

# Economic Dispatch Pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Gas (PLTDG) Menggunakan *Fuzzy Logic Controller* (FLC)

I Made Teguh Winasatria<sup>1</sup>, I Made Mataram<sup>2</sup>, Ida Bagus Gede Manuaba<sup>3</sup>  
[Submission: 30-01-2019, Accepted: 12-04-2019]

**Abstract**— In every fulfillment of electricity needs, a power plant unit is operated using various fuels. But the biggest expenditure from the operation of the plant is on the cost of using the generator unit fuel which is around 60%, so a solution is needed to minimize the cost of generating fuel in operating the generating unit. Economic Dispatch is a way to overcome the economic operating problem of a power plant by dividing the load on each operating unit in order to obtain minimum generation costs. The problem of Economic Dispatch can be done using the Fuzzy Logic Controller (FLC) method because the FLC method can make very complex decisions and in its application does not require mathematical models that are too difficult to solve, so that the FLC method is expected to minimize the cost of generating electricity. The results of calculating the Economic Dispatch using the FLC method result in a lower total production cost compared to the total total production cost of the System and the Lamda Iteration method for 24 hours on September 30, 2017.

**Intisari**— Dalam setiap pemenuhan kebutuhan energi listrik, dioperasikan unit pembangkit listrik menggunakan bahan bakar yang beragam. Pengeluaran biaya terbesar dari pengoperasian pembangkit ada pada biaya dari penggunaan bahan bakar unit pembangkit yakni sekitar 60%, maka dari itu diperlukan solusi untuk dapat meminimalkan biaya penggunaan bahan bakar pembangkit dalam mengoperasikan unit pembangkit. Economic Dispatch merupakan suatu cara untuk mengatasi persoalan pengoperasian ekonomis pembangkit listrik dengan melakukan pembagian pembebanan pada tiap unit pembangkit yang beroperasi agar didapat biaya pembangkitan minimum. Pemecahan permasalahan Economic Dispatch dapat dilakukan dengan metode Fuzzy Logic Controller (FLC) karena metode FLC dapat membuat keputusan yang sangat kompleks dan pengaplikasiannya tidak membutuhkan model matematika yang sulit diselesaikan, sehingga dengan metode FLC ini diharapkan mampu meminimalkan biaya pembangkitan energi listrik. Hasil perhitungan Economic Dispatch dengan metode FLC menghasilkan total biaya produksi yang lebih murah dibanding dengan total biaya produksi Riil Sistem dan metode Iterasi Lamda selama 24 jam tanggal 30 September 2017.

**Kata Kunci:** Energi listrik, Economic Dispatch, Fuzzy Logic Controller

## I. PENDAHULUAN

Dalam menjalankan pekerjaannya, manusia selalu membutuhkan energi misalnya energi listrik. Maka dari itu,

<sup>1</sup>Mahasiswa, Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana, Jln. Anyelir Gg. Sita No. 8 Denpasar 80235. INDONESIA (tel: 082237288789; e-mail: winasatriateguh@gmail.com)

<sup>2,3</sup>Dosen, Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana, Jalan Kampus Bukit Jimbaran 80361 INDONESIA tel: 0361-703315; fax: 0361-703315

permintaan terhadap energi listrik akan meningkat setiap tahun. Dalam pemenuhan kebutuhan energi listrik, dioperasikanlah unit pembangkit listrik dengan penggunaan bahan bakar yang beragam dan pengeluaran biaya terbesar dari total biaya pengoperasian pembangkit ada pada biaya penggunaan bahan bakar unit pembangkit yakni sekitar 60%, maka dari itu diperlukan solusi untuk meminimalkan biaya penggunaan bahan bakar pembangkit dalam mengoperasikan unit pembangkit [1]. Sehingga dibutuhkan solusi dalam meminimalkan dan mengoptimalkan biaya penggunaan bahan bakar pembangkit listrik agar didapat nilai ekonomis pembangkitan energi listrik.

*Economic Dispatch* atau pengoperasian ekonomis adalah solusi untuk mengatasi permasalahan pengoperasian ekonomis pembangkit energi listrik dengan melakukan pembagian pembebanan pada unit-unit pembangkit yang beroperasi agar didapatkan biaya produksi energi listrik unit pembangkit yang minimum dan optimal dalam sistem kelistrikan [2].

Berbagai metode telah dikembangkan oleh para ahli bidang kelistrikan untuk memecahkan permasalahan pengoperasian ekonomis (*Economic Dispatch*) salah satunya adalah metode *Fuzzy Logic Controller* (FLC). FLC atau Logika Fuzzy merupakan suatu komponen pembentuk *soft computing*, dimana implementasi *Fuzzy Logic* terhadap penyelesaian persoalan pengoperasian ekonomis (*Economic Dispatch*) dan penjadwalan pembangkit telah banyak dilakukan penelitian. Hal ini karena metode FLC dapat membuat keputusan yang sangat kompleks serta pengaplikasiannya tidak membutuhkan model matematika yang sulit untuk diselesaikan, sehingga dengan metode FLC ini diharapkan mampu meminimalkan biaya pembangkitan energi listrik [3]. Maka dari itu dengan adanya penelitian *Economic Dispatch* menggunakan metode FLC pada unit PLTDG milik PT. Indonesia Power UPJP Bali, diharapkan mampu meminimalkan biaya penggunaan bahan bakar dalam proses pembangkitan energi listrik.

Hasil biaya produksi perhitungan *Economic Dispatch* menggunakan metode FLC akan dibandingkan dengan data *Real System* dan metode Iterasi Lamda sehingga nantinya akan diketahui metode mana yang menghasilkan total biaya produksi yang lebih murah.

