URANIUM
Journal of Sciences Research
e-ISSN xxxx-xxxx
p-ISSN xxxx-xxxx
Publisher: Fermora Education
Available online at https://fermoraedu.com/index.php/ujsr/

Evaluasi Kinerja *Furnace* 11 F-101 pada *Crude Distillation* Unit (CDU) di PT Kilang Pertamina Internasional

Arsyi Rihan[1], Ninin Asminah[1], Elli Prastyo[1]*

[1]Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Institut Teknologi Petroleum Balongan, Pekandangan, Indramayu, Jawa Barat, Indonesia. 45216

*elli.prastyo@gmail.com

Informasi Artikel:

Submited: 08 Agustus 2025
Revised: 11 Agustus 2025
Accepted: 12 Agustus 2025

Kata kunci:
Efisiensi; Fuel gas; Furnace; excess air

Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC-BY-NC-SA 4.0)

Abstrak

Peningkatan kebutuhan energi telah mendorong industry dalam menjaga kapasitas produksi melalui performansi alat yang terjaga. Furnace merupakan alat utama pemasok energi dalam industry hilir migas. Performansi furnace menjadi pengaruh signifikan terhadap kinerja produksi dan efisiensi energi pada industry hilir migas. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui performa *furnace* ditinjau dari efisiensi dan reaksi pembakaran. Waktu Penelitian dilakukan selama satu bulan di Unit 11 *Crude Destillation Unit* (CDU) PT. Pertamina RU VI Balongan dari tanggal 2 Mei - 31 Mei 2023. Variable pada penelitian ini yaitu *air temperature*, *fuel gas temperature*, *fuel gas flow*, *flue gas temperature*, kebutuhan udara teoritis, dan *excess air* yang digunakan untuk melakukan perhitungan efisiensi thermal. Hasil dari perhitungan perenam hari di bulan April 2023 didapatkan rata – rata efisiensi *Furnace* sebesar 88,70% yang masih sangat layak digunakan dengan diperkuat dari sumber D.Q Kern "thermal efisiensi yaitu 75 - 80%.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi diperkirakan semakin meningkat terutama penggunaan bahan bakar minyak (BBM) di Indonesia, yang setiap tahunnya semakin meningkat (Adams, 2024). Hal ini didasari oleh meningkatnya penggunaan kendaraan bermotor, sehingga energi fosil yang tak terbarukan ini sangatlah dibutuhkan oleh masyarakat. Oleh karena itu, Indonesia kerap kali melakukan impor untuk memenuhi kebutuhan penggunaan BBM dan juga terdapat perusahaan yang selalu berusaha mencukupi pasokan BBM di Indonesia yaitu PT. Pertamina (Persero).

CDU merupakan *Atmospheric Distillation* yang mengolah minyak mentah menjadi produk-produk berdasarkan perbedaan titik didih dan titik embun. Produk-produk yang dihasilkan dari CDU antara lain fraksi gas, naphta, kerosene, *Light Gas Oil* (LGO), *Heavy Gas Oil* (HGO), dan *Atmospheric Residue*. Tujuan CDU adalah memaksimalkan produk akhir, oleh karena itu sebagian residunya diproses lagi pada unit *Atmospheric*

Copyright © 2025, Owned by the Author, Published by the *Uranium Journal of Sciences Research*.
This article is open access

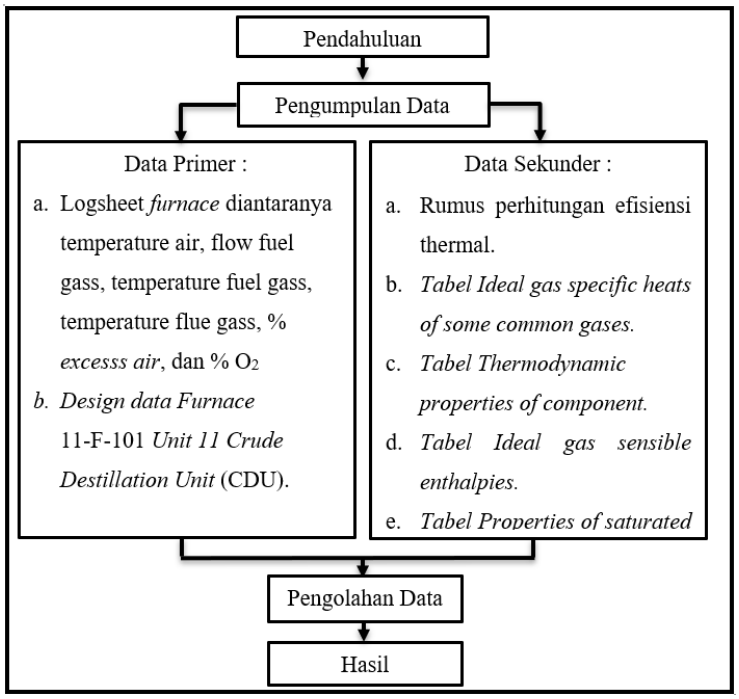
Hydrodemetalization Unit (AHU) / *Atmospheric Residue Hydrodemetalization* (ARHDM) dan sebagian lagi langsung ke unit *Residual Calatytic Cracking* (RCC).

