

ECONOMIC DISPATCH PADA SISTEM IEEE 24 BUS MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA GENETIKA

M. Heru Fathorodin¹, Firmansyah Nur Budiman, ST., M.Sc.²,

*Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia
Jl Kaliurang KM 14.5 Yogyakarta, Indonesia*

¹14524108@students.uui.ac.id

²14524108@uui.ac.id

Abstrak— Pengoperasian pembangkit membutuhkan biaya yang besar dalam sistem tenaga listrik. Proses optimisasi dibutuhkan untuk meminimalkan biaya operasi. Proses inilah yang dinamakan dengan *Economic Dispatch (ED)*. Skripsi ini membahas persoalan *Economic Dispatch (ED)* dengan menggunakan metode Algoritma Genetika (GA). GA menerapkan teori evolusi untuk mendapatkan solusi dari sebuah masalah optimasi. Dalam penerapannya AG memiliki beberapa proses yaitu Inisialisasi, Seleksi, *Crossover*, Mutasi dan Regenerasi. Penerapan GA pada persoalan ED yaitu untuk mendapatkan nilai daya keluaran yang optimal dengan memperhatikan biaya bahan bakar masing-masing unit, batasan daya yang dihasilkan yaitu batas minimum dan maksimum, serta total beban dalam waktu 24 jam. GA ini diterapkan dengan menggunakan data dari IEEE 24 bus dengan 26 unit pembangkit. Dari studi ini terlihat unit pembangkit yang menggunakan bahan bakar LWR paling sering dioperasikan, karena biayanya yang paling murah. Kemudian unit pembangkit yang menggunakan bahan bakar batu bara (*Coal*), #6 *Oil*, dan unit yang menggunakan bahan bakar #2 *Oil* merupakan pembangkit yang paling rendah penggunaannya karena biayanya yang tinggi. Kemudian dari studi ini dihasilkan biaya pembangkitan total dalam waktu 24 jam sebesar 774955 \$ dan total energi yang dihasilkan sebesar 54910 MWh Nilai tersebut merupakan nilai yang lebih optimal jika dibandingkan dengan metode lainnya yang sudah dilakukan oleh beberapa peneliti.

Kata Kunci : Algoritma Genetika (GA), *Economic Dispatch. Matlab.*

I. PENDAHULUAN

Energi listrik kini menjadi hal yang sangat penting dalam kehidupan manusia di zaman modern ini. Karena setiap hari manusia membutuhkan listrik untuk dapat melakukan aktifitasnya. Listrik berasal dari suatu sistem tenaga listrik yang membangkitkan energi listrik dengan kapasitas tertentu. Listrik yang berasal dari unit pembangkit kemudian disuplai kepada beban atau pelanggan.

Dalam sistem tenaga listrik terdapat beberapa faktor yang menjadi hal yang dominan dalam sistem kerjanya, salah satunya faktor ekonomis yang juga memiliki peranan penting dalam sistem tenaga listrik. Pengoperasian pembangkitan tenaga listrik sangat berkaitan dengan biaya bahan bakar, karena pengoperasian pembangkit merupakan biaya terbesar dalam sistem tenaga listrik. Oleh karena itu dibutuhkan solusi untuk dapat meminimalkan biaya operasi pembangkitan. Solusinya ialah melakukan optimisasi dengan meminimalkan biaya operasi tersebut yang biasa disebut dengan *Economic Dispatch (ED)* [1].

ED adalah upaya meminimalkan biaya operasi pembangkitan tenaga listrik seminimal mungkin dengan daya yang disuplai kepada beban tetap sesuai kebutuhan setiap beban itu sendiri dan tetap mempertimbangkan berbagai kekangan-kekangan yang ada. Kekangan-kekangan tersebut merupakan daya total yang dihasilkan harus sesuai dengan permintaan beban [2].

Sudah banyak penelitian yang dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi Economic Dispatch dengan berbagai macam metode yang digunakan. Pada tugas akhir ini penulis menggunakan metode Algoritma Genetika (GA). GA merupakan algoritma yang menggunakan proses seleksi alamiah dalam pengoperasiannya atau biasa dikenal dengan istilah proses evolusi. GA ini ditemukan oleh Jhon Holland dari Universitas Michigan pada awal 1970-an di New York, Amerika Serikat. GA dapat diaplikasikan pada beberapa permasalahan seperti Optimasi, Pemrograman Otomatis, Machine Learning, Model Ekonomi, Model Sistem Imunisasi, Model Ekologis, dan sebagainya [3].

