

# PENJADWALAN EKONOMIS UNIT-UNIT PEMBANGKIT THERMAL MENGUNAKAN METODE ALGORITMA GENETIKA

Aldianto <sup>1)</sup>, Hardiansyah <sup>2)</sup>, Rudi Gianto <sup>3)</sup>

Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, Pontianak

Email : [aldianto1414@gmail.com](mailto:aldianto1414@gmail.com)

## *Abstrak*

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). Untuk mengatasi masalah *Economic Dispatch*, berbagai teknik optimasi telah diterapkan, salah satunya adalah metode Algoritma Genetika. *Genetic Algorithm* (GA) atau Algoritma Genetika merupakan metode *metaheuristic* yang terinspirasi dari proses seleksi natural. GA adalah algoritma pencarian yang berdasarkan pada mekanisme sistem natural yakni genetika dan seleksi alam. Untuk sistem 3 *unit* generator pada beban 125 MW sebesar  $\pm 0,1841\%$ , beban 250 MW sebesar  $\pm 0,1193\%$  dan beban 375 MW sebesar  $\pm 0,1464\%$ . Untuk sistem 6 *unit* generator pada beban 425 MW sebesar  $\pm 0,00002\%$ , beban 850 MW sebesar  $\pm 0,00003\%$  dan beban 1275 MW sebesar  $\pm 0,0011\%$ . Untuk sistem 20 *unit* generator pada beban 1325 MW sebesar  $\pm 0,0195\%$ , beban 2650 MW sebesar  $\pm 0,0003\%$  dan beban 3500 MW sebesar  $\pm 0,0422\%$ . Pada pengujian metode Algoritma Genetika pada uji parameter kontrol 1, metode Algoritma Genetika dengan rugi-rugi transmisi menghasilkan biaya bahan bakar yang lebih rendah dibandingkan dengan metode *Lagrange Multiplier*. Sedangkan pada dari segi rugi-rugi transmisi metode Algoritma Genetika lebih rendah dari metode *Lagrange Multiplier*. Tetapi komputasi lebih lama dibandingkan dengan metode *Lagrange Multiplier*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode GA dapat menyelesaikan pencapaian harga optimum untuk hasil biaya bahan bakar ekonomis pembangkitan.

**Kata Kunci:** *Economic Dispatch*, Algoritma Genetika, *Lagrange Multiplier*.

## 1. Pendahuluan

Energi listrik merupakan suatu kebutuhan pokok bagi masyarakat saat ini. Oleh karena itu, energi listrik harus dapat tersedia secara terus menerus dengan mutu dan kualitas yang tinggi. Dan kebutuhan energi listrik tersebut tidak hanya dibutuhkan oleh masyarakat saja melainkan dibutuhkan juga oleh perusahaan-perusahaan dan instansi-instansi yang lain. Karena banyaknya energi listrik yang dibutuhkan maka energi listrik yang digunakan tidak hanya perlu satu pembangkit saja melainkan menggunakan beberapa pembangkit.

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).

Oleh karena itu, perlu diketahui karakteristik yang menggambarkan hubungan antara pemakaian bahan bakar dengan daya yang dihasilkan setiap unit pembangkit.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah *economic dispatch* dengan kurva *non-convex* adalah algoritma genetika. Algoritma genetika ini bekerja berdasarkan teori evolusi. Algoritma genetika ini juga tidak dibatasi oleh bentuk kurva karakteristik pembangkit, karena algoritma genetika ini bekerja dengan menggunakan metode probabilitas, bukan deterministik. Selain itu algoritma genetika ini

mencari solusi dari populasi yang dibangkitkan, sehingga algoritma genetika ini dapat memberikan banyak pilihan solusi.

Dalam penelitian ini metode penyelesaian *Economic Dispatch* menggunakan metode Algoritma Genetika. Hasil simulasi 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 2 jenis parameter kontrol.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Economic Dispatch

*Economic Dispatch* (ED) atau penjadwalan ekonomis adalah pembagian daya yang harus dibangkitkan oleh generator dalam suatu sistem tenaga listrik sehingga dapat memenuhi kebutuhan beban dengan biaya minimum.

