 ISSN 2085-5761 (Print)
ISSN 2442-7764 (Online)

PENGARUH KECEPATAN FLUIDA DAN TEMPERATUR *TUBE IN* TERHADAP KINERJA *HEAT EXCHANGER* TIPE *SHELL AND HELICAL TUBE*

Fina Andika Frida Astuti [1)], Arif Rochman Fachrudin [2)]

fina.andika@polinema.ac.id [1)], arifrochman.f@polinema.ac.id [2)]

[1)] PD-III Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang
[2)] D-IV Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Politeknik Negeri Malang

Abstrak

Shell and Helical Tube Exchanger merupakan salah satu alat penukar kalor dengan memanfaatkan 2 pipa yaitu pipa bagian luar dan pipa bagian dalam (Helical tube). Fluida panas mengalir pada bagian dalam, dan fluida pendingin mengalir berlawanan arah pada pipa bagian luar (Shell), sehingga terjadi proses pendingin fluida panas yang mengalir di pipa bagian dalam, yaitu panas dari fluida panas dipindahkan ke fluida dingin yang mengalir. Proses ini berjalan terus menerus. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja shell and helical tube heat exchanger dengan variasi kecepatan fluida dan temperatur tube in. Temperatur fluida yang masuk (tube in) divariasi sebesar: 80 ^{0} C,100 ^{0}C, 120 ^{0} C dengan kecepatan fluida: 5 m/s, 10 m/s dan 15 m/s. Hasil dari penelitian ini adalah semakin kecil kecepatan fluida yang mengalir pada tube, dan semakin tinggi temperatur fluida pada tube in maka heat exchanger mempunyai nilai kinerja yang semakin baik, yaitu didapatkan LMTD dan nilai efektivitas yang semakin tinggi.

Kata Kunci : *shell and hellical tube, heat exchanger, kecepatan fluida*

1. PENDAHULUAN

Pada dunia industri saat ini, proses perpindahan kalor merupakan salah satu proses terpenting dalam kerja mesin[1]. Seperti pada industri pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), mesin-mesin industri bekerja menghasilkan berbagai macam perubahan energi, dari energi termis maupun energi mekanis yang dapat meningkatkan peningkatan suhu kerja dalam system.[2] Peningkatan suhu tanpa adanya pengendalian akan menurunkan kinerja dari mesin dan mempercepat usia komponen komponen mesin. Untuk dapat mencegah maupun terjadinya peningkatan panas yang semakin tinggi maka di perlukan proses pendinginan[3]. Untuk proses pendinginan maka digunakan alat penukar kalor, sehingga panas dapat dipindahkan dari air pendingin mesin dengan memindahkan panas tersebut dengan sistem sirkulasi air dalam sistem kerja alat penukar kalor[4].

Penukar panas adalah perangkat yang dibuat untuk memudahkan perpindahan panas antara satu media ke media lain secara efisien[5]. *Shell and tube* merupakan alat penukar kalor yang efektif dalam memindahkan kalor yang terdiri dari dua pipa yaitu pipa bagian luar *(shell)* dan pipa bagian dalam *(tube)*[6]. Fluida panas mengalir pada bagian dalam, dan fluida pendingin mengalir berlawanan arah pada pipa bagian luar *(Shell*), sehingga terjadi proses pendingin fluida panas yang mengalir di pipa bagian dalam, yaitu panas dari fluida panas

dipindahkan ke fluida dingin yang mengalir. Proses ini berjalan terus menerus sampai stabil.

Shell and Helichal Tube heat exchanger merupakan salah satu alat penukar kalor jenis *shell and tube* dengan pipa bagian dalam *(tube)* berbentuk helix[7]. Dalam penggunaan *shell and helichal tube heat exchanger* sebagai penukar kalor diperlukan inovasi untuk membuat perpindahan panas lebih efektif. Penukar kalor *shell and helichal tube* memiliki signifikansi tinggi di banyak bidang seperti industri bioproses, sektor manufaktur, pembuatan es krim, jus, industri farmasi, dll.[8] Oleh karena itu, penggunaan penukar panas berkinerja tinggi dengan perpindahan panas maksimum sangat penting untuk melestarikan makanan dan penghematan energi[9]. Beberapa teknik peningkatan perpindahan panas telah diterapkan untuk mengurangi ukuran penukar panas. Diantaranya pemanfaatan sisipan kumparan nanofluida, dan dianggap sebagai metode terbaik yang cocok untuk meningkatkan perpindahan panas[10].

