

Fabrication and performance testing of direct flow heat exchanger using baffle and without baffle

Darussalam Bahri¹, Al Fathier¹, Azwinur^{1*}, Faisal²

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe

²Teknik Mesin, Universitas Malikussaleh

Kota Lhokseumawe, Aceh 24301, Indonesia

Corresponding author: azwinur@pnl.ac.id

Article ProCessing Dates:

Received 2024-03-08

Accepted 2024-03-23

Available online 2024-03-30

Keywords:

Heat Exchangers

Shell And Tube

Baffle

Paralel Flow

Temperature

Abstract

Heat Exchangers atau alat penukar/pemindah panas adalah alat-alat yang digunakan untuk mengubah temperatur fluida atau mengubah fasa fluida dengan cara mempertukarkan panasnya dengan fluida lain. Pada sebuah penukar panas, kemampuan mempertukarkan panas sangat ditentukan oleh jenis aliran fluida dan fluida yang melewati penukar panas. Tujuan penelitian untuk mengukur dan menganalisis peningkatan koefisien perpindahan panas dengan adanya baffle dibandingkan dengan heat exchanger tanpa baffle. Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan fabrikasi alat heat exchanger menggunakan proses las SMAW, hasil pengelasan dilakukan inspeksi secara visual untuk mendeteksi cacat pengelasan pada sambungan. Hasil pemeriksaan tidak ditemukan cacat las. Berdasarkan data pengujian didapatkan data inlet fresh air dan outlet fresh air temperature dan velocity tanpa menggunakan baffle 33,3^oC menjadi 47,1^oC pada kecepatan 3,19 m/s – 3,26 m/s, inlet fresh air dan outlet fresh air temperature dan velocity menggunakan baffle 38,6^oC menjadi 53,3^oC pada kecepatan 2,27 m/s – 2,58 m/s dan sisi lain inlet fresh air dan outlet fresh air temperature dan velocity menggunakan baffle II memiliki temperature 36,1^oC menjadi 50,3^oC pada velocity 2,27 m/s – 2,58 m/s.

Fabrikasi dan uji kinerja *heat exchanger* aliran searah menggunakan *baffle* dan tanpa *baffle*

Abstrak Heat Exchangers atau alat penukar/pemindah panas adalah alat-alat yang digunakan untuk mengubah temperatur fluida atau mengubah fasa fluida dengan cara mempertukarkan panasnya dengan fluida lain. Pada sebuah penukar panas, kemampuan mempertukarkan panas sangat ditentukan oleh jenis aliran fluida dan fluida yang melewati penukar panas. Tujuan penelitian untuk mengukur dan menganalisis peningkatan koefisien perpindahan panas dengan adanya baffle dibandingkan dengan heat exchanger tanpa baffle. Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan fabrikasi alat heat exchanger menggunakan proses las SMAW, hasil pengelasan dilakukan inspeksi secara visual untuk mendeteksi cacat pengelasan pada sambungan. Hasil pemeriksaan tidak ditemukan cacat las. Berdasarkan data pengujian didapatkan data inlet fresh air dan outlet fresh air temperature dan velocity tanpa menggunakan baffle 33,30C menjadi 47,1oC pada kecepatan 3,19 m/s – 3,26 m/s, inlet fresh air dan outlet fresh air temperature dan velocity menggunakan baffle 38,60C menjadi 53,30C pada kecepatan 2,27 m/s – 2,58 m/s dan sisi lain inlet fresh air dan outlet fresh air temperature dan velocity menggunakan baffle II memiliki temperature 36,10C menjadi 50,30C pada velocity 2,27 m/s – 2,58 m/s.

Kata Kunci: Heat exchangers, shell and tube, baffle, paralel flow, temperature

1. Pendahuluan

Heat exchangers atau alat penukar/pemindah panas adalah alat-alat yang digunakan untuk mengubah temperatur fluida atau mengubah fasa fluida dengan cara mempertukarkan panasnya dengan fluida lain[1][2]. Pada sebuah penukar panas, kemampuan mempertukarkan panas sangat ditentukan oleh jenis aliran fluida dan fluida yang melewati penukar panas. Secara garis besar penukar panas dibagi berdasarkan arah aliran fluidanya[3]

