

# UPAYA PENINGKATAN *FUEL EFFICIENCY REBOILER HEATER 203-H-005* MELALUI PENGOPTIMALAN *AIR TO FUEL RATIO (AFR)* DI UNIT PLATFORMING PT. XYZ

Ahmad Yoga Ardiansyah<sup>1\*</sup>, Tun Sriana<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Teknik Pengolahan Migas, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Jl Gajah Mada No 38, Cepu, Blora, 58513

\*Email: ahmadyogaardiansyah11@gmail.com

## ABSTRAK

Unit *Platforming* di PT. X merupakan salah satu unit yang berfungsi untuk mengolah *sweet naphta* dari *Unit Naphta Hydrotreating* menjadi produk reformat yang memiliki angka oktan tinggi. Dalam unit tersebut, *Reboiler Heater 203-H-005* memiliki peran penting untuk meningkatkan suhu dari produk bawah kolom *Debutanizer 203-C-001* sebelum di masukkan kembali ke kolom. Hal ini bertujuan untuk menguapkan fraksi ringan yang terikat ke produk reformat. Hasil evaluasi *Reboiler Heater 203-H-005* selama bulan Juli 2024 menunjukkan bahwa nilai *fuel efficiency* berkisar antara 78-87% yang mana masih dibawah dari data desainnya yang sebesar 90,4%. Setelah dilakukan upaya peningkatan *fuel efficiency* dengan metode *trial and error* nilai *AFR actual* yang ditingkatkan hingga 4,95% dari penggunaan semula. Dari hasil optimasi ini, nilai *fuel efficiency* meningkat menjadi 91,22% dan *flue gas* yang dilepaskan ke atmosfer berkurang dari 16.052,87 lb/jam menjadi 15.295,85 lb/jam, serta pemakaian *fuel gas* sebagai bahan bakar berkurang menjadi 420,75 kg/jam. Dengan Upaya peningkatan *fuel efficiency* ini juga memberikan dampak terhadap profit yang didapat Perusahaan meningkat sebesar 4,7% atau Rp 14.548.289.787,97/tahun.

**Kata kunci:** *Heater, Air to Fuel Ratio, Fuel Efficiency, Metode Trial and Error*

## 1. PENDAHULUAN

Dalam usaha untuk konservasi energi, optimalisasi pemanfaatan sumber daya energi memegang peranan penting. Pada industri pengolahan minyak dan gas bumi, proses transfer panas melalui pemanasan dengan bahan bakar (*fired heater*) memainkan peran krusial dan vital. Keberadaan *fired heater* ini berfungsi untuk memanaskan suatu fluida hingga suhu yang diinginkan. [1].

Dalam fungsi *fired heater*, terjadi transfer panas melalui 2 mekanisme berbeda yaitu radiasi dan konveksi. Dimana mekanisme radiasi, proses transfer panas terjadi secara langsung antara fluida dengan api, sedangkan proses transfer panas pada mekanisme konveksi terjadi antara sisa panas dari mekanisme radiasi dengan *feed* [2]. Efisiensi termal dari *fired heater* memberikan indikasi tentang performanya, apakah masih layak digunakan atau memerlukan perbaikan, pemeliharaan, atau pembersihan rutin untuk memastikan kinerjanya tetap handal. Konsentrasi pada efisiensi termal pada *fired heater* menjadi fokus utama sebagai tindakan ekonomis dengan memanfaatkan energi secara cerdas untuk mengurangi biaya operasional [7].

Pada skala industri, seperti pemanas untuk pabrik atau pembangkit listrik, efisiensi bahan bakar diukur menggunakan parameter yang lebih kompleks, seperti efisiensi termal. Banyak *heater* industri memiliki efisiensi minimal sekitar 85% hingga 90%, tergantung pada desain dan

penggunaannya. Standar efisiensi ini penting untuk menjaga biaya operasi yang rendah dan mengurangi dampak lingkungan [9].

Unit Platforming merupakan salah satu unit yang ada di PT. XYZ dengan fungsi mengubah naphta menjadi produk reformat yang memiliki angka oktan tinggi. Penggunaan *Reboiler Heater* 203-H-005 pada Unit Platforming bertujuan untuk meningkatkan suhu produk bawah kolom Debutanizer sebelum dikembalikan ke dalam kolom. Hal ini dikarenakan untuk menguapkan fraksi ringan yang masih terikat ke aliran produk bawah kolom.

