

UJI EFEKTIVITAS *AIR HEATER* DENGAN FLUIDA PANAS BERUBAH TERHADAP WAKTU

*Akmal Hafidh Purnomo¹, Bambang Yunianto², Muchammad²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: akmalhafidh16@gmail.com

Abstrak

Permasalahan konsumsi energi listrik yang tinggi pada sistem pemanas dan pendingin ruangan atau HVAC (*heating, ventilation, and air conditioning system*), membuat energi terbarukan sebagai solusi dari permasalahan tersebut. Sumber energi terbarukan seperti energi matahari, panas bumi, dan angin digunakan dalam mengurangi konsumsi energi listrik yaitu difungsikan untuk menghangatkan ruangan (*space heating*), pengeringan hasil pertanian, mencairkan jalanan penuh salju, pemanasan tanah pertanian (*soil heating*), pemanas rumah kaca (*greenhouse heating*), dan pemandian air panas. *heat exchanger* merupakan alat penghantar panas yang dapat melakukan transfer energi dari fluida dengan suhu panas ke fluida bersuhu dingin atau pun sebaliknya yang dapat dipakai pada pengaplikasian pengeringan produk-produk yang dihasilkan oleh para petani, perkebunan, dan perikanan skala besar atau kecil. Dikarenakan fungsi *heat exchanger* sebagai pemanas ruangan, maka dilakukan pengujian kinerja efektivitas pada penelitian alat *air heater heat exchanger* yang dilaksanakan di Lab Thermofluida, Departemen Teknik Mesin, Universitas Diponegoro. Pada pengujian ini dilakukan beberapa variasi debit aliran air dan kecepatan udara. Debit aliran air terdapat variasi 5 liter/menit, 2,5 liter/menit, dan 0 liter. Pada variasi kecepatan udara terdapat kecepatan 3,6 m/s, 2,7 m/s, dan 1,8 m/s. Analisis yang didapatkan pada penelitian yaitu nilai efektivitas paling besar terjadi pada variasi debit aliran air 2,5 liter/menit dengan kecepatan udara 1,8 m/s dengan nilai efektivitas maksimal 0,622 dan minimal 0,521.

Kata kunci: *air heater; effectiveness; heat exchanger; heat transfer; renewable energy*

Abstract

The problem of high electrical energy consumption in heating and air conditioning systems or HVAC (*heating, ventilation, and air conditioning systems*), makes renewable energy a solution to the problem. Renewable energy sources such as solar, geothermal, and wind energy are used in reducing electrical energy consumption, which is functioned to warm the room (*space heating*), drying agricultural products, melting snow-filled roads, heating agricultural land (*soil heating*), heating greenhouses (*greenhouse heating*), and hot springs. *heat exchanger* is a heat conducting device that can transfer energy from a fluid with a hot temperature to a cold temperature fluid or vice versa which can be used in the application of drying products produced by farmers, plantations, and large or small scale fisheries. Due to the function of the heat exchanger as a room heater, an effectiveness performance test was carried out on the *air heater heat exchanger* research carried out at the Thermofluid Lab, Department of Mechanical Engineering, Diponegoro University. In this test, several variations of water flow rate and air speed were carried out. There are variations of water flow discharge of 5 liter/minutes, 2,5 liter/minutes, and 0 liters. In the variation of air velocity there are speeds of 3.6 m/s, 2.7 m/s, and 1.8 m/s. The analysis obtained in the study is that the greatest effectiveness value occurs in the variation of water flow discharge of 2,5 liter/minutes with an air speed of 1.8 m/s with a maximum effectiveness value of 0.622 and a minimum of 0.521.

Keywords: *air heater; effectiveness; heat exchanger; heat transfer; renewable energy*

1. Pendahuluan

Saat ini krisis energi terus meningkat setiap harinya, hal ini disebabkan karena sekitar 40% total konsumsi energi primer di seluruh dunia digunakan salah satunya hanya untuk *heating, ventilation, and air conditioning system* (HVAC) atau sistem pemanas / pendingin udara. Dalam mengurangi konsumsi energi listrik, sumber energi terbarukan seperti energi matahari, panas bumi, angin, dan lainnya dibutuhkan untuk meminimalkan konsumsi energi [1].

Panas bumi merupakan sumber energi terbarukan yang bisa dimanfaatkan secara langsung untuk menghangatkan ruangan (*space heating*), pengeringan hasil pertanian, mencairkan jalanan penuh salju, pemanasan tanah pertanian (*soil heating*), pemanas rumah kaca (*greenhouse heating*), dan pemanfaatan untuk pemandian air panas [2].

