

Optimalisasi Kinerja Energi *Furnace* Kilang PPSDM Migas Cepu Menggunakan Algoritma Genetik

Bambang Priandoko

*Pusat Pengembangan Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi
Jalan Poncol Raya No. 39 Ciracas Jakarta Timur, Indonesia*

INFORMASI NASKAH

Diterima : 18 Januari 2023
Direvisi : 9 November 2023
Disetujui : 24 November 2023
Terbit : 25 November 2023

Email korespondensi:
Bambang.priandoko@esdm.go.id

Laman daring:
<https://doi.org/10.37525/mz/2023-2/416>

ABSTRAK

Usaha untuk meningkatkan kinerja Energi peralatan pemanfaat energi secara maksimal sangat diperlukan karena akan mengurangi biaya energi, serta akan berdampak pada pengurangan emisi gas buang dan pemanasan global. Dalam penelitian ini dikembangkan suatu metoda optimasi untuk memaksimalkan kinerja energi *furnace* pada Kilang PPSDM Migas Cepu. Berdasarkan pengamatan dan pengukuran dan analisis perhitungan metoda langsung dan tidak langsung data operasi kilang tersebut, memperlihatkan bahwa kinerja *Furnace* 2 dan 3 memiliki efisiensi 47.26 % dan 49.81%. Hasil pengujian menggunakan metoda algoritma genetik diperoleh efisiensi *Furnace* 2 dan 3 meningkat menjadi 57.12 %. Metoda optimasi menggunakan algoritma genetic dalam penelitian ini menggunakan enam populasi. Populasi tersebut adalah parameter temperature crude oil, jumlah pasokan crude oil, jumlah bahan bakar yang digunakan diolah dengan proses seleksi kromosom, perkawinan silang dan mutasi secara berulang-ulang sehingga mendapatkan populasi terbaik. Populasi terbaik tersebut itulah yang akan menghasilkan nilai efisiensi *Furnace* terbaik yang mampu mengurangi kerugian energi sebesar 2904 KWH per hari untuk setiap *Furnace*nya.

Kata kunci: *metoda langsung, optimasi, algoritma genetic, Furnace, Crude oil, efisiensi energi.*

ABSTRACT

Efforts to improve the energy performance of energy-using equipment to the maximum are needed because it will reduce energy costs, and will have an impact on reducing exhaust emissions and global warming. In this research, an optimization method was developed to maximize furnace energy performance at the Cepu Oil and Gas PPSDM Refinery. Based on the observation, measurement and analysis of the calculation of the direct and indirect methods of the refinery operation data, it shows that the performance of Furnace 2 and 3 has an efficiency of 49% and 51 %. The results of the test using the genetic algorithm method obtained that the efficiency of Furnace 2 and 3 increased to 57.12%. The optimization method uses a genetic algorithm in this study using six populations. The populations are the parameter temperature of crude oil, the amount of supply of crude oil, the amount of fuel used processed by a chromosome selection process, cross over and mutation repeatedly so as to get the best population. The best population will produce an optimal value of Furnace efficiency which has an impact on profits for PPSDM Migas of 2904 KWH/day.

Keywords: *direct method, optimization, genetic algorithm, Furnace, Crude Oil, energy efficiency*

PENDAHULUAN

Pengelolaan energi di Indonesia khususnya Industri pengolahan minyak dan gas bumi umumnya dikelola oleh perusahaan negara (PT Pertamina), meskipun ada beberapa perusahaan lain seperti Exxon mobil (di Bojonegoro Provinsi Jawa Timur) serta BPSDM ESDM-PPSDM Migas di Cepu Provinsi Jawa tengah. Namun untuk Kilang minyak di PPSDM MIGAS ini kapasitas *crude oil* yang dapat diolah hanya sebanyak 200x4 M³/day, tidak sebesar kilang minyak yang dikelola PT Pertamina sendiri. Sementara itu, minyak dan gas bumi yang diolah berasal dari sumur-sumur lapangan Ledok dan Kawengan PT EP Pertamina region Cepu. Dalam kurun waktu 10 tahun terakhir ini, produksi minyak dan gas bumi di Indonesia mengalami penurunan cukup signifikan, hal tersebut akan berpengaruh pada pengelolaan di industri pengolahan minyak dan gas bumi, namun disisi lain peralatan unit pengolahan harus selalu berada pada performasi kinerja energi terbaiknya agar penghematan energi yang dijalankan di industri tersebut berdampak bagi keuntungan bagi perusahaan tersebut.

