

# PENYELESAIAN *ECONOMIC DISPATCH* MENGGUNAKAN METODE *DIFFERENTIAL EVOLUTION ALGORITHM*

Jerry prasetya<sup>1)</sup>, Hardiansyah<sup>2)</sup>, M. Iqbal Arsyad<sup>3)</sup>  
Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, Pontianak  
Email<sup>1)</sup> : [jerryprasetya95@gmail.com](mailto:jerryprasetya95@gmail.com)

## ABSTRAK

*Operasi ekonomis sistem tenaga listrik merupakan aspek penting dalam manajemen operasi sistem energi. Penelitian ini bertujuan melakukan analisa operasi ekonomis pembangkit termal dengan melakukan perhitungan untuk mendapatkan daya yang optimal serta biaya pembangkitan minimum. Dalam permasalahan seperti economic dispatch pada penelitian ini menggunakan metode Differential Evolution, (DE) adalah salah satu metode modern yang diaplikasikan berdasarkan perilaku evolusi biologi. Dalam representasi ED, metode DE menemukan nilai-nilai optimum daya yang dibangkitkan secara optimal sebagai acuan untuk biaya bahan bakar (\$/h) terendah. Untuk menguji metode Differential Evolution Algorithm ini, diuji dengan dengan standar sistem IEEE, hasil tersebut dibandingkan dengan metode konvensional yaitu metode Lagrange Multiplier. Salah satu daripada hasil pengujian yaitu untuk pengujian sistem 20 unit generator metode DE untuk beban 3050 MW dengan memperhitungkan rugi-rugi transmisi, metode Differential Evolution memiliki harga biaya bahan bakar lebih ekonomis dari metode Lagrange Multiplier sebesar  $\pm 0,2495\%$ . Sedangkan dari segi rugi-rugi transmisi metode Differential Evolution lebih rendah dari metode Lagrange Multiplier sebesar  $\pm 17,6414\%$ . Biaya bahan bakar pembangkitan metode Lagrange Multiplier sebesar 74340,5081 (\$/h) dengan rugi-rugi transmisi sebesar 155,4427 MW dan biaya bahan bakar pembangkitan metode Differential Evolution sebesar 74154,9881 (\$/h) dengan rugi rugi transmisi 128,0204 MW. Dengan demikian biaya pembangkitan dapat dihemat sekiranya kapasitas pembangkitan dapat dioptimalkan atau dioperasikan sesuai dengan hasil perhitungan operasi ekonomis. Dalam hal ini metode Differential Evolution algorithm merupakan salah satu metode modern yang dapat dipergunakan dalam masalah economic dispatch karena telah berhasil menyelesaikan pencapaian harga optimum untuk hasil biaya bahan bakar ekonomis pembangkitan dengan tingkat keakuratan dari hasil yang didapat secara optimal.*

**Kata Kunci :** *Economic Dispatch, Differential Evolution Algorithm, Lagrange Multiplier*

### 1. Pendahuluan

Seiring dengan kenaikan tarif listrik, pengurangan/penghapusan subsidi, diperlukan usaha-usaha konservasi dan diversifikasi energi listrik. Optimasi biaya pembangkitan untuk menurunkan biaya operasi pembangkit merupakan salah satu usaha konservasi energi disisi pembangkitan. Penyedia tenaga listrik bertujuan untuk memenuhi kebutuhan beban listrik secara efisien dengan biaya minimum. Untuk mencapai tujuan tersebut diperlukan penjadwalan unit pembangkit dengan biaya minimum, namun tetap dapat memenuhi kebutuhan daya dengan kualitas yang baik.

Sistem tenaga listrik yang sehat harus dapat memberikan keuntungan terhadap biaya yang diinvestasikan pada operasi pembangkitan. Konsumsi bahan bakar pembangkit menjadi suatu masalah yang perlu mendapat perhatian serius, mengingat komponen biaya penyediaan tenaga listrik terbesar adalah biaya bahan bakar yaitu sekitar 60% dari biaya total. Dari 60% biaya bahan bakar tersebut 85% diantaranya

adalah biaya bahan bakar untuk pembangkit termal[1].

Operasi ekonomis bertujuan untuk menjadwalkan atau mengatur daya keluaran dari masing-masing pembangkit yang ada dalam sistem tenaga listrik untuk melayani beban sehingga jumlah biaya pembangkitan yang dikeluarkan sekecil atau seminimal mungkin tanpa mengabaikan pelayanan kepada konsumen. Untuk melayani beban dengan nilai tertentu maka yang perlu diperhatikan adalah berapa daya yang harus dibangkitkan oleh setiap unit pembangkit sehingga diperoleh pembangkitan yang ekonomis atau juga biasa disebut dengan Economic Dispatch (ED). Dalam penelitian ini untuk menyelesaikan masalah ED menggunakan algoritma *Differential Evolution Algorithm* (DE). metode *Differential Evolution Algorithm* ini hasil uji yang didapatkan akan dibandingkan dengan metode *Lagrange Multiplier* dengan beberapa studi kasus dengan standar sistem *IEEE* pada 3 unit generator, 6 unit generator dan 20 unit

generator dengan menggunakan 4 parameter kontrol.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Economic Dispatch

