

Implementasi *Fuzzy Logic* dan Algoritma Genetika dalam Pembebanan Ekonomis pada Sistem Pembangkitan di Bali

Nasrul Faisal¹, Rukmi Sari Hartati², I Wayan Sukerayasa³

Abstract—Implementation of fuzzy logic and genetic algorithms on the generation system in Bali aims to minimize the cost of the system in Bali. Every hour there will always be changes in the load in order to obtain the minimum total operating costs by taking into account the limits of technical and operational, namely the maximum and minimum power generated every unit of generator. The operation of the plant is economically affected by the load to be supplied, the maximum limit and the minimum output power plants, as well as the cost of fuel to operate. In this research, optimization studies with fuzzy logic and genetic algorithms in loading economical in Bali ignoring transmission losses using Matlab software. Using data of 9 units generator in Bali on May 18, 2014 showed that the cost can be reduced by 21.202% more efficient when compared to the existing.

Intisari—Implementasi *fuzzy logic* dan algoritma genetika pada sistem pembangkitan di Bali ini bertujuan untuk meminimumkan biaya pada sistem di Bali. Setiap jam akan selalu terjadi perubahan beban sehingga diperoleh total biaya operasi yang minimum dengan tetap memperhatikan batas-batas teknis dan operasional yaitu batas maksimum dan minimum daya yang dibangkitkan setiap unit generator. Pengoperasian pembangkit secara ekonomis dipengaruhi oleh beban yang akan disuplai, batas maksimum dan minimum daya output pembangkit, serta biaya bahan bakar untuk mengoperasikan. Dalam penelitian ini dilakukan studi optimasi dengan metode *fuzzy logic* dan algoritma genetika dalam pembebanan ekonomis pada sistem 150 kV Bali dengan mengabaikan rugi-rugi transmisi menggunakan perangkat lunak Matlab. Dengan menggunakan data 9 unit pembangkitan di Bali pada tanggal 18 Mei 2014 didapatkan hasil bahwa biaya yang dapat ditekan sebesar 21,202% lebih efisien bila dibandingkan dengan kondisi eksisting.

Kata kunci — Penjadwalan Ekonomis, *Fuzzy Logic*, Algoritma Genetika

I. PENDAHULUAN

Bali saat ini sedang mengalami pertumbuhan hunian dan pertumbuhan industri pariwisata seperti hotel, villa, restoran hingga tempat wisata penunjang lainnya. Dengan pertumbuhan yang sangat pesat ini, maka akan diikuti dengan pertumbuhan pemakaian energi listrik yang besar pula.

¹Teknik Universitas Udayana, Siwalankerto Tengah No. 54B RT. 03/ RW.02, Surabaya, Jawa Timur 60236 INDONESIA (telp: 087862078788; e-mail: nasrul.faisal2@gmail.com)

²Dosen, Jurusan Teknik Elektro dan Komputer Fakultas Teknik Universitas Udayana, Jln. Kertha Pertakisan 1/4, Denpasar, Bali 80119 INDONESIA (telp: 081238203599; e-mail: rukmisari@unud.ac.id)

³Dosen, Jurusan Teknik Elektro dan Komputer Fakultas Teknik Universitas Udayana, Padang Galeria, Denpasar, Bali 82123 INDONESIA (telp: 081558629699; e-mail: sukerayasa@unud.ac.id)

Energi listrik tidak dapat disimpan dalam jumlah banyak sehingga harus tersedia pada saat dibutuhkan oleh konsumen, akibatnya timbul persoalan dalam menghadapi kebutuhan daya listrik yang berubah dari waktu ke waktu. Kelistrikan di Bali saat ini dipasok oleh beberapa pembangkit, yaitu pembangkit yang berlokasi di Pesanggaran, Celukan Bawang, Gilimanuk, dan Pemaron. Total daya yang terpasang di Bali saat ini sebesar 958,72 MW serta 340 MW yang disalurkan dari Jawa melalui sistem interkoneksi kabel bawah laut [1].

Pasokan daya yang ada di Bali saat ini dipandang cukup apabila salah satu pembangkit tidak beroperasi pada saat dilakukan pemeliharaan, namun tidak menutup kemungkinan bisa terjadi kekurangan pasokan daya yang dapat mengakibatkan terjadinya pemadaman bergilir [2]. Maka dari itu perlu diambil langkah untuk memenuhi kebutuhan listrik baik secara kualitas maupun kuantitas dari sisi permintaan (*demand side management*) dan dari sisi penyedia (*supply side management*). Penghematan biaya operasi terutama penghematan biaya bahan bakar sistem di Bali juga tidak kalah pentingnya untuk dilakukan. Salah satu bagian pengoperasian sistem tenaga listrik yang mengarah ke hal ini adalah pengalokasian pembebanan optimal (*economic dispatch*) pada pembangkitan. Cara ini dilakukan untuk meminimumkan biaya operasi pada sistem tenaga listrik dengan cara mengoptimalkan pengalokasian pembangkitan daya yang beroperasi pada sistem Bali.

