

## EKONOMIC DISPATCH SISTEM KELISTRIKAN LOMBOK MENGUNAKAN METODE CHAOTIC ANT SWARM OPTIMIZATION (CASO)

Rana Yuristia 1<sup>1</sup>.,I Made Ari Nrartha 2<sup>1</sup>, Agung Budi Muljono 3<sup>1</sup>

### ABSTRAK

Permasalahan umum yang dihadapi operasi ekonomis sistem tenaga listrik adalah bagaimana menghasilkan pembagian beban secara optimal dengan biaya operasi minimum, yang umum dikenal sebagai Economic Dispatch (ED).

Penelitian ini dilakukan pada PT. PLN (Persero) Wilayah NTB pada satu jam operasi tanggal 31 Januari 2010 pukul 06:00 WITA, dengan jumlah generator yang aktif sebesar 57,14% dari jumlah total generator yang ada sebagian besar menggunakan pembangkit thermal, diesel. Penyelesaian ED pada penelitian ini menggunakan metode optimasi Chaotic Ant Swarm Optimization (CASO) yang dibandingkan dengan hasil optimasi operasi PLN dan hasil optimasi metode Algoritma Genetika (AG).

Hasil pembangkitan total yang dihasilkan dengan metode optimasi CASO diperoleh penghematan biaya sebesar Rp 3.181.550/jam (1,982%) dibandingkan dengan hasil optimasi operasi PLN, dan mengalami peningkatan biaya sebesar Rp 2.521.870/jam (1,603%) dibandingkan hasil optimasi metode AG.

**Kata Kunci:** Pembangkit thermal, Economic Dispatch, metode Chaotic Ant Swarm Optimization

### PENDAHULUAN

Permasalahan umum yang dihadapi pengoperasian sistem tenaga listrik adalah bagaimana menghasilkan daya output secara optimal dengan minimisasi biaya pengoperasian. Oleh sebab itu diperlukan suatu metode perhitungan matematis yang dapat meminimalkan konsumsi bahan bakar oleh generator pada suatu sistem tenaga listrik untuk memperoleh kondisi operasi ekonomis.

Economic Dispatch (ED) adalah pembagian daya yang harus dibangkitkan oleh generator dalam suatu sistem tenaga listrik sehingga dapat memenuhi kebutuhan beban dengan biaya minimum. Tujuan utama ED adalah meminimalkan konsumsi bahan bakar oleh generator pada suatu system tenaga listrik untuk memperoleh kondisi optimal. Tujuan yang diharapkan dari penelitian ini adalah bagaimana mendapatkan biaya operasi Sistem Kelistrikan Lombok yang minimum dengan memenuhi kekangan inequality dan equality menggunakan metode optimasi CASO, serta penerapan metode optimasi CASO dalam menyelesaikan operasi ekonomis Sistem Tenaga Listrik.

Operasi ekonomis merupakan suatu proses pembagian atau penjatahan beban total kepada masing-masing unit pembangkit. Seluruh unit pembangkit dikontrol terus menerus dalam interval waktu tertentu sehingga dicapai pengoperasian yang

optimal, dengan demikian pembangkitan tenaga listrik dapat dilakukan dengan cara yang paling ekonomis.

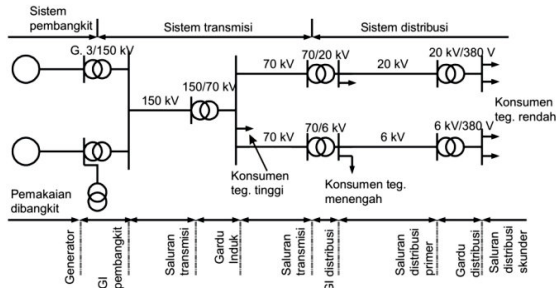
Tujuan utama dari operasi ekonomis adalah untuk mendapatkan biaya yang seminimum mungkin dengan hasil daya yang dibangkitkan optimal.