Pada rumah-rumah negara barat sudah banyak menggunakan *heat exchanger* sebagai alat penghangat ruangan dan sumber panasnya berasal dari air yang dipanaskan di *boiler* [3]. Selain itu, saat ini *heat exchanger* banyak dipakai pada pengaplikasian pengeringan produk-produk yang dihasilkan oleh para petani, perkebunan, dan perikanan skala

besar. Pada industri skala kecil masih menggunakan sumber daya dari matahari yang membutuhkan lahan yang cukup besar serta waktu yang lama. Hal ini lah yang mendorong penggunaan alat *heat exchanger* untuk mengatasi permasalahan ini, penggunaan penukar panas saat ini sudah banyak digunakan pada bidang-bidang industri besar ataupun kecil [4].

Pada penelitian ini akan menguji *air heater heat exchanger* dengan energi terbarukan berupa fluida air panas dengan menambahkan variasi dalam pengujian berupa level kecepatan udara kipas dan variasi level debit aliran pompa air. Tujuan dari pemberian variasi pada penelitian ini untuk mengetahui pengaruh variasi terhadap kinerja efektifitas *air heater heat exchanger*, serta diharapkan dari penelitian ini mendapatkan hasil efektivitas yang akurat.

2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1 Skema Alat dan Metode Penelitian

Penelitian uji efektivitas *air heater* dilakukan di Laboratorium Thermofluida Teknik Mesin Universitas Diponegoro yang dilakukan mulai tanggal 25 April 2024, yaitu dengan dimulainya pengambilan data hingga variasi penelitian yang dilakukan. Pengambilan data dilakukan pada pagi hari dikarenakan suhu pada pagi hari cukup rendah, yang mana sesuai dengan penggunaan alat *air heater* untuk menghangatkan suhu ruangan. Adapun untuk pengambilan data dibutuhkan peralatan dan bahan yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat dan Bahan

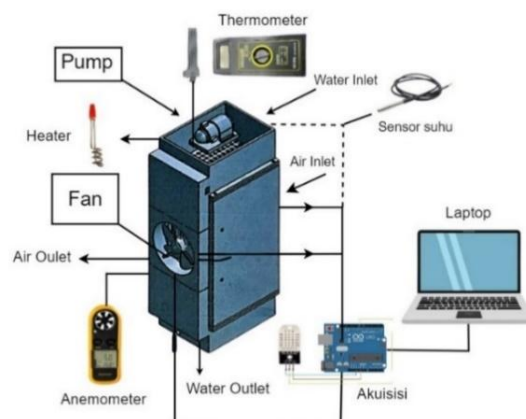
| Alat | Bahan |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Alat <i>air heater heat exchanger</i> Laptop Alat Pemanas Air (<i>Heater</i>) Sensor DHT22 Sensor DS18B20 <i>Anemometer digital display</i> <i>Microprocessor thermistor thermometer</i> <i>Handphone</i> | <ul style="list-style-type: none"> Air panas 60 °C |

Pada alat *air heater heat exchanger* mempunyai beberapa komponen yang sudah terpasang menjadi satu bagian. Berikut merupakan komponen-komponen tersebut pada Tabel 2.

Tabel 2. Komponen - Komponen pada alat *air heater*

| No | Komponen - komponen pada alat <i>air heater</i> |
|----|---|
| 1. | Bak penampung air bagian atas |
| 2. | Bak penampung air bagian bawah |
| 3. | Kipas |
| 4. | Pompa |
| 5. | Pipa <i>inline</i> |
| 6. | Saklar <i>on / off</i> |

Setelah tahap persiapan alat dan bahan sudah dilakukan, setelah itu terdapat persiapan yang harus dilakukan. Persiapan pengambilan data uji dimulai dengan mengikuti skema dari peletakan peralatan pengujian yang akan digunakan selama pengujian berlangsung. Skema dari alat pengujian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema alat pengujian

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental yang terbagi kepada dua variasi, yaitu variasi debit aliran air dari pompa dan kecepatan udara dari kipas. Variasi debit aliran air terbagi menjadi tiga yaitu 5 liter/menit atau 100%, 2,5 liter/menit atau 50%, dan 0 liter atau 0 %. Sedangkan variasi kecepatan udara juga terbagi menjadi tiga yaitu kecepatan 3,6 m/s atau 100%, 2,7 m/s atau 75%, dan 1,8 m/s atau 50 %. Pengujian berlangsung selama 40 menit dengan pengambilan data dilakukan secara manual dan *real time*.