Terkait dengan optimasi pembebanan ekonomis, telah dilakukan beberapa penelitian sebelumnya. Penelitian yang dilakukan oleh Rumana (2011) dengan judul Implementasi Algoritma Genetik dalam *Economic Dispatch* dengan *Valve Point Loading* [3]. Penelitian ini membahas suatu metode yang menggunakan algoritma genetik untuk penyelesaian masalah *economic dispatch* dengan model permasalahannya adalah unit-unit pembangkit dengan banyak katup (*multivalve generating units*) yang memiliki fungsi biaya *non-convex*. Penggunaan algoritma genetika berhasil menyelesaikan permasalahan *economic dispatch* dengan fungsi biaya *non-convex* tersebut bila dibandingkan dengan metode LaGrange. Disisi lain penggunaan metode kecerdasan buatan juga diterapkan untuk mencari operasi ekonomis pembangkit thermal sistem 500kV Jawa – Bali dengan pendekatan algoritma *Fuzzy Logic* [4]. Hasil penelitian tersebut apabila dibandingkan dengan data eksisting sistem, maka penjadwalan unit pembangkit dengan pendekatan algoritma *fuzzy logic* memberikan hasil 23,27% lebih ekonomis.

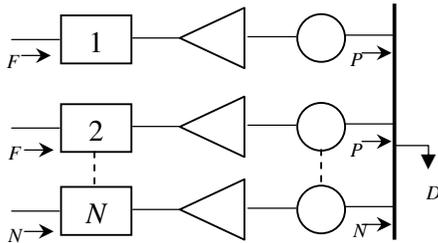
Dari permasalahan ini dalam operasi ekonomis pembangkitan di Bali digunakan perpaduan antara metode *Fuzzy Logic* dan Algoritma Genetika. *Fuzzy Logic* digunakan untuk menentukan unit pembangkit yang optimum dalam melayani beban, karena *fuzzy logic* mampu menyelesaikan permasalahan dan pembuatan keputusan yang sangat kompleks. Proses penjadwalan ekonomis (*economic dispatch*)



menggunakan metode algoritma genetika, karena algoritma genetika mampu menyelesaikan *economic dispatch* dengan pendekatan yang lebih akurat [5]. Jadi optimasi yang dilakukan algoritma genetik lebih mendekati kondisi sesungguhnya.

II. ECONOMIC DISPATCH

Economic dispatch adalah masalah yang penting dalam pengoperasian sistem tenaga listrik. Dalam *economic dispatch* ditentukan pembagian beban yang optimal diantara unit-unit pembangkit yang beroperasi setiap saat terjadi perubahan beban sehingga diperoleh total biaya operasi yang minimum dengan tetap memperhatikan batas-batas teknis dan operasional yaitu pembangkitan minimum dan maksimum setiap unit generator dan permintaan beban serta rugi-rugi transmisi [6].



Gambar 1: Konfigurasi pembangkit yang menyuplai beban dalam 1 bus

$$F = F_1(P_1) + F_2(P_2) + \dots + F_N(P_N) \quad (1)$$

$$P_1 + P_2 + \dots + P_N = D \quad (2)$$

dengan:

- N = Jumlah pembangkit yang beroperasi dan siap menyuplai beban
- P_n = Daya yang dibangkitkan oleh pembangkit ke n (MW)
- $F_n(P_n)$ = Biaya variable / biaya produksi untuk membangkitkan daya listrik sebesar P_n dari generator ke n (\$/h)
- D = Demand

Secara umum fungsi biaya dari tiap pembangkit dapat diformulasikan secara matematis sebagai suatu fungsi obyektif seperti yang diberikan pada persamaan berikut [8]:

$$F_T = \sum_{i=1}^N (a_i + b_i P_{Gi} + c_i P_{Gi}^2) \quad (3)$$

dengan :