### A. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Gas (PLTDG)

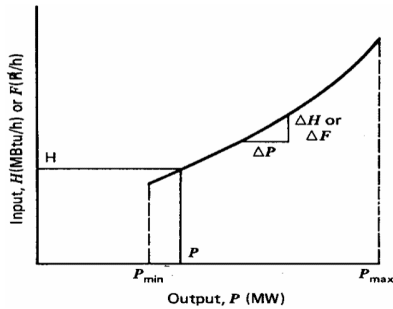
Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Gas (PLTDG) adalah salah satu jenis pembangkit termal milik PT. Indonesia Power UPJP Bali Unit Pesanggaran. Unit PLTDG ini dapat beroperasi menggunakan salah satu dari tiga jenis bahan bakar yang berbeda yaitu HSD, MFO dan LNG. Saat ini unit yang



tersedia adalah 12 unit PLTDG dengan total keseluruhan daya yang mampu dibangkitkan sebesar 200 MW. Jika dihitung lebih rinci setiap unit mampu membangkitkan daya rata-rata sebesar 16,67 MW. PLTDG merupakan jenis pembangkit yang cocok digunakan pada saat beban puncak karena mampu menghasilkan daya dalam waktu singkat yaitu sekitar 5 menit setelah mesin dihidupkan. Pengoperasian PLTDG saat melayani beban seluruhnya menggunakan bahan bakar gas dan dilakukan monitoring untuk mengetahui berapa total bahan bakar yang digunakan saat melayani beban dari awal mesin dioperasikan hingga mesin dimatikan.

**B. Karakteristik Input-Output Pembangkit**

Setiap pembangkit memiliki karakteristik sendiri dalam pengoperasiannya. Dan diperlukan dasar mengenai karakteristik *input-output* unit pembangkit termal dalam menganalisis permasalahan operasi ekonomis. Karakteristik *input-output* pembangkit termal merupakan fungsi yang menunjukkan besarnya energi (H: *Heat rate characteristic*) dalam satuan Mbtu/h atau besarnya biaya bahan bakar (F: *Production cost function*) dalam satuan Rp/h yang diperlukan untuk membangkitkan daya listrik (P: MW). Karakteristik *input-output* pembangkit termal dalam keadaan ideal dapat dilihat pada gambar 1. *Incremental heat rate characteristic of thermal unit* merupakan fungsi yang menunjukkan peningkatan jumlah energi yang diperlukan untuk meningkatkan pembangkitan sebesar satu daya listrik. Turunan dari fungsi masukan energi terhadap daya listrik yang dibangkitkan adalah  $\Delta H/\Delta P$  [4].



Gambar 1: Kurva *input-output* ideal suatu steam generator

Secara umum, karakteristik *input-output* pembangkit dapat diselesaikan dengan menggunakan fungsi polinomial orde dua:

$$F_i(P_i) = a_i + b_i P_i + c_i P_i^2 \tag{1}$$

Dimana:

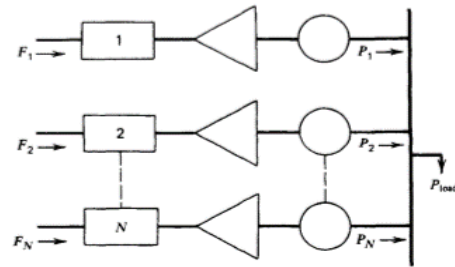
- $F_i(P_i)$  : biaya pemakaian bahan bakar unit pembangkit ke-i (Rp/h)
- $F_i$  : *Input* bahan bakar pembangkit ke-i (Rp/jam)
- $P_i$  : *Output* pembangkit ke-i (MW)
- $a_i, b_i, c_i$  : Konstanta *input-output* pembangkit ke-i
- $i$  : Indeks pembangkit ke-i ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ )

**C. Economic Dispatch**

Pembangkit tenaga listrik memerlukan bahan bakar saat beroperasi beroperasi dalam memenuhi beban sistem. Agar didapat total biaya bahan bakar yang minimum maka biaya pembangkitan unit yang beroperasi juga harus diminimumkan

[5]. *Economic Dispatch* merupakan solusi untuk mengatasi permasalahan pengoperasian ekonomis pembangkit tenaga listrik dengan melakukan pembagian pembebanan pada tiap unit pembangkit yang beroperasi agar didapat biaya pembangkitan minimum terhadap produksi daya listrik dalam sistem kelistrikan.

Biaya dasar pembangkit (*cost rate*) merupakan *input* dari tiap unit pembangkit yang dinyatakan sebagai  $F_i$  ( $F_1, F_2, \dots, n$ ) seperti pada gambar 2. Daya listrik yang dibangkitkan merupakan *output* tiap unit pembangkit dinyatakan sebagai  $P_i$  ( $P_1, P_2, \dots, n$ ).



Gambar 2. Pembangkit termal N yang melayani beban  $P_{load}$

Secara matematis, FT merupakan total biaya pengoperasian unit pembangkit dalam memenuhi kebutuhan beban. Untuk meminimalkan biaya pembangkitan (FT) dengan catatan rugi transmisi diabaikan. Maka persamaannya adalah [6]:

$$F_T = F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_N \tag{2}$$

$$F_T = \sum_{i=1}^N F_i(P_i) \tag{3}$$

Dimana:

- FT : total biaya pembangkit dalam sistem
- $F_i(P_i)$  : fungsi biaya unit pembangkit ke-i
- N : jumlah unit pembangkit
- $i$  : indeks pembangkit ke  $i$ , ( $i = 1, 2, 3, \dots, N$ )

**1) Economic Dispatch dengan Iterasi Lamda:**

Salah satu metode yang digunakan pada *Economic Dispatch* adalah Iterasi Lamda, dengan mengasumsikan nilai Lamda ( $\lambda$ ), kemudian dengan menggunakan syarat optimum, hitunglah nilai  $P_i$  (*output* tiap pembangkit). Kemudian lakukanlah penyamaan nilai *output* dari hasil perhitungan lamda dengan kebutuhan sistem. Apabila belum sama maka harga lamda harus ditentukan kembali [6].

