

## IMPLEMENTASI ALGORITMA GENETIKA DENGAN *TOURNAMENT SELECTION* SEBAGAI SOLUSI *ECONOMIC DISPATCH*

Yassir<sup>1</sup>, Fauzan<sup>1</sup> dan Mahalla<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe  
Jln. Banda Aceh – Medan km. 280,5 Buketrata Lhokseumawe Indonesia  
e-mail: yassirasnawi@gmail.com

### ABSTRAK

Salah satu solusi untuk mengurangi kenaikan harga listrik adalah dengan melakukan optimisasi biaya pada proses produksi energi listrik. *Economic Dispatch (ED)* adalah salah satu metode untuk meminimiliasi biaya bahan bakar pembangkit dengan memperhitungkan rugi-rugi jaringan transmisi. Pada penelitian ini diaplikasikan metode *Genetic Algorithm* dengan *tournament selection (AGTS)* untuk menyelesaikan masalah *ED*. Efektifitas metode diuji pada kasus sistem *IEEE 30 bus*. Dari hasil simulasi, metode *AGTS* mampu menghasilkan solusi lebih ekonomis dibandingkan dengan metode *Quadratic Programming*.

Kata kunci- *Economic Dispatch; Genetic Algorithm; fitness; tournament selection.*

### ABSTRACT

One solution to reduce the rise of electricity cost is to make cost optimization in the process of production of electrical energy. *Economic Dispatch (ED)* is one method to minimize the cost of generator fuel by taking into account losses transmission network. This study applied a method genetic algorithm with *tournament selection (AGTS)* to solve the problem of *ED*. The effectiveness of the method was tested in the case of *IEEE 30 bus system*. From the simulation results, *AGTS* method is able to produce a more economical solution than the method *Quadratic Programming*.

Kata kunci- *Economic Dispatch; Genetic Algorithm; fitness; tournament selection.*

### Pendahuluan

Untuk memproduksi tenaga listrik pada suatu sistem tenaga dibutuhkan cara bagaimana membuat biaya konsumsi bahan bakar generator atau biaya operasi dari keseluruhan sistem seminimal mungkin dengan menentukan kombinasi daya *output* dari masing-masing unit pembangkit di bawah kekangan dari tuntutan beban sistem dan batas kemampuan pembangkitan masing-masing unit pembangkit. Cara ini dikenal dengan istilah *Economic Dispatch (ED)* [1].

Beberapa metode dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah *ED*. Metode tradisional seperti *Iterasi Lambda*, *Gradient*,

dan *Newton-Raphson* [1-2] yang menggunakan kurva *incremental cost* dimana metode ini dapat dilakukan jika kurva karakteristik *incremental cost* ini diidealkan terlebih dahulu, sehingga kurva terbentuk menjadi halus dan *convex*. Untuk kurva *non-convex* dapat diselesaikan dengan cara menggunakan metode *Quadratic Programming (QP)* [4]. Metode ini memiliki kelemahan karena seringkali mengalami kendala terjebak pada masalah optimasi lokal. Untuk mengatasi masalah ini, beberapa metode alternatif telah dikembangkan seperti *Particle Swarm Optimization (PSO)* [5-6], *Modified Improved Particle Swarm Optimization*

(MIPSO) [7-8], dan Algoritma Genetika [9-11].

Metode GA dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah dengan kurva *non-convex*. GA tidak dibatasi oleh bentuk kurva karakteristik pembangkit, karena algoritma ini bekerja dengan menggunakan metode probabilitas, bukan deterministik, GA juga mencari solusi dari populasi yang dibangkitkan sehingga GA dapat memberikan banyak pilihan solusi.

Metode GA [9 -11] menggunakan seleksi *roulette wheel* untuk seleksi orang tua. Sistem seleksi ini tidak memberikan konvergensi hasil yang cepat pada kasus-kasus tertentu seperti pada sistem yang besar. Hasil yang diberikan biasanya jauh berbeda untuk setiap kali program dijalankan.

