

EVALUASI KINERJA DAN EFISIENSI *FURNACE STABILIZER* DENGAN METODE *DIRECT* DAN *INDIRECT* PADA *PLATFORMER* *STABILIZER SECTION*

Yusup Guridno^{1*}, Annasit¹, Andi Muhammad Danial²

¹Teknik Pengolahan Minyak dan Gas, PEM Akamigas, Cepu, Kab. Blora, Jawa Tengah 58315

²Process Engineer, PT. KPI RU IV, Cilacap Tengah, Kab. Cilacap, Jawa Tengah 53221

*E-mail: yussuffguridno@gmail.com

ABSTRAK

Furnace merupakan peralatan untuk memanaskan fluida melalui pembakaran bahan bakar secara langsung. Didalam proses pengolahan minyak bumi untuk menjadi produk bahan bakar jadi, fraksi minyak bumi yang akan diproses pada suhu yang tinggi dipanaskan terlebih dahulu di *furnace*. Bahan bakar yang berbentuk minyak, gas maupun padat dapat digunakan sebagai bahan bakar. Panas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar di *furnace* kemungkinan ada yang terbuang dan hilang. Panas yang dihasilkan selama pembakaran digunakan untuk memanaskan fluida yang melewati tube hingga mencapai temperatur operasinya. Hal ini diperlukan karena fluida harus dipanaskan dahulu sebelum proses selanjutnya untuk memenuhi permintaan temperatur operasinya. Untuk mengetahui kinerja atau efisiensi dari *furnace* sendiri harus dilakukan evaluasi secara berkala untuk memastikan pemanasan berlangsung dengan baik dan efisien. Evaluasi kinerja *furnace* mengacu dengan standar perhitungan ASME PTC-4 dengan metode direct dan indirect. *Furnace stabilizer* berperan sebagai reboiler untuk pemanasan hasil bottom produk dari kolom stabilizer. Berdasarkan kondisi operasi aktual, didapat hasil perhitungan efisiensi *furnace stabilizer* dengan metode direct dan indirect berturut-turut yaitu 75,663% dan 70,373%. Secara keseluruhan sesuai batasan efisiensi desain kinerja dari *furnace* menunjukkan kinerja yang bagus dan dari efisiensi yang dihasilkan juga menunjukkan bahwasannya pembakaran yang terjadi dan energi yang dihasilkan sudah maksimal.

Kata kunci : Furnace, Direct, Indirect, Efisiensi

1. PENDAHULUAN

Energy Conservation and Loss Control merupakan salah satu bagian yang bertugas untuk mengatasi permasalahan terkait konservasi energi. Salah satu tugas pokoknya adalah melakukan analisis penggunaan bahan bakar atau energi yang dipakai dalam proses pengolahan minyak bumi. *Furnace* merupakan salah satu alat yang menghasilkan energi panas dan energi dalam refinery. Dan salah satu tugas *Energy Conservation and Loss Control* adalah melakukan evaluasi kinerja alat *furnace* untuk menjaga kestabilan energi yang dihasilkan dan mencegah adanya kemungkinan panas yang terbuang (*Heat Release*). [1]

Furnace atau dapur atau juga biasa disebut dengan tungku pembakaran merupakan salah satu alat proses dalam industri hidrokarbon dan petrokimia yang berfungsi sebagai pemanas feed untuk mendapatkan suhu operasi yang diinginkan. *Furnace* terdiri dari ruang pembakaran yang terdiri dari konveksi area dan radiasi area dengan satu burner atau lebih serta memiliki tube sebagai tempat mengalirnya fluida yang dipanaskan didalamnya. [2]

Furnace atau tungku merupakan alat yang berperan penting dalam proses distilasi atmosferik dan vakum, perengkahan termal dan pengolahan gas bersuhu tinggi. Tungku biasanya dipakai bermacam-macam aplikasi *fired heater*, pemrosesan, serta evaporasi. Berbagai macam tipe tungku pemurnian dibutuhkan untuk memproses fluida bersuhu 1500°F dan kondisi actual 1100°F pada tekanan 1600 psig. [3]

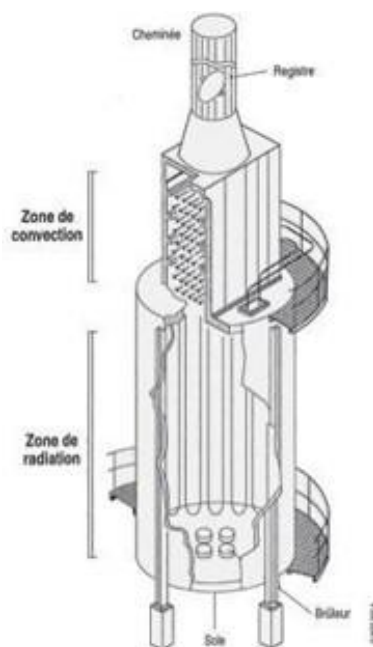
Furnace atau dapur menggunakan energi panas hasil dari selama reaksi *fuel combustion*. Bahan bakar yang berbentuk minyak, gas maupun padat dapat digunakan sebagai bahan bakar. Panas yang dihasilkan selama pembakaran diserap oleh cairan yang mengalir di pipa-pipa tungku. Hal ini diperlukan karena cairan dipanaskan dahulu sebelum proses selanjutnya untuk memenuhi permintaan temperatur operasinya. [4]

