

UPAYA PENINGKATAN EFISIENSI *FURNACE F-14- 001* MELALUI PENGURANGAN PENGGUNAAN *FUEL GAS* DENGAN METODE *HEAT ABSORBED* DAN *HEAT LOSS* DI UNIT HVU II PT. X

Ajeng Ar Rayhaani Cindy Hartono^{1*}, Chika Adelia¹, Muhammad Jaggu Ardhana¹,
Refuji Nurhakikie¹, Tun Sriana¹

¹Teknik Pengolahan Migas, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Jl. Gajah Mada No.38, Blora, Jawa
Tengah 58315

*E-mail: cindyrayhaani@gmail.com

ABSTRAK

Unit High Vacuum Unit (HVU) II di PT. X berfungsi untuk memisahkan fraksi-fraksi berdasarkan perbedaan trayek didih dan tekanan vakum. Furnace F-14-001 adalah salah satu peralatan utama dalam unit ini yang berperan penting dalam meningkatkan suhu long residue ke suhu operasi yang diinginkan. Proses pemanasan dalam Furnace F-14-001 menggunakan panas hasil dari pembakaran dual fuel, yaitu *fuel gas* dan *fuel oil*. Berdasarkan data *design Inlet Temperature (CIT)* sebesar 148-272°C dan Outlet Temperature (COT) sebesar 350-418°C. Setelah dilakukan pengamatan didapatkan nilai CIT dan COT sebesar 244,50-469,40°C dan 345,80-654,80°C. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa efisiensi Furnace F-14-001 berkisar 83,98% hingga 88,77%. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dengan mengurangi penggunaan fuel, khususnya fuel gas. Hasil optimasi menunjukkan bahwa fuel oil dapat digunakan sebesar 3 T/D, sedangkan fuel gas dapat diminimalkan hingga 3,25% lebih kecil dari penggunaan rata-rata bulan Januari 2023. Dengan demikian, total biaya konsumsi penggunaan bahan bakar dapat dihemat hingga 14,2% yaitu sebesar Rp. 25.952.448.053,238 per tahun. Hal ini menandakan perlunya penyesuaian lebih lanjut untuk mencapai kinerja optimal furnace dan efisiensi energi yang lebih baik.

Kata kunci: *Fuel Gas, Furnace, Optimasi*

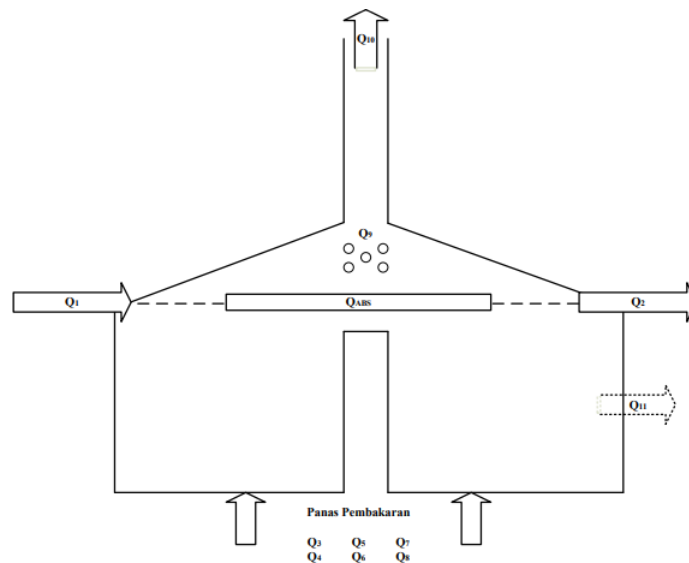
1. PENDAHULUAN

PT. X adalah salah satu kilang yang masih berproduksi di Indonesia dengan kapasitas produksi sebesar 120 MBSD (desain) dan 80 MBSD (aktual) serta menyumbangkan 20% kebutuhan solar untuk menghadapi ketahanan energi nasional. Kapasitas pengolahan pada PT. X dipaparkan pada Tabel 1. HVU II (*High Vacuum Unit II*) merupakan salah satu unit operasional PT. X. Unit ini berfungsi untuk memisahkan fraksi-fraksi minyak berdasarkan perbedaan titik didih dan tekanan vakum. Pengolahan pada HVU II dilakukan dengan metode pemisahan fraksi minyak, yang didasarkan pada perbedaan titik didih pada kondisi tekanan vakum. *Furnace F-14-001* adalah salah satu alat penting yang terdapat pada proses HVU II ini, karena pada dapur F-14-001 ini terjadi perpindahan panas di pembakaran bahan bakar dari *burner* ke umpan *supply* HVU II. *Furnace F-14-001* berperan penting dalam meningkatkan suhu *long residue* ke suhu operasi yang diinginkan sebelum umpan dialirkan ke kolom distilasi vakum. Jika alat ini tidak berfungsi, maka umpan tidak bisa diproses dalam unit ini dikarenakan beban *heat exchanger* sebagai *pre-heater* untuk memanaskan umpan dan kolom distilasi sebagai alat pemisah fraksi menjadi produk akan menjadi lebih besar.

Tabel 1. Kapasitas Pengolahan PT.X

Primary Processing Unit		Secondary Processing Unit	
CDU-2	16,2 MBCD	RFCCU	20,5 MBCD
CDU-3	30,0 MBCD	Polimerisasi	2,3 MBCD
CDU-4	30,0 MBCD	Alkilasi	1,8 MBCD
CDU-5	35,0 MBCD		
CDU-6	15,0 MBCD	Polypropylene	4,2 M. TPY
HVU-II	53,5 MBCD		

Dalam menghitung efisiensi *furnace* dapat dilakukan dengan menghitung neraca panas yang merupakan panas masuk dan panas keluar *furnace* dengan skema pada gambar 1 dibawah. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi *Furnace* F-14-001 melalui pengurangan penggunaan *fuel gas* dengan metode *Heat Absorbed* dan *Heat Loss* di Unit HVU II PT. X sehingga kebutuhan penggunaan bahan bakar bisa lebih optimal dan tentunya pertimbangan yang lebih ekonomis. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan kinerja dapur dengan menghemat biaya operasional. Dengan demikian, dapat diharapkan peningkatan efisiensi *Furnace* F-14-001 dan penghematan biaya operasional yang signifikan.