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk menginvestigasi *shell and tube heat exchanger*. Joni Asmara dkk melakukan penyelidikan untuk mengetahui efektivitas alat penukar kalor tipe *shell helical coil tube* dalam memanfaatkan limbah panas dari gas buang[11]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat penukar kalor tipe *shell helical coil tube* dapat memanfaatkan limbah panas dari gas buang dengan efektif. Alok Kumar dan Vijaykant Pandey melakukan penelitian dengan membandingkan efisiensi dan efektivitas antara *shell and tube heat exchanger dan helical coil heat exchanger*[12]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju transfer panas pada *helical coil heat exchanger* lebih besar dibandingkan dengan *shell and tube heat exchanger*. Saut Siagian menganalisis efektivitas alat penukar kalor jenis shell and tube hasil perencanaan mahasiswa skala. Hasil penelitian menunjukkan bahwa heat exchanger jenis *shell and tube* memiliki efisiensi yang baik dalam mentransfer panas. Young Han dkk membahas analisis tentang penukar panas *shell* dan tabung berpilin (SHCTHX) menggunakan teori eksergi dan algoritma genetika multi-objective (MOGA) untuk optimasi[9]. Studi ini mengembangkan model kehilangan eksergi transfer panas dan model perhitungan desain untuk SHCTHX, dan mengusulkan angka tak berdimensi baru yang disebut angka kehilangan eksergi transfer panas (ξHT) untuk menggambarkan proporsi kehilangan ireversibel aktual dalam penukar panas. Efek parameter desain pada efektivitas, efektivitas transfer panas, dan jumlah unit transfer juga diselidiki. Hasil optimasi dengan ξHT memiliki kinerja transfer panas yang lebih komprehensif daripada yang tanpa ξHT. Studi ini memvalidasi keuntungan dari angka kehilangan eksergi untuk mengevaluasi kinerja transfer panas penukar panas.

Shell and tube heat exchanger mempunyai peranan yang penting sebagai penukar panas dalam berbagai sektor dan *shell and hellical tube* merupakan bentuk penukar panas yang efisien dalam menukar panas. Pada penukar panas *Shell and hellical tube* ada beberapa parameter parameter yang perlu diteliti terkait kinerjanya, oleh karena itu dalam penelitian ini dikembangkang penelitian tentang kinerja *heat exchanger* berbentuk *shell and hellical tube* dengan variasi fluida masuk dengan temperatur masuk.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Metode

Metode dalam penelitian ini adalah motede eksperimental Kuantitatif *shell and tube heat exchanger* yang terdiri dari beberapa tahapan penelitian.

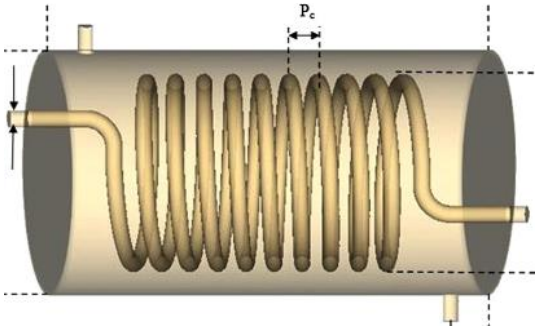
2.2 Tahapan Penelitian

Tahapan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

ISSN 2085-5761 (Print)
ISSN 2442-7764 (Online)