Pada primary proses terdapat alat yang sangat berperan penting untuk pengolahan *crude oil* yaitu *Furnace. Furnace* di unit CDU ini diperuntukan agar *feed* yang masuk mencapai suhu yang dibutuhkan untuk proses distilasi, maka minyak mentah dilewatkan melalui beberapa penukar panas (*heat exchanger*) dengan memanfaatkan panas dari produk yang dikeluarkan dari kolom fraksinasi sebelum akhirnya dipanaskan di *furnace* secara radiasi hingga suhunya mencapai ± 360^{o}C.

Ditinjau dari beberapa faktor yang mempengaruhi efisiensi *furnace* adalah panas yang masuk kedalam *furnace*, panas yang keluar dari dapur, dan panas pada ruang radiasi dan konduksi (Hr, n.d.). Sehingga penulis disini tertarik untuk mengambil judul tugas akhir yaitu "Evaluasi Kinerja *Furnace* 11-F-101 Pada (CDU) Ditinjau Dari Efisiensi Thermal Di PT. Kilang Pertamina Internasional Refinery Unit VI Balongan Indramayu - Jawa Barat".

2. METODOLOGI

Pada pelaksanaan penelitian yang berjudul Evaluasi Kinerja Furnace 11-F-101 Unit 11 (CDU) ditinjau dari efisiensi thermal, penulis menyajikan pembahasan secara deskriptif menyeluruh. Data orientasi lapangan dimana data diperoleh dari pelaksanaan dan observasi secara langsung tentang Kinerja *Furnace* 11-F-101 (CDU). Berikut adalah langkah pelaksanaan penelitian.



Gambar 1. Diagram alir pelaksanaan penelitian

2.1. Pengambilan Data Primer

Data – data diperoleh dari hasil observasi langsung di lapangan beserta konsultasi langsung dengan pembimbing lapangan, wawancara dengan operator-operator dan pegawai yang ada disana. Adapun data yang diambil yaitu data primer dan data sekunder yang digunakan untuk menghitung Efisiensi kinerja *Furnace* 11-F-101 diambil selama 1 April - 30 April 2023 yaitu:

1. *Logsheet* furnace diantaranya air temperatur, *fuel gas flow, fuel gas temperature, flue gas* temperature, % excesss air, dan % O_2 pada DCS (Distributed Control System) daily report pada bulan April tahun 2023 di PT. Pertamina RU-VI Balongan.

Copyright © 2025, Owned by the Author, Published by the *Uranium Journal of Sciences Research*.
This article is open access

2. Data design *furnace* 11-F-101 Unit 11 *Crude Destillation Unit* (CDU), data ini mengacu pada spesifikasi alat.

Tabel 1. Kondisi Operasi Furnace

Kondisi Operasi *Furnace* 11-F-101 PT.Pertamina RU VI				
Tanggal (April 2023)	Udara	Fuel		Flue Gas
	Temp Ambient (℃)	Temp (℃)	Flow (m^3)	Temp (℃)
1-6	30	40	3635,11	261,28
7-12	30	40	3591,53	256,23
13-18	30	40	3645,01	263,89
19-24	30	40	3576,73	252,51
25-30	30	40	3597,01	251,39
1-6	3,44	20	2	3,47
7-12	2,80	20	2	2,80
13-18	3,92	20	2	3,92
19-24	3,97	20	2	3,97
25-30	3,77	20	2	3,77

Bahan bakar yang digunakan untuk *Furnace* 11-F-101 adalah cocktail yaitu campuran antara natural gas, off gas, dan vapour LPG, dimana komponen bahan bakarnya adalah hydrogen, methane, ethane, ethylene, propane, propylene, iso-butana, dan n-butane.