*Economic dispatch* adalah pembagian pembebanan pada setiap unit pembangkit sehingga diperoleh kombinasi unit pembangkit yang dapat memenuhi kebutuhan beban dengan biaya yang

optimum. Tujuan *Economic Dispatch* dalam sistem tenaga adalah untuk menemukan kombinasi terbaik dari output daya untuk semua unit pembangkit yang akan meminimalkan total biaya bahan bakar serta memenuhi beban dan kendala operasional. Secara umum fungsi biaya dari setiap unit pembangkit dapat diformulasikan secara matematis sebagai suatu fungsi obyektif, seperti yang diberikan pada persamaan berikut:

$$\text{Minimize } F_T = \sum_{i=1}^n F_i(P_i) \quad (1)$$

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

dimana:

$F_T$  = total biaya pembangkitan (\$)

$F_i(P_i)$  = fungsi biaya input-output pembangkit ke- $i$  (\$/h)

$a_i, b_i, c_i$  = koefisien biaya dari pembangkit ke- $i$

$P_i$  = output pembangkit ke- $i$  (MW)

$n$  = jumlah unit pembangkit

$i$  = indeks dari *dispatchable unit*

#### Kendala Keseimbangan Beban :

$$\sum_{i=1}^n P_i = P_D + P_L \quad (3)$$

$$P_L = \sum_i \sum_j P_i B_{ij} P_j \quad (4)$$

#### Kendala batas output pembangkit :

$$P_i^{\min} \leq P_i \leq P_i^{\max} \quad (5)$$

dimana:

$P_D$  = Total permintaan beban (MW)

$P_L$  = Rugi rugi transmisi pada sistem (MW)

$B_{ij}$  = Koefisien rugi rugi transmisi

$P_i$  = Unit pada pembangkit ke - $i$

$P_j$  = Unit pada pembangkit ke - $j$

### 2.2 Differential Evolution Algorithm

Differential Evolutionary Algorithm (DE) adalah salah satu tipe teknik optimasi modern yang berbasis mekanisme pencarian. Algoritma yang diperkenalkan oleh Storn dan Price pada tahun 1995 ini mempunyai kelebihan dibandingkan teknik optimasi lainnya. Beberapa diantaranya adalah strukturnya yang sederhana, parameter kontrolnya yang sedikit dan konvergensi keandalannya yang tinggi. Formulasinya yang sederhana namun tetap unggul dan dapat terus dikembangkan. Metoda ini sangat atraktif untuk penyelesaian masalah optimasi global non-convex. Algoritma dasar DE secara tipikal terdiri dari 4 bagian, antara lain: 1) initialization, 2) mutation, 3) crossover, dan 4) selection phases. Mutation dan crossover digunakan untuk membangkitkan individu baru, dan selection menentukan bahwa individu tersebut akan unggul kedalam generasi berikutnya. Kinerja algoritma DE biasanya tergantung dari 3 parameter, yaitu ukuran populasi NP, factor mutasi F, dan crossover rate CR [2,3].

Langkah - Langkah Penyelesaian Economic Dispatch menggunakan DE diberikan sebagai berikut:

1. Atur parameter DE pada solusi seperti jumlah populasi (NP), *factor mutasi* (F), tingkat *crossover* (CR), batasan sistem dan jumlah iterasi (Itermax). Dalam pengaplikasian ini, daya *output* generator dan fungsi biaya bahan bakar yang di optimasikan. Batasan batasan harus memenuhi sistem generator dan parameter F dan CR memiliki interval nilai (0 - 1) dan Iterasi Maksimum yang dilakukan sebanyak 300 kali.
2. Dalam pengoptimasian metode DE membuat inialisasi populasi pada daya *output* generator sebagai calon kandidat daya dengan melakukan nilai acak pada batasan sistem yang di tentukan.

$$P_{ij}^{(0)} = P_j^{\min} + \text{rand} * (P_j^{\max} - P_j^{\min}) \quad (6)$$

dimana,  $P_{ij}$  adalah inisial populasi ( generasi  $G=0$ ) pada kandidat,  $P_{\min j}$  dan  $P_{\max j}$  adalah

batas minimum dan batas maksimum output daya generator (MW).

Dimana,  $P_{ij}$  adalah inisial populasi (generasi  $G=0$ ) pada kandidat,  $P_{min j}$  dan  $P_{max j}$  adalah batas minimum dan batas maksimum output daya generator (MW).

3. Evaluasi fitness di setiap populasi dimana hitung fungsi objektif.

$$f_{best}^{(0)} = f(P_{best j}^{(0)}), P_{best j}^{(0)} \in P_{i,j}^{(0)} \quad (7)$$

Dengan:

$F_i$  = Besar biaya pembangkitan pada pembangkit ke- $i$  (Rp).