Bagian konveksi dan radiasi mempunyai peran penting dalam proses pemanasan pada furnace. Cairan pertama memasuki *convection section* dan kemudian bagian radiasi. menyatakan bahwa sekitar 70% energi ditransfer ke cairan di bagian radiasi dan 30% di bagian konveksi. Tabung bagian konveksi terkadang mempunyai fins untuk meningkatkan perpindahan panas secara konveksi. [5]

Platforming merupakan proses yang menggunakan furnace sebagai *stabilizer* reboiler hasil dari *bottom product* kolom *stabilizer*. Tujuan utama dari unit ini adalah menghasilkan senyawa aromatik dari campuran nafta dan parafin atau produk *stabilized reformat* yang dapat digunakan sebagai komponen blending bahan bakar dengan *Octane Number* yang tinggi. Platforming terdiri dari beberapa bagian proses, antara lain seksi *reactor*, *recontact*, *steam generation*, dan *CCR regeneration*. [6]

Prinsip kerja dari furnace sendiri yaitu ketika pembakaran bahan bakar diruang terbuka melepaskan panas dan memindahkan ke cairan di tube yang mengalir disepanjang dinding dan langit-langit ruang bakar. Dengan memanfaatkan energi panas yang dihasilkan dari reaksi pembakaran bahan bakar dengan udara pembakaran, furnace dapat mentransfer panas kepada fluida yang mengalir dalam tube dengan menyerap panas tersebut. Perpindahan panas terjadi secara radiasi dan konveksi, serta pantulan dari dinding refraktori yang membatasi ruang. [7]

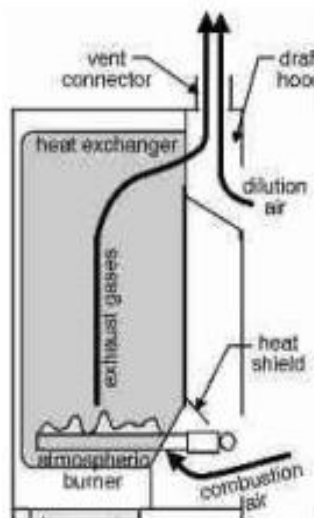
Furnace memiliki banyak jenis apabila ditinjau dari beberapa aspek. Adapun jika ditinjau dari aspek orientasi kumparannya furnace ada 3 tipe yaitu tipe box, silinder vertikal dan tipe kabin. Furnace stabilizer disini berjenis silinder vertikal dengan adapun untuk ilustrasi furnace stabilizer dapat dilihat pada gambar dibawah ini. [8]



Gambar 1. Furnace Silinder Vertikal

Sedangkan jika ditinjau berdasar tipe draftnya atau atas dasar suplai udara, antara lain *natural draft*, *induction draft*, *induced draft*, dan *balance draft*. Gambar 2 adalah ilustrasi furnace yang menggunakan suplai udara natural draft. *Furnace stabilizer* merupakan furnace tipe

natural draft yang memiliki 3 burner dipasang secara seri dan berbahan bakar fuel gas. Berikut merupakan gambar untuk furnace natural draft. [9]



Gambar 2. Natural Draft

Bahan bakar (*fuel*) secara umum dapat digambarkan sebagai zat yang mengandung banyak karbon (C) dan hidrogen (H) dan menggunakan oksigen atmosfer (O_2) selama pembakaran dan menghasilkan panas dalam jumlah tertentu dalam prosesnya. Jumlah panas yang dihasilkan disebut nilai kalor bruto (*calorific value*) dari bahan bakar. Komponen utama bahan bakar adalah karbon dan hidrogen, oleh karena itu disebut juga sebagai bahan bakar hidrokarbon. Minyak dan gas biasanya sering digunakan sebagai bahan bakar di tungku. [10]

Bahan bakar untuk furnace sendiri ada 2 jenis yaitu: bahan bakar gas (*fuel gass*) dan bahan bakar minyak (*fuel oil*). Untuk bahan bakar gas yang digunakan di kilang dapat berasal dari beberapa sumber yaitu: gas alam, baik berupa *associated gas* ataupun *non associated gas*, dan gas kilang, berasal dari proses pemurnian minyak. Gas-gas tersebut biasanya akan dikumpulkan terlebih dahulu di *knockout drum* untuk menghilangkan kondensat yang masih terbawa sebelum akhirnya digunakan sebagai bahan bakar dapur. [11]

