

# Optimasi Multirespon Metode Taguchi dengan Pendekatan *Quality Loss Function* (Study Kasus Proses Pembakaran CO dan Temperatur Gas Buang Pada Boiler di PLTU Paiton Swasta Phase II)

Dian Susana Herni, dan Sony Sunaryo

Jurusan Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

*E-mail:* sonny\_s@statistika.its.ac.id

**Abstrak**—Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Paiton Phase II merupakan pembangkit listrik swasta PMA (Penanaman Modal Asing) yang menggunakan bahan bakar batubara. Pada pembangkit listrik ini terjadi beberapa perubahan energi. Pada perubahan energi kimia menjadi energi panas yang paling rendah efisiensinya sehingga penelitian lebih dipusatkan pada perubahan ini. Penelitian kali ini bertujuan untuk menentukan variabel-variabel proses yang signifikan dan menentukan kombinasi setting variabel proses yang mengoptimalkan pembakaran gas CO dan temperatur gas keluaran cerobong pada PLTU II Paiton dengan menggunakan metode *Quality Loss Function*. Metode *Quality Loss Function* memiliki kelebihan dibandingkan dengan metode-metode sebelumnya yaitu metode ini pengerjaannya lebih singkat. Hasil dari metode ini diperoleh variabel yang signifikan adalah faktor A *Tilting* (pengarah nosel) dan C kombinasi elevasi nosel sehingga diperoleh kombinasi *setting* kondisi optimum yaitu A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>C<sub>3</sub>D<sub>3</sub>. Hasil prediksi CO dengan kualitas *smaller the better* sebesar 66.1389 (mg/Nm<sup>3</sup>) dan temperatur gas buang dengan kualitas *nominal the best* diperoleh nilai prediksi sebesar 133.589 °C.

**Kata Kunci**—Gas CO, Temperatur dan *Quality Loss Function*

## I. PENDAHULUAN

**P**EMBANGKIT Listrik Tenaga Uap (PLTU) Paiton Phase II merupakan perusahaan pembangkit listrik swasta PMA (Penanaman Modal Asing) yang terletak di Jawa Timur. Pembangkit listrik ini memiliki dua buah unit pembangkit yang menggunakan bahan bakar batubara sebagai pembangkit boilernya. Pada prinsipnya proses pembangkit listrik tenaga uap ini merupakan rangkaian perubahan energi yang mengubah energi kimia menjadi energi panas dalam bentuk uap panas didalam boiler. Energi panas dalam bentuk uap panas ini kemudian diubah menjadi energi mekanik/kinetik oleh turbin yang akan diubah menjadi energi listrik [1].

Perubahan energi kimia menjadi energi panas merupakan perubahan yang paling rendah efisiensinya sehingga penelitian ini lebih dipusatkan pada perubahan energi ini. Mengoptimalkan proses pembakaran di dalam boiler

dilakukan dengan menentukan variabel-variabel yang berpengaruh terhadap proses pembakaran beserta level-levelnya, menentukan respon-respon yang mewakili *performance* pembakaran dan faktor-faktor *noise* yaitu faktor yang tidak bisa dikendalikan. Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode Taguchi, tetapi karena banyaknya respon lebih dari satu (multirespon) maka untuk mengatasi kasus tersebut dilakukan pendekatan *Quality Loss Function*.

Penelitian tentang kasus yang sama optimasi multirespon dengan Taguchi sebelumnya dilakukan oleh [1] dan tentang metode yang sama sebelumnya pernah dilakukan oleh [2].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan variabel-variabel proses yang signifikan terhadap gas CO dan temperatur gas keluaran serta menentukan kombinasi setting variabel proses yang mengoptimalkan pembakaran gas CO dan temperature gas keluaran cerobong pada PLTU Paiton phase II.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Metode Taguchi

Metode Taguchi pertama kali dikenalkan oleh Dr. Genichi Taguchi. Sasaran metode Taguchi sendiri adalah mengoptimalkan fungsi tujuan yang secara berubah-ubah dan mengurangi sensitivitas terhadap faktor yang tak terkendali [3].

Pada metode Taguchi terdapat dua komponen utama yaitu *Signal to Noise Ratio* (SN Ratio) dan *Orthogonal array* yang digunakan untuk menentukan jumlah eksperimen minimal yang dapat memberi informasi sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter [4].

