

EVALUASI KINERJA *FURNACE* BERKAPASITAS 2577 PADA *NAPHTHA HYDROTREATING UNIT*

Rahma Dini^{1*}, Zami Furqon¹

¹Teknik Pengolahan Minyak dan Gas, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Jl. Gajah Mada 38, Cepu, Blora 58315

E-mail: Rahmadininovember@gmail.com

ABSTRAK

Tulisan ini menyajikan evaluasi kinerja *furnace* pada unit *Naphtha Hydrotreater* (NHT). Menggunakan metode perhitungan *direct* dan *indirect*. Metode *direct* menghitung efisiensi berdasarkan perbandingan langsung antara energi panas yang dihasilkan dengan energi bahan bakar yang digunakan. Sedangkan pada perhitungan dengan menggunakan metode *indirect* menghitung efisiensi dengan mengukur kehilangan panas yang terjadi, pada perhitungan ini penulis mempertimbangkan gas buang dan radiasi, kemudian menghitung efisiensi dari sisa energi yang berhasil dimanfaatkan. Parameter-parameter utama yang digunakan dalam analisis ini meliputi kandungan O₂ dalam gas buang sebesar 4,37%, suhu gas buang sebesar 940°C, serta konsumsi bahan bakar sebesar 14,01 mmscf. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa *heat input* yang masuk ke *Furnace* sebesar 7.269.296 kCal, sementara *heat output* yang berhasil dimanfaatkan sebesar 4.589.570 kCal. Selain itu, *heat loss* yang terjadi sebesar 3.099 kCal. Nilai-nilai ini kemudian digunakan untuk menghitung efisiensi *Furnace* dengan metode *direct* dan *indirect*. Metode *direct* menghasilkan efisiensi sebesar 63,136%, lebih tinggi dari metode *indirect* yang mencapai 57,366%. Nilai ini melampaui rentang desain *Furnace*, yang menunjukkan peningkatan performa operasional.

Kata Kunci: *Efisiensi, Heat Loss, Metode direct dan Indirect*

1. PENDAHULUAN

Kinerja *Furnace* yang optimal dapat diukur dari efisiensinya, efisiensi yang tinggi menandakan bahwa bahan bakar terbakar dengan sempurna dan panas yang dihasilkan disalurkan secara efektif ke fluida [1] Dalam hal ini, pemantauan dan evaluasi efisiensi *Furnace* secara berkala menjadi sangat penting untuk menjaga kualitas operasi dan mengurangi potensi kerugian energi. Mengingat peran *Furnace* yang krusial dalam proses pengolahan, evaluasi efisiensi *Furnace* tidak hanya memengaruhi produktivitas tetapi juga berkontribusi pada penghematan biaya operasional dan pemeliharaan [2]

Dengan melakukan evaluasi terhadap kinerja *Furnace* F-12 penulis dapat mengidentifikasi peluang untuk mengurangi konsumsi bahan bakar yang digunakan, sekaligus meningkatkan efisiensi dalam proses perpindahan panas ke umpan. Ini dapat dicapai dengan meminimalkan kehilangan panas (*heat loss*), yang pada gilirannya akan mengurangi biaya operasional secara signifikan. Peningkatan efisiensi *Furnace* ini berpotensi menekan penggunaan energi, sehingga mengurangi biaya yang terkait dengan operasinya.

Furnace adalah peralatan penting dalam industri *oil and gas* yang digunakan untuk pemanasan berbagai bahan melalui proses pembakaran. *Furnace* F-12 yang berda pada unit *Naphtha Hydrotreater Unit* (NHT) [3] memiliki fungsi untuk menaikkan suhu umpan berupa *unstabilized naphtha* (fase uap) hingga mencapai suhu yang sesuai ketika diumpankan pada reaktor 12R-1. Dapur merupakan suatu ruangan yang digunakan sebagai tempat pembakaran bahan bakar dan sekaligus memindahkan panas dari hasil pembakaran pada umpan. Kinerja dapur yang baik ditandai dengan nilai efisiensinya. Efisiensi dapur yang tinggi menandakan jika proses pembakaran dan perpindahan panas di dapur terjadi dengan baik. Evaluasi

performance Furnace yang dilakukan secara berkala akan sangat membantu untuk mengetahui kinerja dapur yang beroperasi pada NHT [4]. Untuk memberikan performa yang lebih baik idealnya *Furnace* dapat di evaluasi untuk meningkatkan efisiensi kerjanya. Terdapat beberapa metode untuk mengevaluasi *Furnace*, seperti metode *direct* dan *indirect*, dimana untuk metode langsung (*direct method*) dan metode tidak langsung (*indirect method*) [5]. Metode langsung mengukur secara langsung jumlah energi yang digunakan dalam proses pembakaran dan perbandingannya dengan energi yang disuplai ke *Furnace*. Dan sebaliknya, metode tidak langsung mengevaluasi efisiensi dengan menganalisis berbagai parameter seperti suhu gas buang, kandungan oksigen, dan komposisi gas buang untuk menentukan kerugian panas yang terjadi [6].