Fuel gas memiliki kelebihan dalam penggunaannya yaitu: lebih mudah terbakar dan tidak menyisakan sisa pembakaran, tidak menciptakan jelaga/asap dan nyala api lebih bersih, tidak membutuhkan *steam atomizing*, dan memiliki panas pembakaran yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar cair. Sedangkan kelemahan menggunakan bahan bakar gas adalah: membutuhkan perlakuan yang lebih hati-hati karena gas mudah terbakar. Untuk bahan bakar minyak sendiri (*fuel oil*) yang paling umum digunakan terdiri dari 2 jenis, yaitu: bahan bakar cair dengan viskositas tinggi, dan bahan bakar cair dengan viskositas rendah. [12]

Adapun untuk kelebihan menggunakan bahan bakar cair/minyak yaitu: *fuel oil* dapat menggunakan residu hasil dari CDU jika umpan yang digunakan selain *bottom product*, titik nyala/*flash point*nya relatif tinggi, dan kerugian akan penguapan rendah. Sedangkan untuk kelemahan menggunakan bahan bakar fuel oil yaitu: titik lebur yang tinggi membutuhkan pemanasan dan isolasi, untuk pengkabutan membutuhkan alat bantu seperti pompa dan uap sebagai mediana, dan bisa membentuk jelaga saat dibakar. [13]

Hasil pembakaran bahan bakar pada *furnace* kemungkinan ada yang hilang atau terbuang. Penjelasan paling sederhana adalah besarnya bahan bakar yang dibakar tidak diperhatikan berapa kebutuhan bahan bakar serta rasio bahan bakar terhadap udara pembakaran tidak ideal. Yang berakibat proses serta reaksi pembakarannya didalamnya tidak berlangsung sempurna. Dengan besar kecilnya penggunaan bahan bakar ataupun energi yang digunakan pemerintah berupaya membuat kebijakan terkait konservasi energi. Kebijakan ini terkait dengan efisiensi

penggunaan energi yang lebih optimal seperti yang diatur dalam Peraturan Pemerintah No. 33 Tahun 2023 tentang Konservasi Energi. [14]

Panas yang dihasilkan oleh hasil pembakaran di furnace merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi efisiensi kinerja furnace. Efisiensi merupakan parameter untuk mengetahui kelayakan dan tingkat performa dari alat tersebut apakah masih dalam kondisi normal atau menurun. Untuk mengetahui hasil efisiensi furnace, dapat menggunakan metode dari ASME PTC-4 yaitu *metode direct dan indirect*. Kedua metode ini merupakan metode perhitungan gabungan untuk perbandingan agar didapat hasil efisiensi yang sesuai. [15]

Penelitian dan perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui hasil dari laju alir bahan bakar untuk mencapai efisiensi furnace yang sesuai, dapat mengetahui faktor-faktor dan parameter yang menjadi peran utama dalam efisiensi furnace stabilizer, mendapatkan hasil efisiensi yang sesuai dengan kebutuhan operasi dan batasan desain.

2. METODE

Metode penelitian ini ada 2 yaitu *Direct* dan *Indirect*, metode ini digunakan untuk membandingkan agar didapat ketelitian dan kebenaran hasil. Metode *direct* (langsung) merupakan cara yang hanya memperhatikan panas masuk dan panas keluar sedangkan, untuk metode *indirect* (tidak langsung) memperhitungkan semua kerugian panas yang terjadi pada furnace.[15]

Penelitian diawali dengan melakukan studi literatur dan menentukan judul serta objek penelitian yang akan dijadikan topik pembahasan. Studi literatur berupa e-book, jurnal, *manual book equipment*, dan perhitungan *process enginer* dilapangan. Kemudian dilakukan obeservasi lapangan secara langsung selama 4 minggu terkait unit kerja furnace dan mulai memahami alur proses kerja dari furnace stabilizer yang digunakan sebagai reboiler hasil *bottom product* kolom stabilizer serta mencatat hal-hal yang berkaitan dengan furnace stabilizer. Dilakukan pengumpulan data actual mulai dari tanggal 1-31 Juli 2024 yang digunakan dalam proses perhitungan efisiensi kinerja furnace. ASME PTC-4 merupakan acuan yang digunakan dalam perhitungan evaluasi boiler. Dikarenakan furnace stabilizer ini berperan sebagai reboiler maka acuan perhitungan menggunakan ASME PTC-4 dengan metode *direct dan indirect*. Kedua metode ini memiliki sedikit perbedaan, metode *direct* hanya memperhatikan panas yang masuk dan panas yang keluar sedangkan yang metode *indirect* lebih banyak variable yang menjadi parameter perhitungan dan memperhatikan total *heat release* atau *heat loss* yang ada.

