



## EVALUASI KINERJA FURNACE-3 PPT MIGAS CEPU

**Yuliani. HR<sup>1</sup>**

1] Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Ujung Pandang,  
Jl. Urip Sumoharjo KM.10 Tamalanrea Makassar 90112 [Sul-Sel]  
Email : [yulih07@yahoo.com](mailto:yulih07@yahoo.com)

### *Abstract*

*Furnace is an main equipment in PPT. MIGAS Cepu purpose increase temperature of crude oil, where the temperature is one variable determined perfection separation process at column distillation fraktionasi. Fuel is used at the third furnace is residu, fuel gas, air as source oksigen and steam for atomization.*

*Crude oil enter into furnace through pipe from top downwards called convection to radiation area with opposite orientation with temperature result of combustion of fuel. Performance of the third furnace is evaluated with heat transfer efficiency and becomes an indication that equipment still good or bad operation. Based result of calculation point the efficiency furnace 3 PPT MIGAS CEPU 68,54 % and excess of air 45,97%.*

**Keywords:** *Furnace, crude oil, efficiency, excess air and PPT.MIGAS CEPU*

### **PENDAHULUAN**

Pada pengolahan minyak bumi diperlukan peralatan untuk memanaskan minyak mentah sebelum memasuki kolom fraksinasi. Pemanasan ini sangat berkaitan dalam pemisahan fraksi-fraksi yang didasarkan trayek titik didihnya. Untuk pemanasan temperature cukup tinggi digunakan furnace dimana sumber panas berasal dari bahan bakar.

Proses perpindahan panas pada furnace terjadi antara fluida yang dipanasi dengan panas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar. Berdasarkan pertukaran panas tersebut maka efisiensi furnace sangat menarik untuk dihitung sebagai indikasi layak atau tidaknya furnace dioperasikan. Perhitungan efisiensi ini juga menjadi acuan PPT.MIGAS Cepu untuk shutdown dan memperbaiki peralatan khususnya pada furnace.

### **LANDASAN TEORI**

#### **1. Furnace**

Furnace adalah salah satu alat yang digunakan dalam operasi minyak bumi bertujuan untuk memanaskan minyak mentah sampai suhu tertentu sesuai perencanaan proses yang diinginkan. Furnace yang diteliti adalah type boks yaitu burnernya dipasang horizontal pada dinding sehingga nyala api searah atau tegak lurus dengan pipa. Proses

perpindahan panas dalam furnace terjadi dalam dua cara, yaitu :

#### **a. Radiasi**

Dalam furnace terjadi pada pemanasan dari nyala api burner ke dinding pipa furnace

#### **b. Konveksi**

Perpindahan panas dalam suatu fluida dari suhu tinggi ke suhu rendah disertai perpindahan molekul dari suatu tempat ke tempat yang lain. Perpindahan panas pada minyak di dalam pipa furnace merupakan perpindahan secara konveksi.

#### **2. Pembakaran**

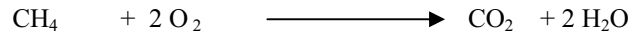
Pembakaran merupakan reaksi antara oksigen dengan bahan bakar disertai timbul panas. Untuk terjadinya pembakaran harus tersedia unsure-unsur yang dibutuhkan antara lain :

- Bahan bakar : Ada tiga jenis yang digunakan yaitu gas, minyak dengan viskositas tinggi dan rendah.
- Udara : Kebutuhan oksigen untuk pembakaran diambil dari udara sekitar/bebas sehingga secara langsung udara berpengaruh terhadap pembakaran.
- Api : Bahan ini digunakan untuk mencapai kondisi dimana pembakaran dapat berlangsung dengan sendirinya.

### Mekanisme Pembakaran

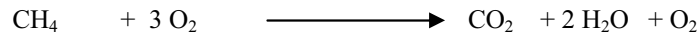
#### a. Pembakaran lengkap dan sempurna

Jika semua atom "C" yang dibakar membentuk Karbon dioksida serta atom "H<sub>2</sub>" menjadi air.



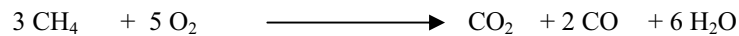
#### b. Pembakaran Lengkap tapi Tak Sempurna

Hasil pembakaran masih ada udara yang tersisa atau tidak semua oksigen bereaksi.



#### c. Pembakaran Tak Sempurna

Udara tidak cukup untuk proses pembakaran sehingga beberapa atom karbon membentuk karbon monoksida.