Tujuan utama *economic dispatch* adalah menjadwalkan keluaran unit pembangkit agar dapat memenuhi permintaan beban pada suatu sistem dengan biaya operasi seminimal mungkin [13]. Operasi sistem tenaga pada frekuensi konstan dapat disebut “*power balance*” yaitu pembangkitan daya real sama dengan total beban ditambah rugi-rugi [1]. Untuk persamaannya dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_g = P_D + P_L \quad (1)$$

Dengan:

$$P_g = \sum_{i=1}^n P_{g_i} \quad (2)$$

Dimana:

$P_{g_i}$  = output masing-masing pembangkit

$P_D$  = total beban sistem

$P_L$  = total rugi-rugi transmisi

$n$  = jumlah pembangkit yang melayani sistem

Masing-masing pembangkit memiliki batas-batas dasar yaitu [3]:

$$P_{min_i} \leq P_{g_i} \leq P_{max_i} \quad (3)$$

Batas atas suatu generator dihubungkan terhadap rating termal stator generator. Sedangkan batas minimal suatu generator berhubungan dengan operasi *boiler* yang menghasilkan uap untuk menggerakkan turbin.

Biaya operasi sebuah unit terdiri dari biaya bahan bakar, biaya pekerja dan biaya

pemeliharaan. Semua jenis ini dikombinasikan dengan biaya bahan bakar, sehingga:

$$F_i = \text{biaya bahan bakar} \left( \frac{Rp}{MBtu} \right) \times H_i \quad (4)$$

Dimana:

$F_i$  = biaya bahan bakar (\$/Mbtu)

$H_i$  = input daya unit i (Mbtu/jam)

Tujuan utama karakteristik tersebut adalah untuk mendapatkan persamaan biaya yang diberikan dalam bentuk polinom orde kedua.

$$F_i = a_i P_{g_i}^2 + b_i P_{g_i} + c_i \quad (5)$$

Dimana:

$i$  = pembangkit i, satu dari n unit

$F_i$  = biaya pembangkit i (\$/jam)

$P_{g_i}$  = output daya listrik pembangkit i

$a, b, c$  = koefisien persamaan (konstanta)

Untuk total operasi sistem adalah:

$$\text{Minimize } F_T = \sum_{i=1}^n F_i \quad (6)$$

### 2.2 Algoritma Genetika

*Genetic Algorithm* (GA) atau Algoritma Genetika merupakan metode *metaheuristic* yang terinspirasi dari proses seleksi natural [2]. GA secara keseluruhan merupakan proses yang terinspirasi dari proses evolusi biologi yang berdasarkan teori evolusi Charles Darwin dan kemudian dikembangkan oleh Golberg diadopsi menjadi algoritma komputasi.

GA adalah algoritma pencarian yang berdasarkan pada mekanisme sistem natural yakni genetika dan seleksi alam. Dalam aplikasi algoritma genetika, variabel solusi dikodekan kedalam struktur string yang merepresentasikan barisan gen, yang merupakan karakteristik dari solusi problem.

Kelebihan menggunakan GA ini adalah *fitness value* yang dicari dapat menyelesaikan pada masalah *global optimum* dimana pada metode geometrik lebih sulit ditemukan atau sering terjebak di *local optimum*. Beberapa kasus GA juga dapat mempersingkat waktu dalam pencarian *global optimum* dalam suatu optimasi parameter di metode pengolahan data.

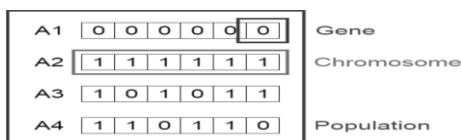
Tujuan dari GA adalah mencari *fitness value* dari individu disuatu populasi. Proses keseluruhan merupakan proses iterasi dari generasi ke generasi, dimana setiap generasi menghasilkan keturunan atau *off spring*, dimana setiap keturunan mempunyai individu yang baik dibandingkan

orang-tua atau *parent*-nya. Keturunan individu yang terbaik akan terpilih lagi menjadi *parent* pada generasi berikutnya. Proses ini terus menerus sampai *fitness value* dapat ditemukan.