Sudah banyak metode optimasi matematis yang dikembangkan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi ED, bahkan dengan teknologi kecerdasan buatan telah dikembangkan untuk memecahkan permasalahan ED seperti penelitian sebelumnya (Kusmira, 2011.) yang menggunakan metode AG dalam Sistem Kelistrikan Lombok.

Dari penelitian Kusmira, (2011), perhitungan ED dan rugi saluran, menggunakan kondisi pada tanggal 31 Januari 2010 jam 06:00 WITA untuk menghindari adanya pemadaman yang disebabkan oleh kurangnya kapasitas pembangkit yang mensuplai beban, sehingga diperoleh tingkat pembebanan pada kondisi sebenarnya di Sistem Kelistrikan Lombok yang dimodelkan dalam bentuk sistem distribusi 23 bus yang terdiri dari 14 generator ON dan 33 beban penyulang. Hasil dari penelitian (Kusmira 2011) dan Zuliari, (2010.), menghasilkan biaya operasi yang lebih murah bila dibandingkan dengan operasi PLN dan metode Lagrange, tetapi dengan rugi-rugi sistem yang lebih besar.

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat Indonesia

**Sistem Tenaga Listrik.** Sistem tenaga listrik merupakan suatu sistem terpadu yang terbentuk oleh hubungan-hubungan peralatan dan komponen-komponen listrik yaitu: generator, transformator, jaringan tenaga listrik dan beban-beban tenaga listrik, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 dibawah ini:



Gambar 1. Diagram Segaris Sistem Tenaga Listrik

**Jenis-jenis Pembangkitan Tenaga Listrik.**

Menurut bagaimana proses pem-bangkit memperoleh sumber daya, maka pembangkit tenaga listrik dapat dibagi menjadi :

1. Pembangkit listrik tenaga thermal (Thermal power plant)
2. Pembangkit listrik tenaga kimia (Chemical power plant)
3. Pembangkit listrik tenaga air (Water power plant)
4. Pembangkit listrik tenaga angin (Wind power plant)

Unit pembangkit thermal adalah pem-bangkit listrik dengan penggerak mula (prime mover) menggunakan proses siklus panas.

Pembangkitan tenaga listrik disini meliputi:

- a. **Biaya Pembangkitan.** Biaya operasi dari suatu sistem tenaga listrik merupakan biaya terbesar dalam pengoperasian suatu perusahaan listrik. Biaya yang dikeluarkan oleh suatu perusahaan listrik untuk menghasilkan energi listrik dalam suatu sistem tenaga listrik ditentukan oleh biaya investasi dan biaya operasi atau biaya produksi. Besar biaya investasi tidak bergantung pada besar daya keluaran pembangkit, tetapi bergantung pada besar kapasitas daya terpasang pembangkit.
- b. **Karakteristik Input Output Pem-bangkit.** Karakteristik input output pembangkit thermis adalah karakteristik yang meng-gambarkan hubungan antara input konsumsi bahan bakar (liter/jam) dan output daya yang dihasilkan oleh pembangkit (MW). Pada umumnya karakteristik input output pembangkit

thermis didekati dengan fungsi polinomial orde dua, yaitu:

$$H_i = aP_{gi}^2 + bP_{gi} + \dots \dots \dots (1)$$

Variabel  $H_i$  merupakan input bahan bakar pembangkit thermal ke- $i$  (L/jam),  $P_{gi}$  adalah output pembangkit thermal ke- $i$  (MW), dan variabel  $aP_{gi}^2$ ,  $bP_{gi}$ ,  $c$  merupakan konstanta input-output pembangkit thermal ke- $i$ . Penentuan Parameter  $aP_{gi}^2$ ,  $bP_{gi}$ , dan  $c$  membutuhkan data yang berhubungan dengan input bahan bakar  $H_i$ , dan output pembangkit  $P_{gi}$ .

**Batas Pembebanan Pembangkit Thermal.** Umumnya mesin pembangkit tenaga listrik mempunyai batas pembebanan yang dibatasi oleh kapasitas minimum dan kapa-sitas maksimum dan juga keterbatasan kerja komponen-komponen mesin, sehingga dalam pembebanan pembangkit thermal harus diperhatikan karakteristik efisiensi dan karakter-istik kenaikan panas tiap unit pembangkit thermal.