Berdasarkan arah aliran fluida, penukar panas dibedakan menjadi 3 (tiga) jenis aliran, yaitu aliran searah (parallel flow), aliran berlawanan (counter flow) dan aliran silang[4]. Pada penukar panas jenis aliran searah, fluida yang memanaskan dan fluida yang dipanaskan masuk pada sisi yang sama kemudian keluar pada sisi yang sama pula. Pada penukar panas aliran berlawanan, kedua fluida masuk dan keluar pada sisi yang berbeda, sedangkan pada penukar panas aliran silang, kedua fluida mengalir dengan saling

bersilangan. Umumnya, aliran fluida dalam shell and tube heat exchanger adalah paralel atau berlawanan[5]

Untuk membuat aliran fluida dalam shell and tube heat exchanger menjadi counter flow biasanya ditambahkan penyekat atau baffle. Aliran counter flow yang didapat dengan menambahkan baffle akan membuat luas kontak fluida dalam shell dengan dinding tube makin besar, sehingga perpindahan panas di antara kedua fluida meningkat. Selain untuk mengarahkan aliran agar menjadi counter flow, baffle juga berguna untuk menjaga supaya tube tidak melengkung (berfungsi sebagai penyangga)[6].

Secara teoritis, baffle yang dipasang terlalu berdekatan akan meningkatkan perpindahan panas yang terjadi di antara kedua fluida, namun hambatan yang terjadi pada aliran yang melalui celah antar baffle menjadi besar sehingga penurunan tekanan menjadi besar. Sedang jika baffle dipasang terlalu berjauhan penurunan tekanan yang terjadi akan kecil, namun perpindahan panas yang terjadi kurang baik dan timbul bahaya kerusakan pipa-pipa karena melengkung atau vibrasi. Hal ini menunjukkan bahwa jarak antar baffle tidak boleh terlalu dekat ataupun terlalu jauh, ada jarak tertentu yang optimal untuk heat exchanger tertentu[7]. Untuk itu akan dilakukan suatu penelitian untuk mempelajari pengaruh penggunaan baffle pada suatu shell and tube heat exchanger.

Sebelumnya telah dilakukan beberapa penelitian tentang alat penukar panas[2][8][9][3][10]. Azwinur melakukan penelitian tentang kaji eksperimental pengaruh baffle pada alat penukar panas aliran searah dalam upaya optimasi sistem pengering, tujuan dari penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efektivitas heat exchanger secara eksperimen berdasarkan arah aliran dengan membandingkan konstruksi menggunakan baffle dan tanpa menggunakan baffle dalam upaya mengoptimalkan sistem pengeringan. Metode penelitian dilakukan dengan melakukan fabrikasi 2 unit heat exchanger dan pengujian di lapangan. Data pengujian yang diperoleh berupa temperatur masukan dan keluaran aliran fluida pemanas dan aliran fluida pendingin serta kecepatan aliran. Berdasarkan data penelitian pendahuluan menunjukkan bahwa penggunaan baffle berpengaruh terhadap kenaikan temperatur pada heat exchanger, dimana pada outlet udara segar yang tidak menggunakan baffle menghasilkan temperatur sebesar 72oC sedangkan yang menggunakan baffle menghasilkan temperatur sebesar 88oC dengan Log Mean Temperature Difference heat exchanger tanpa menggunakan baffle lebih tinggi dibandingkan heat exchanger yang menggunakan baffle guide blade. Hal ini dapat menggambarkan bahwa heat loss yang terbuang semakin kecil sehingga penyerapan kalor oleh reverse system akan semakin tinggi [2].

F. Fattah juga melakukan penelitian alat penukar panas untuk mengetahui sistem kerja heat exchanger type shell and tube. Hasil penelitian setelah dilakukan perbaikan dan perancangan ulang Alat uji heat exchanger generasi ke-2 sudah lebih baik dibandingkan dengan alat uji heat exchanger generasi pertama, dilihat dari Efektifitas alat heat exchanger ditemukan adanya peningkatan keefektifan dari 12% menjadi 91,94% kenaikan Efektifitas heat exchanger dikarenakan sudah tidak adanya kebocoran pada sekat shell and tube[8].

B. Septian melakukan penelitian untuk melakukan perhitungan komponen utama shell and tube dan proses perancangan alat penukar kalor (*heat exchanger*). Diagram alir yang digunakan dimulai dengan studi literatur, persiapan alat dan bahan untuk perancangan, lalu perhitungan komponen

utama *shell and tube*, pembuatan gambar 2D dan 3D, proses fabrikasi, jika alat penukar kalor mengalami kendala maka akan kembali ke tahap perhitungan komponen utama, jika alat berfungsi dengan baik maka proses perancangan dan desain selesai. Berdasarkan desain Standar TEMA serta penggunaan aplikasi *HTRI surface area* yang di butuhkan berdasarkan aplikasi yaitu 8,27 m² sedangkan perhitungan secara manual didapat 9,09 m²[10].