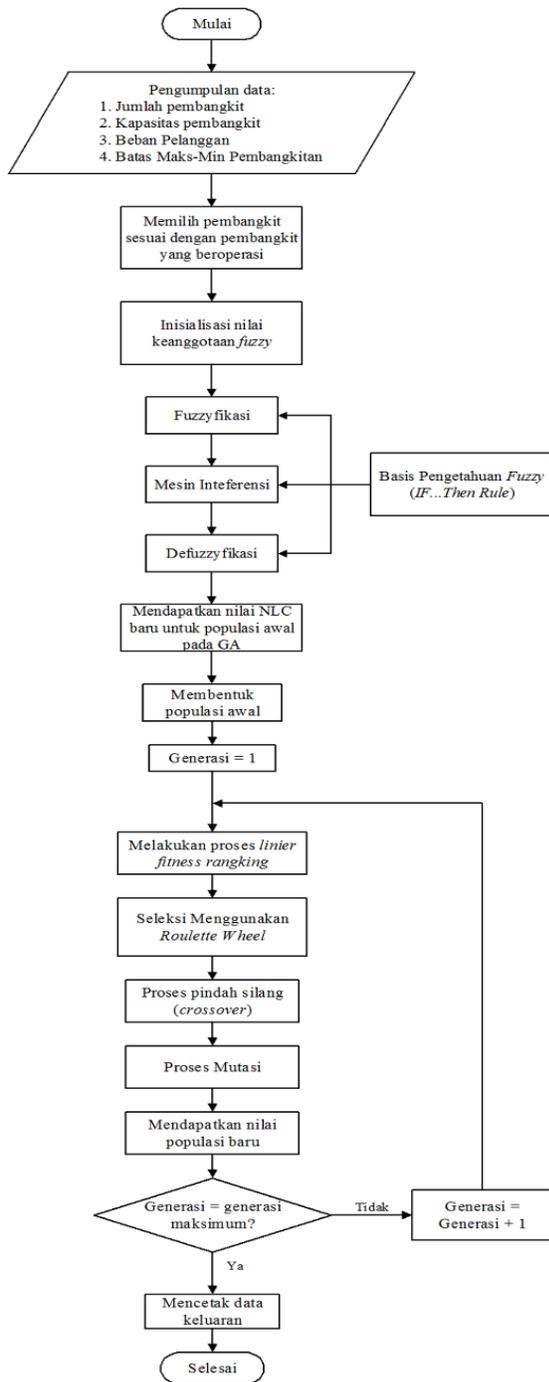
- F_T = total biaya pembangkitan (Rp)
- a_i, b_i, c_i = koefisien biaya dari pembangkit i
- P_{Gi} = output pembangkit i (MW)
- N = jumlah unit pembangkit
- i = indeks dari unit pembangkitan yang berputar

III. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam analisis hasil penelitian ini adalah langkah-langkah sebagai berikut :

1. Pengumpulan data beban yang diambil di PT. Indonesia Power – Unit Bisnis Pembangkit (UBP) Bali yang berupa jumlah pembangkit, data kapasitas pembangkit, beban pelanggan, dan batas maksimum-minimum pembangkitan.
2. Memilih pembangkit sesuai dengan pembangkit yang dapat beroperasi.
3. Inisialisasi nilai *Load Capacity Generator* dan *Incremental Cost* sebagai input pada *fuzzy logic*. *Load Capacity Generator* adalah Beban Kapasitas Generator dan *Incremental Cost* adalah sebagai Biaya Pembangkitan.
4. Fuzzyfikasi nilai *Load Capacity Generator* dan *Incremental* dengan output *New Load Capacity*. *New Load Capacity* atau kapasitas beban baru yang hasilnya akan dipakai untuk menentukan pembangkit mana saja yang dipakai untuk dilanjutkan ke proses algoritma genetika.
5. Membuat aturan-aturan *if-then rule* pada basis pengetahuan *fuzzy* yang akan dimasukan pada mesin inferensi [7].
6. Proses mesin inferensi merubah nilai-nilai linguistik kembali ke nilai pasti (*Crisp Output*) melalui proses defuzzyfikasi.
7. Defuzzyfikasi hasil dari nilai-nilai mesin inferensi dan mendapatkan hasil dari *New Load Capacity*.
8. Memasukkan nilai *New Load Capacity* hasil dari *fuzzy logic* sebagai populasi awal pada proses selanjutnya yaitu pada algoritma genetika.
9. Memasukkan nilai populasi awal ke fungsi *fitness* dan mendapatkan nilai populasi pertama.
10. Melakukan proses *linear fitness ranking*. Proses ini bertujuan untuk menghindari kecenderungan konvergen pada optimal lokal, maka akan diperoleh nilai *fitness* baru yang lebih baik, yaitu yang memiliki variasi tinggi.
11. Seleksi menggunakan *roulette wheel*. Memilih dua buah kromosom sebagai orang tua, umumnya dilakukan secara proporsional sesuai dengan nilai *fitness*-nya.
12. Proses pindah silang (*crossover*). Pindah silang ini akan memilih individu secara acak sebagai orang tua untuk memproduksi individu baru.
13. Melakukan proses mutasi dan mendapatkan nilai populasi baru. Mutasi terjadi secara random pada setiap gen dalam kromosom untuk menghindari individu yang memiliki nilai 0.
14. Mengulang proses menghitung *fitness* sampai proses mutasi sampai generasi sama dengan jumlah generasi total.
15. Memilih nilai *fitness* terbaik.

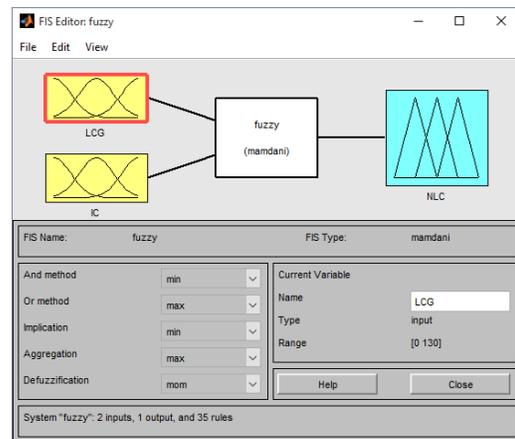
Diagram alir penelitian seperti dalam gambar 2 .