Pada penelitian ini diusulkan metode GA dengan *tournamen selection*. Penggunaan seleksi ini mempunyai keunggulan untuk meningkatkan kemampuan menemukan nilai *fitness* dengan lebih cepat dan konstan sehingga waktu yang dibutuhkan untuk konvergen lebih cepat. Pengkodean kromosom menggunakan *real coding* dengan fungsi fitness yang melibatkan fungsi biaya pembangkitan ditambah total rugi-rugi transmisi untuk memperoleh biaya operasi pembangkit yang minimum. Pengujian efektifitas metode dilakukan pada kasus sistem IEEE 30 bus.

## Metode

### Model Persamaan Economic Dispatch

Fungsi biaya bahan bakar pada masing-masing unit pembangkit dapat dinyatakan fungsi kuadrat yaitu :

$$C_i(P_i) = \alpha + \beta_i P_i + \gamma_i P_i^2$$

Sehingga fungsi tujuan untuk meminimalkan total biaya bahan bakar pembangkitan dinyatakan :

$$C_t = \min \sum_{i=1}^N C_i(P_i)$$

dengan

$C_t$  = total biaya bahan bakar

$C_i$  = biaya bahan bakar unit  $i$

$i$  = unit pembangkit

$\alpha_i, \beta_i,$  dan  $\gamma_i$  = koefisien fungsi biaya bahan bakar

$P_i$  = daya keluaran untuk unit  $i$

Dalam meminimalkan total biaya bahan bakar ini perlu memperhatikan batas kekangan sebagai berikut :

1. Total daya *output* pembangkitan harus sama dengan total permintaan beban ditambah total rugi-rugi transmisi, dengan persamaan :

$$\sum_{i=1}^N P_i = P_d + P_l$$

dengan

$$P_l = P_i^T B P_i$$

dimana

$P_l$  = rugi-rugi transmisi

$P_i^T$  = daya *output* pembangkit  $i$  di *transpose*

$P_i$  = daya *output* pembangkit  $i$

$B$  = koefisien rugi-rugi transmisi

$P_d$  = daya permintaan beban

2. Batas kemampuan unit  $i$  dengan pertidaksamaan :

$$P_{i,min} \leq P_i \leq P_{i,max}$$

dimana

$P_i$  = daya keluaran unit  $i$

$P_{i,min}$  = daya pembangkitan minimum unit  $i$

$P_{i,max}$  = daya pembangkitan maksimum unit

## Algoritma Genetika

### Umum

Algoritma genetika adalah algoritma komputasi untuk masalah optimasi yang terinspirasi oleh teori evolusi untuk mencari solusi suatu permasalahan. Terdapat banyak sekali variasi pada Algoritma Genetika, salah satunya adalah Algoritma Genetika untuk masalah optimasi kombinasi, yaitu mendapatkan nilai solusi yang optimal terhadap suatu masalah yang memiliki banyak kemungkinan solusi.

Algoritma genetika pertama kali dirintis oleh John Holland dari Universitas Michigan pada tahun 1960-an, algoritma genetika telah diaplikasikan secara luas pada berbagai bidang. Algoritma Genetika banyak digunakan untuk memecahkan masalah optimasi, walaupun pada kenyataannya juga memiliki kemampuan yang baik untuk masalah-masalah selain optimasi. John Holland menyatakan bahwa setiap masalah yang berbentuk adaptasi (alam maupun buatan) dapat diformulasikan dalam teknologi genetika.