### 3. Efisiensi Furnace

Efisiensi dipengaruhi oleh beberapa factor, yaitu :

#### a. Panas yang masuk ke dalam furnace terdiri dari :

- Panas pembakaran dan sensible fuel gas
- Panas pembakaran dan sensible fuel oil
- Panas sensible atomizing steam
- Panas sensible udara pembakaran
- Panas yang dibawa oleh minyak mentah

#### b. Panas yang keluar dapur

- Panas yang dibawa oleh gas buangan
- Panas yang hilang lewat dinding, ruang radiasi dan lantai

- Panas yang dibawa minyak mentah keluar dapur

#### c. Panas pada ruang radiasi dan konduksi

Persamaan yang digunakan dalam menghitung efisiensi dalam perhitungan panas (Q) :

$$\text{Panas sensible (Qs)} = m \times C_p \times dT \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{Panas laten (Ql)} = m \times \lambda \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{Panas yang diserap minyak mentah}}{\text{Panas yang diberikan}} \times 100\%$$

#### Keterangan :

**Panas yang diserap oleh minyak mentah adalah** Panas minyak mentah (keluar-masuk) furnace

**Panas yang diberikan adalah** panas total masuk-panas minyak mentah masuk

### METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di PPT.MIGAS CEPU di Kilang dan Laboratorium. Pengambilan data dilakukan dilapangan yaitu pengamatan langsung pada plant dan analisa di laboratorium, data sekunder di perpustakaan dan wawancara dengan staf chemister, mantenes dan operator sebagai pelaksana harian.

#### a. Instrument Penelitian

- Seperangkat alat analisa orsat
- Alat control baik manual maupun komputerisasi

#### b. Sampel Penelitian

- Minyak mentah masuk dan keluar furnace
- Gas buangan yang keluar lewat cerobong
- Bahan bakar minyak yang masuk furnace
- Bahan bakar gas yang masuk furnace
- Steam atomizing yang digunakan

#### c. Teknik analisa Data

Pada penelitian ini teknik analisis yang diterapkan menggunakan perhitungan menggunakan beberapa persamaan transfer panas dan grafik.

## Prosedur Penelitian

### 1. Analisa Orsat

- Sebanyak 100 ml gas buangan diisap dengan alat kemudian diinjeksikan ke dalam alat orsat
- Selanjutnya dilakukan penyerapan terhadap gas CO<sub>2</sub> menggunakan absorben KOH 55%.
- Kemudian cek dan hitung kenaikan volume pada kolom yang berisi KOH 55%, perbedaan volume menunjukkan banyaknya volume gas CO<sub>2</sub> yang terserap.
- Dengan cara yang sama dilakukan penyerapan O<sub>2</sub> menggunakan absorben piro gallol kemudian hitungan kenaikan volumenya.
- Untuk penyerapan gas CO menggunakan absorben Cupro Chloride, dengan cara yang sama hitungan kenaikan volumenya.

### 2. Data-data Operasi

Tekanan, temperature dan laju alir dapat dilihat langsung pada parameter terpasang atau ruang control room. Untuk Spesifik Gravity (SG), destilasi ASTM, analisa orsat, viskositas kinematik di laboratorium operasi kilang dan data penunjang serta grafik di perpustakaan PPT.MIGAS Cepu.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Data Pengamatan

#### a. Analisa minyak mentah

Tabel 1. Analisa Distilasi ASTM Minyak Mentah

Destilat	Temperatur	
	°C	°F
IBP	69	156,2
10	133	271,4
20	182	359,6
30	218	424,4
40	256	492,8
50	289	522,2
60	317	602,6
70	356	672,8

Sumber : Laboratorium Kilang

Viskositas kinematik 122 °F : 4,14 cS

SG 60/60 °F : 0,8558

#### b. Analisa Flue Gas

Tabel 2. Analisa Gas Buangan (Orsat)

Komponen	Persen mol
CO <sub>2</sub>	10,5
CO	0,4
O <sub>2</sub>	7
N <sub>2</sub>	82,1

#### c. Analisa Fuel Gas

Tabel 3. Analisa Komposisi Bahan Bakar

Komposisi Gas	Persen mol
CO <sub>2</sub>	25,10
C-1	69,06
C-2	2,76
C-3	1,26
i C-4	0,29
n C-4	0,41
i C-5	0,17
n C-5	0,14
i C-6	0,17
C-6 +	0,16