Kemudian, kegiatan persiapan yang dilakukan sebelum melakukan penelitian berupa eksperimen dimaksudkan untuk memperoleh data terukur yang lebih akurat dan presisi. Persiapan- persiapan tersebut mencakup beberapa pemeriksaan dan pemanasan alat serta pembersihan alat dan bahan yang digunakan untuk melakukan eksperimen, seperti:

1. Melakukan pengecekan kondisi alat *air heater heat exchanger* secara umum, memastikan kondisi kipas penghembus udara berfungsi dengan baik, memastikan udara keluar dari kipas, dan memastikan pompa berfungsi dengan baik, juga memastikan pada alat heater dapat berfungsi dengan baik.
2. Melakukan pengecekan sambungan listrik untuk kipas dan pompa, memastikan *anemometer digital display* berfungsi secara baik dengan mengukur suhu udara. Pengecekan suhu pada alat anemometer dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2. Pengecekan Pada Alat *Anemometer Digital Display*

3. Memastikan alat heater berfungsi secara baik dengan mengetahui keadaan air menjadi panas. Pengecekan alat *heater* yang diletakan pada bak air bagian atas dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 3 Pengecekan Alat *Heater*

4. Memastikan *microprocessor thermistor thermometer* berfungsi secara baik dengan mengukur suhu air. Pengecekan suhu air dapat dilihat pada Gambar 4



Gambar 4. Pengecekan suhu air dengan *microprocessor thermistor thermometer*

2.2 Perhitungan Data

2.2.1 Perhitungan Laju Aliran Massa (\dot{m})

$$\dot{m} = \rho \cdot v \cdot A \quad (1)$$

2.2.2 Perhitungan Laju Perpindahan Panas (Q)

$$Q = \dot{m} \times C_p \times \Delta T \quad (2)$$

2.2.3 Perhitungan Laju Perpindahan Panas Maksimal (Q)

$$Q_{max} = C_{min}(T_{hi} - T_{ci}) \quad (3)$$

2.2.4 Perhitungan Efektivitas (ϵ)

Pada Heat exchanger terdiri dari dua kata yakni *heat* atau panas serta *Exchanger* atau pertukaran. Pada proses pertukaran dapat berupa pemanasan atau *heating* dan pendinginan atau *cooling* [5]. Efektivitas pada pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja berupa alat *air heater* sebagai pemanas dengan perhitungan yaitu perbandingan laju perpindahan panas (Q) terhadap nilai laju perpindahan panas maksimal yang didapat dari perhitungan (Q_{max}). Tujuannya yaitu mengetahui kualitas dari suatu *heat exchanger* yaitu dengan cara menghitung nilai efektivitasnya [6].

$$\epsilon = \frac{Q}{Q_{max}} \quad (4)$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pengambilan Data Terhadap Waktu

Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan alat manual berupa *thermistor* serta *anemometer* dan alat akuisisi secara *real time*. Pengambilan data dilakukan setiap 10 menit selama 40 menit, dimulai dari menit ke-0 sampai menit ke-40. Variasi yang diberikan yaitu pada variasi kecepatan udara kipas dan variasi debit aliran pompa air. Waktu pengambilan data untuk *air heater* adalah pada pagi hari dimulai pada jam 07.00 sampai 09.30, Dikarenakan sesuai dengan fungsinya untuk menghangatkan ruangan, maka suhu di lingkungan sekitar alat harus cukup dingin yaitu pada pagi hari. Variasi yang digunakan di pengujian ini adalah pada kecepatan 3,6 m/s atau 100%, 2,7 m/s atau 75%, dan 1,8 m/s atau 50%, sedangkan variasi pada debit aliran pompa air adalah 5 liter/menit atau 100%, 2,5 liter/menit atau 50%, dan 0 liter atau 0 %. Hasil dari pengambilan data pengujian pada variasi debit aliran 5 liter/menit, 2,5 liter/menit, dan 0 liter pada kecepatan udara 3,6 m/s atau 100 % dapat dilihat pada Tabel 3 sampai Tabel 5.