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Studi literatur

Tujuan utama pada proses pembangkitan energi listrik adalah harus mencapai harga pembangkitan yang minimum. Salah satu cara yang digunakan untuk dapat mencapai tujuan utama tersebut adalah dengan melakukan optimasi biaya operasi pembangkitan energi listrik. Salah satu solusi untuk dapat meminimalkan biaya bahan bakar pembangkitan yaitu dengan menggunakan metode yang biasa kita kenal dengan *Economic Dispatch (ED)*. Penelitian yang dilakukan oleh Yassir Asnawi ini membandingkan hasil dari metode Algoritma Genetika dengan Tournament Selection (AGTS) dan metode Quadratic Programming. Algoritma genetika ialah algoritma yang terinspirasi dari teori evolusi atau seleksi alamiah. Metode tersebut diuji pada persoalan system IEEE 30 Bus dengan berbagai beban 600 MW dan 800 MW. Hasil dari metode Quadratic Programming yaitu 32096.58 \$/jam untuk daya sebesar 600 MW dan 41898.45 \$/jam untuk beban sebesar 800 MW. Sedangkan metode AGTS menunjukkan solusi yang lebih ekonomis yaitu 32905.06 \$/jam untuk daya sebesar 600 MW dan 41896.84 \$/jam untuk daya 800 MW. Artinya metode yang digunakan mampu mendapatkan nilai optimal dengan waktu yang cukup singkat [3].

Sudah banyak penelitian yang dilakukan tentang permasalahan optimasi biaya pembangkitan unit pembangkit listrik dengan berbagai macam metode. Penelitian yang dilakukan D. Rumana dkk. membahas tentang permasalahan Economic Dispatch dengan *Valve Point Loading*. Permasalahan dalam jurnal ini yaitu unit-unit pembangkit yang memiliki banyak katup dan fungsi biaya *non-convex*. Karena hal itu metode yang digunakan sebelumnya yaitu Lagrange tidak dapat menyelesaikan permasalahan tersebut. Sehingga penulis memilih untuk menggunakan metode Algoritma Genetika untuk dapat menyelesaikan permasalahan *Economic Dispatch* dengan fungsi biaya *non-convex* tersebut. Dari hasil percobaan yang sudah dilakukan penulis menyatakan bahwa algoritma genetika mampu memecahkan permasalahan tersebut dengan ketepatan dan efektifitas Algoritma genetika tersebut [4].

Penelitian yang dilakukan L. Mellouk dkk. Menggunakan metode Algoritma Genetika untuk menyelesaikan persoalan *Demand Side Management (DSM)* dan *Dynamic Economic Dispatch (DED)* sebagai dua langkah yang saling melengkapi pada proses optimisasi. GA dikembangkan agar menemukan hasil yang optimal. Tujuan dari penelitian yang dilakukan oleh L. Mellouk dkk. Yaitu meminimalkan biaya operasi pembangkitan, mengurangi rugi-rugi daya di grid. Hasil penelitian menggunakan metode GA menunjukkan adanya peningkatan kinerja lebih dari 10% [5].

Economic Dispatch *Economic dispatch (ED)* adalah upaya yang dilakukan untuk dapat meminimalkan biaya operasi pembangkitan tenaga listrik agar seminimal mungkin dengan daya yang disuplai kepada beban tetap sesuai kebutuhan setiap beban itu sendiri dan tetap mempertimbangkan berbagai kekangan-kekangan yang ada. Kekangan-kekangan tersebut merupakan daya total yang dihasilkan harus sesuai dengan permintaan beban, kekangan sistem, kekangan keseimbangan antara total daya yang dihasilkan dengan total beban yang akan disuplai., dan kekangan unit pembangkit yang berkaitan dengan biaya

operasi pembangkitan sehingga biaya operasi yang dikeluarkan menjadi lebih efisien [7].