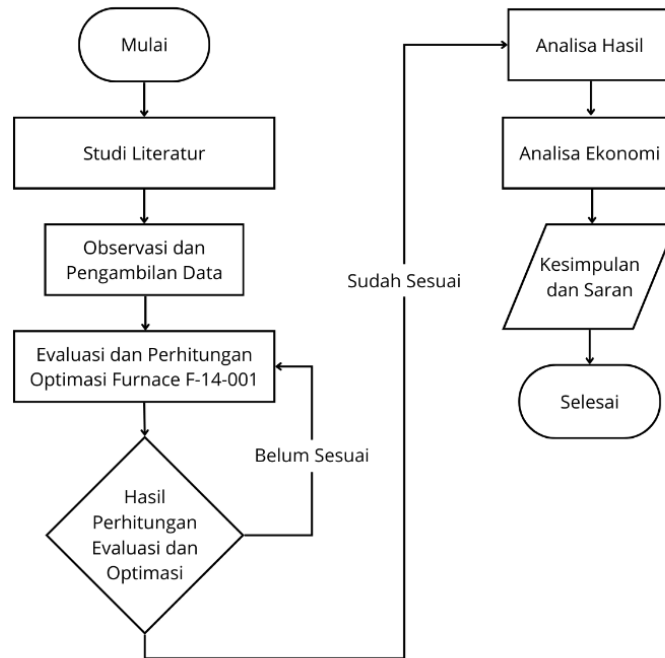


Gambar 1. Skema Neraca Panas *Furnace* [1]

2. METODE

Dalam penelitian ini, metode yang dipakai meliputi aspek variabel penelitian, metode kerja, maupun metode analisis. Variabel pada penelitian ada 2, yaitu variabel bebas dan variabel terikat yang memiliki keterkaitan pada hasil yang nantinya didapatkan. Variabel bebas dibagi menjadi dua, yaitu variabel bebas utama dan variabel bebas pendukung. Variabel bebas utama merupakan data-data yang akan diolah untuk melakukan proses perhitungan optimasi *Furnace* F-14-001, sedangkan variabel bebas pendukung adalah data-data yang sudah ada dan tidak

diubah meskipun memiliki pengaruh terhadap efisiensi *Furnace* F-14-001. Kemudian variabel terikat yang digunakan pada penelitian/proyek ini, yaitu neraca panas, efisiensi *furnace* setelah dilakukan optimasi dan keekonomisan *Furnace* F-14-001 setelah dioptimasi. Gambar 2 adalah rencana alur penelitian.



Gambar 2. Rencana Alur Penelitian

Optimasi *Furnace* F-14-001 dilakukan dengan melakukan studi literatur terlebih dahulu, studi literatur dilakukan untuk mencari metode yang paling tepat untuk melakukan optimasi. Setelah metode optimasi sudah ditentukan, maka peneliti dapat melakukan observasi untuk memahami proses operasional *Furnace* F-14-001 dan mengumpulkan data-data yang mendukung seperti, *data flow feed*, CIT, COT, tekanan inlet dan outlet, dan data lainnya sebagai penunjang perhitungan optimasi *Furnace* F-14-001. Data yang perlu digunakan adalah data *feed*, data kondisi operasi, data produk yang dihasilkan, dan analisis bahan bakar minyak dan gas. Untuk menganalisa evaluasi kinerja serta menghitung efisiensi *furnace* F-14-001 dapat dilakukan dengan tahapan berikut:

A. Efisiensi *Furnace*

Untuk menghitung efisiensi dapur dapat dilakukan dengan 2 metode di bawah ini dan skema yang terjadipun dapat dilihat di bawah. [1]

a. Metode *Heat Absorbed*

$$\eta = \frac{\text{panas yang diserap fluida}}{\text{Total panas masuk furnace}} 100\% \quad (1)$$

b. Metode *Heat Loss*

$$\eta = \frac{\text{Total panas masuk furnace} - \text{panas yang hilang}}{\text{Total panas masuk furnace}} 100\% \quad (2)$$

B. Menghitung Panas total masuk *furnace*

Untuk menghitung panas yang masuk kedalam *furnace*, biasanya digunakan persamaan neraca energi yang dapat diketahui melalui perhitungan sebagai berikut:

a. Panas Sensibel *Fuel Oil*

Panas Sensibel *Fuel Oil* merupakan kondisi pada saat *fuel oil* memasuki *furnace* sudah membawa panas akibat pemanasan awal pada *steam heater*. Mengubah satuan *mass flow* dengan persamaan berikut:

$$Q = \text{massa fuel oil} \times C_p \text{ avg} \times \Delta T \quad (3)$$

b. Panas Pembakaran *Fuel Oil*

Jika hasil analisis laboratorium tidak tersedia, nilai Q_p , X dan Y ditunjukkan pada Table *Heats of Combustion of Residual Fuel Oils* [2]. Di bawah ini adalah rumus penentuan nilai LHV. [10]

$$\text{LHV} = Q_p - [(0,01 \times Q_p \times (\%H_2O + \%Ash + \%S)) + (X \times \%S) - (Y \times \%H_2O)] \quad (4)$$

