

Optimalisasi Sistem Pembebanan Unit-Unit Pembangkit Listrik dengan Menggunakan Metode Algoritma Genetik

Wahyuni Martiningsih¹, Imamul Muttakin², Wilda Annisa³

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten.

Informasi Artikel

Naskah Diterima : 17 Sep 2018

Direvisi : 21 Oktober 2018

Disetujui : 20 Desember 2018

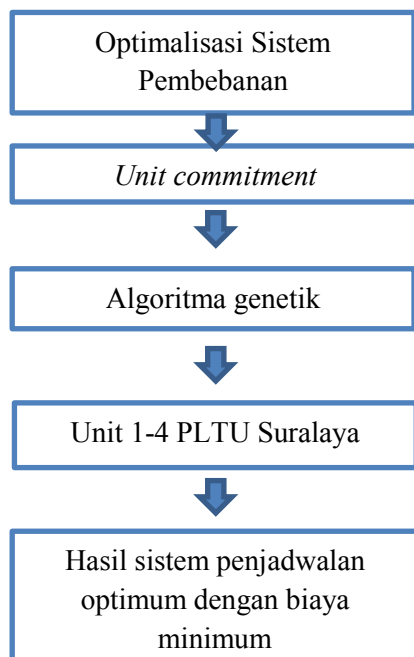
***Korespondensi Penulis:**

y_martiningsih@untirta.ac.id

imamul@untirta.ac.id

wildaannisa.wa@gmail.com

Graphical abstract



Abstract

In this research will optimize the loading system of power plant units 1-4 of PLTU Suralaya using genetic algorithm method. Optimization (unit of commitment) is designed using matlab software with the right purpose and constraints. Unit Commitment is a problem in the work system that determines the timing of the plant to meet the electricity needs. The method used is a system that can produce optimal loading system with a minimum cost. The simulation was conducted on 1-4 units of Suralaya power plant with total load of 33,117 MW for 24 hours. Using genetic algorithm, the cost reduction process is 5.7105%.

Keywords: unit commitment, genetic algorithm,, PLTU

Abstrak

Pada penelitian ini akan mengoptimisasi sistem pembebanan unit pembangkit 1-4 PLTU Suralaya menggunakan metode algoritma genetik. Optimalisasi (*unit commitment*) dirancang menggunakan *software* matlab dengan memenuhi fungsi objektif dan batasan-batasan yang ditentukan. *Unit commitment* merupakan masalah dalam operasi sistem tenaga yang menentukan jadwal pembangkit untuk memenuhi kebutuhan listrik. Penggunaan metode algoritma genetik diharapkan dapat menghasilkan sistem pembebanan unit pembangkit yang optimum dengan biaya yang lebih minimum. Simulasi dilakukan pada unit 1-4 PLTU Suralaya dengan total beban sebesar 33.117 MW selama 24 jam. Dengan menggunakan algoritma genetik terjadi penurunan biaya sebesar 5,7105%.

Kata kunci: unit commitment, algoritma genetik, PLTU

© 2018 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Pengoperasian sistem penyaluran energi listrik secara kontinyu dilakukan untuk memenuhi kebutuhan beban listrik konsumen. Penggunaan beban listrik yang fluktuatif berpengaruh terhadap siklus perubahan beban harian. Sehingga penggunaan beban listrik harus seimbang dengan pembangkitan daya dalam sistem. Pada kasus sistem tenaga listrik, penggunaan total beban pada umumnya akan meningkat saat siang hari, dan menjelang malam apabila beban industri tinggi, lampu menyala hingga seterusnya menurun selama tengah malam dan pagi. Penyaluran energi listrik yang dibangkitkan perlu dijadwalkan dengan baik sehingga hanya pembangkit ekonomis saja yang dioperasikan [1][2].

Optimalisasi penjadwalan generator dalam sistem tenaga listrik sangat diperlukan karena proses pembangkitan dan penyaluran sistem tenaga listrik memerlukan biaya yang sangat besar. Terutama biaya bahan bakar yang mengeluarkan biaya yang terbesar yaitu 60% dari biaya operasi secara keseluruhan [3]. *Unit commitment* dapat mengatasi masalah biaya tersebut dengan cara sistem penjadwalan pada unit pembangkit. Untuk mendapatkan biaya yang lebih minimum penggunaan

algoritma genetik pada *unit commitment* diharapkan dapat menghasilkan sistem penjadwalan *unit commitment* yang optimum dengan biaya yang lebih minimum.