2.2. Pengambilan Data Sekunder

1. Tabel *Ideal gas specific heats of some common gases*
2. Tabel *Thermodynamic properties of component*
3. Tabel *Ideal gas sensible enthalpies*
4. Tabel *Properties of saturated water (liquid - vapour)*

2.3. Pengolahan Data

Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan rumus sebagai berikut:

Perhitungan kalor sensible udara

$$Qa = Cpa\ x\ (Ta - Td)\ x\ \frac{ma}{mf} \quad (1)$$

Perhitungan kalor pembakaran fuel gas

$$Qf = m\ x\ GHV \quad (2)$$

Perhitungan kalor sensible fuel gas

$$Qfs = m\ x\ Cp\ x\ (Ta - Td) \quad (3)$$

Perhitungan kalor radiation loss

$$Qr = Qf\ x\ \%\ Radiasi\ loss \quad (4)$$

Perhitungan kalor hilang pada sesi stack

$$Qs = m\ x\ H \quad (5)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bahan bakar yang digunakan untuk *Furnace* 11-F-101 adalah cocktail yaitu campuran antara natural gas, off gas, dan vapour LPG, dimana komponen bahan bakarnya adalah hydrogen, methane, ethane, ethylene, propane, propylene, iso-butana, dan n-butane. Berikut

Copyright © 2025, Owned by the Author, Published by the *Uranium Journal of Sciences Research*.
This article is open access

ini merupakan reaksi setiap komponen fuel menggunakan reaksi pembakaran lengkap sempurna.

$$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O \quad (6)$$
$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O \quad (7)$$
$$C_2H_6 + 3{,}5O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O \quad (8)$$
$$C_2H_4 + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 2H2O \quad (9)$$
$$C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O \quad (10)$$
$$C_3H_6 + 4{,}5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 3H_2O \quad (11)$$
$$C_4H_{10} + O_2 \rightarrow 4CO_2 + 5H_2O \quad (12)$$

Hasil perhitungan O_2, N_2, CO_2, H_2O, *Excess Air*, dan Udara dari reaksi pembakaran bahan bakar yang digunakan (kg/hr) di bulan April 2023 dengan rata – rata per 6 hari ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan reaksi pembakaran fuel gas

Tanggal (April 2023)	1-6	7-12	13-18	19-24	25-30
O_2 (kg/hr)	626432,06	618922,00	628138,11	630721,04	619866,36
N_2 (kg/hr)	2356577,78	2328325,63	2362995,77	2318601,39	2331878,22
CO_2 (kg/hr)	363167,78	358813,89	364156,84	357315,31	359361,38
H_2O (kg/hr)	526528,57	520216,21	527962,53	518043,53	521009,96
Total *Air* (kg/hr)	3085625,38	3029770,57	3108386,34	3051455,53	3063025,35
Excess Air (kg/hr)	102615,53	82522,93	117252,44	116517,05	111280,77
Excess O_2 (kg/hr)	626432,06	618922,00	628138,11	630721,04	619866,36
Excess N_2 (kg/hr)	2356577,78	2328325,63	2362995,77	2318601,39	2331878,22

Berikut ini merupakan salah satu contoh hasil, setelah melakukan perhitungan panas masuk dan panas keluar, maka di dapatkan neraca panas pada *Furnace* 11-F-101 di bulan April 2023 dengan rata – rata per 6 hari akan ditampilkan melalui tabel berikut.