Jika nilai HHV ataupun LHV didapat, maka hitung panas pembakaran bahan bakar minyak dengan rumus: [3]

$$Q = m_{\text{fuel oil}} \times \text{LHV} \text{ atau } Q = m_{\text{fuel oil}} \times \text{HHV} \quad (5)$$

c. Panas Sensibel Bahan Bakar Gas

Dengan rumus dibawah dapat mencari nilai panas sensibel bahan bakar gas: [7]

$$Q = m_{\text{fuel gas}} \times \% \text{tiap komponen} \times C_p \text{ avg} \times \Delta T \quad (6)$$

d. Panas Pembakaran Fuel Gas

Nilai LHV secara teoritis komponen-komponen *fuel gas* didapat pada tabel 9-18. *Combustion Constants* [4]. Maka dengan rumus berikut didapat nilai panas pembakaran bahan bakar gas: [5]

$$Q = \text{LHV}_{\text{total}} = \sum_i \text{LHV} \quad (7)$$

e. Panas Sensibel Udara Pembakaran

Dengan rumus dibawah dapat mencari nilai panas sensibel udara pembakaran: [6]

$$Q = W_A \times C_p \text{ Avg} \times \Delta T \quad (8)$$

f. Panas Steam Atomizing

Dengan rumus di bawah dapat menentukan panas *steam atomizing* pada dapur: [7]

$$Q = m_{\text{steam atomizing}} \times \Delta H \quad (9)$$

g. Panas Sensibel Uap Air

Nilai panas sensibel uap air didapat dari persamaan di bawah:

$$M_a = \frac{P_{\text{uap air}}}{P_{\text{udara}}} \times \frac{RH}{100} \times \frac{MW_{H_2O}}{MW_{\text{udara}}} \quad (10)$$

$$M_A = M_a \times W_a \quad (11)$$

$$Q = M_a \times C_p \text{ avg} \times \Delta T \quad (12)$$

C. Menghitung Panas Total Keluar *Furnace*

Perpindahan panas melalui konveksi dalam *furnace* adalah proses transportasi energi yang melibatkan kombinasi konduksi panas, penyimpanan energi, dan pergerakan fluida untuk mencampur partikel-partikel [9]. Untuk menghitung panas total yang dibawa keluar dari *furnace*, mempertimbangkan panas yang diserap oleh produk dan panas yang hilang melalui gas buang. Panas yang keluar dari *furnace* dapat dibagi. Jumlah panas diserap umpan diartikan sebagai perbedaan panas yang ditambahkan umpan ke dapur ketika keluar dan masuk dapur, dapat dicari dengan rumus di bawah: [8]

$$Q_{\text{absorbed}} = Q_2 - Q_1 \quad (13)$$

$$Q_1 = m_{\text{feed}} \times H_1 \quad (14)$$

$$Q_2 = Q_{2L} + Q_{2V} \quad (15)$$

$$Q_{2L} = m_{2L} \times H_{2L} \quad (16)$$

$$Q_{2V} = m_{2v} \times H_{2V} \quad (17)$$

Setelah berat dan C_p tiap-tiap komponen di atastelah ditentukan, *heatloss* dari gas buang dihitung dengan persamaan di bawah. [9]

$$Q = \sum m \times C_{pavg} \times \Delta T \quad (18)$$

Kehilangan panas dari dinding tungku adalah total dari kehilangan panas melalui area konveksi serta area radiasi dengan rumus di bawah. [10]

$$Q = Q_{konveksi} + Q_{radiasi} \quad (19)$$

$$Q_{Konveksi} = h \times A \times (T_2 - T_1) \quad (20)$$

$$Q_{Radiasi} = \varepsilon \times \sigma \times A \times (T_2^4 - T_1^4) \quad (21)$$

D. Menghitung Biaya Konsumsi *Furnace*

Biaya yang dikeluarkan untuk pembelian dan penggunaan bahan bakar selama operasi suatu *furnace* mencakup perhitungan harga bahan bakar yang dibutuhkan untuk menjalankan proses industri dalam satuan waktu. Langkah pertama yaitu konversi massa ke volume (*fuel oil* dan *fuel gas*). Dapat dicari dengan rumus di bawah: [11]

$$V_m^3/\text{hr} = \left(\frac{Mlb/\text{hr}}{2.2046} \right) \times \frac{1}{899 \left(\frac{kg}{m^3} \right)} \quad (22)$$

Setelah konversi massa ke volume, konversi volume menjadi barrel dengan menggunakan rumus berikut: [7]

$$VBBL/\text{hr} = V_m^3/\text{hr} \times 6.293 \quad (23)$$

Selanjutnya menghitung biaya konsumsi bahan bakar (*fuel oil* dan *fuel gas*) dan menjumlah total biaya konsumsi antara biaya *fuel oil* dan *fuel gas* dengan rumus di bawah. [12]

$$\text{Biaya (Rp/hr)} = V \text{ BBL/hr} \times \text{Harga (USD/BBL)} \times \text{Kurs (Rp/USD)} \quad (24)$$