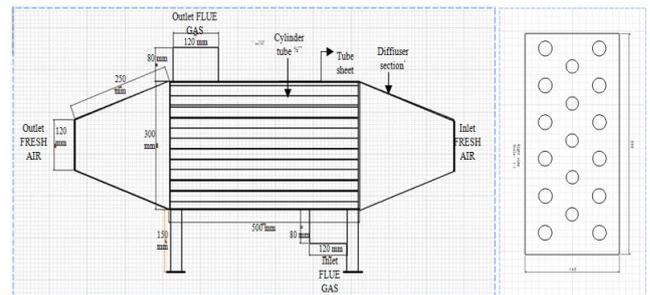
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui keefektifan penukar panas untuk jenis aliran searah menggunakan baffle dan tanpa menggunakan baffle untuk dimensi dan ukuran yang sama.

2. Metode Penelitian

Peralatan uji penelitian ini terdiri dari 2 unit alat penukar panas yaitu penukar panas aliran searah tanpa baffle dan menggunakan baffle. Kedua jenis penukar panas tersebut memiliki spesifikasi sebagai berikut:

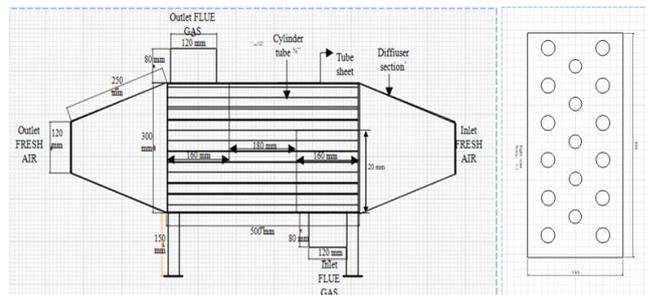
Tipe : Rectangular Shell / Circular Tube
 Jenis aliran : Searah (Parallel Flow)
 Dimensi : Rectangular Shell: 500(P) x 300(L) x 450(T) (ASTM SA.36)
 Tube : 0.5 inci (ASTM SA.53)
 Header Inlet : 2 inci
 Header Outlet : 2 inci

Desain alat penukar panas untuk aliran searah tanpa menggunakan baffle ditunjukkan pada Gambar 1.



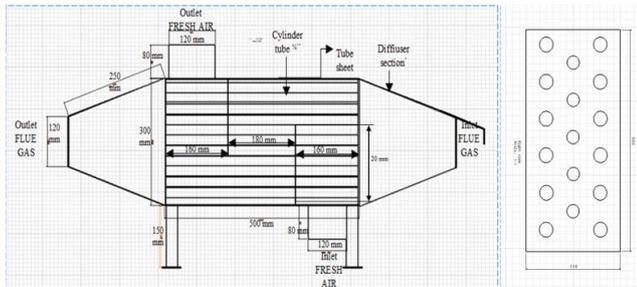
Gambar 1. Desain alat penukar panas untuk aliran searah tanpa menggunakan *baffle*.

Desain alat penukar panas untuk aliran searah menggunakan *baffle* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain alat penukar panas untuk aliran searah menggunakan *baffle*.

Desain alat penukar panas untuk aliran searah menggunakan *baffle II*.



Gambar 3. Desain alat penukar panas untuk aliran searah menggunakan *baffle* II.

Tahapan fabrikasi alat ditunjukkan pada Gambar 4. dan Gambar 5. Proses fabrikasi di awali dengan pemotongan bahan, kemudian dilakukan penyambungan material menggunakan proses pengelasan SMAW dengan elektroda E6013. Polaritas yang digunakan adalah DCEP.



