

EVALUASI KINERJA FURNACE 120F-601 PADA UNIT 120 LIGHT NAPHTHA HYDROTREATING UNIT DI PT KILANG PERTAMINA INTERNASIONAL REFINERY UNIT IV CILACAP

Raihan Azmi Simatupang¹, Annasit^{1*}, Andi Muhammad Danial²

¹Teknik Pengolahan Minyak dan Gas, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas Cepu, Kab.Blora, Jawa Tengah-58115

²Process Engineering, Refinery Unit IV Cilacap Kab.Cilacap, Jawa Tengah-53221

*E-mail: masannasit@gmail.com

ABSTRAK

PT Kilang Pertamina Internasional (KPI) RU IV Cilacap merupakan kilangterbesar diantara 7 kilang Pertamina yang ada di Indonesia, yang memiliki kapasitas sebesar 348.000 barrel/hari. Berlokasi di Kelurahan Lomanis, Kecamatan Cilacap Tengah, Kabupaten Cilacap. PT Kilang Pertamina Internasional (KPI) RU IV memiliki 6 kilang pemroses utama, salah satunya KilangLangit Biru Cilacap (KLBC) yang memiliki kapasitas 21.500 barrel/hari. Kilang Langit Biru Cilacap (KLBC) memiliki dua unit pengolahan yaitu Unit Light Naphtha Hydrotreating (LN-HT) dan Unit Light Naphtha Isomerization (LN-Isom). Unit Light Naphtha Hydrotreating (LN-HT) bertujuan untuk mengolahstraight run light naphtha yang menghasilkan clean desulphurized light naphtha. Di unit LN-HT terdapat dua reaksi utama yakni reaksi hydrorefining dan reaksi hidrogenasi. Unit Isomerization (LN-Isom) berfungsi untuk saturasi benzene dan menaikkan Research Octane Number (RON) dari feed light naphtha. Di unit LN- Isom terdapat reaksi hidrogenasi benzene, isomerisasi, pembukaan cincin naphthenes, dan hydrocracking. Light naphtha direaksikan dengan katalis yang ada di reactor dengan tujuan untuk mengurangi nilai impurities yang masih ada di dalam kandungan lightnaphtha itu sendiri. Akan tetapi sebelum light naphtha direaksikan dengan katalisyang ada di dalam reactor, light naphtha tersebut dipanaskan di dalam furnace 120-F-601 agar sesuai dengan suhu kondisi operasi yang ada di dalam reactor berkatalis. Berdasarkan hasil perhitungan, didapat nilai neraca massa pada furnace sebesar 10.742.700,000 kg/jam, neraca panas sebesar 84.558.731,779 kJ/jam, dan efisiensi furnace 120-F-601 sebesar 77,817% yang masih digolongkan dalam kondisi yang baik.

Kata Kunci: *Light Naphta Hydrotreating, Furnace, Hydrogen*

1. PENDAHULUAN

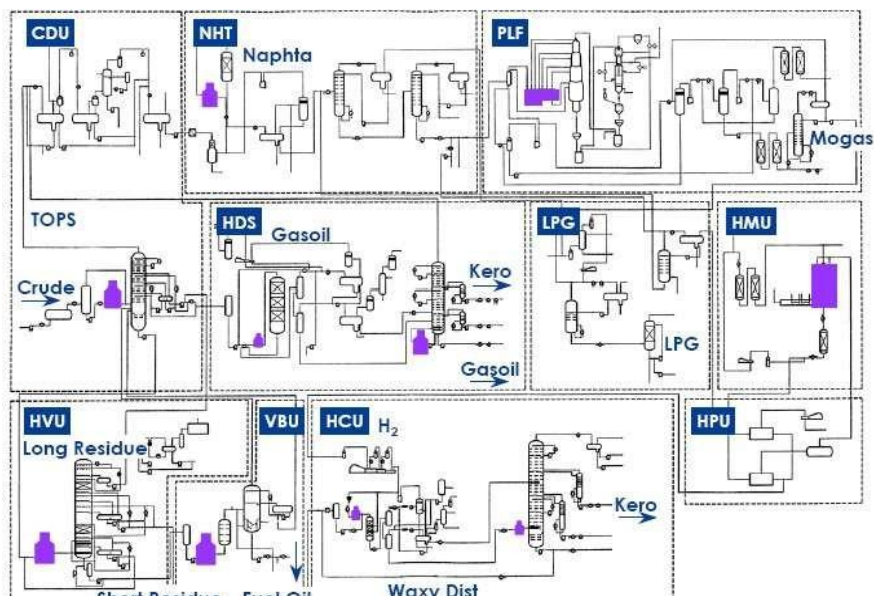
Crude oil merupakan peran penting dalam memajukan perekonomian Indonesia, dalam dunia perindustri dalam mengolah minyak dan gas bumi, disebut sebagai *industry* hilir, sebagai pengolahan dan pemurnian minyak mentah menjadi produk-produk berkualitas tinggi, dikalangan masyarakat disebut sebagai BBM dan Non BBM. Pengolahan minyak dan gas bumi biasa dilakukan di kilang-kilang, yang dikelola baik oleh Pertamina dan pemerintah, dengan tujuan memenuhi kebutuhan BBM nasional, kebutuhan BBM nasional hampir 99% dilakukan di kilang dalam negeri [1].