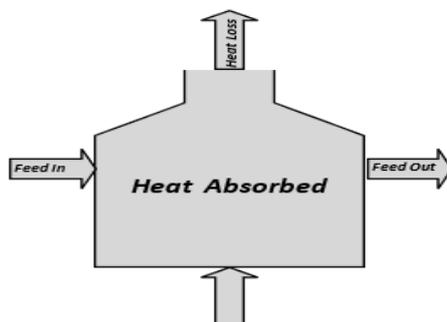


Gambar 1. *Furnace* berkapasitas 2557 pada *Naptha Hydrotreating Unit*

Naptha Hydrotreating Unit merupakan fasilitas yang menggunakan proses catalytic hydrotreating dengan injeksi gas hidrogen pada tekanan dan temperatur tertentu untuk mengolah *straight run naphtha* dari Crude Distilling Unit. Unit ini berperan penting dalam menghilangkan impurities seperti sulfur, oksigen, dan nitrogen, yang dapat meracuni katalis pada Platformer Unit. [5]

2. METODE

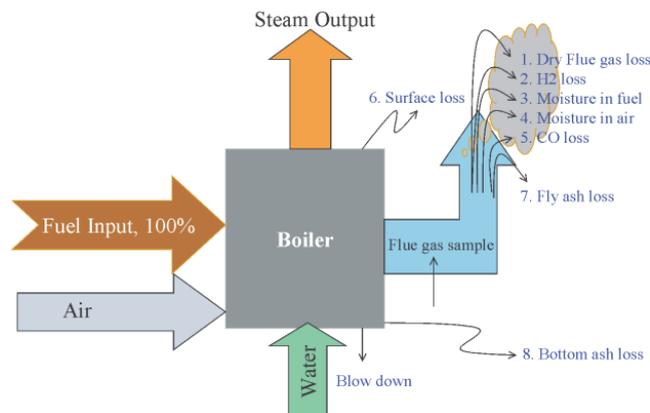
Pengambilan data dilaksanakan di Perusahaan X dan data yang digunakan adalah data 1 bulan pengoperasian *furnace* yaitu pada bulan Juni 2024. Adapun Langkah-langkah perhitungan efisiensi *furnace* ini menggabungkan 2 metode yaitu *direct* dan *indirect*, sebagai berikut : [7]



Gambar 2. *Skema Metode Direct* pada *Furnace*

Metode *direct* merupakan metode langsung yang hanya memperhatikan panas masuk dan panas keluar, dan tidak memperhatikan detail *heat loss* seperti pada Gambar 2 [8]. Sedangkan metode *indirect* atau metode tak langsung seperti pada Gambar 3, merupakan metode yang digunakan untuk menghitung efisiensi *furnace* berdasarkan peninjauan pada berbagai sumber kehilangan panas. Efisiensi dapat diperoleh dengan mengurangi berbagai panas yang hilang

dari 100% efisiensi. Kelebihan dari metode ini yaitu kesalahan dalam pengukuran tidak menyebabkan perubahan signifikan pada efisiensi. [9]



Gambar 3. Skema Indirect pada Furnace

Pada perhitungan efisiensi *Furnace*, perlu dilakukan perhitungan kehilangan panas, digunakan untuk mengetahui nilai dari panas masuk dan panas keluar. Untuk perhitungan indirect dibutuhkan menghitung %berat dari FG composition. [10]

3. PEMBAHASAN

A. Perhitungan Evaluasi Kinerja Furnace Metode Direct

Metode *direct* merupakan metode langsung yang hanya memperhatikan panas masuk dan panas keluar, dan tidak memperhatikan detail *heat loss*. Berikut merupakan rumus yang digunakan dalam perhitungan efisiensi menggunakan metode *direct*:

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

$$\eta = \frac{Q \times (H-h)}{q \times GCV} * 100\% \quad (2)$$

Pada perhitungan ini dibutuhkan nilai C_p atau kapasitas panas dari feed diperoleh dari simulator Aspen Hysys. Berikut merupakan hasil yang diperoleh dari hysys. Setelah diketahui nilai C_p maka selanjutnya dicari nilai enthalpy input dan output oil, sebagai berikut:

$$\text{Enthalpy Input} = C_p \times T_{in} \quad (3)$$

$$\text{Enthalpy Input} = 0,7369 \text{ Kcal/kg}^\circ\text{C} \times 271^\circ\text{C}$$

$$\text{Enthalpy Input} = 199,699 \text{ Kcal/kg}$$

Kemudian menggunakan temperatur output dilakukan perhitungan enthalpy output sebagai berikut.

$$\text{Enthalpy Output} = C_p \times T_{in}$$

$$\text{Enthalpy Output} = 0,792 \text{ Kcal/kg}^\circ\text{C} \times 333^\circ\text{C}$$

$$\text{Enthalpy Output} = 263,736 \text{ Kcal/kg}$$

Data operasi aktual hanya mengetahui nilai LHV sebesar 11.530,3 Kcal/kg maka untuk mengetahui GCV digunakan rumus berikut:

$$GCV = LHV \times 1,08 \quad (4)$$

$$GCV = 11.530,3 \times 1,08$$

$$GCV = 12.452,724 \text{ Kcal/kg}$$

Sehingga berdasarkan data data yang telah diketahui diperoleh nilai efisiensi antara lain.

$$\eta = \frac{79,340 \text{ Ton/Day} \times (263,736 \text{ Kcal/Kg} - 199,699 \text{ Kcal/Kg})}{0,649 \text{ Ton/Day} \times 12.452,724 \text{ Kcal/Kg}} * 100\%$$

$$\eta = \frac{5.080,624}{8.078,705} = 62,889\%$$

B. Perhitungan Evaluasi Kinerja Furnace Metode Indirect

Pada perhitungan efisiensi *Furnace*, perlu dilakukan perhitungan kehilangan panas, digunakan untuk mengetahui nilai dari panas masuk dan panas keluar. Untuk perhitungan indirect dibutuhkan menghitung %berat dari FG composition, dihitung %wt komponen C, H, O, S, dan N.

$$\%wt = \frac{\text{Total massa}}{\text{Total massa fuel}} \tag{5}$$

$$\%wt C = \frac{1531,55}{2065} = 74,160$$

$$\%wt H = \frac{294,396}{902} = 22,123$$

$$\%wt O = \frac{0}{902} = 0$$

$$\%wt S = \frac{0}{902} = 1$$

$$\%wt N = \frac{13,16}{902} = 2,128$$

Selanjutnya untuk menghitung mass of dry fuel gas maka perlu diperhitungkan *theoretical air required* dan *actual mass of air supplied* sebagai berikut,

- *Theoretical Air Required (TAR)*

$$TAR = \frac{[(11,6 \times C) + \{34,8 \times (H_2 - \frac{O_2}{8})\} + (4,35 \times S)]}{100} \tag{6}$$

$$TAR = \frac{[(11,6 \times 74,16) + \{34,8 \times (5,43 - \frac{0}{8})\} + (4,35 \times 1,08)]}{100}$$

$$TAR = 10,538 \text{ kg/kg of fuel gas}$$

- *Excess Air (EA)*

$$EA = \frac{O_2}{21 - O_2} \times 100 \tag{7}$$

$$EA = \frac{4,37}{21 - 2,57} \times 100$$

$$EA = 26,278\%$$

- *Actual Mass of Air Supplied (AAS)*

$$AAS = \left[1 + \left(\frac{EA}{100} \right) \times TAR \right] \tag{8}$$

$$AAS = \left[1 + \left(\frac{13,307}{100} \right) \times 10,538 \right]$$

- *Loss due to Dry Flue Gas /Sensible Heat (L1)*

Berdasarkan nilai pada Tabel maka kita dapat menghitung *losses sensible heat*, antara lain.

$$L1 = \frac{m \times Cp \times (Tf - Ta)}{GCV \text{ Fuel}} \times 100\% \tag{9}$$