Didalam GA terdapat 5 fase/langkah untuk mendapat *fitness value*, langkahnya adalah sebagai berikut [2]:

a. Inisialisasi Populasi

Proses dimulai dengan menginisialisasi beberapa individu atau disebut dengan populasi. Setiap individu adalah suatu solusi atau *fitness value* yang ingin dicari. Setiap individu merupakan sekumpulan dari *genes* (gen) atau disebut dengan *chromosome* (kromosom). Di GA, sekumpulan gen ini direpresentasikan dengan kode biner.



**Gambar 1.** Gen, Kromosom dan Populasi [2].

b. *Fitness Function*

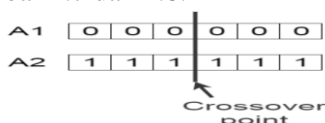
Fungsi *fitness* menentukan seberapa fit nilai dari suatu individu. Fungsi ini menghasilkan *score* atau *fitness value* yang dicari dari setiap individu dan mencari individu dengan nilai *fitness* yang paling tinggi. Dalam TSP (Traveling Sistem Pencarian), karena TSP bertujuan meminimalkan jarak, maka nilai *fitness*-nya adalah inversi dari jarak.

c. *Selection*

Pada fase ini individu yang memiliki nilai paling fit dibiarkan untuk menjadi *parent* pada generasi berikutnya. Salah satu metode yang paling populer pada fase ini adalah metode *roulete*.

d. *Cross Over*

Fase ini adalah fase paling signifikan pada GA. Setiap pasangan individu yang dijadikan *parent* kemudian disilangkan untuk membentuk individu baru. Teknik persilangan digunakan dengan menentukan *crossover point* secara random didalam kromosom. Contoh dapat dilihat pada gambar 2.7 dan 2.8.



**Gambar 2.** *Crossover point* [2].

Keturunan akan ‘terlahir’ dengan menukar gen diantara *parent* sampai titik *crossover point*.

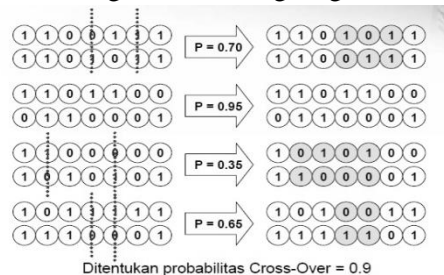


**Gambar 3.** Penukaran gen antara *parent* [2].

Setelah penukaran, keturunan baru dimasukkan ke populasi.

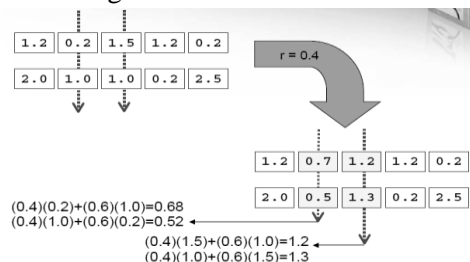
Macam-macam *Cross-Over* yang banyak digunakan antara lain:

1) Pertukaran gen secara langsung



**Gambar 4.** Pertukaran Gen secara langsung[3].

2) Pertukaran gen secara aritmatika



**Gambar 5.** Pertukaran gen secara aritmatika[3].

e. *Mutation*

Setelah keturunan baru dibuat, beberapa gen pada setiap individu dilakukan mutasi dengan *probability* tertentu, biasanya dengan probabilitas yang rendah. Mutasi dapat dilihat pada gambar 7. Mutasi dilakukan untuk mengendalikan keberagaman dalam populasi dan mencegah konvergensi yang terlalu dini.