Berkaitan dengan efisiensi energi tersebut, dukungan negara berkaitan dengan penghematan energi di industri tercantum dalam Undang-undang no. 30 Tahun 2007 menyatakan bahwa Konservasi energi menjadi tanggungjawab wajib Pemerintah, Pemerintah daerah, Pengusaha serta semua masyarakat. Penjelasan lebih lanjut dalam Peraturan pemerintah No. 70 tahun 2009 yang

menyatakan bahwa industri maupun pengelola Gedung komersial menggunakan energi lebih besar dari 6000 TOE (*Ton Oil Ekuivalen*) per tahun diwajibkan menjalankan sistem manajemen energi. Dengan demikian usaha untuk melakukan optimalisasi kinerja Energi di industri sejalan dengan kebijakan pemerintah.

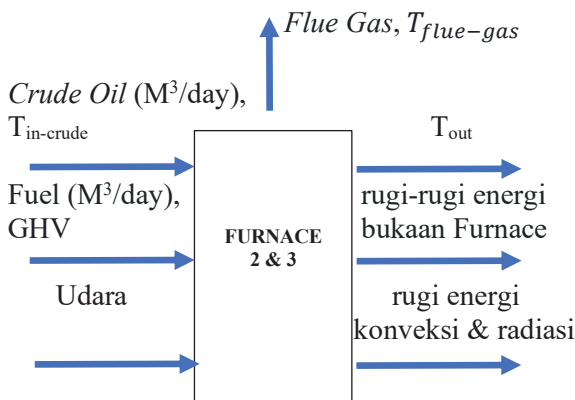
Pada penelitian ini difokuskan pada Optimasi kinerja energi Furnace kilang minyak dan gas yang ada di PPSDM Migas yang bertujuan untuk memberikan solusi alternatif untuk meningkatkan efisiensi Furnace tersebut. Furnace merupakan unit pemanas umpan (*Crude Oil*) sebagai unit yang sangat penting untuk menghasilkan produk utama sebelum dikirim ke unit distilasi. Indikator efisiensi energi pada proses pengolahan minyak keseluruhan sangat ditentukan oleh efisiensi penggunaan energi bahan bakar di Furnace *Crude Distillation Unit (CDU)* tersebut. Pengoperasian Furnace disesuaikan dengan jumlah debit umpan *crude oil* yang dikirim dari PT. Pertamina. Bahan bakar Furnace yang digunakan adalah *fuel oil* yang diperoleh dari sisa pengolahan *CDU* sebanyak 4% sd 10% dari *crude oil* yang diolah.

Metoda optimasi yang digunakan dalam judul penelitian ini menggunakan algoritma genetik dalam menentukan optimasi efisien kinerja energi Furnace tersebut. Algoritma genetik ini telah digunakan untuk optimasi sistem kendali furnace (Moch. Rusli et al., 2021) selain itu optimasi *exces air* pada furnace Kilang PPSDM Migas Cepu (Oktavina S 2020). Optima Algoritma

genetik ini pada penerapannya dapat memecahkan masalah optimasi untuk memberikan solusi terbaik dari sekian banyak solusi yang ada searah dengan pada penelitian ini. Ruang lingkup proses optimasi ini hanya menggunakan 3 parameter, yaitu temperature crude oil, massa crude oil serta massa bahan bakar furnace yang sangat berpengaruh terhadap efisiensi Furnace.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini diawali dengan penentuan kinerja energi Furnace menggunakan metoda langsung dan metoda tidak langsung [3]. Pada perhitungan metoda langsung, kinerja energi dirumuskan dengan membandingkan jumlah energi panas bahan bakar yang digunakan dan energi panas yang dihasilkan furnace. Sedangkan metoda tidak langsung merumuskan energi melibatkan jumlah energi panas yang diserap crude oil atau energi panas yang dihasilkan Furnace, jumlah energi panas yang dikirim bahan bakar ke furnace, energi panas dari excess air yang turut membantu menyempurnakan proses pembakaran serta rugi-rugi energi panas yang dihasilkan dari cerobong asap, bukaan furnace dan dinding furnace, seperti yang diilustrasikan seperti pada gambar 1[3] berikut:



Gambar 1. Input dan Output Energi Furnace

1. Metoda langsung

Untuk mendapatkan efisiensi Furnace menggunakan metoda langsung dengan persamaan 1 dibawah ini.

$$E_{ef-langsung}(\%) = \frac{Q_{out-furnace}}{Q_{fuel}} * 100\% \dots(1)$$

$$Q_{out-furnace} = M_{crude-oil} * C_{p,crude-oil} * (T_{out} - T_{in-crude}) \dots(2)$$

$$Q_{fuel} = M_{fuel} * NHV \dots(3)$$

$$M_{crude-oil} = \rho_{crude\ oil} * V_{crude-oil}$$

$E_{ef-langsung}$: Efisiensi energi menggunakan metoda langsung.

