Analisis *Heat Exchanger* Jenis *Shell and Tube* dengan Aliran *Counter Curent*

Ahmad Epriansyah[1], Ayu Pupu[2], Ivan Maulana Alfandi[3], dan Erlinda Ningsih[4*]
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya[1,2,3,4.]
e-mail: epriansyahahmad@gmail.com[1], aputpupu1@gmail.com[2],
*maulanaivan31@gmail.com[3], dan *erlindaningsih84@itats.ac.id*

ABSTRACT

A shell and tube heat exchanger is a heat exchanger that uses a system of tubes through which fluids flow. This practice uses a heat exchanger with U-Bend 1-2 Shell Tube Heat Exchanger type, heat transfer using counter-current flow. The purpose of this practicum is to determine the overall heat transfer coefficient of each and the effect of fluid flow rate on the U value and Calculate the amount of heat transfer in the heat exchanger and the effect of fluid flow rate on heat transfer, with a variable cold flow rate of 0.0125 ft^3/s; 0.0129 ft^3/s; 0.0144 ft^3/s and hot flow rate 0.0114 ft^3/s; 0.0124 ft^3/s; 0.0139 ft^3/s, the results of the effect of fluid flow rate with Q obtained the largest results in the hot water variable 0.0114 ft^3/s and cold water 0.0129 ft^3/s with the acquisition of Q 1580.2122 Btu/ft^2 ^oF. The effect of fluid flow rate with Uc obtained the largest results in the variable hot water 0.0114 ft^3/s and cold water 0.0144 ft^3/s with the acquisition of Uc 47.4553 Btu/h ft^2 ^oF. The effect of fluid flow rate with Ud obtained the largest results in the variable hot water 0.0114 ft^3/s and cold water 0.0144 ft^3/s with the acquisition of Ud 43.8437Btu/h ft^2 ^oF.

Keywords: *Heat exchanger, shell and tube, heat transfer, flow rate.*

ABSTRAK

Heat exchanger tipe *shell and tube* adalah alat penukar panas dengan menggunakan sistem tabung tempat cairan mengalir. Praktikum ini menggunakan alat *heat exchanger* dengan tipe *U-Bend* 1-2 *Shell Tube Heat Exchanger*, perpindahan panas menggunakan aliran *counter-current flow.* Tujuan dari praktikum ini adalah mengetahui koefisien perpindahan panas *overall* masing-masing dan pengaruh laju alir fluida terhadap nilai U dan Menghitung besarnya transfer panas dalam *heat exchanger* dan pengaruh laju alir fluida terhadap tranfer panas, dengan variabel laju alir dingin 0,0125 ft^3/s; 0,0129 ft^3/s; 0,0144 ft^3/s dan laju alir panas 0,0114 ft^3/s; 0,0124 ft^3/s; 0,0139 ft^3/s, didapatkan hasil pengaruh laju alir fluida dengan Q didapatkan hasil terbesar pada variabel air panas 0,0114 ft^3/s dan air dingin 0,0129 ft^3/s dengan perolehan Q 1580,2122 Btu/h ft^2 ^oF. Pengaruh laju alir fluida dengan Uc didapatkan hasil terbesar pada variabel air panas 0,0114 ft^3/s dan air dingin 0,0144 ft^3/s dengan perolehan Uc 47,4553 Btu/h ft^2 ^oF. Pengaruh laju alir fluida dengan Ud didapatkan hasil terbesar pada variabel air panas 0,0114 ft^3/s dan air dingin 0,0144 ft^3/s dengan perolehan Ud 43,8437 Btu/h ft^2 ^oF.

Kata kunci: *Heat exchanger, shell and tube*, perpindahan panas, laju alir.

PENDAHULUAN

Dalam perkembangan industri perpindahan kalor merupakan salah satu faktor utama dalam proses kerjanya, karena semua mesin yang bekerja didalam industri rata-rata bekerja dalam temperatur tinggi [1]. *Heat exchanger* dirancang sebagai alat transfer panas dari suatu fluida ke fluida lain pada suatu proses dengan suhu berbeda. Pertukaran panas terjadi karena adanya kontak, baik antara fluida terdapat dinding yang memisahkannya maupun keduanya bercampur langsung begitu saja.