**Gambar 6.** Sebelum dan sesudah mutasi [2].

Algoritma akan berhenti ketika populasi telah konvergen, tidak lagi memproduksi keturunan yang signifikan dari generasi sebelumnya. Dengan kata lain pada tahap ini algoritma genetika telah memberikan solusi dari masalah yang didefinisikan.

### 2.3 Multiplier

Metode *Lagrange Multiplier* atau biasa disebut iterasi *lambda* 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:

$$L = F_t + \lambda (P_d - \sum_{i=1}^{n_g} p_i) \quad (7)$$

Persamaan untuk mendapatkan *lambda* awal menggunakan persamaan berikut:

$$\lambda = \frac{P_D + \sum_{i=1}^{n_g} \frac{\beta_i}{2\gamma_i}}{\sum_{i=1}^{n_g} \frac{1}{2\gamma_i}} \quad (8)$$

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

$$P_i^{(k)} = \frac{\lambda^k - \beta_i}{2\gamma_i} \quad (9)$$

Untuk beroperasi secara ekonomis, maka seluruh unit pembangkit harus beroperasi pada nilai *incremental cost* yang sama dan memenuhi batasan kendala pertidaksamaan. Jika daya unit pembangkit lebih kecil dari batasan minimum maka akan didapatkan solusi persamaan (11).

$$P_i \leq P_i \text{ Min} \quad (10)$$

$$P_i = P_i \text{ Min} \quad (11)$$

Jika hasil perhitungan daya suatu unit pembangkit lebih besar dari batasan maksimum maka akan didapatkan solusi persamaan (13).

$$P_i \geq P_i \text{ Max} \quad (12)$$

$$P_i = P_i \text{ Min} \quad (13)$$

Nilai total daya pembangkitan pada awal iterasi tidak selalu sesuai dengan total daya beban. Untuk menghitung besar perbedaan tersebut dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\Delta P^{(k)} = P_D - \sum_{i=1}^{n_g} P_i^{(k)} \quad (14)$$

### 3. Hasil Dan Pembahasan

Untuk menguji keefektifan dari metode Algoritma Genetika maka akan dilakukan perbandingan hasil perolehan biaya bahan bakar minimum dengan metode konvensional yaitu *Lagrange Multiplier* pada sistem standar sistem IEEE dengan 3, 6 dan 20 unit generator. Untuk penyelesaian metode Algoritma Genetika dan

metode *Lagrange Multiplier* dilakukan pada program aplikasi MATLAB R2018a. Pada pengujian sistem dengan menggunakan metode Algoritma Genetika dilakukan penentuan parameter kontrol. Adapun parameternya yakni:

**Tabel 1.** Parameter Kontrol 1 Algoritma Genetika

Parameter	Symbol	Nilai (GA)
Peluang <i>crossover</i>	Pc	0,9
Peluang mutasi	Pm	0,1
Jumlah generasi maksimum	Maxgen	100

**Tabel 2.** Parameter Kontrol 2 Algoritma Genetika

Parameter	Symbol	Nilai (GA)
Peluang <i>crossover</i>	Pc	0,1
Peluang mutasi	Pm	0,9
Jumlah generasi maksimum	Maxgen	100

### 3.1 Sistem 3 Unit Generator

**Tabel 3.** Karakteristik biaya bahan bakar sistem 3 unit generator dan koefisien rugi rugi transmisi[14].

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

Adapun koefisien matriks rugi-rugi transmisi adalah :

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

Hasil simulasi menggunakan metode Algoritma Genetika dan metode *Lagrange Multiplier* pada 3 unit generator ditunjukkan pada Tabel 6 dan Tabel 7 untuk beban 125 MW, 250 MW dan 375 MW.