SG bahan Bakar Gas : 0,8448

SG air : 1

#### d. Neraca Produk Total Kilang

Laju umpan (minyak mentah) = 188,4945 m<sup>3</sup>/hari

Tabel 4. Neraca massa produk di kilang

Jenis Produk	SG 60/60 °F	Jumlah (m <sup>3</sup> /hari)	Persen
Pertasol CA	0,7236	8,6603	4,5945
Pertasol CB	0,7709	6,5093	3,4533
Kerosine	0,8204	41,2985	21,9097
Solar	0,8525	62,3682	33,0875
HGO/PO	0,8745	17,4393	9,2519
D			
Residu	0,9042	51,9257	27,5476
Loses		0,2932	0,1555
		188,4945	100

**e. Kondisi Operasi**

- Laju alir minyak mentah masuk : 188,4945 m<sup>3</sup>/hari  
Laju alir bahan bakar residu : 4,2 m<sup>3</sup>/hari  
Laju alir bahan bakar gas : 266,6667 m<sup>3</sup>/hari
- Temperatur umpan masuk : 212 °F  
Temperature residu keluar : 617 °F  
Temperature bahan bakar gas masuk : 32 °C  
Temperatur bahan bakar minyak masuk : 90°C  
Temperatur skin tube : 858 °C  
Temperatur cerobong /stack : 350 °C  
Temperatur dinding dalam : 588 °C
- Tekanan minyak mentah masuk : 2,4 kg/cm<sup>2</sup>  
Tekanan minyak mentah keluar : 0,24 kg/cm<sup>2</sup>  
Tekanan bahan bakar gas masuk : 9 kg/cm<sup>2</sup>  
Tekanan bahan bakar minyak masuk : 1,8 kg/cm<sup>2</sup>  
Tekanan steam masuk : 2,5 kg/cm<sup>2</sup>  
Tekanan puncak evaporator : 0,24 kg/cm<sup>2</sup>
- Relatif humidity : 80%

**f. Asumsi**

- Temperatur standard : 60 °F
- Temperatur udara luar : 32 °C
- Tekanan udara : 14,7 psi
- Tekanan uap air pada 32 oC : 0,6982 psi
- Perbandingan N2 dan O2 : 79 : 21
- Jumlah steam : 0,4 lb/lb bahan bakar minyak
- N2 adalah gas inert sehingga N2 masuk = N2 keluar

- Kebutuhan udara dihitung berdasarkan hasil analisa orsat dari gas buangan, menggunakan neraca karbon.

**2. Data Pengamatan**

**Neraca Panas Masuk Furnace**

- a. Panas bahan bakar minyak : Panas pembakaran dan Panas sensible

$$\text{Panas Pembakaran (Q1)} = W1 \times \text{NHV}$$

$$\begin{aligned} \text{Flow fuel oil} &= \frac{\text{Flow bahan bakar} \times \text{SG} \times \text{Bjair}}{0,454 \times 24} \\ &= \frac{4,2 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,9042 \times 1000 \text{ kg/m}^3}{0,454 \text{ lb/kg} \times 24 \text{ hr/jam}} \\ W1 &= 348,5352 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{oAPI} &= \frac{141,5}{\text{SG } 60/60 \text{ } ^\circ\text{F}} - 131,5 \\ &= \frac{141,5}{0,9045} - 131,5 = 25 \end{aligned}$$

Berdasarkan grafik hubungan oAPI Vs heating Value diperoleh NHV = 181,25 Btu/lb

$$\begin{aligned} \text{Maka Q1} &= 348,5352 \text{ lb/jam} \times 181,25 \text{ Btu/lb} \\ &= 6.317.200,5000 \text{ Btu/jam} \end{aligned}$$

Panas Sensibel bahan bakar minyak (Q2)

$$Q2 = W1 \times Cp \times dT$$

Cp diperoleh dari hubungan SG Vs VK dengan factor koreksi fk dari perhitungan K-UOP.

$$K - \text{UOP} = \frac{\sqrt[3]{\text{TB}}}{\text{SG } 60/60 \text{ } ^\circ\text{F}} = \frac{\sqrt[3]{1360}}{0,9042} = 12.25$$

dan fk 1,025

$$\text{Cprata-rata} = 0,4766 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F}$$

$$\begin{aligned} Q2 &= 348,5352 \text{ lb/jam} \times 0,4766 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F} \times \\ &\quad (194-60) \text{ } ^\circ\text{F} \\ &= 22.258,9914 \text{ Btu/lb} \end{aligned}$$

