponen biaya pokok produksi yang terbesar adalah biaya bahan bakar, PLN pun terus berupaya untuk mensubstitusi penggunaan bahan bakar mahal ke bahan bakar murah. Penghematan biaya bahan bakar dapat juga dilakukan dengan memastikan bahwa pembangkit dengan biaya termurah dioperasikan terlebih dahulu untuk memenuhi kebutuhan sistem, pengaturan ini dinamakan *Economic Dispatch*.

Economic Dispatch sudah banyak implementasi nya dengan pendekatan konvensional seperti metode Gradient, *Lambda Iteration method Newton's method*, *Linear Programming*, *Dynamic Programming algorithm*, namun metode konvensional ini banyak memiliki keterbatasan, kurang efisien, dan hanya bisa diterapkan pada masalah kecil atau sistem yang kecil (Raharjo dkk, 2017). Metode Optimasi Heuristic juga sudah banyak dipakai untuk menyelesaikan kasus-kasus *Economic Dispatch* dengan metode Heuristic ini dapat menyelesaikan masalah-masalah yang lebih besar dan kompleks (Komsiyah, 2014).

Sekitar 73% produksi Energi Listrik di Indonesia saat ini berada pada Sistem Jawa Bali, oleh sebab itu untuk menyuplai kebutuhan tersebut dibutuhkan biaya yang tidak sedikit. Pada sistem Jawa Bali ini terdapat sistem 500 kV sebagai tulang punggung sistem ketenagalistrikan Jawa Bali yang berfungsi sebagai pemikul beban dasar dan penjaga stabilitas sistem. Sudah banyak penelitian yang mencoba melakukan optimasi pada sistem 500 kV Jawa Bali dengan berbagai metode dan algoritma, masing-masing penelitian menyatakan mendapatkan total biaya bahan bakar lebih murah dibandingkan metode yang dipakai pada PLN saat ini.

Pada penelitian ini penulis akan mencoba menerapkan *Cuckoo Search Algorithm* berdasarkan penelitian terdahulu dinyatakan lebih baik dari ACO, GA, dan PSO (Serapiao, 2013) & (Basu, 2013). Diharapkan dengan adanya tulisan ini nantinya PLN dapat menekan biaya bakar sehingga dapat menekan biaya pokok produksi.

2. Metode

Tahap awal dalam penelitian ini adalah studi literatur. Pada tahap ini penulis mengumpulkan dan mempelajari literatur yang digunakan sebagai referensi untuk penelitian yang terkait dengan operasi sistem tenaga listrik dan *Economic Dispatch*. Setelah tahap studi literatur, langkah selanjutnya adalah pengambilan data input-output Pembangkit listrik yang selanjutnya akan digunakan untuk membuat fungsi biaya bahan bakar setiap unit pembangkit tenaga listrik dan data beban pada beban 500 kV Jawa-Bali. Lalu penulis akan membuat program *Cuckoo Search Algorithm* dengan menggunakan software Matlab.

3. Studi Literatur

3.1.1 Fungsi Dasar

Fungsi objektif dari *Economic Dispatch* adalah meminimalisasi seluruh biaya bahan bakar disaat yang sama tetap memenuhi persyaratan yang ditetapkan, sebagai berikut :

Minimize Ft

$$Ft = \sum_{i=1}^n Fi(Pi) \quad (1)$$

$$Fi(Pi) = a_i P_i^2 + b_i P_i + c_i \quad (2)$$

Dimana :

- Ft = biaya total pembangkitan (Rupiah / jam)
- Fi(Pi) = fungsi biaya *input-output* generator i (Rupiah / jam)
- Pi = daya keluar generator i (MW)
- ai,bi,ci = koefisien biaya dari generator i
- n = jumlah unit generator
- i = index unit yang di dispatch

3.1.2 Keseimbangan Daya Aktif

Pada keseimbangan daya, batasan kesetaraan harus dipenuhi yang mana daya total yang dihasilkan oleh masing-masing generator harus sama dengan permintaan beban total pada sistem. Keseimbangan daya aktif di formulasikan sebagai berikut :

$$\sum_{i=1} P_i = P_D \quad (3)$$

Dimana

- P_D = total daya yang dibutuhkan system (MW)
- P_i = daya keluaran generator i (MW)