**Economic Dispatch (ED).** Permasala-han Economic Dispatch (ED) dapat dijelaskan dengan menyelesaikan per-samaan biaya pembangkitan dengan me-menuhi fungsi ketangan inequality dan equality berikut ini:

$$C = \sum_{i=1}^n F_i(P_i) \dots \dots \dots (2)$$

$$\sum_{i=1}^N P_{gi} = P_D + P_L \dots \dots \dots (3)$$

Kesetimbangan daya secara matematis seperti dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$f(P_{gi}) = \sum_{i=1}^N P_{gi} - P_D - P_L = 0 \dots \dots \dots (4)$$

**Rugi-rugi Pada Saluan Transmisi.** Metode yang digunakan untuk menyelesaikan Economic Dispatch adalah metode koefisien B atau koefisien rugi-rugi saluran.

Bentuk umum fungsi tersebut dapat dinyatakan dalam persamaan berikut (Saadat, H., 1999).

$$P_L = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n P_i B_{ij} P_j \dots \dots \dots (5)$$

**Metode Optimasi Chaotic Ant Swarm Optimization (CASO).** Chaotic Ant Swarm Optimization (CASO) adalah suatu algoritma pencarian berdasarkan pada ketidakberaturan perilaku tiap-tiap individu semut dan kecerdasan organisasi dari koloninya. Pada metode optimasi CASO, teknik pencarian dari tiap-tiap individu semut pada tahap awal dilakukan secara acak (Saadat, H., 1999).

Variabel organisasi dari satu semut adalah:

$$y_i(n) = y_i(n-1)^{1+n} \dots\dots\dots (6)$$

$$Z_{id}(n) = (Z_{id}(n-1) + \frac{7.5}{\omega_d} V_i) \exp((1 - \exp(-ay_i(n))) (\beta - \omega_d (Z_{id}(n-1) + \frac{7.5}{\omega_d} V_i))) - \frac{7.5}{\omega_d} V_i + \exp(-2ay_i(n) + b) (P_{id}(n-1) - z_{id}(n-1)) \dots\dots (7)$$

Pada model ini posisi awal dari tiap individu semut ditentukan oleh persamaan 8:

$$z_{id}(0) = \frac{7.5}{\omega_d} (1 - V_i) \text{rand}(), \omega_d > 0 \dots\dots\dots (8)$$

**Pengkodean Parameter Dan Fungsi Evaluasi dalam metode CASO antara lain:**

a. Langkah pertama yang dilakukan adalah membangkitkan sebuah populasi dari koloni semut yang ditunjukkan dalam persamaan berikut :

$$P_{gid} = [Pi1, Pi2, \dots, Pim], \quad i = 1, 2, \dots, N \dots\dots\dots (9)$$

b. Langkah kedua Untuk mengetahui fitness dari tiap-tiap individu semut menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$f = F \text{ cost} + P \text{ pbc} \times 1000 \dots\dots\dots (10)$$

Sebelum menggunakan persamaan 10, terlebih dahulu melakukan perhitungan dengan persamaan 11 dan 12 dibawah ini:

$$F_{\text{cost}} = \text{abs} \frac{\sum_{i=1}^n Fi(Pi) - F \text{ min}}{F \text{ max} - F \text{ min}} \dots\dots\dots (11)$$

$$P_{\text{pbc}} = (\sum_{i=1}^n P_i - P_D - P_L) \dots\dots\dots (12)$$

**Proses simulasi metode optimasi CASO dengan Matlab yang dipadukan untuk proses optimasi pembangkitan meliputi:**

- Inialisasi populasi awal dari koloni semut secara acak, dengan nilai variabel organisasi awal yang sudah ditetapkan.
- Menghitung rugi-rugi saluran transmisi (PL) menggunakan B koefisien untuk tiap-tiap individu atau dengan aliran daya apabila dengan koefisien B tidak dimungkinkan.
- Menghitung nilai Fitness menggunakan persamaan 11 dan 12.
- Mengupdate posisi tiap-tiap individu semut menggunakan persamaan 6 dan persamaan 7 berdasarkan nilai fitness terkecil.
- Menghasilkan populasi terbaik dengan nilai kombinasi koloni semut.
- Selesai.