Karena tingginya permintaan konsumen, perkembangan konsumsi minyak bumi terus meningkat dengan bertambahnya ilmu pengetahuan dan teknologi, perkembangan pesat telah tercapai. Hal ini harus diimbangi dengan tenaga kerja yang siap menghadapi persaingan era globalisasi. Program pelatihan praktik ini bertujuan untuk menciptakan gambaran nyata ilmu

pengetahuan dan teknologi yang ada di industri dengan menerapkan ilmu teoritis yang dipelajari di perkuliahan, dan juga mencakup soft skill yang tidak diajarkan dalam materi perkuliahan. profesionalisme, perilaku (sopan santun), keterampilan komunikasi, kemampuan bersosialisasi dengan rekan- rekan dalam tim [2].

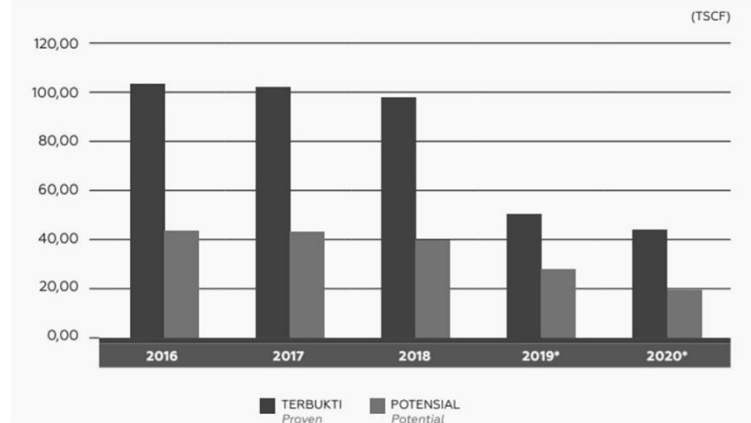
Selain itu, kemampuan beradaptasi dengan lingkungan, budaya, dan gaya hidup pekerja profesional hanya dapat diperoleh melalui praktik langsung dan kerja nyata. Untuk mengembangkan kepribadian dan kemampuan tersebut di atas, tidak cukup hanya mempelajari teori saja, tetapi perlu memperoleh pengalaman dan pengetahuan dasar di dunia nyata. Mahasiswa dapat belajar tentang sumber daya manusia melalui perusahaan dan industri, serta mengukur dan meningkatkan kualitas sumber daya manusia di bidangnya masing-masing. Proses perpindahan panas diperlukan dalam proses industri Proyek Langit Biru Chilacap (PLBC) Kilang Pertamina Unit IV Chilacap, atau Light Naphtha Hydrotreater Unit (LNHT). Perpindahan panas digunakan untuk memanaskan bahan baku yang berasal dari tungku dengan tujuan untuk meningkatkan panas bahan baku sebelum dimasukkan ke dalam reactor [3]. Gambar 1 merupakan ilustrasi industri minyak dan gas.

Fungsi unit *Light Naptha Hydrotreating* (LN-HT) adalah memproduksi *desulfurized light naphtha* melalui reaksi *hydrotreating* untuk mengurangi kandungan *impurities* di light naphtha seperti sulfur, nitrogen, water, halogens, diolefins, olefins, arsenic, mercury, dan kandungan metal lainnya. Maksimum heavy metal di feed LN-HT sebesar 50 ppb. [4]. Produk LN-HT selanjutnya akan digunakan sebagai feed unit 140 Light Naptha Isomerization. Unit LN-HT didesign untuk mengolah *straight run light naphtha* dengan kapasitas 21500 BPSD dimana light naphtha merupakan komponen campuran dari C5 dan C6. Feed LN-HT berasal dari CDU I sebesar 17 % dan CDU II sebesar 83 %. Proses treating light naphtha terjadi di reactor adiabatik dengan katalis bimetallic dengan reaktan hydrogen. Reaksi hydrotreating impurities light naphtha di reactor terjadi pada temperatur 300°C [5].



Gambar 1. Ilustrasi Industri Minyak dan Gas

Penggunaan bahan bakar *fuel* gas yang berlebih sangat disarankan untuk dihindari dikarenakan dapat menyebabkan pemborosan energi. Melihat dari data yang diteliti, pada data Statistik minyak dan Gas bumi tahun 2016 – 2022 oleh Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, untuk kapasitas cadangan minyak dan gas bumi, bisa dilihat pada gambar dibawa ini. dilihat dari data tersebut, penelitian melakukan konservasi energi pada penggunaan *fuel* pada *furnace* 11-F-101 [6].