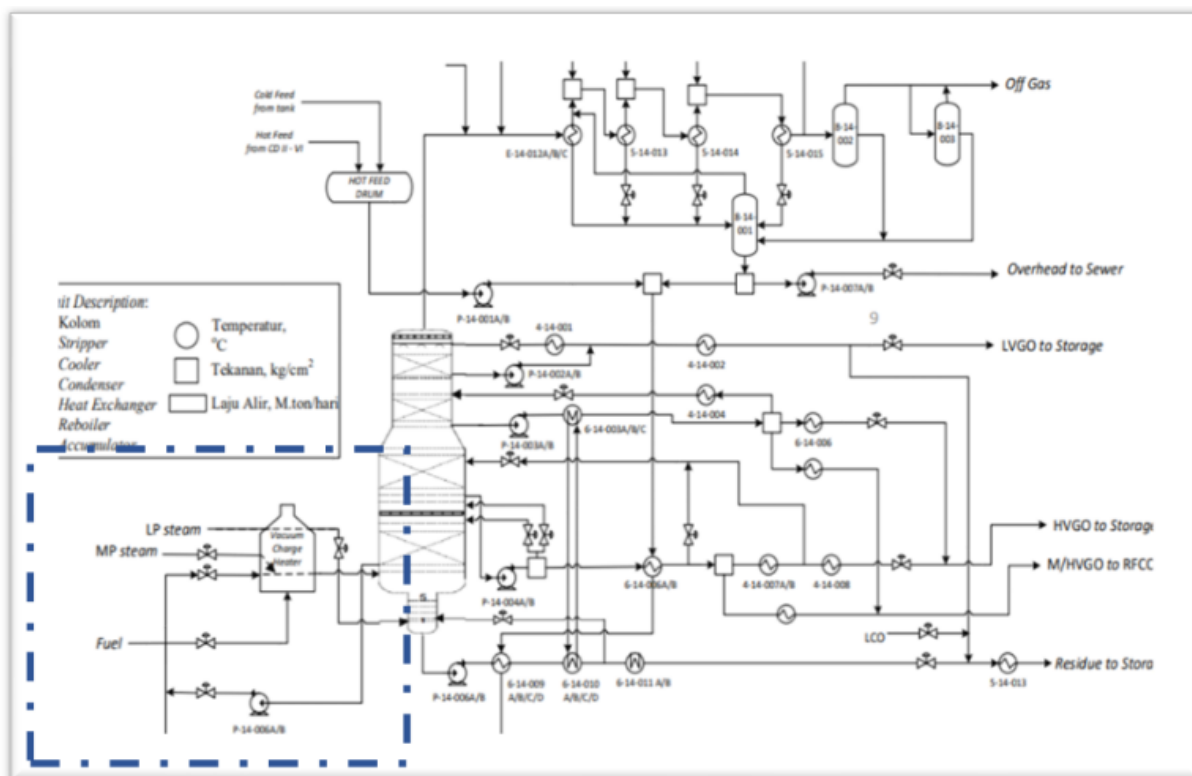
$$\text{Total Biaya (Rp/hr)} = \text{Biaya } fuel \text{ oil} + \text{Biaya } fuel \text{ gas} \quad (25)$$

Setelah semua data terkumpul, sebelum dilakukan optimasi, perlu dilakukan evaluasi agar peneliti tahu dimana letak kekurangan *Furnace* F-14-001 dan berapa %efisiensinya sebelum dilakukan optimasi. Optimasi dilakukan dengan menggunakan metode *trial and error*, dimana terdapat beberapa variabel bebas yang diubah nilainya terutama penggunaan *mass fuel gas* agar dapat mengoptimasi efisiensi kinerja dari *Furnace* F-14-001. Tahap ini dilakukan hingga %efisiensi mendekati atau sudah sesuai dengan efisiensi data desain *Furnace* F-14-001, jika %efisiensi belum sesuai data desain maka lakukan perhitungan hingga hasilnya sudah sesuai. Jika hasilnya sudah sesuai maka dapat dilanjutkan ke tahap analisis hasil yang berisi tentang hasil optimasi dan hasil analisis ekonomi setelah dilakukan optimasi. Hasil analisis ekonomi diketahui dengan menghitung biaya ekonomi. Kesimpulan dan saran dapat dibuat setelah setelah analisis telah selesai dibuat, sehingga dapat diketahui berapa %efisiensi yang dapat dicapai dan saran untuk *Furnace* F-14-001 kedepannya.

3. PEMBAHASAN

High Vacuum Unit (HVU) II di PT. X memiliki fungsi utama untuk memisahkan fraksi minyak berdasarkan perbedaan titik didih pada kondisi vakum. *Feed* yang digunakan pada unit ini adalah *long residue* dari CD II, III dan IV, bahan baku ini berupa residu berat dengan rantai hidrokarbon panjang, memiliki titik didih yang tinggi, sehingga diperlukan proses pemanasan bertahap sebelum masuk kedalam kolom distilasi vakum. Proses pemanasan awal dilakukan dengan menggunakan *heat exchanger*, yang bertujuan untuk menaikkan suhu *feed* sebelum masuk kedalam *furnace*. Di dalam *furnace* F-14-001, suhu umpan dinaikkan lebih lanjut menjadi 340-360°C sebelum masuk ke dalam kolom distilasi vakum. Proses ini dilakukan dengan menggunakan dua jenis bahan bakar, yaitu *fuel oil* dan *fuel gas*. *Fuel oil* berasal dari residu minyak yang dihasilkan selama proses distilasi, sementara *fuel gas* diperoleh dari gas kilang (*dry gas*) dan *mix gas* dari unit RFCCU dan lapangan gas PT. X.

Adapun untuk *process flow diagram* unit HVU II ini dapat dilihat pada gambar 4 seperti dibawah sebagai berikut.



Gambar 3. *Process Flow Diagram HVU II*

Parameter penting dari *furnace* HVU II ini adalah *tube skin temperature* (maximum 593°C), *radiant temperature* (650 – 792°C), CIT (*Coil Inlet Temperature*) dan COT (*Coil Outlet Temperature*). *Fuel oil* yang dipakai untuk *fuel furnace* harus disuplai dengan *steam atomizing* yang merupakan *medium pressure steam* berasal dari unit utilitas. Tujuan dalam pemakaian *steam atomizing* disini adalah untuk atomisasi atau pengkabutan molekul-molekul yang terkandung pada *fuel oil* tersebut. Dengan demikian *fuel oil* yang kemudian masuk ke ruang pembakaran *furnace* telah menjadi gas yang siap digunakan sebagai bahan bakar.

