

UPAYA PENINGKATAN EFISIENSI STRIPPER REBOILER HEATER 202-H-002 MELALUI PENGURANGAN KONSUMSI FUEL GAS DI UNIT NHT PT XYZ

Ghafar Hamid Abdillah^{1*}, Pusparatu¹

¹Teknik Pengolahan Minyak dan Gas, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Jl. Gajah Mada No.38, Cepu, Jawa Tengah 58311

*E-mail : ghafarhamida@gmail.com

ABSTRAK

Penggunaan fuel atau bahan bakar pada pengoperasian sebuah alat proses terutama furnace diperlukan pertimbangan terlebih lagi dalam segi keekonomiannya. Unit NHT merupakan sebuah unit pada PT XYZ yang berfokus pada pemurnian dari heavy naphtha menjadi naphtha yang terbebas dari kontaminan atau disebut *sweet naphtha*. *Stripper Reboiler Heater* 202-H-002 merupakan alat yang digunakan untuk pemanasan ulang produk bawah dari kolom stripper pada unit NHT. Berdasarkan data operasi alat pada rentang bulan Juli 2024 didapatkan efisiensi aktual dari *Stripper Reboiler Heater* 202-H-002 sebesar 78,01% dengan *flow rate fuel* gas sebesar 530,41 kg/h. Maka dilakukanlah optimasi untuk menaikkan efisiensi alat dengan menurunkan konsumsi fuel gas sehingga mampu menghemat biaya operasi alat. Didapatkan nilai optimal konsumsi fuel gas sebesar 489,97 kg/h dimana nilai itu turun sebesar 7,7% dari konsumsi fuel gas awal dengan ini juga menaikkan efisiensi termal dari *furnace* menjadi 84,52%. Konsumsi fuel gas yang turun maka dalam segi ekonomi juga mengalami penghematan biaya operasi alat, maka dari itu berdasarkan tinjauan ekonomi penurunan konsumsi fuel gas ini berhasil menghemat sejumlah Rp. 32.675.738.113/tahun.

Kata kunci : *Fuel, Furnace, Optimasi, Keekonomian*

1. PENDAHULUAN

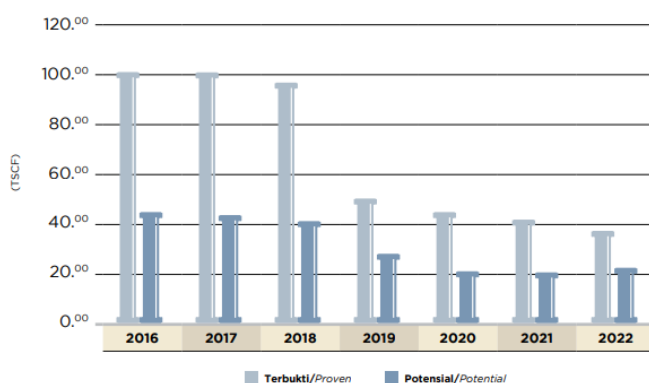
PT XYZ merupakan sebuah perusahaan industri yang berfokus pada pengolahan bahan petrokimia. Produk – produk petrokimia hasil olahan PT XYZ ini berupa, *paraxylene, orthoxylene, heavy aromatic*, dan produk unggulannya benzene. Selain, produk petrokimia PT XYZ juga memproduksi produk – produk mogas seperti, premium, pertamax, *gas oil, light naphtha*, LPG, dan PTCF (*Petrochemical, Thermal, Cracked, Feed*). Unit NHT atau *Naphtha Hydrotreating Unit* merupakan unit operasional pada proses produksi di PT XYZ yang memanfaatkan *heavy naphtha* sebagai umpan untuk dilakukan proses pemurnian yang bertujuan untuk mengurangi kandungan sulfur, nitrogen, serta kontaminan lain dan menghasilkan produk berupa *sweet naphtha* [1]. Dalam prosesnya pada unit NHT ini ditambahkan senyawa lain berupa hidrogen dan katalis untuk membantu proses pengurangan kontaminan pada *heavy naphtha* [1]. Produk yang dihasilkan pada unit ini berupa *fuel gas* dan *sweet naphtha* yang akan dijadikan *feed* pada unit lain.

Furnace adalah sebuah alat yang dapat digunakan dalam penyediaan pemanasan, pengolahan, dan penguapan suatu cairan yang mampu memanaskan cairan pada suhu setinggi 1500 °F [2]. *Stripper Reboiler Heater* (202-H-002) merupakan alat berupa *furnace* atau *heater* yang digunakan untuk melakukan pemanasan kembali sebagian produk bawah hasil kolom *stripper*. Alat ini dalam prosesnya memiliki peran yang sangat penting dalam mengatur dan menjaga kemurnian dari produk bawah kolom *stripper*. Suatu proses pemisahan tidak akan terjadi secara optimal jika kebutuhan panas yang

diperlukan tidak mampu dicapai sehingga fraksi yang lebih ringan tidak akan teruapkan menjadi produk atas kolom [3].

