

Studi Aplikasi *Heat Transfer* Menggunakan Sistem Penukar Panas  
Tipe *Shell & Tube* di Industri Manufaktur

Study of Heat Transfer Applications Using Shell & Tube Type Heat  
Exchanger Systems in the Manufacturing Industry

Erwin<sup>1\*</sup>, Husen Asbanu<sup>2</sup>, Yefri Chan<sup>3</sup>, Didik Sugiyanto<sup>4</sup>, Herry Susanto<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Universitas Darma Persada, Jakarta Timur, Indonesia

<sup>1\*</sup>[erwin.dosen@gmail.com](mailto:erwin.dosen@gmail.com), <sup>2</sup>[husenasbanu@ft.unsada.ac.id](mailto:husenasbanu@ft.unsada.ac.id), <sup>3</sup>[yefrichan2000@gmail.com](mailto:yefrichan2000@gmail.com),  
<sup>4</sup>[didiksgy@gmail.com](mailto:didiksgy@gmail.com), <sup>5</sup>[herrysusanto@ft.unsada.ac.id](mailto:herrysusanto@ft.unsada.ac.id)

**Abstrak**

Dalam industri manufaktur modern, proses perpindahan panas menjadi salah satu aspek penting dalam operasi mesin. *Heat exchanger* merupakan salah satu perangkat yang diaplikasikan untuk memindahkan energi panas antara dua atau lebih substansi, antara permukaan padat dengan substansi, atau antara partikel padat dengan substansi, ketika terdapat perbedaan temperatur dan terjadi kontak panas. Prosedur yang diaplikasikan dalam penelitian ini ialah melalui pengkajian literatur dari sebagian sumber yang terdiri dari karya tulis, publikasi ilmiah, dan literatur yang diterbitkan dalam lima tahun terakhir dan tersedia di internet. Literatur dipilah-pilah sesuai dengan pokok bahasan yang ingin diteliti. Data untuk pengkajian ini, dikumpulkan melalui kajian terhadap jurnal yang membahas penerapan efektivitas desain *heat exchanger* tipe *shell* dan *tube* dalam industri. Riset ini bertujuan untuk menyusun desain penukar panas agar dapat mencapai efektivitas. Standar yang digunakan dalam perancangan *heat exchanger* tipe *shell* dan *tube* yakni TEMA (*Tubular Exchanger Manufacturers Association*) dan *American Petroleum Institute* (API). Berdasarkan masalah yang diungkapkan, penulis menganggap penggunaan *heat exchanger* tipe *shell* dan *tube* sangat efektif sebagai piranti pertukaran termal. *Heat exchanger* juga dapat digunakan dengan berbagai jenis fluida, terutama nanofluida. Namun, penggunaan *heat exchanger* tipe ini memerlukan perhatian khusus, seperti memastikan bahwa kontaminan telah dikendalikan agar penggunaannya optimal, serta menjaga tingkat transfer panas agar tetap stabil.

**Kata kunci:** Perpindahan panas, *Shell and Tube Heat Exchanger*, Fluida, Kajian

**Abstract**

*The heat transfer process plays a crucial role in machine operations in the modern manufacturing industry. The heat exchanger, which allows the passage of heat energy between several fluids, a solid surface and a fluid, or solid particles and a fluid, is an essential piece of equipment in this context. This exchange takes place at various temperatures and involves heat collision. The methodology employed in this study consists of conducting a comprehensive literature review of relevant articles, journals, and books published online within the past five years. The literature is carefully selected and organized based on the chosen research theme. The data collection for this study is derived from an in-depth analysis of a journal article*

*focused on the practical application and design effectiveness of shell and tube heat exchangers within the industrial sector. This research aims to develop an optimized heat exchanger design to achieve optimal performance. The design standards for shell and tube heat exchangers are TEMA (Tubular Exchanger Manufacturers Association) and the American Petroleum Institute (API). Given the challenges above, the author emphasizes that shell and tube heat exchangers are highly effective heat transfer devices within the industry. Furthermore, these heat exchangers can be employed with various fluids, particularly nanofluids. However, it is crucial to exercise caution when using this type of heat exchanger, ensuring that contaminants are adequately managed to maximize their efficiency while maintaining a stable heat transfer rate.*

**Keywords:** Heat transfer, Shell and Tube Heat Exchanger, Fluid, Study

## 1. PENDAHULUAN

Dalam industri modern saat ini, proses perpindahan panas menjadi salah satu proses utama dalam operasi mesin. Misalnya, di industri Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), mesin industri bekerja dengan mengubah energi panas menjadi energi mekanik, yang sering menghasilkan peningkatan suhu dalam sistem. Oleh karena itu, proses pendinginan diperlukan untuk mencegah atau mengurangi peningkatan suhu yang berlebihan.