Furnace F-14-001 didukung oleh perangkat tambahan seperti *Induced Draft Fan* (IDF) dan *Forced Draft Fan* (FDF), serta *Air Pre-Heater* (APH) untuk mengatur suhu udara pembakaran dan *flue gas*. Proses pemisahan fraksi dalam kolom distilasi vakum menghasilkan produk berupa LVGO, MVGO, HVGO, dan *vacuum residue*, yang kemudian digunakan untuk berbagai keperluan seperti umpan FCCU dan komponen *blending solar*. *Feed* yang dipanaskan memasuki kolom distilasi vakum (C-14-001) pada tekanan 70-80 mmHg untuk memisahkan produk. Sebuah *flash zone* di dalam kolom memberikan pemisahan fase *liquid* dan *vapor* dengan gaya sentrifugal. Bagian *washing section* terletak di atas *flash zone* untuk meningkatkan kualitas *gas oil* dengan menghilangkan residu. Produk *gas oil* (LVGO, MVGO dan CVGO) digunakan untuk proses RFCCU dan didinginkan oleh *heat exchanger*. Bagian *overflow* memungkinkan injeksi *recycle* untuk meningkatkan efisiensi dan bagian residu vakum memfasilitasi *stripping steam* untuk menghilangkan *light distillate*. *Overhead product* didinginkan dan uapnya dihilangkan dengan menggunakan kondensor dan *jet ejector*. Kondensat dipisahkan menjadi gas dan *liquid*, dan gas yang tidak terkondensasi dibuang untuk digunakan sebagai bahan bakar gas. Amonia ditambahkan untuk mencegah korosi yang disebabkan oleh *impurities*. Sebagian LVGO didinginkan sebelum kembali sebagai refluks, dan

sisanya menjadi produk campuran diesel. MVGO dan HVGO digunakan sebagai *feed* untuk FCCU dan bahan bakar diesel. Residu vakum didinginkan dan dibagi menjadi produk campuran bahan bakar dan bahan bakar minyak.

Data spesifikasi alat dan desain *Furnace* F-14-001 yang terdapat pada HVU II PT. X dapat dilihat pada Tabel 2. Tabel 3 merupakan Data Kondisi Operasi dan Desain *Furnace* F-14-001. Selanjutnya data kondisi operasi *Furnace* F-14-001 yang telah terdata terdapat pada HVU II PT.X dapat dilihat pada Tabel 4 yang menunjukkan data *flow rate feed, fuel* dan efisiensi. Berdasarkan tabel 4 terdapat variabel sama yaitu pada *flow feed* sebesar 5500T/D dan *fuel oil* sebesar 3 T/D, dari hasil tabel berikut dapat dilihat bahwa pada saat *fuel gas* sebesar 47,35 T/D mendapatkan hasil nilai efisiensi terbesar yaitu 88,77%. Tabel 5 dan Tabel 6 menunjukkan data Neraca Panas *Furnace* F-14-001 sebelum dan sesudah optimasi dimana menggunakan data efisien terbesar yaitu 88,77% dengan nilai *fuel gas* sebesar 47,35 T/D. Tabel 7 menunjukkan *Trial and Error* Penggunaan *Fuel Furnace* F-14-001 bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak penurunan laju alir dari *fuel gas* yang dapat diperkecil untuk mendapatkan efisiensi optimal dan menentukan selisih *operational cost* yang bisa dicapai setelah pengoptimalan konsumsi bahan bakar. Adapun Penggunaan *Fuel* Sebelum dan Sesudah Optimasi untuk persentase perhitungan kenaikan atau penurunan variabel-variabel yang terkait dapat dilihat pada Tabel 8. Tabel 9 menunjukkan biaya konsumsi *fuel* sebelum dan sesudah operasi menggunakan data tabel 8 dengan melakukan perhitungan rumus.

Tabel 2. Data Spesifikasi *Furnace* F-14-001

Data Spesifikasi <i>Furnace</i> F-14-001		
Parameter	Spesifikasi	Satuan
Nama Alat	<i>Vacuum Charge Heater (Furnace F-14-001)</i>	-
Tipe	<i>Double Cabin</i>	-
Total Duty per heater	46,27 (proses) & 0,53 (steam) = 46,8	Mmkcal/hr
Material	<i>Carbon Steel</i>	-
System Type	<i>Balanced Draft</i>	-
Susunan Tube	<i>Horizontal</i>	-
Tekanan Inlet	3,73 – 9,513	Kg/cm ² A
Tekanan Outlet	0,753 – 2,93	Kg/cm ² A
Around Burner Wall Temp.	792	°C
Shielded Wall Temp.	714	°C
Stack Temperature	180 – 210	°C
Inlet Temperature (CIT)	148 – 272	°C
Outlet Temperature (COT)	350 – 418	°C
Num. Of Burner	16 (for fuel oil and gas)	Burner
Lokasi Burner	<i>End Wall</i>	-

<i>Max. Heat Release per Burner</i>	3.310.000 – 3.980.000	Kcal/hr
Efisiensi	85	%

Tabel 3. Data Kondisi Operasi dan Desain Furnace F-14-001

Data Kondisi Operasi F-14-100			
Parameter	Rata – rata (Aktual)	Desain [min. / max.]	Satuan
<i>Flow Feed</i>	5.500,00	7.700,00	T/D
	505.226,01		lb/hr
CIT	244,50	148 – 272	°C
	469,40		°F
COT	345,80	350 – 418	°C
	654,80		°F
<i>Tekanan Inlet</i>	-9,10	(-12,7) & (-2)	mmH2O
	-0,67		mmHg
<i>Tekanan Outlet</i>	-90,00	-110,00	mmH2O
	-6,62		mmHg
<i>O2 Excess</i>	3,16	15,00	%
RH (%)	86,00	-	%
SG 60/60	0,8966	-	-
API	26,21	-	-
<i>Ash Content</i>	0,04	-	% wt
<i>Water Content</i>	0,10	0,10	% vol
<i>Sulphur Content</i>	0,25	0,23	% wt
<i>Stack Temp</i>	203,27	200 – 205	°C