$P_i$  = Daya output dari pembangkit.

4. Operasi mutasi (*differential operation*) adalah produksi  $P$  mutasi dengan memasukkan daya yang dipilih secara acak dengan perbedaan satu sama lain. Untuk menentukan masukan daya yang di pilih secara acak di gunakan mutasi *factor*  $F$ , dimana konstanta nilai  $[0, 1]$ . Untuk setiap daya *output*  $P_{ij}^{(G)}$  suatu mutan daya *output*  $V_{ij}^{(G)}$  di produksi menggunakan:

*DE/Rand/I* :

$$V_{ij}^{(G+1)} = P_{raj}^{(G)} + F(P_{rbj}^{(G)} - P_{rcj}^{(G)}) \quad (8)$$

*DE/Best/I* :

$$V_{ij}^{(G+1)} = P_{bestj}^{(G)} + F(P_{raj}^{(G)} - P_{rbj}^{(G)}) \quad (9)$$

*DE/Rand to best/I* :

$$V_{ij}^{(G+1)} = P_{ij}^{(G)} + F(P_{best}^{(G)} - P_{ij}^{(G)} + F(P_{raj}^{(G)} - P_{rbj}^{(G)})) \quad (10)$$

*DE/Best/2* :

$$V_{ij}^{(G+1)} = P_{bestj}^{(G)} + F(P_{raj}^{(G)} - P_{rbj}^{(G)}) + F(P_{rcj}^{(G)} - P_{rdj}^{(G)}) \quad (11)$$

*DE/Rand/2* :

$$V_{ij}^{(G+1)} = P_{raj}^{(G)} + F(P_{rbj}^{(G)} - P_{rcj}^{(G)}) + F(P_{rdj}^{(G)} - P_{rej}^{(G)}) \quad (12)$$

Dimana indeks untuk  $ra, rb, rc, rd$   $[1,2,...NP]$  adalah dipilih secara acak bilangan bulat secara khusus daya  $P_{raj}^{(G)}, P_{rbj}^{(G)}$  dan  $P_{rcj}^{(G)}$  adalah individu yang diacak dari populasi  $P_{ij}^{(G)}$  dimana  $G= 0,1,2,... G_{max}$ . Dimana menunjukkan generasi berikutnya yang dibuat untuk setiap iterasi. Daya *output*  $p_{best j} (G)$  adalah daya *output* terbaik dengan fitness terbaik dalam populasi di setiap generasi.

5. Operasi *Crossover* (*Recombinase*)

*Crossover* di terapkan pada populasi operasi *crossover* dipakai untuk meningkatkan variasi daya *output*. Percobaan ini menghasilkan daya *output*  $t_{ij}^{(G+1)}$ . Percobaan

daya *output* adalah gabungan dari  $V_{i,j}^{(G+1)}$  dan  $P_{ij}^{(G+1)}$  dan  $P_{ij}^{(G)}$ . Berdasarkan dari pada skema binomial (/bin) atau skema eksponensial (/exp). Dalam skema binomial, jika random atau angka acak kurang atau sama dengan CR parameter akan berasal dari  $V_{i,j}^{(G+1)}$  jika tidak parameternya berasal dari  $P_{ij}^{(G)}$ . Jika  $CR = 1$  berarti  $t_{ij}^{(G+1)}$  akan seluruhnya terdiri dari  $V_{i,j}^{(G+1)}$ . *Crossover* binomial dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$t_{ij}^{(G+1)} = \begin{cases} V_{ij}^{(G+1)} & \text{if } (Rand j \leq CR) \text{ or } (j = jrand) \\ P_{ij}^{(G)} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (13)$$

dimana  $I = 1,2,... NP$ ,  $J = 1,2,...N$  dan  $jrand$  adalah pemilihan indeks secara acak dimana  $\{1,2,...N\}$

itu menjadi  $t_{ij}^{(G+1)}$  untuk mendapatkan setidaknya satu parameter dari  $V_{ij}^{(G+1)}$ .

6. Pemilihan Operasi.

Langkah terakhir  $t_{ij}^{(G+1)}$  yang di hasilkan dari operasi *crossover* yang diterima untuk tahap selanjutnya jika generasi memiliki nilai yang sama atau lebih rendah dari fungsi objektif ED dari pada nilai awal yakni  $P_{i,j}$ . dengan menggunakan:

$$P_{i,j}^{(G+1)} = \begin{cases} t_{i,j}^{(G+1)} & \text{if } f(P_{i,j}^{(G+1)}) \leq f(P_{i,j}^{(G)}) \\ P_{i,j}^{(G)} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (14)$$

Daya *output* terbaik dan nilai generasi saat ini juga dipilih di disini sebagai

$$f_{best}^{(0)} = f(P_{best j}^{(0)}), P_{best j}^{(0)} \in P_{i,j}^{(0)} \quad (15)$$

proses mutasi, *crossover*, dan seleksi diulang untuk menciptakan generasi baru hingga  $f_{best}^{(G+1)}$  memenuhi kriteria  $\epsilon$  dan menghasilkan  $P_{best j}^{(G+1)}$  sebagai daya *output* yang sesuai.