Gambar 2: Alur penelitian

A. Proses Fuzzy pada Matlab untuk pembangkitan ekonomis

Proses fuzzy pada pemilihan unit pembangkit dilakukan untuk mendapatkan nilai pembangkitan baru yang akan di optimasi sehingga hasil dari algoritma genetika menjadi lebih efisien. Gambar dibawah ini menampilkan proses awal fuzzy, yaitu FIS editor yang menggambarkan input dan output yang akan digunakan.



Gambar 3: Tampilan FIS Editor pada software MATLAB

Pada FIS editor ini ditentukan jumlah *input*, *output* dan metode *fuzzy* apa yang dipakai untuk menyelesaikan masalah. Pada studi ini memakai 2 *input* yaitu “LCG” diasumsikan sebagai *Load Capacity Generator* atau kapasitas beban generator dan “IC” yaitu *Incremental Cost*. Kedua inputan ini digunakan untuk mendapatkan nilai kapasitas beban baru. Pada sisi *output* adalah “NLC” yang kita asumsikan sebagai *New Load Capacity* atau kapasitas beban baru yang hasilnya akan dipakai untuk menentukan pembangkit mana saja yang dipakai untuk dilanjutkan ke proses algoritma genetika.

Berikut ini adalah urutan proses fuzzy pada matlab untuk pembebanan ekonomis.

1) *Membership Function Editor pada MATLAB*: Fungsi keanggotaan digunakan untuk menentukan batasan (*range*) pada variabel dan menentukan nilai parameter *input* dan *output* pada setiap variabel.

2) *Rule Editor: Rule editor* merupakan proses pada *toolbox fuzzy* untuk memasukan aturan-aturan fuzzy berupa (*if...then rule*). Untuk mendapatkan nilai beban pembangkitan baru atau “NLC” terdapat 3 variabel fuzzy yaitu berupa 2 masukan dan 1 keluaran. Tabel I di bawah ini akan menjelaskan aturan fuzzy yang digunakan dalam penelitian ini.

TABEL I

ATURAN FUZZY LOGIC UNTUK PENJADWALAN EKONOMIS							
Aturan	LCG	IC	NLC	Aturan	LCG	IC	NLC
1	VL	VL	VL	19	AV	H	AV
2	VL	L	VL	20	AV	VH	AV
3	VL	M	VL	21	AAV	VL	AAV
4	VL	H	VL	22	AAV	L	AAV
5	VL	VH	VL	23	AAV	M	AAV
6	L	VL	L	24	AAV	H	AAV
7	L	L	L	25	AAV	VH	AAV
8	L	M	L	26	H	VL	H
9	L	H	L	27	H	L	H
10	L	VH	L	28	H	M	H
11	BAV	VL	BAV	29	H	H	H
12	BAV	L	BAV	30	H	VH	H
13	BAV	M	BAV	31	VH	VL	VH
14	BAV	H	BAV	32	VH	L	VH
15	BAV	VH	BAV	33	VH	M	VH
16	AV	VL	AV	34	VH	H	VH
17	AV	L	AV	35	VH	VH	VH
18	AV	M	AV				

3) *Rule Viewer Proses*: Tahap terakhir proses fuzzy pada *toolbox MATLAB* adalah *rule viewer* proses. Data jumlah *Load Capacity Generator* dan *Incremental Cost* dimasukan pada kolom *input*. Setelah memasukan nilai *Load Capacity*



Generator yang diambil dari tabel III dan *Incremental Cost* dari tabel IV maka nilai *output New Load Capacity* akan keluar diatas kurva NLC, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4: Rule Viewer pada Software MATLAB

Hasil dari proses pemrograman *fuzzy* pada gambar 4 kemudian dihitung untuk mendapatkan hasil pembangkitan yang baru untuk dilanjutkan pada proses optimasi menggunakan algoritma genetika.

Nilai dari input IC diambil dari tabel II yaitu tabel biaya pembangkitan. Tabel II dibawah ini menunjukkan total biaya masing-masing pembangkit untuk setiap Rp/MWh :

TABEL II
BIAYA MASING-MASING PEMBANGKIT

UNIT	Kapasitas Pembangkit	Incremental Cost
	MW	Rp/MWh
PLTG-Pesanggaran	111,95	2.168.100
PLTG-Gilimanuk	130	2.216.280
PLTG-Pemaron	80	667.640
PLTD- BOO Pemaron	125	3.257.750
PLTD A 30 MW Pesanggaran	30	885.860
PLTD B 50 MW Pesanggaran	50	1.143.100
PLTD C 50 MW Pesanggaran	50	1.143.100
PLTD D 45 MW Pesanggaran	45	1.128.790
PLTD F 45 MW Pesanggaran	45	1.128.790

Sedangkan untuk nilai dari input LCG diambil dari tabel III yang dimulai pada pukul 18.00 sampai pukul 22.00. Di bawah ini akan ditampilkan sampel eksisting di lapangan berdasarkan pembebanan pada masing-masing pembangkitan.

