



---

## BAB IX

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### IX.1 Kesimpulan

- 1) Efisiensi rata-rata furnace F-84-001 pada Crude Distillation Unit (CDU) IV dihitung berdasarkan data aktual yang diambil pada tanggal 13 November -17 November 2021 yaitu sebesar 73,33%
- 2) Furnace F-84-001 masih layak beroperasi meskipun efisiensinya menurun dari efisiensi desain (88%)
- 3) Faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi furnace yaitu flowrate bahan bakar, heat loss, %excess air, temperatur combustion air.
- 4) %excess air yang besar akan menyebabkan sebagian energi yang dihasilkan terbuang melalui stack
- 5) Kondisi pembakaran buruk karena persentase oksigen pada gas sisa sebesar 10,99%. 7,99% lebih besar dibandingkan persentase optimum untuk pembakaran optimal

#### IX.2 Saran

- 1) Melakukan pengoptimalan terhadap fungsi air register untuk mengatur masuknya excess air sehingga temperatur flue gas yang keluar dari stack dapat menurun..
- 2) Meningkatkan temperatur combustion air dengan meningkatkan temperatur preheater sampai mencapai temperatur optimum sesuai dengan desain alat.
- 3) Mengendalikan heat loss dengan cara melakukan pengecekan pada dinding refractory untuk mengetahui keadaan dan perubahan struktur dinding yang disebabkan pembakaran berkepanjangan yang mengakibatkan adanya heat loss yang besar.



---

## BAB X

### TUGAS KHUSUS

#### X.1 Metodologi

##### X.1.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data-data yang diperlukan dalam perhitungan analisa *Thermal* dan efisiensi *Thermal* pada *Furnace F-84-001* dilakukan pada tanggal 13 November 2021 – 17 November 2021 di PT PERTAMINA (Persero) RU III pada *Crude Distiller Unit*. Adapun data data yang diambil untuk perhitungan efisiensi *Thermal* meliputi data aktual adalah sebagai berikut :

1. Flow rate *Feed* masuk *Furnace*
2. Flow rate *Feed* keluar *Furnace*
3. Temperatur *Feed* masuk *Furnace*
4. Temperatur *Feed* keluar *Furnace*
5. Komposisi Fuel Gas
6. Komposisi Fuel Oil
7. Temperatur Fuel Gas
8. Temperatur Fuel Oil
9. Flow rate Fuel Gas
10. Flow rate Fuel Oil
11. *Heating Value Fuel Gas*
12. Temperatur Udara pembakaran *Furnace*
13. *Excess* Udara Pembakaran
14. Temperatur *Flue Gas* Keluar *Stack*

##### X.1.2 Metode Perhitungan

Efisiensi pembakaran pada heater merupakan angka kemampuan *furnace* dalam memberikan panas yang akan diserap oleh fluida yang dipanaskan dibandingkan dengan jumlah total panas yang masuk ke *furnace*. Untuk menghitung efisiensi *furnace* diperlukan langkah langkah perhitungan neraca massa (*mass balance*) dan neraca panas (*heat balance*).

##### X.1.2.1 Perhitungan Neraca Massa

Untuk perhitungan neraca massa hal yang harus diketahui adalah massa total input dan massa total output, perhitungan dapat dilakukan dengan:



- 1) Menghitung Input
  - a) Menentukan basis
  - b) Menghitung oil (*feed*) masuk furnace
  - c) Menghitung fuel gas yang disuplai
  - d) Menghitung fuel oil yang disuplai
  - e) Menghitung mol masing-masing komponen fuel gas
  - f) Menghitung berat masing-masing komponen fuel oil
  - g) Menghitung O<sub>2</sub> teoritis
  - h) Menghitung O<sub>2</sub> dari udara (O<sub>2</sub> suplai)
  - i) Menghitung N<sub>2</sub> dari udara (N<sub>2</sub> suplai)
  - j) Menghitung udara suplai
  - k) Menghitung H<sub>2</sub>O di udara
- 2) Menghitung Output
  - a) Menghitung Oil (*Feed*) Keluar Furnace
  - b) Menghitung O<sub>2</sub> keluar *stack*
  - c) Menghitung N<sub>2</sub> keluar *stack*
  - d) Menghitung CO<sub>2</sub> hasil reaksi pembakaran
  - e) Menghitung CO<sub>2</sub> keluar *stack*
  - f) Menghitung H<sub>2</sub>O hasil reaksi pembakaran
  - g) Menghitung H<sub>2</sub>O keluar *stack*
  - h) Menghitung SO<sub>2</sub> hasil reaksi pembakaran