1) Menentukan tujuan penelitian, yaitu untuk mengetahui pengaruh kecepatan fluida dan temperatur terhadap kinerja *heat exchanger* model *shell and hellical tube*.
2) Desain Eksperimental: merancang desain eksperimen, termasuk pemilihan material, ukuran dan geometri heliks, konfigurasi shell and tube, dan spesifikasi lain yang relevan dengan penelitian dengan mempertimbangkan parameter yang ingin diamati dan dikendalikan selama eksperimen.
3) Persiapan Bahan dan Instrumen: Mepersiapkan bahan-bahan yang diperlukan untuk membuat *shell and tube* helical *heat exchanger* sesuai dengan desain yang telah dirancang. Memastikan menyediakan instrumen pengukuran yang tepat untuk mengamati dan merekam data selama eksperimen, seperti termokopel, manometer, alat ukur laju aliran, dan perangkat pengukur temperatur.
4) Perakitan *shell and tube helical heat exchanger*: Merakit shell and tube helical *heat exchanger* sesuai dengan desain yang telah dirancang. memastikan semua komponen terpasang dengan benar dan diperiksa untuk memastikan tidak ada kebocoran.
5) Pengukuran Data Awal: Melakukan pengukuran data awal untuk memperoleh kondisi referensi sebelum memulai eksperimen. Ini melibatkan pengukuran temperatur awal, laju aliran fluida masukan dan keluaran, serta perbedaan tekanan di dalam *heat exchanger*.
6) Pelaksanaan Eksperimen: Menjalankan eksperimen sesuai dengan desain yang telah dirancang. memvarasikan parameter yang ingin diamati, yaitu kecepatan fluida dan temperatur *tube in* dan mencatat data yang relevan.
7) Pengumpulan Data: Selama eksperimen, mengumpulkan dan mencatat data yang dihasilkan oleh instrumen pengukuran yang digunakan. memastikan data yang Anda peroleh akurat dan terpercaya.
8) Analisis Data: Setelah mengumpulkan data, melakukan analisis untuk mengevaluasi hasil eksperimen. Menggunakan metode statistik yang sesuai untuk menganalisis data dan mencari hubungan antara parameter yang divarasikan dan respons yang diamati.
9) Interpretasi Hasil: Setelah menganalisis data, Interpretasikan hasil eksperimen. Mendiskusikan hasil analisis data dalam konteks tujuan penelitian Anda dan bandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya yang relevan.
10) Kesimpulan dan Saran: Meingkas hasil penelitian dan membuat kesimpulan berdasarkan hasil eksperimen. Memberikan saran untuk penelitian masa depan yang dapat memperluas pemahaman tentang shell and tube helical *heat exchanger*.

Shell and hellichal tube heat exchanger didesain dengan kecepatan fluida masuk pada *Tube in* divariasi, yaitu 5 m/s, 10 m/s dan 15 m/s. Shell and tube *heat exchanger* dibuat dari pipa tembaga (*Shell*) yang berbentuk cangkang dan berbentuk hellical (*Tube*). *Shell* dialiri fluida dingin dengan kecepatan tetap, yaitu 10 m/s. Arah fluida antara *shell* dan *tube* adalah berlawanan arah. Fluida yang digunakan baik di *shell* maupun di *tube* adalah air.



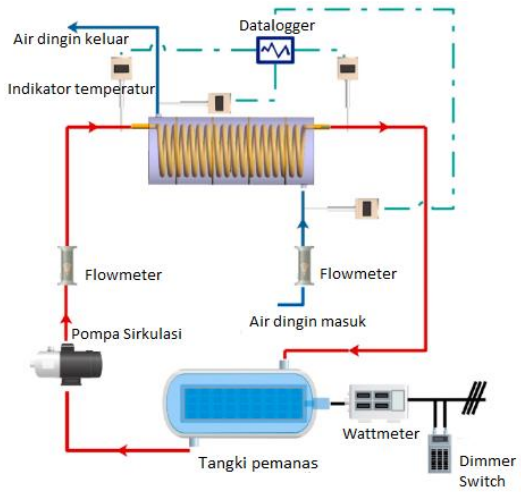
Gambar 1. Shell and Hellichal Tube

Tabel 1. Desain *Shell and Tube*

Hellical Tube	Dia. kecil 10 mm
	Dia. melingkar 8 mm
Sell	Diameter 100 mm
Panjang *Tube*	300 mm
Pitch	20 mm
Bahan *Sell*	Tembaga
Bahan *Tube*	Tembaga

Tabel 2. Properti Fluida

Jenis Fluida	Air
Densitas	998.2 kg/m
Viscositas	0.2 kg/m-s
Spesific Heat	1670 J/Kg-K
Konduktivitas thermal	0.162 Watt/mK



Gambar 2. Skema percobaan *Shell and Hellical Tube Heat Exchanger*

2.3 Prosedure Percobaan

Diagram skema dari pengaturan percobaan adalah sebagai ditunjukkan pada Gambar.2. Set eksperimental terdiri dari *shell dan hellical tube*. *Shell* merupakan cangkang pipa terluar tempat mengalirkan fluida pendingin, sedangkan *tube* dialirkan air panas dengan bantuan pompa sentrifugal. Fluida pada shell dialirkan bersamaan dengan fluida panas yang melalui tube berbentuk hellical. Kecepatan fluida dan temperatur *tube in* diatur sesuai parameter yang diinginkan. Temperatur *tube in* H dan *tube out* diukur dengan alat ukur temperatur.

Pengambilan data dilakukan setelah proses stabil. Temperatur input pada tube di variasi yaitu, 800 C, 1000 C dan 1200 C. Fluida pada *shell* sebagai pendingin,mengalir dibuat konstan dengan arah yang berlawanan dengan arah fluida tube yaitu dengan kecepatan 5 m/s dan bertemperatur suhu kamar. Pengambilan data dilajutkan pada kecepatan 10 m/s dan 15 m/s.