$Q_{out-furnace}$: Energi panas yang dihasilkan furnace untuk memanaskan crude oil

Q_{fuel} : Energi panas pembakaran furnace

$M_{crude-oil}$: Massa Crude oil yang dipanaskan (lb)

$C_{p,crude-oil}$: Panas spesifik Crude oil dalam BTU/lb °F

M_{fuel} : Massa bahan bakar

NHV : Net Heating Value atau Gross heating value (GHV)

$V_{crude-oil}$: Volume crude oil biasanya dinyatakan dalam M³/hari.

Efisiensi Furnace diperoleh dari perbandingan antara energi panas yang dihasilkan Furnace dengan energi panas yang dipasok bahan bakar furnace.

2. Metoda Tidak Langsung

Pada metoda tidak langsung, penentuan besar Efisiensi Furnace diperlihatkan pada persamaan 4 dibawah ini

$$E_{ef-tidak\ langsung}(\%) = 100\% - \text{jumlah rugi-rugi energi panas}(\%) \dots(4)$$

Jumlah rugi-rugi energi panas tersebut terdiri dari

1. Kehilangan energi panas dalam Gas Buang
2. Kehilangan energi panas dari kadar air dalam bahan bakar
3. Kehilangan energi panas dari bukaan pada Furnace.
4. Kehilangan energi panas permukaan dinding furnace
5. Kehilangan energi panas yang tidak dihitung.

A. Kehilangan enegi panas dalam Gas Buang

Rugi-rugi Panas gas buang Panas yang dibawa gas buang antara lain : gas CO₂, CO, N₂, H₂O dan O₂. Energi panas Gas Buang untuk masing-masing Furnace 2 dan 3 dirumuskan berikut : Massa udara teoritis tiap-tip bahan bakar adalah diperlihatkan pada tabel 1 berikut :

$$Q_{ssbl-fuel} = M_{fuel} * C_{p-fuel} * (T_{out} - T_{in-fuel}) \dots(5)$$

$$Q_{flue-gas} = M_{flue-gas} * C_{flue-gas} * (T_{flue-gas} - T_{in}) \dots(6)$$

% Kehilangan panas dari gas buang = $\frac{Q_{flue-gas}}{Q_{fuel}} * 100\%$ (7)

$$M_{flue-gas} = (1 + EA/100) * M_{udara-teoritis} \dots(8)$$

$$EA \text{ (Excess Air)} = \frac{O_2\%}{21 - O_2\%} \dots(9)$$

Massa udara teoritis tiap-tip bahan bakar adalah diperlihatkan pada tabel 1 berikut :

Tabel 1. Jumlah Udara Teoritis berbagai bahan bakar

Jumlah Udara Teoritis		
Bahan bakar (per 1 kg)	Kg/Kg BB	Udara berlebih (EA)
Batubara	5.5 – 8 kg	20- 30%
BBM	14 kg	10 – 15 %
Natural Gas	9 – 10 kg	5 – 10 %

B. Kehilangan energi panas dari kadar air dan Hidrogen dalam bahan bakar

% kehilangan panas dari kadar air dalam bahan bakar dirumuskan berikut :

$$\% \text{ Kehilangan panas} = \frac{Q_{H_2O}}{Q_{fuel}} * 100\% \dots(10)$$

dengan

$$Q_{H_2O} = M_{H_2O} * C_p * (T_{C-out} - T_{C-in}) \dots(11)$$

% Kehilangan panas dari kadar H₂ dalam bahan bakar

$$\% \text{ Kehilangan panas} = \frac{Q_{H_2}}{Q_{fuel}} * 100\% \dots(12)$$

Dengan

$$Q_{H_2} = M_{H_2} * C_p * (T_{C-out} - T_{C-in}) \dots(13)$$

C. Kehilangan energi dari bukaan pada Furnace

% kehilangan panas dari bukaan pada Furnace adalah % kehilangan panas = $\frac{(Faktor \ radiasi \ black \ body + \ emisivitas * luas \ bukaan)}{Q_{fuel}}$ *

$$100\% \dots(14)$$

D. Kehilangan energi panas permukaan dinding furnace

Kehilangan panas dinding permukaan Furnace % kehilangan panas konveksi dan radiasi =

$$\% \text{ Kehilangan panas} = \frac{Q_C + Q_L}{Q_{fuel}} * 100\%$$

Panas sensible :