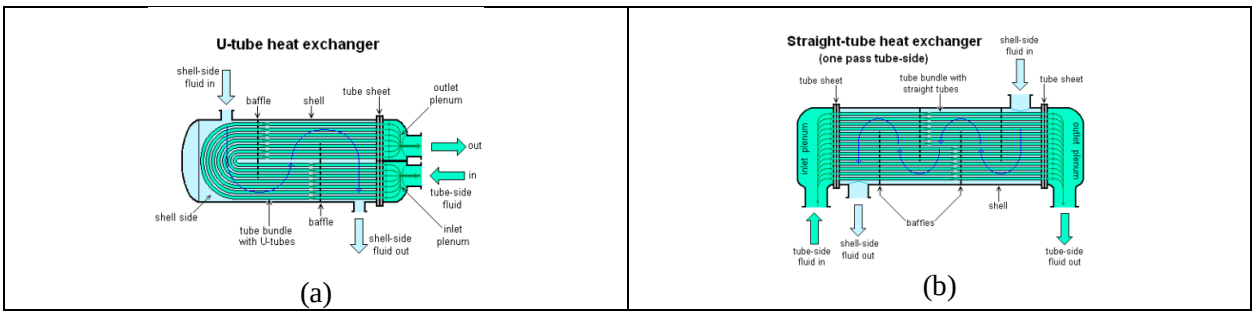
Alat ini sering ditemukan di industri yang digunakan pada proses pemanasan atau pendinginan fluida. Industri dengan berbagai sektor umumnya menggunakan Heat Exchanger karena memiliki banyak keuntungan dan perawatan yang murah serta mudah[2]. Salah satu yang banyak digunakan adalah *shell and tube* (*heat exchanger*), alat ini terdiri dari sebuah *shell* silindris di bagian luar dan sejumlah *tube* di bagian dalam. Temperatur fluida di dalam *tube* berbeda dengan di luar *tube* (di dalam *shell*) sehingga terjadi perpindahan panas antara aliran fluida di dalam *tube* dan di luar *tube*. Adapun daerah yang berhubungan dengan bagian dalam *tube* disebut dengan *tube side* dan yang di luar dari *tube* disebut *shell side*. Sistem pendingin digunakan untuk menjaga temperatur mesin pada suhu tertentu sesuai dengan desain yang ditentukan agar mesin dapat beroperasi secara berkelanjutan. Panas akibat pembakaran yang berlebihan mengakibatkan komponen mesin mengalami kenaikan temperatur yang berlebihan (*over heating*) [3]. Sehingga dapat memahami proses perpindahan panas dan perhitungan panas yang terjadi pada *heat exchanger* tipe *shell and tube*.

ISSN 2775-5630

TINJAUAN PUSTAKA

Heat Exchanger

Alat penukar panas (*heat exchanger*) adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan panas antara dua fluida atau lebih yang mempunyai perbedaan temperatur yaitu fluida yang bertemperatur tinggi dan fluida yang bertemperatur rendah. Alat penukar panas didesain dengan memperhitungkan sesuai dengan kaidah desain alat penukar panas seperti arah aliran, neraca panas, neraca massa, kapasitas panas, jenis material dan ukuran yang akan digunakan, dan penurunan tekanan [4]. Pertukaran panas dirancang agar perpindahan panas antar fluida dapat berlangsung secara efisien. Pertukaran panas terjadi karena adanya kontak, baik antara fluida terdapat dinding yang memisahkannya maupun keduanya bercampur langsung [5]. Jenis *heat exchanger* terdapat tiga yaitu, *double pipe heat exchanger, shell and tube heat exchanger,* dan *plate and frame heat exchanger. Shell and tube* adalah tipe tabung dan pipa penukar kalor yang paling banyak digunakan. Alat ini diaplikasikan untuk proses penguapan atau pendidihan fluida di luar pipa. Fluida yang dipertukarkan energinya dalam penukar kalor tipe tabung dan pipa ini dapat berwujud cair dan cair atau cair dan gas, atau cair dan cair dalam proses perubahan fasa menjadi gas [6].

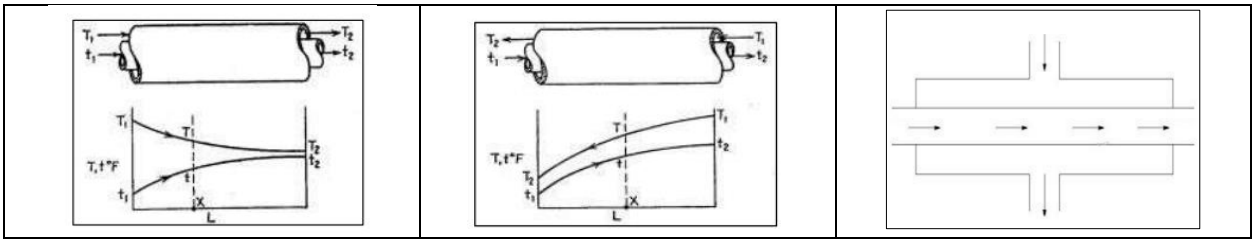


Gambar 1. a) *U-tube Heat Exchanger,* b) *Straight-tube Heat Exchanger*
Sumber : Renadi, "Penyumbatan Pipa Heat Exchanger Oleh Kerak $CaCO_3$ Serta Pengendaliannya Menggunakan Aditif Asam Formiat", 2023

Alat penukar panas *shell and tube* terdiri atas bundel pipa yang dihubungkan secara paralel dan ditempatkan dalam sebuah pipa mantel (cangkang). Fluida yang satu mengalir di dalam bundel pipa, sedangkan fluida yang lain mengalir di luar pipa pada arah yang sama, berlawanan, atau bersilangan.. Untuk meningkatkan efisiensi pertukaran panas, alat penukar panas *shell and tube* dipasang sekat (*buffle*) yang bertujuan untuk membuat turbulensi aliran fluida dan menambah waktu tinggal (*residence time*), namun pemasangan sekat akan memperbesar pressure drop operasi dan menambah beban kerja pompa, sehingga laju alir fluida yang dipertukarkan panasnya harus diatur [7].