Tabel 3. Hasil perhitungan neraca energi

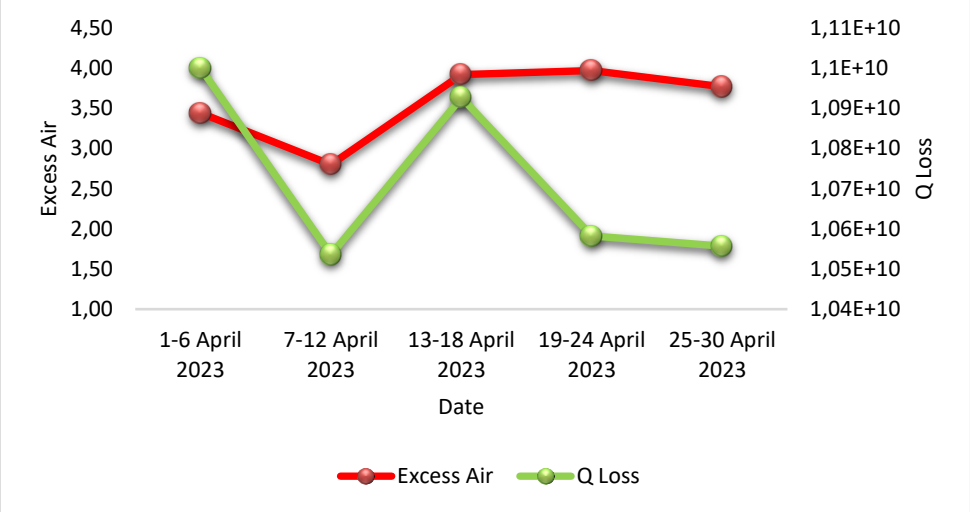
Data Hasil Neraca Panas (kj/hr)					
Ket	1-6	7-12	13-18	19-24	25-30
Qa	0,071	0,057	0,081	0,082	0,078
Qf	95250525852	94108602247	95509934840	93715558326	9452194293
Qfs	299701395	296108385	300517613	294871690	296560191
Qr	1905010517	1882172045	1910198697	1874311167	1885043886
Qs	9095520186	8653357434	9016354460	8707783726	8672015463
Q tidak terdeteksi	84549696544	83869181153	84883899297	83428335124	83991695135
Q Loss	11000530703	10535529479	10926553156	10582094892	10557059348

Beberapa faktor yang mempengaruhi efisiensi *furnace* adalah panas yang masuk kedalam *furnace*, panas yang keluar dari dapur, dan panas pada ruang radiasi dan konduksi (Hr, n.d.). Untuk mengetahui nilai efisiensi di bulan April, salah satunya dapat menggunakan efisiensi thermal.

Copyright © 2025, Owned by the Author, Published by the *Uranium Journal of Sciences Research*.
This article is open access

Hasil dari perhitungan perenam hari di bulan April 2023 didapatkan rata – rata efisiensi *Furnace* sebesar 88,70%. Menurut (*Proses Heat Transfer (KERN)*, n.d.) dalam proses heat transfer bahwa efesiensi thermal *furnace* yaitu 75 - 80%, sehingga furnace ini masih efesien dan efektif untuk dioperasikan.

Nilai efisiensi dapat ditinjau dari hasil perhitungan efesiensi thermal berdasarkan *excess air* dan pembentukan CO_2 hasil pembakaran, maka dapat dilihat pada penjelasan grafik sebagai berikut.



Gambar 2. Hubungan nilai excess air terhadap Q loss

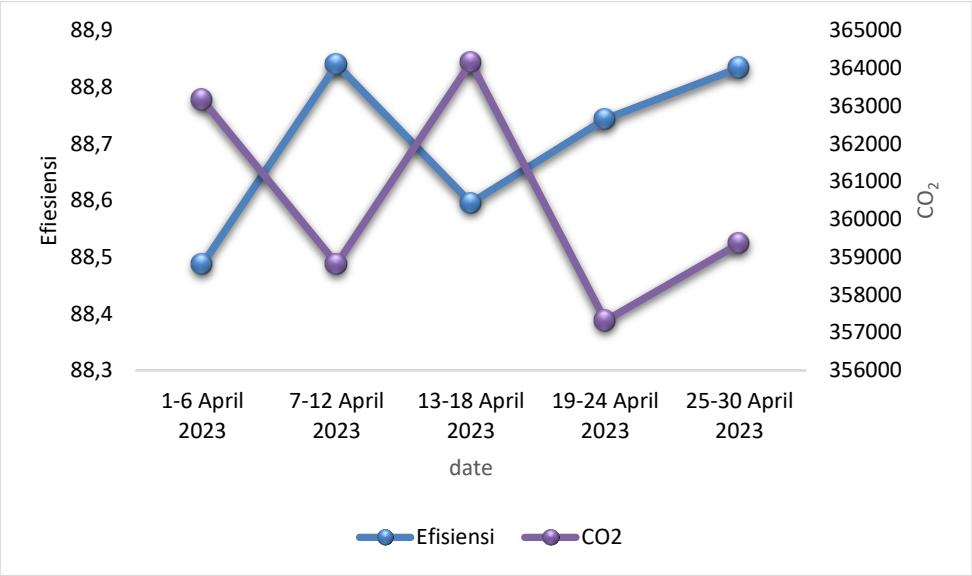
Dapat dilihat gambar 2 bahwa *excess air* dan Q Loss saling berkorelasi satu sama lain. Jika semakin besar *excess air* yang diperoleh maka semakin besar pula Q Loss yang dihasilkan pada *furnace*, begitu sebaliknya semakin kecil *excess air* maka semakin kecil pula Q Loss yang dihasilkan. Grafik 5.1 menunjukkan nilai penyimpangan Q Loss yang terjadi pada tanggal 19-24 April 2023, dimana penyimpangan yang dimaksud tidak terjadi korelasi antara Q Loss dengan *excess air*. Hal itu dikarenakan flow fuel gas yang masuk terlalu besar dan tidak sebanding dengan nilai *excess air* yang terlalu kecil yaitu sebesar 35951,53 m^3 dengan *excess air* sebesar 2,80%.