Ujicoba permasalahan ED pada sistem IEEE-24 bus 26 unit dimana masing-masing beban memiliki beban jangka pendek yang berbeda yaitu 24 jam dan setiap jamnya pun berbeda. Biaya operasi pembangkitan harus diminimisasi agar biaya operasi terpenuhi atau efisien. Maka dari itu diperlukan perhitungan ED sebagai berikut:

Pemodelan fungsi biaya bahan bakar :

$$F_i(P_i) = a_i + b_i P_i + c_i P_i^2 \quad \text{R/h} \quad (2.1)$$

Keterangan :

- i = unit pembangkit
- a,b,c = koefisien biaya bahan bakar dari unit I (\$/jam)
- P_i^t = daya yang dibangkitkan pada unit i pada jam ke t (MW)

Dan fungsi total biaya yang diminimalkan dapat ditulis sebagai berikut :

$$\min F_T = \sum_{i=1}^N F_i(P_i) \quad (2.2)$$

Keterangan :

- F_T = total biaya bahan bakar (\$/Mbtu)
 - F_i = biaya bahan bakar pada unit ke I (\$/Mbtu)
 - N = jumlah unit pembangkit
- Fungsi tersebut memiliki sejumlah kekangan. Untuk dapat mencapai biaya operasi yang diinginkan perlu memperhatikan beberapa hal sebagai berikut :

1. Total daya yang dihasilkan oleh unit pembangkit harus sesuai dengan total beban yang ada dan tanpa memperhitungkan rugi-rugi transmisi. Persamaannya seperti dibawah ini :

$$\sum_{i=1}^N P_i = P_d^t \quad (2.3)$$

Keterangan :

- P_d^t = total beban saat jam ke t (MW)
2. Daya yang dibangkitkan oleh unit pembangkit tidak boleh berada dibawah nilai daya minimum

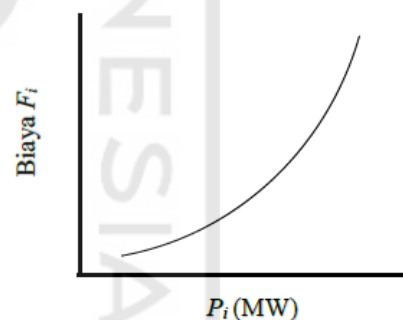
dan diatas daya maksimum yang sudah ditentukan setiap pembangkit [8].

$$P_{i,min} \leq P_i \leq P_{i,max} \quad (2.4)$$

$P_{i,min}$ = batas minimal daya pembangkitan pada unit ke i (MW)

$P_{i,max}$ = batas maksimal daya pembangkitan pada unit ke i (MW)

Dari persamaan (2.1) yaitu pemodelan fungsi biaya didapatkan grafik dari karakteristik unit pembangkit seperti pada Gambar 2.1. Dari gambar tersebut terlihat bahwa parameter biaya meningkat atau membesar ketika daya semakin bertambah. Artinya jika daya yang akan dibangkitkan nilainya semakin besar, maka total biaya yang dibutuhkan untuk membangkitkan daya tersebut akan ikut meningkat. Hal tersebut dapat terjadi karena dipengaruhi oleh bahan bakar yang digunakan oleh setiap unit pembangkit. Karena unit pembangkit termal seperti PLTG,PLTU,PLTD dll menggunakan material mentah, lain halnya dengan PLTA atau unit pembangkit hidro yang menggunakan Air sebagai tenaga yang digunakan untuk membangkitkan energi listrik.



GAMBAR 2. 1 KURVA BIAYA BAHAN BAKAR

B. Algoritma Genetika

Metode yang akan digunakan oleh penulis untuk menyelesaikan permasalahan pada ED adalah metode Algoritma Genetika. Dalam permasalahan ED diperlukan optimasi agar mampu menyelesaikan persoalan yang ada. Algoritma Genetika pertama kali ditemukan oleh Jhon Holland dari Universitas Michigan pada awal 1970-an di New York, Amerika Serikat.

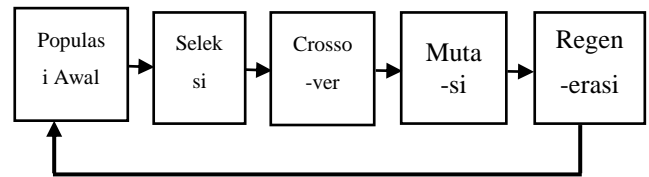
Cara kerja dari algoritma ini berdasarkan genetika alam dan seleksi alam. Algoritma ini diinspirasi dari teori evolusi untuk mendapatkan jalan keluar dari sebuah masalah optimasi. GA menerapkan teknik acak untuk mendapatkan hasil optimasinya. GA memperbaiki kode yang didapat dari pengkodean parameter, parameter tersebut akan diubah menjadi deret biner yang membentuk struktur informasi yang nantinya akan dievaluasi. GA dibantu dengan teknik probabilitas dalam proses mengevaluasi informasi tersebut [9].