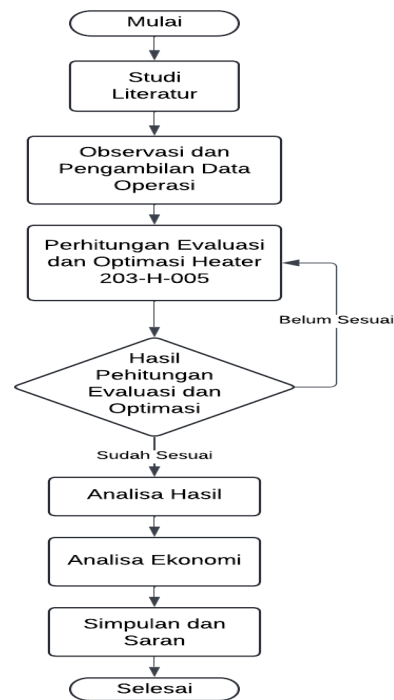
Pada penelitian yang dilakukan oleh (Dwi, 2019) mengenai performa *furnace* di *High Vacuum Unit I* (HVU I) Pertamina *Refinery Unit IV* Cilacap didapatkan nilai 73,6% sedangkan efisiensi desainnya adalah 79%. Rendahnya efisiensi energi *furnace* tersebut disebabkan oleh beberapa hal diantaranya adalah kondisi alat dan operasi atau proses. Sehingga performa *furnace* tersebut perlu dievaluasi [11].

*Air to Fuel Ratio* (AFR) adalah parameter penting dalam sistem pembakaran mesin yang berperan dalam menentukan efisiensi pembakaran, emisi, dan performa mesin. AFR menggambarkan perbandingan antara massa udara dan bahan bakar yang digunakan dalam proses pembakaran [6]. *Air to Fuel Ratio* (AFR) dalam *fired heater* dapat mempengaruhi efisiensi yang dihasilkan. Dalam sistem pembakaran, nilai AFR harus dalam kondisi setimbang agar menghasilkan hasil pembakaran yang sempurna. Jika nilai AFR kurang dari semestinya maka akan menyebabkan pembakaran tidak sempurna yang mana menghasilkan *flue gas* lebih banyak [3].

Maka dari itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui efisiensi dari *reboiler heater* 203-H-005 dan melakukan optimalisasi penggunaan AFR pada *reboiler heater* 203-H-005 untuk mendapat efisiensi yang paling optimal.

## 2. METODE

Penelitian ini menggunakan tiga metode, yaitu variabel penelitian, metode kerja, dan metode analisis. Variabel penelitian terdiri dari dua kelompok, yaitu variabel terikat dan variabel bebas. Pada penelitian ini, variabel bebas meliputi *Air to Fuel Ratio* (AFR), sedangkan variabel terikat meliputi efisiensi *heater* dan *Flue Gas Flow*. Gambar 1 merupakan diagram alir penelitian.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### A. Perhitungan Panas Masuk dan Keluar *Heater*

Panas yang masuk dan keluar dari *heater* merupakan panas hasil pembakaran dan penyerapan dari fluida yang dipanaskan di dalam *heater*. Jumlah panas yang dihasilkan dan keluar dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

#### 1. Panas Masuk *Heater*

- a. Panas Sensibel *Fuel Gas* [4]

$$Q = m_{fuel\ gas} \times \%tiap\ komponen \times Cp_{Avg} \times \Delta T \quad (1)$$

- b. Panas Pembakaran *Fuel Gas* [4]

$$Q = LHH_{Total} = \sum_{i=1}^n LHV \quad (2)$$

- c. Panas Sensibel Udara Pembakaran [1]

$$Q = W_A \times Cp_{Avg} \times \Delta T \quad (3)$$

- d. Panas Sensibel Uap Air [1]

$$Q = M_a \times Cp_{Avg} \times \Delta T \quad (4)$$

#### 2. Panas Keluar *Heater*

- a. Panas yang Diserap *Feed* [1]

$$Q_{Absorbed} = Q_2 - Q_1 \quad (5)$$

$$Q_1 = m_{Feed} \times H_1 \quad (6)$$

$$Q_2 = Q_{2L} + Q_{2V} \quad (7)$$

$$Q_{2L} = m_{2L} \times H_{2L} \quad (8)$$

$$Q_{2V} = m_{2V} \times H_{2V} \quad (9)$$

b. Panas Terbawa *Flue Gas* [4]

$$Q = \sum m \times Cp_{Avg} \times \Delta T \quad (10)$$

c. Panas Hilang dari Dinding *Heater* ke Lingkungan [1]

$$Q = Q_{Konveksi} + Q_{Radiasi} \quad (11)$$

$$Q_{Konveksi} = \varepsilon \times \sigma \times A1 \times (T_2^4 - T_1^4) \quad (12)$$

$$Q_{Radiasi} = hi \times A2 \times (T_2 - T_1) \quad (13)$$

## B. AFR Stokiometri

AFR stoikiometri adalah rasio massa udara yang diperlukan untuk membakar bahan bakar sepenuhnya, sehingga tidak ada sisa oksigen atau bahan bakar setelah pembakaran. Rasio ini berbeda untuk setiap bahan bakar tergantung pada komposisi kimia bahan bakar tersebut.