Furnace dalam penggunaannya pada industri harus memiliki proses pembakaran yang sempurna dengan nilai *excess air* yang kecil [4]. Panas pembakaran yang sempurna ini pula yang akan menentukan sebuah *furnace* tersebut mengeluarkan jumlah gas buang yang sedikit dan terbebas dari komponen berbahaya yang merusak lingkungan sekitar. Selain itu *furnace* yang memiliki efisiensi kerja yang optimal dapat diartikan sebagai *furnace* yang dalam prosesnya untuk memanaskan sebuah cairan atau fluida minim penggunaan bahan bakar tetapi mampu memberikan beban panas yang sangat besar. Menurut Donald Q. Kern efisiensi sebuah *furnace* pada sebuah industri kilang dimasa depan akan berada pada nilai range 75% hingga 80% [2]. Untuk dapat mengetahui nilai efisiensi alat *furnace* dibutuhkan metode perhitungan yang akan menentukan efisiensi aktual dari *furnace* tersebut berdasarkan jumlah volume kebutuhan bahan bakar yang digunakan karena jika sebuah *furnace* menggunakan terlalu banyak bahan bakar dapat menyebabkan pemborosan biaya operasi dan menurunkan efisiensi termal dari *furnace* tersebut [5].

Penggunaan bahan bakar yang berlebihan harus dihindari karena hanya akan menimbulkan dampak pemborosan sumber energi. Berdasarkan data pada Statistik Minyak dan Gas Bumi Tahun 2022 oleh Dirjen Minyak dan Gas Bumi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, cadangan gas bumi dalam negeri semakin tahun semakin menurun [6]. Pada gambar 1 ditunjukkan bahwa cadangan gas bumi Indonesia memiliki nilai terendah pada 2022 dan bukan tidak mungkin pada tahun tahun selanjutnya cadangan gas bumi Indonesia akan semakin berkurang. Selain itu, *Stripper Reboiler Heater* (202-H-002) milik PT XYZ yang merupakan alat berbasis bahan bakar gas sebagai sumber bahan bakarnya yang pastinya memiliki pengaruh pada biaya operasi PT XYZ. Hal inilah yang melatarbelakangi penulis untuk melakukan penelitian dan riset dalam pengupayaan peningkatan efisiensi *Stripper Reboiler Heater* (202-H-002) melalui pengurangan konsumsi bahan bakar gas di unit NHT PT XYZ yang diharapkan mampu mengurangi biaya operasi dan sekaligus meningkatkan efisiensi kinerja alat tersebut.



Gambar 1. Data Statistik Cadangan Gas Bumi[6]

A. *Furnace*

Tungku adalah sebuah peralatan untuk pemanasan perumahan dan industri. Untuk aplikasi pemanas industri besar, beberapa jenis tungku tersedia, termasuk kiln untuk industri semen, *blast furnace* untuk industri logam, dan *electric arc furnace* untuk pembuatan baja [7]. *Furnace* atau juga disebut tungku merupakan alat industri hidrokarbon dan petrokimia yang mempunyai ruang pembakaran dengan dilengkapi satu atau bahkan lebih *burner* untuk memanaskan fluida yang akan diproses lebih lanjut. Panas

yang dihasilkan pada tungku selama terjadi proses pembakaran akan diserap oleh fluida yang dialirkan melalui pipa *tube* tungku. Hal ini dilakukan untuk tujuan dicapainya temperatur operasi untuk proses selanjutnya. Pada tungku juga dilengkapi bagian konveksi dan radiasi yang merupakan bagian krusial selama proses pemanasan terjadi [8].

B. Efisiensi Furnace

Efisiensi *furnace* merupakan salah satu parameter penilaian mengenai kelayakan dari sebuah *furnace* itu sendiri. Terdapat 2 metode dalam menentukan efisiensi dari sebuah *furnace* [9].

- Metode *Heat Loss*

$$\eta = \frac{\sum Q_{in} - \sum Q_{out}}{\sum Q_{in}} \times 100 \% \dots\dots\dots (1)$$

- Metode *Heat Absorbed*

$$\eta = \frac{\sum Q_{absorb}}{\sum Q_{in}} \times 100 \% \dots\dots\dots (2)$$

C. Perhitungan Panas Masuk

- Panas Pembakaran *Fuel Gas*
 Data *Lower Heating Value* (LHV) didapatkan dari tabel 9-18. *Combustion Constants* dan dihitung dengan menggunakan rumus.

$$Q_1 = \sum_{i=1}^n LHV \dots\dots\dots (3)$$

- Panas Sensibel *Fuel Gas*
 Panas sensibel *fuel gas* dapat dihitung dengan rumus.

$$Q_2 = (m_{fuel\ gas} \times \% \text{ berat komponen}) \times Cp_{average} \times \Delta T \dots\dots\dots (4)$$

- Panas Sensibel Udara Pembakaran
 Panas sensibel udara pembakaran dapat dihitung dengan rumus [2].

$$Q_3 = W_A \times Cp_{Average} \times \Delta T \dots\dots\dots (5)$$

Selanjutnya untuk menghitung kebutuhan udara secara teoritis dapat menggunakan rumus.