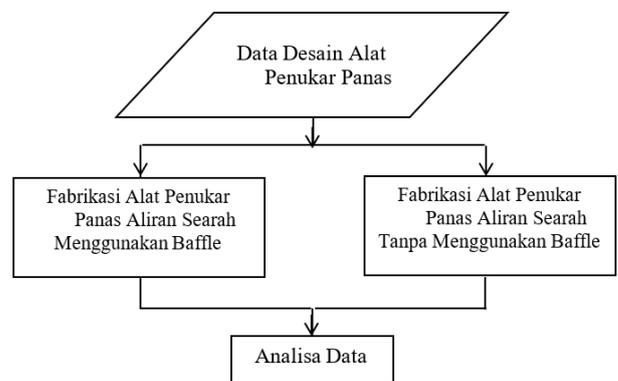
Gambar 5. Tahapan pembuatan shell HE



Gambar 6. Tahapan Pembuatan bagian tube HE

Berdasarkan gambar tersebut bahwa proses fabrikasi menggunakan las SMAW (*shielded manual arc welding*). Elektroda yang digunakan adalah E6013 dengan diameter 2,6 mm. Hasil pengelasan dilakukan pemeriksaan secara visual untuk mengetahui cacat las pada sambungan. Hasil visual tidak ditemukan cacat las, karena apabila ada cacat las maka akan terjadi kebocoran pada alat sehingga menurunkan kinerja alat, salah satu cacat las yang sering terjadi adalah porositas.

Secara sistematis tahapan penelitian digambarkan seperti diagram alir penelitian ditunjukkan seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram alir penelitian

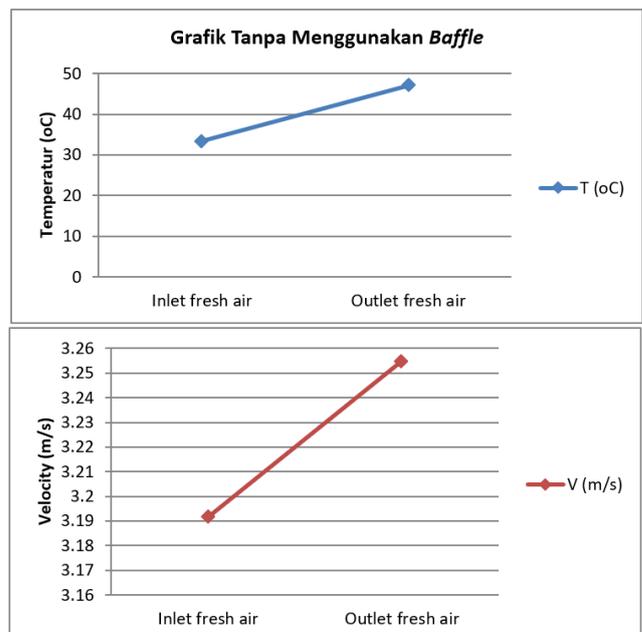
3. Hasil dan Pembahasan.

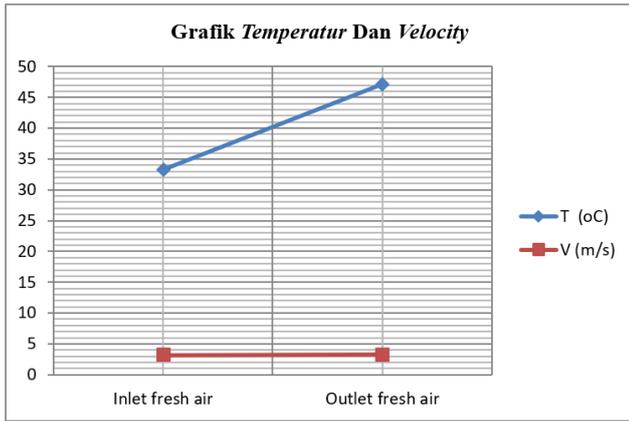
Hasil fabrikasi dan pengambilan data uji Heat Exchanger seperti pada gambar 8.



Gambar 8. Pengujian penukar Panas (*Heat Exchanger*)