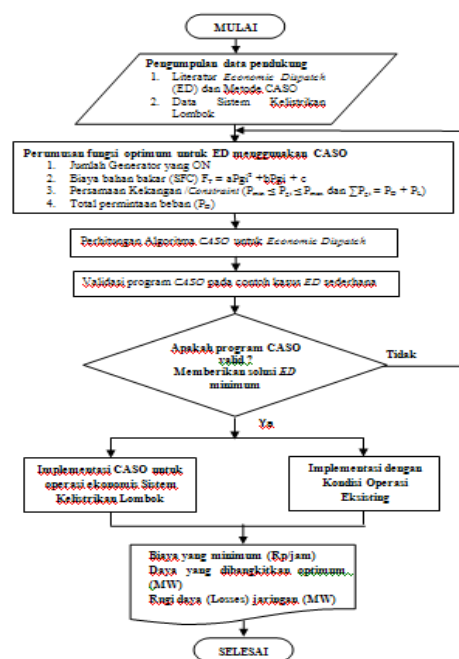
**METODOLOGI PENELITIAN**

**Alat dan Bahan Penelitian.** Perangkat-lunak yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah Microsoft Windows XP sebagai sistem operasi, perangan-lunak MATLAB sebagai alat bantu pemodelan Sistem Tenaga Listrik.

**Langkah-langkah Penelitian.** Rincian proses penelitian yang akan dilakukan antara lain: proses pengumpulan literatur pendukung yang berhubungan dengan Economic Dispatch (ED), serta penggunaan metode optimasi Chaotic Ant Swarm Optimization (CASO) untuk mendapatkan biaya ekonomis Sistem Kelistrikan Lombok, serta data dari hasil optimasi biaya dengan penyelesaian Operasi PLN, dan hasil Algoritma Genetika (AG).

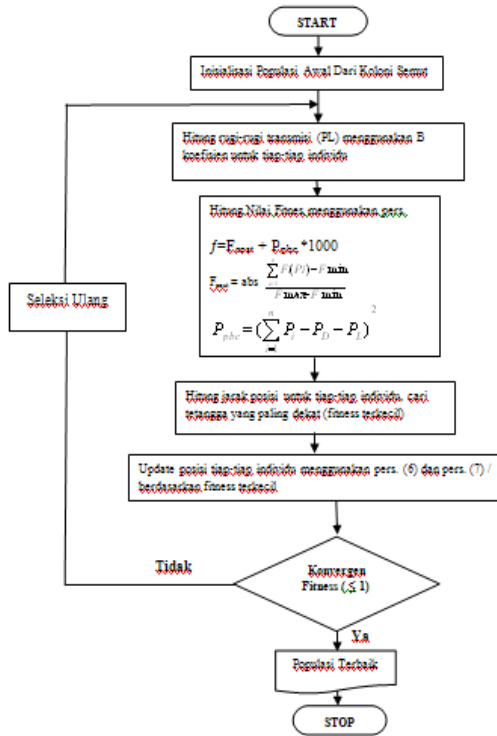
Langkah awal penelitian adalah membuat karakteristik input-output pembangkit dari setiap mesin yang beroperasi. Setelah itu melakukan perhitungan aliran daya untuk sistem tenaga listrik. Dari perhitungan aliran daya mendapatkan hasil variabel seperti P, Q, dan |V|. Selanjutnya membuat simulasi dengan metode optimasi CASO dalam Sistem Kelistrikan Lombok. Setelah mendapatkan hasil, lalu membandingkan hasil dari penerapan metode optimasi CASO dengan hasil dari optimasi Operasi PLN, dan metode optimasi AG kemudian menarik kesimpulan dari hasil perbandingan tersebut.