### 3.2 Sistem 6 Unit Generator

**Tabel 4.** Karakteristik biaya bahan bakar sistem 6 unit generator dan koefisien rugi rugi transmisi[10].

Unit	$P_i^{\text{Min}}$ (MW)	$P_i^{\text{Max}}$ (MW)	$a_i$ (\$/MW <sup>2</sup> )	$b_i$ (\$/MW)	$c_i$ (\$)
1	10	125	0.0033870	0.856440	16.817750
2	10	150	0.0023500	1.025760	10.029450
3	35	225	0.0006230	0.897700	23.333280
4	35	210	0.0007880	0.851234	27.634000
5	130	325	0.0004690	0.807285	36.856880
6	125	315	0.0003998	0.850454	30.147980

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

Hasil simulasi menggunakan metode Algoritma Genetika dan metode *Lagrange Multiplier* pada 6 unit generator ditunjukkan pada Tabel 8 dan Tabel 9 untuk beban 425 MW, 850 MW dan 1275 MW.

### 3.3 Sistem 20 Unit Generator

**Tabel 5.** Karakteristik biaya bahan bakar sistem 20 unit generator dan koefisien rugi rugi transmisi[7]

Unit	$P_i^{\text{Min}}$ (MW)	$P_i^{\text{Max}}$ (MW)	$a_i$ (\$/MW)	$b_i$ (\$/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

Hasil simulasi menggunakan metode Algoritma Genetika dan metode *Lagrange Multiplier* pada 20 unit generator ditunjukkan pada Tabel 10 dan Tabel 11 untuk beban 1325 MW, 2650 MW dan 3500 MW.

Adapun koefisien matriks rugi-rugi transmisi adalah

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

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

**Tabel 6.** Hasil dan perbandingan pengujian sistem 3 unit generator dengan rugi-rugi transmisi.

Daya Beban (MW)	Biaya Bahan Bakar (\$/h)			Rugi-rugi transmisi (MW)			Komputasi (detik)		
	Algoritma Genetika		<i>Lagrange Multiplier</i>	Algoritma Genetika		<i>Lagrange Multiplier</i>	Algoritma Genetika		<i>Lagrange Multiplier</i>
	Parameter Kontrol 1	Parameter Kontrol 2		Parameter Kontrol 1	Parameter Kontrol 2		Parameter Kontrol 1	Parameter Kontrol 2	
125	1711,8572	1711,8572	1715,0148	2,2579	2,2579	2,5958	1,465580	1,137530	0,432295
250	3046,5221	3046,5221	3050,1598	7,2209	7,2205	7,2483	1,299748	1,748037	0,039116
375	4506,7997	4506,7997	4513,4078	16,7180	16,7151	14,7919	1,296991	1,754192	0,020254

**Tabel 7.** Hasil dan perbandingan pengujian sistem 3 unit generator tanpa rugi-rugi transmisi.

Daya Beban (MW)	Biaya Bahan Bakar (\$/h)			Komputasi (detik)		
	Algoritma Genetika		<i>Lagrange Multiplier</i>	Algoritma Genetika		<i>Lagrange Multiplier</i>
	Parameter Kontrol 1	Parameter Kontrol 2		Parameter Kontrol 1	Parameter Kontrol 2	
125	1689,7805	1689,7805	1689,6305	1,490830	1,036137	0,011621
250	2957,9096	2957,9096	2957,3631	1,488290	1,064489	0,030619
375	4288,2098	4288,2098	4287,2601	1,547337	1,042780	0,027392

**Tabel 8.** Hasil dan perbandingan pengujian sistem 6 unit generator dengan rugi-rugi transmisi.

Daya Beban (MW)	Biaya Bahan Bakar (\$/h)			Rugi-rugi transmisi (MW)			Komputasi (detik)		
	Algoritma Genetika		<i>Lagrange Multiplier</i>	Algoritma Genetika		<i>Lagrange Multiplier</i>	Algoritma Genetika		<i>Lagrange Multiplier</i>
	Parameter Kontrol 1	Parameter Kontrol 2		Parameter Kontrol 1	Parameter Kontrol 2		Parameter Kontrol 1	Parameter Kontrol 2	
425	534,6512	534,6514	534,6513	7,1622	7,1601	7,1637	1,783874	2,192309	0,079861
850	987,7780	987,7819	987,7777	28,5461	28,6022	28,5559	1,798158	1,711412	0,010964
1275	1548,9226	1548,9226	1548,9395	57,7895	57,7886	57,8383	1,743432	1,690248	0,013921