Tabel 3. Pengambilan data variasi debit aliran 5 liter/menit, kecepatan udara 3,6 m/s

| Waktu (s) | T _{h,i} (°C) | T _{c,i} (°C) | T _{h,o} (°C) | T _{c,o} (°C) | Rh _i (%) | Rh _o (%) |
|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| 0 | 63,8 | 28,2 | 60,7 | 43,6 | 85,9 | 32,9 |
| 600 | 54 | 28,6 | 53,3 | 40,7 | 84,7 | 37,9 |
| 1200 | 47,4 | 28,6 | 46,9 | 37,8 | 84,8 | 44,6 |
| 1800 | 42,7 | 28,6 | 42,4 | 35,7 | 84,9 | 50,2 |
| 2400 | 39,3 | 28,7 | 39,2 | 34,1 | 83,4 | 54,3 |

Tabel 4. Pengambilan data variasi debit aliran 2,5 liter/menit, kecepatan udara 3,6 m/s

| Waktu (s) | T _{h,i} (°C) | T _{c,i} (°C) | T _{h,o} (°C) | T _{c,o} (°C) | Rh _i (%) | Rh _o (%) |
|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| 0 | 64,1 | 29,3 | 61,4 | 44,7 | 80 | 37,2 |
| 600 | 54,4 | 29,3 | 53,7 | 41,2 | 79 | 42,1 |
| 1200 | 47,9 | 29,3 | 47,4 | 38,3 | 79,6 | 48,6 |
| 1800 | 43,3 | 29,4 | 43,1 | 36,5 | 79 | 53 |
| 2400 | 40,1 | 29,5 | 39,8 | 34,7 | 78,1 | 58,3 |

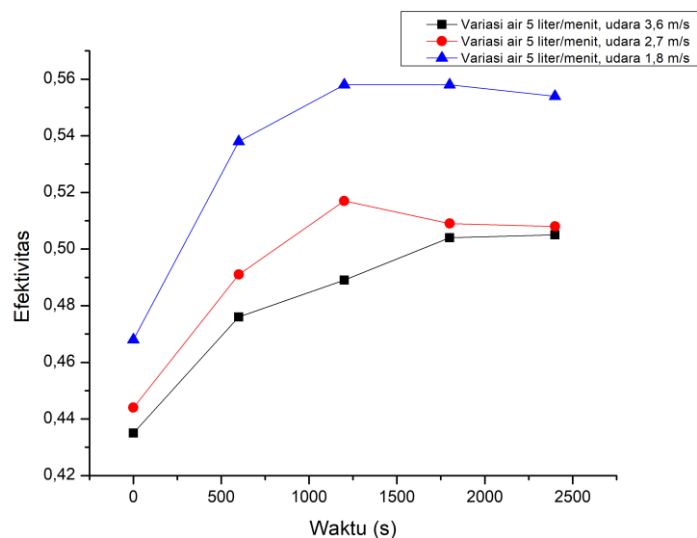
Tabel 5. Pengambilan data variasi debit aliran 0 liter/menit, kecepatan udara 3,6 m/s

| Waktu (s) | T _{h,i} (°C) | T _{c,i} (°C) | T _{h,o} (°C) | T _{c,o} (°C) | Rh _i (%) | Rh _o (%) |
|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| 0 | 63,2 | 27 | 60,7 | 41,5 | 91,1 | 40,8 |
| 600 | 54,6 | 27,4 | 52 | 38,3 | 88,3 | 46,4 |
| 1200 | 48,2 | 27,3 | 45,2 | 35,4 | 88,2 | 53,1 |
| 1800 | 45,6 | 27,4 | 40,4 | 33,1 | 83,3 | 55,8 |
| 2400 | 42,2 | 27,4 | 36,9 | 31,6 | 85 | 60,5 |