### Penerapan Proposed Method

#### Inisialisasi Populasi

Suatu matriks dengan nilai pada setiap elemennya berupa bilangan acak antara 0 dan 1 dibangkitkan. Dalam populasi tersebut, satu baris adalah satu individu, setiap individu terdapat beberapa kromosom. Skema pengkodean kromosom yang digunakan dalam penelitian ini adalah *real number encoding*. Setiap kromosom dalam populasi tersebut dikodekan menjadi nilai pembangkitan daya aktif pada setiap pembangkit sesuai batasan nilai minimum dan maksimumnya.

$$P = MW_{min} + (MW_{max} - MW_{min}) \cdot \text{kromosom}$$

### Nilai Fitness

Suatu individu yang terdiri dari beberapa kromosom dievaluasi berdasarkan suatu fungsi tertentu sebagai ukuran performasinya. Fungsi yang digunakan untuk mengukur nilai kecocokan atau derajat optimalitas suatu individu disebut dengan *fitness function*. Nilai yang dihasilkan dari fungsi tersebut menandakan seberapa optimal solusi yang diperoleh.

Dalam kasus yang dibahas dalam penelitian ini tujuannya adalah minimasi maka fitness adalah kebalikan dari nilai paling maksimum sehingga nilai *fitness* ditentukan oleh satu dibagi jumlah total biaya pembangkitan, total rugi-rugi dan hubungan pembatas pada nilai minimum dari persamaan (3). Fungsi tujuannya adalah untuk mencari biaya pembangkitan dan besar rugi jaringan yang minimal sehingga jika semua batasan pada analisis

aliran daya telah terpenuhi, maka *fitness* dapat dihitung dari variabel tersebut.

$$F = \frac{1}{\sum F(P_g) + P_L + \text{Penalty}}$$

dimana

$$\text{Penalty} = P_g - P_L - P_D$$

#### Tournament Selection

Dalam bentuk paling sederhana, metode ini mengambil dua individu secara random dan kemudian menyeleksi salah satu yang bernilai *fitness* paling tinggi untuk menjadi orang tua pertama. Cara yang sama dilakukan lagi untuk mendapatkan orang tua kedua. Metode *tournament selection* yang lebih rumit adalah dengan mengambil  $m$  individu secara random. Kemudian individu bernilai *fitness* tertinggi dipilih sebagai orang tua pertama jika bilangan random yang dibangkitkan kurang dari suatu nilai batas yang ditentukan  $p$  dalam interval  $[0,1]$ . Pemilihan orang tua akan dilakukan secara random dari  $m - 1$  individu yang ada jika bilangan random yang dibangkitkan lebih dari atau sama dengan  $p$ . Pada *tournament selection*, variabel  $m$  adalah *tournament size* dan  $p$  adalah *tournament probability*.

#### Pindah Silang

Proses pindah silang adalah salah satu operator penting dalam algoritma genetika, metode dan tipe pindah silang yang dilakukan tergantung dari *encoding* dan permasalahan yang diangkat. Sebuah susunan kromosom yang mengarah pada solusi yang bagus dapat diperoleh dari proses memindahsilangkan dua buah

individu. Pindah silang dikendalikan oleh probabilitas tertentu  $p_c$ . Artinya, pindah silang dilakukan hanya jika suatu bilangan

- (7) random yang dibangkitkan kurang dari  $p_c$  yang ditentukan. Pada umumnya  $p_c$  diset mendekati 1, misalnya 0,8.

#### Mutasi

Mutasi merupakan proses mengubah nilai dari satu atau beberapa kromosom dalam suatu individu. Mutasi ini berperan untuk menggantikan kromosom yang hilang dari populasi akibat seleksi yang memungkinkan munculnya kembali kromosom yang tidak muncul pada inisialisasi populasi.

#### Elitisme

Karena seleksi dilakukan secara random, maka tidak ada jaminan bahwa suatu individu bernilai *fitness* tertinggi akan selalu terpilih. Walaupun individu bernilai *fitness* tertinggi terpilih, mungkin saja individu tersebut akan rusak (nilai *fitness* turun) karena proses pindah silang. Untuk menjaga individu tersebut tidak hilang selama evolusi, maka perlu dibuat satu atau beberapa kopinya. Prosedur ini dikenal sebagai *elitisme*.