3.1.3 Batas Minimum dan Maximum Generator

Setiap generator mempunyai batasan yang harus dipenuhi (*inequality constraint*) batas minimal dan batasan maksimal, diformulasikan adalah :

$$P_{i_{\min}} \leq P_i \leq P_{i_{\max}} \quad (4)$$

Dimana

- P_{i_{min}} = daya minimal dari generator i (MW)

$P_{i_{max}}$ = daya maksimal dari generator i (MW)
 P_i = daya keluaran dari generator i (MW)

3.2 Cuckoo Search Algorithm (CSA)

Metode ini pertama kali ditemukan oleh Deb dan Yang pada tahun 2009, dikembangkan oleh Ramin Rajabioun pada tahun 2010, diimplementasikan ke dalam studi kasus penjadwalan pembangkit oleh (M. Basu, 2013) dan (Wardhana, dkk, 2017).

CS adalah algoritma pengoptimalan yang didasarkan pada parasitisme induk dari spesies *cuckoo* dengan meletakkan telur mereka di sarang komunal dari induk inang lainnya, meskipun mereka dapat menghilangkan telur orang lain untuk meningkatkan kemungkinan penetasan telur mereka sendiri. Beberapa burung entah bagaimana tidak bersikap ramah terhadap penyusup dan terlibat dalam konflik langsung dengan mereka. Jika burung inang menemukan telur itu bukan miliknya, ia akan membuang telur asing ini atau hanya meninggalkan sarangnya dan membangun sarang baru di tempat lain.

Algoritma CS berisi populasi sarang atau telur. Setiap telur dalam sarang mewakili solusi dan telur cuckoo mewakili solusi baru. Jika telur kukuk sangat mirip dengan inang, maka telur kukuk ini kecil kemungkinannya untuk ditemukan; dengan demikian, kebugaran harus dikaitkan dengan perbedaan solusi. Solusi baru yang lebih baik (cuckoo) diganti dengan solusi yang tidak begitu baik di dalam sarang. Dalam bentuk yang paling sederhana, setiap sarang memiliki satu telur.

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

$$F_{total} = F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_{49} \quad (5)$$

dan

$$PD = P_{total}$$

Dimana

$$P_{total} = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_{49} \quad (6)$$

2. Memasukkan parameter CSA yang meliputi jumlah individu (N), maksimum iterasi (Maxit), kemungkinan telur *cuckoo* ditemukan oleh pemilik sarang (P_a) dan daerah penyebaran (α). Pada optimisasi CSA nilai N di-input-kan sebesar 10, maxit sebesar 300, P_a berkisar antara 0,4 hingga 0,6, dan α berkisar antara 0,4 hingga 0,9. Sedangkan jumlah variabel yang digunakan bernilai 42 yang mewakili 42 generator.

3. Pada tahap ini individu dibangkitkan dengan jumlah sebanyak N. Dimana untuk setiap individu akan tersusun atas matriks dengan 42 elemen dengan struktur sebagai berikut:

$$X_j = [P_{j1} \ P_{j2} \ P_{j3} \ P_{j4} \ P_{j5} \ P_{j6} \ \dots \ P_{j49}] \quad (7)$$

Dan untuk setiap daya unit pembangkit akan memiliki nilai :

$$P_{ji} = P_{i_{min}} + (P_{i_{max}} - P_{i_{min}}) * rand1 \quad (8)$$

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 9.

$$Xjbaru = X_{best\ j} + \alpha * rand2j * \Delta Xjbaru \quad (9)$$

Dimana α merupakan daerah penyebaran yang besarnya lebih dari 0 dan $rand2j$ merupakan nilai random normal dengan standard deviasi sebesar 1,5 dan rata-rata sebesar 0.