Semakin banyak jumlah *excess air* yang keluar melewati cerobong asap, maka semakin kecil pula kemungkinan jumlah bahan bakar yang belum terbakar bisa melewati cerobong asap. Namun juga, semakin banyak jumlah *excess air* yang lolos melewati cerobong asap, jumlah energi panas yang lolos terbawa oleh udara sisa tersebut juga semakin banyak. Maka dari itu ada angka optimum dari besaran *excess air,* sehingga didapatkan efisiensi pembakaran boiler yang paling optimal (Sugiharto, n.d.).

Idealnya, ruang bakar harus dilengkapi hanya dengan jumlah udara yang tepat untuk benar-benar membakar semua bahan bakar, yang disebut sebagai jumlah udara stoikiometrik atau teoretis (Ningsih, 2021). Namun, sebenarnya praktiknya, pembakar industri beroperasi dengan kelebihan jumlah udara pembakaran karena pencampuran yang tidak sempurna udara dan bahan bakar dan untuk mengakomodasi ayunan dalam variabel seperti komposisi bahan bakar dan kondisi ambien. Umumnya untuk pemanas dan tungku untuk beroperasi dengan sekitar 10% - 15% udara berlebih, yang setara dengan sekitar 2% - 3% kelebihan O_2 (Baukal & John Zink Company., n.d.).

Berdasarkan data perhitungan, dapat dilihat hubungan antara jumlah CO_2 hasil pembakaran terhadap efisiensi *furnace* yang ditunjukkan pada grafik sebagai berikut.

Copyright © 2025, Owned by the Author, Published by the *Uranium Journal of Sciences Research*.
This article is open access

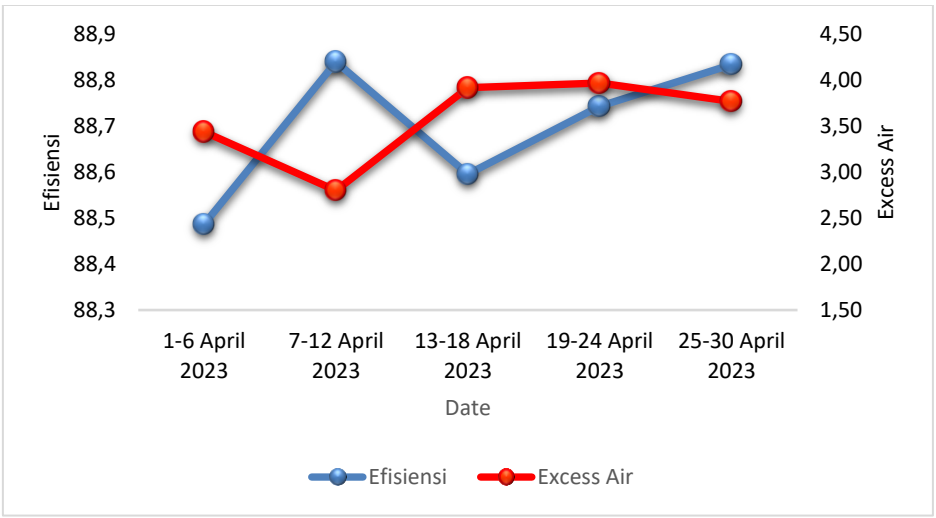


Gambar 3. Hubungan nilai efisiensi dan flue gas CO2

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa jumlah CO_2 dapat mempengaruhi efisiensi yang dihasilkan *furnace.* Semakin besar jumlah CO_2, maka efisiensi pada *furnace* semakin kecil begitupun sebaliknya. Jumlah CO_2 dalam gas buang atau emisi dari furnace dapat mempengaruhi efisiensi *furnace. Furnace* yang bekerja pada pembakaran bahan bakar akan menghasilkan CO_2 sebagai produk sampingan dari reaksi pembakaran yang sehat. Jumlah CO_2 yang tinggi pun dapat menyebabkan efisiensi *furnace* berkurang. Hal ini dikarenakan, apabila terjadi kenaikan jumlah CO_2 pada flue gas, dapat mempengaruhi flow flue gas ataupun temperature flue gas sehingga Q Loss pun bisa ikut terjadi kenaikan (Simanjuntak, 2019).