GA menerapkan ilmu biologi untuk setiap langkah yang digunakan. GA akan melakukan analisa pada sekumpulan hasil dan akan mengiterasi semua anggota kumpulan tersebut. Data yang ada akan dikodekan kemudian diubah menjadi sejumlah informasi. Pengkodean ini diperlukan untuk pertukaran informasi secara efektif. Sejumlah informasi yaitu kromosom atau individu yang mewakili satu penyelesaian. Kemudian kromosom tersebut disusun oleh sejumlah bit yang dinamakan gen yang mempunyai nilai yang dinamakan allele dan tempat yang dinamakan lokus. Individu yang berkumpul tersebut ialah populasi. Dengan melakukan iterasi pada populasi tersebut nantinya akan mendapatkan populasi yang terbaru dengan masing-masing individu yang baru.

Evaluasi terhadap individu dilakukan melalui cara membagi kromosom kemudian diterapkan pada fungsi objektif yang telah disiapkan. Hasil evaluasi nantinya akan diproses agar mendapatkan nilai *fitness* yang bisa dirumuskan melalui beragam cara sesuai dengan tujuan optimasi [5]. Jika digunakan untuk mendapatkan hasil maksimal, dapat diterapkan dengan nilai fungsi objektif supaya nilai dari fungsi objektif tersebut semakin tinggi sehingga *fitness* pun akan semakin tinggi. Jika akan digunakan untuk meminimalkan nilai itu direpresentasikan berbanding terbalik dengan fungsi objektifnya.

Individu dengan nilai *fitness* lebih baik mempunyai peluang untuk dipilih pada iterasi selanjutnya. Proses pencarian pada algoritma genetic akan berakhir ketika mencapai iterasi maksimal yang sudah ditentukan. Dalam

penerapannya GA memiliki sejumlah operator genetic untuk proses optimasi yaitu Inisialisasi, seleksi, *crossover*, mutasi dan regenerasi [7]. Dapat kita lihat pada Gambar 2.2 dibawah ini :



GAMBAR 2. 2 LANGKAH-LANGKAH OPTIMASI PADA GA

A. Populasi Awal

Langkah awal yang dilakukan pada penerapan GA adalah dengan cara membangkitkan populasi awal dimana dengan proses pembangkitan secara acak namun harus tetap memperhatikan prosedur yang sudah ditentukan dan syarat yang harus dipenuhi pada setiap membangkitkan individu.

B. Seleksi

Setelah melakukan proses pertama yaitu membangkitkan populasi awal, proses selanjutnya yang harus dilakukan adalah dengan melakukan seleksi. Tahap ini bertujuan untuk menghasilkan induk yang berkualitas dengan memperhatikan nilai *fitness*. Kemungkinan individu akan dipilih untuk dapat menghasilkan keturunan selanjutnya berdasarkan nilai *fitness* yang dibandingkan dengan nilai *fitness* dari semua individu yang berada didalam populasi. Artinya, individu dengan nilai *fitness* terbaik memiliki peluang lebih banyak untuk dikembangkan lagi.

C. Crossover

Langkah ketiga yaitu dengan melakukan *Crossover* atau pindah silang. Salah satu operator yang ada pada GA yang bertujuan untuk menghasilkan keturunan yang baru dari dua induk yang dipindah silangkan. Langkah ini diterapkan pada masing-masing individu yang mempunyai probabilitas *crossover* yang ditentukan.

D. Mutasi

Mutasi adalah langkah yang dilakukan untuk memodifikasi nilai dari satu atau beberapa gen agar dapat

mengetahui perbedaan pada populasi. Mutasi ini bertujuan untuk merubah gen yang tidak muncul setelah proses seleksi atau pada saat inialisasi populasi.

E. Populasi Baru

Setelah melakukan ke 4 langkah diatas, nantinya akan menghasilkan sebuah populasi baru dimana populasi baru ini akan menggantikan populasi yang tidak terpilih karena memiliki nilai yang tidak baik pada proses seleksi [5].