**Diagram Alir Penelitian**



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Diagram Alir Algoritma CASO



Gambar 3. Diagram Alir Algoritma CASO

HASIL DAN PEMBAHASAN

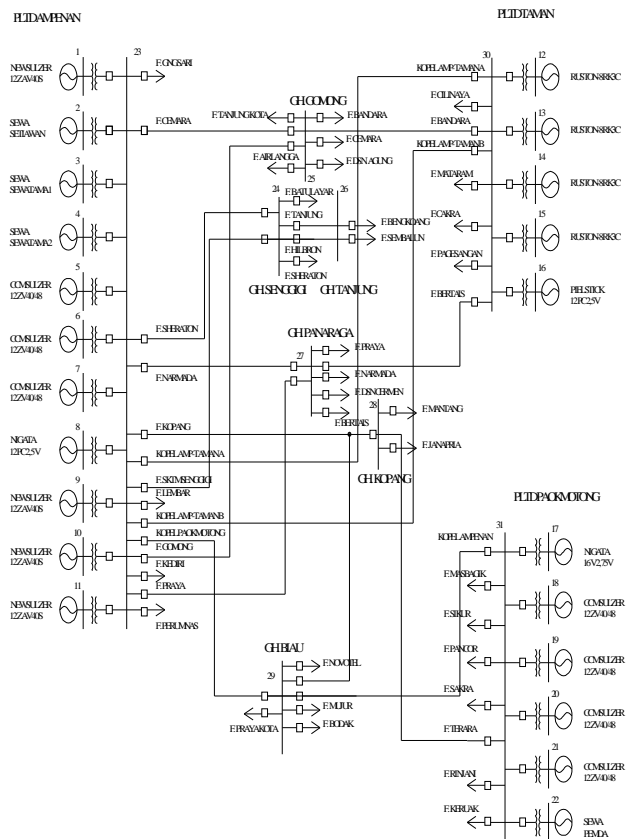
Dalam rangka menguji kemampuan metode optimasi CASO yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan Economic Dispatch, dalam hal ini dilakukan simulasi terhadap sistem tenaga listrik dengan data standar yang diambil dari buku Power System Analysis Saadat, H., (1999), dan data Sistem Kelistrikan Lombok.

1. Sistem Tenaga Listrik 5 Bus

Tabel 1. Perbandingan hasil optimasi CASO dengan metode Lagrange

Bus	Nama	Optimasi Lagrange (MW)	daya pembangkitan CASO (MW)
1	Generator 1	23,649	10,0267
2	Generator 2	69,518	76,9478
3	Generator 3	58,990	64,8682
Daya pembangkitan total (MW)		152,154	151,8427
Rugi daya (losses) total (MW)		2,154	1,8427
Beban sistem total (MW)		150	150
Biaya pembangkitan total (\$/h)		1.597	1.5996

2.Sistem Kelistrikan Lombok



Gambar 4. Single Line Diagram Sistem Kelistrikan Lombok

Persamaan kurva input-output pembangkit pada Sistem Kelistrikan Lombok dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

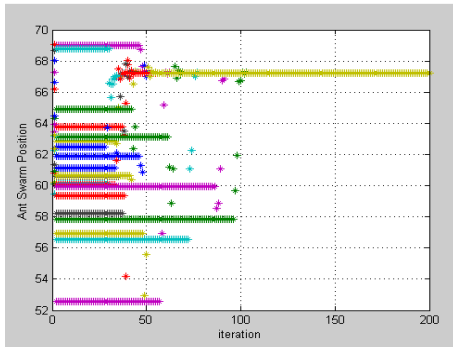
Tabel 1. Persamaan Input Output Pembangkit

No	Merek Mesin	input-output (aPg <sub>i</sub> <sup>2</sup> + bPg <sub>i</sub> + c)	Persamaan		
			a	b	c
1.	Sewatama 1 & Sewatama 2	1 5	0,984	189,88	458,43
2.	CCM SULZER 12 ZV 40/48	12 4	5,520	199,87	158,06
3.	NIGATA-12 PC 2-5 V	9	109,3	-	521,34
4.	NEW SULZER-12 ZAV 40S	12 7	25,66	-91,3	1058,2
5.	RUSTON-8 RK 3C	8	1.090	1118,4	441,27
6.	PIELSTICK	8	4,239	208,75	113,18