$$W_o = \frac{8}{3}C + 8H + S \dots\dots\dots (6)$$

$$W_a = \frac{100}{23} \times W_o \dots\dots\dots (7)$$

$$W_A = \left(1 + \frac{X}{100}\right) \times W_a \dots\dots\dots (8)$$

- Panas Sensibel Uap Air
 Panas sensibel uap air dapat dihitung dengan rumus [9].

$$M_a = \frac{P_{uap\ air}}{P_{standart}} \times \frac{RH}{100} \times \frac{BM_{air}}{BM_{udara}} \dots\dots\dots (9)$$

$$Q_4 = M_A \times Cp_{Average} \times \Delta T \dots\dots\dots (10)$$

D. Perhitungan Panas Keluar

- Panas Hilang Terbawa *Flue Gas*
 Pertama kali dilakukan dengan mencari massa dari *flue gas*.

$$W_{fg} = \frac{11}{3}C + 2S + 0.77W_A + (0.0023 \times X \times W_A) + H_2O + (W_A \times M_A) \dots\dots\dots (11)$$

$$W_{FG} = m_{fuel\ total} \times W_{fg} \dots\dots\dots (12)$$

Kemudian mencari berat dari kandungan tiap – tiap komponen dari *flue gas*.

$$CO_2 = \frac{11}{3}C \times \left(\frac{W_{FG}}{W_{fg}}\right) \dots\dots\dots (13)$$

$$H_2O = (9H_2 + H_2O + (W_A \times M_A)) \times \left(\frac{W_{FG}}{W_{fg}}\right) \dots\dots\dots (14)$$

$$SO_2 = 2S \times \left(\frac{W_{FG}}{W_{fg}}\right) \dots\dots\dots (15)$$

$$N_2 = 0.77W_A \times \left(\frac{W_{FG}}{W_{fg}}\right) \dots\dots\dots (16)$$

$$O_2 = 0.0023 \times X \times W_A \times \left(\frac{W_{FG}}{W_{fg}}\right) \dots\dots\dots (17)$$

Panas hilang terbawa oleh *flue gas* dihitung dengan rumus [2].

$$Q_5 = \sum m \times C_{p_{average}} \times \Delta T \dots\dots\dots (18)$$

- Panas Hilang Melalui Dinding *Furnace*

Panas hilang melalui dinding *furnace* dapat dihitung dengan rumus.

$$Q_{konveksi} = h \times A \times (T_2 - T_1) \dots\dots\dots (19)$$

$$Q_{radiasi} = \varepsilon \times \sigma \times A \times (T_2^4 - T_1^4) \dots\dots\dots (20)$$

$$Q_6 = Q_{konveksi} + Q_{radiasi} \dots\dots\dots (21)$$

- Panas yang Diserap *Feed*

Nilai panas yang diserap *feed* dapat dihitung dengan rumus.

$$Q_a = m_{feed} \times H_a \dots\dots\dots (22)$$

$$Q_b = Q_{b \text{ vapor}} + Q_{b \text{ liquid}} \dots\dots\dots (23)$$

$$Q_{b \text{ vapor}} = m_{b \text{ vapor}} \times H_{b \text{ vapor}} \dots\dots\dots (24)$$

$$Q_{b \text{ liquid}} = m_{b \text{ liquid}} \times H_{b \text{ liquid}} \dots\dots\dots (25)$$

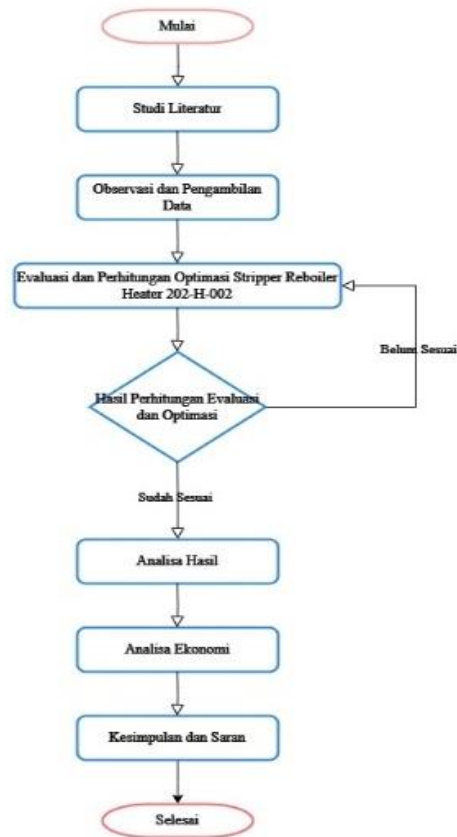
$$Q_{absorbed} = Q_7 = Q_b - Q_a \dots\dots\dots (26)$$

2. METODE

Metode penelitian memiliki tujuan untuk memperoleh data dan hasil suatu penelitian. Metode penelitian dapat meliputi, variabel penelitian, metode kerja, dan metode analisis. Variabel penelitian juga dapat dibagi lagi menjadi variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas merupakan suatu variabel yang nilainya dapat diubah dan akan mempengaruhi nilai dari variabel terikat suatu penelitian. Variabel bebas pada penelitian ini adalah nilai dari *mass flow rate fuel gas*, sedangkan variabel terikat penelitian ini meliputi, total panas masuk *furnace*, % efisiensi *furnace*, dan nilai ekonomi setelah optimasi.