TABEL III
DATA EKSISTING PEMBEBANAN MASING-MASING PEMBANGKIT

UNIT	Pukul							
	18.00 MW	18.30 MW	19.00 MW	19.30 MW	20.00 MW	20.30 MW	21.00 MW	22.00 MW
PLTG-Pesanggaran	104,5	105	106	106,1	106,1	89,6	89,6	73
PLTG-Gilimanuk	84	100	100	100	100	100	100	85
PLTG-Pemaron	0	0	0	0	0	0	0	0
PLTD- BOO Pemaron	33,1	65,8	112,6	97,7	97,7	98,7	98,7	84
PLTD A 30 MW Pesanggaran	26,1	26,1	26,1	26,1	26,1	26,1	26,1	26,1
PLTD B 50 MW Pesanggaran	48,8	48,8	48,8	48,8	48,8	48,8	48,8	48,8
PLTD C 50 MW Pesanggaran	48,8	48,8	48,8	48,8	48,8	48,8	48,8	48,8
PLTD D 45 MW Pesanggaran	42	42	42	42	42	42	42	42
PLTD F 45 MW Pesanggaran	41,8	42,7	42,7	42	42	40,1	40,1	41,6
Total	429,1	479,2	527	511,5	511,5	494,1	494,1	449,3

Dari data-data diatas maka akan kita hitung untuk mendapatkan hasil pembangkitan yang baru untuk dilanjutkan pada proses optimasi menggunakan algoritma genetika.

Contoh:

$$\text{PLTG-Pesanggaran} : \text{LCG} \cap \text{IC} = \text{nilai NLC}$$

$$104 \cap 2.168.100 = 0,83$$

$$\text{Nilai output NLC} \times \text{max LCG} = 0,83 \times 111,95$$

$$= 92,9 \text{ MW}$$

Dengan menggunakan cara yang sama dengan perhitungan manual maka didapat hasil seperti pada tabel II dibawah ini:

TABEL IV
HASIL PERHITUNGAN KEUARAN FUZZY LOGIC BEBAN PEMBANGKITAN BARU

UNIT	Pukul							
	18.00 MW	18.30 MW	19.00 MW	19.30 MW	20.00 MW	20.30 MW	21.00 MW	22.00 MW
PLTG-Pesanggaran	92,9	99,6	99,6	99,6	99,6	79,8	79,8	60
PLTG-Gilimanuk	87,1	107,9	107,9	107,9	107,9	107,9	107,9	87,1
PLTG-Pemaron	0	0	0	0	0	0	0	0
PLTD- BOO Pemaron	31,8	39,6	115,2	100,2	100,2	100,2	100,2	79,8
PLTD A 30 MW Pesanggaran	25,05	25,05	25,05	25,05	25,05	25,05	25,05	25,05
PLTD B 50 MW Pesanggaran	48,3	48,3	48,3	48,3	48,3	48,3	48,3	48,3
PLTD C 50 MW Pesanggaran	48,3	48,3	48,3	48,3	48,3	48,3	48,3	48,3
PLTD D 45 MW Pesanggaran	42,9	42,9	42,9	42,9	42,9	42,9	42,9	42,9
PLTD F 45 MW Pesanggaran	42,7	43,2	43,2	42,9	42,9	36,6	36,6	42,7

B. Proses Algoritma Genetika pada MATLAB

1) *Inisialisasi Populasi*: Tujuan inisialisasi populasi adalah untuk membangkitkan sebuah populasi yang berisi sejumlah kromosom. Pada kode program terdapat perintah (rand(1,nind0)*gaDat.NIND), kode program ini

menghasilkan matriks dua dimensi berukuran $NIND \times MAXGEN$ yang berisi nilai real dalam interval $[0,1]$. $gaDat2.indini = ([30 \quad 25])$ merupakan perintah untuk memasukan nilai sejumlah $Pmax$ dan beban pada pembangkit.

2) *Dekode Kromosom*: Kromosom disini merupakan sebuah matriks berukuran $1 \times JumGen$ atau biasa dikenal dengan vektor baris. $Nvar$ adalah jumlah variabel yang terdapat pada fungsi yang dioptimasi. $Nbit$ merupakan jumlah bit yang digunakan untuk mengkodekan suatu variable. Ub adalah batas atas interval, sedangkan lb merupakan batas bawah interval. Keluaran dari fungsi ini adalah nilai x , yaitu sebuah individu yang bernilai real dalam interval $[ub, lb]$. Jika $Nvar$ sama dengan 2 dan $Nbit$ sama dengan 10, maka individu x terdiri dari 2 kolom, $x(1)$ dan $x(2)$.

3) *Penentuan Fungsi Fitness*: Untuk menjaga agar individu bernilai *fitness* tertinggi tidak hilang selama *evolusi*, maka perlu dilakukan prosedur elitisme, dengan cara membuat satu *copy* dari individu bernilai *fitness* tertinggi. Elitisme dilakukan dengan mengkopir satu atau dua individu terbaik dari populasi.