#### **X.1.2.2 Perhitungan Neraca Panas**

Untuk perhitungan neraca panas hal yang harus diketahui adalah panas total input dan panas total output, perhitungan dapat dilakukan dengan:

- 1) Menghitung Input
  - a. Menghitung panas sensible *feed* masuk furnace
  - b. Menghitung panas pembakaran *fuel gas*
  - c. Menghitung panas sensibel *fuel gas*
  - d. Menghitung panas sensibel *fuel oil*
  - e. Menghitung panas pembakaran *fuel oil*



- f. Menghitung panas sensibel udara pembakaran
  - g. Menghitung panas sensibel H<sub>2</sub>O dari udara
- 2) Menghitung Output
- a. Menghitung panas sensibel feed keluar furnace
  - b. Menghitung panas sensibel Flue Gas
  - c. Menghitung panas sensibel H<sub>2</sub>O pada Flue Gas
  - d. Menghitung panas loss yang tidak terdeteksi

### X.1.2.3 Menghitung Efisiensi Thermal & Efisiensi Furnace

$$\text{Efisiensi Thermal} = \frac{\text{Jumlah panas yang dimanfaatkan}}{\text{Jumlah total panas yang masuk}} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi Furnace} = \frac{\text{Panas yang masuk} - \text{Heat Losses}}{\text{Jumlah total panas yang masuk}} \times 100\%$$

## X.1.3 Data Aktual dan Data Hasil Perhitungan F-84-001 Crude Distiller (CD) IV

### X.1.3.1 Data aktual

Data aktual proses furnace F-84-001 di PT Pertamina (Persero) RU III pada Crude Distiller IV berupa data komposisi fuel gas, data komposisi fuel oil, data kondisi umpan dan data kondisi operasi pada furnace.

Tabel 3. 1 Data Komposisi Fuel Gas

Komposisi Fuel Gas	Rumus	%Volume
Metana	CH <sub>4</sub>	84.23
Etana	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	6.48
Propana	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	1.45
i-butana	i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0.31
n-butana	n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0.26
i-pentana	i-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0.1
n-pentan	n-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0.04
hexane	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0.01
CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	5.1
Nitrogen	N <sub>2</sub>	2.02
Total		100



Sumber: PT Pertamina RU III

Tabel 3. 2 Data Komposisi Fuel Oil

Komponen	%Berat
C	87,50
H	12,33
S	0,17
Total	100

Sumber: PT Pertamina RU III

Tabel 3. 3 Data Kondisi Umpan Furnace F-84-001 (F1C1)

Tanggal Pemngambilan Data	Feed Flowrate (T/D)	T Inlet (°C)	T Outlet (°C)
13/11/21	2624,8241	175,1279	201,6660
14/11/21	2593,9752	174,9755	202,2141
15/11/21	2597,6316	170,8233	195,8914
16/11/21	2584,0259	175,0088	202,2634
17/11/21	2556,0486	174,4350	200,9760
<b>Rata-rata</b>	<b>2591,3011</b>	<b>174,0741</b>	<b>200,6022</b>

Sumber: PT Pertamina RU III

Tabel 3. 4 Data Kondisi Umpan Furnace F-84-001 (F1C2)

Tanggal Pemngambilan Data	Feed Flowrate (T/D)	T Inlet (°C)	T Outlet (°C)
13/11/21	2593,7543	235,9800	283,3046
14/11/21	2538,9941	241,2178	288,2618
15/11/21	2534,5025	237,0330	283,2707
16/11/21	2654,2613	245,2824	289,7737
17/11/21	2626,9573	244,5738	286,7093
<b>Rata-rata</b>	<b>2589,6939</b>	<b>240,8174</b>	<b>286,2640</b>

Sumber: PT Pertamina RU III



Tabel 3. 5 Data Kondisi Operasi Furnace F-84-001

Tanggal Pemngambilan Data	Flowrate Fuel Oil (T/D)	FR Fuel gas (T/D)	T Udara (°C)	T Stack(°C)	O2 Excess (%)
13/11/21	0,4523	9,0712	237,4361	249,1367	16,0803
14/11/21	0,4506	8,0821	238,1007	249,4820	14,5194
15/11/21	0,4135	8,8664	237,2624	248,0346	16,2685
16/11/21	0,4310	7,8610	237,6106	247,7746	17,4103
17/11/21	0,4332	8,3121	240,1808	250,5439	16,3239
<b>Rata-rata</b>	<b>0,4361</b>	<b>8,4385</b>	<b>238,1181</b>	<b>248,9943</b>	<b>16,1205</b>

Sumber: PT Pertamina RU III

### X.1.3.2 Data Hasil Perhitungan

Data hasil perhitungan didapat dari perhitungan neraca massa dan neraca panas menggunakan metode Kern. Data yang digunakan dalam perhitungan yaitu data aktual proses furnace F-84-001 di PT Pertamina (Persero) RU III pada Crude Distiller IV selama 5 hari yang diambil dari tanggal 13 November – 17 November 2021. Berikut tabel hasil perhitungan neraca massa dan neraca panas furnace.