Tabel 4. Efisiensi Furnace F-14-001

<i>FlowFeed (T/D)</i>	<i>Fuel Gas (T/D)</i>	<i>Fuel Oil (T/D)</i>	Efisiensi(%)
5500	47,35	3	88,77
5500	48,32	3	86,79
5500	49,67	3	85,98
5500	50,94	3	84,29
5500	51,34	3	83,45

Tabel 5. Neraca Panas Furnace F-14-001 Sebelum Optimasi

No	Jenis Panas	Jumlah panas	
		Masuk	Keluar
1	Panas <i>Sensible Fuel Oil</i>	36.288,64	
2	Panas Pembakaran <i>Fuel Oil</i>	4.998.638,54	
3	Panas <i>Sensible Fuel Gas</i>	45.042,50	
4	Panas Pembakaran <i>Fuel Gas</i>	65.465.774,16	
5	Panas <i>Sensible</i> Udara Pembakaran	3.764.172,99	
6	Panas <i>Steam Atomizing</i>	1.356.592,82	
7	Panas <i>Sensible</i> Uap Air	15.605,50	
8	Panas yang diserap <i>Feed</i>		67.180.543,13
9	Panas Hilang yang terbawa <i>Flue Gas</i>		4.867.190,27
10	Panas Hilang melalui Dinding <i>Fired Heater</i>		869.288,01
11	Panas Hilang tidak diketahui		2.765.093,74
Total		75.682.115,15	75.682.115,15

Tabel 6. Neraca Panas Furnace F-14-001 Sesudah Optimasi

No	Jenis Panas	Jumlah panas	
		Masuk	Keluar
1	Panas <i>Sensible Fuel Oil</i>	34.254,52	
2	Panas Pembakaran <i>Fuel Oil</i>	5.002.432,93	
3	Panas <i>Sensible Fuel Gas</i>	45.694,32	
4	Panas Pembakaran <i>Fuel Gas</i>	61.296.506,26	
5	Panas <i>Sensible</i> Udara Pembakaran	3.551.276,85	
6	Panas <i>Steam Atomizing</i>	1.249.095,54	
7	Panas <i>Sensible</i> Uap Air	13.854,84	
8	Panas yang diserap <i>Feed</i>		65.669.313,35
9	Panas Hilang yang terbawa <i>Flue Gas</i>		4.571.292,30
10	Panas Hilang melalui Dinding <i>Fired Heater</i>		852.841,58
11	Panas Hilang tidak diketahui		99.668,02
Total		71.193.115,26	71.193.115,26

Tabel 7. Trial and Error Penggunaan Fuel Furnace F-14-001

Trial	Penurunan Mass Flow Fuel Gas (%)	Mass Flow (lb/hr)			Jumlah Panas (BTU/hr)		Efisiensi (%) Min. 83,98% Max. 100%	Fuel gas yang dihemat	
		Fuel Oil	Fuel Gas	Total	Masuk	Dibutuhkan oleh Feed		(lb/hr)	(T/D)
Basis	0	275,5778	4454,6427	4730,2205	81.750.533,12	66.213.661,87	80,99	61,0135	0,6642
1	1,20	275,5778	4186,9458	4462,5236	77.839.886,01	65.669.313,35	84,36	290,6617	3,1642
2	2,28	275,5778	3980,2624	4255,8402	74.321.007,38	65.669.313,35	88,36	497,3451	5,4142
3	2,52	275,5778	3934,3327	4209,9106	73.539.034,35	65.669.313,35	89,30	543,2747	5,9142
4	3,01	275,5778	3842,4735	4118,0513	71.975.088,29	65.669.313,35	91,24	635,1340	6,9142
5	3,25	275,5778	3796,5438	4072,1217	71.193.115,26	65.669.313,35	92,24	681,0636	7,4142

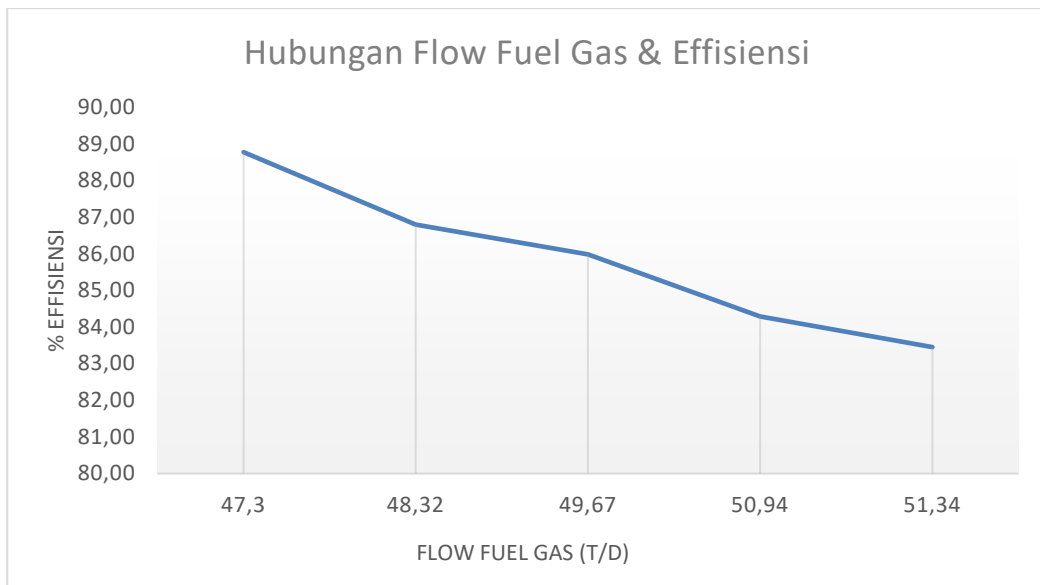
Tabel 8. Penggunaan *Fuel* Sebelum dan Sesudah Optimasi