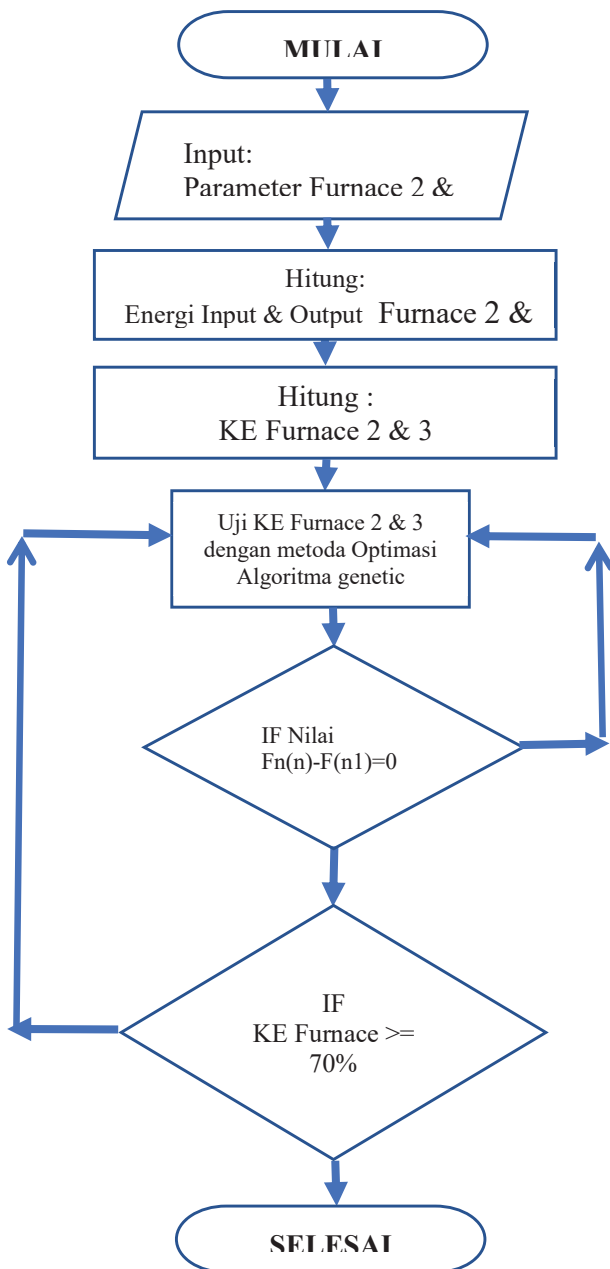
$$Q_C = M_c * C_p * (T_{C-out} - T_{C-in}) \dots(15)$$

Panas laten : $Q_L = M_l * \gamma \dots(16)$

3. Optimasi Efisiensi Furnace menggunakan Algoritma Genetik

Algoritma genetik merupakan algoritma yang menggunakan teori evolusi Darwin dalam proses optimasinya diterjemahkan kedalam algoritma komputasi sebagai metoda artificial intelligence untuk mencari solusi dari suatu permasalahan yang lebih alamiah (B. Priandoko 2007, Bräysy 2001, Wilujeng et. Al 2004 Aulia Fitrah et. al 2012, Kusum Dewi et. Al 2005). Penerapannya adalah memecahkan masalah optimasi yaitu mencari solusi terbaik dari sekian banyak solusi yang ada searah dengan pada penelitian ini. Sebagaimana diketahui bahwa teori evolusi Darwin tersebut menyatakan bahwa kelangsungan hidup suatu individu akan bertahan lama hidup bila memiliki nilai fitness lebih tinggi sedangkan yang nilai fitnessnya rendah akan tidak bertahan lama alias mati (Muntini et.al 2001). Dalam teori Darwin tersebut menjelaskan juga bahwa individu untuk bertahan kelangsungan hidupnya dapat dilakukan melalui proses reproduksi, cross over dan mutasi. Proses tersebut dilakukan berulang-ulang hingga mendapatkan solusi paling optimal (terbaik) (Packer 2000).

Efisiensi maksimum furnace yang dihasilkan digunakan sebagai indikator keberhasilan melakukan optimasi pada parameter-parameter dari semua besaran energi panas. Secara rinci metodologi penelitian ini diperlihatkan pada gambar 2 berikut :



Gambar 2. Algoritma metoda penelitian

1. Variabel proses masukan furnace 2 dan 3 yang dibutuhkan untuk mendapatkan energi panas adalah :
 - a. temperature curde oil masuk ke furnace,
 - b. temperatur bahan bakar fuel oil,
 - c. temperatur udara,
 - d. massa crude oil
 - e. massa bahan bakar fuel oil
 - f. massa udara
 - g. Energi panas yang dihasilkan bahan bakar setiap satuan massa.