Pada penelitian *Orthogonal array* yang digunakan adalah:

$$L_{27}(3^{13})$$

Keterangan:

L : Menyatakan design Latin Square *orthogonal array*

- 27 : Menyatakan jumlah percobaan yang dibutuhkan ketika menggunakan *orthogonal array*
- 13 : Menyatakan Jumlah faktor yang diamati dalam *orthogonal array*
- 3 : Menyatakan jumlah level pada setiap faktor

**B. Metode Quality Loss Function**

*Quality Loss Function* adalah metode yang efisien untuk optimasi karakteristik ganda Nilai *loss function* tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini [2]:

1. Karakteristik semakin kecil semakin baik (*Smaller The Better*)

Persamaan 1 merupakan perhitungan *loss function* dengan karakteristik kualitas *Smaller The Better* (S.T.B) adalah sebagai berikut:

$$L_{ij} = \frac{k}{n} \sum_{p=1}^n y_{ijp}^2 \tag{1}$$

2. Karakteristik nilai tertentu adalah yang terbaik (*Nominal the best*)

Perhitungan *loss function* dengan karakteristik kualitas nilai target tertentu berupa nilai nominal terbaik (N.T.B) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2 sebagai berikut:

$$L_{ij} = \frac{k}{n} \sum_{p=1}^n (y_{ijp} - m)^2 \tag{2}$$

3. Karakteristik semakin besar semakin baik (*Larger The Better*)

Persamaan 3 merupakan perhitungan *loss function* dengan karakteristik kualitas (*Larger The Better*) (L.T.B) adalah sebagai berikut:

$$L_{ij} = \frac{k}{n} \sum_{p=1}^n \frac{1}{y_{ijp}^2} \tag{3}$$

Keterangan:

- $L_{ij}$  : *loss function* dari karakteristik performa ke-I pada eksperimen ke-j
- n : Jumlah replikasi
- $y_{ijp}$  : nilai dari karakteristik performa ke-I pada eksperimen ke-j saat replikasi ke-p
- k : koefisien biaya

Pada proses optimasi masing-masing karakteristik yang diteliti memiliki nilai satuan yang berbeda. Proses normalisasi *quality loss function* pada persamaan 4 di bawah ini digunakan untuk menormalisasi nilai k :

$$N_{ij} = \frac{L_{ij}}{L_{ij}} \tag{4}$$

Keterangan:

- $L_{ij}$  : *loss function* dari karakteristik performa ke-I pada eksperimen ke-j yang telah dinormalisasi.
- $\bar{L}_{ij}$  : rata-rata *loss function* dari karakteristik prforma ke-I pada eksperimen ke-j.

Metode pembobotan pada fungsi *quality loss function* seperti pada persamaan 5 berikut ini digunakan untuk memberikan bobot pada faktor yang telah dinormalisasikan pada persamaan 4:

$$TL_j = \sum_{i=1}^m w_i N_{ij} \tag{5}$$

Keterangan:

- $TL_j$  : total *loss function* pada eksperimen ke-j
- m : jumlah karakteristik performa yang diamati
- $w_i$  : faktor pembobotan untuk karakteristik performa ke-i

Sebelum melakukan perhitungan nilai *total loss function* pada persamaan 5 maka dilakukan perhitungan nilai bobot terlebih dahulu dengan menggunakan persamaan 6 sebagai berikut:

$$E_{oo} = \text{Max } \theta = \sum_{r=1}^s u_r v_r \tag{6}$$

Dengan kendala :

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^m v_i x_{io} &= 1 \\ \sum_{r=1}^s u_r v_r &\leq \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \\ j &= 1, \dots, n \\ u_1, u_2, \dots, u_s &\geq 0 \\ v_1, v_2, \dots, v_m &\geq 0 \end{aligned}$$

Keterangan:

- $u_r$  dan  $v_i$  adalah bobot output ke-r dan input ke-i yang akan dicari nilai optimalnya dari model tersebut.
- $x_i$  adalah nilai input ke-i.
- $y_r$  adalah nilai output ke-r.

*Total loss function* yang diperoleh pada persamaan 5 kemudian di transformasikan ke dalam *signal to noise ratio* [1] dengan menggunakan persamaan 7 berikut ini:

$$\eta_j = -10 \log(TL_j) \tag{7}$$

**III. METODOLOGI PENELITIAN**

**A. Data dan Variabel Penelitian**

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari tugas akhir [1].