### 2.3 Lagrange Multiplier

Metode *Lagrange Multiplier* atau biasa disebut iterasi lamda merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk penjadwalan ekonomis. Sebuah tipikal pendekatan untuk menambah batasan ke dalam fungsi objektif dengan menggunakan bilangan pengali lagrange seperti persamaan berikut:

$$L = F_t + \lambda (P_d - \sum_{i=1}^{ng} P_i) \quad (16)$$

Persamaan untuk mendapatkan lamda awal menggunakan persamaan berikut:

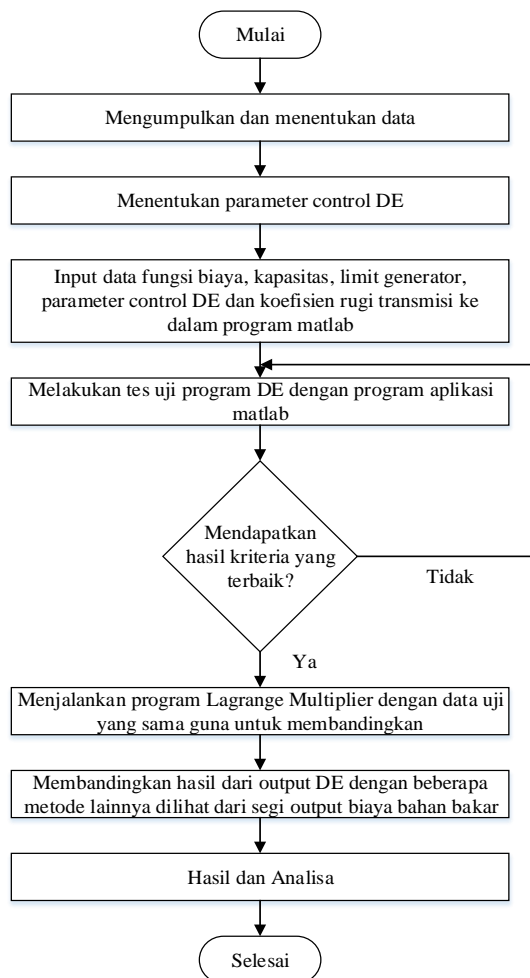
$$\lambda = \frac{P_D + \sum_{i=1}^{ng} \beta_i}{\sum_{i=1}^{ng} \frac{1}{\gamma_i}} \quad (17)$$

Berdasarkan nilai  $\lambda$  tersebut dapat diketahui nilai pembangkitan untuk setiap unit pembangkit.

$$P_i = \frac{\lambda - \beta_i}{2\gamma_i} \quad (18)$$

Berikut ini adalah langkah – langkah *Economic Dispatch* menggunakan metode *Lagrange Multiplier*:

1. Tentukan nilai  $\lambda$  awal menggunakan persamaan 16.
2. Menghitung nilai  $P_i$  berdasarkan nilai  $\lambda$  yang didapatkan menggunakan persamaan 17.
3. Menghitung perbedaan besar daya beban dan daya yang dibangkitkan.
 
$$\Delta P^{(k)} = P_D - \sum_{i=1}^{n_g} P_i^{(k)} \quad (19)$$
4. Periksa konvergensi dengan  $|\Delta P| \leq \text{Toleransi}$ .
5. Lakukan langkah – langkah 2-5 hingga konvergensi tercapai.



Gambar 1. Diagram Alir *Differential Evolution Algorithm*

### 3. Hasil Dan Pembahasan

Hasil output metode *Differential Evolution* akan dibandingkan dengan metode konvensional *Lagrange Multiplier* untuk menguji keefektifan biaya bahan bakar minimum, pada sistem standar *IEEE 3, 6*, dan 20 unit generator.

Untuk penyelesaian kasus ED menggunakan metode *Differential Evolution* dilakukan penentuan parameter yang perlu dilakukan yakni :

Tabel 1. Parameter *Differential Evolution Algorithm*

Parameter	Symbol	Nilai DE
Jumlah Populasi	NP	20
Iterasi Maximum	Itermax	300
Faktor mutasi	F	0,8
Tingkat Crossover	CR	0.8

#### 3.1 Sistem 3 Unit Generator

Adapun variasi beban yang digunakan sebesar 125 MW, 225 MW, dan 375 MW beserta koefisien matriks  $B_{ij}$  pada pembangkit tenaga termal kemudian untuk data pembanding hanya membandingkan dengan metode *Lagrange Multiplier* (LM).