Tipe-Tipe Aliran pada *Heat Exchanger*

Arah aliran fluida yang mengalir di dalam *heat exchanger* terbagi menjadi 3 tipe aliran yaitu aliran searah (*Co-current/Parallel Flow*) pada tipe aliran ini, fluida panas dan fluida dingin masuk pada ujung penukar panas yang sama dan kedua fluida mengalir searah menuju ujung penukar panas yang lain. Aliran berlawanan arah (*Counter Current Flow*) pada tipe aliran ini, fluida panas dan fluida dingin masuk melalui ujung penukar panas yang berbeda, masing-masing fluida mengalir dengan arah berlawanan menuju ujung penukar panas keluar. Aliran silang (*Cross Flow*) pada tipe aliran ini, fluida panas dan fluida dingin mengalir pada *right angle* satu sama lain. *Heat exchanger* dengan tipe aliran ini banyak digunakan dalam pemanasan dan pendinginan udara atau gas [8].



ISSN 2775-5630

(a)	(b)	(c)

Gambar 2. a) *Co-current flow*, b) *Counter current flow*, c) *Cross flow*
Sumber : Setiorini dkk., "Evaluasi Kinerja Heat Exchanger Jenis Kondensor 1110-C Tipe Shell and Tube Berdasarkan Nilai Fouling Factor Pada Unit Purifikasi Di Ammonia Plant Pt X", 2023

Laju Perpindahan Panas pada *Heat Exchanger*

Faktor yang mempengaruhi kinerja perpindahan panas adalah laju perpindahan fluida. Laju perpindahan panas dapat dipengaruhi oleh jarak penyekat, suhu, dan tekanan umpan, diameter *shell*, jumlah tabung dan bentuk tabung [9]. Berdasarkan hukum keseimbangan energi, panas yang dilepaskan oleh fluida panas harus sama dengan panas yang diterima fluida dingin sehingga laju perpindahan panas total yang terjadi. Untuk menghitung laju perpindahan panas dalam heat exchanger digunakan persamaan berikut:

$$Q=U.A.\Delta T$$

Keterangan :
A = Luas perpindahan panas (m^2)
Q = Kalor yang dilepaskan/diterima (W)
U = Koefisien perpindahan panas menyeluruh (W/m^2 ℃)
Δ Tm = Selisih temperatur rata-rata (℃)

Beda temperatur disepanjang alat penukar panas bervariasi maka beda temperatur yang digunakan adalah LMTD (*Logaritmic Mean Temperature Diffrence*) sehingga beda suhu rata-rata untuk aliran berlawanan arah dapat diselesaikan dengan rumus berikut ini (Burmawi dkk., 2021):
Heat Exchanger Aliran Berlawanan Arah

$$\Delta T_{\text{LMTD}} = \frac{[(Th,in-Tc,out)-(Th,out-Tc,in)]}{ln[(Th,in-Tc,out)/(Th,out-Tc,in)]}$$

Heat Exchanger Aliran Searah

$$\Delta T_{\text{LMTD}} = \frac{[(Th,in-Tc,in)-(Th,out-Tc,out)]}{ln[(Th,in-Tc,in)/(Th,out-Tc,out)]}$$

Koefisien perpindahan kalor *overall* (U) merupakan aliran kalor menyeluruh. Nilainya adalah hasil gabungan proses konduksi dan konveksi. Perpindahan kalor menyeluruh dari zat alir di dalam pipa ke zat alir di luar pipa adalah [10] :

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{\Delta X_A}{k_A} + \frac{1}{h_o}}$$

Overall Heat Transfer Clean (Uc) merupakan nilai U yang tidak memperhitungkan nilai *fouling factor*.

$$U_c = \frac{1}{\frac{1}{h_i} \times \frac{D_o}{D_i} + \frac{x_w}{k_m} \times \frac{D_o}{D_L} + \frac{1}{h_o}}$$

Overall Heat Transfer Dirty (Ud) merupakan nilai U untuk menunjang proses pertukaran panas yang didapatkan dari dimensi heat exchanger yang telah didesain. Nilai U ini juga memperhitungkan nilai *dirty factor* pada *design heat exchanger*. Nilai Ud akan berbanding lurus dengan nilai *dirty* atau *fouling* pada *heat exchanger*.

$$U_d = \frac{1}{\frac{1}{h_i} \times \frac{D_o}{D_i} + \frac{x_w}{k_m} \times \frac{D_o}{D_L} + \frac{1}{R_d}}$$