Jadi Total panas bahan bakar minyak masuk

$$\begin{aligned} (\text{QT1}) &= Q1 + Q2 \\ &= 6.317.200,5000 + 22.258,9914 \text{ Btu/lb} \\ &= 6.339.459,4914 \text{ Btu/lb} \end{aligned}$$

b. Bahan Bakar Gas (QT2)

Perhitungan panas bahan bakar gas analog dengan perhitungan bahan bakar minyak baik panas pembakaran maupun sensibel. Hasil perhitungan QT2 merupakan penjumlahan dari keduanya.

$$QT2 = 517.961,8233 \text{ Btu/jam}$$

c. Panas sensible atomizing steam (Q5)

Perhitungan panas sensible pada steam analog dengan perhitungan dengan bahan bakar minyak dimana tekanan berpengaruh. Tekanan masuk  $2,5 + 1 = 3,5 \text{ kg/cm}^2$  (absolut)

$$Q5 = 12.016,4498 \text{ Btu/jam}$$

d. Panas udara

Perhitungan panas udara memperhitungkan perbandingan rasio H/C dan dari perhitungan ini dapat diketahui udara berlebih yang akan menjadi analisis dalam efisiensi dan alternative solusi peningkatan efisiensi.

- Rasio H/C didapatkan 0,13

- **Total Mol Udara Kering**

$$\text{Total bahan bakar minyak dan gas} = 368,6748 \text{ lb/jam}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} \text{Banyaknya Carbon} &= \frac{368,6748 \text{ lb/jam}}{1,13} \\ &= 326,2609 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah mol Carbon} &= \frac{326,2609 \text{ lb/jam}}{12 \text{ lb/lbmol}} \\ &= 27,1884 \text{ lbmol} \end{aligned}$$

Banyaknya Hidrogen =

$$\begin{aligned} H_2 &= (368,6748 - 326,2609) \text{ lb/jam} \\ &= 42,4139 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah mol hidrogen} &= \frac{42,4139 \text{ lb/jam}}{2 \text{ lb/lbmol}} \\ &= 21,2070 \text{ lbmol} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \text{C dalam fuel} &= \text{C pada } (CO_2 + CO) \\ &= 10,5 + 0,4 = 10,9 \% \end{aligned}$$

Jumlah

$$\text{a. } N_2 = \frac{27,1884 \times 82,1}{10,9} = 204,7861 \text{ lbmol}$$

$$\text{b. } O_2 = \frac{27,1884 \times 7}{10,9} = 17,4604 \text{ lbmol}$$

$$\text{Total mol gas buangan kering} = 249,4349 \text{ lbmol}$$

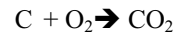
Kelebihan Udara (Excess Air)

Neraca bahan  $O_2$  (diasumsikan dalam udara 21%  $O_2$  dan 79%  $N_2$ )

$$\begin{aligned} \text{O}_2 \text{ dari udara} &= \frac{21 \times 204,7861 \text{ lbmol}}{79} \\ &= 54,4368 \text{ lbmol} \end{aligned}$$

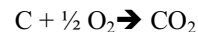
$$\begin{aligned} \text{Udara yang dibutuhkan} &= \frac{100 \times 204,7861 \text{ lbmol}}{79} \\ &= 259,2229 \text{ lbmol} \end{aligned}$$

Reaksi :



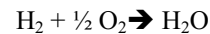
$O_2$  yang dibutuhkan untuk pembakaran = banyaknya C yang ada dalam  $CO_2$ ,  $O_2$  dalam  $CO_2 = 26,1907 \text{ lbmol}$ .

Reaksi :



$O_2$  dalam CO =  $\frac{1}{2}$  dalam CO =  $\frac{1}{2} \times 0,9977 \text{ lbmol} = 0,4989 \text{ lbmol}$ .

Reaksi :



$O_2$  dalam  $H_2O = \frac{1}{2}$  dalam  $H_2O = \frac{1}{2} \times 21,2070 \text{ lbmol} = 10,6035 \text{ lbmol}$ .