Unit commitment merupakan penjadwalan kombinasi unit-unit pembangkit yang beroperasi dan tidak beroperasi pada suatu periode untuk memenuhi kebutuhan beban sistem pada periode tersebut dengan biaya yang ekonomis [1]. Total permintaan beban dalam sistem tenaga berubah sepanjang hari dan mencapai nilai puncak yang berbeda dari satu hari ke hari lainnya. Mengoperasikan semua unit dan membiarkannya terus beroperasi untuk memenuhi kebutuhan listrik mengakibatkan biaya operasi pembangkitan mahal. Karena generator tidak bisa langsung *turn on* dan menghasilkan tenaga, *unit commitment* (UC) harus direncanakan terlebih dahulu sehingga cukup banyak generator yang siap untuk menangani permintaan sistem dengan margin cadangan yang memadai jika permintaan meningkat. Listrik yang sudah dibangkitkan tidak dapat disimpan dalam jumlah besar. Hal ini menjadi masalah besar, karena pemakaian bahan bakar untuk membangkitkan listrik merupakan pengeluaran biaya terbesar dalam produksi listrik[4].

Biaya bahan bakar generator *i* dilambangkan sebagai fungsi kuadrat dari pembangkit tenaga sesungguhnya. Fungsi kuadrat tersebut dikenal sebagai fungsi biaya yang ditunjukkan pada persamaan berikut [5]

$$C_i = \alpha_i + \beta_i P_i + \gamma_i P_i^2 \quad (1)$$

dengan :

C_i = Biaya bahan bakar unit pembangkit ke-*i* (Btu)

α_i = koefisien alpha unit pembangkit ke-*i*

β_i = koefisien betha unit pembangkit ke-*i*

γ_i = koefisien gamma unit pembangkit ke-*i*

P_i = unit pembangkit ke-*i*

Batasan yang digunakan pada sistem penjadwalan yaitu batasan daya minimum maksimum yang ditunjukkan pada persamaan (2) dan batasan total beban sama dengan total daya yang ditunjukkan pada persamaan (3)[6].

$$P_{min} \leq P \leq P_{max} \quad (2)$$

dengan :

P_{min} = daya minimum

P_{max} = daya maksimum

P = daya dibangkitkan

$$\sum P_i = P_D \quad (3)$$

dengan :

P_i = daya yang dibangkitkan unit ke-*i*

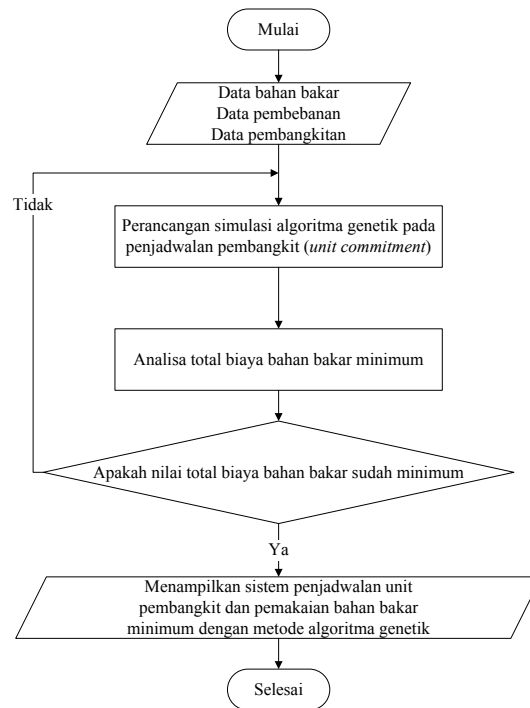
P_D = beban permintaan

Algoritma genetik adalah kelas algoritma evolusioner, juga dikenal sebagai algoritma optimasi metaheuristik berbasis populasi. Algoritma genetik menggunakan populasi solusi, yang individu diwakili dalam bentuk kromosom. Individu dalam populasi melalui proses evolusi simulasi untuk mendapatkan global optimal. Tujuan dari optimasi global adalah untuk menemukan solusi lokal terbaik di antara set optima lokal yang dikenal atau dapat ditemukan. Optimal lokal terbaik disebut global optimum. Secara formal, pengoptimalan global umumnya mencari solusi global untuk masalah pengoptimalan yang tidak dibatasi atau dibatasi[7].