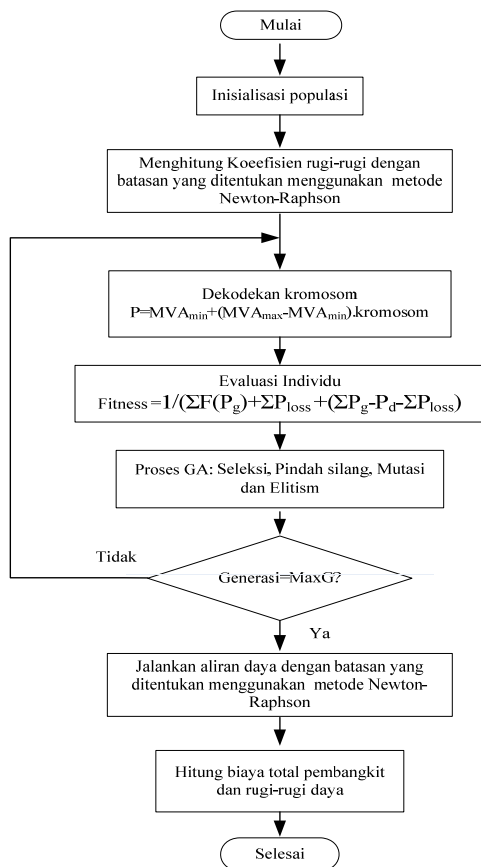
#### Tahapan Penelitian

Tahap-tahap penelitian dengan metode yang ditawarkan adalah sebagai berikut:

1. Membangkitkan populasi awal
2. Menghitung koefisien rugi-rugi dengan batasan yang ditentukan menggunakan metode Newton-Raphson.
3. Mendekodekan kromosom
4. Evaluasi individu untuk mencari *fitness*.

5. Melakukan proses seleksi dengan metode *tournament selection*, Elitisme, pindah silang dan mutasi.
6. Ulangi langkah 5 - 7 sampai generasi maksimum.
7. Menghitung daya pembangkit, rugi-rugi dan biaya total pembangkit.

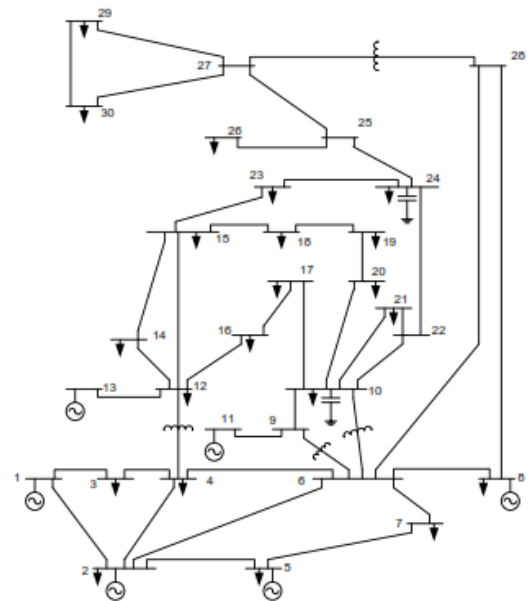
*Flow chart* tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. *Flow chart* tahapan penelitian

**Hasil dan Pembahasan**

Metode yang diusulkan diuji dengan sistem IEEE 30 bus. Sistem standar IEEE 30 bus yang ditunjukkan pada gambar 2 terdiri atas 30 bus, 41 saluran, dan 6 pembangkit.



Gambar 2. Sistem Pengujian IEEE 30 Bus Pengujian dilakukan dengan variasi pembebanan 600 MW dan 800 MW. Data fungsi biaya bahan bakar dan kemampuan pembangkitan ditunjukkan pada Tabel 1. Koefisien rugi-rugi daya (loss coefficient) didapatkan dari hasil aliran daya Newton Raphson sehingga didapatkan koefisien losses (B) dalam satuan per unit (pu) sebagai berikut :