Tabel 3. 6 Data Hasil Perhitungan Neraca Massa Rata-Rata (Data 13/11/21-17/11/21) Furnace F-84-001

Perhitungan	Furnace (F-84-001)	
	Input	Output
<b>Flow Feed F1C1</b>	107970,8788 kg/jam	107970,8788 kg/jam
<b>Flow Feed F1C2</b>	107903,9116 kg/jam	107903,9116 kg/jam
<b>Fuel Gas</b>	351,6060 kg/jam	-
<b>Fuel Oil</b>	18,0494 kg/jam	-
<b>H2O</b>	25,5733 kg	1227,6577 kg
<b>CO2</b>	-	1279,8417 kg
<b>N2</b>	-	6527,8690 kg
<b>O2</b>	-	275,7460 kg



<b>SO2</b>	-	0,4250 kh
<b>Udara</b>	8524,4477 kg	-
<b>Total</b>	<b>116890,5552</b>	<b>117282,4183</b>

Tabel 3. 7 Data Hasil Perhitungan Neraca Panas (Data !3/11/21-17/11/21) Furnace F-84-001

Komponen	Furnace (F-84-001)			
	F1C1		F1C2	
	Input (Btu)	Output (Btu)	Input (Btu)	Output (Btu)
Q1	7.826,97	-	7.826,97	-
Q2	1.043.342,31	-	1.043.342,31	-
Q3	13.756,82	-	13.756,82	-
Q4	6.771.951,59	-	6.771.951,59	-
Q5	2.241,98	-	2.241,98	-
Q6	723.819,78	-	723.819,78	-
Q7	36.056.979,5	37.197.789,62	53.328.057,39	55.112.954,44
Q8	-	4.163.544,98	-	4.163.544,98
Q9	-	1.460.094,49	-	1.460.094,49
Q10	-	1.798.489,88	-	1.154.402,93
<b>Total</b>	<b>44.619.918,8</b>	<b>44.619.918,9</b>	<b>61.890.996,8</b>	<b>61.890.996,8</b>

Keterangan :

- Q1 : Panas sensibel fuel gas
- Q2 : Panas sensibel udara pembakaran
- Q3 : Panas sensibel H2O dari udara
- Q4 : Panas pembakaran fuel gas
- Q5 : Panas sensibel fuel oil
- Q6 : Panas pembakaran fuel oil
- Q7 : Panas sensibel feed
- Q8 : Panas sensibel flue gas
- Q9 : Panas sensibel H2O di flue gas
- Q10 : Heat Loss



Tabel 3. 8 Efisiensi Furnace F-84-001

Tanggal	Furnace F-84-001	
	F1C1	F1C2
1	72,73%	72,26%
2	73,87%	72,76%
3	76,72%	74,26%
4	76,72%	70,79%
5	71,70%	71,47%
Rata-rata	74,35%	72,31%
<b>Overall Furnace efficiency</b>	<b>73,33%</b>	

#### X.1.4 Pembahasan

Crude Distillation Unit (CDU) merupakan unit yang digunakan untuk memisahkan berbagai fraksi dari crude oil menjadi gas, SR Top, nafta, Light Kerosene Distillate (LKD), Light Cold Test (LCT) dan residu. Salah satu unit Crude Distiller (CD) adalah CD-IV memiliki kapasitas produksi sebesar 4000 T/D. Crude Distiller IV memiliki salah satu peralatan utama berupa furnace (dapur) yang berfungsi sebagai penyedia energi utama untuk memanaskan feed agar mencapai pemanasan tertentu sebelum masuk pada kolom dan proses selanjutnya. Sebelum masuk ke furnace, feed berupa crude oil akan diumpankan terlebih dahulu ke heat exchanger. Hal ini bertujuan agar meringankan beban kerja furnace karena dapat menghindari temperatur tinggi yang mendadak pada feed, serta untuk menghemat bahan bakar karena dapat memanfaatkan panas residu dan solar. Crude oil yang telah melewati heat exchanger selanjutnya akan dialirkan menuju furnace. Semakin baik efisiensi furnace maka akan semakin hemat energi yang digunakan dan kondisi operasi bagi umpan juga akan tercapai dengan baik.