Setelah dilakukan perhitungan efisiensi dilakukanlah proses evaluasi alatnya dan dari parameter-parameter yang ada apakah masih dalam parameter Batasan desain. Dalam mekanisme perhitungan juga dibantu dengan *software aspen hysys* untuk menentukan nilai panas yang masuk maupun keluar dibutuhkan nilai Cp, dengan cara mensimulasikan dengan alat heater kemudian dimasukkan komponen feed beserta kondisi operasinya maka didapatkanlah hasil nilai Cp-nya. Perhitungan dilakukan secara sistematis mulai dari metode *direct* terlebih dahulu kemudian *indirect*. Berikut merupakan persamaan perhitungan evaluasi efisiensi furnace stabilizer beserta urutan perhitungannya. [15]

a. Metode *Direct*

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

$$\eta = \frac{Qx(H-h)}{qxGCV} \times 100 \quad (2)$$

Adapun untuk panas masuk dan keluar persamaanya adalah sebagai berikut

$$C_p \times T_{in} \quad (3)$$

b. Metode Indirect

$$100 - (L1 + L2 + L3 + L4 + L5 + L6) \quad (4)$$

Dimana untuk mencari nilai tersebut dilakukan perhitungan beberapa variable sebagai berikut:

- % Berat Komponen C, H, O, S, dan N

$$\% \text{ weight} = \frac{\text{Total massa}}{\text{Total massa fuel}} \quad (5)$$

- **Theoretical Air Requirements**

$$\text{TAR} = \frac{(11,6xC) + \left(34,8x\left(H2 - \frac{O2}{8}\right)\right) + (4,35xS)}{100} \quad (6)$$

- **Excess Air (EA)**

$$\text{EA} = \frac{O2}{21 - O2} \times 100 \quad (7)$$

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

$$\text{AAS} = \left(1 + \left(\frac{\text{EA}}{100}\right)\right) \times \text{TAR} \quad (8)$$

- **Heat loss in dry flue gas (L1)**

$$L1 = \frac{m \times C_p \times (T_f - T_a)}{\text{GCV Fuel}} \times 100 \quad (9)$$

- **Heat los due to evaporation of water due to H₂ in fuel (L2)**

$$L2 = \frac{9 \times H2 \times \{584 + C_p(T_f - T_a)\}}{\text{GCV Fuel}} \times 100\% \quad (10)$$

- **Heat loss due to moisture present in fuel (L3)**

$$L3 = \frac{\text{Moisture} \times (584 + C_p(T_f - T_a))}{\text{GCV pf Fuel}} \times 100\% \quad (11)$$

- **Heat los due to moisture in air (L4)**

$$L4 = \frac{\text{AAS} \times \text{humidity factor} \times (C_p \times (T_f - T_a))}{\text{GCV of Fuel}} \times 100\% \quad (12)$$

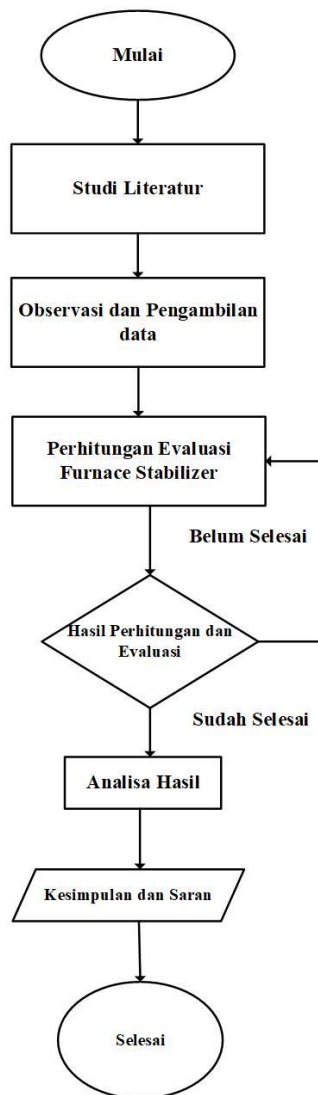
- **Heat loss due to incomplete combustion (L5)**

Untuk nilai ini diasumsikan 0 karena tidak ada losses akibat pembakaran sempurna.

- **Heat los due to radiation (L6)**

Berdasarkan standar buku ASME diketahui bahwasannya untuk *heat loss* jenis *furnace* ini pada bagian radiasi yaitu sebesar 2-3%. Untuk panasnya sendiri tidak ke semua tube pada dinding boiler dan sudah ada standarnya yaitu 2%.

Setelah didapat hasil efisiensi yang sesuai kemudian dilanjutkan dengan analisis evaluasi, namun apabila hasil efisiensi masih menunjukkan belum memenuhi batasan desain maka akan dilakukan perhitungan ulang dengan memperhatikan variable atau parameter serta observasi lapangan. Akan tetapi apabila hasil menunjukkan tidak sesuai batasan desain yang ada maka akan dilakukan analisis lebih lanjut dan evaluasi berdasar hasil lapangan dan konstruksi alat. Berikut merupakan tahapan proses penelitian dalam bentuk *flowchart*.