Metode kerja yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2., yang berisikan tahapan dimulainya penelitian hingga mendapatkan hasil penelitian pada akhirnya. Pada tahap awal penelitian akan dilakukan studi literatur dan observasi untuk memperoleh data penelitian. Selanjutnya setelah data diperoleh dilakukan tahapan pelaksanaan dimana dengan bantuan *software Microsoft Excel* dilakukan perhitungan evaluasi dan optimasi proses dan ekonomi dan penelitian diakhiri dengan membandingkan nilai awal sebelum dan sesudah optimasi dilakukan.

Optimasi merupakan salah satu langkah yang dilakukan untuk mencari dan mendapatkan titik optimal dimana sebuah alat dapat melakukan kinerjanya secara maksimal dengan mengubah nilai suatu variabel bebas dengan melakukan metode *trial and error* [10]. Optimasi *Stripper Reboiler Heater 202-H-002* dilakukan dengan membandingkan data operasi secara aktual dan data perhitungan optimasi dengan melihat peningkatan % efisiensi alat tersebut. Optimasi juga dilakukan untuk mendapatkan nilai keekonomian dengan membandingkan biaya operasi awal dan biaya operasi alat setelah dilakukan optimasi.



Gambar 2. Metode Kerja Penelitian

3. PEMBAHASAN

Perhitungan optimasi merupakan upaya untuk meningkatkan efisiensi kinerja *Stripper Reboiler Heater 202-H-002* dan dilakukan untuk mendapatkan kinerja paling optimal dalam memanaskan *feed* dengan efisiensi termal yang tinggi dan memiliki biaya operasi yang ekonomis. Hal pertama dalam melakukan optimasi adalah mencari nilai efisiensi aktual *Stripper Reboiler Heater 202-H-002* dan dalam menghitungnya dibutuhkan data sebagai berikut. Tabel 1. menunjukkan tabel spesifikasi dari alat *Stripper Reboiler Heater 202-H-002* sebagai batasan kondisi operasi alat dan acuan perhitungan optimasi.

Tabel 1. Spesifikasi *Stripper Reboiler Heater 202-H-002*

Parameter	Spesifikasi	Satuan
Nama Alat	<i>Stripper Reboiler Heater 202-H-002</i>	-
Tipe	<i>Cylindrical</i>	-
Material	<i>Carbon Steel</i>	-
Tipe Draft	<i>Forced Draft</i>	-
Susunan <i>tube/coil</i>	<i>Welded U</i>	-
<i>Inlet Pressure</i>	Max 14.5	Kg/cm ² G
<i>Outlet Pressure</i>	8.99	Kg/cm ² G
<i>Inlet Temperature</i>	220	°C
<i>Outlet Temperature</i>	226	°C
<i>Num. of Burner</i>	4	-

Lokasi Burner	Bottom	-
Max. Duty per Burner	3.04×10^6	Kcal/hr
Heat Absorbed Design	11.97×10^6	Kcal/hr
Efficiency	90.9	%

Tabel 2. Kondisi Operasi Stripper Reboiler Heater 202-H-002

Parameter	Data Aktual	Satuan
Flow Fuel Gas	530,41	Kg/h
	1169,347	Lb/h
Temperatur Fuel Gas	42	°C
	107,527	°F
Temperatur Feed Masuk	201,46	°C
	394,634	°F
Temperatur Feed Keluar	213,65	°C
	416,571	°F
Temperatur Stack	121,21	°C
	250,175	°F

Tabel 2., menunjukkan kondisi operasi *Stripper Reboiler Heater 202-H-002* secara aktual pada rentang bulan Juli 2024 juga data aktual ini digunakan untuk melakukan perhitungan panas sensibel *fuel gas* dan panas pembakaran *fuel gas*. Tabel 3., menunjukkan kondisi *feed* pada alat dan digunakan untuk melakukan perhitungan distilasi EFV dengan menggunakan *Edmister Method* [11] dan panas yang diserap oleh *feed*. Tabel 4., berisi mengenai kondisi operasi udara pembakaran pada *Stripper Reboiler Heater 202-H-002* yang digunakan untuk menghitung nilai panas sensibel udara pembakaran.

Tabel 3. Kondisi Feed Stripper Reboiler Heater 202-H-002

Parameter	Nilai	Satuan
Flow Feed	356934,8	Kg/h
	786906,4378	Lb/h
Temperatur Feed Masuk	201,46	°C
	394,634	°F
Temperature Feed Keluar	212,68	°C
	414,829	°F
Tekanan Inlet	13	Kg/cm ²
	9562,27	mmHg
Tekanan Outlet	13	Kg/cm ²
	9562,27	mmHg
% Volume Recovery Distilasi ASTM D 86		
IBP	76,06	°C
10 %	90,72	°C
30 %	98,87	°C
50 %	110,4	°C
70 %	126,23	°C
90 %	150,84	°C
FBP	174,47	°C