Jenis Bahan Bakar	Satuan	Basis Perhitungan		Persen Kenaikan/Penurunan (%)
		Sebelum Optimasi	Sesudah Optimasi	
<i>Fuel Oil</i>	lb/hr	275,5778	275,5778	0,0000
<i>Fuel Gas</i>		4454,6427	3796,5438	(-) 6,5810
Total <i>fuel</i>		4730,2205	4072,1217	(-) 6,5810
Efisiensi	%	80,9948	92,24110	(+) 11,24632

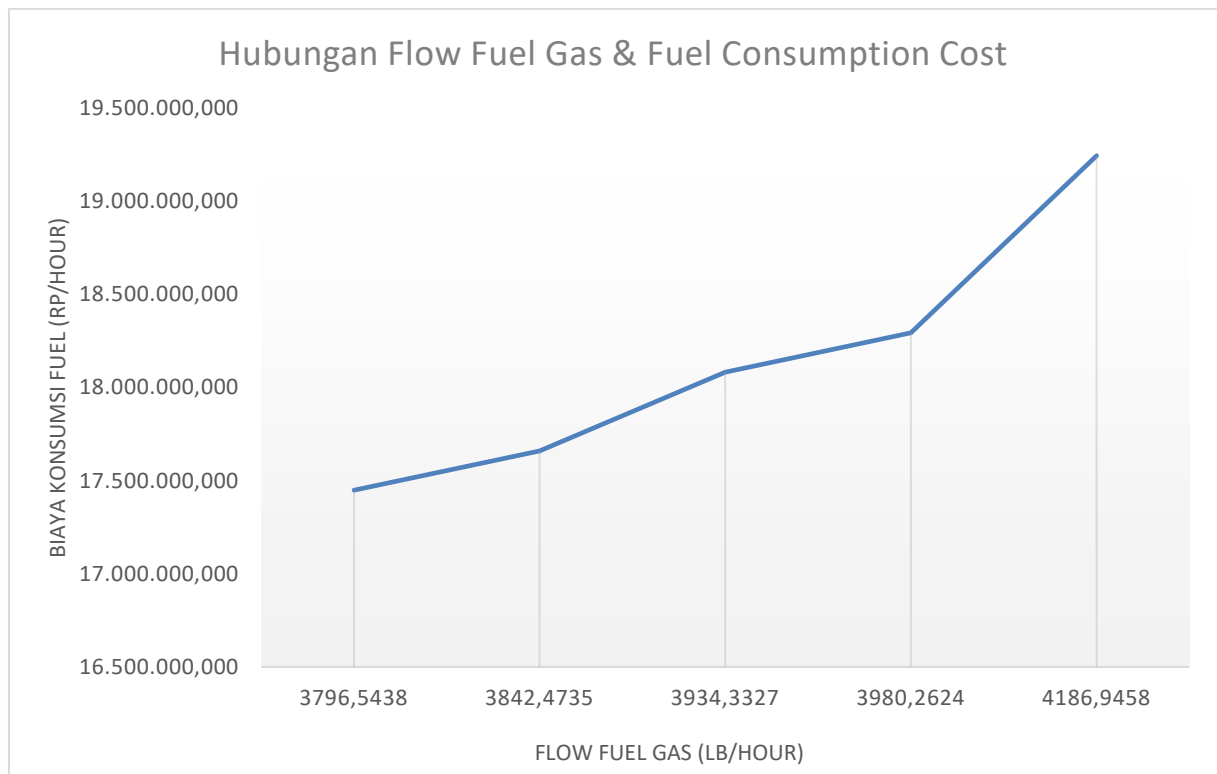
Tabel 9. Biaya Konsumsi Optimasi *Fuel Furnace F-14-001*

Jenis Bahan Bakar	Satuan	Biaya Konsumsi		
		Sebelum Optimasi	Sesudah Optimasi	Penghematan Biaya (%)
<i>Fuel Oil</i>	Rp	765.864,73/hr	765.864,73/hr	14,2
<i>Fuel Gas</i>		20.053.767,666/hr	17.091.159,441/hr	
Total <i>fuel</i>		182.379.979.757,959/yea <i>r</i>	156.427.531.704,721/yea <i>r</i>	
Selisih Biaya Konsumsi		25.952.448.053,238/year		

Berdasarkan data pada tabel 5 dan 6 dapat dibuat grafik seperti gambar 4 untuk membandingkan *flow fuel gas* dan efisiensi. Dari Gambar 4 tersebut diketahui setelah dilakukannya proses optimasi *fuel*, didapat hubungan antara penurunan *fuel* dengan efisiensi yang menunjukkan bahwa semakin rendah penggunaan *fuel* maka efisiensinya semakin tinggi. Setelah dilakukan optimasi penggunaan *fuel* pada *Furnace F-14-001*, dapat dilakukan perhitungan biaya konsumsi *fuel gas* yang dapat dipotong. *Fuel gas* yang digunakan pada *Furnace F-14-001* merupakan *refinery gas* dengan harga jual 56 USD/Barrel dan *mix gas* dengan harga jual 35 USD/Barrel, sedangkan *fuel oil* yang digunakan dengan harga jual 59 USD/Barrel. Kurs Rupiah terhadap USD pada 10 Juni 2023 adalah Rp. 14.835,00/USD. Adapun informasi dari tabel 6 dan tabel 8 dapat dilihat dalam gambar 5.