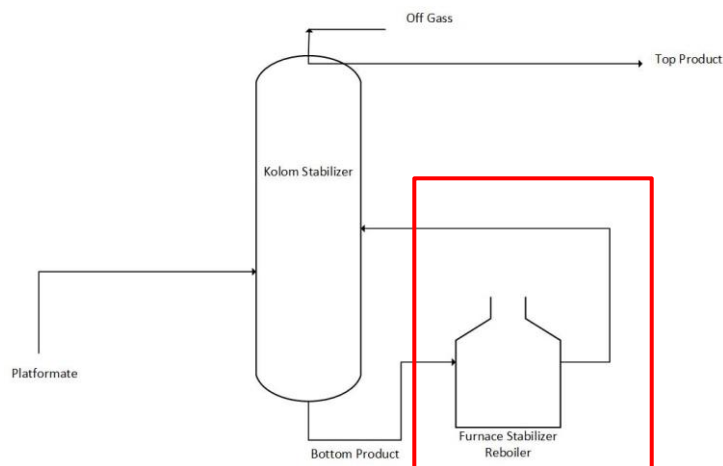
Gambar 3. Flowchart

3. PEMBAHASAN

A. Alur Proses Unit Platformer Stabilizer Section

Unit *Platformer Stabilizer Section* merupakan salah satu unit pemisahan dan pemurnian fraksi-fraksi ringan dari fraksi berat seperti C_4^- . Dalam platforming terjadi proses katalitik yang digunakan untuk mengkonversi nafta yang memiliki oktan rendah menjadi reformat yang memiliki oktan tinggi, sehingga dapat digunakan sebagai komponen blending gasoline. Berikut merupakan gambar bentuk furnace yang ada di lapangan.

Furnace Stabilizer merupakan bagian dari unit ini yang mempunyai *feed* berupa *heavy naphtha* atau *bottom product* dari hasil pemisahan fraksi dikolom *debutanizer*. Gambar 4 merupakan bentuk *Furnace Stabilizer* dikilang yang merupakan furnace reboiler yang digunakan sebagai pemanas produk dari bottom produk untuk dilakukan proses pemanasan kembali atau juga untuk menguapkan bottom produknya. Feed reboiler dipompakan oleh pompa mengalir menuju ke konveksi interheater dan *stabilizer reboiler* atau furnace stabilizer yang tersusun secara seri. Hal ini bertujuan untuk menguapkan bottom liquid sehingga menghasilkan uap untuk menstrip fraksi ringan di bottom stabilizer.



Gambar 4 Diagram Alir Furnace Stabilizer

Furnace Stabilizer adalah salah satu dari 3 furnace yang tersusun secara seri dengan 2 furnace lainnya yang mempunyai satu *common stack* di atasnya. Sehingga hanya ada satu perpindahan panasnya yaitu radiasi dengan bagian konveksi yang jadi satu di atasnya. Stabilizer berbeda dari kedua furnace lainnya karena fungsi utamanya yaitu sebagai penyetabil menguapkan bottom produk kolom stabilizer sehingga produk/fraksi ringan yang sekiranya masih bisa untuk diuapkan atau *directcycle* kembali ke kolom *debutanizer*. Furnace Stabilizer memiliki 3 burner dengan menggunakan sistem natural draft dan untuk bahan bakar pembakarannya adalah fuel gas.

Tabel 1. Data Kondisi Operasi dan Data Desain Aktual

Kondisi Operasi	Unit	Stabilizer			
		Design	Min	Max	Average
Flow Reboiler	TPD	3166	4263	4264	4263
%Flowrate	%	100	135	135	135
%Effisiensi	%	59	70,4	73,1	71,5
Duty	Mmkcal/hr	1,9	1,9	2,5	2,2
TST	°C	371	255	293	273
BWT	°C	747	502	626	564
Temp. Stack	°C	Common Stack with Stabilizer			
CIT	°C	189	184	188	186
COT	°C	195	199	201	200
Δ COT-CIT	°C	6	13	16	14
O2 Excess	°C	4,2	3,34	5,52	4,52
Flow FG	TPD				5,81
Press FG	Kg/Cm2G				0,38

Data pada Tabel 1 diatas merupakan data kondisi operasi beserta data desain aktual selama 1 bulan yang kemudian dari data-data tersebut digunakan untuk melakukan perhitungan efisiensi kinerja *furnace*. Tabel 2 berikut merupakan data-data desain rujukan beberapa parameter dari kondisi aktual di lapangan.

Tabel 2. Data Desain Kondisi Proses

INLET CONDITONS	
Temperatur (C)	184
pressure (Kg/cm2g)	11
Liquid Flow (kg/hr)	119
Vapor Flow (kg/hr)	0
Liquid density	540
Vapor, molecular weight	0
Liquid Viscosity, CP	0,12

OUTLET CONDITIONS	
Temperatur (C)	196
pressure (Kg/cm2g)	9.703
Liquid Flow (kg/hr)	83
Vapor Flow (kg/hr)	36
Liquid density	573
Vapor, molecular weight	86,9
Liquid Viscosity, CP	0,113

Tabel 3. Data Desain Kondisi Pembakaran

Type of fuel	Gas
Excess air	20%
Guaran teed eff. (LHV)	54,1
Calculated eff. (LHV)	55,1
Radiation loss, percent of heat release (LHV)	1,5
Fluie gas temp. leaving radiant section	888
flue gas temp. leaving convection section	-
flue gas mass velocity through convection section (kg/m2.sec)	-
Draft at bridge wall (mmhg)	0.0934 (min)
Draft at burner (mmhg)	0,859
Ambient air temperature (C)	18-32
Altitude, m above sea level	5L
Calculated heat release, million Kcal/hr (LHV)	5,14

Data Tabel 3 diatas adalah data pendukung desain untuk tahapan evaluasi efisiensi frunace stabilizer apabila ditemukan beberapa variabel yang kurang ataupun tidak memenuhi.