- h. Massa jenis bahan bakar dan crude oil dan udara.
2. Variabel proses keluaran Furnace 2 dan 3 yang dibutuhkan untuk mendapatkan energi panas adalah
 - a. Temperatur produk yang dihasilkan furnace,
 - b. Temperature udara cerobong asap,
 - c. Temperatur bukaan furnace,
 - d. Temperature dinding furnace
 - e. Jumlah udara lebih (excess air).

Variabel proses masukan dan keluaran furnace tersebut diperoleh dari data operasi distilasi crude oil di PPSDM Migas tanggal 2 Nopember 2020. Data lapangan tersebut dipilih dan digunakan sesuai dengan kebutuhan perhitungan energi panas masuk dan keluar furnace. Berikut data pendukung yang ada di lapangan :

- a. spesifikasi Furnace seperti yang diperlihatkan dalam tabel , variabel proses furnace dari data lapangan seperi yang diperlihatkan pada tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Furnace

SPESIFIKASI FURNACE		
1.	Jenis	Box
2.	Dinding	Batu Tahan api
3.	Jenis Pembakaran	Lynet N. Pressure Atomizer
4.	Bahan bakar	Residu dan Gas
5.	Kapasitas panas	200m ³ /hari
6.	Jumlah pipa	95 buah
7.	Panjang pipa	6 meter
8.	Diameter	4 inch
9.	Jenis Draft	Natural
10.	Letak pipa	Horizontal
11.	Bahan kontruksi	a. Low Chrome molybdenum(bagian radiasi)
		b. Carbon Steel (bagian konveksi)

Setelah diperoleh hasil efisiensi real Furnace, kemudian menentukan efisiensi Furnace menggunakan metoda Algoritma genetic dengan cara melakukan seleksi, crossover, mutasi kromosom yang menggunakan parameter-parameter temperatur inlet crude oil jumlah Crude oil dan jumlah bahan bakar yang diolah.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam pembahasan hasil penelitian ini, algoritma genetik yang diterapkan pada hasil efisiensi Furnace akan dibandingkan dengan metoda optimasi menggunakan algoritma genetik dibandingkan dengan hasil metoda langsung dan tidak langsung tanpa melakukan optimasi.

1. Metoda Langsung

Efisiensi Kinerja Energi menggunakan metoda langsung dapat ditentukan menggunakan persamaan 1 serta parameter-parameter pasokan crude oil yang di proses di Furnace, massa jenis crude oil dan beda temperature crude oil di furnace dengan temperature crude oil yang masuk Furnace seperti yang diperlihatkan pada tabel 3 berikut:

Tabel 3. Data Real Parameter yang terukur di *Furnace* 2 dan 3.

No.	Data	FURNACE	
		2	3
1	Inlet Temperature	115°C	104°C
2	Outlet Temperature	336°C	337,9°C
3	Skin Tube	1260.6°C	1260°C (30°E)
4	Wall Temperature	550°C	556.7°C
5	Stack Temperature	285.5°C	328°C
6	Inlet	2.7 KG/cm ²	1.72 KG/cm ²
7	Inlet Feed	142.2 M ³ /day	156.6 M ³ /day
8	Outlet Fraksi Cair residu	23% x Inlet Feed	23% x Inlet Feed

No.	Data	FURNACE	
		2	3
9	Outlet Fraksi Gas residu	77% x Inlet feed	77% x Inlet Feed
10	HHV	9951 KKal/Kg	9951 KKal/Kg
11	Fuel Oil	38.9°C	38.9°C
12		13.2 KG/Cm ²	13.6 KG/Cm ²
13	Crude oil	$\rho_{\text{crude oil}} = \text{SG}_{\text{crude oil}} \times \rho_{\text{air}}$	= 810 Kg/M ³
14	Minyak bakar (residu)	$\rho_{\text{bbm}} = 992.8 \text{ Kg/M}^3$	$\rho_{\text{bbm}} = 992.8 \text{ Kg/M}^3$
15	Residu Fraksi cair	$\rho_{\text{residu-cair}} = 992.8 \text{ Kg/M}^3$	$\rho_{\text{residu-cair}} = 992.8 \text{ Kg/M}^3$
16	Residu Fraksi gas	$\rho_{\text{residu-gas}} = 790 \text{ Kg/M}^3$	$\rho_{\text{residu-gas}} = 790 \text{ Kg/M}^3$
17	Panas spesifik Crude oil (Cp-crude-oil)	: 0,49 BTU/lb. ° F.	: 0,49 BTU/lb. ° F.
18	Panas spesifik Fuel oil		
19	Panas udara		