2. METODE PENELITIAN

2.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada unit 1-4 PLTU Suralaya. Secara sederhana proses penelitian simulasi sistem penjadwalan unit pembangkit dengan metode algoritma genetik menggunakan *software* matlab dapat dijelaskan melalui diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2 Parameter Model Pengujian

Unit pembangkit yang dioptimalisasi adalah unit 1-4 PLTU Suralaya dengan kapasitas daya minimum sebesar 250 MW dan kapasitas daya maksimum sebesar 400 MW. Data permintaan beban yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel (1)

Tabel 1. Data Permintaan Beban

hour	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
load (MW)	1162	1162	1162	1162	1162	1436	1255	1448	1448	1448	1448	1448
hour	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
load (MW)	1448	1448	1448	1448	1448	1448	1448	1448	1448	1448	1448	1448

Fungsi biaya pada unit 1-4 PLTU Suralaya ditunjukkan pada Tabel (2)

Tabel 2 Fungsi Biaya PLTU 1-4 Suralaya

Pembangkit	Fungsi Biaya
Unit 1	$C1 = 908,7 + 13,59 P_1 - 0,01512 P_1^2$
Unit 2	$C2 = 836,9 + 11,64 P_2 - 0,00678 P_2^2$
Unit 3	$C3 = 1001,0 + 4,457 P_3 + 0,01035 P_3^2$
Unit 4	$C4 = 1199,0 - 2,089 P_4 + 0,02654 P_4^2$

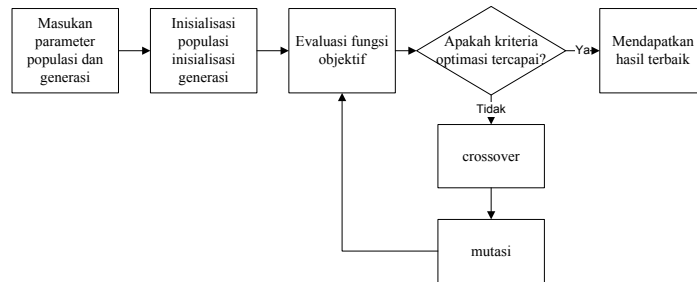
Parameter algoritma genetik yang digunakan pada penelitian ini adalah popsize 30, 50 dan 80 serta jumlah generasi 100.

2.3 Simulasi Algoritma Genetik

Perancangan algoritma genetik untuk penjadwalan unit pembangkit dalam skripsi ini akan didesain sesuai dengan kaidah langkah-langkah yang digunakan dalam penyelesaian algoritma genetik yang ada, kemudian disimulasikan dengan GUI matlab yang akan dibandingkan hasil sistem penjadwalan unit pembangkit tersebut dalam upaya mendapatkan sistem penjadwalan yang optimal. Berikut adalah diagram blok algoritma genetik yang ditunjukkan pada Gambar 2.

1. Inialisasi populasi dan generasi
2. Menghitung nilai *fitness* awal
3. *Crossover*
4. Mutasi
5. Menghitung nilai *fitness* akhir

6. Evaluasi fungsi objektif
7. Membandingkan nilai *fitness* akhir dengan individu terbaik
8. Syarat konvergen



Gambar 2. Diagram Blok Algoritma Genetik

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah ditentukan nilai parameter simulasi, selanjutnya dibentuk suatu model pengujian yang akan diuji menggunakan *software* GUI Matlab. Selanjutnya pengujian dilakukan dengan beberapa pengujian, yaitu :

1. Pengujian 1 parameter jumlah populasi 30 jumlah generasi 100
2. Pengujian 2 parameter jumlah populasi 50 jumlah generasi 100
3. Pengujian 3 parameter jumlah populasi 80 jumlah generasi 100

3.1 Perhitungan Fungsi Biaya

Hasil akhir pada penelitian ini berupa biaya bahan bakar yang digunakan suatu unit dalam satuan jam. Biaya bahan bakar dapat dihitung menggunakan persamaan (1) dengan data pada Tabel (2). Berikut adalah contoh perhitungan fungsi biaya unit pembangkit 1 daya sebesar 250 MW dengan harga batu bara sebesar Rp 720.

