

Efisiensi Kinerja Furnace-03 Pada Unit Kilang PPSDM Migas Cepu

Furnace-03 Performance Efficiency at The Cepu Oil and Gas PPSDM Refinery Unit

Indah Dhamayanthie *), Dian Farkhatus Solikha, Istiqlaly Khaerunnisa, Nayif
Muhamad Rizky

Program Studi D-3 Teknik Kimia, Institut Teknologi Petroleum Balongan, Indramayu, 45216, Indonesia

) E-mail): kuliah.dhamay@gmail.com

Diterima (24 Oktober 2024), Direvisi (15 Mei 2025)

Abstract. PPSDM Migas (Center for the Development of Oil and Gas Human Resources) is an institution engaged in training and education, located at Jl. Sorogo No. 1, Karangboyo Subdistrict, Cepu District, Blora Regency, Central Java Province. *This research was carried out on November 01-30, 2023 at the PPSDM Migas Cepu Refinery Unit which focuses on heating equipment, namely the Furnace. Furnace is an advanced heating device in the refinery unit to heat crude oil with an output temperature of 330 - 350°C. The purpose this research is to calculate the variables that support the calculation of Furnace performance efficiency, calculate and know the efficiency value of Furnace-03, and know the things that affect the efficiency of furnace performance. Supporting variables in the calculation of Furnace efficiency in the form of Specific Gravity, 60 °F Density, °API, and K-UOP values, the results obtained for Fuel Oil are 0.891, 890.294 kg/m³, 27.278, and 11.884, respectively. Whereas the values for Crude Oil are 0.839, 837.934 kg/m³, 37.217, and 12.048, respectively. The results of the calculation of the efficiency of Furnace-03 were obtained at 57.37% so that Furnace-03 was not suitable for operation. Where to achieve good efficiency the things that need to be considered are parameters, such as temperature and flow, as well as the age of the equipment.*

Keywords: Efficiency, Fuel Gas, Fuel Oil, Furnace.

Abstrak. PPSDM Migas (Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas) merupakan institusi yang bergerak di bidang pelatihan dan pendidikan, berlokasi di Jl. Sorogo No. 1, Kelurahan Karangboyo, Kecamatan Cepu, Kabupaten Blora, Jawa Tengah. Penelitian ini dilakukan pada tanggal 01 – 30 November 2023 di Unit Kilang PPSDM Migas Cepu yang berfokus pada alat pemanas yaitu *Furnace*. *Furnace* merupakan alat pemanas lanjutan pada unit kilang untuk memanaskan *crude oil* dengan suhu keluaran 330 - 350°C. Tujuan dari Penelitian ini adalah untuk menghitung variabel yang mendukung untuk melakukan perhitungan efisiensi kinerja *Furnace*, menghitung dan mengetahui nilai efisiensi *Furnace-03*, serta mengetahui hal yang mempengaruhi efisiensi kinerja *furnace*. Variabel pendukung dalam perhitungan efisiensi *Furnace* berupa *Specific Gravity*, Densitas 60°F, °API, dan nilai K-UOP, didapatkan hasil untuk *Fuel Oil* secara berturut-turut adalah 0,891, 890,294 kg/m³, 27,278, dan 11,884. Sedangkan nilai untuk *Crude Oil* secara berturut-turut adalah 0,839, 837,934 kg/m³, 37,217, dan 12,048. Hasil dari perhitungan efisiensi *Furnace-03* didapatkan sebesar 57,37% sehingga *furnace-03* sudah tidak layak untuk beroperasi. Dimana untuk mencapai efisiensi yang baik hal yang perlu diperhatikan adalah parameter, seperti temperatur dan flow, serta usia dari peralatan tersebut.

Kata Kunci : Efisiensi, *Fuel Gas*, *Fuel Oil*, *Furnace*.

PENDAHULUAN

Industri minyak dan gas bumi merupakan salah satu sektor ekonomi yang memiliki peran krusial di Indonesia. Minyak bumi berfungsi sebagai salah satu sumber energi utama yang dimanfaatkan dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk sektor transportasi, industri,

dan pembangkit listrik. Dengan demikian, aktivitas produksi, pengolahan, dan distribusi minyak bumi menjadi elemen penting dalam menjamin ketersediaan energi bagi masyarakat Indonesia

Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi Cepu atau yang dikenal dengan PPSDM Migas Cepu adalah salah satu lembaga yang memainkan peran penting dalam pengembangan sumber daya manusia di sektor minyak dan gas bumi di Indonesia. Sebagai bagian dari upaya untuk meningkatkan pemahaman dan keterampilan dalam industri ini, PPSDM Migas Cepu memiliki Unit Kilang minyak yang digunakan untuk melatih calon pekerja di sektor minyak dan gas bumi.