Perhitungan energi panas yang dihasilkan Furnace adalah

Furnace 2

$$M_{\text{(crude-oil)}} = 142.3 * 810 * 2.20462 = 254.644,5 \text{ lb/hari}$$

$$Q_{\text{(out-furnace)}} = 53.628.646,80 \text{ BTU/hari}$$

$$\text{Delta T} = (336-115) * 1.8 + 32 = 429.80\text{F}$$

Furnace 3

$$M_{\text{(crude-oil)}} = 156.6 * 810 * 2.20462 = 279.644,7 \text{ lb/hari.}$$

$$Q_{\text{out-furnace}} = 62,075,472.71 \text{ BTU/hari}$$

$$\text{Delta T} = (337-104) * 1.8 + 32 = 453.02^{\circ}\text{F}$$

Tabel 4. Energi dari Crude Oil

Jumlah Udara Teoritis		
Furnace	$Q_{out-furnace}$ BTU/hari	KWH
2	53.628.646,80	654.875
3	62,075,472.71	758.022

Tabel 5. Energi fuel oil

$$H_f \text{ (Kkal/Kg)} = 9951 \text{ \& Sg} = 0.9402 \text{ Kg/M}^3$$

Jumlah Udara Teoritis		
Furnace	M_f (M ³ /day)	KWH
2	3.38	1,339.2664306
3	3.07	1,473.8518836

Efisiensi Furnace 2 dan 3 berturut-turut sesuai dengan persamaan 1 adalah sebesar 49% dan 51%.

2. Metoda tidak langsung

Kehilangan panas dari sistem gas buang, kadar air dan Hidrogen ditentukan menggunakan persamaan 6, 11 dan 13 kemudian dibandingkan dengan jumlah bahan bakar berturut-turut diperoleh hasil seperti yang diperlihatkan pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil % kehilangan panas dari sistem gas buang

Furnace	$M_{flue\ gas}$	$C_p = 0.14 \text{ \& } T_{amb} = 38.9$ $T_{flue-gas}$	% $Q_{flue-gas}$
2	42	285.5	24.86
3	49	328	33.99

Furnace	M_{H_2O}	$C_p = 0.15 \text{ \& } T_{amb} = 38.9$ $T_{flue-gas}$	% Q_{H_2O}
2	285.5	1.29	
3	328	1.52	

Furnace	$M_{H_2} = 0.1123, C_p = 0.24 \text{ \& } T_{amb} = 38.9$ $T_{flue-gas}$	% Q_{H_2}
2	285.5	11.164
3	328	13.088

Kehilangan panas karena bukaan Furnace pada daerah operasi Furnace 12600C sebesar 22 Kkal/cm².jam.kg.

Faktor radiasi yang melewati bukaan dan radiasi black body dapat dicapai dari grafik standar

- Faktor radiasi = 0,65
- Radiasi black body pada 1260 0C (mengacu pada lampiran) = 22 Kal/kg/cm²/jam
- Area bukaan adalah 100 cm x 100 cm = 10000 cm²
- Emisivitas = 0,8.

Kehilangan panas yang disebabkan karena factor radiasi dari Furnace 2 dan 3 sebesar 9.99%. Jadi efisiensi Furnace 2 dan 3 berturut-turut berdasarkan Metoda tidak langsung sebesar 52% dan 47%.

Kehilangan panas karena bukaan Furnace pada daerah operasi Furnace 12600C sebesar 22 Kkal/cm².jam.kg.

Faktor radiasi yang melewati bukaan dan radiasi black body dapat dicapai dari grafik standar

- Faktor radiasi = 0,65
- Radiasi black body pada 1260 0C (mengacu pada lampiran) = 22 Kal/kg/cm²/jam
- Area bukaan adalah 100 cm x 100 cm = 10000 cm²
- Emisivitas = 0,8.

Kehilangan panas yang disebabkan karena factor radiasi dari Furnace 2 dan 3 sebesar 9.99%. Jadi efisiensi Furnace 2 dan 3 berturut-turut berdasarkan Metoda tidak langsung sebesar 52% dan 47%.