**Tabel 9.** Hasil dan perbandingan pengujian sistem 6 unit generator tanpa rugi-rugi transmisi.

Daya Beban (MW)	Biaya Bahan Bakar (\$/h)			Komputasi (detik)		
	Algoritma Genetika		<i>Lagrange Multiplier</i>	Algoritma Genetika		<i>Lagrange Multiplier</i>
	Parameter Kontrol 1	Parameter Kontrol 2		Parameter Kontrol 1	Parameter Kontrol 2	
425	527,7209	527,7212	527,7208	2,675434	1,555748	0,009752
850	956,7874	956,7893	956,7874	2,647200	1,545019	0,010542
1275	1456,8469	1456,8469	1456,8469	1,630646	1,513262	0,010370

**Tabel 10.** Hasil dan perbandingan pengujian sistem 20 unit generator dengan rugi-rugi transmisi.

Daya Beban (MW)	Biaya Bahan Bakar (\$/h)			Rugi-rugi transmisi (MW)			Komputasi (detik)		
	Algoritma Genetika		<i>Lagrange Multiplier</i>	Algoritma Genetika		<i>Lagrange Multiplier</i>	Algoritma Genetika		<i>Lagrange Multiplier</i>
	Parameter Kontrol 1	Parameter Kontrol 2		Parameter Kontrol 1	Parameter Kontrol 2		Parameter Kontrol 1	Parameter Kontrol 2	
1325	38537,9512	38539,1720	38545,4736	32,0578	32,1932	32,4453	6,328986	5,738859	0,122955
2650	65611,7422	65621,3068	65611,5560	101,2939	101,3531	101,2639	4,346177	4,994184	0,012668
3500	84163,0894	84176,4565	84198,6011	182,7339	185,1393	186,7009	7,412248	4,516396	0,017490

**Tabel 11.** Hasil dan perbandingan pengujian sistem 20 unit generator tanpa rugi-rugi transmisi.

Daya Beban (MW)	Biaya Bahan Bakar (\$/h)			Komputasi (detik)		
	Algoritma Genetika		<i>Lagrange Multiplier</i>	Algoritma Genetika		<i>Lagrange Multiplier</i>
	Parameter Kontrol 1	Parameter Kontrol 2		Parameter Kontrol 1	Parameter Kontrol 2	
1325	37896,5674	37903,0070	37894,7562	3,956619	4,051495	0,010207
2650	63080,1615	63090,1492	63076,4573	4,065233	4,118686	0,010417
3500	80071,0559	80061,1449	80051,8331	6,479832	4,274851	0,010611

#### 4. Kesimpulan

Setelah melakukan uji tes dengan program aplikasi matlab menggunakan sistem 3 unit generator, 6 unit generator dan 20 unit generator serta melakukan uji keefektifan metode Algoritma Genetika dengan menggunakan 2 jenis skenario parameter yang berbeda dan membandingkan dengan metode *Lagrange Multiplier* sehingga dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Bahwa metode Algoritma Genetika telah berhasil mengaplikasikan kedalam permasalahan *Economic Dispatch* unit-unit pembangkit *thermal*.
- Metode Algoritma Genetika telah berhasil menyelesaikan pencapaian harga optimum untuk hasil biaya bahan bakar ekonomis pembangkitan.
- Pada parameter kontrol 1, metode Algoritma Genetika dengan rugi-rugi transmisi menghasilkan biaya bahan bakar yang lebih rendah dibandingkan dengan metode *Lagrange Multiplier*. Untuk sistem 3 unit generator pada beban 125 MW sebesar  $\pm 0,1841\%$ , beban 250 MW sebesar  $\pm 0,1193\%$  dan beban 375 MW sebesar  $\pm 0,1464\%$ . Untuk sistem 6 unit generator pada beban 425 MW sebesar  $\pm 0,00002\%$ , beban 850 MW sebesar  $\pm 0,00003\%$  dan beban 1275 MW sebesar  $\pm 0,0011\%$ . Untuk sistem 20 unit generator pada beban 1325 MW sebesar  $\pm 0,0195\%$ , beban 2650 MW sebesar  $\pm 0,0003\%$  dan beban 3500 MW sebesar  $\pm 0,0422\%$ .
- Sedangkan pada parameter kontrol 2, sistem 3 unit generator pada beban 125 MW, beban 250 MW dan beban 375 MW memiliki harga biaya bahan bakar yang didapat sama dengan parameter kontrol 1. Untuk sistem 6 unit