Tabel 4. Kondisi Operasi Udara Pembakaran Stripper Reboiler Heater 202-H-002

Parameter	Rata-Rata (Aktual)	Satuan
Inlet Temp.	32	°C
Outlet Temp.	121.21	°C

<i>Excess Air</i>	5,7	%
<i>Flow Rate</i>	12319.69	kg/h

Tabel 5. Komposisi *Fuel Gas*

Komponen	Aktual, %mol
H2 (Hidrogen)	79.33
CO2	0.01
C2H4 (Etilen)	0.00
C2H6 (Etana)	4.50
H2S	0.00
O2	0.64
N2	2.50
CH4 (Metana)	1.94
CO	0.00
C3H6 (Propilen)	0.03
C3H8 (Propane)	3.54
C3H4 (Propadien)	0.00
C6 ⁺ Site	3.52
1,3, C4H6 (Butadien)	0.02
Iso-C4H10 (i-Butana)	1.46
1-C4H8 (1-Butene)	0.01
n-C4H10 (n-Butana)	1.34
trans-2- C4H8	0.01
iso-C5H12 (i-Pentana)	0.74
n-C5H12 (n-Pentana)	0.37
iso-C4H8	0.04
cis-2-C4H8	0.01
Total	100.00

Tabel 5., berisi mengenai komposisi komponen *fuel gas* yang digunakan pada alat Stripper Reboiler Heater 202-H-002. Data data kondisi operasi dari tabel 1 – 5 digunakan untuk menentukan total panas masuk, total panas keluar, dan total panas yang diserap oleh *feed* dengan menggunakan rumus perhitungan 3 – 26. Hasil dari perhitungan tersebut dicantumkan pada tabel 6., berikut merupakan hasil neraca panas dari alat *Stripper Reboiler Heater 202-H-002*.

Tabel 6. Neraca Panas *Stripper Reboiler Heater 202-H-002*

No	Jenis Panas	Jumlah panas		
		Masuk	Keluar	Diserap
Q ₁	Panas Pembakaran <i>Fuel Gas</i>	26576980,82		
Q ₂	Panas Sensibel <i>Fuel Gas</i>	45637		
Q ₃	Panas Sensibel Udara Pembakaran	967347,2171		
Q ₄	Panas Sensibel Uap Air	5109,273		

Q ₅	Panas Hilang Terbawa <i>Flue Gas</i>		2849506,542	
Q ₆	Panas Hilang Melalui Dinding <i>Furnace</i>		1296733,947	
Q ₇	Panas yang Diserap oleh <i>Feed</i>			21528092,21
Q ₈	Panas Hilang tidak Teridentifikasi		1920,247	
Total		27595074,546	27595074,546	

Dengan total neraca panas *Stripper Reboiler Heater 202-H-002* yang telah ditentukan ini, dapat dilanjutkan dengan menentukan % efisiensi alat tersebut menggunakan metode *heat loss* dan *heat absorbed* rumus perhitungan 1 dan 2.

- Metode *Heat Loss*

$$\eta = \frac{\text{Total Panas Masuk} - \text{Total Panas Hilang}}{\text{Total panas masuk heater}} \times 100\% \tag{1}$$

$$= \frac{(26576980,82 - (2849506,542 + 1296733,947 + 1920,247)) \text{ BTU/hr}}{26576980,82 \text{ BTU/hr}} \times 100\%$$

$$= 78,01 \%$$

- Metode *Heat Absorbed*

$$\eta = \frac{\text{Panas yang diserap feed}}{\text{Total panas masuk heater}} \times 100\% \tag{2}$$

$$= \frac{21528092,21 \text{ Btu/h}}{26576980,82 \text{ Btu/h}} \times 100\%$$

$$= 78,01 \%$$

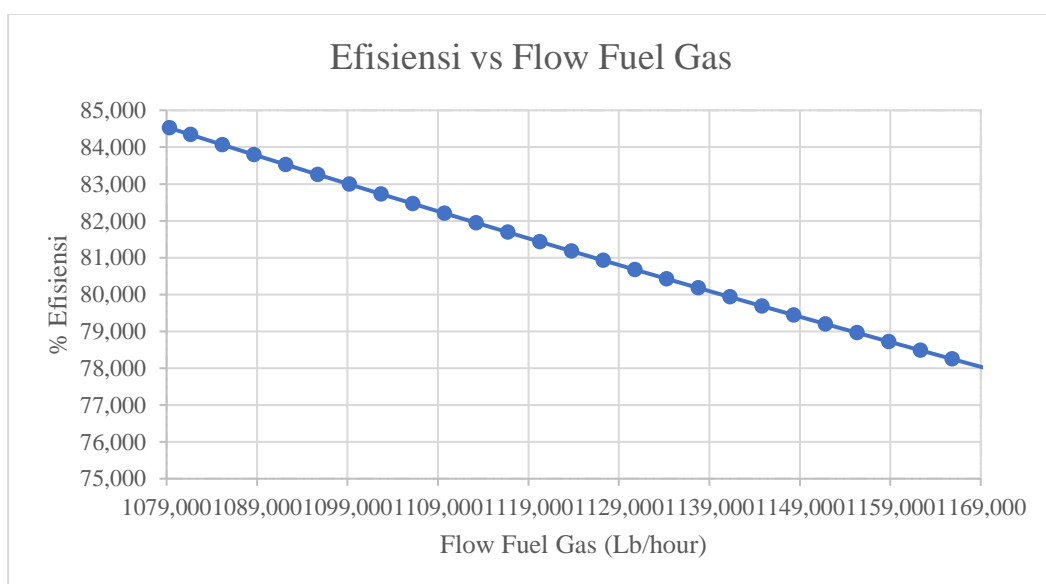
Dengan meninjau efisiensi *Stripper Reboiler Heater 202-H-002* sebesar 78,01% ini dapat dilihat pengaruh terbesarnya ada pada nilai *flow rate fuel gas* yang terlalu besar yaitu 530,41 kg/h. Sehingga diperlakukan optimasi pada *flow rate fuel gas* tersebut untuk dapat mencapai kondisi optimal dari *furnace* ini. Perhitungan optimasi dilakukan dengan metode *trial and error*.