1. Perhitungan AFR Stokiometri [6]

$$AFR \text{ Stokiometri} = \frac{\text{Massa Udara yang Dibutuhkan}}{\text{Massa Bahan Bakar}} \quad (14)$$

$$\text{Total Oksigen} = \sum Mr O_2 \times \% \text{tiap komponen} \times \text{Kebutuhan mol } O_2 \quad (15)$$

$$\text{Massa Udara yang Dibutuhkan} = \text{Total Oksigen} \times 21\% \times Mr \text{ Udara} \quad (16)$$

2. Perhitungan AFR Aktual [6]

$$AFR \text{ Aktual} = \frac{\text{Laju Alir Massa Udara Pembakaran}}{\text{Laju Alir Massa Bahan Bakar}} \quad (17)$$

## C. Efisiensi Heater

Nilai efisiensi *heater* dapat dilihat dari hasil perbandingan antara jumlah energi yang dihasilkan dari proses pembakaran dengan total energi yang diserap oleh *feed*. Terdapat 2 cara dalam menentukan efisiensi berdasarkan sumber panas yang dihasilkan yaitu [4]:

1. *Net Efficiency*

*Net Efficiency* merupakan salah satu cara menghitung efisiensi *heater* dengan membandingkan antara total panas yang masuk dengan panas yang hilang selama proses di *heater*. Rumus efisiensi *heater* dengan menggunakan metode *Net Efficiency* [4]:

$$\eta = \frac{\text{Total Panas Masuk} - \text{Panas Hilang}}{\text{Total Panas Masuk Heater}} \times 100\% \quad (18)$$

## 2. Fuel Efficiency

*Fuel Efficiency* merupakan salah satu cara menghitung efisiensi *heater* dengan membandingkan antara panas masuk yang hanya dihasilkan dari panas pembakaran bahan bakar dengan panas yang diserap oleh *feed*. Rumus efisiensi *heater* dengan menggunakan metode *Fuel Efficiency* [4]:

$$\eta_f = \frac{\text{Panas yang diserap Feed}}{\text{Total Panas Fuel Masuk Heater}} \times 100\% \quad (19)$$

## D. Optimasi Heater

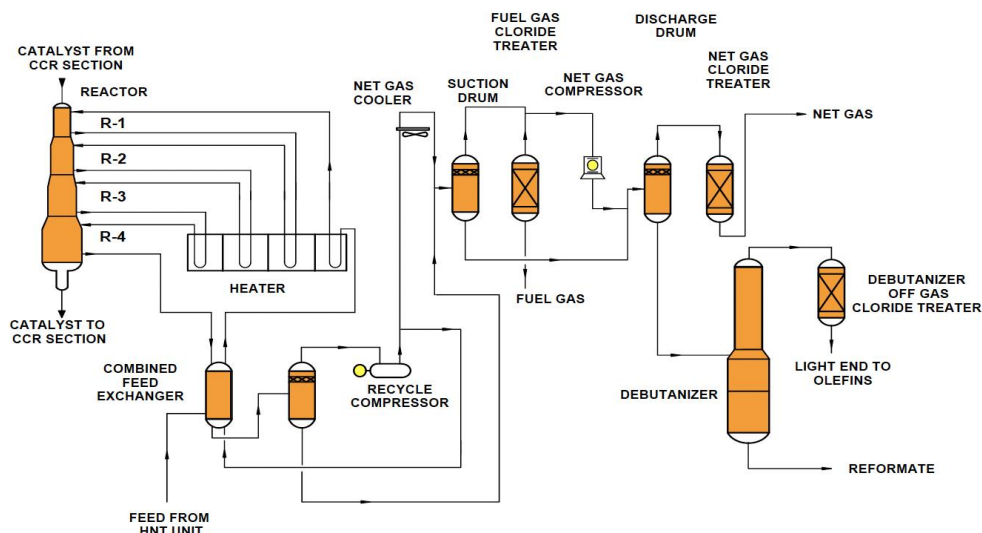
Pengoptimalan pada suatu peralatan sangat diperlukan untuk menjaga kualitas hasil dari suatu proses. *Heater* merupakan salah satu peralatan yang berperan penting sehingga perlu dilakukan pengoptimalan. Pengoptimalan penggunaan AFR pada *heater* dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi biaya operasional tetapi tidak mengganggu proses yang sedang berlangsung [8].