Variabel-variabel dalam penelitian ini adalah:

- a. Respon
  - $Y_1$ = Kandungan gas CO dengan karakteristik *smaller the better*
  - $Y_2$ = Temperatur gas keluaran cerobong dengan karakteristik *nominal is better*
- b. Faktor (variabel prediktor)
  - 1. A *tilting* (pengarah nosel) ada 3 level:

- A<sub>1</sub>= + 10 derajat (mengarah ke atas)
- A<sub>2</sub> = 0 derajat (horisontal)
- A<sub>3</sub> = -10 derajat (mengarah ke bawah)
- 2. B distribusi udara (nilai bias OFA) ada 3 level:
  - B<sub>1</sub>= bias OFA 0,8 (kosentrasi udara ke atas OFA)
  - B<sub>2</sub>= bias OFA 0 (distribusi udara merata antara OFA dan Winbox)
  - B<sub>3</sub> = bias OFA 1,2 (kosentrasi udara kearah windbox)
- 3. C kombinasi elevasi nosel ada 3 level:
  - C<sub>1</sub>= bias OFA 0,8 (kosentrasi udara ke atas OFA)
  - C<sub>2</sub>= bias OFA 0 (distribusi udara merata antara OFA dan Winbox)
  - C<sub>3</sub> = bias OFA 1,2 (kosentrasi udara kearah windbox)
- 4. D tarikan furnance ada 3 level:
  - D<sub>1</sub>= Tarikan furnance -1.2 mbar
  - D<sub>2</sub>= Tarikan furnance -1.4 mbar
  - D<sub>3</sub> = Tarikan furnance -1.6 mbar

**B. Langkah-Langkah Analisis**

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menghitung derajat bebas pada masing-masing faktor
 
$$df = A+B+C+D+AB+BC+AC$$

$$= (3-1)+ (3-1)+ (3-1)+ (3-1)+(3-1)(3-1)+ (3-1)(3-1)+ (3-1)(3-1)$$

$$= 2+2+2+2+4+4+4$$

$$= 20$$
2. Menentukan *Orthogonal array* yang akan digunakan, karena nilai df yang dihasilkan sebesar 20 maka rancangan *Orthogonal array* yang digunakan pada tabel 1 adalah  $L_{27}(3^{13})$

Tabel 1.  
*Orthogonal array*

eks	Variabel proses												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	3	3	3
5	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	1	1	1
6	1	2	2	2	3	3	3	1	1	1	2	2	2
7	1	3	3	3	1	1	1	3	3	3	2	2	2
8	1	3	3	3	2	2	2	1	1	1	3	3	3
9	1	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1
10	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
11	2	1	2	3	2	3	1	2	3	1	2	3	1
12	2	1	2	3	3	1	2	3	1	2	3	1	2
13	2	2	3	1	1	2	3	2	3	1	3	1	2
14	2	2	3	1	2	3	1	3	1	2	1	2	3
15	2	2	3	1	3	1	2	1	2	3	2	3	1
16	2	3	1	2	1	2	3	3	1	2	2	3	1
17	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3	3	1	2
18	2	3	1	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3

19	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2
20	3	1	3	2	2	1	3	2	1	3	2	1	3
21	3	1	3	2	3	2	1	3	2	1	3	2	1
22	3	2	1	3	1	3	2	2	1	3	3	2	1
23	3	2	1	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2
24	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2	2	1	3
25	3	3	2	1	1	3	2	3	2	1	2	1	3
26	3	3	2	1	2	1	3	1	3	2	3	2	1
27	3	3	2	1	3	2	1	2	1	3	1	3	2

3. Menghitung nilai *quality loss function* pada *orthogonal array* pada gas CO dan temperature keluaran cerobong. Kandungan gas CO dengan karakteristik *smaller the better* bisa dihitung dengan persamaan 1 dan temperatur dengan karakteristik *nominal the best* bisa dihitung dengan persamaan 2.
4. Jika satuan karekteristik berbeda pada setiap respon maka dinormalisasi dengan menggunakan persamaan 4
5. Menetapkan faktor pembobotan yang tepat pada variabel-variabel yang telah dinormalkan dengan menggunakan persamaan 6
6. Menghitung nilai total *loss function* dengan persamaan 5
7. Menghitung *signal to noise ratio* dengan menggunakan persamaan 7
8. Nilai *signal to noise ratio* yang diperoleh selanjutnya dianalisa dengan menggunakan metode Taguchi sehingga diperoleh proses pembakaran yang optimal pada boiler.

**IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

**A. Perhitungan nilai Loss Function**

Berikut ini merupakan hasil perhitungan nilai *loss function* untuk:

**1. Kandungan Gas CO**

Pada variabel kandungan gas Co memiliki karakteristik kualitas *low is better (smaller is better)* sehingga dalam penentuan kondisi umum dipilih nilai yang terkecil. Pada tabel 2 di bawah ini merupakan perhitungan nilai *loss function* untuk variabel respon kandungan gas CO:

Tabel 2.

Nilai Loss Function Gas CO

Eksperimen	Loss Function	
	(R <sub>27</sub> )	(R <sub>27</sub> )
1	3791,00	126,00
2	6244,50	1020,25
3	10745,00	3452,25
4	3046,50	3197,50
5	2708,00	5822,25
6	1829,25	6362,25
7	10117,50	5559,50
8	4778,00	8749,00
9	7838,50	2466,50
10	5116,50	3755,25
11	4078,25	4109,50
12	3632,25	8666,00
13	1517,25	7574,00
14		126,00

**2. Temperature Gas Buang**

Pada variabel kandungan temperatur gas buang memiliki karakteristik kualitas *nominal is the best*, maka melihat nilai

yang semakin mendekati target adalah yang dipilih dalam penentuan kondisi optimum. Besar target yang ditentukan perusahaan adalah 135. Tabel 3 dibawah ini merupakan perhitungan nilai *loss function* untuk variabel respon temperatur gas buang:

Tabel 3.

Nilai Loss Function Temperatur Gas Keluaran

Eksperimen	Loss function ( $R_p$ )	Eksperimen	Loss function ( $R_p$ )
1	84,05	14	12,02
2	35,11	15	3,94
3	12,76	16	23,96
4	48,35	17	6,84
5	19,23	18	1,44
6	13,95	19	9,12
7	30,22	20	5,74
8	17,88	21	1,15
9	8,46	22	7,66
10	27,70	23	1,13
11	10,77	24	2,72
12	5,37	25	4,86
13	18,14	26	1,31
		27	12,02

**B. Perhitungan Nilai Normalisasi Loss Function**

Pada variabel gas Co dan temperature gas buang memiliki nilai satuan karakteristik yang berbeda maka dari itu dilakukan normalisasi. Pada tabel 4 dan 5 di bawah ini merupakan perhitungan normalisasi dari nilai *loss function* gas CO dan temperature gas buang:

**1. Kandungan Gas Co**

Pada tabel 4 di bawah ini merupakan hasil perhitungan normalisasi kandungan gas CO:

Tabel 4.

Nilai Normalisasi Gas CO

Eksperimen	Normalisasi	Eksperimen	Normalisasi
1	0,77	15	0,21
2	1,27	16	0,70
3	2,18	17	0,65
4	0,62	18	1,18
5	0,55	19	1,29
6	0,37	20	1,13
7	2,05	21	1,77
8	0,97	22	0,50
9	1,59	23	0,76
10	1,04	24	0,83
11	0,83	25	1,76
12	0,74	26	1,53
13	0,31	27	1,41
14	0,03		

**2. Kandungan Temperature Keluaran**

Pada tabel 5 berikut ini merupakan hasil perhitungan normalisasi kandungan temperature gas buang:

Tabel 5.

Nilai Normalisasi Temperatur Gas Keluaran

Eksperimen	Normalisasi	Eksperimen	Normalisasi
1	5,45	15	0,26
2	2,28	16	1,56
3	0,83	17	0,44
4	3,14	18	0,09
5	1,25	19	0,59

Lanjutan Tabel 5.