Gambar 2. Grafik Cadangan Gas Bumi

Dari data yang diambil berdasarkan *Duty & Burner Furnace* Kilang Pertamina Internasional RU IV Cilacap 2024, memiliki *Duty* terbesar yaitu 55,96 MM Kkal/hr, maka penggunaan *fuel* gas yang dibutuhkan sangat besar, penggunaan *fuel* gas sangat berpengaruh pada biaya *cost* dan biaya operasi pada pengoperasian *furnace* 11-F-101[7]., dari permasalahan penggunaan *fuel* gas tersebut, penulis melakukan penelitian dengan melakukan evaluasi dengan perhitungan dan riset dilakukan, dengan evaluasi Performance dan Penggunaan Energi *Furnace* 120-F-601 Pada Unit 120 *Light Naphta Hydrotreating Unit* (LNHT) Di PT Kilang pertamina Internasional *Refinery* Unit IV Cilacap, untuk mendapatkan hasil yang lebih ekonomis dan penggunaan *fuel* gas yang lebih optimum, penelitian dilakukan, agar diharapkan meningkat kinerja pada *furnace* dan biaya operasional yang lebih hemat [8].

2. METODOLOGI

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu pelaksanaan Praktik Kerja Lapangan (PKL) berlangsung dari tanggal 1 Juli 2024 s.d. 31 Agustus 2024 secara luring. Dimana untuk pelaksanaan Praktik Kerja Lapangan (PKL) ini bertempat di PT.Kilang Pertamina Internasional Refinery Unit IV Cilacap, Kec.Cilacap Tengah, Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah.

B. Bahan dan Peralatan Penelitian

Bahan yang digunakan untuk mengevaluasi *Furnace/Fired Heater* 120-F-601 Unit *Light Naphta Hydrotreater* di Proyek Langit Biru Cilacap (PLBC) adalah sebagai berikut :

- Data desain *Furnace* 120-F-601
- *Logsheet Furnace* 120-F-601
- Data komposisi *Feed* dan *Flue Gas*.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Alat Pelindung Diri (*Wear Pack, safety shoes, Safetyhelmet*, masker dan lain-lain)
- Alat tulis dan laptop
- *Software* Microsoft Office (Ms. Word, Ms. Excel, Ms.Power Point) dan Aspen Hysys.

C. Subjek Penelitian

Subjek penelitian dan ditinjau seperti Gambar 3 adalah *Furnace 120-F-601* Unit *Light Naphta Hydrotreater* di Proyek Langit Biru Cilacap (PLBC), yang berlokasi pada PT Kilang Pertamina Internasional *Refinery Unit IV* Cilacap ,Jawa Tengah.



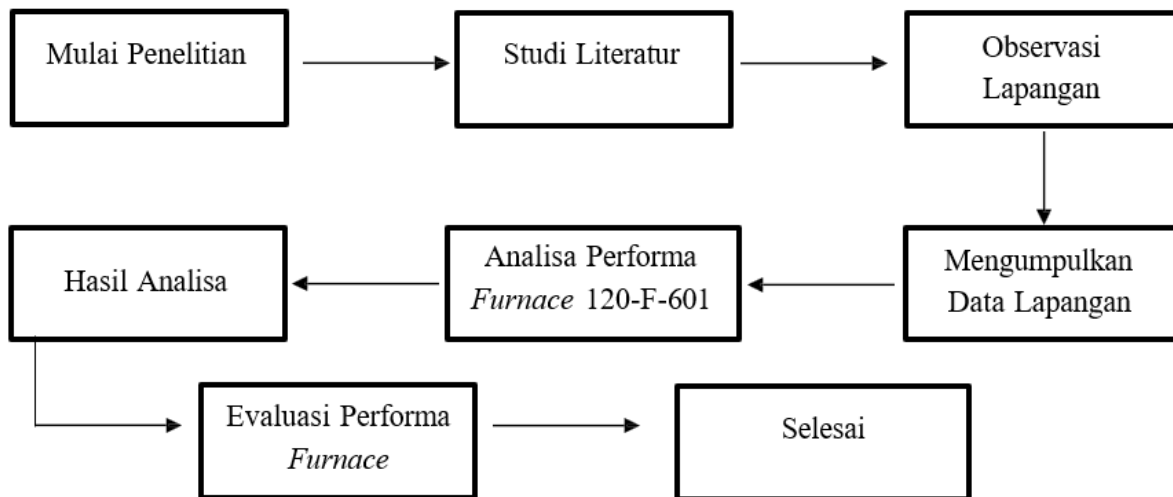
Gambar 3. Furnace 120-F-601

D. Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini variabel dibedakan menjadi variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas adalah variabel yang digunakan dalam penelitian ini berupa laju aliran (*Flowrate*) dan suhu pada *Furnace 120-F-601*. Sedangkan variabel terikat dalam penelitian ini berupa *Overall Efficiency, %Volume Vapor, %Volume Liquid, Heatloss* yang terbawa *flue gas, Heatloss Absorbed by Flue Gas, Crude Out Temperature*.