$B_{ij} =$

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

Tabel 1. Fungsi Biaya Dan Batasan Pembangkitan

Unit	Data Pembangkit		
	Fungsi Biaya (\$/jam)	Min (MW)	Max (MW)
1	756.79886 + 38.53973P <sub>1</sub> + 0,15240P <sub>1</sub> <sup>2</sup>	10	125
	451.32513 + 46.15916P <sub>2</sub> + 0,10587P <sub>2</sub> <sup>2</sup>		
	1049.9977 + 40.39655P <sub>3</sub> + 0,02803P <sub>3</sub> <sup>2</sup>		
3	1243.5311 + 38.30553P <sub>4</sub> + 0,03546	35	210
	1658.5596 + 36.32782P <sub>5</sub> + 0,02111P <sub>5</sub> <sup>2</sup>		
5	1356.6592 + 38.27041P <sub>6</sub> + 0,01799P <sub>6</sub> <sup>2</sup>	130	325
6		125	315

Dalam kasus ini, simulasi dilakukan dengan 5 variabel, 600 populasi dan 30 generasi. Gambar 3 dan 4 menunjukkan total biaya pembangkitan yang nilai optimalnya dapat dicapai sebelum generasi ke-20. Perbandingan hasil simulasi metode AGTS yang diusulkan dengan penelitian sebelumnya ditunjukkan pada Tabel 2 dan Tabel 3. Hasil menunjukkan penghematan 1,52 \$/jam untuk daya beban 600 MW dan penghematan 1,61 \$/jam untuk daya beban 800 MW. Rugi-rugi transmisi juga terlihat lebih baik yaitu turun sebesar 0,8 MW untuk daya beban 600 MW dan turun sebesar 0,04 MW untuk daya beban 800 MW.

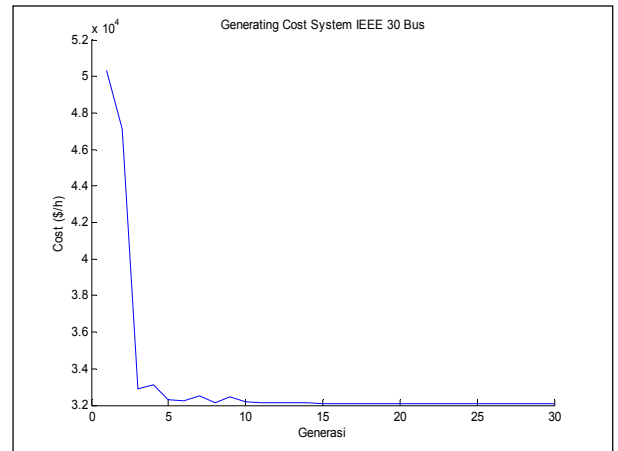
TABEL 2. Perbandingan hasil simulasi sistem IEEE 30 bus, dengan Daya Beban 600 MW

Unit	Quad. Progr. [3]	AGTS
1	23.90	23.58
2	10.00	10.00
3	95.63	95.89
4	100.70	98.07
5	202.82	204.90
6	182.02	181.81
Daya beban (MW)	600	600
Daya total (MW)	615.07	614.27
Biaya (\$/jam)	32096.58	32095.06
Rugi daya (MW)	15.07	14.27

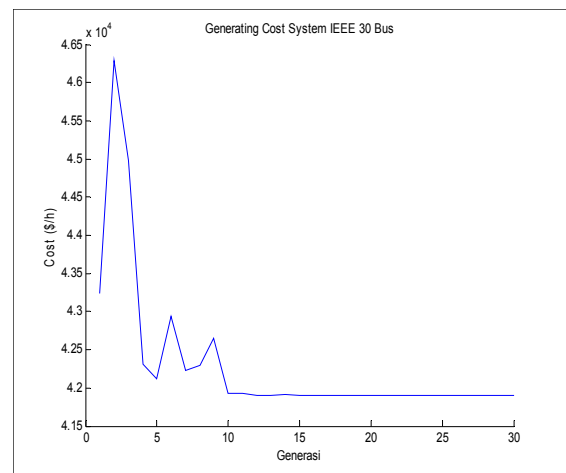
TABEL 3. Perbandingan hasil simulasi sistem IEEE 30 bus, dengan Daya Beban 800 MW