Berikut merupakan rumus mencari *mass of dry fuel gas* guna mengetahui *heat loss* di dry fuel gas:

$$m = \text{massa } CO_2 + \text{massa } N_2 \text{ dalam fuel gas} + \text{massa } N_2 \text{ di udara pembakaran} + \text{massa } O_2 \text{ di flue gas} \tag{10}$$

$$m = \left[\left(\frac{\%wt C \times 44}{100 \times 12} \right) + \left(\frac{\%wt S \times 64}{100 \times 32} \right) + \left(\frac{\% wt N}{100} \right) + \left(\frac{O_2 \text{ in flue gas} \times 23}{100} \right) + \left(\frac{AAS \times 77}{100} \right) \right]$$

$$m = 14,013 \text{ kg/kg of fuel gas}$$

$$L1 = \frac{m \times Cp \times (Tf - Ta)}{GCV \text{ Fuel}} \times 100\% \quad (11)$$

$$L1 = \frac{14,013 \times 0,23 \times (940 - 27)}{12453} \times 100\%$$

$$L1 = 23,631\%$$

- Heat Loss Due To Evaporation of Water Formed Due To H₂ In Fuel (L2)G

$$L2 = \frac{9 \times H_2 \times \{584 + Cp(Tf - Ta)\}}{GCV \text{ Fuel}} \times 100\% \quad (12)$$

$$L2 = \frac{9 \times \left(\frac{22,124}{100} \right) \times \{584 + 0,45(940 - 27)\}}{12453} \times 100\%$$

$$L2 = 15, \%$$

- Heat Loss Due To Moisture Present In Fuel (L3)

$$L3 = \frac{\text{Moisture} \times \{584 + Cp(Tf - Ta)\}}{GCV \text{ of fuel}} \times 100\% \quad (13)$$

$$L3 = \frac{0,53\% \times \{584 + 0,45(940 - 27)\}}{12453} \times 100\%$$

$$L3 = 0,042\%$$

- Heat Loss Due To Moisture In Air (L4)

$$L4 = \frac{AAS \times \text{humidity factor} \times \{Cp \times (Tf - Ta)\}}{GCV \text{ of fuel}} \times 100\% \quad (14)$$

$$L4 = \frac{13,307 \times 0,024 \times \{0,45 \times (940 - 27)\}}{13,307} \times 100\%$$

$$L4 = 1,054\%$$

- Heat Loss Due To Incomplete Combustion (L5)

Nilai dari Heat loss ini dianggap 0 karena pembakaran yang terjadi diasumsikan sempurna. Selain itu, keterbatasan dari peralatan instrumentasi yang tidak dapat mendeteksi kandungan dari CO₂ pada flue gas.

- Heat Loss Due To Radiation (L6)

Berdasarkan buku ASME diketahui bahwa heat loss pada bagian radiasi untuk jenis Furnace ini yaitu sebesar 2% hingga 3%. Oleh karena itu, penulis memilih heat loss sebesar 2%.

- Efisiensi Furnace Metode Indirect

$$\eta = 100\% - (L1 + L2 + L3 + L4 + L5 + L6) \quad (15)$$

$$\eta = 100\% - (23,631\% + 15\% + 0,0421\% + 1,054\% + 0\% + 2\%)$$

$$\eta = 100\% - 38,4\%$$

$$\eta = 57,366\%$$

C. Analisa

Metode direct menghitung efisiensi berdasarkan perbandingan langsung antara energi panas yang dihasilkan dengan energi bahan bakar yang digunakan. Sedangkan pada perhitungan dengan menggunakan metode indirect menghitung efisiensi dengan mengukur

kehilangan panas yang terjadi, pada perhitungan ini penulis mempertimbangkan gas buang dan radiasi, kemudian menghitung efisiensi dari sisa energi yang berhasil dimanfaatkan. Parameter-parameter utama yang digunakan dalam analisis ini meliputi kandungan O₂ dalam gas buang sebesar 4,37%, suhu gas buang sebesar 940°C, serta konsumsi bahan bakar sebesar 14,01 mmscf. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa *heat input* yang masuk ke *Furnace* sebesar 7.269.296 kCal, sementara *heat output* yang berhasil dimanfaatkan sebesar 4.589.570 kCal. Selain itu, *heat loss* yang terjadi sebesar 3.099 kCal. Nilai-nilai ini kemudian digunakan untuk menghitung efisiensi *Furnace* dengan metode *direct* dan *indirect*.

Hasil perhitungan efisiensi *Furnace* dengan menggunakan metode *direct* menunjukkan nilai sebesar 63,136%, sementara metode *indirect* menghasilkan efisiensi sebesar 57,366%. Dari hasil perhitungan nilai efisiensi metode *direct* ini jauh melebihi rentang efisiensi desain *Furnace* yang dirancang pada 55% dengan batas minimum dan maksimum masing-masing sebesar 53,4% dan 57,0%. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa ada peningkatan performa signifikan yang mungkin terkait dengan penggantian burner pada tahun 2023.