E. Prosedur Kerja

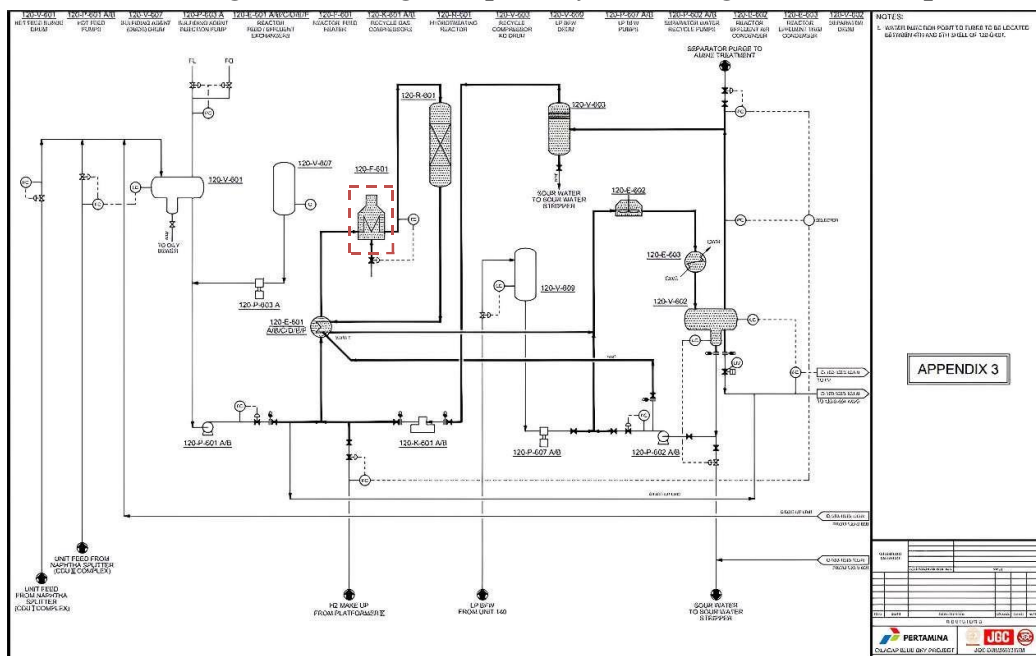
Dalam penelitian ini menggunakan alur prosedur kerja seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Blok Diagram Prosedur Kerja dalam Penyusunan Metode Penelitian

3. PEMBAHASAN

A. Process Flow Diagram Unit Light Naphta Hydrotreating PLBC Cilacap



Gambar 5. PFD Unit Light Naphta Hydrotreating

Unit *Light Naphta Hydrotreating* (LN-HT) seperti pada Gambar 5 bertujuan untuk mengolah *straight run light naphtha* yang menghasilkan *clean desulphurized light naphtha*. Di unit LN-HT terdapat dua reaksi utama yakni reaksi *hydrorefining* dan reaksi *hidrogenasi*. Fungsi

unit Light Naptha Hydrotreating (LN-HT) adalah memproduksi desulfurized light naptha melalui reaksi hydrotreating untuk mengurangi kandungan impurities di light naptha seperti sulfur, nitrogen, water, halogens, diolefins, olefins, arsenic, mercury, dan kandungan metal lainnya. Maksimum heavy metal di feed LN-HT sebesar 50 ppb. Produk LN-HT selanjutnya akan digunakan sebagai feed unit 140 Light Naptha Isomerization[9].

Unit LN-HT didesign untuk mengolah straight run light naptha dengan kapasitas 21500 BPSD dimana light naphtha merupakan komponen campuran dari C5 dan C6. Feed LN-HT berasal dari CDU I sebesar 17 % dan CDU II sebesar 83 %. Proses treating light naptha terjadi di reactor adiabatic dengan katalis bimetallic dengan reaktan hydrogen. Reaksi hydrotreating impurities light naptha di reactor terjadi pada temperatur 300 °C[10].

Feed light naptha tersebut kemudian ditransfer ke reaction section dengan pompa 120-P-601A/B ke tangki 120-V-601. Di reaction section, light naptha akan bercampur dengan *recycle hydrogen* dari *reciprocating Recycle Gas Compressor* (RGC) 120-K-601A/B. Dua fasa fluida yang tercampur tersebut kemudian dipanaskan di *preheated reactor feed/effluent exchanger* 120-E-601A/B/C/D/E/F kemudian dipanaskan di *reactor feed heater* 120-F-601 sampai mencapai RIT 280 °C sampai 310 °C. Reaktor LN-HT berisikan katalis Axens HR-608 dengan komposisi *nickel-molybdenum catalyst* yang bersifat selektif *hydrotreated*. Di dalam reaktor, hanya terjadi sedikit reaksi hydrogenasi sehingga temperatur reaktor inlet hampir sama dengan temperatur reaktor outlet.