3. Pengujian Algoritma Genetik untuk memaksimalkan Kinerja Energi Furnace

Metoda optimasi algoritma genetik yang diterapkan pada efisiensi Furnace 2 dan 3 memanfaatkan efisiensi dari metoda langsung seperti yang diperlihatkan pada persamaan 1 serta perhitungannya cukup sederhana menggunakan Microsoft Excel. Parameter yang digunakan dalam

proses optimasi tersebut adalah jumlah massa crude oil, temperature inlet Crude oil dan massa bahan bakar didefinisikan sebagai Kromosom. Dalam setiap populasi diasumsikan memiliki 6 kromosom yang dibangkitkan secara acak dengan pendekatan nilai batas atas dan bawah dari parameter tersebut adalah:

Tabel 7. Batas bawah dan atas Parameter-parameter yang akan dibangkitkan secara acak

Besaran	Batas bawah	Batas atas
Jumlah crude oil (M3/day)	140	160
Feed Temperatur °C	100	125
Jumlah BBM M3/day bbm	2	4

Batasan maksimum ditentukan berdasarkan kondisi di lapangan selama ini. Unit Furnace pada Kilang PPSDM Migas tidak pernah mencapai nilai batas atas jumlah *crude oil*, Temperatur inlet *Crude Oil* dan pasokan bahan bakar. Rentang dari ketiga parameter itula kemudian dibangkitkan secara acak dan menghasilkan besaran parameter serta hasil evaluasi kromosom diperoleh nilai fitness berikut:

Tabel 8. Parameter Energi panas Feed Crude Oil serta bahan bakar yang dibangkitkan secara acak

Jumlah Crude Oil (M3/day)	Temperatur Feed Crude Oil	Jumlah BBM M3/day	KWH
144.10551	111.2837	2,814	701,58
146.30460	114.0521	2,857	697,33
158.59756	119.3128	3,098	701,00
156.66193	120.3388	3,060	701,62
158.80849	113.0330	3,102	690,04
149.66307	119.9667	2,923	701,40

Tabel 9. Penentuan Nilai Fitness sebagai acuan seleksi kromosom (GCV = 9951 KKal/Kg)

Feed BBM (M3/day)	KWH	Nilai Fitness (Ft)	Q=1/Ft
2814	1,166,96	0.6012013	1.663337
2857	1,184,76	0.5885771	1.699013
	1,284,31		
3098		0.5458184	1.832111
3060	1,268,64	0.5530491	1.808158
3102	1,286,02	0.5365663	1.863703
2923	1,211,96	0.5787302	1.727921

Seleksi kromosom dilakukan dengan cara menyeleksi fitness yang lebih kecil akan mempunyai probabilitas untuk terpilih kembali lebih besar, maka digunakan *inverse* seperti yang diperlihatkan pada tabel 9. Kemudian untuk proses *roulete-wheel* adalah membangkitkan nilai acak R antara 0-1. Jika $R[k] < C[k]$ maka kromosom ke-k sebagai induk, selain itu pilih kromosom ke-k sebagai induk dengan syarat $C[k-1] < R[k] < C[k]$ seperti yang diperlihatkan pada tabel 10 dibawah ini.

Tabel 10. Hasil Proses Roulete-wheel ($P_c=0.6$)

R	P_c	$R < P_c$
0.521319919	0.6	0.521319919
0.562083606		0.562083606
0.772511148		0.451349084
0.813550005		
0.451349084		
0.798666667		

Terpilih $R(1)=0.521319919$, $R(2)=0.562083606$ dan $R(5)=0.451349084$ yang terpilih untuk meakukan proses selanjutnya yaitu perkawinan silang. Hasil perkawinan silang populasinya berubah seperti yang dipelihatkan pada tabel 11 dibawah ini.

Tabel 11. Populasi hasil Proses Cross Over

R	Kromo som 1	Kromo som 2	Kromo som 5
0.56208	114.05	113.03	111.28
3606	20902	2998	37271
0.45134	113.03	111.28	114.05
9084	2998	37271	20902
0.77251	119.31	119.31	119.31
1148	27787	27787	27787
0.81355	120.33	120.33	120.33
0005	87501	87501	87501
0.52131	111.28	114.05	113.0
9919	37271	20902	32998

Proses selanjutnya adalah mutasi. Probabilitas mutasi (P_m) dalam penelitian ini adalah 30%, berarti jumlah gen dari kromosom yang mengalami mutasi sebesar $30\% \times 18$ (Panjang gen dari populasi). Jadi gen yang mengalami mutasi adalah 6 gen (Gn) yaitu gen ke 2,2,4,5,5,5. Hasil mutasi tersebut terbentuk populasi seperti yang diperlihatkan pada tabel 12 dibawah ini.