$$C1 = 908,7 + 13,59 P_1 - 0,01512P_1^2$$

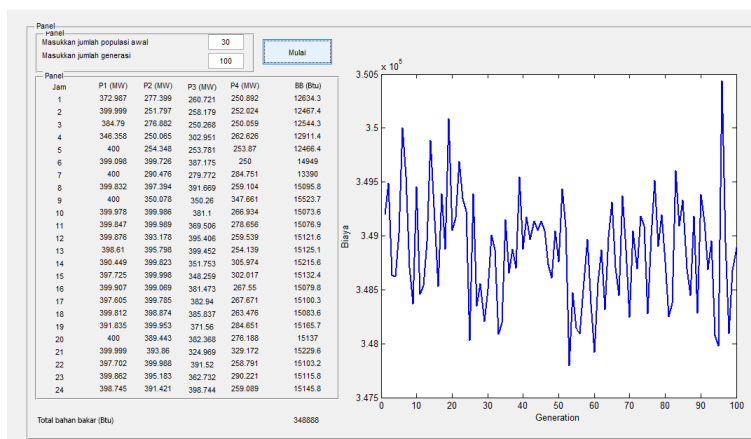
$$C1 = 908,7 + 13,59 (250) - 0,01512(250)^2 = 3.362,6 \text{ Btu}$$

Harga biaya bahan bakar = $3.362,6 * 720 = \text{Rp } 2.421.107$

Harga biaya bahan bakar pada jam ke-1 didapat sebesar Rp 9.805.907. Harga tersebut merupakan hasil penjumlahan dari harga keempat unit pembangkit pada jam ke-1. Kemudian harga biaya bahan bakar total dalam dua puluh mepat jam adalah sebesar Rp 265.740.332.

3.2 Pengujian Populasi 30 Generasi 100

Hasil pengujian penjadwalan unit sistem pembangkit dengan menggunakan parameter populasi 30 dan generasi 100 diperoleh bahan bakar optimum sebesar 348.888 Btu dalam satu hari. Nilai Btu tersebut dikalikan dengan harga batubara maka didapat hasil biaya sebesar Rp 251.119.360/hari. Hasil pengujian optimalisasi sistem pembebanan unit pembangkit dapat dilihat pada Gambar 3.



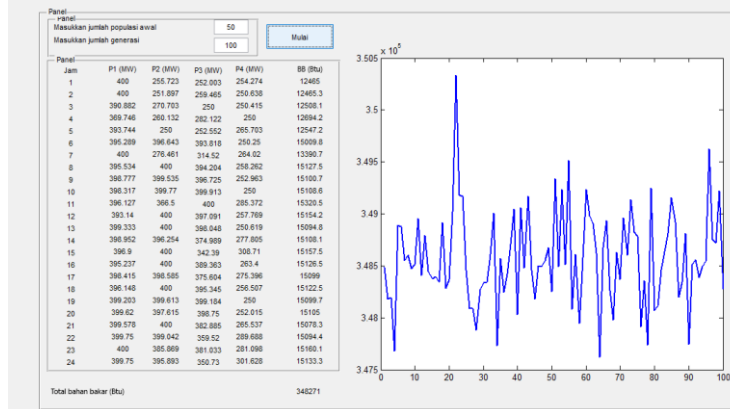
Gambar 3. Hasil populasi 30 dan generasi 100



Hasil pengujian menggunakan populasi 30 dan generasi 100 adalah biaya bahan bakar sebesar Rp 251.199.360/hari. Bila dibandingkan dengan biaya sebelum pengujian maka didapat selisih sebesar Rp 14.540.972 atau dalam persen sebesar 5,5718%.

3.3 Pengujian Populasi 50 Generasi 100

Hasil pengujian penjadwalan unit sistem pembangkit dengan menggunakan parameter populasi 50 dan generasi 100 diperoleh bahan bakar optimum sebesar 348.271 Btu dalam satu hari. Nilai Btu tersebut dikalikan dengan harga batubara maka didapat hasil biaya sebesar Rp 250.755.210/hari. Hasil pengujian optimalisasi sistem pembebanan unit pembangkit dapat dilihat pada Gambar 4.