Setelah terjadi pertukaran panas di 120-E-601A/B/C/D/E/F, *reactor effluent* didinginkan sampai temperatur 47 °C di *reactor effluent air condenser* 120-E-602 dan didinginkan lagi sampai 38 °C menggunakan *reactor effluent trim condenser* 120-E-603. Setelah dari 120-E-602, campuran 3 fasa akan dipisahkan di Separator drum 120-V-602. *Make up water* (boiler feed water selama start up) disimpan di LP BFW drum 120-V-609. *Overhead gas* dari 120-V-602 sebagian dipurge untuk menjaga level merkuri di *recycle gas* tetap pada batas yang diizinkan. Tetapi, sebagian besar *overhead gas* menuju *recycle compressor* KO drum 120-V-603 sebelum ke *suction compressor* 120-K-601A/B, *stream* tersebut bercampur dengan *hydrogen make up* dari Platformer II untuk menjaga *hydrogen partial pressure* di *reaction section*. Sedangkan, air dari *bootleg* mengandung *dissolved salts*, H₂S, dan NH₃ yang di transfer ke *sour water treatment*. *Hydrocarbon liquid* dari 120-V-602 akan menuju *stripper feed/bottom exchanger* 120-E-604 A/B/C dengan pengaturan aliran kontrol.

B. Data Spesifikasi desain Furnace 120-F-601

Furnace 120-F-601 yang berada pada Unit LNHT (*Light Naptha Hydrotreating*) PLBC adalah *furnace* tipe *all radiant vertical cylindrical* yang berfungsi untuk memanaskan *light naptha*, yang akan masuk ke reaktor adiabatic melalui atas reaktor, batasan maksimal *light naptha* yang bisa dipanaskan oleh *furnace* 120-F-601 max 340°C. *Furnace* ini memanaskan secara *convection and radiation section* dan dengan pembakaran menggunakan bahan bakar *fuel gas* menggunakan 4 *burner* dengan *duty design* sebesar 4.600.000 Kcal/Hr. *Furnace* ini menggunakan sistem draft berupa *natural draft*. Untuk melakukan perhitungan evaluasi maka diperlukan data kondisi desain yang dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Dimana dari data tersebut tampak bahwa untuk parameter yang paling terpenting dalam mempengaruhi kinerja *Furnace*-120-F-601 ialah pada *Flow Rate Fuel Gas* dan juga pada pengaturan pada *Excess Air* dan *Duty* nya karena produk yang akan dilakukan pemanasan berupa *light naptha* yang tergolong fraksi ringan.

Tabel 1. Data Desain Furnace 120-F-601

Properties	Nilai Min-Max	Satuan
<i>Service</i>	<i>Reactor Feed Heater</i>	
<i>Tipe</i>	<i>Vertical Cylindrical</i>	
<i>Kapasitas</i>	7.700	<i>Ton/day</i>
<i>Temp. Dinding Furnace</i>	340	<i>Ton/day</i>
<i>Purchase/Owner</i>	Pertamina	
<i>Bahan Bakar</i>	<i>Fuel Gas</i>	
<i>Overall Dimensions</i>	Ton/day	
<i>Tube Pass</i>	4	
<i>Burner</i>	4	
<i>Inlet Temperature Feed</i>	245,5	oC
<i>Outlet Temperature Feed</i>	310	oC
<i>Duty</i>	4,60	Mkcal/h
<i>Excess Air</i>	25	%Vol
<i>O2 Excess</i>	3,5	%Vol
<i>Flue Gas Temp</i>	845	oC
<i>P Feed in Furnace</i>	26.6	Kg/cm ²
<i>P Fuel Gas in</i>	25.1	Kg/cm ²
<i>Material</i>	<i>Carbonsteel</i>	
<i>Tipe Draft</i>	Natural Draft	
<i>Flow Rate Fuel Gas</i>	224	<i>Ton/day</i>
<i>Efisiensi</i>	85,1	%

C. Data Kondisi Aktual Furnace 120-F-601

Untuk menghitung efisiensi pada *furnace* memerlukan data aktual dan desain sebagai acuannya, tabel di bawah ini adalah data untuk menghitung efisiensi pada *furnace* 120-F-601, yang diambil dari tanggal 1-31 Juli 2024, dapat dilihat pada tabel 2 di bawah ini. Sedangkan pada tabel 3 adalah data untuk menghitung panas yang terbuang melalui *stack* yang akan dihitung sebagai panas keluar.

