

UJI EFEKTIVITAS *AIR HEATER* DENGAN SUHU AIR PANAS KONSTAN (*STEADY STATE*)

Jembar Ripada¹, 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: jembarripada97@gmail.com

Abstrak

Heat exchanger adalah perangkat yang digunakan untuk memindahkan panas antara dua atau lebih zat yang berada pada suhu berbeda. *Heat exchanger* digunakan dalam berbagai aplikasi seperti kondensor dan evaporator dalam industri HVAC, radiator mobil dalam industri otomotif, pendingin oli, industri pengolahan makanan, industri konstruksi, dan lainnya. *Heat exchanger* dapat diklasifikasikan berdasarkan berbagai kriteria. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh efektivitas dan efisien *air heater heat exchanger* dengan suhu air panas yang konstan (*steady state*) saat maksimum serta pengaruh variasi kecepatan aliran pompa dan *fan* terhadap kinerjanya. Metode penelitian dilakukan secara eksperimental pada *air heater heat exchanger* dengan variasi debit air sebesar 0 L/min, 2,5 L/min, 5 L/min dan variasi kecepatan udara sebesar 1,8 m/s, 2,7 m/s, dan 3,6 m/s. Pengamatan dan perbandingan yang dilakukan adalah pengamatan suhu udara yang keluar dari kipas dengan suhu paling maksimum hingga mencapai kondisi *steady state*. Hasil uji eksperimental menunjukkan bahwa efektivitas terbaik didapat dengan nilai sebesar 0,51481 dan efisiensi terbaik didapat dengan nilai 92%, hasil terbaik ini diperoleh ketika *air heater heat exchanger* dioperasikan dengan variasi debit air sebesar 5 L/min dan kecepatan udara 1,8 m/s. Kondisi operasional dengan debit air sebesar 5 L/min dan kecepatan udara 1,8 m/s menjadi kondisi operasional terbaik karena banyaknya jumlah air yang mengalir melalui *heat exchanger* sehingga meningkatkan kapasitas pendinginan dan kecepatan udara yang rendah memberikan waktu kontak yang cukup antara udara dan permukaan *heat exchanger*.

Kata kunci: debit air; efisiensi; efektivitas; *heat exchanger*; kecepatan udara

Abstract

A *heat exchanger* is a device used to transfer heat between two or more substances at different temperatures. *Heat exchangers* are utilized in various applications such as condensers and evaporators in the HVAC industry, car radiators in the automotive sector, oil coolers, food processing, construction, and more. They can be classified based on various criteria. The aim of this research is to investigate the impact of effectiveness and efficiency of an *air heater heat exchanger* with a constant hot water temperature (*steady state*) at maximum conditions, as well as the effect of varying pump and fan flow rates on its performance. The research method was conducted experimentally on an *air heater heat exchanger* with water flow rates of 0 L/min, 2,5 L/min, and 5 L/min, and air velocities of 1,8 m/s, 2,7 m/s, and 3,6 m/s. Observations and comparisons were made regarding the air temperature exiting the fan, measuring the maximum temperature until *steady state* conditions were reached. The experimental results showed that the best effectiveness value was 0,51481, and the highest efficiency achieved was 92%. This optimal performance was obtained when the *air heater heat exchanger* was operated with a water flow rate of 5 L/min and an air velocity of 1,8 m/s. The operational conditions with a water flow rate of 5 L/min and an air velocity of 1,8 m/s were deemed the best because the higher volume of water flowing through the *heat exchanger* improved cooling capacity, while the lower air velocity provided sufficient contact time between the air and the surface of the *heat exchanger*.