Dalam operasional kilang, proses pemanasan dan pengolahan bahan mentah (minyak bumi dan gas alam) menjadi produk-produk yang lebih bernilai ekonomis seperti bahan bakar, pelumas, dan bahan kimia, memegang peranan yang sangat penting. Salah satu peralatan kunci dalam kilang yang digunakan untuk proses pemanasan adalah *furnace*. Hal tersebut menyebabkan efisiensi kinerja *Furnace* sangat penting dalam menjaga kelancaran dan efektivitas produksi di kilang migas.

Tingkat efisiensi Furnace-03 pada unit kilang PPSDM Migas Cepu diperoleh sebesar **65,13%**. Nilai ini tergolong rendah, yang disebabkan oleh usia operasional furnace yang telah melebihi 100 tahun. Kondisi tersebut menyebabkan sejumlah permasalahan, seperti terbentuknya kerak pada permukaan tube, terjadinya kebocoran, serta tingginya kehilangan panas yang terjadi melalui dinding furnace. [1]

Masalah tersebut dapat diatasi melalui solusi awal telah diimplementasikan oleh tim teknis di Unit Kilang PPSDM Migas Cepu, seperti pemeliharaan rutin dan pemantauan operasional. Namun, solusi ini belum cukup untuk mengatasi permasalahan efisiensi *Furnace* secara menyeluruh.

Penelitian ini dilakukan untuk melakukan perhitungan kembali terhadap efisiensi kinerja *Furnace*-03 dengan menghitung panas pembakaran dan panas sensibel dari *fuel gas* untuk mengidentifikasi penyebab masalah efisiensi, dan mengusulkan solusi lanjutan yang dapat meningkatkan efisiensi operasional *Furnace*.

TINJAUAN TEORI

2.1 Minyak Bumi

Minyak bumi terbentuk dari sisa-sisa organisme laut, baik hewan maupun tumbuhan, yang mengalami proses dekomposisi dan pengendapan bersama batuan sedimen berbutir halus di wilayah laut atau pesisir. Proses geologis ini berlangsung selama rentang waktu antara sepuluh juta hingga empat ratus juta tahun. [2]

2.2 Furnace

Furnace adalah peralatan dimana fluida dipanaskan oleh gas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar cair atau gas. [3]

Furnace memindahkan panas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar didalam suatu ruangan ke fluida yang dipanaskan hingga mencapai suhu yang diinginkan. [4]

Menurut Mullinger (2008) tujuan utama dari *Furnace* adalah untuk mentransfer energi panas ke produk, oleh karena itu sebelum menganalisa atau mendesain peralatan proses pembakaran, harus memiliki pengetahuan yang mendalam tentang dasar-dasar perpindahan

panas. Jika ada terdapat perbedaan suhu (yaitu gaya pendorong) antara dua bagian dari suatu sistem, maka panas akan akan ditransfer dengan satu atau lebih dari tiga metode [5] :

1) Perpindahan panas secara konduksi

Perpindahan panas secara konduksi terjadi ketika panas mengalir dari suhu tinggi ke suhu lebih rendah, sementara media perpindahan panas tetap. [6]

2) Perpindahan panas secara konveksi

Menurut Buchori (2004), perpindahan panas secara konveksi ketika cairan atau gas dengan suhu tinggi mengalir ke permukaan yang bersuhu lebih rendah, sehingga menimbulkan panas. Perpindahan panas ini terjadi antara permukaan padat dengan fluida yang mengalir di sekitarnya. Oleh karena itu, perpindahan panas ini membutuhkan media penghantar berupa fluida seperti cairan atau gas. Perpindahan panas secara konveksi terjadi melalui dua cara, yaitu [6] :

a. Konveksi Bebas/Alami (*Free/Natural Convection*)

Konveksi alami adalah perpindahan panas yang tidak dipengaruhi tenaga dari luar atau disebabkan oleh perbedaan suhu dan perbedaan massa jenis saja.

b. Konveksi Paksa (*Forced Convection*)

Konveksi paksa adalah terjadi ketika aliran gas atau cairannya terkena tekanan dari luar.