Tabel 7. Data *Trial and Error* Penggunaan *Fuel Gas*

Trial	Penurunan Flow Fuel Gas		Jumlah Panas (lb/h)			%Eff	Fuel Gas Di hemat	
	Lb/h	Kg/h	Masuk	Keluar	Di serap feed		lb/h	kg/h
-	1169,347	530,41	27595074,54	6,066,982	21528092,21	78,01	0	0
1	1165,839	528,82	27512289,32	5,984,197	21528092,21	78,24	3,508	1,59
2	1162,331	527,22	27429504,1	5,901,412	21528092,21	78,48	7,016	3,18
3	1158,823	525,63	27346718,87	5,818,627	21528092,21	78,72	10,524	4,77
4	1155,315	524,04	27263933,65	5,735,841	21528092,21	78,96	14,032	6,36
5	1151,806	522,45	27181148,43	5,653,056	21528092,21	79,20	17,540	7,96
6	1148,298	520,86	27098363,2	5,570,271	21528092,21	79,44	21,048	9,55
7	1144,790	519,27	27015577,98	5,487,486	21528092,21	79,68	24,556	11,14
8	1141,282	517,68	26932792,76	5,404,701	21528092,21	79,93	28,064	12,73
9	1137,774	516,09	26850007,53	5,321,915	21528092,21	80,17	31,572	14,32
10	1134,266	514,49	26767222,31	5,239,130	21528092,21	80,42	35,080	15,91
11	1130,758	512,90	26684437,09	5,156,345	21528092,21	80,67	38,588	17,50
12	1127,250	511,31	26601651,86	5,073,560	21528092,21	80,92	42,096	19,09
13	1123,742	509,72	26518866,64	4,990,774	21528092,21	81,18	45,605	20,69
14	1120,234	508,13	26436081,41	4,907,989	21528092,21	81,43	49,113	22,28
15	1116,726	506,54	26353296,19	4,825,204	21528092,21	81,69	52,621	23,87

Trial	Penurunan Flow Fuel Gas		Jumlah Panas (lb/h)			%Eff	Fuel Gas Di hemat	
	Lb/h	Kg/h	Masuk	Keluar	Di serap feed		lb/h	kg/h
16	1113,218	504,95	26270510,97	4,742,419	21528092,21	81,94	56,129	25,46
17	1109,710	503,36	26187725,74	4,659,634	21528092,21	82,20	59,637	27,05
18	1106,202	501,76	26104940,52	4,576,848	21528092,21	82,46	63,145	28,64
19	1102,694	500,17	26022155,3	4,494,063	21528092,21	82,73	66,653	30,23
20	1099,186	498,58	25939370,07	4,411,278	21528092,21	82,99	70,161	31,82
21	1095,678	496,99	25856584,85	4,328,493	21528092,21	83,26	73,669	33,42
22	1092,170	495,40	25773799,63	4,245,707	21528092,21	83,52	77,177	35,01
23	1088,662	493,81	25691014,4	4,162,922	21528092,21	83,79	80,685	36,60
24	1085,154	492,22	25608229,18	4,080,137	21528092,21	84,06	84,193	38,19
25	1081,646	490,63	25525443,95	3,997,352	21528092,21	84,34	87,701	39,78
26	1079,307	489,57	25470253,81	3,942,162	21528092,21	84,52	90,040	40,84
27	1075,799	487,97	25387468,58	3,859,376	21528092,21	84,79	93,548	42,43
28	1072,291	486,38	25304683,36	3,776,591	21528092,21	85,07	97,056	44,02
29	1068,783	484,79	25221898,13	3,693,806	21528092,21	85,35	100,564	45,61
30	1065,275	483,20	25139112,91	3,611,021	21528092,21	85,63	104,072	47,21

Tabel 7., menunjukkan data *trial and error* yang dilakukan untuk mencapai efisiensi kinerja *Stripper Reboiler Heater 202-H-002* yang paling optimal. Berdasarkan tabel *trial and error* ini dapat diketahui efisiensi tertinggi didapatkan pada *trial* nomor 26 dimana didapatkan efisiensi sebesar 84,52% dengan penurunan penggunaan *fuel gas* mencapai 7,7% dari *fuel gas* aktual yaitu sejumlah 489,97 kg/h . Hasil ini dianggap paling optimal dikarenakan memiliki nilai panas yang hilang tidak teridentifikasi paling kecil, dibandingkan dengan *trial* nomor 27 – 30 ini mempunyai nilai panas yang hilang tidak teridentifikasi bernilai negatif dimana hal ini tidak mungkin terjadi karena sistem dari sebuah *furnace* itu sendiri tidak terisolasi sehingga hilangnya panas tidak teridentifikasi pasti akan terjadi.