CDU IV memiliki dua furnace yang diletakkan secara bersambungan. Furnace yang digunakan pada CDU IV merupakan furnace tipe box dengan dua koil. Pada furnace 1, koil pertama digunakan untuk memanaskan ulang produk bawah stabilizer, sedangkan koil 2 digunakan untuk memanaskan ulang produk bawah kolom 1. Pada furnace 2, koil pertama digunakan untuk memanaskan umpan dari kolom 1 menuju kolom 2, sedangkan koil 2 untuk memanaskan ulang produk bawah kolom 2. Masing-masing koil memiliki temperatur inlet dan outlet yang berbeda-

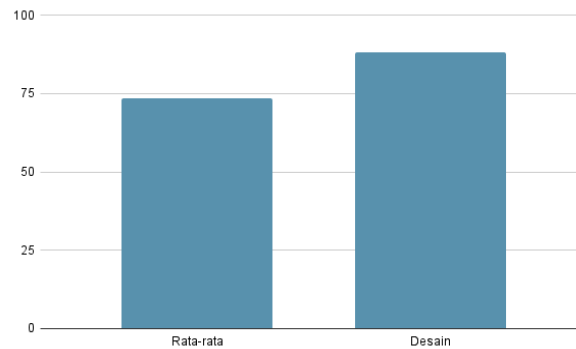




beda. Combined Outlet Temperature (COT) pada furnace merupakan salah satu variabel proses yang mempengaruhi kinerja CDU IV. COT akan mengatur flash zone temperature selama proses berlangsung.

Pada dasarnya, efisiensi furnace dipengaruhi oleh panas yang masuk ke dalam furnace dan panas yang keluar dari furnace. Panas yang masuk ke furnace terdiri dari panas pembakaran dan sensibel fuel gas, panas pembakaran dan sensibel fuel oil, panas sensibel udara pembakaran, dan panas sensibel H<sub>2</sub>O dari udara. Perhitungan evaluasi Furnace F-84-001 ini dilakukan dengan menggunakan metode perhitungan yang terdapat pada buku Kern. Dari metode tersebut didapatkan nilai neraca massa, neraca panas, dan efisiensi furnace, nilai tersebut kemudian digunakan untuk menganalisa apakah furnace F-84-001 masih layak atau tidak untuk digunakan sesuai dengan performa kerja dari Furnace tersebut. Efisiensi furnace dapat dijelaskan sebagai fraksi panas yang dapat dipindahkan dari hasil pembakaran fuel menuju fluida proses. Berikut ini merupakan grafik dari efisiensi furnace F-84-001 rata-rata pada tanggal 13 November 2021 - 17 November 2021 serta grafik desainnya.

Semakin tinggi flash zone temperatur maka semakin banyak yield produk yang dihasilkan dan sebaliknya. Namun temperatur pada Flash zone tetap harus dijaga sedemikian rupa agar tidak terlalu tinggi. Flash zone temperatur yang terlalu tinggi akan mengakibatkan terjadinya thermal decomposition/cracking pada umpan. Pengendalian flashzone temperatur dilakukan dengan pengendalian COT pada furnace. Evaluasi pada furnace telah dilakukan dengan menghitung efisiensi furnace, furnace dengan efisiensi yang baik akan memberikan kondisi operasi yang optimum pada proses di CDU. Efisiensi furnace dapat dihitung dengan mengetahui teori proses pembakaran yang terjadi akibat adanya reaksi kimia antara bahan bakar dan oksigen sehingga menghasilkan panas dan gas hasil pembakaran.



Gambar 3. 1 Grafik perbandingan efisiensi furnace F-84-001 dengan efisiensi desain

Berdasarkan data desain dihasilkan efisiensi furnace F-84-001 senilai 88%, akan tetapi setelah dilakukan perhitungan secara manual berdasarkan data yang dikumpulkan selama 5 (lima) hari dari tanggal 13 November 2021 - 17 November 2021 dihasilkan efisiensi furnace F-84-001 rata-rata senilai 73,33%. Menurut Kern (1950) furnace lama memiliki efisiensi dengan rentang 60-75% dan furnace baru memiliki efisiensi dengan rentang 75-90%, sehingga furnace F-84-001 masih layak untuk digunakan karena memenuhi syarat operasi. Namun, penurunan efisiensi furnace terhadap efisiensi desain ini dikarenakan adanya beberapa faktor yang mempengaruhi. Faktor yang dapat menyebabkan terjadinya penurunan efisiensi furnace tersebut diantaranya suhu crude oil, flow rate dari bahan bakar, temperatur dalam dan luar dinding furnace, panas yang hilang diakibatkan karena terserap oleh dinding furnace, dan panas yang terbawa oleh flue gas.