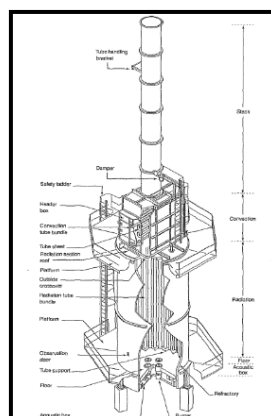
3) Perpindahan panas secara radiasi

Perpindahan panas secara radiasi adalah perpindahan panas yang terjadi karena pancaran, sinaran, atau radiasi gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang pada interval tertentu. Oleh karena itu, perpindahan panas radiasi tidak memerlukan media dan dapat berlangsung dalam ruangan hampa udara. [6]

Menurut Trambouze (2000), *furnace* umumnya dibagi menjadi beberapa tipe diantaranya [3]:

a. Tipe Silinder Vertikal

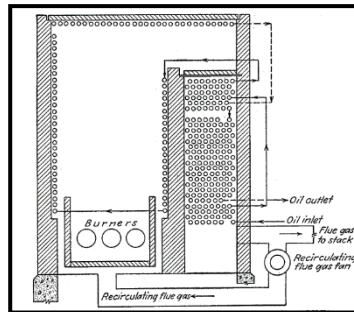
Tipe silinder vertikal adalah *Furnace* dengan bentuk silinder dan dikatakan vertikal karena *tube* didalam seksi radiasi dipasang tegak lurus dan sejajar dengan dinding *furnace*, serta memiliki pembakar pada lantai *furnace* dengan nyala api vertikal sejajar dengan dinding *furnace*.



Gambar 1. *Furnace* Tipe Silinder Vertikal [3]

b. Tipe *Box*

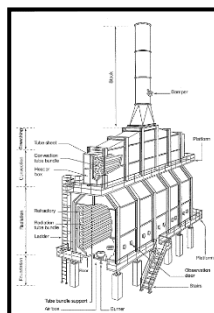
Furnace dengan tipe *box* memiliki bagian radiasi dengan bentuk pipa parallel, dimana pembakar terletak di lantai, dan area pertukaran panas menutupi dinding samping secara vertikal.



Gambar 2. *Furnace* Tipe *Box* [7]

c. Tipe *Cabin*

Furnace dengan tipe *cabin* memiliki bentuk umum bagian radiasi berupa pipa paralel dengan tabung-tabung ditempatkan secara *horizontal* pada dinding samping terpanjang. Pembakar terletak di lantai, di bagian bawah dinding sisi terpanjang atau di dinding ujung di mana tidak ada tabung diletakkan.



Gambar 3. *Furnace* Tipe *Cabin* [3]

2.3 Pembakaran dalam Furnace

Menurut Syarief (2020) untuk mendukung terjadinya pembakaran diperlukan tiga kondisi (keberadaan oksigen, sumber penyalaan, dan bahan bakar) yang harus dipenuhi secara bersamaan, yaitu [8] :

a. Keberadaan Oksigen

Dalam kimia pembakaran, percampuran antara bahan bakar dengan oksigen sangat diperlukan, karena tidak akan terjadi pembakaran tanpa adanya oksigen. Oksigen disini bisa didapat dari udara sekitar.

b. Sumber penyalaan

Proses pembakaran bisa terjadi apabila bahan bakar dan oksigen bereaksi pada suhu pembakaran. Sumber ini dapat berupa percikan api, nyala api, bara atau logam yang membara. Api merupakan hal mendasar dalam semua aplikasi pembakaran. Nyala api adalah reaksi eksotermik cepat antara bahan bakar gas dan oksidator yang terjadi dalam jarak pendek. [9]

c. Bahan Bakar

Pembakaran adalah reaksi kimia dimana komponen-komponen tertentu dari bahan bakar bergabung dengan oksigen yang menyebabkan peningkatan suhu gas. Komponen utama yang mudah terbakar adalah karbon dan hidrogen, komponen lain yang mudah terbakar yang sering ada dalam bahan bakar, meskipun tidak diinginkan, adalah belerang. Bahan bakar yang digunakan pada mesin pembakaran internal berasal dari tiga kelompok yaitu gas, cair, dan padat. Bahan bakar gas yang paling banyak digunakan saat ini adalah gas alam, gas kokas, gas tanur sembur, dan gas produsen. Bahan bakar cair sebagian besar berasal dari minyak bumi, seperti bensin, solar, dan minyak tanah. Bahan bakar padat adalah batu bara, terutama antrasit dan kokas, hingga saat ini hanya digunakan secara tidak langsung, di produsen gas.