Hasil simulasi menggunakan metode optimasi CASO yang dibandingkan dengan hasil optimasi operasi PLN, dan hasil metode

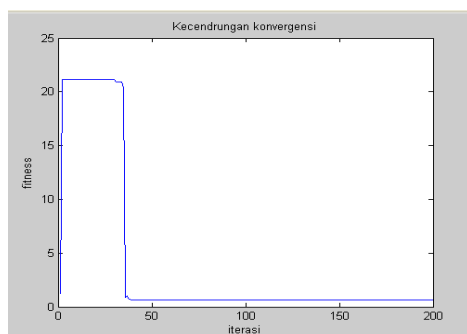
optimasi AG dengan software Matlab pada Sistem Kelistrikan Lombok dalam menentukan besarnya biaya pembangkitan (Rp/jam) dan daya pembangkitan (MW) dengan memenuhi kekangan inequality dan equality yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Hasil simulasi menggunakan metode optimasi CASO pada Sistem Kelistrikan Lombok dapat ditampilkan berturut-turut pada Gambar 5 dan 6 berikut :



Gambar 5. Pergerakan koloni semut pada tiap iterasi

Gambar 5. menunjukkan pergerakan setiap individu semut yang diwakilkan oleh masing-masing warna dalam sebuah ruang pencarian pada tiap-tiap iterasi. Pada saat awal individu semut masih menyebar berdasarkan variabel organisasinya dan baru pada iterasi ke-90 pengaruh individu dari semut acak mulai hilang, kemudian koloni semut bergerak dalam satu lintasan yang sama.



Gambar 6. Grafik kecendrungan konvergensi Fitness

Gambar 6 menunjukkan grafik kecendrungan konvergensi fitness pada tiap iterasi.

Dimana nilai fitness terkecil yang dihasilkan akan selalu diupdate setiap iterasi sehingga akan menghasilkan kecenderungan konvergensi nilai fitness terkecil yang diperoleh pada iterasi ke-40.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, simulasi dan pembahasan yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Kombinasi parameter metode optimasi CASO yang digunakan untuk menyelesaikan masalah Economic Dispatch (ED) pada Sistem Kelistrikan Lombok memiliki 14 generator dengan jumlah semut sebanyak 20 individu, dan maksimal iterasi dilakukan sebanyak 200 kali.
2. Daya pembangkitan total yang dihasilkan dengan pencarian acak menggunakan metode optimasi CASO meningkat sebesar 0,051 MW (0,076%) dengan kenaikan rugi daya total sebesar 0,051 MW (4,427%) dari hasil optimasi operasi PLN, sedangkan daya pembangkitan total dengan hasil metode optimasi AG menurun sebesar 0,225 MW (0,333%) dengan penurunan rugi daya total sebesar 0,225 MW (16,34%).
3. Biaya pembangkitan total yang dihasilkan dengan metode optimasi CASO diperoleh penghematan biaya sebesar Rp 3.181.550/jam (1,982%) dibandingkan dengan hasil optimasi operasi PLN, dan mengalami peningkatan biaya sebesar Rp 2.521.870/jam (1,603%) dibandingkan hasil metode optimasi Algoritma Genetika (AG).

## DAFTAR PUSTAKA

- Kusmira, I Gusti Ayu Ita., 2011. "Economic Dispatch pada Sistem Kelistrikan Lombok menggunakan metode Algoritma Genetika", Skripsi, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Mataram.
- Saadat, H., 1999. "Power System Analysis", WCB McGraw-Hill, Milwaukee School of Engineering, Singapore.
- Zuliari, Efrita Arfah dan Imam Robandi., 2010. "Economic Dispatch Dengan Menggunakan Chaotic Ant Swarm Optimization", Jurnal, Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.