B. Perhitungan Efisiensi

Dalam perhitungan ini digunakan 2 metode untuk didapatkan perbandingan hasil efisiensi kinerja dari *furnace* dengan acuan dari pedoman ASME PTC-4.

1. Metode Direct

Berdasarkan persamaan 1, 2, dan 3 dilakukan perhitungan efisiensi metode direct. Dan dilakukan simulasi *hysys* untuk mencari nilai Cp agar dapat menghitung nilai panas yang masuk dan Kemudian dicari nilai perhitungan dari GCV dengan didapatkan data operasi LHV pada

bulan juli yaitu 11.530,3 Kcal/kg, dikalikan dengan factor 1,08 didapatlah GCV sebesar kemudian dihitunglah GCV nya sebesar 12.452,724 Kcal/kg. Kemudian setelah didapatkan nilai diatas dimasukkanlah pada rumus persamaan efisiensi *direct 1*, dan 2 didapatkan hasil efisiensi :

$$\eta = \frac{131,697 \text{ TPH} \times (151,6579 - 134,3384) \text{ Kcal/kg.C}}{0,2420 \text{ TPH} \times 12452,624 \text{ Kcal/Kg}} \times 100\%$$

$$\eta = 75,663\%$$

2. Metode Indirect

Dalam melakukan perhitungan dengan metode idirect dibutuhkan data % komposisi berat dari fuel gas seperti pada tabel 4 berikut.

Tabel 4. Data Komposisi Fuel Gas

Name	KG C	KG H	KG O	KG S	KG N	MW	%WT
Hydrogen (H ₂)	0	112.06	0	0	0	1.1206	5.425693
Oxygen (O ₂)	0	0	0	0	0	0	0
Nitrogen (N ₂)	0	0	0	0	43.96	0.4396	2.128444
Carbon Monoxide (CO)	1.33644	0	1.77156	0	0	0.03108	0.150482
Carbon Dioxide (CO ₂)	3.2076	0	8.6724	0	0	0.1188	0.575203
Hydrogen Sul-fide (H ₂ S)	0	1.428	0	22.372	0	0.238	1.152342
Methane (CH ₄)	56.4	18.8	0	0	0	0.752	3.641015
Ethane (C ₂ H ₆)	123.456	30.864	0	0	0	1.5432	7.471827
Ethylene (C ₂ H ₂)	13.15392	0.99008	0	0	0	0.14144	0.684821
Propane (C ₃ H ₈)	296.204	69.47996	0	0	0	3.65684	17.7056
Propylene (C ₃ H ₆)	2.7846	0.4914	0	0	0	0.03276	0.158617
Iso Butane (C ₄ H ₁₀)	275.3724	60.4476	0	0	0	3.3582	16.25965
n-Butane (C ₄ H ₁₀)	472.7713	103.7791	0	0	0	5.765504	27.91527
Trans-2-Butene (C ₄ H ₈)	2.686454	0.511706	0	0	0	0.0319816	0.154848
1-Butene (C ₄ H ₈)	1.555369	0.296261	0	0	0	0.0185163	0.089652
Isobutylene (C ₄ H ₈)	2.67036	0.47124	0	0	0	0.031416	0.152109
Cis-2-Butene (C ₄ H ₈)	2.09814	0.37026	0	0	0	0.024684	0.119514
Iso Pentane (C ₅ H ₁₂)	165.8801	33.97544	0	0	0	1.998555	9.676553
n-Pentane (C ₅ H ₁₂)	111.984	22.93649	0	0	0	1.349205	6.532547
1,3-Butadiene (C ₄ H ₆)	0	0	0	0	0	0	0
Methyl Acety-lene (C ₃ H ₄)	0.10696	0.01322	0	0	0	0.0012018	0.005819
C ₃ = + C ₆ ⁺ H.C.	0	0	0	0	0	0	0
Total	1531.67	456.915	10.444	22.372	43.96	20.65	100
TOTAL FUEL					2065		

Data diatas digunakan untuk menghitung % berat dari komponen C, H, O, S, dan N sesuai dengan persamaan 5 untuk hasil perhitungannya disajikan dalam bentuk tabel 5 sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil Perhitungan % Weight

% weight	Hasil
C	74,160%
H	22,123%
O	0.505%
S	1,083%
N	2,128%

Selanjutnya setelah didapat data % weight pada table 3 dilakukan perhitungan massa dari *dry fuel gass* dengan persamaan 6-8 maka perlu diperlukan perhitungan dari *theoretical air required*, *excess air* dan *actual mass of air supplied* hasilnya disajikan kedalam tabel 6 sebagai berikut.