Tabel 2. Data Kondisi Aktual Furnace 120-F-601

Parameters	Average (Aktual)	Satuan
<i>Flow Feed</i>	5.500	<i>Ton/day</i>
<i>Quantity of Oil Generated per hour</i>	2.172	<i>Ton/day</i>
<i>Quantity of Fuel per hour</i>	6,125	<i>Ton/day</i>
<i>Enthalpy of Fuel</i>	178,260	kCal/kg
<i>Enthalpy of Feed Oil</i>	203,606	kCal/kg
<i>CIT</i>	244,5	oC
<i>COT</i>	245,5	oC
<i>Inlet Pressure</i>	310	oC
<i>Outlet Pressure</i>	4,60	Mkcal/h
<i>O2 Excess</i>	3,27	%Vol

RH%	86	oC
SG 60/60	0,8966	-
API	26,21	=
Ash Content	0,04	% wt
Water Content	0,10	% vol
<i>Sulphur Content</i>	0,25	% wt
<i>Stack Temp</i>	203,27	oC
Efisiensi	77,81	%

Tabel 3. Data Combustion Desain Kondisi Furnace 120-F-601

Properties	Nilai	Satuan
<i>Excess Air</i>	25	%
<i>Guaranteed Efficiency</i>	85,1	%
<i>Calculated Efficiency</i>	78,1	%
<i>Flue Gas Temperature</i>	845	oC
<i>Flow Fuel Gas</i>	222	Ton/day

Pada tabel 4 merupakan data komposisi fuel gas yang digunakan untuk menghitung efisiensi *furnace* menggunakan metode *Indirect*. Yang mana data ini akan digunakan untuk mencari *theoretical air required*.

Tabel 4. Data Komposisi Fuel Gas

Komposisi	%mol
Hydrogen	50,28
Oxygen	0
Nitrogen	1,82
Methane	2,84
Ethane	2,20
Propane	13,15
Iso-Butane	19,43
N-Butane	9,95
Iso-Butylene	0,05
Iso-Pentane	0,14
N-Pentane	0,08
Total	100

Tabel 5. Data Komposisi Feed

Komposisi	%mol
C4	1,7916
C5	39,4490
C6	41,7587
C7	14,2303
C8	2,4854
C9	0,2280
C10	0,0245
C11+	0,0322

D. Metode Perhitungan Evaluasi Kinerja Furnace 120-F-601 secara Direct

Metode *Direct* merupakan metode langsung yang hanya memperhatikan panas masuk dan panas keluar, dan tidak memperhatikan detail heat loss. Berikut merupakan rumus yang digunakan dalam perhitungan efisiensi menggunakan metode direct :

$$\eta = \frac{\text{Panas masuk}}{\text{Panas Keluar}} * 100\% \quad (1)$$

$$\eta = \frac{Q \times (H-h)}{q \times GCV} * 100\% \quad (2)$$

Pada perhitungan ini dibutuhkan nilai Cp atau kapasitas panas dari feed diperoleh dari simulator Aspen Hysys dengan menggunakan kondisi desain dan aktual yang ada. Berikut merupakan hasil yang diperoleh dari hysys. Kemudian menggunakan temperatur output dilakukan perhitungan enthalpy output sebagai berikut :

$$\text{Enthalpy Input} = Cp \times T \text{ in} \quad (3)$$

$$\text{Enthalpy Input} = 0,7359 \text{ Kcal/kg}^\circ\text{C} \times 242,235^\circ\text{C}$$

$$\text{Enthalpy Input} = 178,26 \text{ Kcal/kg}$$

$$\text{Enthalpy Output} = Cp \times T \text{ Out} \quad (4)$$

$$\text{Enthalpy Output} = 0,7117 \text{ Kcal/kg}^\circ\text{C} \times 286,085^\circ\text{C}$$

$$\text{Enthalpy Output} = 203,60 \text{ Kcal/kg}$$

Data operasi aktual hanya mengetahui nilai LHV sebesar 11.550,3 Kcal/kg untuk *feed* jenis *light naphta* di unit Proyek Langit Biru Cilacap (PLBC) maka untuk mengetahui GCV digunakan rumus berikut:

$$GCV = LHV \times 1,08 \quad (5)$$

$$GCV = 11.550,3 \times 1,08$$

$$GCV = 12.474 \text{ Kcal/kg}$$

Kemudian untuk menghitung efisiensi dibutuhkan nilai dari entalpi feed oil & flue gas serta jumlah oli & gas yang akan masuk setiap jamnya. Sehingga berdasarkan data data yang telah diketahui diperoleh nilai efisiensi antara lain.

$$\eta = \frac{Q \times (H-h)}{q \times GCV} * 100\% \tag{6}$$

Didapatkan nilai efisiensi sebesar 77,81%.

E. Metode Perhitungan Evaluasi Kinerja Furnace 120-F-601 secara Indirect

Pada perhitungan efisiensi furnace, perlu dilakukan perhitungan kehilangan panas, digunakan untuk mengetahui nilai dari panas masuk dan panas keluar. Untuk perhitungan indirect dibutuhkan menghitung % berat dari FG composition, seperti pada Tabel 6 sebagai berikut.