Agar dapat memperoleh nilai daya yang dibangkitkan oleh setiap unit pembangkit bisa ditemukan

$$P_i = P_{min} + decode(P_i) * \frac{(P_{max} - P_{min})}{2^{11} - 1} \quad (3.1)$$

dengan rumus dibawah ini:

Keterangan :

- P_i = nilai daya keluaran unit pembangkit (MW)
- P_{min} = nilai batas minimum daya keluaran unit pembangkit (MW)
- P_{maks} = nilai batas maksimum daya keluaran unit pembangkit (MW)
- $Decode P_i$ = Parameter pengubah bilangan biner ke decimal.

Dalam hubungan optimasi biaya pembangkitan diperlukan fungsi objektif untuk meminimalkannya. Berikut persamaannya :

$$minimize F = \sum_{i=1}^N F_i(P_i) \quad (3.2)$$

Keterangan :

- F = biaya operasi total sistem (\$/jam)
- $F_i(P_i)$ = biaya operasi unit pembangkit i (\$/jam)
- i = unit pembangkit ke i

Nilai Fitness

Pada algoritma genetika dibutuhkan nilai *fitness*, nilai *fitness* adalah sebuah nilai yang mampu memperbaiki

masing-masing individu yang terdapat pada sebuah generasi. Nilai *fitness* itu sendiri mampu menentukan kualitas dari masing-masing individu yang didapatkan. Nilai tersebut merupakan hasil turunan dari fungsi objektif persoalan yang digunakan untuk optimasi.

Pada penerapan Algoritma Genetika untuk permasalahan Economic Dispatch memiliki tujuan yaitu mengoptimalkan daya yang dihasilkan oleh masing-masing unit dan meminimalkan biaya operasi pembangkitan dari setiap unit. Hasil yang terbaik ialah yang dapat mencapai

$$fitness = \frac{1}{\sum F(P_i) + P_L + Penalty} \quad (3.3)$$

target tersebut. Berikut adalah fungsi *fitness* yang digunakan :

Keterangan :

- $Penalty = P_i - P_L - P_d$
- P_L = Rugi-rugi daya (MW)

III. METODE PENELITIAN

Dalam melaksanakan Tugas Akhir ini, penulis membutuhkan alur penelitian supaya dalam pengerjaan proses penelitian ini menjadi lebih mudah. Alur penelitian terdiri dari beberapa tahapan yang akan dilakukan untuk meneliti dan menganalisa. Langkah awal dari Tugas Akhir ini adalah melakukan studi literature dengan topik yang bersangkutan dengan tugas akhir yang bertujuan untuk dapat membandingkan metode yang sudah diterapkan untuk menyelesaikan permasalahan ED. Kemudian setelah menemukan perbandingan dari metode tersebut penulis bisa memilih metode yang akan digunakan untuk menyelesaikan persoalan pada tugas akhir ini.

Langkah selanjutnya ialah mengumpulkan data yang akan digunakan untuk di hitung dalam perhitungan ED dan perangkat lunak (*software*) untuk membantu mempermudah proses optimasi pada permasalahan dan perangkat keras (*hardware*) yang dapat mengoperasikan *software* tersebut.

Dalam penelitian ini penulis menggunakan data yang diambil dari sistem IEEE 24 bus dengan jumlah 26 unit

pembangkit. Dari data yang diambil nilai yang diperlukan untuk dapat menyelesaikan permasalahan ED adalah kekangan dari masing-masing unit pembangkit (P_{min} , P_{max}), total beban dalam 24 jam yang berbeda setiap jamnya, dan nilai fungsi biaya bahan bakar masing-masing unit pembangkit. Setelah itu didapatkan fungsi objektif untuk memperoleh nilai daya yang dihasilkan oleh masing-masing unit.

Kemudian untuk mempermudah proses perhitungan dan simulasi penulis menggunakan *software* MATLAB. Terdapat sejumlah file koding berupa persoalan ED yang kemudian akan disimulasikan. GA akan melakukan iterasi dengan jumlah yang sudah ditetapkan untuk memperoleh hasil nilai daya sesuai dengan kekangan masing-masing unit pembangkit serta mendapatkan biaya operasi pembangkitan yang optimal.