Nilai Normalisasi Temperatur Gas Keluaran

Eksperimen	Normalisasi	Eksperimen	Normalisasi
6	0,91	20	0,37
7	1,96	21	0,07
8	1,16	22	0,50
9	0,55	23	0,07
10	1,80	24	0,18
11	0,70	25	0,32
12	0,35	26	0,09
13	1,18	27	0,15
14	0,78		

**C. Total Loss Function**

Berdasarkan hasil normalisasi pada tabel 4 dan 5 dilakukan penggabungan antara respon kandungan gas CO dan temperature gas buang dengan cara memberi bobot pada masing-masing respon kemudian didapatkan nilai *total loss function*. Pada tabel 6 berikut ini merupakan hasil pembobot yang diperoleh dengan menggunakan persamaan 6:

Tabel 6.

Program Linier DEA untuk Eksperimen Pertama

```

model:
max=1 * u;
61,50 * v1 + 143,90 * v2 = 1 ;
1*u <= 61,50 * v1 + 143,90 * v2 ;
1*u <= 79,00 * v1 + 140,83 * v2 ;
1*u <= 103,50 * v1 + 138,45 * v2 ;
1*u <= 55,00 * v1 + 141,85 * v2 ;
1*u <= 52,00 * v1 + 139,23 * v2 ;
1*u <= 42,75 * v1 + 138,60 * v2 ;
1*u <= 100,50 * v1 + 140,35 * v2 ;
1*u <= 69,00 * v1 + 139,15 * v2 ;
1*u <= 88,50 * v1 + 137,75 * v2 ;
1*u <= 71,50 * v1 + 140,18 * v2 ;
1*u <= 63,75 * v1 + 138,08 * v2 ;
1*u <= 60,25 * v1 + 137,15 * v2 ;
1*u <= 38,75 * v1 + 139,13 * v2 ;
1*u <= 11,00 * v1 + 138,33 * v2 ;
1*u <= 31,75 * v1 + 136,58 * v2 ;
1*u <= 58,75 * v1 + 139,73 * v2 ;
1*u <= 56,50 * v1 + 137,35 * v2 ;
1*u <= 76,25 * v1 + 135,20 * v2 ;
1*u <= 79,75 * v1 + 137,85 * v2 ;
1*u <= 74,50 * v1 + 137,18 * v2 ;
1*u <= 93,50 * v1 + 134,93 * v2 ;
1*u <= 49,50 * v1 + 137,55 * v2 ;
1*u <= 61,25 * v1 + 135,60 * v2 ;
1*u <= 64,00 * v1 + 133,90 * v2 ;
1*u <= 93,00 * v1 + 136,90 * v2 ;
1*u <= 87,00 * v1 + 134,80 * v2 ;
1*u <= 83,50 * v1 + 133,83 * v2 ;
u >= 0 ;
v1 >= 0 ;
v2 >= 0 ;
end
    
```

Setelah melakukan perhitungan dengan menggunakan program linier seperti pada tabel 6, maka akan didapatkan nilai bobot seperti pada tabel 7 berikut ini:

Tabel 7.  
Nilai Total Loss Function

Eksperimen	TL	Eksperimen	TL
1	5,09	15	0,25
2	2,27	16	1,49
3	0,83	17	0,46
4	2,94	18	0,10
5	1,19	19	0,59
6	0,86	20	0,38
7	1,96	21	0,07
8	1,16	22	0,50
9	0,55	23	0,13
10	1,79	24	0,23
11	0,71	25	0,32
12	0,38	26	0,09
13	1,11	27	0,15
14	0,03		

**D. Nilai Signal to Noise Ratio**

Signal to Noise Ratio merupakan nilai transformasi dari beberapa pengulangan data sehingga nilainya mewakili kualitas penyajian. Dalam penelitian ini nilai *signal to noise ratio* didapatkan dari nilai *total loss function* dari masing-masing nilai respon yang telah diboboti. Pada tabel 8 berikut ini merupakan nilai SN ratio:

Tabel 8.  
SN Ratio

Eksperimen	SN (db)	Eksperimen	SN (db)
1	-7,07	15	5,99
2	-3,57	16	-1,73
3	0,82	17	3,38
4	-4,69	18	10,12
5	-0,77	19	2,26
6	0,64	20	4,26
7	-2,92	21	11,28
8	-0,64	22	3,04
9	2,61	23	9,01
10	-2,54	24	6,45
11	1,50	25	5,02
12	4,23	26	10,72
13	-0,46	27	8,18
14	15,93		

Hasil perhitungan *SN ratio* tersebut digunakan dalam analisis varians. Pada metode ini digunakan untuk melihat faktor-faktor yang secara signifikan mempengaruhi variabel respon. Tabel 9 berikut ini hasil analisis varian:

Tabel 9.  
Analysis Of Variance SN Ratio

Sumber Variansi	db	Jumlah Kuadrat	Rata-rata Kuadrat	F hitung	P-value
A	2	334,09	167,04	15,98	0,00
B	2	41,85	20,93	2,00	0,22
C	2	223,40	111,70	10,69	0,01
D	2	0,09	0,05	0,00	1,00
A*B	4	34,55	8,64	0,83	0,55
A*C	4	25,67	6,42	0,61	0,67
B*C	4	59,35	14,84	1,42	0,33
Residual					
Error	6	62,72	10,45		
Total	26	781,73			

Berdasarkan hasil anova pada tabel 9 didapatkan beberapa faktor yang tidak signifikan maka dari itu dilakukan penggabungan. Pada tabel 10 berikut ini merupakan hasil ANOVA yang sudah digabungkan (*pooling*):

Tabel 10.  
Analysis Of Variance SN Ratio (Pooling)

Sumber Variansi	db	Jumlah Kuadrat	Rata-rata Kuadrat	F-hit	P-value
A	2	334,10	167,04	16,39	0,00
C	2	223,40	111,70	10,96	0,00
Residual					
Error	22	224,20	10,19		
Total	26	781,70			

Berdasarkan Tabel 10 diatas dapat diketahui bahwa faktor yang signifikan dan berpengaruh terhadap respon adalah faktor A yaitu *tilting* ( sudut pengarah nosel) dan juga faktor C yaitu kombinasi elevasi nosel yang memiliki nilai P-value <  $\alpha$  (0,05) yaitu A *tilting* dengan p-value 0,00 < 0,05 dan C kombinasi elevasi nosel dengan p -value 0,00< 0,05

**E. Menentukan Kondisi Optimum**

Pada tabel 11 di bawah ini merupakan hasil kondisi optimum pada masing-masing respon:

Tabel 11.  
Level-level kondisi optimum pada kandungan gas CO dan temperature gas buang

Level	A	B	C	D
1	-1,73	1,24	-1,01	2,98
2	4,05	3,90	4,42	2,94
3	6,69	3,86	5,59	3,08
Delta	8,42	2,66	6,60	0,14
Rank	1	3	2	4

Berdasarkan tabel 11 diatas didapatkan hasil-hasil level pada kondisi optimum, sehingga dari sini dapat dilihat bahwa setting variabel pada kondisi optimum adalah  $A_3B_2C_3D_3$  yaitu *tilting* (sudut pengarah nosel) -10 derajat (mengarah ke bawah), bis OFA 0 (distribusi udara merata antara OFA dan wind-box), elevasi nosel bawah (elevasi A, elevasi B, elevasi C, elevasi D, elevasi E), tarikan furnace – 1,6 mbar.

**F. Perbandingan Nilai Optimum Antara TOPIS, Fuzzy Logic dan Loss Function**

Nilai optimum yang diperoleh dari analisis menggunakan metode *TOPSIS*, *fuzzy logic* dan *loss function* dapat dilihat pada tabel 12 berikut ini:

Tabel 12.  
Perbandingan nilai optimum pada tiga metode

Metode yg digunakan	Kondisi Optimum	Respon	Nilai prediksi
TOPSIS	A <sub>3</sub> B <sub>3</sub> C <sub>3</sub> D <sub>3</sub>	CO	97,87 (mg/Nm <sup>3</sup> )
		Temperatur	133,09 °C
Fuzzy Logic	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	CO	61,03 (mg/Nm <sup>3</sup> )
		Temperatur	135,19 °C
Loss Function	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> C <sub>3</sub> D <sub>3</sub>	CO	66,14 (mg/Nm <sup>3</sup> )
		Temperatur	133,59 °C