Metode yang dipakai adalah *Trial and Error* untuk menghitung kenaikan penggunaan AFR. Metode *Trial and Error* ini dilakukan dengan tujuan [8]:

1. Mendapatkan penggunaan bahan bakar yang paling optimum yang dapat diterapkan.
2. Efisiensi yang didapat diharapkan mencapai efisiensi maksimum.
3. Menghitung selisih biaya dari hasil pengoptimalan.

## 3. PEMBAHASAN

### A. Uraian Proses di Platforming Unit



Gambar 2. Diagram Proses Unit Platforming

Pada unit platforming proses yang dilakukan adalah mengubah *sweet naphtha* menjadi produk reformat yang memiliki angka oktan tinggi (>100). Proses diawali dengan *sweet naphtha feed* dari *stripper bottom* unit 202 akan dicampur dengan *recycle gas hydrogen* dan dipanaskan dengan reaktor *effluent* di dalam *Combined Feed Exchanger* (203-E-002). Setelah itu, feed akan dipanaskan lebih lanjut sampai tercapainya temperatur reaksi di dalam *Charge*

Heater (203-H-001) dan kemudian masuk ke reaktor pertama (203-R-001) untuk bereaksi dengan bantuan katalis R-364. Selanjutnya, dalam reaktor pertama terdapat terjadi *proses endothermic* yang berarti temperature dari reactor akan turun. Reaktor pertama dengan effluennya kemudian dipanaskan kembali pada *interheater* pertama (203-H-002 dan 203-H-007) sampai akhirnya mencapai temperatur reaksi dan dapat masuk ke reaktor kedua (203-R-002). Keluaran dari reaktor kedua selanjutnya dipanaskan lagi dalam *interheater* kedua (203-H-003 dan 203-H-004) untuk mencapai temperature reaksi yang diinginkan dan diteruskan hingga reaktor keempat.

Selanjutnya, keluaran dari reaktor keempat (203-R-004) didinginkan dengan penggunaan *Combined Feed Exchanger* dengan pertukaran panas dengan *feed*. Selanjutnya, dapat didinginkan lebih lanjut di dalam *product condenser* (203-E-003) dan masuk ke dalam separator (203-V-001). *Product separator gas* yang mengandung banyak hydrogen dikompresikan dengan *Recycle Compressor* (203-K-001-T) dan dicampur *fresh feed*. *Net gas* selanjutnya dikompresikan di dalam *net gas compressor* (203-K-002A/M-M) sehingga dapat di-*treat* dan keluar unit. *Unstabilized reformat* yang berasal dari *product separator*, *first stage suction drum*, *first stage discharge drum*, dan *second stage discharge drum* dipanaskan dalam *debutanizer feed exchanger* (203-E-010 A/B/C) sebelum akhirnya masuk ke dalam *debutanizer* (203-C-001) dan *overhead* akan dikondensasikan sehingga dapat ditampung pada *Debutanizer Receiver* (203-V-007). Lalu, sebagian *liquid* dapat dikembalikan ke *column*. *Vapor* yang tidak terkondensasi kemudian dikirim ke *fuel gas system*. *Stabilizer reformat* yang berasal dari *bottom debutanizer* sebagian akan masuk ke *reboiler heater* (203-H-005) untuk dipanaskan kembali dan masuk ke dalam kolom debutanizer. Sedangkan, sebagiannya lagi akan didinginkan dengan *Debutanizer Feed Exchanger* (203-010-A/B/C) dan selanjutnya dapat dikirimkan ke *Reformat Splitter* pada *Aromatic Fractionation Unit* (Unit 211). Sekitar 80% *Net Gas* dari platforming unit dikompresikan dan dikirim ke hidrogen *header* dan digunakan sebagai *make up hydrogen* untuk berbagai unit, seperti NHT, Isomar, dan Tatoray. Selain ini, sisa dari *net gas* akan terkirim ke *low pressure fuel gas header*.