Tabel 6. Parameter Udara

Parameter	Hasil
<i>Theoretical Air Requirements</i>	10,538 kg/kg of fuel gas
<i>Excess Air (EA)</i>	26,728%
<i>Actual Mas of Air Supplied (AAS)</i>	13,354%

Kemudian dari hasil diatas dihitung untuk massa dari *Dry Fuel Gasnya* yaitu didapat hasil 14,06365 kg/kg of oil. Kemudian dicarilah nilai dari L1, L2, L3, L4, L5 dan L6 sesuai persamaan 9-12 yang disajikan kedalam bentuk tabel 7 hasil seperti dibawah ini dengan adanya penjelasan masing-masing hasil perhitungannya.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Indirect

Perhitungan	Hasil	Keterangan
L1	13,813 %	Semakin tinggi temperatur gas buang, semakin tinggi panas yang dikeluarkan dari boiler. Hal ini menyebabkan panas terbuang dan berdampak negatif pada efisiensi boiler
L2	13,164%	Bahan bakar seperti batubara, minyak, dan gas alam mengandung hidrogen. Ketika hidrogen bereaksi dengan oksigen, maka air (H ₂ O) terbentuk sebagai produk samping. Air yang terbentuk dari pembakaran hidrogen kemudian mengalami evaporasi. Proses ini menghilangkan panas yang seharusnya digunakan untuk memanaskan <i>feed</i> .
L3	0,035%	Kerugian panas yang terjadi karena air yang terkandung dalam bahan bakar yang tidak sepenuhnya terbakar dan berubah menjadi uap dikarenakan air yang terkandung dalam bahan bakar akan mengalami evaporasi dan menghilangkan panas yang seharusnya digunakan untuk memanaskan <i>feed</i> .
L4	0,616 %	Semakin tinggi temperatur gas buang, semakin tinggi panas yang dikeluarkan dari boiler. Hal ini menyebabkan panas terbuang dan berdampak negative pada efisiensi boiler.
L5	0	Diasumsikan 0 karena tidak ada <i>losses</i> akibat pembakaran yang sempurna.
L6	2%	Sesuai buku ASME PTC-4 diketahui bahwasannya untuk <i>heat loss</i> jenis <i>furnace</i> ini pada bagian radiasi yaitu sebesar 2-3%. Untuk panasnya sendiri tidak ke semua tube pada dinding boiler itu sudah ada standarnya yaitu 2%.

- **Efisiensi Furnace dengan Metode Indirect**

Berdasarkan hasil dari tabel 7 yang sudah dilakukan perhitungan maka sudah dapat untuk dilakukan perhitungan efisiensi dengan metode *indirect* menggunakan persamaan 4 sebagai berikut :

$$\eta = 100\% - (13,813 + 13,164 + 0,0035 + 0,616 + 0 + 2\%)$$

$$\eta = 70,373\%$$

C. Analisa Hasil

Hasil dari kedua metode perhitungan diatas terjadi perbedaan hasil antara *direct* dan *indirect* dengan selisih 5%. Sebenarnya dilihat dari flowrate yang masuk itu sendiri sudah melebihi dengan kondisi desain yang ada disisi lain faktor pembacaan alat instrumentasi yang tidak tepat juga bisa berpengaruh terhadap hasil dari perhitungan efisiensi. Untuk metode *direct* ini efisiensi dipengaruhi oleh variabel-variabel proses yang ada karena apabila beberapa variable yang sudah melebihi kondisi desain yang ada maka kinerja dari furnace juga akan meningkat. Metode *direct* dilihat dari hasil perhitungan *heat adsorb* dan *heat release* juga sudah melebihi kapasitas yang ada ini mengakibatkan adanya peningkatan efisiensi sekitar 4% dari rata-rata efisiensi operasinya selama bulan Juli. Berdasarkan fakta dilapangan furnace Stabilizer ini tahun 2023 telah dilakukan penggantian burner sehingga dengan data desain yang ada hasil efisiensinya lebih tinggi yang kemungkinan akibat dari penggantian burner tersebut, sehingga meningkatkan kinerja dari *furnace* juga. Apabila dibandingkan dengan data desain yang dahulu juga tidak relevan karena perbedaan desain yang terbaru.