Unit	Quad. Progr. [3]	AGTS
1	32.63	32.94
2	14.48	14.72
3	141.54	142.71
4	136.04	134.37
5	257.65	258.64
6	243.00	241.89
Daya beban (MW)	800	800
Daya total (MW)	825.34	825.30
Biaya (\$/jam)	41898.45	41896.84

Unit	Quad. Progr. [3]	AGTS
Rugi daya (MW)	25.34	25.30



Gambar 3. Total biaya pembangkitan sistem IEEE 30 bus dengan P<sub>D</sub> = 600 MW



Gambar 4. Total biaya pembangkitan sistem IEEE 30 bus dengan P<sub>D</sub> = 800 MW

### Simpulan

Dalam penelitian ini metode algoritma genetika dengan *tournament selection* diusulkan untuk menyelesaikan economic dispatch. Simulasi terhadap sistem IEEE 30 bus dilakukan sehingga dapat disimpulkan bahwa metode yang diusulkan mampu mereduksi biaya total pembangkitan dibandingkan metode QP.

Rugi-rugi transmisi juga dapat direduksi dibandingkan metode QP. Konvergen sudah tercapai sebelum generasi ke-20, Hal ini menunjukkan metode yang diusulkan mampu menemukan nilai optimal dengan cepat.

### Daftar Pustaka

- [1] Hadi Saadat. *Power System Analysis*. New Delhi: Tata McGraw Hill Publishing Company. 2001.
- [2] James A. Momoh, "Electric power system applications of optimization," Marcel Dekker, Inc., 2001. Pp. 339-348
- [3] Jizhong. *Optimization of Power System Operation* Principal Engineer. AREVA T & D Inc. Redmond, WA, USA, *IEEE series of Power Engineering*. 2009.
- [4] Hardiansyah, Junaidi, MS. Yohannes. Solving Economic Load Dispatch Problem Using Particle Swarm Optimization Technique. *I.J. Intelligent Sistem and Application*. 2012; page: 12-18.
- [5] Zwe-Lee Gaing. Particle Swarm Optimization to Solving The Economic Dispatch Considering The Generator Constraints. *IEEE Transaction on Power Sistem*. August 2003; Vol. 18, No. 3.
- [6] S. Kanata, Sarjiya, dan S. P. Hadi, "Modified Improved Particle Swarm Optimization (MIPSO) sebagai Solusi Economic Dispatch pada Sistem Kelistrikan 500 Kv Jawa-Bali," *Transmisi – Jurnal ilmiah teknik elektro Undip*, Vol. 15 No. 2 (2013), Semarang-Jawa tengah, Indonesia, 2013.
- [7] Andi Muh. Ilyas, M. Natsir Rahman. Economic Dispatch Thermal Generator Using Modified Improved Particle Swarm Optimization. *Jurnal Telkomnika*. July 2012; Vol. 10, No.3, pp 459-470.
- [8] AM. Ilyas, Ontoseno Panangsang, Adi Soeprijanto. Optimisasi Pembangkit Thermal Sistem 500 kV Jawa-Bali Menggunakan Modified Particle Swarm Optimization (MIPSO). National Conference : Design and Application of Technology, 2010.
- [9] Adrianti. Penjadwalan Ekonomis Pembangkit Thermal dengan Memperhitungkan Rugi-rugi Saluran Transmisi Menggunakan Metode Algoritma Genetik. *Jurnal TeknikA Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas*. April 2010; page 33 vol. 1.
- [10] Z. L. Gaing dan R. F. Chang, "Security-Constrained Optimal Power Flow by Mixed-Integer Genetic Algorithm with Arithmetic Operators," IEEE, 2006.
- [11] G. Bakirtzis dan E. Zaumas, "Optimal Power Flow by Enhanced Genetic Algorithm," IEEE, 2002
- [12] Suyanto, "Algoritma Genetika dalam MATLAB," Andi Yogyakarta, 2005.