**D. Fuzzy Logic Controller (FLC)**

Logika Fuzzy merupakan metode pemecahan masalah yang menggunakan operasi aturan dasar (*rule base*) dengan memproses beberapa variabel *input* dan *output* yang masuk akal pada sistem nonlinier dan sistem yang kompleks [7].

Logika Fuzzy diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965 sebagai suatu cara untuk memproses data yang menggunakan himpunan-himpunan keanggotaan, Lotfi A. Zadeh memodifikasi teori himpunan di mana setiap anggotanya memiliki derajat keanggotaan antara 0-1 yang disebut dengan himpunan Fuzzy [8]. Pada teori himpunan Fuzzy inilah yang menjadi ciri utama dalam penalaran logika fuzzy karena memiliki *membership function* [9].

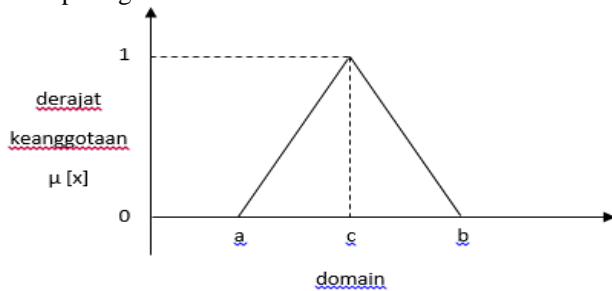
Beberapa alasan mengapa Logika Fuzzy sering digunakan dalam beberapa penelitian, diantaranya adalah [10]:

1. Logika Fuzzy menggunakan konsep matematis sebagai dasar penalaran Fuzzy sehingga mudah dimengerti.
2. Logika Fuzzy sangat fleksibel.
3. Logika Fuzzy memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat.
4. Logika Fuzzy mampu memodelkan fungsi-fungsi non linear yang sangat kompleks.
5. Dengan Logika Fuzzy para pakar dapat mengaplikasikan pengalamannya tanpa melalui proses pelatihan.
6. Teknik kendali secara konvensional dapat dilakukan dengan Logika Fuzzy.
7. Bahasa alami menjadi dasar dalam Logika Fuzzy.

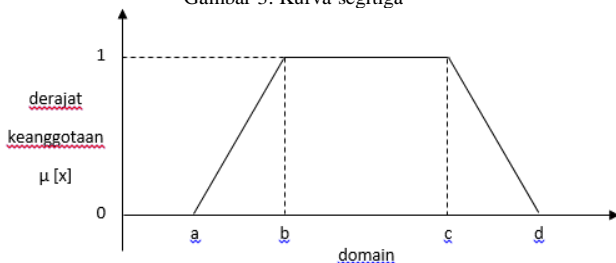
Logika Fuzzy dapat menjadi solusi dalam penyelesaian segala permasalahan yang banyak diaplikasikan dalam bidang kendali dan pemrosesan informasi. Logika Fuzzy memberikan cara sederhana dalam menentukan kesimpulan dari berbagai informasi yang tidak jelas dan tidak tepat. Kinerja Fuzzy dapat membuat keputusan melalui pendekatan data yang diketahui sebelumnya dan kemudian menentukan solusinya. *Software* pendukung untuk merancang program Logika Fuzzy adalah pada *Matlab* versi R2016a.

1) Konsep Fuzzy Logic Fungsi Keanggotaan :

Nilai keanggotaan (derajat keanggotaan) antara interval 0 – 1 diperlihatkan dalam suatu kurva dengan pemetaan titik-titik *input*. Dalam menentukan nilai keanggotaan dilakukan melalui pendekatan fungsi [9]. Penelitian ini menggunakan *membership function* dengan 2 tipe yaitu kurva segitiga (*trimf*) dan trapesium (*trapmf*). Kurva segitiga merupakan gabungan antara 2 garis (linear), seperti terlihat pada gambar 3. Sedangkan Kurva trapesium seperti bentuk segitiga, hanya saja ada titik yang memiliki nilai keanggotaan 1, Seperti terlihat pada gambar 4.



Gambar 3. Kurva segitiga



Gambar 4. Kurva trapesium

2) Fuzzy Inference System (FIS) :

Sistem Inferensi Fuzzy (FIS) adalah sistem yang mengevaluasi semua rule secara simultan pada Logika Fuzzy

I Made Teguh Winasatria: Economic Dispatch Pada Pembangkit...

untuk menghasilkan kesimpulan. Semua aturan atau *rule* harus didefinisikan terlebih dahulu sebelum menyusun sebuah FIS yang akan digunakan untuk menginterpretasikan sebuah *rule* tersebut. Terdapat 3 jenis FIS pada Logika Fuzzy yang biasa digunakan yaitu *Mamdani*, *Sugeno* dan *Tsukamoto* [11]. Namun pada penelitian ini digunakan jenis FIS Mamdani.