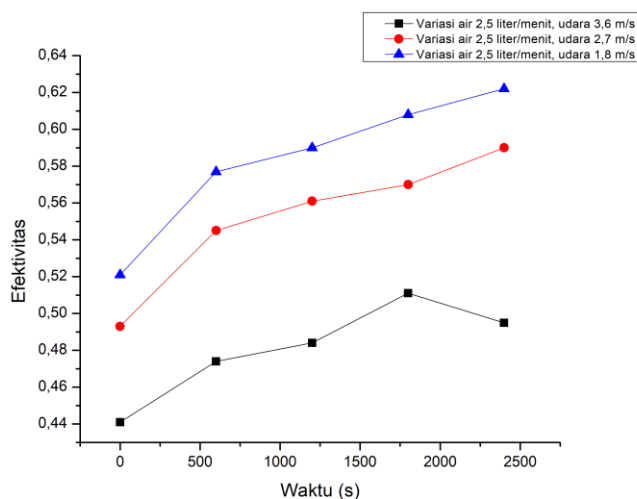
Berdasarkan data yang didapatkan pada tabel diatas, *heat exchanger* pada pengujian ini cukup stabil selama 40 menit. *Heat exchanger* berjenis aliran silang atau *cross flow* mempunyai kinerja yang konsisten pada kondisi operasi yang bervariasi. Dalam aliran *cross flow*, arah aliran fluida dingin dan panas tegak lurus satu sama lain, yang menyebabkan fluida-fluida tersebut bergerak pada sepanjang jalur yang berbeda [7]. Panas yang diperoleh oleh udara yang menuju keluar dari kipas pada alat ini adalah dengan proses konveksi, sama halnya dengan penggunaan *air heater* di industri berfungsi sebagai alat pemanas udara [8]. Pada pengaplikasiannya di industri, untuk memanaskan udara sebelum masuk ke ruang bakar yang sebelumnya temperatur berada pada temperatur lingkungan. Pada proses pembakaran ada beberapa faktor yang mempengaruhi yakni panas, udara, dan bahan bakar. Maka dari hal itu, udara dipanaskan di pemanas udara atau *air heater* sehingga bisa membutuhkan bahan bakar yang lebih sedikit [9]. Pada penelitian ini, panas yang dipindahkan dari fluida panas berupa air panas ke fluida dingin berupa udara lingkungan yaitu secara kontak tidak langsung dikarenakan menggunakan media perantara berupa pipa, dan harus mempunyai konduktivitas termal yang tinggi seperti aluminium untuk meningkatkan efektivitas [10].

3.2 Hasil Perhitungan Efektivitas Alat Air Heater

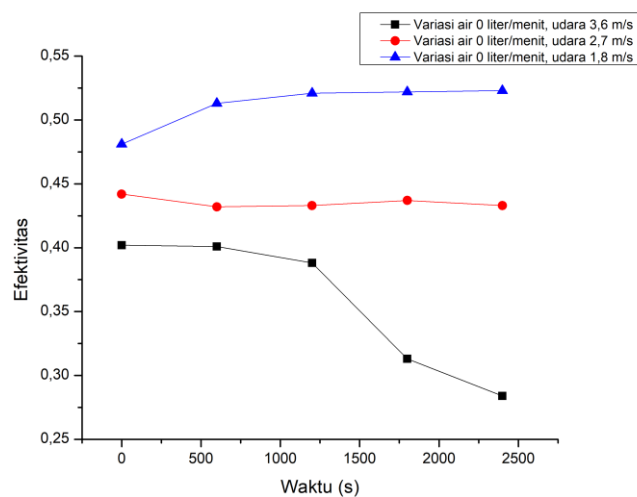
Berdasarkan tabel hasil pengambilan data yang sudah didapatkan selanjutnya dapat melanjutkan ke perhitungan dengan menggunakan persamaan (1) sampai (4). Pada Gambar 5 sampai Gambar 7 adalah grafik hasil dari perhitungan efektivitas alat *air heater* yang didapatkan dari tabel hasil pengambilan data uji di setiap variasi.



Gambar 5. Grafik efektivitas (ϵ) terhadap waktu pada variasi debit air 5 liter/menit



Gambar 6. Grafik efektivitas (ϵ) terhadap waktu pada variasi debit air 2,5 liter/menit



Gambar 7. Grafik efektivitas (ϵ) terhadap waktu pada variasi debit air 0 liter

Berdasarkan grafik efektivitas pada Gambar 5 sampai dengan Gambar 7, bahwa pengaruh dari debit aliran air terlihat dari setiap grafik pengujian di atas, pada grafik debit air 5 liter/menit mempunyai efektivitas lebih kecil dibandingkan dengan 2,5 liter/menit, kemudian debit aliran 0 liter mempunyai efektivitas yang lebih kecil dibanding dua yang lainnya, memberi penjelasan bahwa debit aliran membuat perbedaan hasil pada pengujian ini. Namun, tidak hanya dari debit aliran air saja, kecepatan udara pada kipas juga mempengaruhi hasil dari efektivitas yang didapatkan. Pada setiap grafik efektivitas diatas, kecepatan udara 1,8 m/s mempunyai keunggulan nilai efektivitas dan kestabilan yang baik, dibandingkan dengan kecepatan maksimal 3,6 m/s yang hanya mempunyai nilai efektivitas yang paling maksimal adalah 0,505, sedangkan udara 1,8 m/s mempunyai nilai efektivitas maksimal adalah 0,622, dan udara 2,6 m/s mempunyai nilai efektivitas maksimal sebesar 0,590.