4) *Linear Fitness Ranking*: Untuk menghindari kecenderungan konvergen pada optimal lokal, maka digunakan penskalaan nilai *fitness*, sehingga diperoleh nilai *fitness* baru yang lebih baik, yaitu yang memiliki variasi tinggi [9].

5) *Seleksi*: Pada penjadwalan ekonomis ini menggunakan metode *roulette wheel* dimana dibuat interval kumulatif (dalam interval 0-1) dari nilai *fitness* masing-masing kromosom. Sebuah kromosom akan terpilih jika bilangan random yang dibangkitkan berada dalam interval kumulatifnya.

6) *Pindah Silang*: Operator ini memilih individu secara acak sebagai orang tua untuk memproduksi individu baru. Sebuah bilangan antara 1 sampai $MAXGEN$ dibangkitkan secara acak dan disimpan dalam variable $NewChrom$.

7) *Mutasi*: Mutasi terjadi secara random pada setiap gen dalam kromosom untuk menghindari individu yang memiliki nilai 0. Jika bilangan *random* $[0,1]$ yang dibangkitkan oleh perintah *rand* kurang dari probabilitas mutasi $MutMx$, maka gen yang bersesuaian akan diganti dengan nilai kebalikannya (nilai 0 diubah menjadi 1, dan 1 diubah menjadi 0). Keluaran dari fungsi mutasi ini adalah $NewChrom$, yaitu kromosom hasil mutasi.

IV. SIMULASI DAN PEMBAHASAN

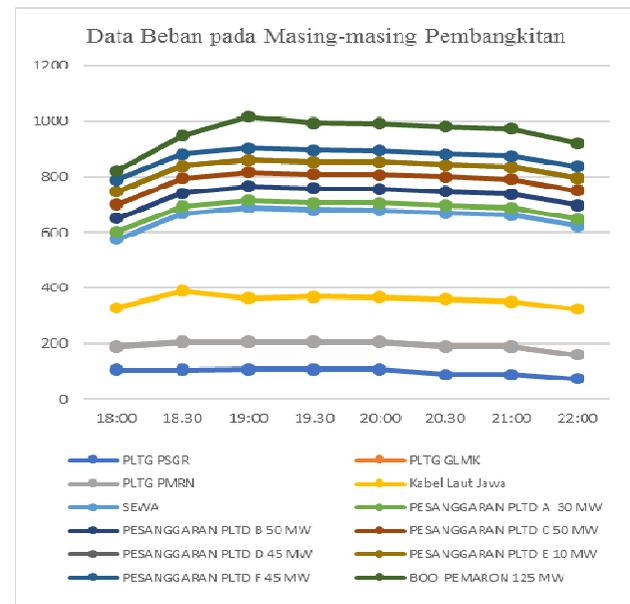
A. Data Pembangkitan Bali

1) *Data Kapasitas Pembangkitan*: Pembangkitan di Bali disuplai oleh beberapa pembangkit. Setiap pembangkit memiliki kapasitas maksimum dan minimum yang tidak boleh terbebani melebihi dari kapasitas maksimum dan minimum tersebut. Berikut ini adalah unit pembangkit PT. Indonesia Power UBP Bali :

TABEL V
DATA KAPASITAS PEMBANGKITAN

No.	Unit	Daya Terpasang (MW)	Daya Mampu (MW)
I	PLTG PESANGGARAN	125,45	111,95
II	PLTG GILIMANUK	133,80	130,00
III	PLTG PEMARON	97,6	90,00
IV	PLTD A 30 MW PESANGGARAN	34,56	26,00
V	PLTD B 50 MW PESANGGARAN	54,00	50,40
VI	PLTD C 50 MW PESANGGARAN	60,80	51
VII	PLTD D 45 MW PESANGGARAN	52,80	45,00
VIII	PLTD 35 MW PEMARON	39,95	35,00
IX	PLTD 45 MW PEMARON	51,00	45,00
X	PLTD 45 MW PEMARON	51,00	45,00
XI	PLTD F 45 MW PESANGGARAN	44,65	45

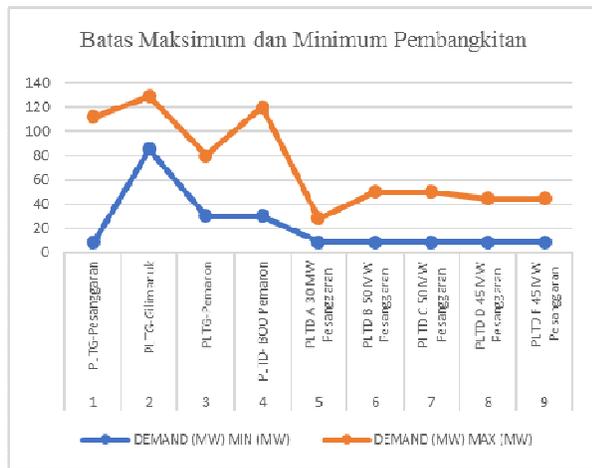
2) *Data Beban*: Untuk mengoperasikan pembangkit tentunya diperlukan data beban dari sistem Bali agar dapat mengetahui pembangkit mana yang paling optimal untuk membebani. Berikut ini merupakan rincian mengenai jumlah beban pelanggan setiap jamnya dalam 1 hari pada tanggal 18 Mei 2014 yang didapat dari PT. Indonesia Power UBP Bali:



Gambar 5: Data beban pada masing-masing pembangkitan

3) *Batas Maksimum dan Minimum Pembangkitan*: Setiap pembangkit memiliki batas maksimum dan minimum yang berbeda-beda [2]. Untuk melakukan optimasi diperlukan karakteristik inputan maksimum dan minimum pada masing-masing pembangkit. Batas maksimum dan minimum ini digunakan untuk membangkitkan setiap pembangkit agar tidak melebihi dari batas yang telah ditentukan untuk masing-masing pembangkit. Berikut adalah batas maksimum dan minimum pada setiap pembangkit yang akan ditunjukkan pada gambar 6 yang didapat dari PT. Indonesia Power UBP Bali:





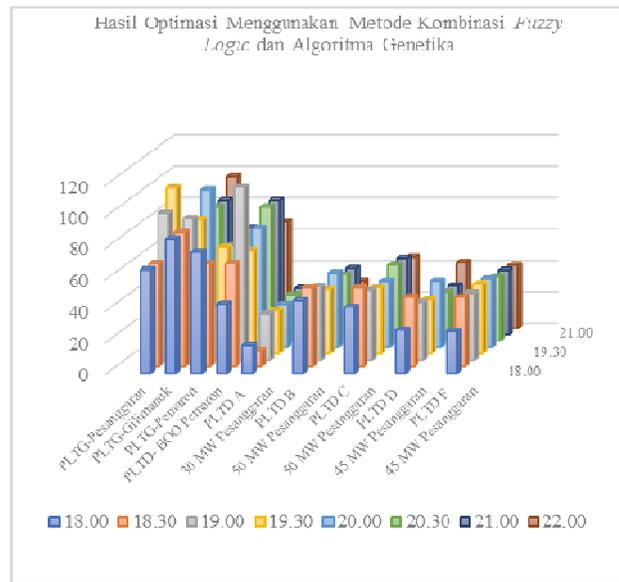
Gambar 6: Batas maksimum dan minimum pembangkitan

B. Hasil Optimasi Kombinasi Fuzzy Logic dan Algoritma Genetika

Penelitian ini mengambil sampel data pada 1 Mei 2014 PT. Indonesia Power UBP Bali selama 8 periode pembebanan yang dimulai pukul 18.00 sampai dengan pukul 22.00 Waktu Indonesia Bagian Tengah. Selama 8 periode tersebut Bali sedang mengalami beban yang tinggi, maka untuk itu perlu dilakukannya optimasi.

Untuk mengetahui hasil dari alokasi pembebanan masing-masing unit pembangkit dengan menggunakan Algoritma Genetika, kita memerlukan beberapa masukan seperti batas maksimum dan minimum pada masing-masing pembangkit serta populasi awal. Populasi awal didapat dari hasil pemrograman *fuzzy* yang telah kita lakukan sebelumnya.

Hasil dari optimasi alokasi pembebanan menggunakan kombinasi *fuzzy logic* dan algoritma genetika pada pembangkitan Bali dapat dilihat pada gambar 7 berikut:



Gambar 7: Hasil optimasi menggunakan metode kombinasi *fuzzy logic* dan algoritma genetika

Besar biaya bahan bakar hasil optimasi menggunakan metode kombinasi *Fuzzy Logic* dan Algoritma Genetika dapat ditunjukkan pada tabel VI dibawah ini.

TABEL VI
BIAYA PEMBANGKITAN SELAMA 8 PERIODE MENGGUNAKAN METODE KOMBINASI FUZZY LOGIC DAN ALGORITMA GENETIKA

UNIT	BIAYA PEMBANGKITAN							
	Pukul							
	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00	22:00
PLTG-Pesanggaran	39.893.040	148.514.850	242.718.795	218.544.480	218.544.480	180.819.540	180.819.540	83.688.660
PLTG-Gilimanuk	788.383.800	188.383.800	198.024.618	188.383.800	188.383.800	188.383.800	188.383.800	188.383.800
PLTG-Pemaron	53.411.200	53.411.200	53.411.200	53.411.200	53.411.200	53.411.200	53.411.200	53.411.200
PLTD-BOO Pemaron	97.732.500	97.732.500	97.732.500	97.732.500	97.732.500	97.732.500	97.732.500	97.732.500
PLTD A 30 MW Pesanggaran	24.804.080	24.804.080	24.804.080	24.804.080	24.804.080	24.804.080	24.804.080	24.804.080
PLTD B 50 MW Pesanggaran	56.926.380	56.926.380	56.926.380	56.926.380	56.926.380	56.926.380	56.926.380	56.926.380
PLTD C 50 MW Pesanggaran	56.926.380	56.926.380	56.926.380	56.926.380	56.926.380	56.926.380	56.926.380	56.926.380
PLTD D 45 MW Pesanggaran	49.723.200	49.723.200	49.723.200	49.723.200	49.723.200	49.723.200	49.723.200	49.723.200
PLTD F 45 MW Pesanggaran	49.723.200	49.723.200	49.723.200	49.723.200	49.723.200	49.723.200	49.723.200	49.723.200
Total	617.523.779	726.145.589	829.990.352	796.175.219	796.175.219	758.450.279	758.450.279	661.319.399