Tabel 2. Karakteristik Biaya Bahan Bakar Sistem 3 Unit Generator dan Koefisien Rugi-Rugi Transmisi<sup>4)</sup>

Unit	$P_i^{\text{Min}}$ (MW)	$P_i^{\text{Max}}$ (MW)	$a_i$ (\$/MW <sup>2</sup> )	$b_i$ (\$/MW)	$c_i$ (\$)
1	50	250	0.00525	8.663	328.13
2	5	150	0.00609	10.040	136.91
3	15	100	0.00592	9.760	59.16

$$B_{ij} = \begin{bmatrix} 0.0001360 & 0.0000175 & 0.000184 \\ 0.0000175 & 0.0001540 & 0.000238 \\ 0.0001840 & 0.0002830 & 0.001610 \end{bmatrix}$$

Hasil simulasi menggunakan metode DE dan LM pada 3 unit generator dengan rugi-rugi transmisi ditunjukkan pada tabel 3 dan tanpa rugi-rugi transmisi ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 3. Hasil Simulasi 3 Unit Generator dengan Rugi-Rugi Transmisi

No.	Daya Beban (MW)	Biaya Bahan Bakar (\$/h)	
		<i>Lagrange Multiplier</i>	<i>Diffenrential Evolution</i>
1	125	1715.0148	1715.1305
2	225	2773.1358	2773.2687
3	375	4513.4078	4513.5574

Rugi – Rugi Transmisi (MW)	
<i>Lagrange Multiplier</i>	<i>Differential Evolution</i>
2.5958	2.5958
6.1010	6.1262
14.7919	14.7919

Tabel 4. Hasil Simulasi 3 Unit Generator Tanpa Rugi-Rugi Transmisi

NO.	Daya Beban (MW)	Biaya Bahan Bakar (\$/h)	
		<i>Lagrange Multiplier</i>	<i>Differential Evolution</i>
1	125	1689.6305	1689.7805
2	225	2698.5456	2699.0115
3	375	4287.2601	4288.2098

### 3.2 Sistem 6 Unit Generator

Adapun variasi beban yang digunakan sebesar 850 MW, 950 MW, dan 1275 MW beserta koefisien matriks  $B_{ij}$  pada pembangkit tenaga termal kemudian untuk data pembandingan hanya membandingkan dengan metode *Lagrange Multiplier* (LM).

Tabel 5. Karakteristik Biaya Bahan Bakar Sistem 6 Unit Generator dan Koefisien Rugi-Rugi Transmisi<sup>5)</sup>

Unit	$P_i^{Min}$ (MW)	$P_i^{Max}$ (MW)	$A_i$ (\$/MW <sup>2</sup> )	$b_i$ (\$/MW)	$c_i$ (\$)
1	10	125	0.0033870	0.856440	16.81775 0
2	10	150	0.0023500	1.025760	10.02945 0
3	35	225	0.0006230	0.897700	23.33328 0
4	35	210	0.0007880	0.851234	27.63400 0
5	130	325	0.0004690	0.807285	36.85688 0
6	125	315	0.0003998	0.850454	30.14798 0

$$B_{ij} = \begin{bmatrix} 0.000140 & 0.000017 & 0.000015 & 0.000019 & 0.000026 & 0.000022 \\ 0.000017 & 0.000060 & 0.000013 & 0.000016 & 0.000015 & 0.000020 \\ 0.000015 & 0.000013 & 0.000065 & 0.000017 & 0.000024 & 0.000019 \\ 0.000019 & 0.000016 & 0.000017 & 0.000071 & 0.000030 & 0.000025 \\ 0.000026 & 0.000015 & 0.000024 & 0.000030 & 0.000069 & 0.000032 \\ 0.000022 & 0.000020 & 0.000019 & 0.000025 & 0.000032 & 0.000085 \end{bmatrix}$$

Hasil simulasi menggunakan metode DE dan LM pada 6 unit generator dengan rugi-rugi transmisi ditunjukkan pada tabel 6 dan tanpa rugi-rugi transmisi ditunjukkan pada tabel 7.

Tabel 6. Hasil Simulasi 6 Unit Generator dengan Rugi-Rugi Transmisi

No.	Daya Beban (MW)	Biaya Bahan Bakar (\$/h)	
		<i>Lagrange Multiplier</i>	<i>Differential Evolution</i>
1	850	987.7777	987.7778
2	950	1104.0381	1104.0381
3	1275	1548.9395	1548.9226

Rugi – Rugi Transmisi (MW)	
<i>Lagrange Multiplier</i>	<i>Differential Evolution</i>
28.5559	28.5559
35.6290	35.6290
57.8383	57.7895

Tabel 7. Hasil Simulasi 6 Unit Generator Tanpa Rugi-Rugi Transmisi

No.	Daya Beban (MW)	Biaya Bahan Bakar (\$/h)	
		<i>Lagrange Multiplier</i>	<i>Differential Evolution</i>
1	850	956.7874	956.7874
2	950	1064.4437	1064.4437
3	1275	1456.8469	1456.8469

### 3.3 Sistem 20 Unit Generator

Adapun variasi beban yang digunakan sebesar 2500 MW, 3050 MW, dan 3500 MW beserta koefisien matriks  $B_{ij}$  pada pembangkit tenaga termal kemudian untuk data pembandingan hanya membandingkan dengan metode *Lagrange Multiplier* (LM).