Tabel 6. Data Komposisi Fuel Gas

Name	12-07-24	17-07-24	19-07-24	21-07-24	24-07-24	26-07-24	Avg (%)
Hydrogen (H2)	55,30	49,20	49,20	49,30	51,50	51,40	50,28
Oxygen (O2)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Nitrogen (N2)	1,30	1,60	1,60	1,50	1,40	1,60	1,82
Carbon Monoxide (CO)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
Carbon Dioxide (CO2)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
Hydrogen Sulfide (H2S)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
Methane (CH4)	2,90	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	2,84
Ethane (C2H6)	2,30	2,80	2,80	2,80	2,70	2,70	2,20
Ethylene (C2H2)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
Propane (C3H8)	8,80	11,90	11,90	11,90	8,80	8,80	13,15
Propylene (C3H6)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
Iso Butane (C4H10)	13,00	20,10	20,10	20,00	21,50	21,50	19,43
n-Butane (C4H10)	16,10	11,00	11,00	10,60	10,70	10,60	9,95
Trans-2-Butene (C4H8)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
l-Butene (C4H8)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
Isobutylene (C4H8)	0,10	0,02	0,000	0,000	0,000	0,031	0,0058
Cis-2-Butene (C4H8)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
Iso Pentane (C5H12)	0,30	0,10	0,000	0,000	0,000	1,40	0,1470
n-Pentane (C5H12)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,50	0,0882
1,3-Butadiene (C4H6)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
Methyl Acetylene (C3H4)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0
C5+ + C6+ H.C.	0,000	0,000	0,010	0,000	0,030	0,000	0,0470
Total	100,000						

Berdasarkan tabel 6 maka dihitung % wt komponen C, H, O, S, dan N.

$$\begin{aligned} \%wt &= \frac{\text{Total massa}}{\text{Total massa fuel}} \\ \%wt C &= \frac{1969,062}{2565} = 76,754 \\ \%wt H &= \frac{545,1345}{2565} = 21,249 \\ \%wt O &= \frac{0}{2565} = 0 \\ \%wt S &= \frac{0}{2565} = 0 \\ \%wt N &= \frac{51,22348}{2565} = 1,997 \end{aligned}$$

Selanjutnya untuk menghitung mass of dry fuel gas maka perlu diperhitungkan *theoretical air required* dan *actual mass of air supplied* sebagai berikut.:

- **Theoretical Air Required (TAR)**

$$\begin{aligned} TAR &= \frac{[(11,6 \times C) + \{34,8 \times (H_2 - \frac{O_2}{8})\} + (4,35 \times S)]}{100} \quad (7) \\ TAR &= \frac{[(11,6 \times 76,754) + \{34,8 \times (21,249 - \frac{0}{8})\} + (4,35 \times 0)]}{100} \\ TAR &= 16,298 \text{ kg/kg of fuel gas} \end{aligned}$$

- **Excess Air (EA)**

$$\begin{aligned} EA &= \frac{O_2}{21 - O_2} \times 100 \quad (8) \\ EA &= \frac{3,2721}{21 - 3,2721} \times 100 \\ EA &= 18,45\% \end{aligned}$$

- **Actual Mass of Air Supplied (AAS)**

$$\begin{aligned} AAS &= [1 + (\frac{EA}{100}) \times TAR] \quad (9) \\ AAS &= [1 + (\frac{18,45}{100}) \times 16,298] \\ AAS &= 19,306 \text{ kg kg of fuel gas} \end{aligned}$$

F. Loss due to Dry Flue Gas /Sensible Heat (L1)

Berdasarkan nilai pada Tabel 6. maka kita dapat menghitung *losses sensible heat*, yaitu:

$$L1 = \frac{m \times Cp \times (Tf - Ta)}{GCV \text{ Fuel}} \times 100\% \quad (10)$$

Berikut merupakan rumus mencari *mass of dry fuel* gas guna mengetahui *heat loss* di dry fuel gas:

$$m = \text{massa } CO_2 + \text{massa } N_2 \text{ dalam fuel gas} + \text{massa } N_2 \text{ di udara pembakaran} + \text{massa } O_2 \text{ di flue gas} \quad (11)$$

$$m = 18,4528 \text{ kg /kg of fuel gas}$$

$$L1 = \frac{m \times Cp \times (Tf - Ta)}{GCV \text{ Fuel}} \times 100\%$$

$$L1 = \frac{18,4528 \times 0,23 \times (250 - 27)}{12474} \times 100\%$$

$$L1 = 7,587\%$$

G. Heat Loss Due To Moisture In Fuel (L3)

$$L3 = \frac{\text{Moisture} \times \{584 + Cp(Tf - Ta)\}}{GCV \text{ of fuel}} \times 100\% \quad (12)$$

$$L3 = \frac{0,53\% \times \{584 + 0,45(250 - 27)\}}{12474} \times 100\%$$

$$L3 = 0,029\%$$

H. Heat Loss Due To Moisture In Air (L4)

$$L4 = \frac{AAS \times \text{humidity factor} \times \{Cp \times (Tf - Ta)\}}{GCV \text{ of fuel}} \times 100\% \quad (13)$$

$$L4 = \frac{19,306 \times 0,024 \times \{0,45 \times (250 - 27)\}}{12474} \times 100\%$$

$$L4 = 0,373\%$$

I. Heat Loss Due To Incomplete Combustion (L5)

Nilai dari *Heat loss* ini dianggap 0 karena pembakaran yang terjadi diasumsikan sempurna. Selain itu, keterbatasan dari peralatan instrumentasi yang tidak dapat mendeteksi kandungan dari CO2.