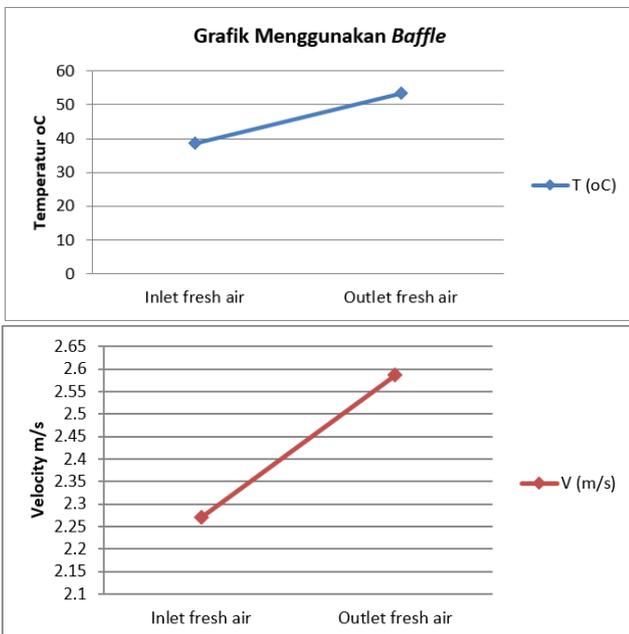
Berdasarkan kegiatan pada Gambar 8 pengambilan data hasil pengujian alat, diperoleh data pengujian penukar panas (*heat exchanger*) jenis aliran searah (*parallel flow*) tanpa menggunakan *baffle* ditunjukkan pada Gambar 9.





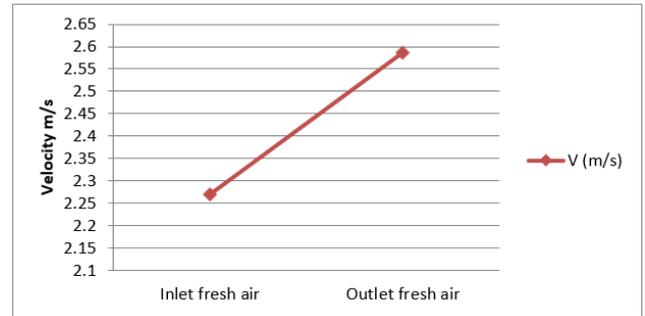
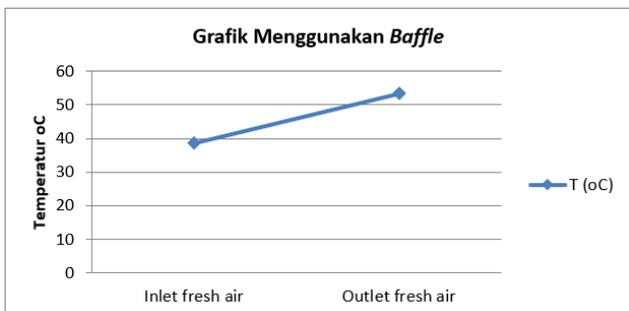
Gambar 9. Data pengujian penukar panas (*heat exchanger*) jenis aliran searah (*parallel flow*) tanpa menggunakan *baffle*

Data pengujian penukar panas (*heat exchanger*) jenis aliran searah (*parallel flow*) menggunakan *baffle* ditunjukkan pada Gambar 10.



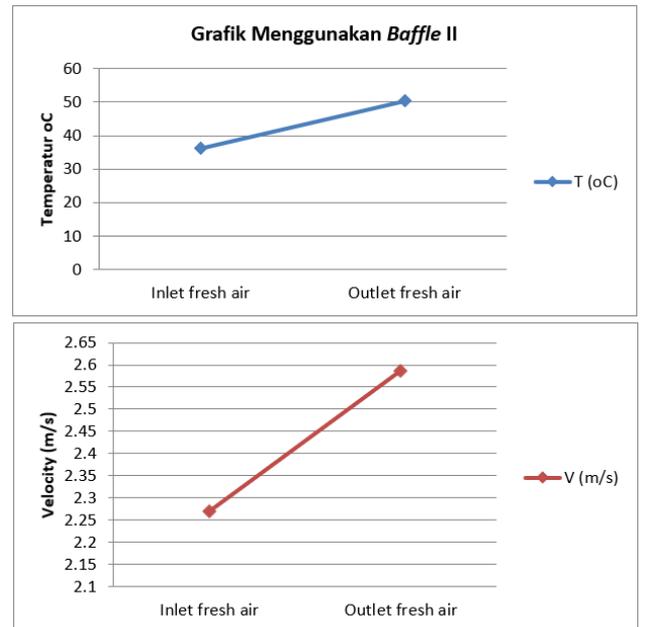
Gambar 10. Data pengujian penukar panas (*heat exchanger*) jenis aliran searah (*parallel flow*) menggunakan *baffle*.

Data pengujian penukar panas (*heat exchanger*) jenis aliran searah (*parallel flow*) menggunakan *baffle* ditunjukkan pada Gambar 11.