U_c = koefisien perpindahan panas menyeluruh *clean* ((kcal/hr.m^{2o}C)
h_i = koefisien perpindahan panas *tube* (kcal/hr.m^{2o}C)
h = koefisien perpindahan panas *shell* (kcal/hr.m^{2o}C)
D_o = diameter dalam *shell* (m)
D_i = diameter luar *shell* (m)
D_L = diameter logaritmik antara D_o dan D_i (m)
x_w = tebal dinding *shell* (m)
k_m = konduktivitas termal suatu bahan (kcal/hr.m^{2o}C)

ISSN 2775-5630

R_d = faktor pengotor

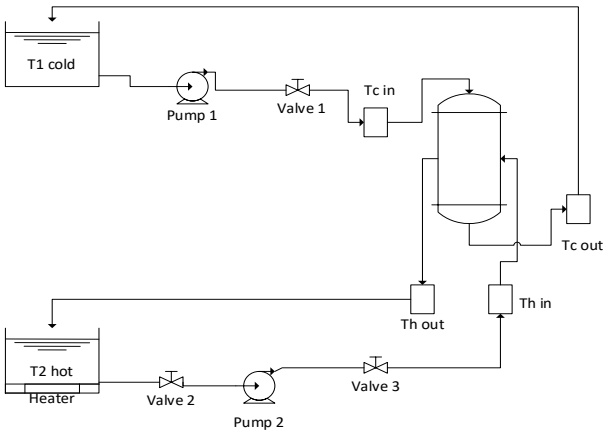
METODE

Alat yang digunakan untuk penelitian ini adalah sebuah rangkaian alat *heat exchanger*, sebuah gelas takar 1000 mL, alat ukur *stopwatch* dan termometer. Bahan yang diperlukan yaitu air dan es batu. Penelitian ini menggunakan alat *heat exchanger* dengan tipe *U-bend 1-2 Shell and Tube Exchanger* dengan jenis aliran *counterflow* serta memiliki jumlah *tube* sebanyak dua buah. Terdapat 2 variabel percobaan pada penelitian ini yaitu, variabel tetap dan variabel berubah. Variabel tetap yang digunakan adalah waktu percobaan selama 3 menit. Untuk variabel berubah yang digunakan, terdapat pada tabel 1 seperti berikut:

Tabel 1. Variabel Berubah Laju Alir Fluida Panas dan Fluida Dingin

Laju Alir Fluida Dingin (ft^3/s)	**Laju Alir Fluida Panas (ft^3/s)**
0,0114	0,0125
	0,0129
	0,0144
0,0124	0,0125
	0,0129
	0,0144
0,0139	0,0125
	0,0129
	0,0144

Prosedur Analisa *Heat Exchanger* Jenis *Shell and Tube* dengan Aliran *Counter Current*