J. Efisiensi Furnace Metode Indirect (L3)

$$\eta = 100\% - (L1 + L2 + L3 + L4 + L5 + L6) \quad (14)$$

$$\eta = 100\% - (7,587\% + 10,492\% + 0,029\% + 0,373\% + 0\% + 2\%)$$

$$\eta = 100\% - 20,481\%$$

$$\eta = 79,519\%$$

4. SIMPULAN

Pada Evaluasi kondisi operasi dan penggunaan bahan bakar *fuel gas* pada *Furnace* 120-F-601, dengan hasil yang didapatkan, maka dapat disimpulkan :

1. Pada kondisi suhu aktual *outlet*, dapat mempengaruhi terhadap hasil pemanasan yang kurang baik, hal ini terjadi karena komposisi *fuel gas* yang tidak baik dan lebih banyak mengandung hydrogen sehingga pembakaran yang terjadi dapat dikatakan tidak sempurna.
2. Pada *Furnace* 120-F-601 terjadi penurunan efisiensi dari data desain 85,1% menjadi 77,81% dimana hal ini terjadi karena *excess air* yang cukup besar dan *flowrate fuelgas* yang meningkatkan, serta meningkatkan *heat loss* yang didapatkan dari 3,0% pada *furnace* 120-F-601.
3. Pengurangan jumlah penggunaan *fuel gas* maka didapatkan penggunaan titik yang paling optimal pada penggunaan bahan bakar *fuel gas* yaitu 212 Ton/D dari yang sebelum 222 Ton/D, sehingga pada penggunaan *fuel gas* yang ideal tersebut mendapatkan titik optimal efisiensi dari *furnace* 120-F-601, dengan melihat batas – batasan dan sesuai pada teori perhitungan *furnace*.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badaruddin, M. (2018). Dynamics of the Oil and Gas and Mining Industry in Indonesia. In *Jurnal Ilmu Politik (Hubungan Internasional)*. <http://repository.bakrie.ac.id/1528/1/Dinamika> Industri Migas dan Pertambangan di Indonesia-Repo Agt2018 edit Deffi.pdf
- [2] Lppm.trunojoyo (2023). Profile LPPM UTM. <https://lppm.trunojoyo.ac.id/wp-content/uploads/2023/10/PROFILE-LPPM-UTM-2023.pdf>
- [3] Pertamina Refinery Unit IV Cilacap (2018). Buku Saku Light Naphta Hydrotreating Processing and Light Naphta Isomeritation Proyek Langit Biru Cilacap. unpublished
- [4] Pertamina Refinery Unit IV Cilacap (2018). Buku Saku Light Naphta Hydrotreating Processing and Light Naphta Isomeritation Proyek Langit Biru Cilacap. unpublished
- [5] M.Azhar (2023). OPTIMASI PENGGUNAAN BAHAN BAKAR FUEL GAS FURNACE 11- F-101 PADA CRUDE DISTILLATION UNIT DI KILANG PT. XR. Nicole, Prociding Seminar Nasional Teknologi Energi dan Mineral.
- [6] Pertamina Refinery Unit IV Cilacap (2018). Buku Saku Light Naphta Hydrotreating Processing and Light Naphta Isomeritation Proyek Langit Biru Cilacap. Unpublished
- [7] Khurmi. (1981). *Heat Furnaces*.
- [8] Khurmi. (1979). *Heat Engines*.
- [9] McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. (1993). Friction in flow through beds of solids. In *Unit Operations of Chem Engineering* (pp. 151–155).
- [10] Nelson, W. L. (1985). *Petroleum Refinery Engineering 4 th Edition*.

Daftar Simbol

Tin	=	Temperatur masuk, °C
Tout	=	Temperatur Keluar, °C
CIT	=	Coil Inlet Temperatur, °C
COT	=	Coil Outlet Temperatur, °C
GCV	=	Gross Calorific Value, Kcal/kg
LHV	=	Lower Heating Value, Kcal/kg
Cp	=	Kapasitas Panas, Kcal/kg°C
p	=	Massa jenis, Kg/m ³

- H = Enthalpy of oil (kCal/kg)
- Q = Quantity of oil generated per hour (kg/hr)
- q = Quantity of fuel used per hour (kg/hr)
- η = Effisiensi, %