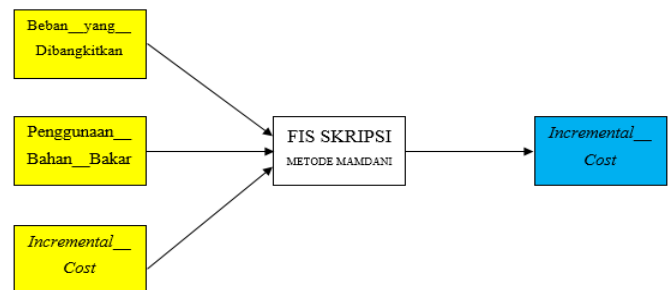
E. Hasil Penelitian Terkait

Penelitian ini didasari oleh beberapa penelitian yang sudah ada sesuai dengan permasalahan yang sama namun menggunakan metode yang berbeda, diantaranya adalah:

1. Penelitian berjudul “Pembebanan Operasi Ekonomis Pada Sistem Tiga Pembangkit Termal: Menggunakan Metode Analitik dan Logika Fuzzy” yang dilakukan oleh Suranjana Bharadwaj; dan Bipul Kumar Talukdar, dimana penelitian yang dilakukan pada tahun 2016 ini membahas perbandingan nilai pembebanan operasi ekonomis dengan menggunakan metode Analitik dan Logika Fuzzy. Hasil yang didapat dari penelitian ini adalah bahwa solusi analitis menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan metode Logika Fuzzy.
2. Penelitian berjudul “Operasi Ekonomis Pembangkit Thermal Sistem 500 KV Jawa-Bali Dengan Pendekatan Algoritma Fuzzy Logic” yang dilakukan oleh Riva Nihatul Marifah; Yadi Mulyadi; dan Ade Gafar Abdullah; Program Studi Pendidikan Teknik Elektro FPTK UPI; 2013, membahas mengenai operasi ekonomis (*Economic Dispatch*) pada pembangkit thermal sistem 500 KV Jawa-Bali menggunakan Algoritma Logika Fuzzy. Pada penelitian ini mendapat kesimpulan bahwa penjadwalan unit pembangkit dengan pendekatan Algoritma Logika Fuzzy memberikan hasil biaya 23,27% lebih ekonomis dibandingkan dengan penjadwalan dengan data riil sistem.

II. METODE PENELITIAN

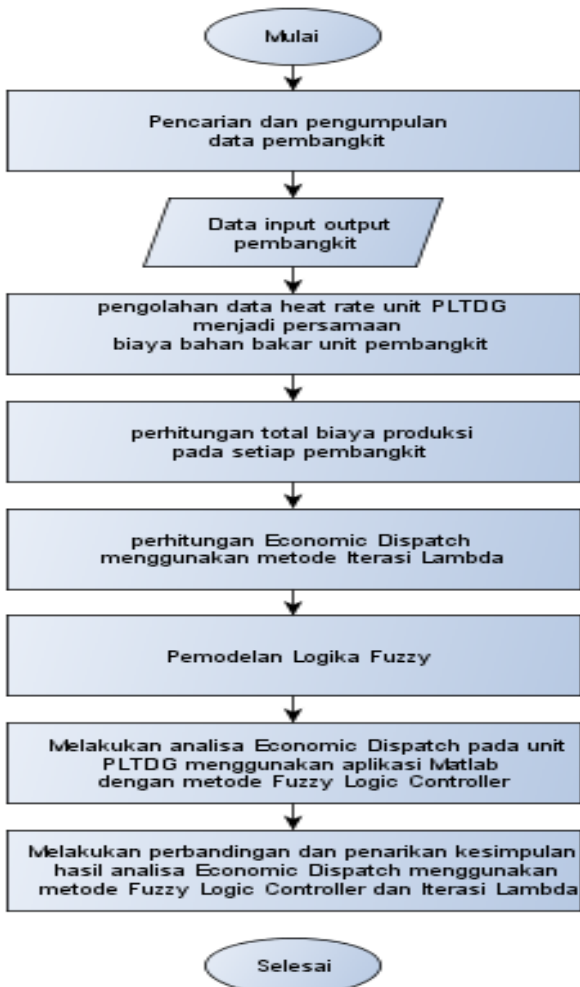
Penyelesaian permasalahan *Economic Dispatch* menggunakan metode FLC disimulasikan menggunakan aplikasi *Matlab* versi R2016a. Langkah awal penelitian adalah membuat pemodelan FLC analisis *Economic Dispatch*. Kemudian membuat algoritma *Fuzzy Logic* untuk dapat memberikan solusi yang lebih baik. Hasil simulasi kemudian dibandingkan dengan hasil dari *Real System* dan metode Iterasi Lamda. Pemodelan FLC dan alur analisis penelitian ini diuraikan pada gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Pemodelan Logika Fuzzy

A. Alur Analisis Penelitian





Gambar 6. Alur Analisis Metode Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum melakukan perhitungan *Economic Dispatch* perlu diketahui besar permintaan beban (PD). Tabel berikut merupakan permintaan beban yang dibangkitkan unit PLTDG per tanggal 30 September 2017 tiap jam:

TABEL I  
BEBAN HARIAN TOTAL UNIT PLTDG TANGGAL 30 SEPTEMBER 2017

Tanggal	Jam	Beban (MW)
09/30/17	00.00.00	99,2
09/30/17	01.00.00	99,2
09/30/17	02.00.00	98,9
09/30/17	03.00.00	96,2
09/30/17	04.00.00	98,5
09/30/17	05.00.00	98,6
09/30/17	06.00.00	98,6
09/30/17	07.00.00	98,6
09/30/17	08.00.00	98,6
09/30/17	09.00.00	98,6
09/30/17	10.00.00	98,6