Pergantian *burner* berperan penting dalam memastikan bahwa campuran udara-bahan bakar yang masuk ke dalam *Furnace* berada dalam proporsi yang tepat, sehingga pembakaran dapat berlangsung dengan sempurna. Burner baru ini diduga mampu mengoptimalkan proses pembakaran, menghasilkan suhu yang lebih tinggi dan pembakaran yang lebih lengkap. Hal ini terlihat dari nilai konsentrasi O₂ dalam gas buang sebesar 4,37%, yang mengindikasikan adanya udara berlebih dalam proses pembakaran. Udara berlebih ini membantu memastikan bahwa semua bahan bakar terbakar secara efisien, tetapi pada sisi lain, juga bisa meningkatkan *heat loss* melalui gas buang.

Suhu gas buang yang mencapai 940°C menunjukkan adanya peluang untuk pemanfaatan kembali energi panas yang masih tersisa dalam gas buang. Dengan adanya sistem pemulihan panas, seperti penukar panas atau economizer, energi yang terbuang ini dapat dimanfaatkan untuk preheating udara pembakaran atau pemanasan air, sehingga meningkatkan efisiensi total sistem.

Kehilangan panas (*heat loss*) yang tercatat sebesar 3.099 kCal berasal dari beberapa sumber, termasuk radiasi dari dinding *Furnace* dan konveksi melalui gas buang. Hasil perhitungan yang menunjukkan bahwa panas sensibel yang diserap oleh gas buang kering mencapai 23,631% dari total panas yang tersedia mengindikasikan adanya kehilangan energi yang cukup signifikan melalui gas buang tersebut. Kondisi ini berdampak pada efisiensi keseluruhan *Furnace*, karena sebagian besar energi yang seharusnya digunakan untuk proses pemanasan justru hilang sebagai panas yang terlepas bersama gas buang. Untuk meningkatkan efisiensi operasi *Furnace*, diperlukan optimasi lebih lanjut, seperti meningkatkan insulasi *Furnace*, mengoptimalkan proses pembakaran, atau memanfaatkan penukar panas (*heat exchanger*) untuk mengembalikan sebagian panas yang hilang tersebut ke dalam sistem. Dengan mengurangi kehilangan panas sensibel pada gas buang, tidak hanya efisiensi bahan bakar yang dapat ditingkatkan, tetapi juga konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang dapat ditekan, yang pada akhirnya memberikan keuntungan ekonomi dan lingkungan. Dalam hal *balance* massa, nilai *error* sebesar 5,771 menunjukkan bahwa perhitungan massa dan energi sudah cukup akurat, meskipun ada sedikit ketidaksesuaian yang bisa diabaikan. Ini memberikan informasi bahwa metode perhitungan yang digunakan sudah cukup tepat dan data yang diperoleh bisa dipercaya untuk evaluasi lebih lanjut.

Nilai efisiensi yang diperoleh dari metode *direct* dan *indirect* mengindikasikan bahwa *Furnace* bekerja lebih efisien setelah penggantian burner pada tahun 2023. Meskipun demikian, perlu dilakukan kajian lebih lanjut untuk memastikan bahwa peningkatan ini bersifat konsisten dan tidak hanya merupakan efek sementara. Salah satu cara untuk memastikannya adalah dengan melakukan monitoring berkelanjutan terhadap efisiensi *Furnace*, khususnya dengan

fokus pada parameter-parameter operasional seperti suhu dan tekanan gas buang, serta rasio udara-bahan bakar.

Penggantian burner yang dilakukan tampaknya berhasil meningkatkan efisiensi *Furnace*, namun ini juga menuntut adanya perawatan yang lebih baik terhadap burner baru. Penyumbatan pada burner atau malfungsi lainnya dapat dengan cepat mengurangi efisiensi sistem, sehingga pemeliharaan rutin dan inspeksi berkala sangat diperlukan.

Selain itu, sistem pemulihan panas dari gas buang perlu dipertimbangkan untuk diterapkan. Mengingat suhu gas buang yang tinggi, investasi dalam teknologi pemulihan panas dapat memberikan keuntungan jangka panjang berupa peningkatan efisiensi dan pengurangan biaya bahan bakar. Ini tidak hanya mengoptimalkan efisiensi *Furnace*, tetapi juga mengurangi emisi gas buang, yang berdampak positif pada lingkungan.