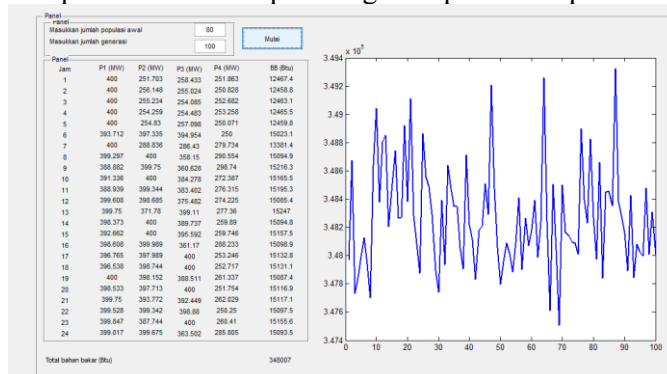


Gambar 4. Hasil populasi 50 dan generasi 100

Hasil pengujian menggunakan populasi 50 dan generasi 100 adalah biaya bahan bakar sebesar Rp 250.755.210/hari. Bila dibandingkan dengan biaya sebelum pengujian maka didapat selisih sebesar Rp 14.985.212 atau dalam persen sebesar 5,6390%.

3.4 Pengujian Populasi 80 Generasi 100

Hasil pengujian penjadwalan unit sistem pembangkit dengan menggunakan parameter populasi 80 dan generasi 100 diperoleh bahan bakar optimum sebesar 348.007 Btu dalam satu hari. Nilai Btu tersebut dikalikan dengan harga batubara maka didapat hasil biaya sebesar Rp 250.565.040/hari. Hasil pengujian optimalisasi sistem pembebanan unit pembangkit dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil populasi 80 dan generasi 100

Hasil pengujian menggunakan populasi 80 dan generasi 100 adalah biaya bahan bakar sebesar Rp 250.565.040/hari. Bila dibandingkan dengan biaya sebelum pengujian maka didapat selisih sebesar Rp 15.175.292 atau dalam persen sebesar 5,7105%.

Dari ketiga pengujian didapat hasil masing-masing berupa biaya bahan bakar yang optimum. Tabel 6. menunjukkan hasil perbandingan sebagai berikut.



Tabel 3. Perbandingan Biaya Sesudah dengan Sebelum Pengujian

Keterangan	Biaya Bahan Bakar perhari	
Pengujian populasi 30 dan generasi 100	Rp	251.199.360
Pengujian populasi 50 dan generasi 100	Rp	250.755.120
Pengujian populasi 80 dan generasi 100	Rp	250.565.040
Biaya Sebelum Optimasi	Rp	265.740.332

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Metode algoritma genetik mampu mengoptimasi biaya bahan bakar paling optimum dengan jumlah populasi 80 dan jumlah generasi dengan hasil biaya sebesar Rp 250.565.040/hari. Bila biaya bahan bakar dihitung tanpa menggunakan metode algoritma genetik maka hasil biaya sebesar Rp 265.740.332/hari.

4.2 Saran

Karena komputasi algoritma genetik membutuhkan *encoding* dan *decoding*, dibutuhkan waktu yang lebih lama untuk mencapai solusi optimal. Terkadang ditemukan bahwa algoritma genetika memiliki masalah dengan komputasi efisiensi dan konvergensinya.

REFERENSI

- [1] A. Wood and B. Wollenberg, *Power generation, operation, and control, second edition*. New York: A Wiley-Interscience Publication, 1996.
- [2] A. Zulfatri, "Jurnal Momentum ISSN: 1693-752X Analisis Penjadwalan Unit-Unit Pembangkit Listrik Dengan Menggunakan Metode Unit Decommitment Jurnal Momentum ISSN: 1693-752X," vol. 13, no. 2, pp. 115–120, 2012.
- [3] D. Marsudi, *Operasi Sistem Tenaga Listrik, Kedua*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2006.
- [4] J. Zhu, *Optimization of Power System Operation*. United States of America: A John Wiley & Sons, Inc., 2009.
- [5] D. Marsudi, *Pembangkitan Energi Listrik*. Jakarta: Penerbit Erlangga, 2005.
- [6] H. Saadat, *Power System Analysis*. New York: The McGraw-Hill Companies, 1999.
- [7] A. Messac, *Optimization in Practice with MATLAB®: For Engineering Students and Professionals*. United States of America: Cambridge University Press, 2015.