09/30/17	11.00.00	112,6
09/30/17	12.00.00	112,8
09/30/17	13.00.00	112,8
09/30/17	14.00.00	112,8
09/30/17	15.00.00	112,8
09/30/17	16.00.00	112,8
09/30/17	17.00.00	112,8
09/30/17	18.00.00	117,8
09/30/17	19.00.00	157,8
09/30/17	20.00.00	141,2
09/30/17	21.00.00	112,8
09/30/17	22.00.00	104,6
09/30/17	23.00.00	99,4

A. Karakteristik input-output pembangkit

Karakteristik *input-output* unit PLTDG didapat dari data pembebanan *performance test* tiap blok unit PLTDG milik PT. Indonesia Power UPJP Bali dari 50%, 75%, 80% dan 100% data SFC (*Specific Fuel Consumption*) dengan daya terpasang tiap-tiap blok unit pembangkit. SFC adalah besar konsumsi bahan bakar dalam membangkitkan daya (MMBTU/MWh). Tabel berikut adalah hasil proses perhitungan dalam mencari persamaan karakteristik *input-output* tiap blok unit PLTDG:

TABEL II  
PERSAMAAN KARAKTERISTIK INPUT-OUTPUT TIAP BLOK UNIT PLTDG

UNIT PLTDG Pesanggaran	Koefisien Biaya Bahan Bakar Pembangkit		
	$a_i$	$b_i$	$c_i$
PLTDG BLOK 1	12301	139758	25351320
PLTDG BLOK 2	7635	443838	21063631
PLTDG BLOK 3	4050	721710	15763849
PLTDG BLOK 4	126	968302	12117181

B. *Economic Dispatch* dengan Metode Iterasi Lamda

Berdasarkan nilai persamaan karakteristik *input-output* tiap blok unit PLTDG, perhitungan *Economic Dispatch* menggunakan metode Iterasi Lamda pada tanggal 30 September 2017 pukul 00.00 dan 01.00 yang membangkitkan beban sebesar 99,2 MW, didapatkan hasil perhitungan optimal dari total biaya produksi sebesar Rp 131.513.810,44. Perhitungan *Economic Dispatch* dengan menggunakan cara yang sama yaitu menggunakan metode Iterasi Lamda maka didapatkan hasil seperti tabel III beserta total biaya produksi pembangkitan dari sistem pada tanggal 30 September 2017 per jamnya.

TABEL III  
HASIL ANALISIS *ECONOMIC DISPATCH* MENGGUNAKAN ITERASI LAMDA PADA UNIT PLTDG TANGGAL 30 SEPTEMBER 2017 PER JAMNYA

Time	Hasil Biaya Produksi Menggunakan Metode Iterasi Lamda (Rp)			
	PLTDG BLOK 1	PLTDG BLOK 2	PLTDG BLOK 3	PLTDG BLOK 4
00.00	44.128.294,84	45.512.152,50	41.873.363,10	-

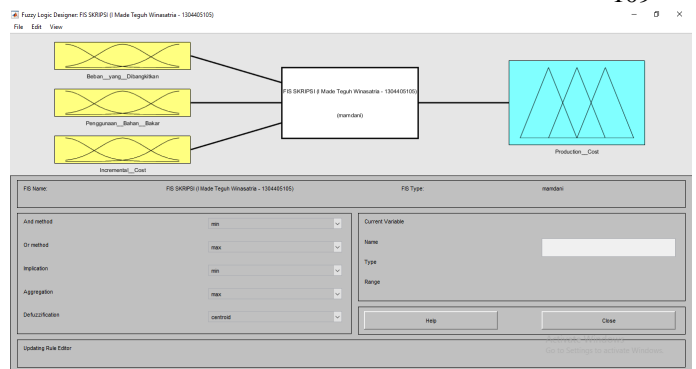
01.00	44.128.294,84	45.512.152,50	41.873.363,10	-
02.00	44.128.294,84	45.512.152,50	41.640.433,00	-
03.00	43.623.176,82	44.691.285,10	40.314.183,45	-
04.00	44.031.287,29	45.269.775,55	41.543.516,50	-
05.00	44.031.287,29	45.366.611,80	41.543.516,50	-
06.00	44.031.287,29	45.366.611,80	41.543.516,50	-
07.00	44.031.287,29	45.366.611,80	41.543.516,50	-
08.00	44.031.287,29	45.366.611,80	41.543.516,50	-
09.00	44.031.287,29	45.366.611,80	41.543.516,50	-
10.00	44.031.287,29	45.366.611,80	41.543.516,50	-
11.00	44.142.630,21	45.528.194,06	41.891.910,75	25.075.837,58
12.00	44.144.511,97	45.531.225,80	41.897.626,25	25.259.546,83
13.00	44.144.511,97	45.531.225,80	41.897.626,25	25.259.546,83
14.00	44.144.511,97	45.531.225,80	41.897.626,25	25.259.546,83
15.00	44.144.511,97	45.531.225,80	41.897.626,25	25.259.546,83
16.00	44.144.511,97	45.531.225,80	41.897.626,25	25.259.546,83
17.00	44.144.511,97	45.531.225,80	41.897.626,25	25.259.546,83
18.00	44.191.585,70	45.607.067,86	42.040.602,57	29.855.214,14
19.00	45.612.912,49	47.572.978,57	45.746.708,11	62.122.666,54
20.00	44.412.657,23	45.963.243,48	42.712.059,59	51.437.761,26
21.00	44.144.511,97	45.531.225,80	41.897.626,25	25.259.546,83
22.00	44.067.435,87	45.407.045,97	41.663.524,28	11.231.084,43
23.00	44.128.294,40	45.560.742,40	41.931.668,50	-
<b>Total</b>	<b>1.059.794.172,06</b>	<b>1.093.420.015,32</b>	<b>1.006.411.788,59</b>	<b>355.264.006,22</b>
<b>F TOTAL =</b>			<b>Rp 3.514.889.982,19</b>	