## B. Data Desain dan Kondisi Operasi Heater

Tabel 1. Desain Spesifikasi *Reboiler Heater* 203-H-005

Parameter	Spesifikasi	Satuan
Nama Alat	<i>Debutanizer Reboiler Heater</i> (203-H-005)	-
Tipe	Silinder	-
Material	<i>Carbon Steel</i>	-
Tipe Draft	<i>Forced Draft</i>	-
Susunan <i>tube/coil</i>	<i>Vertical (welded U)</i>	-
<i>Inlet Pressure</i>	Max. 17	Kg/cm <sup>2</sup> G
<i>Outlet Pressure</i>	10-15	Kg/cm <sup>2</sup> G
<i>Inlet Temperature</i>	Max. 235	°C
<i>Outlet Temperature</i>	Max. 250	°C
<i>Num. of Burner</i>	4	-

Parameter	Spesifikasi	Satuan
Lokasi Burner	<i>Bottom</i>	-
<i>Max. Duty per Burner</i>	3.070.000	Kcal/h
<i>Heat Absorbed Design</i>	9.190.000	Kcal/h
<i>Fuel Efficiency</i>	90,4	%

Data desain pada Tabel 1 merupakan data yang akan digunakan sebagai batasan-batasan saat melakukan optimasi *heater*. Dari data ini, penulis dapat membandingkan hasil kondisi operasi sebelum dan sesudah dilakukan optimasi, terutama pada parameter *fuel efficiency*. Sedangkan data kondisi operasi *heater* pada Tabel 2 merupakan data aktual kondisi operasi *reboiler heater* 203-H-005. Data ini akan digunakan sebagai basis perhitungan untuk menghitung nilai efisiensi dari *heater*.

**Tabel 2. Data Kondisi Operasi Reboiler Heater 203-H-005**

Parameter	Rata – rata (Aktual)	Desain	Satuan
<i>Flow Feed</i>	200.000,21	max. 232541	kg/jam
<i>Temperature Inlet</i>	202,69	max. 235	°C
<i>Temperature Outlet</i>	220,46	max. 250	°C
<i>Tekanan Inlet</i>	14,00	-	kg/cm <sup>2</sup> G
<i>Tekanan Outlet</i>	14,00	max. 17	kg/cm <sup>2</sup> G
<i>AFR Actual</i>	22,65	-	-
<i>O<sub>2</sub> Excess</i>	4,76	max. 15	%
RH	76,00	-	%
SG 60/60	0,82	-	-
API	40,05	-	-
<i>Stack Temperature</i>	270,84	-	°C

### C. Data Analisa Fuel Gas

**Tabel 3. Data Komposisi Fuel Gas**

Parameter	Nilai	Satuan
<i>Flow Fuel Gas</i>	441,58	kg/jam
<i>T fuel gas</i>	41,96	°C
<i>T basis</i>	60	°C
<b>Komponen Fuel Gas</b>		
<i>Methane (CH<sub>4</sub>)</i>	1,270	%
<i>Ethane (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)</i>	2,300	%
<i>Propylene (C<sub>3</sub>=)</i>	0,020	%
<i>Propane (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>)</i>	3,790	%
<i>Iso Buthane (iC<sub>4</sub>)</i>	1,950	%
<i>N-Buthane</i>	1,990	%
<i>1 - C<sub>4</sub>"</i>	0,010	%
<i>2 - C<sub>4</sub>" trans</i>	0,010	%
<i>2 - C<sub>4</sub>" Cis</i>	0,020	%
<i>Butadiene (1,3 C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>)</i>	0,010	%
<i>i-Butylene (iso-C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>)</i>	0,040	%
<i>Iso Penthane</i>	1,100	%
<i>n-Pentane (C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>)</i>	0,580	%
<i>Hexane Plus</i>	3,940	%
<i>Oxigen (O<sub>2</sub>)</i>	0,420	%

Hydrogen ( $H_2$ )	80,900	%
Nitrogen ( $N_2$ )	1,650	%
<b>Total</b>	<b>100,000</b>	<b>%</b>

Data pada Tabel 3 merupakan data komposisi *fuel gas* yang akan digunakan untuk menghitung panas sensibel dan panas pembakaran *fuel gas* yang masuk ke *reboiler heater* 203-H-005. Pada perhitungan mencari panas pembakaran juga perlu mengetahui nilai LHV setiap komponen *fuel gas*. Selain itu, data ini juga digunakan untuk mencari nilai AFR Stokiometri.

#### D. Hasil Evaluasi Heater

Dari data pada Tabel 2 dan 3, dapat dihitung nilai efisiensi dengan menghitung panas masuk dan panas keluar menggunakan persamaan (1) hingga (19). Maka, nilai hasil dari perhitungan dapat dilihat dibawah ini.