Sedangkan besarnya $\Delta Xjbaru$ dicari berdasarkan persamaan 10.

$$\Delta Xjbaru = vj * (\beta) / \sigma_y(\beta) * (X_{best\ j} - G_{best}) \quad (10)$$

Besarnya vj dapat dicari berdasarkan persamaan 11.

$$vj = rand / x |randy| \quad (11)$$

Dimana $randx$ dan $randy$ merupakan dua variabel distribusi normal dengan rata-rata 0 dan standard deviasi (β) dan $\sigma_y(\beta)$ yang dicari berdasarkan persamaan 12 dan 13

$$\sigma_x(\beta) = \left[\frac{r(1+\beta) * \sin(\pi * \beta)}{\Gamma(\frac{1+\beta}{2})} * \beta * 2 \left(\frac{\beta-1}{2} \right) \right]^{\frac{1}{\beta}} \quad (12)$$

$$\sigma_x(\beta) = 1 \quad (13)$$

Dimana β 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 14.

$$xjdis = X_{best\ j} + K * \Delta Xjdis \quad (14)$$

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

$$K = \begin{cases} 10 & \text{apabila } rand3 < Pa \\ Pa & \text{apabila } rand3 \geq Pa \end{cases} \quad (15)$$

Sedangkan kenaikan nilai dari $\Delta Xjdis$ ditentukan berdasarkan persamaan 16.

$$\Delta Xjdis = rand3 * [randP1(X_{best\ j}) - randP2(X_{best\ j})] \quad (16)$$

Dimana $rand3$ merupakan distribusi acak dengan nilai *mean* sebesar 0 dan standard deviasi sebesar 1. $randP1(X_{best\ jbaru})$ dan $randP2(X_{best\ jbaru})$ adalah pesturbasi acak untuk posisi individu di dalam $X_{best\ jbaru}$

4. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada Sistem 500 kV Jawa – Bali terdapat 49 unit pembangkit listrik yang terdiri dari PLTU, PLTG, PLTGU, dan PLTA dengan fungsi-fungsi yang digambarkan pada tabel berikut,

Tabel 1 Fungsi Pembangkit Tenaga Listrik

Unit pembangkit	Fungsi Biaya Bahan Bakar F(Ci)	Pmin MW	Pmax MW
PLTU 1	0,49692 P2 -481,51447 P + 581378,52	200	373
PLTU 2	0,49692 P2 -481,51447 P + 581378,52	200	373
PLTU 3	0,49692 P2 -481,51447 P + 581378,52	200	373
PLTU 4	0,49692 P2 -481,51447 P + 581378,52	200	373
PLTU 5	0,03144 P2 -120,41593 P + 534108,47	301	585
PLTU 6	0,03144 P2 -120,41593 P + 534108,47	301	585
PLTU 7	0,03144 P2 -120,41593 P + 534108,47	301	585
PLTU 8	0,001754 P2 -89,84939 P + 466151,24	312	625
PLTU 9	0,071821 P2 -113,08588 P + 413342,72	308	615
PLTU 10	0,344159 P2 -419,73676 P + 522538,2	264	660
PLTU 11	0,274484 P2 -360,94982 P + 496833,31	264	660
PLTU 12	0,414861 P2 -506,30705 P + 521057,41	264	660
PLTU 13	-0,137345 P2+ 132,17846 P + 330756,39	264	660
PLTU 14	4,54433 P2 -2693,70841 P + 789435,97	228	372
PLTU 15	4,54433 P2 -2693,70841 P + 789435,97	228	372
PLTU 16	-0,03173 P2 -194,37739 P + 579204,46	330	615
PLTU 17	-0,152517 P2+ 132,78745 P + 356512,26	491	614
PLTU 18	-0,164724 P2+ 25,32527 P + 411869,55	500	625
PLTU 19	-0,0000000000005684 P2 -65,87183 P + 457454,55	976	1220
PLTU 20	0,0090739 P2 -101,45684 P + 509876,14	968	1230
PLTU 21	0,1492968 P2 -270,92496 P + 519103,72	652	815
PLTGU22	1,0463499 P2 -1403,76286 P + 1570780,98	154	205
PLTGU23	1,0463499 P2 -1403,76286 P + 1570780,98	210	410
PLTG 24	94,8590382 P2 -25460,3252199999 P + 3336026,55	440	550
PLTG 25	94,8590382 P2 -25460,3252199999 P + 3336026,55	0	140
PLTG 26	94,8590382 P2 -25460,3252199999 P + 3336026,55	0	140
PLTG 27	94,8590382 P2 -25460,3252199999 P + 3336026,55	0	140
PLTG 28	94,8590382 P2 -25460,3252199999 P + 3336026,55	0	140
PLTG 29	94,8590382 P2 -25460,3252199999 P + 3336026,55	0	140
PLTGU30	-25,0481105 P2 + 9949,60049 P + 52649,45	179	213
PLTGU31	0,4447637 P2 -384,31608 P + 949293,58	115	160
PLTGU32	0,4447637 P2 -384,31608 P + 949293,58	164	315
PLTGU33	0,4447637 P2 -384,31608 P + 949293,58	250	480
PLTGU34	4,6647162 P2 -3986,23113 P + 1708348,6	200	450