### C. Economic Dispatch dengan Metode Fuzzy Logic Controller

Pengaplikasian metode *Fuzzy Logic Controller* pada unit PLTDG pesanggaran dilakukan pada *software* pendukung yaitu aplikasi Matlab versi 2016a dengan *Fuzzy Inference Systems* (FIS) Editor menggunakan metode Mamdani (Metode Min – Max). Dalam pengambilan suatu keputusan, sistem ini melalui proses tertentu dengan mempergunakan aturan inferensi berdasarkan Logika Fuzzy. Berikut adalah empat tahapan untuk mendapatkan nilai *output*:

#### 1) Menentukan variabel input dan output pada FIS editor :

Variabel *Input* yaitu: *Beban yang dibangkitkan*; *Penggunaan bahan bakar* ; *Incremental Cost* dan Variabel *Output* yaitu: *Production Cost*.



Gambar 7. Variabel *input-output* sistem fuzzy analisis *Economic Dispatch* unit PLTDG

#### 2) Membentuk himpunan fuzzy:

Himpunan-himpunan yang dibentuk pada metode Logika Fuzzy adalah *Beban yang dibangkitkan*, *Penggunaan bahan bakar*, *Incremental Cost*, dan *Production Cost* direpresentasikan sebagai berikut:

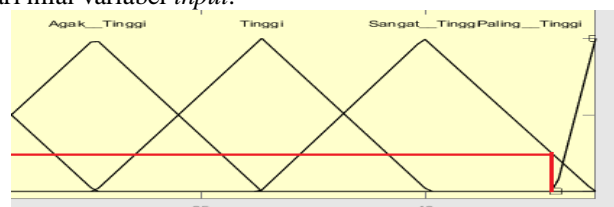
1. *Beban yang Dibangkitkan* = {Paling\_Rendah, Sangat\_Rendah, Rendah, Agak\_Rendah, Sedang, Agak\_Tinggi, Tinggi, Sangat\_Tinggi, dan Paling\_Tinggi}
2. *Penggunaan bahan bakar* = {Paling\_Sedikit, Sangat\_Sedikit, Sedikit, Agak\_Sedikit, Sedang, Agak\_Banyak, Banyak, Sangat\_Banyak, dan Paling\_Banyak}
3. *Incremental Cost* = {Paling\_Rendah, Sangat\_Rendah, Rendah, Agak\_Rendah, Sedang, Agak\_Tinggi, Tinggi, Sangat\_Tinggi, dan Paling\_Tinggi}
4. *Production Cost* = {Paling\_Murah, Sangat\_Murah, Murah, Agak\_Murah, Sedang, Agak\_Mahal, Mahal, Sangat\_Mahal, dan Paling\_Mahal}

#### 3) Semesta Pembicaraan:

1. Semesta pembicaraan variabel *Beban yang Dibangkitkan*: [14 43,8]
2. Semesta pembicaraan variabel *Penggunaan bahan bakar*: [48 382]
3. Semesta pembicaraan variabel *Incremental Cost*: [958426 1008906]
4. Semesta pembicaraan variabel *Production Cost*: [12 57]

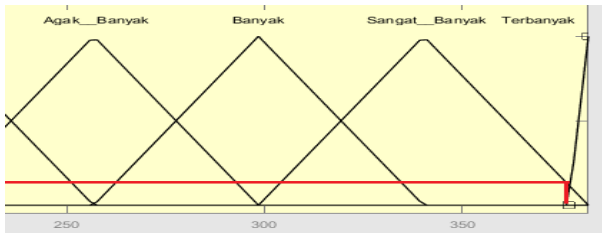
#### 4) Membentuk fungsi keanggotaan :

Basis data sangat diperlukan dalam membentuk fungsi keanggotaan karena memiliki fungsi mengatur kinerja dari proses fuzzifikasi dalam penentuan *range* dan nilai linguistik. Terlihat pada gambar 8 sampai gambar 10 memperlihatkan sumbu horizontal merupakan nilai dari semesta pembicaraan, dan sumbu vertikal merupakan tingkat derajat keanggotaan dari nilai variabel *input*.

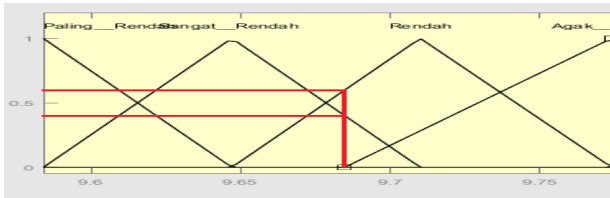


Gambar 8. Fungsi keanggotaan untuk *Beban yang Dibangkitkan*





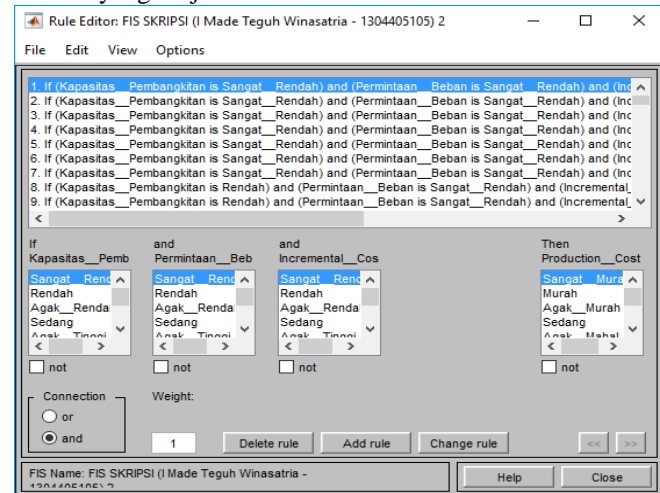
Gambar 9. Fungsi keanggotaan untuk Penggunaan Bahan Bakar