**Tabel 4. Total Panas Masuk dan Keluar Heater**

No	Jenis Panas	Jumlah panas	
		Masuk	Keluar
1	Panas Sensibel <i>Fuel Gas</i>	37.919,23	
2	Panas Pembakaran <i>Fuel Gas</i>	21.991.035,94	
3	Panas Sensibel Udara Pembakaran	812.368,37	
4	Panas Sensibel Uap Air	3.696,62	
5	Panas yang diserap <i>Feed</i>		19.113.215,90
6	Panas Hilang yang terbawa <i>Flue Gas</i>		1.901.030,40
7	Panas Hilang melalui Dinding <i>Fired Heater</i>		670.778,39
8	Panas Hilang tidak Teridentifikasi		1.159.995,48
<b>Total</b>		<b>22.845.020,16</b>	<b>22.845.020,16</b>

Setelah mengetahui total panas masuk dan keluar *heater*, maka efisiensi *Reboiler Heater* 203-H-005 dapat dihitung menggunakan metode *Net Efficiency* dan *Fuel Efficiency* dengan persamaan (18) dan (19).

#### Metode *Net Efficiency*

$$\eta = \frac{22.845.020,16 - (1.901.030,40 + 670.778,39 + 1.159.995,48)}{22.845.020,16} \times 100\% = 83,66\%$$

#### Metode *Fuel Efficiency*

$$\eta_f = \frac{19.113.215,90}{21.991.035,94} \times 100\% = 86,91\%$$

#### E. Hasil Optimasi Heater

Dalam tahap optimasi, langkah pertama yang harus dilakukan yaitu menghitung efisiensi *reboiler heater* menggunakan kondisi dengan variabel nilai AFR Aktual dan laju alir *fuel gas* yang berbeda-beda. Dengan menggunakan metode perhitungan yang sama seperti pada perhitungan efisiensi variabel pertama. Maka didapat hasil perhitungan efisiensi seperti Tabel 5 berikut:



Tabel 5 Hasil Efisiensi Heater per Variabel

Variabel	Flow Fuel Gas (kg/jam)	Massa Udara Aktual (kg/jam)	Air to Fuel Ratio (AFR)	Net Efficiency (%)	Fuel Efficiency (%)
1	441,58	10000,00	22,65	83,61	86,91
2	447,19	10000,00	22,36	82,56	85,82
3	448,10	10000,00	22,32	82,40	85,65
4	446,18	10000,00	22,41	82,81	86,02
5	459,53	10000,00	21,76	80,40	83,52
6	449,36	10000,00	22,25	82,22	85,41
7	453,97	10000,00	22,03	81,40	84,54
8	472,09	10000,00	21,18	78,27	81,30
9	482,47	10000,00	20,73	76,58	79,55
10	468,55	10000,00	21,34	78,85	81,91
11	459,70	10000,00	21,75	80,37	83,49
12	467,03	10000,00	21,41	79,11	82,18
13	461,01	10000,00	21,69	80,15	83,25
14	483,08	10000,00	20,70	76,49	79,45
15	474,62	10000,00	21,07	77,85	80,86
16	481,73	10000,00	20,76	76,70	79,67
17	469,10	10000,00	21,32	78,77	81,82
18	488,32	10000,00	20,48	75,67	78,59
19	486,62	10000,00	20,55	75,93	78,87
20	489,23	10000,00	20,44	75,52	78,45
21	484,09	10000,00	20,66	76,32	79,28
22	485,50	10000,00	20,60	76,10	79,05
23	487,14	10000,00	20,53	75,84	78,79
24	485,69	10000,00	20,59	76,07	79,02
25	487,69	10000,00	20,50	75,76	78,70
26	483,92	10000,00	20,66	76,35	79,31
27	471,88	10000,00	21,19	78,29	81,33
28	481,93	10000,00	20,75	76,66	79,64
29	473,56	10000,00	21,12	78,02	81,04
30	469,42	10000,00	21,30	78,70	81,76
31	480,11	10000,00	20,83	76,95	79,94

Berdasarkan Tabel 5 menunjukkan bahwa nilai efisiensi heater menurun ketika *flow fuel gas* naik dan nilai AFR aktual turun. Selain itu, nilai *fuel efficiency* yang didapat belum menyampai dengan minimal desain *fuel efficiency* sebesar 90,4%. Nilai *fuel efficiency* paling besar yang didapat yaitu pada variable 1 sebesar 86,91%. Hal ini disebabkan nilai AFR aktual masih dibawah nilai AFR Stokiometri sebesar 23,77 yang dihitung menggunakan persamaan (14) hingga (17). Akibat dari AFR Aktual yang lebih rendah dari AFR Stokiometri ialah proses pembakaran di dalam heater tidak sempurna sehingga menghasilkan banyak *flue gas* (gas buang) yang mengakibatkan efisiensi heater rendah. Maka dari itu, penulis akan melakukan optimasi menggunakan metode *trial and error* menaikkan nilai AFR Aktual dengan cara pengurangan laju alir *fuel gas*. Berikut hasil optimasi dengan menaikkan nilai AFR sebesar 0,15% per trial dan total trial sebanyak 35 kali.