Prediksi untuk kandungan gas CO dan temperature gas buang pada tabel 12 metode *fuzzy logic* merupakan metode yang paling baik dibandingkan dengan metode *loss function* dan *TOPSIS* karena nilai prediksi yang dihasilkan metode *fuzzy logic* lebih mendekati karakteristik dari masing-masing respon. Metode *loss function* sendiri memiliki hasil prediksi untuk CO dan temperature gas buang lebih baik daripada metode *TOPSIS*. Nilai prediksinya untuk CO dengan karakteristik *smaller the better* untuk *loss function* sebesar 66,14 (mg/Nm<sup>3</sup>) dibandingkan dengan nilai *TOPSIS* sebesar 97,87 (mg/Nm<sup>3</sup>). Sedangkan untuk nilai temperature gas buang dengan kualitas *nominal the best* dengan target dari perusahaan sebesar 135 metode *loss function* menghasilkan nilai sebesar 133,59 °C dan untuk metode *TOPSIS* memiliki nilai prediksi sebesar 133,09 °C. Nilai-nilai prediksi diatas dapat dilihat juga pada *confidence interval* yang dapat digunakan untuk menghitung kondisi optimum pada tabel 13 dibawah ini:

Tabel 13.  
*Confidence Interval* pada tiga metode

Metode	Respon	CI	Karakteristik
TOPSIS	CO	93,86<μ<101,87	STB
	Temperatur	132,89<μ<133,30	NTB
Fuzzy Logic	CO	57,02<μ<65,03	STB
	Temperatur	135,51<μ<135,93	NTB
Loss Function	CO	62,13<μ<70,14	STB
	Temperatur	133,38<μ<133,79	NTB

Berdasarkan tabel 13 diatas dapat diketahui bahwa nilai prediksi pada ke tiga metode diatas berada pada *confidence interval* yang telah ditentukan. Pada *confidence interval* diatas juga bisa dianalisis metode yang menghasilkan nilai paling baik adalah metode *fuzzy logic* karena metode ini memiliki interval yang paling mendekati dengan kualitas karakteristik dari masing-masing respon yaitu CO dan temperature gas buang.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa variabel-variabel proses yang signifikan terhadap gas CO dan temperature gas keluaran cerobong adalah factor A *Tilting* (sudut pengarah nosel) dengan derajat – 10 derajat (mengarah ke bawah), factor B distribusi udara dengan bias OFA 0 (distribusi udara merata antara OFA dan wind-box), factor C kombinasi elevasi nosel

dengan elevasi nosel bawah (elevasi A, elevasi B, elevasi C, elevasi D, elevasi E), dan factor D tarikan udara pada furnance dengan tarikan furnace -1,6 mbar. Sehingga dengan menggunakan metode *Loss Function* untuk kondisi optimum proses pembakaran pada boiler didapatkan kombinasi *setting* A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>C<sub>3</sub>D<sub>3</sub>. Berdasarkan nilai prediksi dari gas CO dan temperature gas buang dengan menggunakan 3 metode yaitu metode *TOPSIS*, *Fuzzy Logic*, dan *Loss Function* nilai prediksi yang paling bagus dihasilkan oleh *Fuzzy Logic* yaitu 61.0274 (mg/Nm<sup>3</sup>) dan *Loss Function* memiliki nilai prediksi yang lebih bagus daripada nilai prediksi *TOPSIS* untuk gas CO adalah 66.1389 (mg/Nm<sup>3</sup>) dibandingkan hasil *TOPSIS* yaitu 97.8611 (mg/Nm<sup>3</sup>) sedangkan untuk temperature gas buangnya paling bagus dengan metode *Fuzzy Logic* 135.719 °C, sedangkan untuk *loss function* dan *TOPSIS* hasilnya jauh dari target yang telah ditentukan yaitu 133.097 °C dan 133.589 °C, namun antara *loss function* dan *TOPSIS* hasil prediksinya lebih bagus metode *loss function*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. Medyaningsih, *Optimasi Multirespon Dengan Metode Fuzzy Logic (Study Kasus Proses Pembakaran CO Dan Temperatur Gas Buang Pada Boiler Di PLTU Paiton Swasta Phase II)*, Tugas Akhir: Jurusan Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya (2011).
- [2] Gaitode, V. N., Karnik S. R., Achyutha. B. T., dan Siddeswarappa. B (2006). "Multi-Response Optimization In Drillig Using Taguchi's Quality Loss Function," *Indian Journal of Engineering and Materials Science*, Vol. 13, No. 6 (2006) 484-488.
- [3] S. Sunaryo, *Lecture Notes Taguchi Method*. Jurusan Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya (2012).
- [4] Sung H. Park, (1996). *Robust Design And Analysis for Quality Engineering*, New Delhi : PT. Palatino Thomson Press (2006).