Dalam semua bahan bakar, dua elemen dasar yang mudah terbakar adalah karbon dan hidrogen, atau disebut sebagai senyawa hidrokarbon. Pada suhu dan tekanan atmosfer, sebagian hidrokarbon berbentuk gas, sementara sebagian lagi berbentuk cairan. [10]

2.4 Variabel Pendukung

1) Specific Gravity

Specific gravity (SG) merupakan perbandingan antara densitas suatu fluida terhadap densitas fluida standar pada suhu tertentu (untuk cairan biasanya air). [11]

2) °API

°API merupakan skala *gravity* khusus untuk produk minyak bumi dan khusus untuk cairan yang lebih ringan dari air yang diterbitkan oleh *American Petroleum Institute*. [11]

3) K-UOP

K-UOP merupakan sebuah metode untuk menyatakan karakter kimia minyak bumi yang menghubungkan sifat-sifat campuran diperkenalkan oleh Watson, Nelson, dan Murphy. [7]

4) Panas Laten

Panas laten merupakan jumlah panas yang dibutuhkan untuk mengubah bentuk zat, dari padat menjadi cair, dari cair menjadi gas atau sebaliknya, tanpa mengubah suhunya. [12]

5) Panas Sensibel

Panas sensibel adalah jumlah energi panas yang diperlukan untuk menaikkan suhu suatu benda tanpa menyebabkan perubahan fase. Ketika panas diberikan pada suatu benda, suhu benda akan meningkat karena energi tersebut diserap oleh molekul-molekul penyusunnya, yang kemudian bergerak lebih cepat akibat peningkatan energi kinetik. [12]

6) Efisiensi *Furnace*

Efisiensi *furnace* merupakan performa suatu *furnace* dalam menghasilkan panas dari pembakaran sejumlah bahan bakar kepada fluida yang dipanaskan di dalam *tube furnace*. Efisiensi suatu *furnace* dapat ditentukan dengan membandingkan panas yang diserap *crude oil* dengan total panas masuk ke dalam *furnace*. [4]

METODOLOGI

Penelitian ini merupakan evaluasi efisiensi kinerja *furnace*-03 pada unit kilang PPSDM Migas Cepu yang disajikan secara kuantitatif dengan metode observasi dan wawancara dengan cara sebagai berikut:

3.1 Orientasi Lapangan

Sebelum pengambilan data penulis diberikan persiapan berupa pemberian materi oleh Tim Humas bagian Kerja Sama dan PKL di Gedung Utama PPSDM Migas pada tanggal 01 November 2023. Dimana didalamnya dijelaskan mengenai gambaran umum tentang lokasi di PPSDM Migas Cepu yang mencakup, Unit Kilang dan Utilitas, Laboratorium, *Workshop*, dan Perkantoran. Selain itu, Tim Humas juga memperkenalkan perusahaan secara umum dan pemberian arahan mengenai *safety* dan keamanan di Perusahaan.

3.2 Pengambilan Data

Pengambilan data saat penelitian yaitu berupa *logging report* atau *logsheet* yaitu laju alir *crude oil* dan *fuel oil*, densitas dari *crude oil* dan *fuel oil*, temperatur *crude oil*, temperatur *fuel oil*, temperatur *stack*, tekanan *crude oil*, dan tekanan *fuel oil* pada kondisi operasi *Furnace*-03 yang diambil dari DCS (*Distributed Control System*). Data yang diperoleh digunakan untuk mengetahui nilai efisiensi *Furnace*-03 pada Unit kilang PPSDM Migas pada periode 13-17 November 2023.

3.3 Pengolahan Data

Dalam proses pengolahan data, penulis menghitung efisiensi *Furnace*-03 pada Unit Kilang PPSDM Migas yang disajikan pada bagian Hasil dan Pembahasan. Selain itu, penulis juga memanfaatkan referensi dari jurnal ilmiah sebagai data sekunder guna mendukung penyusunan laporan ini.