Gambar 3. Grafik Hubungan *Flow Rate Fuel Gas* dan % Efisiensi

Gambar 3., merupakan grafik yang menunjukkan hubungan antara *flow rate fuel gas* dengan % efisiensi dari sebuah *furnace*. Pada grafik ditunjukkan bahwa hubungan antara keduanya adalah berbanding terbalik. Hal ini berarti, semakin besar *flow rate fuel gas* yang dialirkan ke dalam *furnace* maka semakin kecil juga % efisiensi termal dari sebuah *furnace* tersebut.

Tabel 8. Neraca Panas Setelah Optimasi

No	Jenis Panas	Jumlah panas		
		Masuk	Keluar	Diserap
Q ₁	Panas Pembakaran <i>Fuel Gas</i>	24530553,3		
Q ₂	Panas Sensibel <i>Fuel Gas</i>	42123		
Q ₃	Panas Sensibel Udara Pembakaran	892861,48		
Q ₄	Panas Sensibel Uap Air	4715,859		
Q ₅	Panas Hilang Terbawa <i>Flue Gas</i>		2630145,784	
Q ₆	Panas Hilang Melalui Dinding <i>Furnace</i>		1296733,947	
Q ₇	Panas yang Diserap oleh <i>Feed</i>			21528092,21
Q ₈	Panas Hilang tidak Teridentifikasi		15,28	
Total		25470253,806	25470253,806	

Tabel 8., menunjukkan neraca panas setelah optimasi terlihat bahwa penurunan *flow rate fuel gas* berpengaruh pada nilai total panas masuk *furnace*. Setelah didapatkan nilai atau titik optimal kinerja dari *Stripper Reboiler Heater 202-H-002*, maka selanjutnya dapat dilakukan perhitungan biaya konsumsi bahan bakar *fuel gas* dan dilakukan perbandingan biaya konsumsi sebelum dan setelah dilakukan optimasi. Sebagai sampel harga digunakan harga *fuel gas* hidrogen karena komposisi *fuel gas* ini di dominasi oleh kandungan hidrogen dengan harga 6 USD/Kg dengan kurs rupiah sebesar Rp. 15.221,95.

- Sebelum Optimasi
 Biaya Konsumsi = $flow\ rate\ fuel\ gas / tahun \times harga\ fuel\ gas \times Rp.\ 15.221,95$
 = $4646363,04\ Kg / Tahun \times 6\ USD / Kg \times Rp.\ 15.221,95$
 = Rp. 424.360.235.233,67/tahun
 - Setelah Optimasi
 Biaya Konsumsi = $flow\ rate\ fuel\ gas / tahun \times harga\ fuel\ gas \times Rp.\ 15.221,95$
 = $4288593,09\ Kg / Tahun \times 6\ USD / Kg \times Rp.\ 15.221,95$
 = Rp. 391.684.497.120,68/tahun
 - Selisih Biaya Konsumsi Setelah dan Sebelum Optimasi
 Selisih Biaya = biaya konsumsi sebelum optimasi – biaya konsumsi setelah optimasi
 = Rp. 424.360.235.233,67/tahun - Rp. 391.684.497.120,68/tahun
 = Rp. 32.675.738.113/tahun
- Jadi, biaya konsumsi *fuel gas* yang dihemat setelah dilakukan optimasi adalah sebesar Rp. 32.675.738.113/tahun.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dalam upaya peningkatan efisiensi *Sripper Reboiler Heater* 202-H-002 melalui pengurangan konsumsi *fuel gas* di unit NHT PT XYZ, penulis dapat membuat kesimpulan bahwa :