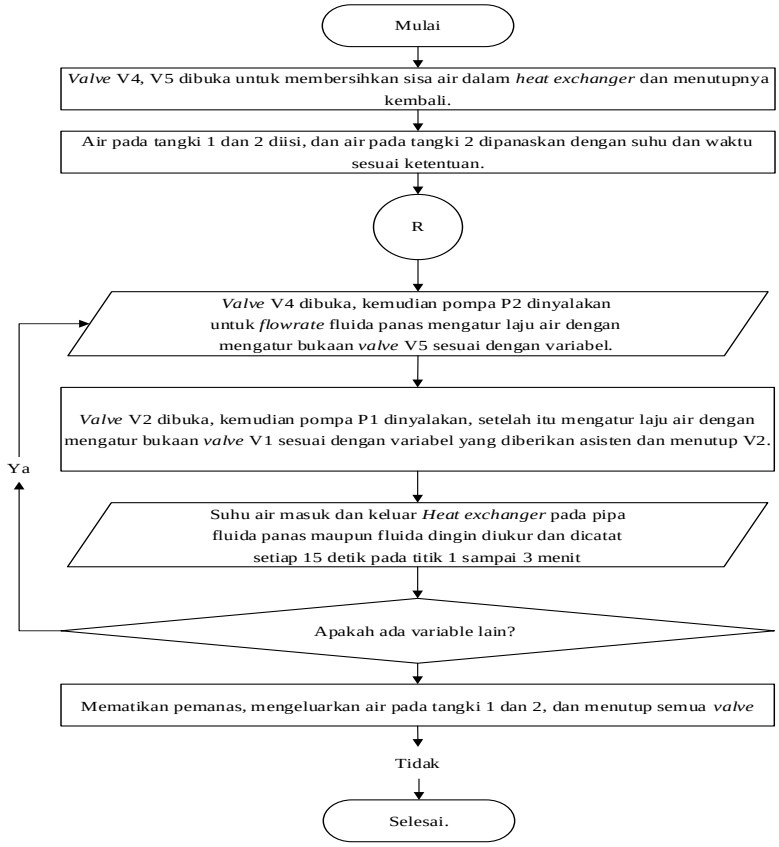


Gambar 3. Diagram Alir Rangkaian *Heat Exchanger*

Analisa *heat exchanger* pada jenis *shell and tube* dengan aliran *counter current* dimulai dengan mengeluarkan sisa fluida yang terdapat pada alat *heat exchanger* dengan membukak *valve* 4 dan *valve* 5. Pada saat analisa dipastikan *valve* dalam keadaan tertutup, kemudian tangki 2 diisi dengan air dan dipanaskan hingga waktu dan suhu yang telah ditentukan. Pada fluida air panas, dilakukan prosedur dengan membuka *valve* 4 dan *valve* 5 kemudian pompa 2 dinyalakan. Laju alir air panas diatur sesuai variabel yang telah ditentukan dengan mengatur bukaan *valve* 4. Selanjutnya pada fluida air dingin, membuka *valve* 1 dan *valve* 2 dan menyalakan pompa 1. Laju alir air dingin diatur sesuai dengan variabel yang telah ditentukan dengan mengatur bukaan *valve* 2. Suhu air dalam masuk dan keluar *heat exchanger* pada fluida

ISSN 2775-5630

dingin dan fluida panas dicatat pada setiap 15 detik pada titik 1,2,3, dan 4. Jika telah dilakukan sesuai dengan variabel berubah, maka pemanas pada tangki 2 dimatikan dan semua *valve* ditutup. Pada *valve* 4 dan *valve* 5 dibuka, bertujuan untuk mengeluarkan air dari alat *heat exchanger.* Kemudian *valve* 4 dan *valve* 5 ditutup kembali setelah proses *drain* selesai. Apabila ketika analisa air pada tangki 2 suhunya sangat tingi, maka dapat dilakukan pergantian air dengan air yang baru. Air dari tangki dikeluarkan melalui *valve 6* dan menyalakan pompa 1.



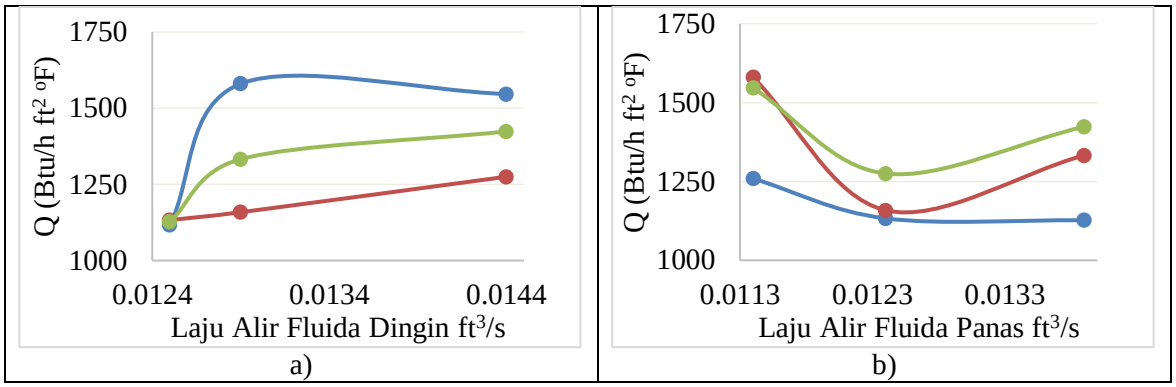
Gambar 4. Skema Percobaan *Heat Exchanger*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Laju Alir Fluida dengan Q

Alat penukar kalor (*heat exchanger*) mempunyai fungsi untuk memindahkan panas antara dua fluida atau lebih yang mempunyai perbedaan temperatur dimana salah satu fluida bertemperatur tinggi dan fluida lainnya bertemperatur rendah. Perpindahan panas pada *heat exchanger* terjadi dengan pengontakkan kedua atau lebih fluida secara tidak langsung pada dinding-dinding pipa. Panas dari fluida panas terhadap dinding dan panas dari pipa terhadap fluida dingin disebut perpindahan panas konveksi sedangkan panas yang menyebar pada seluruh bagian pipa disebut perpindahan panas konduksi. Alat *heat exchanger* yang digunakan tipe *U-Bend* 1-2 *Shell Tube Heat Exchanger*, perpindahan panas menggunakan aliran *counter-current flow*.

ISSN 2775-5630

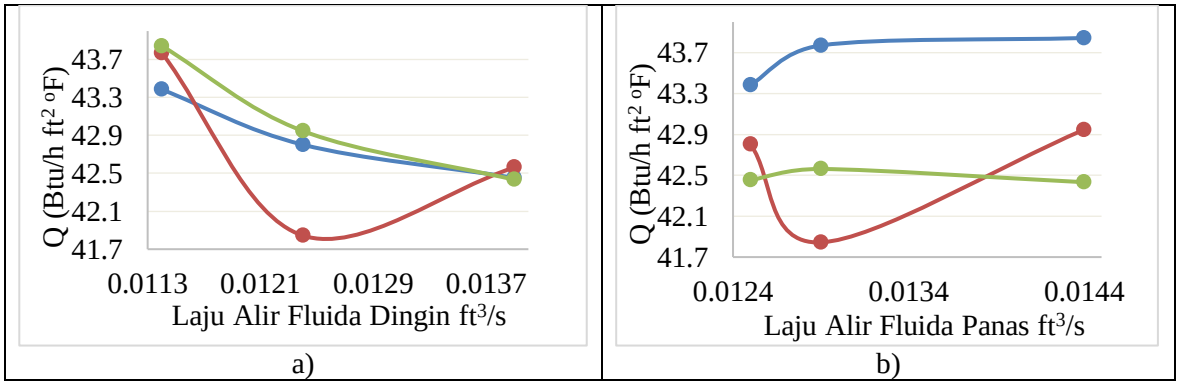


Gambar 5. a) Grafik Pengaruh Laju Pada Aliran Fluida Dingin Terhadap Q, b) Grafik Pengaruh Laju Pada Aliran Fluida Panas Terhadap Q