Keywords: air velocity; efficiency; effectiveness; *heat exchanger*; water flow rate

1. Pendahuluan

Desain sistem pemanas, ventilasi, dan pendingin udara (HVAC) adalah salah satu cabang dari teknik mesin. Sistem HVAC dirancang berdasarkan prinsip-prinsip termodinamika, mekanika fluida, dan perpindahan panas. Saat ini, HVAC memainkan peran penting dalam pengembangan bangunan industri dan perkantoran berskala menengah hingga besar, seperti gedung pencakar langit. [1] Sistem ini mengatur kondisi bangunan agar aman dan sehat dengan mengelola indikator kenyamanan seperti suhu dan kelembapan, serta menginduksi udara segar dari luar. [2]

Salah satu komponen penting dalam sistem HVAC adalah *heat exchanger*. [3] *Heat exchanger* adalah alat yang digunakan untuk menukar energi dalam bentuk panas antara dua fluida yang mempunyai suhu berbeda melalui kontak secara langsung atau tidak langsung. [4] Fluida yang digunakan dapat berupa fluida dengan fase yang sama (misalnya cair ke cair) atau berbeda fase (misalnya cair ke gas). *Heat exchanger* dapat membuat sistem HVAC untuk bekerja lebih efisien dengan mengatur perpindahan panas sesuai kebutuhan, sehingga menciptakan lingkungan yang nyaman dan hemat energi. [5]

Jenis-jenis *heat exchanger* yang umum digunakan meliputi *shell and tube heat exchanger*, *heat exchanger plate*, dan *heat exchanger finned tube*. [6] *Heat exchanger finned tube* memiliki keunggulan efisiensi transfer panas tinggi dan desain yang kompak, namun rentan terhadap kerusakan *fin* yang dapat mempengaruhi kinerja. *Heat exchanger plate* memiliki keunggulan ukuran yang kecil dan pemeliharaan yang mudah, namun rentan terhadap korosi dan tidak cocok untuk aplikasi tekanan tinggi. [7] Sedangkan *heat exchanger shell and tube* memiliki kemampuan menangani tekanan tinggi dan perbedaan suhu yang besar, namun biaya pembuatan dan instalasinya cenderung tinggi. [8] Tujuan penelitian adalah untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja *heat exchanger* dengan memperhatikan faktor-faktor tersebut, serta mengembangkan solusi yang lebih efektif dan ekonomis. [9]

Pada saat ini *heat exchanger* bisa dipakai pada pengaplikasian dari 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 sejenis ini, maka penggunaan penukar panas saat ini sudah mulai banyak digunakan pada bidang-bidang industri besar maupun kecil [10]

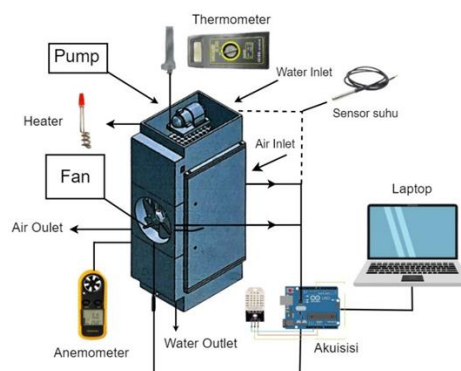
Energi terbarukan dapat menjadi sumber dari *heat exchanger* seperti pada contohnya menggunakan fluida panas bumi dimanfaatkan secara langsung untuk menghangatkan ruangan (*space heating*), pengeringan hasil pertanian, mencairkan jalanan penuh salju, pemanasan tanah pertanian (*soil heating*), pemanas rumah kaca (*greenhouse heating*), dan pemanfaatan untuk pemandian air panas.

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

2. Metode Penelitian

2.1 Experimental Setup

Konfigurasi eksperimen *heat exchanger* dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1. Konfigurasi Eksperimen

Keterangan Gambar 1:

- | | |
|------------------|------------------|
| 1. Pump | 9. Pipa inlet |
| 2. Heater | 10. Water outlet |
| 3. Fan | 11. Water inlet |
| 4. Termometer | |
| 5. Sensor suhu | |
| 6. Data akuisisi | |
| 7. Laptop | |
| 8. Anemometer | |

Pengambilan data pengujian dilakukan setelah alat telah memenuhi parameter yang dijadikan acuan untuk melakukan penelitian. Kegiatan ini dilakukan dengan melakukan. Analisis data dilakukan setelah melalui tahap pengambilan data pada uji pengaruh laju aliran terhadap efisiensi *air heater* pada perubahan suhu air panas seiring waktu dengan menjaga konstan suhu air panas. Data yang didapatkan dari eksperimen berupa Data-data yang diperoleh tersebut

yang akan dianalisa berdasarkan teori-teori laju aliran air dan efisiensi *air heater* yang diperoleh dari berbagai referensi pada tahap studi literatur. Penarikan kesimpulan dilakukan setelah analisis data telah selesai, dimana kesimpulan penelitian ditarik sesuai dengan tujuan penelitian yang telah ditentukan sebelumnya. Penarikan kesimpulan ini bertujuan agar hasil eksperimen yang telah dilaksanakan dapat terangkum dengan jelas dan sesuai dengan tujuan penelitian.