Tabel 1 Fungsi Pembangkit Tenaga Listrik (Lanjutan)

Unit pembangkit	Fungsi Biaya Bahan Bakar F(Ci)	Pmin MW	Pmax MW
PLTGU35	$220,2128874 P^2 - 40801,99047 P + 3180676,49$	0	100
PLTGU36	$220,2128874 P^2 - 40801,99047 P + 3180676,49$	0	100
PLTGU37	$220,2128874 P^2 - 40801,99047 P + 3180676,49$	0	100
PLTA 38	$800 P^2 + 500 P + 0$	0	174.6
PLTA 39	$800 P^2 + 500 P + 0$	0	174.6
PLTA 40	$800 P^2 + 500 P + 0$	0	174.6
PLTA 41	$800 P^2 + 500 P + 0$	0	174.6
PLTA 42	$600 P^2 + 550 P + 0$	0	119
PLTA 43	$600 P^2 + 550 P + 0$	0	119
PLTA 44	$600 P^2 + 550 P + 0$	0	119
PLTA 45	$600 P^2 + 550 P + 0$	0	123
PLTA 46	$600 P^2 + 550 P + 0$	0	123
PLTA 47	$600 P^2 + 550 P + 0$	0	123
PLTA 48	$600 P^2 + 550 P + 0$	0	123
PLTA 49	$600 P^2 + 550 P + 0$	0	123

Selanjutnya akan diambil data pembebanan pada saat beban pada sistem 500 kV Jawa – Bali pada tanggal 26 Februari 2019 pukul 19.00 sebesar 14.891 MW, yang nantinya data tersebut akan dibandingkan hasil simulasi pembebanan pembangkit listrik dengan menggunakan *Cuckoo Search Algorithm*.

5. Kesimpulan

Subsidi Listrik merupakan beban bagi pemerintah oleh karena itu PLN sebagai BUMN yang menjalankan bisnis ketenagalistrikan di Indonesia mempunyai peranan penting dalam mengurangi besaran subsidi tersebut. Biaya bahan bakar adalah faktor terbesar dari biaya pokok produksi tenaga listrik, salah satu cara untuk mengurangi biaya bahan bakar adalah dengan melakukan pengaturan pembebanan pembangkit sehingga didapatkan pembangkit dengan biaya termurah lebih diprioritaskan dalam beroperasi.

Daftar Pustaka

- Adriane B. S. Serapião. (2013). *Cuckoo Search for Solving Economic Dispatch Load Problem. Intelligent Control and Automation, 2013*.
- Jangkung R, Adi S, Hermagasantos Z. (2017). Novel Method to Solve Economic Dispatch Scheduling for Large-Scale Power System *International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 12, Number 22 (2017) pp. 12500-12509*.
- M. Basu & A. Chowdhury. (2013). *Cuckoo search algorithm for economic dispatch*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2013.07.011>
- S. Komsiyah. (2014). *Computational methods of Gaussian Particle Swarm Optimization (GPSO) and Lagrange Multiplier on economic dispatch issues (case study on electrical system of Java-Bali IV area)*. published by EDP Sciences, 2014.

Tejo Sukmadi, Ariya Dwi Wardhana and Munawar Agus Riyadi. (2017). *Optimization of Gas Turbine Power Plant Economic Dispatch using Cuckoo Search Algorithm Method . Proc. of 2017 4th Int. Conf. on Information Tech., Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE)*.