Penggantian burner pada tahun 2023 telah memberikan dampak yang signifikan terhadap efisiensi *Furnace*, yang tercermin dari hasil perhitungan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan desain awal. Metode direct dan indirect yang digunakan menunjukkan bahwa *Furnace* saat ini bekerja pada tingkat efisiensi yang lebih baik dari yang diharapkan. Namun, tetap penting untuk melakukan monitoring dan evaluasi berkelanjutan guna memastikan bahwa peningkatan efisiensi ini dapat dipertahankan dalam jangka panjang. Dengan langkah-langkah tambahan seperti pemulihan panas dan pemeliharaan yang baik, efisiensi *Furnace* dapat terus dioptimalkan, memberikan manfaat ekonomi dan lingkungan yang lebih besar.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan efisiensi pada furnace F-12 dapat disimpulkan bahwa efisiensi rata-rata furnace menggunakan metode direct adalah sebesar 57,366%, sedangkan dengan metode indirect, efisiensi rata-rata mencapai 63,136%. Metode indirect lebih mendekati nilai efisiensi desain karena mempertimbangkan perhitungan heat loss pada panas yang terbuang. Selain itu, efisiensi furnace aktual lebih tinggi daripada efisiensi desain, yang menunjukkan bahwa kinerja furnace tergolong baik dan efisien.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kharisma dan Budiman, "Perhitungan Efisiensi (Eficiency) Mesin Boiler Jenis Fire –Tube Menggunakan Metode Direct dan Indirect untuk Produk Butiran –Butiran Pelet," *Ug J.*, vol. 14, pp. 1–10, 2020.
- [2] Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional, "Indonesia Energy Out Look 2019," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019.
- [3] "2. DETAILED OF PROCESS FLOW NHT I.pdf."
- [4] F. Sarimanella, S. Y. Agnesty, and S. Mulyawan, "Upaya Peningkatan Efisiensi Furnace F-05-001 Dan Furnace F-05-002 Melalui Peningkatan Dan Pengurangan Penggunaan Bahan Bakar Di Unit Cdu Pt. S," *Pros. Semin. Nas. Teknol. Energi dan Miner.*, vol. 3, no. 1, pp. 529–542, 2023, doi: 10.53026/sntem.v3i1.11167.
- [5] W. N. Maawa, R. Mamat, G. Najafi, and L. P. H. De Goey, "Performance, combustion, and emission characteristics of a CI engine fueled with emulsified diesel-biodiesel blends at different water contents," *Fuel*, vol. 267. Elsevier BV, p. 117265, 2020, doi: 10.1016/j.fuel.2020.117265.
- [6] A. Shahab and S. Amna, "Efficiency Analysis Of Fire Tube Boiler Type At Refinery Utility Unit Center For Oil And Gas Human Resources Developme," *J. Cakrawala Ilm.*, 2023, [Online]. Available: <https://bajangjournal.com/index.php/JCI/article/view/5401>.
- [7] J. Pratilastiarso and R. Ahmad, "ANALISA PENGARUH LAJU ALIR MASSA DAN TEMPERATUR UDARA MASUK TERHADAP PERFORMA AIR PREHEATER," *Pros. Semin. Nas.* ..., 2020, [Online]. Available: <https://proceeding.isas.or.id/index.php/sentrinov/article/view/355>.

- [8] S. Nurkhopipah, F. Hapsari, and N. Asminah, "Analysis of Furnace Performance Efficiency 201-H-001 Prefractionation Unit PT Trans-Pacific Petrochemical Indotama Tuban-East Java," *Gema Wiralodra*, 2024, [Online]. Available: <https://www.gemawiralodra.unwir.ac.id/index.php/gemawiralodra/article/view/698>.
- [9] E. A. Saputro, D. Lutfiananda, A. K. Pratiwi, and ..., "ASSESSING AND OPTIMIZING THE PERFORMANCE OF A SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER (E-2502) IN PHOSPHORIC ACID PRODUCTION: A CASE ...," *Int. J. ...*, 2024, [Online]. Available: <https://mechta.ub.ac.id/index.php/mechta/article/view/140>.
- [10] F. A. Dardiri and D. H. A. Sudarni, "Evaluasi Kinerja Heat Exchanger 02 Di Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia (PPSDM) Minyak Dan Gas Bumi Cepu," *AMMA J. Pengabd. ...*, 2023, [Online]. Available: <https://www.journal.mediapublikasi.id/index.php/amma/article/view/2691>.