Tabel 8. Karakteristik Biaya Bahan Bakar Sistem 20 Unit Generator dan Koefisien Rugi-Rugi Transmisi<sup>6)</sup>

Unit	$P_i^{Min}$ (MW)	$P_i^{Max}$ (MW)	$a_i$ (\$/MW <sup>2</sup> )	$b_i$ (\$/MW)	$c_i$ (\$)
1	150	600	0.00068	18.19	1000
2	50	200	0.00071	19.26	970
3	50	200	0.00650	19.80	600
4	50	200	0.00500	19.10	700
5	50	160	0.00738	18.10	420
6	20	100	0.00612	19.26	360
7	25	125	0.00790	17.14	490
8	50	150	0.00813	18.92	660
9	50	200	0.00522	18.27	765
10	30	150	0.00573	18.92	770
11	100	300	0.00480	16.69	800
12	150	500	0.00310	16.76	970
13	40	160	0.00850	17.36	900
14	20	130	0.00511	18.70	700
15	25	185	0.00398	18.70	450
16	20	80	0.07120	14.26	370
17	30	85	0.00890	19.14	480
18	30	120	0.00713	18.92	680
19	40	120	0.00622	18.47	700
20	30	100	0.00773	19.79	850

$$B_{ij} = 10^{-5}$$

8.70	0.43	-4.61	0.36	0.32	-0.66	0.96	-1.60	0.80	-0.10	3.60	0.64	0.79	2.10	1.70	0.80	-3.20	0.70	0.48	-0.70
0.43	8.30	-0.97	0.22	0.75	-0.28	5.04	1.70	0.54	7.20	-0.28	0.98	-0.46	1.30	0.80	-0.20	0.52	-1.70	0.80	0.20
-4.61	-0.97	9.00	-2.00	0.63	3.00	1.70	-4.30	3.10	-2.00	0.70	-0.77	0.93	4.60	-0.30	4.20	0.38	0.70	-2.00	3.60
0.36	0.22	-2.00	5.30	0.47	2.62	-1.96	2.10	0.67	1.80	-0.45	0.92	2.40	7.60	-0.20	0.70	-1.00	0.86	1.60	0.87
0.32	0.75	0.63	0.47	8.60	-0.80	0.37	0.72	-0.90	0.69	1.80	4.30	-2.80	-0.70	2.30	3.60	0.80	0.20	-3.00	0.50
-0.66	-0.28	3.00	2.62	-0.80	11.8	-4.90	0.30	3.00	-3.00	0.40	0.78	6.40	2.60	-0.20	2.10	-0.40	2.30	1.60	-2.10
0.96	5.04	1.70	-1.96	0.37	-4.90	8.24	-0.90	5.90	-0.60	8.50	-0.83	7.20	4.80	-0.90	-0.10	1.30	0.76	1.90	1.30
-1.60	1.70	-4.30	2.10	0.72	0.30	-0.90	1.20	-0.96	0.56	1.60	0.80	-0.40	0.23	0.75	-0.56	0.80	-0.30	5.30	0.80
0.80	0.54	3.10	0.67	-0.90	3.00	5.90	-0.96	0.93	-0.30	6.50	2.30	2.60	0.58	-0.10	0.23	-0.30	1.50	0.74	0.70
-0.10	7.20	-2.00	1.80	0.69	-3.00	-0.60	0.56	-3.0	0.99	-6.60	3.90	2.30	-0.30	2.80	-0.80	0.38	1.90	0.47	-0.26
3.60	-0.28	0.70	-0.45	1.80	0.40	8.50	1.60	6.50	-6.60	10.7	5.30	-0.60	0.70	1.90	-2.60	0.93	-0.60	3.80	-1.50
0.64	0.98	-0.77	0.92	4.30	0.78	-0.83	0.80	2.30	3.90	5.30	8.00	0.90	2.10	-0.70	5.70	5.40	1.50	0.70	0.10
0.79	-0.46	0.93	2.40	-2.80	6.40	7.20	-0.40	2.60	2.30	-0.60	0.90	11.0	0.87	-1.00	3.60	0.46	-0.90	0.60	1.50
2.10	1.30	4.60	7.60	-0.70	2.60	4.80	0.23	0.58	-0.30	0.70	2.10	0.87	3.80	0.50	-0.70	1.90	2.30	-0.97	0.90
1.70	0.80	-0.30	-0.20	2.30	-0.20	-0.90	0.75	-0.10	2.80	1.90	-0.70	-1.00	0.50	11.0	1.90	-0.80	2.60	2.30	-0.10
0.80	-0.20	4.20	0.70	3.60	2.10	-0.10	-0.56	0.23	-0.80	-2.60	5.70	3.60	-0.70	1.90	10.8	2.50	-1.80	0.90	-2.60
-3.20	0.52	0.38	-1.00	0.80	-0.40	1.30	0.80	-0.30	0.38	0.93	5.40	0.46	1.90	-0.80	2.50	8.70	4.20	-0.30	0.68
0.70	-1.70	0.70	0.86	0.20	2.30	0.76	-0.30	1.50	1.90	-0.60	1.50	-0.90	2.30	2.60	-1.80	4.20	2.20	0.16	-0.30
0.48	0.80	-2.00	1.60	-3.00	1.60	1.90	5.30	0.74	0.47	3.80	0.70	0.60	-0.97	2.30	0.90	-0.30	0.16	7.60	0.69
-0.70	0.20	3.60	0.87	0.50	-2.10	1.30	0.80	0.70	-0.26	-1.50	0.10	1.50	0.90	-0.10	-2.60	0.68	-0.30	0.69	7.00