Tabel 12. Hasil Proses Mutasi setelah terjadinya proses Cross Over. ($P_m=30\%$)

Panjang Total Gen = $3 \times 6 = 18$	Gn	R	Ft
PM	2	0.772511148	0.556869378
Jumlah	2	0.772511148	0.556869378
Gen yang dimutasi = 18×0.3	4	0.521319919	0.57178426
Dibangkitkan 1 sd 6	5	0.798666667	0.555316353

Dari hasil mutasi diperoleh nilai *fitness* terbaik adalah 0.57178426 dengan jumlah pasokan crude oil sebesar 154.26 m³/day dan pasokan bahan bakar 3.24 m³/day dan temperatur inlet crude oil sebesar 113.02°C. Efisiensi yang dapat ditingkatkan setelah dilakukan proses optimasi algoritma genetik dengan satu tahap adalah 57.17% dengan metoda optimasi ini, maka energi yang dapat diselamatkan dari pemborosan sebesar 2904 KWH per hari untuk setiap *Furnace*nya.

KESIMPULAN

Dari hasil Penelitian pada makalah ini dapat disimpulkan bahwa Performansi Kinerja Furnace menggunakan metoda langsung memiliki Efisiensi Furnace 2 adalah 49% dan Furnace 3 adalah 51%. Kemudian berdasarkan metoda tidak langsung dihasilkan Efisiensi kinerja Furnace 2 adalah 52% dan Furnace 3 adalah 47%. Adanya perbedaan ini disebabkan adanya pendekatan menggunakan metoda tidak langsung tidak melibatkan kehilangan energi panas dari pengaruh lainnya.

Dalam meningkatkan efisiensi dari Furnace tersebut dilakukan Optimasi menggunakan algoritma genetik dengan mempertimbangkan parameter jumlah pasokan *crude oil*, Temperatur *Inlet crude oil* dan jumlah pasokan bahan bakar untuk mendapatkan Efisiensi Furnace terbaik. Optimasi dari kinerja energi Furnace menggunakan algoritma genetik tersebut, menghasilkan efisiensi sebesar 57.17%, dengan jumlah pasokan *crude oil* naik menjadi 154.25 m³/day dengan pasokan bahan bakar sebesar 3.24 m³/day namun temperature *inlet crude oil* ditingkatkan menjadi 113.02°C. Dengan demikian metoda optimasi menggunakan algoritma genetik pada *furnace* Kilang PPSDM Migas ini turut serta memberikan kontribusi terhadap kebijakan konservasi energi di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Rusli, M., Trinurwati, & Bastian Tarigan, F. (2021). Optimasi Kontrol untuk Variabel Flow Rate dan Temperatur Furnace Berbasis Solusi Persamaan Riccati. *Jurnal EECCIS*, 15(3), 109-114.
- Sabarlele, O. (2020). Optimasi Excess Air Furnace F-02 Di Kilng PPSDM Migas Cepu. *Kertas Kerja Wajib PEM Akamigas*, Agustus 2020.
- Priandoko, B. (2007). Pengembangan Kontrol Prediktif Nonlinier menggunakan Optimasi Berbasis Algoritma Genetik Pada Kolom Distilasi. *Disertasi Doktor ITB*.
- Muntini, & Nazzaruddin, Y. Y. (2001). Identification Vehicle Suspension using Genetic Algorithm Technique. *Proc.Of Indonesia Germany Conference (IGC) 2001*.
- Packer, P. (2000). European Refiners should not expect return on fuel-quality investment. *Oil and Gas Journal*, Nov 2000, 68-69.

- Bräysy, O. (2001). Genetic Algorithms for The Vehicle Routing Problem with Time Windows. Retrieved from <http://neo.lcc.uma.es/radiaeb/webVRP/index.html?links.html>
- Wilujeng, A. K. S. (2004). Algoritma Genetika Untuk Penyelesaian Masalah Venhicle Routing. Skripsi FMIPA-Undip, Semarang.
- Fitrah, A., Zaky, A., & Purnomo, H. (2012). Penerapan Algoritma Genetika pada Persoalan Pedagang Keliling (TSP). Bandung: ITB.
- Kusumadewi, S., & Purnomo, H. (2005). Penyelesaian Masalah Optimasi dengan Teknik-teknik Heuristik. Yogyakarta: Graha Ilmu.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kepada Kepala PPSDM KEBTKE serta jajarannya yang telah mendukung atas berlangsung pengambilan data di PPSDM MIGAS Cepu dan juga ucapan terimakasih kepada PPSDM Migas Cepu khususnya Bapak Dr. Yoeswono serta jajarannya Bapak Rahmanto Widiyantoro yang telah memberikan data operasi Unit Kilang beserta fasilitas lainnya.