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. Memastikan alat *heater* berfungsi secara baik dengan mengetahui keadaan air menjadi panas. pengujian seperti pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2 Pengujian alat *heater*

3. Memastikan *microprocessor thermistor thermometer* berfungsi secara baik dengan mengukur suhu air. pengujian seperti pada Gambar 3. berikut.



Gambar 3 Pengujian suhu air masuk dengan alat *thermistor thermometer*

4. Memastikan *anemometer digital display* berfungsi secara baik dengan mengukur suhu udara. Pengujian seperti pada Gambar 3.19 berikut.



Gambar 4. Pengujian suhu udara keluar dengan alat *anemometer digital display*

2.2 Perhitungan Data

2.2.1 Perhitungan Panas Aktual

$$\dot{m} = \rho \times A \times V \dots\dots\dots (1)$$

$$Q = m. c. \Delta T \dots\dots\dots (2)$$

$$Ch = mh. Cph \dots\dots\dots (3)$$

$$Q_{act} = Ch (Th_1 - Th_2) \dots\dots\dots (4)$$

2.2.2 Perhitungan Panas Maksimal

$$Q_{max} = C \min (Th_1 - Tc_1) \dots\dots\dots (5)$$

2.2.3 Perhitungan Efektivitas dan Efisiensi

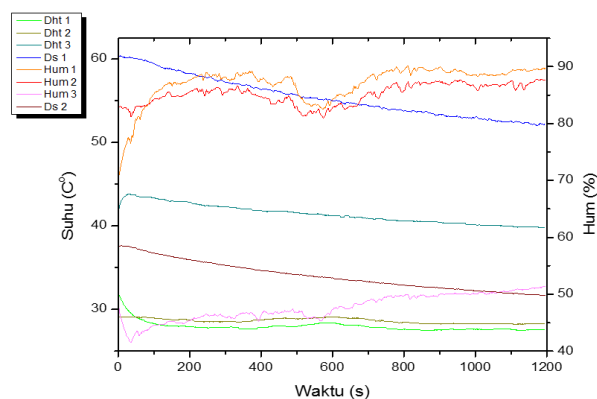
$$\varepsilon = \frac{Q_{act}}{Q_{max}} \dots\dots\dots (6)$$

$$\eta = \frac{Q_{act}}{p} \dots\dots\dots (7)$$

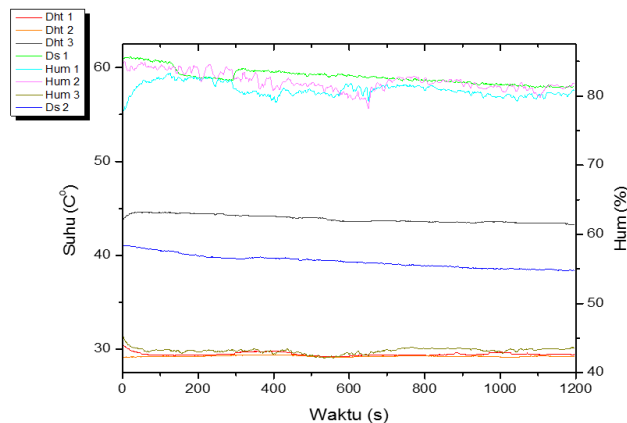
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil pengambilan data dengan fungsi waktu