Hasil data pengamatan praktikum ini menujukkan semakin cepat *volumetric rate* maka akan mempengaruhi perpindahan panas yang terjadi dalam alat *heat exchanger*. Dimana semakin cepat laju alirannya maka kecepatan perpindahan panas yang terjadi akan semakin rendah. Sedangkan semakin lambat laju alirannya maka kecepatan perpindahan panas akan semakin tinggi. Hal ini diakibatkan fluida yang mengalir tidak dapat menyalurkan energi panas dengan baik terhadap dinding pipa sehingga perpindahan panas yang terjadi rendah[11].

Dari grafik pengaruh laju aliran fluida dingin terhadap Q diketahui bahwa nilai Q terendah diperoleh pada laju alir fluida tinggi yaitu laju alir air panas 0,0139 ft^3/s dan laju alir air dingin 0,0125 ft^3/s. Sedangkan nilai Q tertinggi diperoleh pada laju alir fluida rendah yaitu laju alir air panas 0,0114 ft^3/s dan laju alir air dingin 0,0129 ft^3/s. Aliran fluida yang terlalu cepat mengakibatkan singkatnya lama kontak fluida pada dinding pipa sehingga perpindahan panas yang terjadi rendah dan sebaliknya aliran fluida yang lambat akan memaksimalkan perpindahan panas.

Pengaruh Laju Alir Fluida dengan Uc



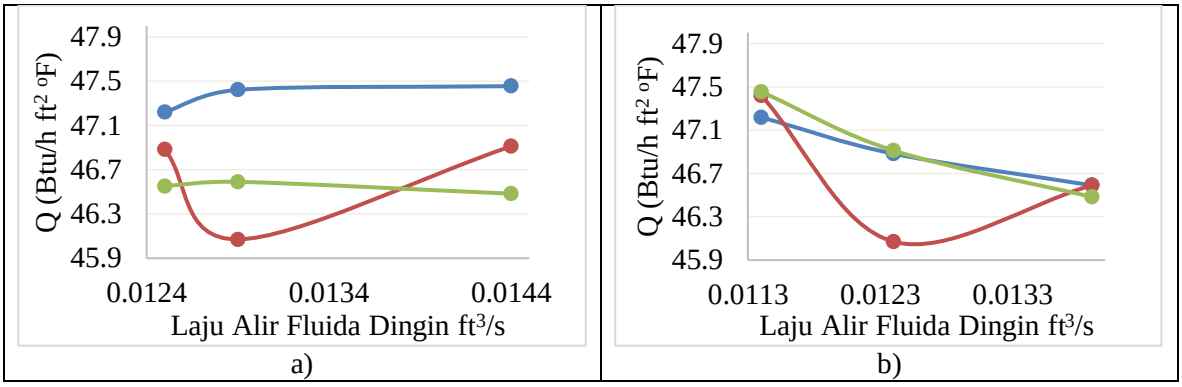
Gambar 6. a) Grafik Pengaruh Laju Pada Aliran Fluida Dingin Terhadap Uc, b) Grafik Pengaruh Laju Pada Aliran Fluida Panas Terhadap Uc

Berdasarkan grafik pengaruh laju aliran fluida panas terhadap nilai overall heat transfer coefficient clean (Uc) menunjukkan pada laju alir air panas 0,0114 ft^3/s cenderung meningkat. Sedangkan pada laju alir air panas pada 0,0124 ft^3/s dan 0,0139 ft^3/s mengalami penaikan dan penurunan, dimana penaikan dan penurunan pada 0,0124 ft^3/s jauh dari pada nilai Uc sebelumnya dari pada laju alir 0,0139 ft^3/s. Perhitungan nilai *overall heat transfer coefficient clean* (Uc) ini bertujuan untuk menentukkan nilai perfoma heat exchanger dalam keadaan bersih tanpa pengaruh dari fouling [12]. Berdasarkan grafik pengaruh laju aliran fluida dingin terhadap *nilai overall heat transfer coefficient clea*n (Uc) menunjukkan pada laju alir air dingin menurun setiap pertambahan laju alir air dingin. Namun pada laju alir 0,0129 juga mengalami peningkatan pada pertambahan laju alir dingin.