Kenaikan jumlah CO_2 juga bisa diakibatkan oleh bahan bakar yang digunakan. Karena pada *Furnace* 11-F-101 ini berbahan bakar fuel gas dengan komposisi komponen bahan bakar yang cukup bervariasi sehingga komponen yang memiliki rantai carbon yang panjang, dapat menghasilkan jumlah CO_2 yang relative tinggi (Veronica, 2021).

Berdasarkan data perhitungan, dapat dilihat pengaruh *excess air* terhadap efisiensi *furnace* yang ditunjukkan pada grafik sebagai berikut.



Gambar 4. Hubungan nilai efisiensi terhadap excess air

Copyright © 2025, Owned by the Author, Published by the *Uranium Journal of Sciences Research*.
This article is open access

Gambar 4 terlihat bahwa *excess air* sangat berpengaruh terhadap efisiensi *furnace* 11-F-101, tidak jauh berbeda dengan grafik 5.2 yang menunjukan bahwa jumlah CO_2 yang sama berpengaruh nya terhadap efisiensi. Semakin besar *excess air* yang dihasilkan pada *furnace* maka semakin kecil efesiensi nya, begitupun sebaliknya semakin kecil *excess air* maka semakin besar efisiensinya, Menurut (Ghufron et al., 2014) menyatakan bahwa Jika pasokan *excess air* semakin besar, maka nilai efisiensi yang dihasilkan semakin menurun. Jumlah O2 tertentu diperlukan untuk pembakaran yang sempurna dengan tambahan sejumlah udara berlebih (*Excess Air*) diperlukan untuk menjamin pembakaran sempurna. Walau demikian, terlalu banyak udara berlebih akan mengakibatkan panas yang hilang dan menurunkan efisiensi (Suci Ningsih et al., 2021).

Menurut (Sugiharto, n.d.) bahwa semakin tinggi jumlah udara (oksigen) yang lolos melewati stack, maka akan semakin kecil jumlah bahan bakar termasuk karbon monoksida yang belum terbakar sempurna. Namun juga seperti yang telah kita bahas di atas, semakin tinggi jumlah excess air maka grafik efisiensi pembakaran kembali turun, tidak lain hal ini dikarenakan energi panas yang ikut lolos dengan udara sisa tersebut. Maka dapat dipastikan ada nilai paling optimum dari *excess air* sehingga didapatkan efisiensi pembakaran paling baik.

4. KESIMPULAN

semakin tinggi nilai *excess air* maka semakin besar pula Q Loss yang dihasilkan begitupun sebaliknya semakin kecil nilai excess air maka semakin kecil pula Q Loss yang dihasilkan. Di dapat nilai tertinggi Q Loss yaitu 10.926.553.156 kj/hr pada *Excess Air* sebessar 3,92% dan Q Loss terendah yaitu 10.582.094.892 kj/hr pada *Excess Air* 3,97%. Tinggi dan rendah nya Q Loss bukan hanya dipengaruhi oleh excess air saja, tetapi dari seberapa besarnya flow fuel gas yang masuk. Semakin besar jumlah CO_2 yang dihasilkan pada reaksi pembakaran fuel gas maka nilai efesiensi *furnace* pun akan semakin kecil, begitupun sebaliknya. Jika pasokan *excess air* semakin kecil, maka nilai efisiensi yang dihasilkan semakin meningkat. Nilai efisiensi tertinggi adalah sebesar 88,84% dengan jumlah *excess air* 2,80%, dan nilai efisiensi terendah yaitu 88,48% dengan jumlah *excess air* sebesar 3,44%.

REFERENSI

Arsy, F., & Lestari, S. (2022). Optimasi Penggunaan Bahan Bakar pada Furnace (F-1) di HVU PT X Indonesia. *Prosiding SNTEM* (Vol. 2).