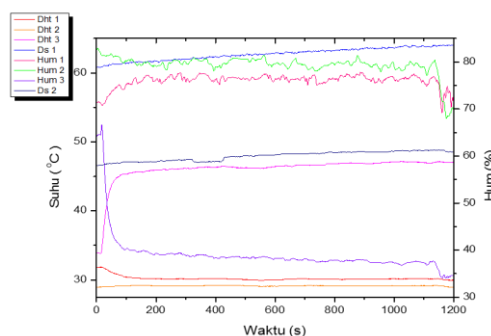
Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan alat manual berupa *thermistor* serta *anemometer* dan alat akuisisi secara *real time*. Pengambilan data dilakukan setiap 10 menit selama 40 menit, dimulai dari menit ke-0 sampai menit ke-40. Variasi yang diberikan yaitu pada variasi kecepatan udara kipas dan variasi debit aliran pompa. Waktu pengambilan data untuk *air heater* adalah pada malam hari dimulai pada jam 18.00 sampai 23.00, Dikarenakan sesuai dengan fungsinya untuk menghangatkan ruangan, maka suhu di lingkungan sekitar alat harus cukup dingin yaitu pada malam hari. Data akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Data eksperimen pada setiap variasinya dapat dilihat pada Gambar 5-13.



Gambar 5 Grafik data hubungan suhu rh terhadap waktu pada debit aliran 1 liter/12 detik dan kecepatan udara 3,6 m/s



Gambar 6 Grafik data hubungan suhu rh terhadap waktu pada debit aliran 1 liter/12 detik dan kecepatan udara 2,7 m/s



Gambar 7 Grafik data hubungan suhu rh terhadap waktu pada debit aliran 1 liter/12 detik dan kecepatan udara 1,8 m/s

3.2 Hasil perhitungan efektivitas

Dari eksperimen yang telah dilakukan, data hasil perhitungan efektivitas pada heat exchanger dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1 Hasil perhitungan data pengujian untuk mendapatkan hasil efektivitas

Laju massa (kg/s)		Delta T _c	Th,i	Tc,i	Th,o	Tc,o	P	m	Q	C _{pc}	C _c	Q _{max}	E
Air	Udara												
100%	100	12,7	54,5	28,23	52,86	40,93	1,12529	0,1297	2020,47584	1005	159,093	3449,59	0,48399
	75	14,2	58,8	29,45	55,6	43,65	1,11563	0,12973	1851,30872	1005	130,374	3827,78	0,42365
	50	17,6	63,2	29,08	60,22	46,63	1,10523	0,12852	2266,7389	1005	129,159	4403,03	0,51481
50%	100	12,7	55,9	28,1	51,56	40,75	1,12593	0,13092	1664,46583	1005	131,578	3652,61	0,45569
	75	13,5	57,8	29,25	54,25	42,75	1,11881	0,13009	1765,0614	1005	130,745	3728,86	0,47335
	50	16,3	61,1	28,35	57,58	44,6	1,11229	0,097	1584,1808	1005	97,488	3195,66	0,49573
0%	100	7,95	83,6	29,13	45,27	37,08	1,13925	0,09935	967,196779	1005	99,8512	5433,9	0,17109
	75	9,3	82,8	29,13	47,27	38,43	1,13432	0,09892	964,592389	1005	99,4185	5338,78	0,17218
	50	9,67	84,3	28,33	46,13	38	1,13589	0,09906	962,705842	1005	99,5559	5572,15	0,17344

Berdasarkan data yang tercantum pada Tabel 1 mengenai hasil perhitungan efektivitas, dapat disimpulkan bahwa pada kondisi debit aliran 0 liter efektivitas pemanas masih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa tanpa adanya energi listrik dari pompa, efektivitas *heat exchanger* (HE) dan temperatur yang keluar dari kipas (*fan*) masih cukup tinggi. Dengan kata lain, untuk mencapai pemanas hingga sekitar +/- 40°C, hanya cukup diperlukan *input* listrik untuk kipas (*fan*), tanpa memerlukan energi tambahan dari pompa.