Untuk melakukan perhitungan efisiensi kinerja *furnace* diperlukan beberapa persamaan sebagai berikut :

- 1) Specific Gravity (SG) [11]

$$SG = \frac{\text{densitas zat}}{\text{densitas zat standard}} \dots\dots\dots (1)$$

- 2) °API [11]

$$^{\circ}API = \frac{141,5}{SG \text{ Cairan}} - 131,5 \dots\dots\dots (2)$$

- 3) K-UOP [7]

$$K - UOP = \frac{3\sqrt{\text{titikdidih}}}{SG \text{ 60/60}} \dots\dots\dots (3)$$

- 4) Gas ideal [13]

$$P.V = n.R.T \dots\dots\dots (4)$$

- 5) Gas Flow [14]

$$Ws = 443,45 \frac{Ts}{Ps} D^{2,677} \sqrt{\frac{P_1^2 - P_2^2}{L \times SG \times T}} \dots\dots\dots (5)$$

- 6) Panas Laten [15]

$$Q = m \times \lambda \dots\dots\dots (6)$$

- 7) Panas Sensibel [16]

$$Q = m \times cp \times \Delta T \dots\dots\dots (7)$$

8) Laju Alir [17]

$$\text{Laju Alir Massa} = \text{Laju Alir Volume Fluida} \times \rho \text{ fluida} \dots\dots\dots (8)$$

9) Panas Flue Gas [16]

$$Q = \sum n \text{ gas} \times cp \text{ udara keluar stack} \dots\dots\dots (9)$$

10) Panas Terbuang Lewat Dinding (Q10) [16]

$$Q = 3\% \times Q_{\text{masuk}} \dots\dots\dots (10)$$

11) Efisiensi Furnace [13]

$$\text{Efisiensi} = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots (11)$$

3.4 Analisa Data

Data yang telah melalui proses pengolahan selanjutnya dianalisis berdasarkan tujuan khusus, yang mencakup variabel-variabel pendukung, efisiensi kinerja, serta faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi Furnace-03. Analisis ini diperkuat melalui studi literatur dan hasil wawancara dengan pihak berwenang, yaitu Operator Unit Kilang. Hasil analisis tersebut kemudian disusun secara sistematis menjadi sebuah laporan utuh yang berisi informasi relevan guna mendukung penarikan kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Penelitian

Data yang digunakan sebagai bahan perhitungan efisiensi *Furnace-03* pada Unit Kilang PPSPDM Migas diperoleh dari data *logsheet* Unit Kilang yang diambil dari DCS (*Distributed Control System*). Data yang diperoleh digunakan untuk menghitung nilai efisiensi *Furnace-03* pada Unit kilang PPSPDM Migas pada periode 13-17 November 2023.

Tabel 1. Data Suhu Masuk dan Keluar *Furnace-03*

| Tanggal | Suhu (°C) | | | | | |
|-----------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------|
| | <i>Crude Oil</i> masuk | <i>Crude Oil</i> keluar | <i>Fuel Oil</i> masuk | Dinding Dalam | <i>Stack</i> <i>Furnace</i> | <i>Fuel Gas</i> masuk |
| 13/11/23 | 127,10 | 345,80 | 41,3 | 630 | 318,70 | 66,50 |
| 14/11/23 | 122,40 | 339,50 | 42,3 | 640 | 321,50 | 66,50 |
| 15/11/23 | 124,40 | 308,70 | 41,9 | 635 | 322,10 | 66,50 |
| 16/11/23 | 129,50 | 348,50 | 42,3 | 640 | 319,20 | 66,60 |
| 17/11/23 | 143,90 | 339,10 | 42,2 | 630 | 317,10 | 66,50 |
| Rata-rata | 129,46 | 336,32 | 42,0 | 635 | 319,72 | 66,52 |

Tabel 2. Data Tekanan Masuk dan Keluar *Furnace-03*

| Tanggal | Tekanan (kg/cm ²) | | | | |
|-----------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------|------------------|----------------|
| | <i>Crude Oil</i> masuk | <i>Crude Oil</i> keluar | <i>Fuel Oil</i> masuk | Udara Bertekanan | Fuel Gas masuk |
| 13/11/23 | 2,720 | 0,184 | 10,40 | 5,1 | 0,05 |
| 14/11/23 | 2,665 | 0,167 | 10,30 | 5,1 | 0,05 |
| 15/11/23 | 2,725 | 0,193 | 10,10 | 5,1 | 0,05 |
| 16/11/23 | 2,100 | 0,127 | 10,10 | 5,1 | 0,05 |
| 17/11/23 | 2,080 | 0,112 | 10,20 | 5,1 | 0,05 |
| Rata-rata | 2,458 | 0,157 | 10,22 | 5,1 | 0,05 |

Tabel 3. Data Laju Alir Masuk *Furnace-03*

| Tanggal | Laju Alir (m ³ /hari) | |
|------------|----------------------------------|-----------------|
| | <i>Crude Oil</i> | <i>Fuel Oil</i> |
| 13/11/2023 | 119,311 | 4,812 |
| 14/11/2023 | 146,549 | 5,764 |
| 15/11/2023 | 112,254 | 4,358 |
| 16/11/2023 | 126,885 | 5,072 |
| 17/11/2023 | 111,122 | 4,376 |
| Rata-rata | 123,224 | 4,876 |