4. Kesimpulan

Penelitian ini mempunyai kesimpulan bahwa perbedaan dari variasi yang diberikan yaitu variasi debit aliran pompa air, dan kecepatan udara kipas, keduanya mempunyai pengaruh terhadap nilai efektivitas yang didapatkan. Semakin kecil debit aliran air dan kecepatan udara, maka nilai efektivitas yang didapatkan semakin besar. Namun, jika kecepatan udara kecil tetapi debit aliran air dimatikan, maka akan mendapatkan nilai efektivitas yang kecil. Kemudian, variasi terbaik pada pengujian alat *air heater* ini adalah pada variasi debit aliran 2,5 liter/menit atau 50 %, dengan kecepatan udara 1,8 m/s atau 50 %, mendapatkan nilai efektivitas maksimal 0,622, dan minimal 0,521. Penelitian ini menghasilkan nilai efektivitas yang cukup baik dikarenakan mempunyai material konduktivitas termal yang baik dari sifat aluminium sebagai pipa *inline* yang menghantarkan suhu air panas ke udara yang dihisap oleh kipas menuju lingkungan sekitar [10]. Selain itu alat *air heater* yang berjenis *cross flow* ini mempunyai kinerja yang konsisten pada pengoperasian yang bervariasi [7].

5. Daftar Pustaka

- [1] Qin, D., Liu, J. and Zhang, G. (2021) 'A novel solar-geothermal system integrated with earth-to-air heat exchanger and solar air heater with phase change material—numerical modelling, experimental calibration and parametrical analysis', *Journal of Building Engineering*, 35(October 2020), p. 101971. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.job.2020.101971>.
- [2] Pandey, F., Kuntjoro, Y.D. and Uksan, A. (2022) 'Perancangan Sistem Pemanas Ruangan dengan Memanfaatkan Energi Panas dari Brine di Lapangan Panas Bumi Wayang Windu', *Jurnal Kewarganegaraan*, 6(2), pp. 2836–2846. Available at: <http://journal.upy.ac.id/index.php/pkn/article/view/3166>.
- [3] Juliarta, I.G.L.R., Mirmanto and Okariawan (2018) 'Pengaruh Massflow Dan Suhu Air Panas Pada Heat Exchanger Pipa-Pipa Parallel Terhadap Laju Perpindahan Panas Di Dalam Ruangan Pemanas', *Jurnal Teknik Mesin*, 1(1), pp. 1–16. Available at: <http://eprints.unram.ac.id/id/eprint/5266>.
- [4] Azwinur and Zulkifli (2019) 'Kaji Eksperimental Pengaruh Baffle Pada Alat', *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 13(1), pp. 8–14.
- [5] Tambunan, J.F. (2016) *Pengendali Temperatur Fluida Pada Heat Predictive Control (Gpc)*.
- [6] Robiyanus, Gani, U.A. and Taufiqurrahman, M. (2021) 'Analisis Efektivitas Laju Perpindahan Panas Alat Penukar Kalor Tipe Double Pipe', *Jurnal Teknologi Rekayas Teknik Mesin (JTRAIN)*, 2(2), pp. 97–104.
- [7] Darliansyah, I. (2005) 'Evaluasi Kinerja Heat Exchanger 11E-25 pada Preheating Section Dalam Crude Distilling Unit di PT Pertamina (Persero) Refinery Unit IV Cilacap', *Hilos Tensados*, 1, pp. 1–476.
- [8] Sinaga, A. (2019) 'Pengaruh Air Heater Terhadap Peningkatan Efisiensi Boiler Pada Unit 3 Pltu Pt . Pln (Persero) Unit Pelaksana Pembangkitan Belawan.', *Teknik Mesin*, pp. 1–78.
- [9] S, R.M. and Ghofur, A. (2019) 'Analisis Performa Primary Air Heater (Pah) Pltu Asam Asam Unit I – Kalimantan Selatan', *Jtam Rotary*, 1(2), p. 173. Available at: https://doi.org/10.20527/jtam_rotary.v1i2.1747.
- [10] Ratnawati, R. and Salim, A. (2018) 'Desain Ulang Alat Penukar Kalor Tipe Shell 52 and Tube Dengan Material Tube Carbon Stell Dan Stainless Stell 304', *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 7(1), pp. 74–80. Available at: <https://doi.org/10.24127/trb.v7i1.712>.