3.3 Hasil perhitungan efisiensi

Perhitungan efisiensi dilakukan dengan kebutuhan mengetahui dari laju perpindahan panas aktual dengan daya terhadap pompa, kipas, dan alat *heater* pada alat *heat exchanger* air *heater*. Berikut merupakan hasil dari perhitungan efisiensi terhadap termal (η). Hasil perhitungan efisiensi pada setiap variasinya dapat dilihat pada tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2 Hasil perhitungan efisiensi setiap variasi

Laju Aliran (kg/s)		Q _{act} (watt)	Daya (watt)	Efisiensi (%)
Air	Udara			
100%	100	560,3	1137	49
	75	1.033,94	1120,62	92
	50	1.018,93	1104,34	92
50%	100	595,5	1101	54
	75	528,56	1084,62	49
	50	507,37	1068,34	47
0%	100	967,20	1065	91
	75	925,26	1048,62	88
	50	641,41	1032,34	62

4. Kesimpulan

Uji efektivitas air heater dengan suhu air panas konstan menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Efektivitas heat exchanger air heater terbaik didapat dengan nilai sebesar 0,51481, nilai ini diperoleh ketika dioperasikan dengan variasi debit air sebesar 5L/min dan kecepatan udara 1,8 m/s dan untuk efisiensi heat exchanger air heater terbaik didapat dengan nilai sebesar 92%, nilai ini diperoleh ketika dioperasikan dengan variasi debit air sebesar 5L/min dan kecepatan udara 1,8 m/s.
2. Kondisi operasional dengan debit air sebesar 5L/min dan kecepatan udara 1,8 m/s menjadi kondisi operasional terbaik karena banyaknya jumlah air yang mengalir melalui heat exchanger, sehingga meningkatkan kapasitas pendinginan dan kecepatan udara yang rendah memberikan waktu kontak yang cukup antara udara dan permukaan heat exchanger.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Absar Alam, R. Kumar, A. S. Yadav, R. K. Arya, and V. P. Singh, "Recent developments trends in HVAC (heating, ventilation, and air-conditioning) systems: A comprehensive review," *Mater Today Proc*, 2023, doi: 10.1016/j.matpr.2023.01.357.
- [2] H. Qin, Z. Yu, T. Li, X. Liu, and L. Li, "Energy-efficient heating control for nearly zero energy residential buildings with deep reinforcement learning," *Energy*, vol. 264, 2023, doi: 10.1016/j.energy.2022.126209.

- [3] H. M. Maghrabie *et al.*, “Intensification of heat exchanger performance utilizing nanofluids,” *International Journal of Thermofluids*, vol. 10, May 2021, doi: 10.1016/j.ijft.2021.100071.
- [4] S. Muthukrishnan, H. Krishnaswamy, S. Thanikodi, D. Sundaresan, and V. Venkatraman, “Support vector machine for modelling and simulation of heat exchangers,” *Thermal Science*, vol. 24, no. 1PartB, pp. 499–503, 2020, doi: 10.2298/TSCI190419398M.
- [5] T. H. E. Effect, O. F. Baffle, O. N. The, P. Of, and H. Exchanger, “The Effect of Baffle Spiral on The Performance of Heat Exchanger,” *Logic : Jurnal Rancang Bangun dan Teknologi*, vol. 18, no. 3, pp. 86–90, 2018, doi: 10.31940/logic.v18i3.1132.
- [6] P. Blečić, A. Trp, and K. Lenić, “Thermal performance analysis of fin-and-tube heat exchangers operating with airflow nonuniformity,” *International Journal of Thermal Sciences*, vol. 164, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.ijthermalsci.2021.106887.
- [7] D. Zheng, J. Yang, J. Wang, S. Kabelac, and B. Sundén, “Analyses of thermal performance and pressure drop in a plate heat exchanger filled with ferrofluids under a magnetic field,” *Fuel*, vol. 293, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.fuel.2021.120432.
- [8] S. Kallannavar, S. Mashyal, and M. Rajangale, “Effect of tube layout on the performance of shell and tube heat Exchangers,” in *Materials Today: Proceedings*, Elsevier Ltd, Jan. 2020, pp. 263–267. doi: 10.1016/j.matpr.2019.10.151.
- [9] D. Irawan, M. Wibowo, and Z. Anggara, “Pengaruh Jumlah Tube dan Baffles Terhadap Efektivitas Shell and Tube Heat Exchanger,” *Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Muhammadiyah Metro Indonesia*, vol. 2, pp. 254–264, 2020.
- [10] Azwinur and Zulkifli, “Kaji Eksperimental Pengaruh Baffle Pada Alat,” *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 13, no. 1, pp. 8–14, 2019.