Besarnya excess air juga menjadi faktor yang mempengaruhi efisiensi furnace. Excess air yang terlalu besar akan memberikan kerugian karena udara panas yang seharusnya memanaskan umpan di dalam pipa menjadi terlalu cepat meninggalkan furnace sehingga panas terbuang percuma ke stack bersamaan dengan flue gas. Temperatur dari flue gas merupakan salah satu faktor utama penyebab dari kehilangan panas (heat loss) yang juga akan berpengaruh pada efisiensi furnace. Oleh karena itu diperlukan upaya untuk mendinginkan temperatur flue gas dengan cara merecovery panas sisa melalui proses perpindahan panas. Selain itu, flue gas yang akan didinginkan, harus terdapat fluida dingin yang dikontakkan dengan flue gas. Sehingga temperatur flue gas yang terlalu tinggi dapat diturunkan. Dari data yang didapatkan diketahui rata-rata temperatur stack selama 5 hari bernilai 249 C, nilai ini melebihi temperatur desain dari furnace F-84-001 yaitu 223 C. Temperatur stack yang melebihi temperatur desain ini mengindikasikan bahwa pembakaran yang terjadi pada burner tidak sempurna.



Pembakaran tidak sempurna dapat terjadi karena jumlah udara yang terlalu banyak. Hal ini karena kelebihan oksigen dan nitrogen akan menyebabkan terserapnya energi dalam pembakaran dan sisa gas buang ini akan dibuang melewati stack, sehingga sebagian energi yang dihasilkan akan terbuang dan menyebabkan tekanan operasi menurun. Hal ini dibuktikan dengan data aktual yang didapatkan dimana rata-rata %excess air selama 5 hari yaitu 16%. Nilai ini terlalu melebihi nilai desain furnace F-84-001 yaitu sebesar 4%.

Kondisi pembakaran dapat ditinjau dari sisa oksigen yang dihasilkan, berdasarkan dari data hasil perhitungan didapatkan persentase oksigen pada gas sisa sebesar 10,99%. Menurut Nurpadmi (2018), persentase oksigen pada gas sisa untuk pembakaran yang optimal dengan bahan bakar gas alam berada di rentang 1,5%-3%. Hal ini menunjukkan persentase oksigen pada gas sisa hasil perhitungan data aktual jauh lebih besar dari persentase optimum untuk pembakaran optimal. Oleh karena itu efisiensi furnace F-84-001 menurun karena sebagian besar energi diserap oleh oksigen yang berlebih. Peningkatan efisiensi furnace dapat dilakukan dengan pengendalian %excess air sesuai kebutuhan bahan bakar. Selain itu temperatur combustion air juga memberikan pengaruh terhadap efisiensi alat, berdasarkan data aktual rata-rata temperatur combustion air adalah 237 C, sedangkan desain dari alat itu sendiri untuk temperatur combustion air adalah 273 C. Hal ini juga menjadi salah satu penyebab menurunnya efisiensi furnace dari efisiensi desain. Sebaiknya temperatur combustion air harus ditingkatkan lagi menggunakan preheater agar tercapai temperatur combustion air yang optimum.

Berdasarkan data lapangan selama 5 (lima) hari menunjukkan temperatur outlet rata-rata tiap coil antara lain 200 C dan 286 C, serta rentang temperatur tiap harinya adalah antar 195-289 C. Hal ini telah benar dilakukan karena temperatur keluaran (outlet) tidak boleh melebihi dari 350 C karena hal tersebut berpengaruh terhadap timbulnya kerak pada tube-tube furnace. Kerak yang timbul dapat menyebabkan tidak meratanya perpindahan panas sehingga crude oil tidak mendapatkan panas dengan sempurna. Kerak tersebut juga dapat menyebabkan hotspot yaitu terjadi pemanasan pada satu titik saja. Apabila hotspot terus dibiarkan akan menyebabkan tube dapat pecah karena terjadi kenaikan temperatur hanya di satu titik. Hal lain yang perlu diperhatikan agar dapat meningkatkan efisiensi furnace adalah melakukan perawatan (maintenance) secara berkala, terlebih lagi pada furnace yang telah lama yang bertujuan agar tidak terjadinya kebocoran yang dapat menyebabkan panas hilang (heat loss) ke lingkungan akan menjadi besar.