Hasil simulasi menggunakan metode DE dan LM pada 20 unit generator dengan rugi-rugi transmisi ditunjukkan pada tabel 9 dan tanpa rugi-rugi transmisi ditunjukkan pada tabel 10.

Tabel 9. Hasil Simulasi 20 Unit Generator dengan Rugi-Rugi Transmisi

No.	Daya Beban (MW)	Biaya Bahan Bakar (\$/h)	
		<i>Lagrange Multiplier</i>	<i>Differential Evolution</i>
1	2500	62456.6322	62456.6331
2	3050	74340.5081	74154.9881
3	3500	84198.6011	84153.1470

Rugi-Rugi Transmisi (MW)	
<i>Lagrange Multiplier</i>	<i>Differential Evolution</i>
91.9667	91.9667
155.4427	128.0204
186.7009	182.5070

Tabel 10. Hasil Simulasi 20 Unit Generator Tanpa Rugi-Rugi Transmisi

NO.	Daya Beban (MW)	Biaya Bahan Bakar (\$/h)	
		<i>Lagrange Multiplier</i>	<i>Differential Evolution</i>
1	125	1689.6305	1689.7805
2	225	2698.5456	2699.0115
3	375	4287.2601	4288.2098

## 4. Penutup

### 4.1 Kesimpulan

1. Setelah dilakukan pengujian pada sistem 3, 6 dan 20 unit generator pada masalah

*Economic Dispatch* dengan pendekatan *Differential Evolution Algorithm* (DE), metode DE telah berhasil menyelesaikan pencapaian harga optimum untuk hasil biaya bahan bakar ekonomis pembangkitan dan rugi-rugi transmisi yang di hasilkan.

2. Dari hasil uji untuk pengujian sistem 6 dan 20 unit generator metode DE dengan rugi-rugi transmisi menghasilkan ouput biaya bahan bakar yang lebih rendah dibandingkan dengan metode *Lagrange Multiplier*. Untuk sistem 6 unit generator pada beban 1275 MW sebesar  $\pm 0,001\%$  dengan memperhitungkan rugi-rugi transmisi. Untuk sistem 20 unit generator pada beban 3050 MW sebesar  $\pm 0,2495\%$ , beban 3500 MW sebesar  $\pm 0,0539\%$ .
3. Metode DE menghasilkan output yang lebih bervariasi dengan ketelitian yang lebih baik daripada metode LM.
4. Metode DE mampu mencari global optimum untuk pencapaian penghematan bahan bakar, rugi-rugi transmisi, dan waktu komputasi.
5. Parameter yang berpengaruh dalam pencapaian optimum pada metode DE Adalah jumlah populasi ( $Np$ ),  $CR$ ,  $F$  dan iterasi maksimum yang dilakukan.

### 4.2 Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut pada metode *Differential Evolution*, Dapat menggunakan metode lain yang dapat dipakai untuk pembebanan ekonomis pembangkit yakni bisa menggunakan *Modified Differential Evolution* dengan menerapkan beberapa parameter kendala seperti gas emisi, Batasan

ramp rate, dan valve point pada sistem unit pembangkitan dengan studi kasus dilapangan.