Laju perpindahan kalor yang diserap oleh fluida dalam *helical shell* dapat ditentukan dengan persamaan,

$$Q_c = m_f^{\cdot} \; x \; cp_{fx} \; x \; (T_{c2} - T_{c1}) \qquad (1)$$

dengan Qc adalah kalor yang diserap fluida dalam *shell*, mf adalah laju aliran massa fluida dalam *hellical tube*, cpf adalah kalor jenis fluida, Tc1 dan Tc2 adalah temperatur fluida masuk dan keluar *tube*.

Laju perpindahan kalor yang dilepaskan fluida panas (gas buang) dalam *shell* ditentukan dengan persamaan,

$$Q_h = \dot{m}_\epsilon \; x \; \dot{C}_{p\varepsilon} \; x \; (T_{h1} - T_{h2}) \qquad (2)$$

dengan Qh adalah kalor yang dilepasgas buang, mf adalah laju aliran massa gas buang, cpE adalah kalor jenis gas buang, Th1 dan Th2 adalah temperatur fluida masuk dan keluar *shell.*

Beda temperatur rata-rata logaritmik ditentukan menggunakan persamaan

$$LMTD = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_1}\right)} \qquad (3)$$

Efektifitas penukar kalor didefinisikan sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{Q_{avg}}{Q_{max}} \qquad (4)$$

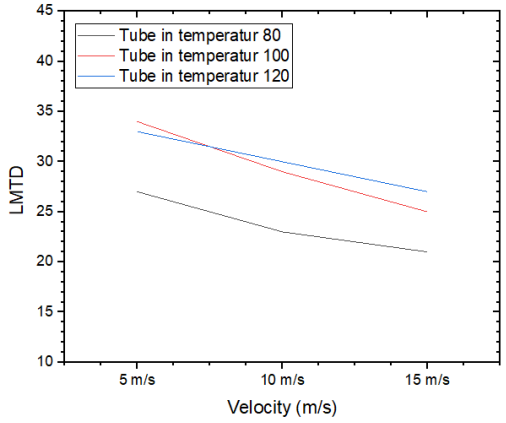
dengan adalah efektivitas alat penukar kalor, adalah perpindahan kalor rata-rata alat penukar kalor, adalah perpindahan kalor maksimum alat penukar kalor .

ISSN 2085-5761 (Print)
ISSN 2442-7764 (Online)

Daftar notasi:
Qh = kalor yang dilepas *hellical tube*, kW
Qc = kalor yang diserap *shell*, kW
Th = temperatur *shell*, C
Tc = temperatur *tube*, C
LMTD = beda temperatur rata-rata logaritmik
ε = efektivitas penukar kalor, %

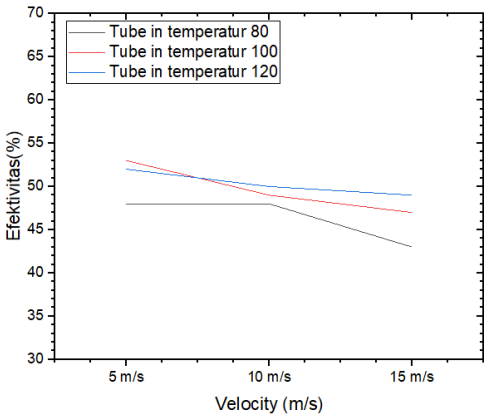
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kinerja dari *shell and helical tube exchanger* ditunjukkan oleh nilai LMTD dan nilai evektifitasnya. Semakin besar nilai LMTD dan semakin besar nilai efektivitasnya maka kinerja *heat exchanger* semakin bagus.



Gambar 3. Hubungan antara kecepatan fluida dengan variasi temperatur *tube in* terhadap nilai LMTD

Gambar 3 menunjukkan bahwa, semakin besar kecepatan fluida yang mengalir pada *tube in*, maka temperatur fluida yang keluar pada tube (*Tube Out*) akan semakin besar sehingga mempunyai nilai LMTD yang tinggi. Hal ini disebabkan dengan semakin lama perjalanan fluida melalui tube maka perpindahan panas fluida ke pada fluida pada *shell* lebih berjalan dan terdistribusi dengan baik.