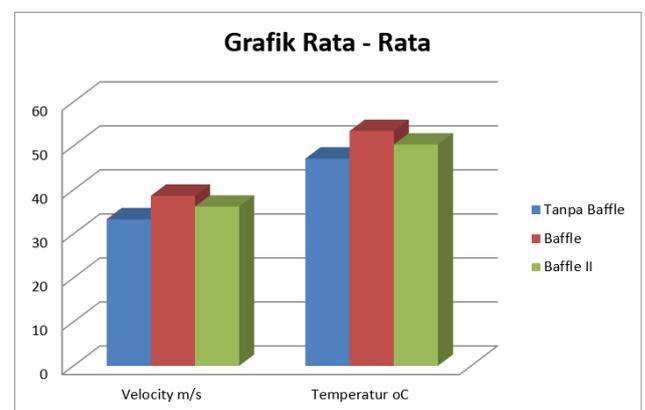
Gambar 11. Data pengujian penukar panas (*heat exchanger*) jenis aliran searah (*parallel flow*) menggunakan *baffle*.

Data pengujian penukar panas (*heat exchanger*) jenis aliran searah (*parallel flow*) menggunakan *baffle* II ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Data pengujian penukar panas (*heat exchanger*) jenis aliran searah (*parallel flow*) menggunakan *baffle* II

Grafik data pengujian penukar panas (*heat exchanger*) jenis aliran searah (*parallel flow*) tanpa menggunakan *baffle*, menggunakan *baffle*, dan menggunakan *baffle* II ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik data pengujian penukar panas (*heat exchanger*) jenis aliran searah (*parallel flow*) tanpa menggunakan *baffle*, menggunakan *baffle*, dan menggunakan *baffle* II.

Berdasarkan pengujian dengan data yang diperoleh seperti pada Gambar 9-13 bahwa kinerja heat exchanger menggunakan baffle dapat meningkatkan perpindahan panas yang terjadi di antara kedua fluida dibandingkan tanpa baffle, ini disebabkan oleh hambatan yang terjadi pada aliran yang melalui celah antar baffle menjadi besar sehingga penurunan tekanan menjadi besar, awalnya inlet fresh air dan outlet fresh air temperature dan velocity tanpa menggunakan baffle 33,3°C menjadi 47,1°C pada kecepatan 3,19 m/s – 3,26 m/s, inlet fresh air dan outlet fresh air temperature dan velocity menggunakan baffle 38,6°C menjadi 53,3°C pada kecepatan 2,27 m/s – 2,58 m/s dan sisi lain inlet fresh air dan outlet fresh air temperature dan velocity menggunakan baffle II memiliki temperature 36,1°C menjadi 50,3°C pada kecepatan 2,27 m/s – 2,58 m/s.

Berdasarkan data tersebut dapat dijelaskan bahwa penggunaan baffle dalam heat exchanger dapat meningkatkan perpindahan panas karena baffle mengarahkan aliran fluida untuk bergerak secara zig-zag atau melintang di dalam shell. Gerakan ini menciptakan turbulensi, yang sangat penting dalam perpindahan panas. Dengan adanya turbulensi, lapisan batas termal (*thermal boundary layer*) pada permukaan tabung menjadi lebih tipis, sehingga panas dapat berpindah lebih efisien antara fluida dan dinding tabung.

Selain itu, baffle memperpanjang jalur aliran fluida di dalam shell. Tanpa baffle, fluida cenderung mengalir lurus melalui jalur terpendek, sehingga waktu kontak fluida dengan permukaan tabung menjadi lebih singkat. Dengan adanya baffle, fluida diarahkan untuk mengalir melintasi seluruh permukaan tabung, meningkatkan waktu kontak dan distribusi fluida, yang pada akhirnya memperbesar jumlah panas yang dipindahkan.

Baffle juga membantu mencegah fenomena bypass, di mana sebagian fluida mengalir tanpa berinteraksi dengan tabung-tabung heat exchanger. Dengan baffle, fluida dipaksa untuk mengalir melalui setiap bagian tabung, memastikan semua permukaan tabung berfungsi secara optimal dalam memindahkan panas.

Namun, meskipun baffle meningkatkan efisiensi perpindahan panas, hambatan aliran yang ditimbulkannya juga meningkatkan penurunan tekanan (pressure drop). Oleh karena itu, desain baffle perlu diatur sedemikian rupa agar meningkatkan efisiensi perpindahan panas tanpa menyebabkan penurunan tekanan yang terlalu besar, yang dapat mengurangi efisiensi sistem secara keseluruhan.