Authors Rev, C., Editor, A., & Karl Kolmetz, A. (n.d.). (2017). Technology Group Practical Engineering Guidelines for Processing Plant Solutions Kolmetz Handbook of Process Equipment Design Refinery Furnace Selection, Sizing and Troubleshooting. *Engineering Design Guidelines*.

B. Adams, J. Ogland-Hand, J. Bielicki, P. Schädle, and M. (2021) Saar, *Estimating the Geothermal Electricity Generation Potential of Sedimentary Basins Using genGEO (The Generalizable GEOthermal Techno-Economic Simulator)*.

Bakar, B., Sumber, M., Yang, E., Diperlukan, S., Kehidupan, D., Hari, S., Nasution, M., Kunci, K., Kalor, N., & Kimia, R. (2022). Muslih Nasution. *Cetak) Journal of Electrical Technology* (Vol. 7, Issue 1).

Baukal, C. E., & John Zink Company. (2001). The John Zink Hamworthy combustion handbook. *Volume 1, Fundamentals*.

Eri, F., Rahman, B., & Zakiyah, I. (2009). Evaluasi Furnace Tipe Box, Sebagai Proyeksi Perhitungan Design Furnace Tipe Silinder Vertikal Terhadap Kkebutuhan Jumlah Tube dan Diamater Dengan Kapasitas Produksi 3800 Barrel/hari di Pusdiklat Migas

Copyright © 2025, Owned by the Author, Published by the *Uranium Journal of Sciences Research*.
This article is open access

Cepu number of tube and diameter furnace. *Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia-SNTKI*.

Ghufron, H. C., Prasetyo, T., Harijono, & Sudarto, J. H. (2014). Analisa Pengaruh Excess Air Terhadap Flue Gas di PLTU Tanjung Jati B Unit 2. *EKSERGI Jurnal:* 10(3).

KBR. (n.d.). *Heating Systems Study Energi Best Practice Guide Energi Best Practice Guide for Oil Refining, Petrochemical and Chemical Plants National Environment Agency Energi Best Practice Guide for Heating Systems*.

Kurniawan, D. R., Hermien, D. P., N., Soekarno, J., & No, H. (2020). Evaluasi Kinerja Frunace pada Proses Remelting PT Aluvindo Extrisuion. *Jurnal Teknologi Separasi*: 6(2).

Ningsih, A. S., Syakhdani, A., Rusnadi, I., Oktaviani, Y., Veronica, F., & Anisya, J. T. (2021). Efisiensi Termal Produksi *Steam* Ditinjau Dari Rasio Udara Bahan Bakar Solar Pada *Cross Section Water Tube Boiler*. *Jurnal Kinetika*, *12*(01), 18–22.

Prastyo, E., & Astuti Ibrahim, P. (2020). Analysis of The Effect Amount of Plate, Diameter Port, and Width of Compression on Intercooler Performance in PT. *Indonesia Power Journal of Green Science and Technology*, *IV* (2), 78.

Shahab, O. A., & Faisal, A. (2023). *JCI Jurnal Cakrawala Ilmiah*. 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.

Simanjuntak, M. E. (2019). Pengaruh *Excess Air* Terhadaap Kinerja PLTU Berkapasitas 12,5 mw Dengan Beban Bervariasi Sebuah Simulasi Termodinamika Mneggunakan *Software Cycletempo* Versi 5.0. Jurnal Rekayasa Mesin. 10(3): 287–298.

Suci Ningsih, A., Syakdani, A., Rusnadi, I., Oktaviani, Y., Veronica, F., Triani Anisya, J., & Srijaya Negara Bukit Besar, J. (2021). Efisiensi Termal Produksi Steam Ditinjau Dari Rasio Udara Bahan Bakar Solar Pada Cross Section Water Tube Boiler. *Jurnal Kinetika*, *12*(01).

Sugiharto, A. (n.d.). *Perhitungan Efisiensi Boiler Dengan Metode Secara Langsung Pada Boiler Pipa Api*.

Veronica, F., & Anisya, J. T. (2021). Efisiensi Termal Produksi *Steam* Ditinjau Dari Rasio Udara Bahan Bakar Solar Pada *Cross Section Water Tube Boiler*. *Jurnal Kinetika*, *12*(01), 18–22.

Copyright © 2025, Owned by the Author, Published by the *Uranium Journal of Sciences Research*.
This article is open access