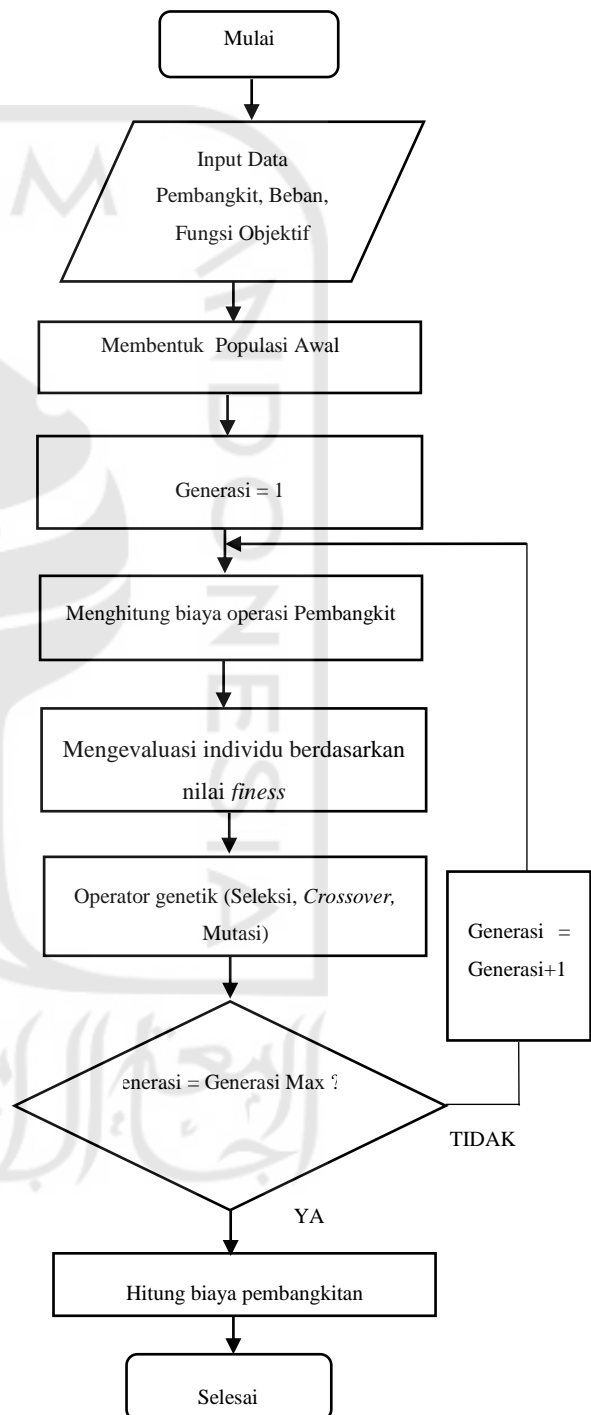
Berikut adalah sejumlah hasil dari simulasi dengan menggunakan bantuan MATLAB :

1. P_b , data nilai daya keluaran dari masing-masing unit pembangkit pada beban tertentu.
2. P_{total} , jumlah keseluruhan dari daya keluaran dari masing-masing unit pembangkit pada total beban tertentu.
3. F_b , data nilai biaya operasi masing-masing unit pembangkit yang paling minimal.
4. F_{total} , jumlah keseluruhan dari semua biaya operasi masing-masing unit pembangkit pada beban tertentu.

Kemudian setelah melakukan langkah-langkah diatas penulis akan menganalisa hasil dari simulasi dengan menggunakan MATLAB, dengan hasil yang sudah sesuai dengan tujuan yakni memperoleh biaya pembangkitan yang minimal namun tanpa mengabaikan kekangan masing-masing unit.

Langkah terakhir pada Tugas Akhir ini adalah beberapa kesimpulan dan saran. Setelah menjalankan proses analisa pada hasil yang sudah diperoleh kemudian penulis

bisa menarik kesimpulan. Adapun isi dari kesimpulan itu sendiri adalah rangkuman dari hasil analisa, dan saran ialah berupa masukan penulis yang ditujukan untuk penelitian selanjutnya yang penulis sendiri belum melakukannya. Dari langkah-langkah penelitian diatas dibentuk sebuah diagram alir yang ditunjukkan oleh Gambar 3.1 :



GAMBAR 3. 1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN

IV. HASIL DAN ANALISIS

Agar memperoleh hasil keluaran yang terbaik dan biaya operasi pembangkitan yang ekonomis dengan GA, maka didapatkan sejumlah parameter yang nantinya diterapkan pada proses simulasi. Untuk dapat menyelesaikan permasalahan ED dengan GA menggunakan parameter kontrol sebagai berikut:

1. *Ukuran populasi* 26
2. *Generasi maksimum* : 620
3. *objfun* : ELDCost
4. P_{max} : 12, 12, 12, 12, 12, 20, 20, 20, 20, 76, 76, 76, 76, 100, 100, 100, 155, 155, 155, 155, 197, 197, 197, 350, 400, 400
5. P_{min} : 2.4, 2.4, 2.4, 2.4, 2.4, 4, 4, 4, 4, 15.2, 15.2, 15.2, 15.2, 25, 25, 25, 54.25, 54.25, 54.25, 54.25, 68.95, 68.95, 68.95, 140, 100, 100

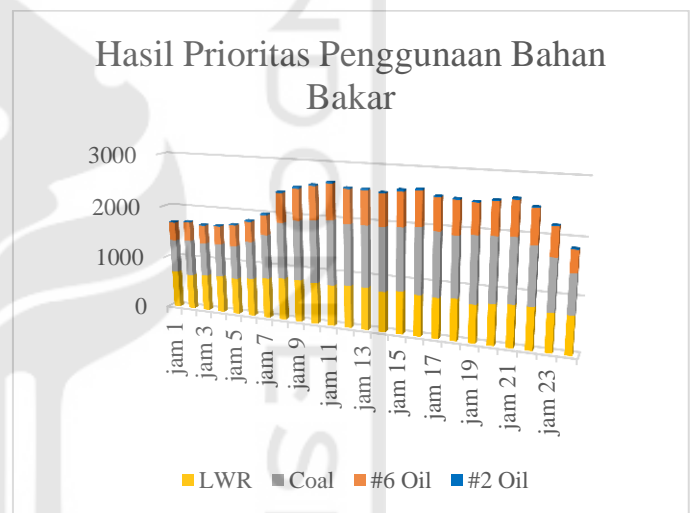
Ukuran populasi yaitu jumlah keseluruhan unit pembangkit yang akan dihitung nilai biaya pembangkitan, daya keluaran yang dihasilkan. Kemudian pada saat melakukan iterasi akan dibatasi dengan jumlah iterasi maksimal 620 dengan menggunakan 26 unit pembangkit. Selanjutnya GA juga memiliki batas bawah (P_{min}) dan batas atas (P_{max}) supaya hasil yang didapatkan tetap sesuai dengan kebutuhan masing-masing beban. Sehingga target yang diperoleh mencapai hasil yang optimal yakni memperoleh daya yang dikeluarkan tetap optimal dan memperoleh biaya pembangkitan yang ekonomis.

Ketika GA telah menyelesaikan simulasi, hasil yang diperoleh adalah nilai daya keluaran dari 26 unit pembangkit yang memenuhi permintaan masing-masing beban serta biaya pembangkitan 26 unit pembangkit yang paling minimal.

Tabel 1 hasil Biaya operasi pada 24 jam

No.	Beban (MW)	Total biaya(\$/Mbtu)
1.	1700	24526
2.	1730	24526
3.	1690	24063

4.	1700	24178
5.	1750	24769
6.	1850	25951
7.	2000	27676
8.	2430	33675
9.	2540	35740
10.	2600	36889
11.	2670	38497
12.	2590	36696
13.	2590	36696
14.	2550	35934
15.	2620	37231
16.	2650	38029
17.	2550	35934
18.	2530	35552
19.	2500	34983
20.	2550	35934
21.	2600	36889
22.	2480	34604
23.	2200	30184
24.	1840	25799
Total	54910 MWh	774955 \$



GRAFIK HASIL PRIORITAS PENGGUNAAN BAHAN BAKAR SELAMA 24 JAM

Untuk mendapatkan hasil yang optimal dari beberapa contoh yang ditunjukkan oleh Tabel 1 diatas telah menyelesaikan proses iterasi dengan jumlah 620 iterasi. Pada saat melakukan proses seleksi, yaitu proses dimana GA mencari individu dengan nilai fitness terbaik yang nantinya akan dipilih untuk dijadikan *parent*. Setelah mendapatkan individu dengan nilai fitness terbaik, individu tersebut akan dipindah silang (*Crossover*). Untuk dapat memperoleh hasil yang terbaik dilakukan dengan cara acak. Meskipun total permintaan beban bernilai sama akan tetapi hasil yang diperoleh pada masing-masing simulasi tentunya bervariasi.

Hal tersebut bukan menjadi masalah yang besar dikarenakan perbedaannya tidak signifikan, sehingga nilai biaya operasi pembangkitan dan nilai daya keluaran yang dibangkitkan tetap sesuai.