**Tabel 6. Hasil Optimasi Heater dengan Metode Trial and Error nilai AFR Aktual**

<i>Trial</i>	<b>Kenaikkan AFR (%)</b>	<b>AFR Aktual</b>	<i>Fuel Gas (kg/jam)</i>	<i>Flue Gas (lb/jam)</i>	<i>Net Efficiency (%)</i>	<i>Fuel Efficiency (%)</i>
0	0,00	22,65	441,58	16052,87	83,66	86,91
1	0,15	22,68	440,92	16028,83	83,79	87,04
2	0,30	22,71	440,26	16004,86	83,92	87,17
3	0,45	22,75	439,60	15980,97	84,04	87,30
4	0,60	22,78	438,95	15957,14	84,17	87,44
5	0,75	22,82	438,29	15933,39	84,29	87,57
6	0,90	22,85	437,64	15909,70	84,42	87,70
7	1,05	22,88	436,99	15886,09	84,54	87,83
8	1,20	22,92	436,34	15862,55	84,67	87,96
9	1,35	22,95	435,70	15839,07	84,79	88,09
10	1,50	22,99	435,05	15815,67	84,92	88,22
11	1,65	23,02	434,41	15792,34	85,05	88,35
12	1,80	23,05	433,77	15769,07	85,17	88,48
13	1,95	23,09	433,13	15745,87	85,30	88,61
14	2,10	23,12	432,50	15722,74	85,42	88,74
15	2,25	23,16	431,86	15699,68	85,55	88,87
16	2,40	23,19	431,23	15676,69	85,67	89,00
17	2,55	23,22	430,60	15653,76	85,80	89,13
18	2,70	23,26	429,97	15630,90	85,92	89,26
19	2,85	23,29	429,34	15608,11	86,05	89,39
20	3,00	23,33	428,72	15585,38	86,17	89,52
21	3,15	23,36	428,09	15562,72	86,30	89,65
22	3,30	23,39	427,47	15540,13	86,43	89,78
23	3,45	23,43	426,85	15517,60	86,55	89,91
24	3,60	23,46	426,23	15495,13	86,68	90,04
25	3,75	23,50	425,62	15472,73	86,80	90,17
26	3,90	23,53	425,00	15450,40	86,93	90,30
27	4,05	23,56	424,39	15428,13	87,05	90,43
28	4,20	23,60	423,78	15405,92	87,18	90,56
29	4,35	23,63	423,17	15383,78	87,30	90,69
30	4,50	23,67	422,56	15361,70	87,43	90,82
31	4,65	23,70	421,96	15339,69	87,56	90,96
32	4,80	23,73	421,35	15317,74	87,68	91,09
33	4,95	23,77	420,75	15295,85	87,81	91,22
34	5,10	23,80	420,15	15274,02	87,93	91,35
35	5,25	23,83	419,55	15252,26	88,06	91,48

Dari Tabel 6, pada trial 33 menunjukkan kondisi paling optimal dengan batasan nilai AFR Aktual sudah sesuai dengan nilai AFR Stokiometri, serta jika lebih dari nilai AFR Stokiometri akan menyebabkan terlalu banyak oksigen yang ada dalam *heater* dan dapat mengakibatkan nyala api yang dihasilkan tidak stabil bahkan bisa terjadi *flameout* atau pemadaman api. Selain itu, nilai *fuel efficiency* yang didapat telah sesuai dengan minimal desainnya. Penggunaan *fuel gas* sebagai bahan bakar juga berkurang sebesar 4,95% sehingga menjadi 420 kg/jam. Dengan AFR Aktual yang sama dengan AFR Stokiometri menyebabkan *flue gas* yang dihasilkan menurun hingga sebesar 15.295,85 lb/jam. Hal ini dapat mengurangi emisi karbon yang dibuang ke atmosfer sehingga pengoperasian *heater* lebih optimal dan bersih.

## F. Analisa Ekonomi

Dari hasil perhitungan optimasi pada Tabel 6, dapat dilakukan perhitungan biaya penggunaan *fuel gas* untuk melihat profit yang dapat dihasilkan. Penggunaan *fuel gas* pada *Reboiler Heater* 203-H-005 dapat dihitung dengan memperhatikan harga jual *fuel gas* dengan komposisi dominan *hydrogen* sebesar 5 USD/kg (sumber: BRIN). Kurs rupiah yang digunakan pada tanggal 12 Agustus 2024 adalah Rp. 15.948,00/USD (sumber: Kursdolar). Tabel 7 berikut adalah perhitungan biaya konsumsi *fuel gas* pada *Reboiler Heater* 203-H-005.