Tabel 4. Densitas 15°C Umpan *Furnace-03*

| Tanggal | Densitas (kg/m ³) | |
|------------|-------------------------------|-----------------|
| | <i>Crude Oil</i> | <i>Fuel Oil</i> |
| 13/11/2023 | 828,03 | 890,80 |
| 14/11/2023 | 828,30 | 890,80 |
| 15/11/2023 | 847,87 | 890,20 |
| 16/11/2023 | 844,37 | 890,80 |
| 17/11/2023 | 843,27 | 890,80 |
| Rata-rata | 838,37 | 890,68 |

Data dari *fuel gas* yang digunakan sebagai bahan bakar pada *furnace* didapatkan dari hasil analisa Laboratorium Unit Kilang dengan nilai sebagai berikut:

Tabel 5. Data Analisa Fuel Gas

| Komponen | (A) BM | (B) (%mol) | (C) Mol fraksi | (D) $D = A \times C$ lb/lbmol | (E) LHV Btu/cuft | (F) $F = C \times E$ |
|----------------------------------|--------|------------|----------------|----------------------------------|---------------------|----------------------|
| CO ₂ | 44 | 25,29 | 0,2529 | 11,1276 | 0 | 0 |
| O ₂ | 32 | - | - | - | - | - |
| N ₂ | 28 | 0,25 | 0,0025 | 0,0700 | 0 | 0 |
| H ₂ S | 34 | - | - | - | - | - |
| CH ₄ | 16 | 67,75 | 0,6775 | 10,8400 | 913 | 618,5575 |
| C ₂ H ₆ | 30 | 3,05 | 0,0305 | 0,9150 | 1641 | 50,0505 |
| C ₃ H ₈ | 44 | 1,73 | 0,0173 | 0,7612 | 2385 | 41,2605 |
| i-C ₄ H ₁₀ | 58 | 0,39 | 0,0039 | 0,2262 | 3105 | 12,1095 |
| n-C ₄ H ₁₀ | 58 | 0,53 | 0,0053 | 0,3074 | 3113 | 16,4989 |
| i-C ₅ H ₁₂ | 72 | 0,22 | 0,0022 | 0,1584 | 3716 | 8,1752 |
| n-C ₅ H ₁₂ | 72 | 0,18 | 0,0018 | 0,1296 | 3709 | 6,6762 |
| C ₆ H ₁₄ | 86 | 0,61 | 0,0061 | 0,5246 | 4412 | 26,9132 |
| Σ | | 100 | 1 | 25,0600 | | 780,2415 |

4.2. Hasil Perhitungan

Variabel pendukung dalam perhitungan efisiensi *furnace* berupa *specific gravity* 60/60, densitas 60°F, °API, dan K-UOP. *Specific gravity* 60/60 merupakan perbandingan antara densitas fluida yang dicari pada suhu 60°F terhadap densitas fluida standar, yaitu air murni pada suhu 60°F. Namun, dalam perhitungan ini nilai densitas 60°F belum diketahui, sehingga *specific gravity* 60/60 dihitung menggunakan metode interpolasi antara *specific gravity* 60/60 dengan densitas 15°C.

Nilai densitas 60°F merupakan nilai massa jenis fluida pada suhu 60°F yang akan digunakan untuk menghitung kebutuhan *fuel oil* dan *crude oil*. Nilai densitas 60°F dihitung menggunakan persamaan (1) dengan menggunakan nilai *specific gravity* 60/60 hasil interpolasi.

Selain untuk mengetahui nilai densitas 60°F, nilai *specific gravity* 60/60 juga digunakan untuk mengetahui nilai °API dan K-UOP. Selanjutnya nilai °API dan K-UOP akan digunakan untuk melakukan perhitungan efisiensi *furnace* dengan mengetahui nilai *gross heat value fuel oil*, nilai *specific heat* dan faktor koreksi dari *crude oil* dan *fuel oil*, serta mengetahui nilai *heat content crude oil* keluar.