Kemudian data penggunaan bahan bakar dari beberapa contoh hasil simulasi ditunjukkan oleh Gambar 4.1 diatas. Dapat kita lihat bahwa bahan bakar yang paling rendah penggunaannya adalah bahan bakar #2 *Oil* karena bahan bakar tersebut mempunyai harga yang tinggi. Kemudian bahan bakar yang diutamakan adalah batu bara (*Coal*), #6 *Oil*, dan yang paling sering digunakan yaitu bahan bakar LWR (*nuclear*). Hal itu disebabkan oleh harga bahan bakar tersebut paling rendah jika dibandingkan dengan bahan bakar lainnya.

V. KESIMPULAN

Setelah menyelesaikan persoalan yang ada, dari hasil tugas akhir diatas yaitu Economic Dispatch dengan menggunakan Algoritma Genetika, penulis mengambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Algoritma Genetika dapat menyelesaikan persoalan ED dengan hasil yang optimal yaitu biaya pembangkitan yang minimum sebesar 774955 \$/Mbtu dan mendapatkan nilai daya output yang dihasilkan sebesar 54910 MWh.
2. Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan, didapatkan urutan penggunaan bahan bakar dari yang paling rendah hingga yang paling tinggi penggunaannya yaitu #2 *Oil*, #6 *Oil*, Batu bara (*Coal*), dan LWR.
3. Bahan bakar #2 *Oil* memiliki harga yang mahal sehingga bahan bakar ini paling rendah nilai menjadi bahan bakar yang paling sering digunakan pada operasi pembangkitan karena mempunyai nilai harga yang ekonomis.
4. Metode Algoritma Genetika memiliki presentasi yang cukup tinggi untuk diterapkan pada permasalahan Optimasi.

SARAN

1. Menerapkan metode Algoritma Genetika pada permasalahan Economic Dispatch untuk sistem yang lebih besar.

2. Menggunakan rugi-rugi daya dan kekangan emisi CO₂ pada sistem pembangkit untuk memperoleh nilai akhir yang lebih tepat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Komsiyah, "Optimisasi Economic Dispatch Dengan Transmission Loss Menggunakan Metode Extended Lagrange Multiplier Dan Gaussian Particle Swarm Optimization (Gpso)," *ComTech*, vol. 146, no. July 2015, pp. 259–271, 2015.
- [2] J. Kishore, M. Basu, and D. Prasad, "Improved real coded genetic algorithm for dynamic economic dispatch," *J. Electr. Syst. Inf. Technol.*, vol. 5, no. 3, pp. 349–362, 2018.
- [3] T. Elektro and P. Negeri, "IMPLEMENTASI ALGORITMA GENETIKA DENGAN TOURNAMENT SELECTION," *J. Electr. Syst. Inf. Technol.*, vol. 6, no. 2, pp. 7–13, 2015.
- [4] D. Rumana, I. Hermawan, and M. Facta, "Implementasi Algoritma Genetik dalam Economic Dispatch dengan Valve Point Loading," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 142, no. 2011, pp. 1–6, 2011.
- [5] L. Mellouk, M. Boulmalf, A. Aaroud, and D. Benhaddou, "ScienceDirect ScienceDirect Genetic Algorithm to Solve Demand Side Management and Genetic Algorithm to Solve Demand Side Management and Economic Dispatch Problem Economic Dispatch Problem," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 130, no. 2018, pp. 611–618, 2018.
- [6] K. Ika Putri, "Analisis Economic Dispatch Pembangkit Thermal dengan Menggunakan Metode Iterasi Lambda pada Sistem Kelistrikan Sumbar," *ComTech*, vol. 4, no. 12, pp. 23–34, 2017.
- [7] C. H. R. Jethmalani, S. P. Simon, K. Sundareswaran, P. S. Rao, and N. Prasad, "Real coded genetic algorithm based transmission system loss estimation in dynamic economic dispatch problem," *Alexandria Eng. J.*, vol. 57, no. 4, pp. 3535–3547, 2018.
- [8] Faiqotul Himmah, "Penerapan algoritma genetika pada masalah penjadwalan operasi sistem pembangkit tenaga listrik," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 133, no. 2013, pp. 22–35, 2013.
- [9] B. Xu, P. Zhong, Y. Zhao, Y. Zhu, and G. Zhang, "Comparison between dynamic programming and genetic algorithm for hydro unit economic load dispatch," *Water*