1. Berdasarkan data operasi aktual *Sripper Reboiler Heater* 202-H-002 didapatkan % efisiensi aktual sebesar 78,01 % dengan *flow rate fuel gas* sebesar 530,41 Kg/h.
2. Setelah dilakukan optimasi terhadap konsumsi *fuel gas*, berdasarkan penelitian didapatkan kenaikan % efisiensi sebesar 84,52 % dan mampu menekan konsumsi *fuel gas* pada titik optimal dimana *furnace* bekerja sebesar 7,7 % sehingga terjadi penurunan konsumsi *fuel gas* menjadi 489,57 Kg/h.
3. Penurunan konsumsi *fuel gas* dapat menurunkan biaya operasi yang semula Rp. 424.360.235.233,67/tahun menjadi turun sebesar 8% menjadi Rp. 391.684.497.120,68/tahun, sehingga menghemat biaya operasi alat sebesar Rp. 32.675.738.113/tahun.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Ortega, 'An overview of hydrotreating', *CEP Back to Basics*, American Institute of Chemical Engineering, New York, pp. 1–5, 2021.
- [2] D. Q. Kern, *Process Heat Transfer*. Japan: Mcgraw-Hill Book Company, 1983.
- [3] A. Prasetyo and T. R. Biyanto, 'Optimasi Desain Kolom Distilasi Petlyuk 4 Produk Pada Proses Fraksinasi Gas Alam Menggunakan Stochastic Optimazation Algorithm', Institut Teknologi Sepuluh November, 2020.
- [4] M. Faisal and Mahyuddin, 'Eksperimental Kehilangan Panas Pada Dinding Kompor Biobriket Tak Terisolasi', *J. Ristech Univ. Abulyatama Kaji*, vol. 1, no. 1, pp. 8–20, 2019.
- [5] M. Mourhaf Al-Qassimi and H. Al-Haj Ibrahim, 'Calculation of Radiant Section Temperatures in Fired Process Heaters', *Chem. Eng. Sci.*, vol. 1, no. 4, pp. 55–61, 2015, doi: 10.12691/ces-1-4-2.
- [6] A. M. Andriawan *et al.*, 'Statistik Minyak dan Gas Bumi Tahun 2022', *Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral*. Jakarta, pp. 1–102, 2023.
- [7] I. Dincer and M. A. Rosen, 'Chapter 3 - Industrial Heating and Cooling Systems', *Exergy Anal. Heating, Refrig. Air Cond.*, pp. 99–129, 2015, doi: 10.1016/b978-0-12-417203-6.00003-x.
- [8] S. Vatandas, A. Avci, and M. Z. So_gut, 'INVESTIGATION OF IRREVERSIBILITY WITH CO2 EMISSION MEASUREMENT IN INDUSTRIAL ENAMEL FURNACE', *Exergetic, Energ. Environ. Dimens.*, pp. 1045–1059, 2018.
- [9] API 560, *Fired Heaters for General Refinery Service*. Washington D. C.: American Petroleum Institute, 2001.
- [10] Rustamaji, *Pengenalan Optimasi Proses Kimia*. Lampung, 2019.
- [11] M. Van Winkle, 'Distillation'. Mc Graw Hill Book Company, Bogota, p. 138, 1967.

Daftar Simbol

η	= Efisiensi termal, %
$\sum Q_{in}$	= Total panas masuk, Btu/h
$\sum Q_{out}$	= Total panas keluar, Btu/h
$\sum Q_{abs}$	= Total panas yang diserap oleh feed, Btu/h
Q_1	= Panas pembakaran <i>fuel gas</i> , Btu/h
Q_2	= Panas sensibel <i>fuel gas</i> , Btu/h
Q_3	= Panas sensibel udara pembakaran, Btu/h
Q_4	= Panas sensibel uap air, Btu/h
Q_5	= Panas hilang terbawa <i>flue gas</i> , Btu/h
Q_6	= Panas hilang melalui dinding <i>furnace</i> , Btu/h

Q_a = Panas yang dibawa *feed* masuk *furnace*, Btu/h
 Q_b = Panas yang dibawa *feed* keluar *furnace*, Btu/h
 $Q_{konveksi}$ = Panas hilang melalui dinding secara konveksi, Btu/h
 $Q_{radiasi}$ = Panas hilang melalui dinding secara radiasi, Btu/h
 $m^{fuel\ gas}$ = *Flow rate fuel gas*, lb/h
 $C_{p\ avg}$ = Kalo jenis rata rata *fuel gas*, Btu/lb °F
 ΔT = Selisih temperatur *fuel gas* dengan temperatur basis, °F
 W_A = Massa kebutuhan udara aktual, lb/h
 W_o = Massa oksigen yang dibutuhkan, lb/h
 C = Massa komponen karbon di dalam *fuel gas*, lb/jam
 H = Massa komponen hidrogen di dalam *fuel gas*, lb/jam
 S = Massa komponen sulfur di dalam *fuel gas*, lb/jam
 W_a = Kebutuhan udara teoritis, lb/h
 X = *Excess air*, %
 M_a = Jumlah uap air per satuan massa udara pembakaran, lb/h
 $P_{uap\ air}$ = Tekanan parsial uap air, psia
 P_{udara} = Tekanan 1 atmosfer, psia
 RH = *Relative humidity*, %
 M_A = Jumlah uap air dalam udara pembakaran, lb/h
 W_{fg} = Massa *flue gas* per satuan massa *fuel gas*, lb_{flue gas}/lb_{fuel gas}
 W_{FG} = Massa *flue gas* total, lb/h
 H = Konstanta transfer panas konveksi, W/m² K
 A = Luas dinding *furnace*, m²
 T_1, T_2 = Temperatur lingkungan dinding *furnace*, °F
 ε = Emisivitas dinding *furnace*
 σ = Konstanta Stefan-Boltzman, $5,6 \times 10^{-8}$ W/m²K⁴)
 m^{feed} = *Flow rate* masuk *feed*, lb/h
 $m_{bliquid}$ = *Flow rate* keluar *feed* fasa cair, lb/h
 m_{bvapor} = *Flow rate* keluar *feed* fasa uap, lb/h
 H_a = Entalpi *feed* masuk *furnace*, Btu/lb
 $H_{bliquid}$ = Entalpi *feed* keluar *furnace* fasa cair, Btu/lb
 H_{bvapor} = Entalpi *feed* keluar *furnace* fasa uap, Btu/lb