Berdasarkan persamaan (1) dan persamaan (2) didapatkan nilai *Specific Gravity* 60/60, Densitas 60°F, °API, dan K-UOP dari *Crude Oil* dan *Fuel Oil* sebagai berikut :

Tabel 6. Variabel Pendukung Perhitungan Efisiensi Furnace

| Nilai | Crude Oil | Fuel Oil |
|---------------|-----------|----------|
| SG 60/60 | 0,839 | 0,891 |
| Densitas 60°F | 837,934 | 890,294 |
| °API | 37,217 | 27,278 |
| K-UOP | 12,048 | 11,884 |

Variabel pendukung tersebut digunakan untuk menunjang perhitungan data panas masuk dan panas keluar *furnace*-03 sehingga diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 7. Data Panas Masuk *Furnace*-03

| Panas Masuk (BTU/jam) | | |
|------------------------------|----------------------------------|-----------------------|
| Q1 | Panas pembakaran <i>fuel gas</i> | 4.778.763,888 |
| Q2 | Panas Sensibel <i>Fuel Gas</i> | 270.539,636 |
| Q3 | Panas laten <i>Fuel oil</i> | 7.717.792,514 |
| Q4 | Panas sensibel <i>Fuel Oil</i> | 8.543,417 |
| Q5 | Panas udara pembakaran | 107.379,122 |
| Q6 | Panas <i>automizing</i> udara | 10.737,912 |
| Q7 | Panas <i>Crude oil</i> masuk | 1.001.858,446 |
| Total | | 13.895.614,935 |

Tabel 8. Data Panas Keluar *Furnace*-03

| Panas Keluar (BTU/jam) | | |
|-------------------------------|---|----------------------|
| Q8 | Panas <i>crude oil</i> keluar | 3.640.882,044 |
| Q9 | Panas udara terbang (<i>flue gas</i>) | 1.865.526,369 |
| Q10 | Panas terbang lewat dinding | 416.868,448 |
| Total | | 5.923.276,860 |

Penentuan suatu efisiensi *Furnace*-03 dapat dilakukan dengan (11). Dari persamaan tersebut diperoleh besar efisiensi untuk *Furnace*-03 pada unit Kilang di PPSDM Migas sebesar :

Efisiensi *Furnace*-03

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{panas masuk} - \text{panas keluar}}{\text{panas masuk}} \times 100\% \\
 &= \frac{(13.895.614,935 - 5.923.276,860) \frac{\text{BTU}}{\text{jam}}}{13.895.614,935 \frac{\text{BTU}}{\text{jam}}} \times 100\% \\
 &= 0,5737 \frac{\text{BTU}}{\text{jam}} \times 100\% \\
 &= 57,37\%
 \end{aligned}$$

4.3. Parameter yang Mempengaruhi Efisiensi Furnace

Furnace dapat mengalami penurunan efisiensi seiring berjalannya waktu yang disebabkan oleh korosi, terbentuknya kerak, kebocoran, dan banyaknya panas terbang melalui dinding alat atau banyaknya gas buang. Kinerja suatu *furnace* dapat dilihat dari jumlah panas masuk fluida dibandingkan dengan panas keluar bahan bakar. Berdasarkan perhitungan, nilai panas masuk yang diperoleh sebesar 13.895.614,935 BTU/jam dan nilai panas keluar sebesar 5.923.338,860 BTU/jam.

Dalam buku Kern, nilai efisiensi *Furnace* layak pakai sebesar 60-90%, sedangkan secara teoritis efisiensi *Furnace* dapat ditentukan dari usia *Furnace* tersebut. Untuk *Furnace* yang baru beroperasi, memiliki efisiensi sebesar 75-80% dan untuk *Furnace* yang telah beroperasi lebih dari 30 tahun sebesar 65-70% sehingga dapat disimpulkan alat tersebut sudah tidak layak digunakan karena berada dibawah *range* kelayakan.

Salah satu penyebabnya adalah usia dari peralatan yang digunakan, *Furnace*-03 telah beroperasi sejak tahun 1913, sehingga *Furnace*-03 telah beroperasi selama 110 tahun. Oleh

karena itu, diperlukan adanya perawatan secara rutin dan berkala untuk menjaga performa dan umur pemakaian dari *Furnace*-03. Selain itu, PPSDM Migas Cepu merupakan sarana pelatihan atau pembelajaran sehingga proses pada unit kilang bertujuan untuk memanfaatkan peralatan yang ada dan jumlah produksi bukan merupakan hal utama dalam proses produksi.