Penurunan dan peningkatan nilai *overall heat transfer coefficient clean* (Uc) dipengaruhi laju alir dimana semakin tinggi laju alir maka nilainya akan semakin meningkat dan sebaliknya. Sehingga nilai koefisien perpindahan panas konveksi akan meningkat dan koefisien perpindahan kalor (Uc) akan menurun. Faktor

yang mempengaruhi nilai *overall heat transfer coefficient clean* (Uc) adalah dari kebersihan pipa aliran yang terkadang timbul kerak-kerak yang berasal dari kadar mineral yang tinggi pada air yang dialirkan. Selain itu impurities dan zat pengotor lainnya akibat korosi/pengendapan dalam tube juga merupakan penyebab penurunan nilai *overall heat transfer coefficient clean* [13].

Pengaruh Laju Alir Fluida dengan Ud



Gambar 7. a) Grafik Pengaruh Laju Pada Aliran Fluida Dingin Terhadap Ud, b) Grafik Pengaruh Laju Pada Aliran Fluida Panas Terhadap Ud

Pada grafik pengaruh laju aliran fluida panas terhadap nilai *overall heat transfer coefficient dirty* (Ud) menujukkan bahwa cenderung meningkat di laju alir 0,0114 ft^3/s. Sedangkan pada laju alir 0,0124 ft^3/s dan 0,0139 ft^3/s mengalami peningkatan dan penurunan nilai *overall heat transfer coefficient dirty* (Ud). Pada grafik pengaruh laju aliran fluida dingin terhadap nilai *overall heat transfer coefficient dirty* (Ud) menujukkan bahwa cenderung penurunan di laju alir 0,0125 ft^3/s dan 0,0144 ft^3/s. Sedangkan pada laju alir 0,0129 ft^3/s selain mengalami penurunan juga mengalami peningkatan nilai *overall heat transfer coefficient dirty* (Ud). Peningkatan dan penurunan nilai dari *overall heat transfer coefficient dirty* (Ud) dipengaruhi dari impurities yang terdapat dalam pipa *heat exchanger*.
Efektivitas *heat exchanger* berbanding terbalik dengan nilai *fouling factor* dimana semakin besar nilai *fouling factor* maka efektivitas alat akan mengalami penurunan karena adanya hambatan pertukaran panas dikarenakan *fouling* yang terbentuk. *Fouling factor* dapat menyebabkan penurunan laju perpindahan panas, sehingga menyebabkan penurunan kinerja dan efektifitas alat [14]. Namun pada penelitian ini didapatkan nilai efektivitas data pertama lebih tinggi dibandingkan data lainnya yang memiliki nilai *fouling factor* lebih rendah. Hal ini terjadi karena laju alir fluida dingin data pertama jauh lebih rendah dibandingkan data lainnya yang mengakibatkan waktu tinggal fluida tersebut lebih lama sehingga meningkatkan nilai efektivitas dari perpindahan panas yang terjadi [15].

KESIMPULAN

Penelitian ini menggunakan alat *heat exchanger* dengan tipe *U-Bend* 1-2 *Shell Tube Heat Exchanger*, perpindahan panas menggunakan aliran *counter-current flow*. Pada analisis *heat exchanger* didapatkan tiga hasil yaitu pengaruh laju alir fluida dengan Q, pengaruh laju alir fluida dengan Uc dan oengaruh fluida dengan Ud. Pengaruh laju alir fluida dengan Q didapatkan hasil terbesar pada variabel air panas 0,0114 ft^3/s dan air dingin 0,0129 ft^3/s dengan perolehan Q 1580,2122 Btu/h ft^2 ^oF. Pengaruh laju alir fluida dengan Uc didapatkan hasil terbesar pada variabel air panas 0,0114 ft^3/s dan air dingin 0,0144 ft^3/s dengan perolehan Uc 47,4553 Btu/h ft^2 ^oF. Pengaruh laju alir fluida dengan Ud didapatkan hasil terbesar pada variabel air panas 0,0114 ft^3/s dan air dingin 0,0144 ft^3/s dengan perolehan Ud 43,8437Btu/h ft^2 ^oF. Semakin cepat laju alirannya maka kecepatan perpindahan panas yang terjadi akan semakin rendah. Hal ini diakibatkan fluida yang mengalir tidak dapat menyalurkan energi panas dengan baik terhadap dinding pipa sehingga perpindahan panas yang terjadi rendah[11]. Penurunan dan peningkatan nilai *overall heat transfer coefficient clean* (Uc) dipengaruhi laju alir dimana semakin tinggi laju alir maka nilainya akan semakin meningkat dan sebaliknya. Faktor yang mempengaruhi nilai *overall heat transfer coefficient clean* (Uc) dan *overall heat transfer coefficient dirty* (Ud) adalah kebersihan pipa aliran yang timbul kerak-kerak berasal

dari kadar mineral tinggi pada air yang dialirkan. Selain itu impurities dan zat pengotor lainnya akibat korosi/pengendapan dalam *tube* juga merupakan penyebab penurunan nilai *overall heat transfer coefficient clean* dan *overall heat transfer coefficient dirty* (Ud) [13]

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan nikmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan jurnal ini. Terima kasih kepada rekan setim, rekan seperjuangan, rekan satu kampus dan akademik. Ucapan tentu saja mengalir kepada rekan-rekan yang membantu membuat jurnal ini. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada seluruh dosen dan civitas Teknik Kimia ITATS.