### Daftar Pustaka

1. Analisa Operasi Ekonomis Pembangkit Termal untuk Melayani Beban Puncak Sistem Kelistrikan Sumbar Syafi'i dan Kartika Ika Putri Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas.
2. R. Storn, K. Price, "Differential Evolution a Simple and Efficient Heuristic for Global Optimization over Continuous Spaces", J. Global Optim., vol. 11, no. 4, pp. 341-359, 1997.
3. K. Price, R. Storn, J.A. Lampinen. *Differential Evolution: A Practical Approach to Global Optimization*, Springer, Berlin, Heidelberg, 2005.
4. M. Vanitha, and K. Thanushkodi 2011. *Solution to Economic Dispatch Problem BY Differential Evaluation Algorithm Considering Linear Equality and Inequality Constrains. International Journal of Research and Reviews in Electrical and Computer Engineering, 1(1) : 21-26.*"
5. A.Attia El-Fergany, Member, IACSIT. *Solution of economic load dispatch problem with smooth and no smooth fuel cost functions including line losses using genetic algorithm. International journal of computer and electrical engineering, vol.3, No.5, October 2011.*
6. Leandro dos Santos Coelho, and Chu-Sheng Lee. *Solving economic load dispatch problems in power systems using chaotic and Gaussian particle swarm optimization approaches. Electrical Power and Energy Systems, 2008, 30 : 297-307.*
7. Hiendro, Ayong. 2011. *Multiple Switching Patterns for SHEPWM Inverters Using Differential Evolution Algorithms. International Journal of Power Electronics and Drive System (IJPEDS). ISSN: 2088-8694. Vol. 1, No. 2, Desember 2011, pp.94-103.*
8. Hadi Saadat, *Power System Analysis*, Tata McGraw Hill Publishing Company, New Delhi, 2002.
9. Sudhir, S.; Shivani, M., and Nitish, C. 2015. *Economic Load Dispatch Using Grey Wolf Optimization. International Journal of Engineering Research and Applications ISSN: 2248-9622. Vol 5 Issue 4, ( part-6) april, pp.128-132.*
10. Cekdin Cekmas. *Sistem Tenaga Listrik contoh Soal dan Penyelesaiannya Menggunakan Matlab*. Palembang: Andi Yogyakarta, 2006.
11. A. J Wood, B. F. Wollenberg. *Power Generation, Operation, and Control*, 2<sup>nd</sup> ed., John Wiley and Sons, New York, 1996.
12. Marsudi, D. *Pembangkitan Energi Listrik*. Jakarta: Penerbit Erlangga, 990
13. Violita Anesya, Priyadi Ardyono, Robandi Imam, Optimisasi *Economic Dispatch* pada Sistem Kelistrikan Jawa Bali 500kV menggunakan *Differential Evolutionary Algorithm*, Jurnal Teknik ITS Vol 1(1), ISSN:2301-9271.
14. Z. X. Liang, J. D. Glover, "A Zoom Feature for a Dynamic Programming Solution to Economic Dispatch Including Transmission Losses", *IEEE Trans. on Power Systems*, vol. 7, no. 2, pp. 544-550, May 1992.
15. Hardiansyah, Junaidi, and Yohannes MS. *Application of Soft Computing Methods for Economic Load Dispatch Problems. International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 58– No.13, November 2012.*
16. Saadat, Hadi, 1999. *Power System Analysis. Power Generation, Operation, and Control*. Jhon wiley & Sons, Inc
17. Wood, A.J. and B.F. Wollenberg, *Power Generation Operation and Control*, John Wiley and Sons, New York, 1984.
18. Marsudi, D. 1990 "Pembangkitan Energi Listrik", Penerbit Erlangga, Jakarta.
19. Grainger Jhon J and William D. Stevenson.1994. *Power System Analysis*. Singapore: McGraw-hill.
20. El-Ghazali Talbi. *Metaheuristics From Design To Implementation*. John Wiley & Sons, 2009
21. Munir, R. 2005. Strategi algoritmik. Yogyakarta: Graha ilmu

### BIOGRAPHY



**Jerry Prasetya**, Lahir di Pontianak pada tanggal 03 Juni 1995. Menempuh pendidikan dasar di SD Negeri 32 Kota Pontianak lulus tahun 2007 dan melanjutkan SMP Negeri 16 Kota Pontianak, lulus tahun 2010. Kemudian melanjutkan SMA Negeri 1 Ketapang, lulus pada tahun 2013. Memperoleh gelar Sarjana dari Program Studi Teknik Elektro Universitas Tanjungpura Pontianak pada tahun 2019. Penelitian ini diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro Konsentrasi Teknik Tegangan Listrik Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS TANJUNGPURA  
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124  
Telp. (0561) 740186 Fax. (0561) 740186  
Email : [ft@untan.ac.id](mailto:ft@untan.ac.id) Website : <http://teknik.untan.ac.id>

---

**HALAMAN PENGESAHAN**

Nama : Jerry Prasetya  
Nim : D1021131074  
Judul Skripsi :

**"PENYELESAIAN *ECONOMIC DISPATCH* MENGGUNAKAN METODE  
*DIFFERENTIAL EVOLUTION ALGORITHM*"**

Tanggal Ujian Skripsi : 30 AGUSTUS 2019

Jurnal tersebut telah melalui proses bimbingan dan telah mendapatkan persetujuan dari pembimbing untuk dipublikasikan.

Pontianak, 30 Agustus 2019

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Dr. Eng. Ir. Hardiansyah, M.T.  
NIP. 19670227 199303 1 002

Pembimbing Pembantu,

Dr. Ir. M. Iqbal Arsyad, M.T.  
NIP. 19660907 199203 1 002