Jadi : Total  $O_2$  yang dibutuhkan pembakaran = 37,2931 lbmol

$$\text{Excess Air} = \frac{O_2 \text{ dari udara} - O_2 \text{ Teoritis}}{O_2 \text{ Teoritis}} \times 100\%$$

$$\text{Excess Air} = \frac{54,4368 - 37,2931}{37,2931} \times 100\% = 45,97\%$$

#### Neraca Panas Keluar Furnace

- a. Panas yang diserap Minyak Mentah/Crude Oil (Qm): Panas Minyak Mentah Keluar – Panas Minyak Mentah Masuk

$$Q_m = 6.244.726,7740 - 1.480.447,5079 \text{ Btu/jam}$$

$$Q_m = 4.744.279,2661 \text{ Btu/jam}$$

- b. Panas yang dibawa gas buang an /flue gas : gas CO<sub>2</sub>, CO, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O dan O<sub>2</sub>.

$$Q_{f_{\text{total}}} = Q_{CO_2} + Q_{CO} + Q_{N_2} + Q_{H_2O} + Q_{O_2}$$

$$Q_{f_{\text{total}}} = 1.320.407,7425 \text{ Btu/jam}$$

- c. Panas keluar lewat dinding (Qd)

$$Q_d = Q_{\text{masuk}} - Q (\text{Crude oil serap} + \text{Flue gas})$$

$$Q_{\text{masuk}} = Q \text{ bahan bakar (minyak total} + \text{gas total)} + Q \text{ atomizing steam} + Q \text{ udara pembakaran}$$

$$Q_{\text{masuk}} = 6.922.048,1020 \text{ Btu/jam}$$

Jadi

Panas lewat dinding (Qd)

$$Q_d = 6.922.048,1020 - 4.744.279,2661 -$$

$$1.320.407,0934 \text{ Btu/jam}$$

$$Q_d = 857.361,0934 \text{ Btu/jam}$$

3. Efisiensi Furnace

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi Furnace} &= \frac{\text{Panas yang diserap Crude Oil}}{\text{Panas yang disuplai}} \times 100\% \\ &= \frac{4.744.279,2661}{6.922.048,1020} \times 100\% \\ &= 68,5387\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh efisiensi furnace-3 PPT.MIGAS CEPU 68,54% dimana secara teoritis untuk furnace baru efisiensi 75-80 %, dan furnace lama sebesar 65 – 70% sehingga dapat disimpulkan alat tersebut memenuhi syarat operasi. Penurunan efisiensi

furnace disebabkan alat telah tua dan excess air cukup besar dan adanya kebocoran pada alat baik lewat dinding maupun lewat cerobong. Panas lewat cerobong sebesar 19,07% sehingga bila ditinjau dari efisiensi secara teoritis, panas yang hilang cukup besar. Excess air sebesar 45,97% maka panas yang hilang sekitar 19%, jika excess air diturunkan sekitar 25% dengan suhu stack tetap akan terjadi penurunan panas yang dibawa gas menjadi 16%.

Berdasarkan uraian di atas maka dengan diturunkannya excess air, panas yang hilang lewat cerobong akan turun sehingga efisiensi meningkat dengan demikian panas yang diberikan bahan bakar lebih banyak diterima oleh minyak mentah sebagai panas yang diserap. Kehilangan panas yang besar pada alat maka disarankan diadakan perbaikan untuk mengurangi heat loss dengan memperbaiki isolasi dinding baik dalam ruangan pembakaran maupun bagian atas sehingga excess air juga dapat ditingkatkan.

#### KESIMPULAN

Efisiensi furnace-3 PPT. MIGAS CEPU sebesar 68,54% dengan kelebihan udara 45,97%. Menurut Kern dalam Proses Heat Transfer bahwa untuk furnace lama efisiensi berkisar 60 – 75% sehingga furnace ini masih efisien dan efektif untuk dioperasikan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Edmister, C. Wayne, 1950, Applied Hydrocarbon Thermodynamic, Gulf Publishing Company, Houtson, Texas
- Kern, D.Q, 1950, Process Heat Transfer, Mc. Graw Hill Book Company, New York
- Maxwell, W.L, 1950, Data Book on Hydrocarbon, D Van Nostrand Company Inc, Canada
- Mustakim, 1980, Furnace PPT. MIGAS, PPT. MIGAS, Cepu
- Nelson, W.L, 1969, Petroleum Refinery Engineering, Mc. Graw Hill Book Company, New York
- Reed, R.D, 1973, Furnace Operation, Gulf Publishing Company, Houtson, Texas
- Suharsono, Tony, 1987, Pengolahan II, Akamigas, Cepu