Gambar 10. Fungsi keanggotaan untuk Incremental Cost

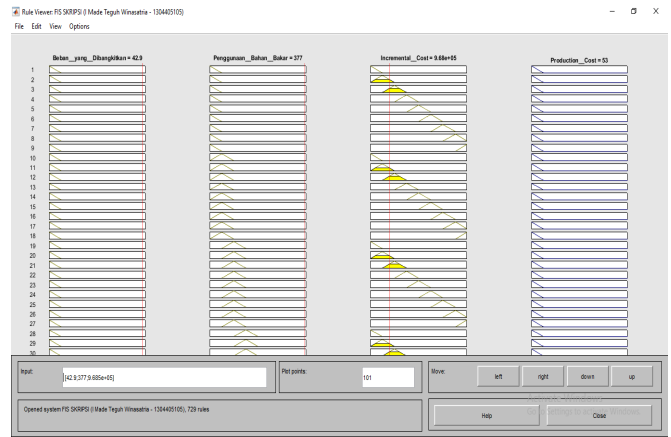
5) *Membentuk basis aturan:*

Setelah membuat dan membentuk himpunan fuzzy, langkah selanjutnya yang harus dilakukan adalah pembentukan aturan fuzzy. Aturan – aturan yang dibentuk guna menyatakan relasi antara *input* dan *output*. Berikut adalah aturan fuzzy analisis *Economic Dispatch* tiap blok unit PLTDG yang berjumlah 729 buah aturan.



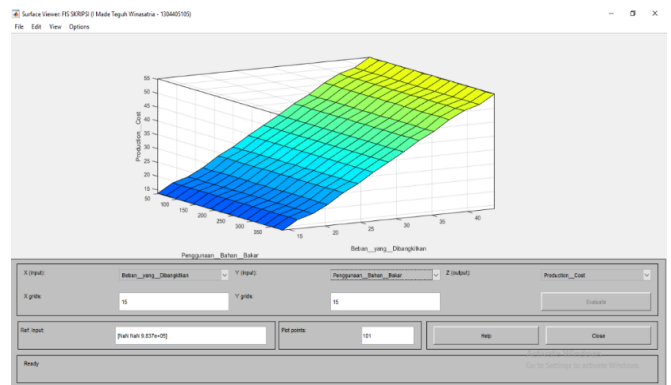
Gambar 11. Rule base sistem fuzzy analisis *Economic Dispatch* unit PLTDG

Setelah melalui beberapa tahapan dalam menentukan nilai *output* Fuzzy maka didapatkan hasil perhitungan *Economic Dispatch* pada unit PLTDG blok 1 menggunakan program simulasi penalaran Fuzzy dengan metode Mamdani *Fuzzy Logic Controller*, menghasilkan biaya produksi sebesar Rp 53.000.000,- pada jam 00.00 dan 01.00. Hasil perhitungan dengan menggunakan metode FLC dapat dilihat pada gambar 12:



Gambar 12. Penalaran Fuzzy untuk blok 1

Nilai *Production cost* sebesar 53 tersebut, masuk dalam fungsi keanggotaan himpunan fuzzy *Sangat\_Mahal*, sehingga dapat dikatakan hasil perhitungan *Economic Dispatch* pada unit PLTDG blok 1 jam 00.00 dan 01.00 dengan pembangkitan beban sebesar 42,9 MW menghasilkan biaya produksi sebesar Rp 53.000.000,-.



Gambar 13. Penalaran Fuzzy untuk blok 1

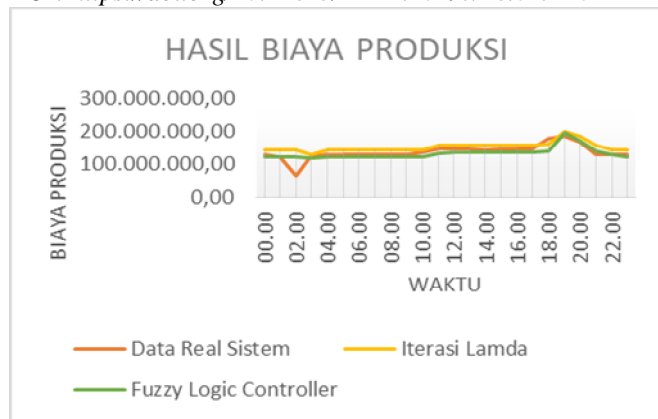
Gambar 13 diatas merupakan gambar *surface viewer* dimana pada gambar ini merupakan gambar pemetaan antara variabel *input* dan *output* hasil perhitungan *Economic Dispatch* unit PLTDG.

D. Hasil Biaya Produksi

TABEL IV  
PERBANDINGAN HASIL BIAYA PRODUKSI

Tanggal	Total Hasil Biaya Produksi (Rp)		
	Fuzzy Logic Controller	Real System	Iterasi Lamda
30 September 2017	3.142.600.000,00	3.271.471.872,21	3.648.315.651,05

Berdasarkan tabel IV dapat dilihat bahwa hasil perhitungan *Economic Dispatch* menggunakan metode *Fuzzy Logic Controller* menghasilkan total biaya produksi yang lebih murah sebesar Rp 3.142.600.000,00 dibandingkan dengan hasil biaya produksi Riil Sistem sebesar Rp 3.271.471.872,21 dan metode Iterasi Lamda sebesar Rp 3.648.315.651,05 selama 24 jam pada tanggal 30 September 2017.