DAFTAR PUSTAKA

[1] R. A. Soegijarto Dan M. Arsana, "Pengaruh Variasi Temperatur Fluida Masuk Terhadap Efektivitas Heat Exchanger Shell And Tube Dengan Menggunakan Nanofluida Tio2," 2021.
[2] K. Putri, R. Allifia, E. Dia, P. Sari, D. Pratiwi, Dan E. Ningsih, "Pengaruh Laju Alir Fluida Panas Dan Fluida Dingin Terhadap Besarnya Transfer Panas Pada Alat Heat Exchanger," *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan*, Hlm. 1–7, 2022.
[3] B. Wisely Ziliwu *Dkk.*, "Pengoperasian Dan Perawatan Sistem Pendingin Pada Mesin Induk Kapal Km. Sido Mulyo Santoso Di Ppn Sibolga," 2021. [Daring]. Tersedia Pada: Www.Maritimeworld.Web.Id
[4] E. Ningsih, A. H. Fahmi, M. Riyanando, M. Rizal Faiz, C. Muliawati, Dan R. Izroiel, "Desain Shell And Tube Heat Exchanger (Sthe) Tipe Counter Current Dengan Material Stainless Steel," *Journal Of Industrial Process And Chemical Engineering*, Vol. 2, No. 2, Hlm. 124–130, Des 2022.
[5] I. E. Rahayu, S. N. Izzah, Dan M. R. Hidayat, "Analisis Kinerja Heat Exchanger Pada Preheater Cdu V Di Kilang Ru V Balikpapan," *Jurnal Teknik Kimia Vokasional*, Vol. 1, No. 1, Hlm. 1–9, 2021, Doi: 10.46964/Jimsi.V1i1.614.
[6] B. Septian *Dkk.*, "Design Of Heat Exchanger Shell And Tube," *Jurnal Baut Dan Manufaktur*, Vol. 03, No. 1, 2021.
[7] Muhammad Lutfie Renadi, "'Penyumbatan Pipa Heat Exchanger Oleh Kerak Caco3 Serta Pengendaliannya Menggunakan Aditif Asam Formiat,'" 2023.
[8] I. A. Setiorini Dan A. F. Faputri, "Evaluasi Kinerja Heat Exchanger Jenis Kondensor 1110-C Tipe Shell And Tube Berdasarkan Nilai Fouling Factor Pada Unit Purifikasi Di Ammonia Plant Pt X," *Jurnal Teknik Patra Akademika*, Vol. 14, No. 01, Hlm. 23–30, 2023.
[9] E. Ningsih, I. Albanna, A. P. Witari, Dan G. L. Anggraini, "Performance Simulation On The Shell And Tube Of Heat Exchanger By Aspen Hysys V.10," *Jurnal Rekayasa Mesin*, Vol. 13, No. 3, Hlm. 701–706, Des 2022, Doi: 10.21776/Jrm.V13i3.1078.
[10] A. Pratama Saputra, "Analisa Unjuk Kerja Dari Heat Exchanger Tipe Shell And Tube Menggunakan Air Sebagai Fluida Panas Dan Fluida Dingin (Performance Analysis Of Shell And Tube Heat Exchanger Using Water As Hot And Cold Fluid)," No. 01, 2021.
[11] A. Husen, T. M. Ichwan Akbar, Dan N. Cholis, "Analisis Pengaruh Kecepatan Aliran Fluida Dingin Terhadap Efektivitas Shell And Tube Heat Exchanger," 2020.
[12] Virsa Faliolla Tasyakuranti, Rosita Dwi Chrisnandari, Arief Rahmatulloh, Setiyono, Dan Nurul Kamaliya, "Evaluasi Kinerja Cooler-05 Pada Crude Distillation Unit Di Ppsdm Migas Cepu," *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, Vol. 9, No. 2, Hlm. 177–189, Jun 2023, Doi: 10.33795/Distilat.V9i2.2695.
[13] I. A. Setiorini *Dkk.*, "Evaluation Of Performance Condenser Type Heat Exchanger 1110-C Shell And Tube Type Based On Fouling Factor Value In Purification Unit At Ammonia Plant Pt X," 2023.
[14] A. S. B. Wardhani, A. T. Labumay, Dan E. Ningsih, "Influence Of Fluid Inflow Rate On Performance Effectiveness Of Shell And Tube Type Heat Exchanger," *Journal Of Mechanical Engineering, Science, And Innovation*, Vol. 2, No. 1, Hlm. 9–15, Mei 2022, Doi: 10.31284/J.Jmesi.2022.V2i1.2993.
[15] Firman Gora Sasmita, Anis Dwi Yulianto, Arizzal Fathul Huda, Dan Hadi Priya Sudarminto, "Efektivitas_Kinerja_Heat_Exchanger_Shell_And_Tube_," 2021.