Gambar 4. Grafik *Flow Fuel Gas* dan Efisiensi



Gambar 5. Hubungan *Flow Fuel Gas* dan Biaya Konsumsi *Fuel*

Dari Gambar 5 tersebut diketahui setelah dilakukannya proses optimasi *fuel*, didapat hubungan antara *flow fuel gas* dengan biaya konsumsi *fuel* dilakukan setelah optimasi penggunaan bahan bakar dimana *fuel gas* diturunkan namun masih berada dalam batasan spesifikasi *mass flow fuel gas*, sedangkan *fuel oil* ditetapkan sesuai dengan kondisi operasi selama bulan Januari 2023. Biaya operasi untuk penggunaan total *fuel* pada *furnace* F-14-001 unit HVU II PT. X dapat dihemat hingga 14,2% yaitu sebesar Rp. 25.952.448.053,238 per tahun. Penentuan nilai keekonomian laju alir *fuel gas* ditentukan dengan cara *trial* dan *error*.

Optimasi ini bertujuan untuk meminimalkan penggunaan bahan bakar gas sehingga dapat mengurangi nilai keekonomisan penggunaan *fuel*, sedangkan untuk bahan bakar minyak ditetapkan untuk laju alirnya. Maka dari itu, biaya operasional bahan bakar gas dapat dihemat dan dapat meningkatkan profit yang diperoleh perusahaan.

4. SIMPULAN

Dari hasil penelitian upaya peningkatan efisiensi dengan mengurangi pemakaian bahan bakar gas pada Furnace F-14-001, penulis dapat menyimpulkan bahwa nilai CIT dan COT sebesar 244,50-469,40°C dan 345,80-654,80°C. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa efisiensi maksimum sebesar 88,77% dengan laju alir *fuel gas* 47,35 T/D, sedangkan efisiensi minimum sebesar 83,45% diperoleh dengan laju alir *fuel gas* 51,34 T/D. Data rata-rata penggunaan bahan bakar gas adalah sebesar 49,52 T/D, yang masih dapat dioptimasi dengan menurunkan kembali angka *mass flow fuel gas* mendekati batas minimal desain yaitu 30 T/D, didapat sebanyak 41,33 T/D (3,25% penurunan dari *mass flow fuel gas* rata-rata). Pengurangan jumlah penggunaan *fuel gas* dapat menurunkan biaya konsumsi *fuel* dan menghemat biaya kebutuhan total konsumsi bahan bakar pada Furnace F-14-001 hingga 14,2%, yaitu Rp. 25.952.448.053,238 per tahun.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] API 560, *Fired Heaters for General Refinery Services*, American Petroleum Institute. Washington D. C., 2001
- [2] Ajah, Stephen.A; Idorenyin, Donald, "Thermal analysis to investigate the effects of operating parameters on conventional cupola furnace efficiency," *Sage Journals*, 2022.
- [3] C. Anam, et al., "Analisis Peningkatan Efisiensi Direct – Fired Heater," Institut Teknologi Indonesia, Tangerang Selatan, 2018.
- [4] C. J. Geankoplis, *Transport Processes and Separation Process Principles*, 4th ed., Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ, 2003.
- [5] Charles Jr., E Baukal., *The John Zink Hamworthy Combustion Handbook-Second Edition*. CRC Press, USA, 2013.
- [6] Ditjen Migas. 2018. *Buku Minyak dan Gas Bumi*. Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi. Kementrian ESDM.
- [7] Hassan Al-Haj, Ibrahim, "Fired Process Heaters," *Matlab-Modelling, Programming, and Simulations*. Kern, Donald Q. 1983. *Process Heat Transfer*. The McGraw-Hill Companies, Inc. USA, 2010.
- [8] Jonas Martua Tambunan, "Studi Rancang Bangun dan Temperatur Zona Continuous Furnace Sintering Material Frangible Cu-5wt%Sn," Departemen Teknik Material. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017.
- [9] Khoirudin, La Ode Mohammad, "Optimasi Desain Pada Dinding Furnace Dengan Temperatur 1000°C," *Magister Teknik Mesin*, Universitas Pancasila, 2018.
- [10] D, R, Kurniawan and P. H. Suharti, "Evaluasi Kinerja Furnace pad Proses Remelting PT. Aluvindo Extrusion," *Politeknik Negeri Malang: Jawa Timur*, 2020.
- [11] Nelson, W. L, *Petroleum Refinery Engineering* 4th ed., McGraw-Hill. New York, 1985
- [12] Perry, Robert H, *Chemical Engineer's Handbook* 5th ed., McGraw-Hill, Japan, 1973.

Daftar Simbol

Qabs	= Panas yang diserap <i>feed</i>
Q1	= Panas yang dibawa <i>feed</i> masuk ke <i>furnace</i>
Q2	= Panas yang dibawa <i>feed</i> keluar dari <i>furnace</i>
Q3	= Panas <i>sensible fuel oil</i>
Q4	= Panas pembakaran <i>fuel oil</i>
Q5	= Panas <i>sensible fuel gas</i>
Q6	= Panas pembakaran <i>fuel gas</i>

- Q7 = Panas *sensible* udara pembakaran
- Q8 = Panas *steam atomizing*
- Q9 = Panas *sensible* uap air
- Q10 = Panas yang hilang dibawa *flue gas*
- Q11 = Panas yang hilang melalui dinding *furnace*