Gambar 14. Grafik perbandingan hasil biaya produksi berdasarkan data riil sistem, Iterasi Lamda, dan Fuzzy Logic Controller

Begitu pula pada gambar 14, grafik menunjukkan bahwa metode *Fuzzy Logic Controller* menghasilkan biaya produksi yang lebih murah dibandingkan dengan data *Real System* dan hasil perhitungan menggunakan Metode Iterasi Lamda. Hal ini dikarenakan proses analisis yang lebih halus pada metode FLC menggunakan himpunan-himpunan fuzzy yang berupa interval (0-1). Sedangkan perhitungan *Economic Dispatch* dengan menggunakan Iterasi Lamda menghasilkan biaya produksi yang lebih mahal dikarenakan pada Iterasi Lamda menggunakan syarat optimum yaitu mengoptimalkan *output* pembangkitan tiap blok unit pembangkit.

#### IV. SIMPULAN

Kesimpulan yang didapat berdasarkan hasil pembahasan *Economic Dispatch* pada unit PLTDG Pesanggaran menggunakan metode FIS jenis Mamdani dalam *Fuzzy Logic Controller*, dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Perhitungan *Economic Dispatch* menggunakan metode Iterasi Lamda selama 24 jam pada tanggal 30 September 2017 didapatkan hasil total biaya produksi pembangkitan sebesar Rp 3.514.889.982,19,-
2. Penggunaan metode *Fuzzy Logic Controller* pada analisis *Economic Dispatch* melalui 4 tahapan dalam menghasilkan nilai *output*. Dengan melalui 4 tahapan tersebut didapatkan hasil perhitungan *Economic Dispatch* dengan menggunakan metode FLC menunjukkan total biaya produksi dari hasil perhitungan *Economic Dispatch* dengan menggunakan metode FLC adalah sebesar Rp 3.142.600.000,-.
3. Hasil perhitungan *Economic Dispatch* menggunakan metode *Fuzzy Logic Controller* menghasilkan total biaya produksi yang lebih murah sebesar Rp 3.142.600.000,00 dibandingkan dengan hasil biaya produksi *Real System* sebesar Rp 3.271.471.872,21 dan metode Iterasi Lamda sebesar Rp 3.514.889.982,19 selama 24 jam pada tanggal 30 September 2017. Hal ini disebabkan karena proses analisis yang lebih halus pada metode FLC menggunakan himpunan-himpunan fuzzy yang berupa interval (0-1). Sedangkan perhitungan *Economic Dispatch* menggunakan Iterasi Lamda menghasilkan biaya produksi yang lebih mahal karena pada Iterasi Lamda menggunakan syarat optimum yang mengoptimalkan *output* pembangkitan tiap blok unit pembangkit.

#### REFERENSI

- [1] K. Syah, H. S. Dachlan, R. N. Hasanah, dan M. Shidiq, "Analisis Perbandingan Economic Dispatch Pembangkit Menggunakan Metode Lagrange dan CFPSO," *Jurnal EECCIS.*, vol. 6(1), 91-96. 2012.
- [2] A. M. Ilyas, O. Penangsang, A. Soeprijanto, "Optimisasi *Economic Dispatch* Pembangkit Termal Sistem 500 kV Jawa Bali Menggunakan Modified Improved Particle Swarm Optimization (MIPSO)," *National Conference: Design and Application of Technology.* 2010.
- [3] R. N. Marifah, Y. Mulyadi, A. G. Abdullah, "Operasi Ekonomis Pembangkit Termal Sistem 500 KV Jawa-Bali Dengan Pendekatan Algoritma Fuzzy Logic," *Electrans.*, vol.12(2), 127-138. 2013.
- [4] A. J. Wood and B. F. Wollenberg, *Power Generation Operation and Control*, Singapore: John Wiley and Sons Inc, 1984.
- [5] D. N. Supoma, "Penyelesaian Economic Dispatch Dengan Menggunakan Metode Particle Swarm Optimization," (tugas akhir). Badung: Universitas Udayana. 2010.
- [6] S. V. Angdrie, L. S. Patras, H. Tumaliang, F. Lisi, "Optimalisasi Biaya Bahan Bakar Untuk Penjadwalan Unit-Unit Pada Pembangkit Thermal Sistem Minahasa Dengan Metode Iterasi Lamda," 1-6. 2011.
- [7] I. M. Mataram, "Unjuk Kerja Fuzzy Logic Static Synchronous Compensator (FLSTATCOM) untuk Meningkatkan Tegangan Sistem," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro.* Vol.15, No.1. (ISSN: 1963-2951). 2016.
- [8] H. D. Purnomo, *Logika Fuzzy*, Yogyakarta: Leutikaprio, 2015.
- [9] S. Kusumadewi dan H. Purnomo, *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan, Edisi Kedua*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2013.
- [10] S. Kusumadewi dan H. Purnomo, *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan, Edisi Kedua*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2010.
- [11] Yulmaini, "Penggunaan Metode Fuzzy Inference System (FIS) Mamdani Dalam Pemilihan Peminatan Mahasiswa Untuk Tugas Akhir," *Jurnal Informatika.*, vol. 15(1): 10-23. 2015.



[Halaman ini sengaja dikosongkan]