**Tabel 7. Perhitungan Ekonomi Profit Penggunaan *Fuel Gas***

Parameter	Sebelum	Sesudah
Fuel Gas (kg/jam)	441,58	420,75
Fuel Gas (kg/tahun)	2808445,27	2675984,06
Biaya (Rp/tahun)	308.453.133.989,30	293.904.844.201,34
Selisih (Rp/tahun)	14.548.289.787,97	
Kenaikkan Profit	4,7%	

Berdasarkan Tabel 7, biaya untuk penggunaan *fuel gas* berkurang setelah dilakukan optimasi *heater*. Hal ini menyebabkan kenaikan profit Perusahaan sebesar 4,7% atau setara dengan Rp. 14.548.289.787,97/tahun. Dengan penghematan biaya tersebut, Perusahaan dapat mengalokasikan dana tersebut untuk keperluan lain atau meningkatkan efisiensi dan investasi di tempat lain.

## 4. Simpulan

Dari hasil penelitian dan pengamatan pada *Reboiler Heater* 203-H-005, diperoleh beberapa hasil yang dapat disimpulkan yaitu evaluasi efisiensi heater selama 1 bulan pada bulan Juli 2024 menunjukkan kinerja yang belum stabil dan masih dibawah dari desain yang ada. Efisiensi yang dihasilkan berkisar antara 76-84% untuk *net efficiency* sedangkan untuk *fuel efficiency* berkisar antara 78-87%. Pada penelitian ini juga berhasil menaikkan efisiensi *heater* dengan cara menaikkan nilai AFR Aktual hingga sebesar 23,77 yang menghasilkan *fuel efficiency* sebesar 91,22% dan mengurangi jumlah emisi *flue gas* yang dibuang ke atmosfer dari 16.052,87 lb/jam menjadi 15.295,85 lb/jam. Dari hasil optimasi, menyebabkan pemakaian *fuel gas* berkurang hingga sebesar 4,95% menjadi 420,75 kg/jam. Hal ini menyebabkan profit dari Perusahaan akan meningkat sebesar 4,7% atau Rp 14.548.289.787,97/tahun.

## 5. Daftar Pustaka

- [1] D. Q. Kern. (1950). "Process Heat Transfer". International Edition, Mc Graw Hill Book Company, New York
- [2] M. Geerdes, R. Chaigneau, and O. Lingiard, "Modern blast furnace ironmaking: an introduction" (2020). books.google.com, 2020.
- [3] Turns, S. R. (2012). "An Introduction to Combustion: Concepts and Applications". McGraw-Hill.
- [4] A. P. I. Standard, "560: Fired Heaters for General Refinery Services," American Petroleum Institute. 2001.

- [5] W. L. Nelson, "Petroleum Refinery Engineering McGraw-Hill," New York, 1st Ed. 4th Impression. 1936.
- [6] Stone, R. (1999). "Introduction to Internal Combustion Engines". Palgrave Macmillan
- [7] N. P. Connolly, "Safe Operation of Fired Heaters," BP Oil International, British. 1974.
- [8] Kardjono. 2004. Pengelolaan Energi & Added Value. Pusdiklat Migas. Blora.
- [9] Boyce, M. P. (2011). "Gas Turbine Engineering Handbook". Elsevier.
- [10] M. Pamungkas, Evaluasi Efisiensi Furnace 03 Pada Unit Kilang Di Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak Dan Gas Bumi Cepu Jawa Tengah Laporan Praktik Kerja .... sipora.polije.ac.id, 2020.
- [11] Dwi Putera, Radita. 2019. Evaluasi Kinerja Furnace @1F-2 High Vacuum Unit (Unit 21) Area Lube Oil Complex I (LOC I) PT. PERTAMINA (PERSERO) REFINERY UNIT IV CILACAP

#### Daftar Simbol

$\eta$	= Net efficiency
$\eta_f$	= Fuel efficiency
Cp	= Kalor jenis zat
Q	= Aliran kalor
LHV	= Lower Heating Value
H	= Entalpi
m	= Aliran massa
SG 60/60	= Specific gravity pada suhu 60 °F
T	= Temperatur
P	= Tekanan
RH	= Relative Humidity
M <sub>A</sub>	= Jumlah uap air pada udara pembakaran
W <sub>A</sub>	= Kebutuhan udara sebenarnya
Mr	= Berat Molekul
$\epsilon$	= Emisivitas dinding heater
$\sigma$	= Konstanta Stefan-Boltzmann ( $1,984 \times 10^{-7}$ BTU/h/ft <sup>2</sup> .°F <sup>4</sup> )
A	= Luas dinding heater
hi	= Transfer panas