Berdasarkan perhitungan efisiensi *furnace* maka parameter yang mempengaruhi efisiensi *furnace* adalah *temperature* dan *flow*. Dalam menghitung efisiensi *furnace* dibutuhkan parameter *temperature*, seperti *temperature* masuk dan keluar dari *crude oil* dan *fuel oil*, selain itu terdapat juga *temperature* dari dinding dan *stack furnace*. *Temperature* disini bertujuan untuk mendapatkan nilai panas sensibel *fuel oil*, panas sensibel *crude oil*, panas *crude oil* keluar, dan panas udara terbuang (*flue gas*) dengan bantuan nilai *specific heat* atau *heat content* sebagai nilai dari panas fluidanya. *Temperature* yang terlalu rendah dapat menyebabkan pembakaran yang tidak sempurna, sedangkan *temperature* yang terlalu tinggi bisa menyebabkan kerusakan pada *furnace* dan komponen terkait.

Parameter yang mempengaruhi perhitungan efisiensi kinerja *furnace* selanjutnya yaitu *flow* dari fluida yang terdapat pada *furnace* berupa *fuel oil* dan *crude oil*. Flow dari fluida ini digunakan untuk melakukan perhitungan massa fluida yang bertujuan untuk mendapatkan nilai panas laten dan panas sensibel. Flow atau laju alir yang rendah memungkinkan transfer panas yang tidak merata, beresiko terjadi pemanasan berlebih, dan kehilangan panas melalui dinding menjadi meningkat. Sedangkan *flow* yang tinggi dalam *furnace* dapat menyebabkan waktu tinggal pendek, pemanasan tidak efisien, dan kerugian energi yang lebih besar yang mengakibatkan penurunan efisiensi kinerja *furnace* secara keseluruhan.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa variabel pendukung dalam perhitungan efisiensi *Furnace* berupa *Specific Gravity* 60/60, Densitas 60°F, °API, dan nilai K-UOP, didapatkan hasil untuk *Fuel Oil* secara berturut-turut adalah 0,891, 890,294 kg/m³, 27,278, dan 11,884. Sedangkan untuk nilai dari *Crude Oil* secara berturut-turut adalah 0,839, 890,294 kg/m³, 37,217, dan 12,048. Efisiensi *Furnace*-03 adalah sebesar 57,37%, dimana efisiensi *furnace* dapat mencapai nilai yang baik apabila memperhatikan dua hal yaitu parameter, seperti temperatur dan flow, serta usia dari peralatan tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada PPSDM Migas Cepu yang telah memberikan kesempatan kepada kami dalam penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Fauzziyah, Afifah Salma. *Perhitungan Efisiensi Furnace-03 Pada Unit Kilang Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi (PPSDM Migas Cepu)*. Laporan Kerja Praktik. Politeknik Negeri Bandung. 2023.
- [2] Roni, Kiagus Ahmad. *Teknologi Minyak Bumi*. Palembang: CV, Amanah. 2020.
- [3] Trambouze. 2000. *Materials and Equipment*. Institue Francais du Petrole Publications.

- [4] Shahab, Aliyah., Achmad Faisal. 2023. *Evaluation of Furnace-02 Efficiency Using the Heat Loss Method in Refinery Units at Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak Dan Gas Bumi Cepu – Java*. Jurnal Cakrawala Ilmiah Vol.2 No.6.
- [5] Mullinger, Peter., Barrie Jenkins. 2022. *Industrial and Process Furnaces*, Elsevier: Butterworth-Heinemann.
- [6] Buchori, Luqman. 2004. *Buku Ajar Perpindahan Panas Bagian I*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- [7] Kern, D.Q.. *Process Heat Transfer*. Mc Graw Hill Book Company. 1965
- [8] Syarief, Akhmad., dkk. 2020. *Analisis Kebutuhan Udara Pembakaran Untuk Mengoptimalkan Proses Pembakaran Boiler PT. PLN (Persero) Sektor Pembangkitan Asam Asam Unit 3 & Unit 4*. Info Teknik Vol. 21 No.1.
- [9] Ragland, Kenneth W., Kenneth M Bryden. 2011. *Combustion Engineering Second Edition*. New York: CBC Press.
- [10] Maleev. 1945. *Internal Combustion Engines Theory and Design Second Edition*. New York: Mc Graw Hill Book Company.
- [11] Kardjono. 2006. *Proses Pengolahan Minyak dan Gas Bumi*. Cepu.
- [12] Subagyo, Rachmat. 2018. *Bahan Ajar Mesin Pendingin dan Pemanas*. Universitas Lambung Mangkurat.
- [13] Moran, Michael J., et al. 2020. *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*. 9th edition England: John Wiley & Sons, Inc.
- [14] Reed, Robert D. 1981. *Furnace Operations*. 3th Edition. Texas: Gulf Publishing Company.