generator pada beban 425 MW sebesar  $\pm 0,00002\%$ , beban 850 MW sebesar  $\pm 0,00004\%$  dan beban 1275 MW sebesar  $\pm 0,0011\%$ . Untuk sistem 20 unit generator pada beban 1325 MW sebesar  $\pm 0,0163\%$ , beban 2650 MW sebesar  $\pm 0,0149\%$  dan beban 3500 MW sebesar  $\pm 0,0263\%$ .

- Pada hasil pengujian dimana digunakan parameter kontrol 1 metode Algoritma menghasilkan biaya bahan bakar yang lebih rendah dibandingkan hasil biaya bahan bakar menggunakan parameter kontrol 2.
- Pada pengujian metode Algoritma Genetika pada uji beban sistem 3 unit generator, 6 unit generator dan 20 unit generator dengan rugi-rugi transmisi secara keseluruhan menghasilkan biaya bahan bakar yang lebih rendah dibandingkan dengan metode *Lagrange Multiplier*.

#### 5. Saran

Untuk pengembangan tugas akhir ini maka beberapa saran akan diberikan sebagai berikut:

- Mengimplementasikan metode Algoritma Genetika pada sistem unit pembangkitan untuk masalah *Economic Dispatch* pada studi kasus dilapangan.
- Memasukan beberapa parameter kendala seperti gas emisi, *valve point* dan beberapa variasi parameter kontrol yang lain.

#### Daftar Pustaka :

- Adrianti. Penjadwalan Ekonomis Pembangkit Thermal dengan Memperhitungkan Rugi-Rugi Saluran Transmisi Menggunakan Metode Algoritma Genetika. *TeknikA*. 2010. 1(33): 41-47.
- Agusta, Gia Muhammad. *Algoritma Genetika*. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 2018.