4. Kesimpulan.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah hasil pengelasan pada fabrikasi alat tidak ditemukan cacat pada sambungan sehingga layak untuk uji kinerja. Data *inlet* dan *outlet fresh air* dari pengujian pertama penukar panas (Heat Exchanger) jenis aliran searah (Paralel Flow) tanpa menggunakan baffle suhu temperature rata rata mencapai 33,3°C menjadi 47,1°C pada kecepatan 3,19 m/s – 3,26 m/s. Inlet dan Outlet Fresh Air dari pengujian kedua penukar panas (Heat Exchanger) jenis aliran searah (Paralel Flow) menggunakan baffle suhu temperature rata rata mencapai 38,6°C menjadi 53,3°C pada kecepatan 2,27 m/s – 2,58 m/s. Inlet Dan Outlet Fresh Air dari pengujian ketiga penukar panas (Heat Exchanger) jenis aliran searah (Paralel Flow) menggunakan baffle II suhu temperature rata rata mencapai 36,1°C menjadi 50,3°C pada kecepatan 2,27 m/s – 2,58 m/s. Berdasarkan hasil penelitian bahwa Heat Exchanger menggunakan baffle akan meningkatkan perpindahan panas yang terjadi di antara kedua

fluida, hambatan yang terjadi pada aliran yang melalui celah antar baffle menjadi besar sehingga penurunan tekanan menjadi besar.

References.

- [1] M. Furqan, S. Syukran, and S. Sariyusda, "Kaji Eksperimental dan Analisa Kinerja Penukar Panas Udara Type Shell and Tube jenis aliran berlawanan," *J. Mesin Sains Terap.*, vol. 4, no. 1, pp. 57–64, 2020.
- [2] A. Azwinur and Z. Zulkifli, "Kaji Eksperimental Pengaruh Baffle Pada Alat Penukar Panas Aliran Searah Dalam Upaya Optimasi Sistem Pengereng," *SINTEK J. J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 13, no. 1, pp. 8–14, 2019.
- [3] M. Arif, S. Syukran, and F. Fakhriza, "FABRIKASI DAN UJI KINERJA HEAT EXCHANGER ALIRAN BERLAWANAN MENGGUNAKAN BAFFLE DAN TANPA MENGGUNAKAN BAFFLE," *J. Mesin Sains Terap.*, vol. 3, no. 1, pp. 39–41, 2019.
- [4] N. ONDITA, "Analisa Pengaruh Laju Alir Fluida terhadap Laju Perpindahan Kalor pada Alat Penukar anas Tipe Shell dan Tube (Analysis of Fluid Flow Rate Effect On The Rate of Heat Transfer Shell and Tube Heat Exchanger)." UNDIP, 2016.
- [5] F. Lubis and S. Lubis, "Analisis Baffle Cut Pada Alat Penukar Kalor Shell and Tube Pada Susunan Tabung Segi Empat," *J. MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, vol. 3, no. 1, pp. 39–44, 2022.
- [6] M. I. Al Hakim, M. Bakrie, and N. Rasyidi, "Pengaruh Baffle Cut Pada Shell dan Tube Heat Exchanger Terhadap Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh & Penurunan Tekanan," *J. Redoks*, vol. 9, no. 2, pp. 177–195, 2024.
- [7] R. Hidayatullah and B. A. Dwiyanoro, "Studi Numerik Pengaruh Baffle Inclination Pada Alat Penukar Kalor Tipe U–Tube Terhadap Aliran Fluida Dan Perpindahan Panas," *J. Tek. ITS*, vol. 3, no. 2, pp. B198–B203, 2014.
- [8] F. Fattah and A. Iskandar, " , " *Mot. Bakar J. Tek. Mesin*, vol. 4, no. 1, 2020.
- [9] A. Azwinur, S. Syukran, A. S. Ismy, and Z. Zulkifli, "Kaji Kinerja Alat Penukar Panas Berbasis Mikrokontroler Untuk Sistem Pengereng Produk Pertanian," in *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 2019, p. 258.
- [10] B. Septian, P. D. Rey, and A. AZIZ, "Desain dan rancang bangun alat penukar kalor (heat exchanger) jenis shell dan tube," *J. Bant dan Manufaktur J. Keilmuan Tek. Mesin dan Tek. Ind.*, vol. 3, no. 01, pp. 52–60, 2021.