Pada perhitungan *indirect* hasil efisiensi masih dalam *range* efisiensi aktual ini dikarenakan kemungkinan faktor burner yang masih baru juga menyebabkan kinerja yang masih bagus. Pada metode *indirect* ini juga beberapa variabel yang digunakan sebagai data pendukung dalam perhitungan efisiensi yang sangat berpengaruh seperti, komposisi dari *fuel gas*, *moisture* dalam *fuel gas*, tingkat *humidity*, *temperature flue gas*, *theoretical air required*, *excess air supplied*, *actual mass of air supplied* dan *mass of dry fuel gas*. Kemudian data-data tersebut digunakan untuk menghitung total dari kerugian panas/loses yang terjadi pada furnace dihitunglah L1, L2, L3, L4, L5, dan L6 yang kemudian dikurangkan dengan 100% didapatkanlah efisiensi 70,373%. Perbedaan mendasar dengan metode *direct* ada pada cara perhitungan dan hanya berokus memperhitungkan energi yang terkandung dalam kerja dan energi input dari bahan bakar. Secara keseluruhan kinerja dari furnace Stabilizer sudah cukup bagus efisiensi yang dihasilkan juga menunjukkan bahwasannya pembakaran yang terjadi dan energi yang dihasilkan sudah maksimal hanya saja mungkin factor ketepatan alat instrumentasi menjadi faktor penyebab peningkatan efisiensi metode *direct*, namun jika ditinjau dari metode *indirect* sebagai pembanding hasil evaluasi menunjukkan kinerja yang sangat baik dan cenderung masih normal.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa bisa disimpulkan *furnace* Stabilizer berfungsi sebagai reboiler stabilizer untuk menguapkan *bottom liquid* sehingga menghasilkan uap untuk menstrip fraksi ringan yang masih terdapat di Bottom Stabilizer 14C 601. Ditinjau dari perhitungan evaluasi kinerja yang dilakukan dengan 2 metode yaitu *direct* dan *indirect*. Hasil dari perhitungan efisiensi metode *direct* didapatkan hasil sebesar 75,663% sedangkan untuk metode *indirect* didapatkan hasil sebesar 70,373%. Dari hasil perhitungan tersebut dipahami bahwasannya *furnace* Stabilizer berjenis *vertical cylindrical* masih bekerja dalam kondisi normal dan baik serta terjadi peningkatan kinerja akibat dari pergantian burner yang baru. Jika dibandingkan dengan data desain yang ada hasilnya berbeda karena perbedaan desain yang ada dikarenakan desain saat ini merupakan desain terbaru sehingga efisiensinya juga akan berubah.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Samudro, G., Hadiwidodo, M., & Ardhiyanto, R. "Pemanfaatan Microbial Fuel Cells (MFCs) dalam Produksi Energi Listrik: Studi Variabel Debit Input dan Konsentrasi Elektrolit $KMnO_4$." *Prosiding Semnas Teknologi Industri Hijau Semarang: BBTPPI*, 2014.
- [2] Kern, Donald Q. *Process Heat Transfer*. The McGraw-Hill Companies, Inc. USA. 1983
- [3] API 560. *Fired Heaters for General Refinery Services*. American Petroleum Institute, Washington D.C., 2001.
- [4] API 532. *Measurement of the Thermal Efficiency of Fired Process Heaters*. American Petroleum Institute, Washington D.C., 1982.
- [5] Trambouze, P. *Materials & Equipment*. Editions Technip, Paris, 2000.
- [6] Geankoplis, C. J. *Transport Processes and Separation Process Principles*. 4th ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 2003.
- [7] Perry, Robert H. *Chemical Engineer's Handbook* 5 th Edition. McGraw-Hill. Japan. 1973
- [8] Charles Jr., E. B. *The John Zink Hamworthy Combustion Handbook - Second Edition*. CRC Press, USA, 2013.
- [9] Trinks, W., et al. *Industrial Furnaces* 6 th Edition. John Wiley & Sons, Inc. USA, 2004
- [10] Khurmi, R. S. *Heat Engines*. S. Chand & Company LTD. New Delhi. 1979
- [11] Connolly, N. P. *Safe Operation of Fired Heaters*. BP Oil International, British, 1974.
- [12] Nelson, W. L. *Petroleum Refinery Engineering*. 4th ed. McGraw-Hill, New York, 1985.
- [13] Supriyadi, Didik. *Gambaran Umum Heater*. TPPI Tuban. 2021
- [14] Walas, S. M. *Chemical Process Equipment*. Butterworth-Heinemann, Reed Publishing (USA) Inc., United States of America, 1990
- [15] ASME. *ASME PTC 4-2013: Fired steam generators. (Revision of ASME PTC 4-2008)*. American Society of Mechanical Engineers, 2013.
- [16] Triananda, Pradipta. *Optimalisasi Excess Air Furnace di HDT Fuel Oil Complex Pertamina*. 2016

Daftar Simbol

GCV	= Gross calorific value of the fuel (kCal/kg)
H	= Enthalpy of steam (kCal/kg)
h	= Enthalpy of feed water (kCal/kg)
L1	= Losses karena flue gas kering
L2	= Losses karena hidrogen dalam bahan bakar (H_2)
L3	= Losses karena kelembapan/uap air dalam fuel (H_2O)
L4	= Losses karena kelembapan/uap air dalam udara
L5	= Losses karena karbon monoksida (CO)
L6	= Losses karena radiasi permukaan, konveksi dan lainnya yang tak terhitung
L7	= Losses yang tidak terbakar dalam fly ash (Carbon)
L8	= Losses yang tidak terbakar dalam bottom ash
Cp	= Koefisien Panas (Kcal/kg°C)
Q	= Quantity of steam generated / hour (kg/hr)
q	= Quantity of fuel used per hour (kg/hr)
η	= efisiensi