Pada Gambar 4. Nilai keefektivitasan alat penukar kalor *shell helical tube*

Pada gambar 4 memperlihatkan unjuk kerja (*performance*) dari alat penukar kalor *shell helical tube* yang mempunyai efektivitas yang paling besar adalah pada kecepatan 5 m/s dan pada temperatur 120^0C, Dengan semakin lambat kecepatan dan semakin tinggi temperatur fluida masuk (*Tube in*)maka temperatur yang didistribusikan terhadap fluida dalam *shell* semakin baik, sehingga pada temperatur tertinggi dan kecepatan terendah fluida yang keluar dari *helical tube*, temperatur akan turun lebih banyak di bandingkan pada kondisi temperatur masuk yang lebih kecil dan pada kecepatan yang lebih cepat.

4. KESIMPULAN

Shell and hellical tube heat exchanger merupakan jenis alat penukar kalor yang banyak digunakan di berbagai sektor, seperti pembangkit listrik, teknik kimia, teknik lingkungan, dan pengolahan. Ada berberapa faktor yang mempengaruhi kinerja *Shell and hellical tube heat exchanger*. Indikator dari kinerja penukar kalor adalah nilai LMTD yang tinggi dan nilai efektivitas yang tinggi. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar kecepatan fluida pada dan semakin besar temperatur masuk *(tube in)* maka akan semakin besar nilai LMTD dan semakin besar nilai efektifitasnya. Dalam penelitian ini efektifitas tertinggi pada fluida

dengan kecepatan 5 m/s dan pada *tube* in 100^0 C pula.

5. DAFTAR PUSTAKA

[1] A. R. Fachrudin, "Pengaruh Panjang Kondensor terhadap Kinerja Termal Heat Pipe," vol. 20, no. 1, pp. 47–52, 2020.

[2] Y. Handoyo and Ahsan, "Analisis Kinerja Alat Penukar Kalor Jenis Shell and Tube Pendingin Aliran Air pada PLTA Jatiluhur," vol. 5, no. 1, pp. 42–50, 2012.

[3] P. R. A. Muhammad Munthaha, Gunawan Rudi Cahyono, "Pengaruh Variasi Kecepatan Udara Terhadap Laju Perpindahan Panas Pada Pendinginan Panel Surya" vol. 12, no. 1, pp. 29–34, 2020.

[4] A. T. Hoang, "A Design and Fabrication of Heat Exchanger for Recovering Exhaust Gas Energy from Small Diesel Engine Fueled with Preheated Bio-oils," *Int. J. Appl. Eng. Res.*, vol. 13, no. 7, pp. 5538–5545, 2018.

[5] B. O. Hasan, H. S. Majdi, and M. M. Hathal, "Study on oil fouling in a double pipe heat exchanger with mitigation by a surfactant," *Heat Transf.*, no. December 2019, pp. 1–14, 2020, doi: 10.1002/htj.21738.

[6] H. Syah, "Kajian Kinerja Penukar Panas Tipe Shell and Tube Satu Haluan dengan Pengontrolan Suhu Outlet Study of Performance of One-Pass-Shell-and-Tube Heat Exchanger with Outlet Temperature Controlling," vol. 9, no. 4, pp. 158–165, 2013.

[7] A. S. Puttewar and A. M. Andhare, "Design and Thermal Evaluation of Shell and Helical," pp. 416–423, 2015.

[8] A. Kewin Titus, K. S. Khaja Fareedudeen Ahmed, P. Sabarish Kumar, D. Santhosh, and K. Arun Vasantha Geethan, "Design and Analysis of Helical Coil Heat Exchanger," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 923, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/923/1/012016.

[9] Y. Han, C. can Zhang, Y. jian Zhu, X. hong Wu, T. xiang Jin, and J. ni Li, "Investigation of heat transfer Exergy loss number and its application in optimization for the shell and helically coiled tube heat exchanger," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 211, no. February, p. 118424, 2022, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2022.118424.

[10] S. Bahrehmand and A. Abbassi, "Heat transfer and performance analysis of nanofluid flow in helically coiled tube heat exchangers," *Chem. Eng. Res. Des.*, vol. 109, no. March, pp. 628–637, 2016, doi: 10.1016/j.cherd.2016.03.022.

[11] D. Jurusan, T. Mesin, and U. Gadjah, "Kalor Shell Helical Coil Tube Dengan Memanfaatkan Panas Gas Buang Mesin Diesel," vol. 1, no. Sens 1, pp. 48–54, 2015.

[12] A. Kumar, "Analysis and Comparison of Shell and Helical Coil Heat Exchanger by Using Silica and Alumina," *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. 10, no. 11, pp. 1872–1888, 2022, doi: 10.22214/ijraset.2022.47727.