- [3] Basuki, Achmad. *Algoritma Genetika*. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya PENS-ITS. Surabaya. 2003.
- [4] Bakirtzis, A. Petridis, dan V. Kazarlis, S. Genetic Algorithm Solution to the Economic Dispatch Problem. *IEE Proc.-Gener. Transm. Distrib.* 1994. 141(4): 377-382.
- [5] Coelho, Leandro dos Santos, dan Lee, Chu-Sheng. Solving Economic Load Dispatch Problems in Power Systems Using Chaotic and Gaussian Particle Swarm Optimization Approaches. *Electrical Power and Energy Systems*. 2008. 30(1): 297-307.
- [6] El-Fergany, Attia A. Solution of Economic Load Dispatch Problem with Smooth and Non-Smooth Fuel Cost Functions Including Line Losses Using Genetic Algorithm. *International Journal of Computer and Electrical Engineering*. 3(5): 706-710.
- [7] Golberg, David E. *Genetic Algorithms in Search, Optimization & Mechine Learning*. Addison-Wesley. Canada. 1989.
- [8] Hardiansyah. *Analisa Sistem Tenaga*. Untan Press. Pontianak. 2012.
- [9] Kumar, Vijay. Singh, Jagdev. Singh, Yaduvir. dan Sood, Sanjay. Optimal Economic Load Dispatch Using Genetic Algorithms. *International Journal of Electrical, Computer, Energetic, Electronic and Communication Engineering*. 2015. 9 (4): 463-470.
- [10] Marsudi, D. *Pembangkitan Energi Listrik*. Erlangga. Jakarta. 1990.
- [11] Nascimento, Manoel Henrique Reis. Jonior, Jorge de Almeida Brito. Freitas, Carlos Alberto Oliveira de. Moraes, Nadime Mustafa. dan Leite, Jandecy Cabral. Analysis of the Solution for the Economic Load Dispatch by Different Mathematical Methods and Genetic Algorithms: Case Study. *Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications*. 2018. 4 (15): 5-13.
- [12] Rizky, Nizar, R. Pembangkit Termal Dengan Sistem Penyimpanan Energi Menggunakan Algoritma Genetika. *Jurnal Penelitian Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*. 2014. 1(1): 39-45.
- [13] Rumana, Dante. Hermawan dan Facta, Machammad. Implementasi Algoritma Genetika dalam Economic Dispatch dengan Valve Point Loading. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Diponegoro*. 2011. 1(1): 1-6.
- [14] Saadat, Hadi. *Power System Analysis. Power Geeration, Operation, and Control* . The McGraw-Hill Companies. New York. 1999.
- [15] Solichan, Achmad. dan Prasetyo, Moh Toni. Optimasi Jadwal Operasi Dan Pemeliharaan Pembangkit Tenaga Listrik Menggunakan Metode Algoritma Genetika. *Media ElektriKa*. 2013. 6(2): 25-31.
- [16] Syafii, Putri K.I. Analisa Operasi Ekonomis Pembangkit Termal untuk Melayani Beban Puncak Sistem Kelistrikan Sumbar. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*. 2018. 7(1): 1-7.
- [17] Vanitha, M. dan Tanushkodi, K. Solution to Economic Dispatch Problem by Differential Evolution Algorithm Considering Linier Equality and Inequality Constrains. *International Journal of Research and Reviews in Electrical and Computer Engineering*. 2011. 1(1): 21-26.
- [18] Wood, Allen J. dan Wollenberg, Bruce F. *Power Generation, Operation, and Control 2nd edition*. John Wiley and Sons . New York. 1996.
- [19] Yalcinoz, T. Altun, H. dan Uzam, M. Economic Dispatch Solution Using A Genetic Algorithm Based on Arithmetic Crossover. *IEEE Porto Power Tech Conference*. 2001. 1: 1-4.

### Biografi



Aldianto, lahir di Sebad, 18 November 1995. Menempuh pendidikan dasar di SD Negeri 06 Sebad lulus pada tahun 2008, melanjutkan ke SMP Negeri 8 Teluk Keramat sampai tahun 2011 dan melanjutkan ke SMA Negeri 1 Teluk Keramat

sampai tahun 2014. Memperoleh gelar Sarjana dari Program Studi Teknik Elektro Universitas Tanjungpura Pontianak pada tahun 2019.





KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS TANJUNGPURA

FAKULTAS TEKNIK

Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124  
Telepon (0561) 740186 Faximili (0561) 740186  
Email ft@untan.ac.id Website : teknik.untan.ac.id

**LEMBAR PENGESAHAN JURNAL PRODI TEKNIK ELEKTRO**

Nama : Aldianto  
NIM : D1021141051  
Judul Skripsi : Penjadwalan Ekonomis Unit-Unit Pembangkit Thermal  
Menggunakan Metode Algoritma Genetika  
Tanggal Ujian Skripsi : 31 Juli 2019

Jurnal tersebut telah melalui proses bimbingan dan telah mendapatkan persetujuan untuk dipublikasikan

Pontianak, 7 Agustus 2019

Pembimbing Utama

Dr.Eng. Ir. Hardiansyah, M.T.  
NIP. 196702271993031002

Pembimbing Pembantu

Ir. Rudy Gianto, M.T., Ph.D.  
NIP. 196703271992031004