Dapat ditunjukkan pada tabel diatas nilai dari biaya bahan bakar (*incremental cost*) hasil optimasi menggunakan metode kombinasi *fuzzy logic* dan algoritma genetika mampu

menekan biaya dan pembangkitan. Pembangkitan yang memiliki biaya yang lebih rendah dibebani mendekati batas maksimumnya.

TABEL VII
PERBANDINGAN BIAYA METODE KOMBINASI *FUZZY LOGIC* DAN ALGORITMA GENETIKA DENGAN DATA EKSTING DI LAPANGAN

JAM KE	Total Biaya Bahan Bakar (Rp)	
	Fuzzy & GA (Rp)	Data Riil Lapangan (Rp)
18.00	617.523.779	749.845.603
18.30	726.145.589	893.934.469
19.00	829.990.352	1.006.565.269
19.30	796.175.219	999.451.451
20.00	796.175.219	999.451.451
20.30	758.450.279	964.790.850
21.00	758.450.279	964.790.850
22.00	661.319.399	964.790.850
TOTAL	5.944.230.115	7.543.620.793

Dapat dilihat bahwa total biaya yang dikeluarkan bila menggunakan metode kombinasi *fuzzy logic* dan algoritma genetika sebesar Rp. 5.944.230.115,-. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan metode kombinasi *fuzzy logic* dan algoritma genetika lebih kecil bila dibandingkan dengan data eksisting di lapangan dengan total biaya sebesar Rp. 7.543.620.793,-. Dengan diketahui besar pembebanan setiap unit yang beroperasi maka dapat ditentukan biaya bahan bakar untuk masing-masing unit pembangkit tersebut dengan menggunakan persamaan fungsi obyektif $Fi(Pi)$.

V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil adalah dari data eksisting di lapangan menunjukkan total biaya pembangkitan sebesar Rp. 7.543.620.793,-. Sedangkan total biaya yang dikeluarkan bila menggunakan metode kombinasi *fuzzy logic* dan algoritma genetika sebesar Rp. 5.944.230.115,-. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan metode kombinasi *fuzzy logic* dan algoritma genetika lebih kecil bila dibandingkan dengan data eksisting di lapangan. Dari perhitungan penurunan persentase dapat dilihat bahwa total biaya hasil optimasi metode kombinasi *fuzzy logic* dan algoritma genetika lebih kecil 21,202% bila dibandingkan dengan total biaya di eksisting.

REFERENSI

- [1] *Data Pembangkitan dan Beban Sistem Bali*, PT. PLN (Persero), Jan. 2016.
- [2] R. S. Hartati, I. W. Sukerayasa. "Alokasi Pembebanan Ekonomis pada Sistem Pembangkitan di Bali dengan Metode Jaringan Syaraf Tiruan". *Jurnal TRANSISTOR*, Vol 5. No. 1. Jul. 2005".
- [3] D. Rumana, Hermawan, M. Facta. "Implementasi Algoritma Genetik dalam *Economic Dispatch* dengan *Valve Point Loading*". *Jurnal Teknik Elektro Universitas Diponegoro*.
- [4] R. N. Marifah, Y. Mulyadi, A. G. Abdullah. "Operasi Ekonomis Pembangkit Thermal Sistem 500KV Jawa-Bali dengan Pendekatan Algoritma *Fuzzy Logic*". *Jurnal ELEKTRANS Pendidikan Teknik Elektro Universitas Pendidikan Indonesia*, Vol.12, No.2, Sept. 2013.

- [5] S. Gunawan, Y. Mulyadi, J. Kustija. "Optimasi Penjadwalan Pembangkit Termal Sistem 500 Kv Jawa – Bali Berbasis Komputasi Cerdas". *Jurnal ELEKTRANS Pendidikan Teknik Elektro Universitas Pendidikan Indonesia*, Vol. 13, No. 1, Mar. 2014.
- [6] Adrianti. "Penjadwalan Ekonomis Pembangkit Thermal dengan Memperhitungkan Rugi-Rugi Saluran Transmisi Menggunakan Metode Algoritma Genetik". *Jurnal Teknik Elektro Universitas Andalas*, Vol.1. No.33, Apr. 2010.
- [7] Kusumadewi. *Analisa dan Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Toolbox Matlab*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [8] A. J. Wood. "*Power Generation, Operation, and Control Second Edition*". New York: Fairmont Press & Marcel Dekker, 1996.
- [9] Zuhri. *Algoritma Genetika Metode Komputasi Evolusioner untuk Menyelesaikan Masalah Optimasi*. Yogyakarta, 2013