Menurut Hasan Maksun & Wawan Purwanto (2018), alat penukar panas ialah piranti yang diaplikasikan untuk memindahkan energi panas antara dua atau lebih cairan, antara partikel padat dan cairan pada temperatur dan kontak termal yang berbeda. Berdasarkan penelitiannya, Budiman, Syarief, & Isworo (2014) menjelaskan bahwa *heat exchanger*, yang dikenal sebagai penukar panas (HE) dalam industri, berfungsi sebagai alat untuk mentransfer panas dan dapat berperan sebagai radiator atau pendingin. Biasanya, *heat exchanger* menggunakan uap jenuh sebagai media pemanas dan air alam sebagai media pendinginnya. Salah satu variasi penukar panas yang sering diaplikasikan dalam eksplorasi dan pemrosesan minyak bumi adalah penukar panas model *shell and tube*. Namun, peningkatan kinerja penukar panas harus dilakukan dengan hati-hati karena aliran fluida yang kompleks di dalam shell. Desain penukar panas dipengaruhi oleh luas area pemindahan panas. Semakin masif luas area pemindahan panas, semakin masif penukar panas yang dihasilkan atau dirancang. Terdapat berbagai jenis desain penukar panas, termasuk model *shell and tube*, *twin-tube*, aliran silang, dan pelat. Namun, model *shell and tube* cocok sebagai sarana mengatasi cairan dengan beban tinggi.

Dalam percobaan ini, dilaksanakan reka cipta model *heat exchanger* agar mencapai kesimpulan kapasitas yang terbaik. Acuan yang diterapkan pada reka cipta *heat exchanger* model *shell dan tube* yakni TEMA (Tubular Exchanger Manufacturers Association) dan American Petroleum Institute (API). Berdasarkan latar belakang masalah di atas, penulis melakukan studi literatur yang melibatkan beberapa jurnal dan mengajukan judul penelitian dengan judul "Kajian Aplikasi *Heat Transfer* Menggunakan Sistem Penukar Panas Tipe *Shell & Tube* Dalam Industri Manufaktur".

## A. TINJAUAN PUSTAKA

### 1.1. Heat Exchanger

Menurut buku yang diterbitkan oleh Kakac, et. al. (2020), Alat ini merupakan perangkat yang menyediakan pergerakan energi panas antara dua atau lebih cairan pada temperatur yang berlainan. Alat ini sering diaplikasikan pada industri pembangkit listrik, industri kimia, industri makanan, elektronik, teknologi lingkungan, pemulihan limbah panas, industri

manufaktur, Air Conditioning, kulkas, dan aerospace. Heat Exchanger dapat diklasifikasikan menurut kriteria utama berikut : Regenerator; - Proses Transfer: kontak langsung dan kontak tidak langsung; Kontruksi Geometri: tabung, pelat, dan extended surface; Mekanisme perpindahan panas: satu fasa atau dua fasa; Pengaturan aliran: aliran parallel, aliran balik, dan aliran silang.

### 1.2. Shell and Tube Heat Exchanger

Menurut A.A. Abd et al. (2018), tipe heat exchanger shell and tube sangat awam digunakan sebagai alat perpindahan panas dan paling umum diterapkan secara luas di berbagai industri. tipe penukar panas ini, terdiri dari bejana dengan ukuran berlainan dan bermuatan sejumlah tabung yang ada didalamnya. Tingkat panas yang ditransferkan tergantung pada beberapa faktor, seperti temperatur dan tegangan umpan, penampang cangkang, total tabung, jarak baffle, dan jangka antara potongan. Metode perpindahan panas pada alat model ini, yaitu "heat" yang dialirkan antara tabung-tabung dan juga sisi shell pada dinding tabung.

### 1.3. Perpindahan Panas

Menurut buku dari Setyono Iskandar, (2015). Perpindahan panas bisa diartikan Bergeraknya energi dari tempat awal ke tempat lainnya akibat dari perbedaan suhu antara area-area tersebut. Aliran panas tidak bisa dikendalikan oleh hubungan eksklusif, tetapi dengan asosiasi dari bermacam hukum fisika yang tidak saling tergantung. Berikut adalah tiga cara perpindahan panas menurut buku dari Setyono Iskandar, (2015): Konduksi, Metode perpindahan energi panas melibatkan perpindahan panas dari lokasi yang panas ke area yang lebih dingin di dalam suatu benda (cair, gas, atau padat), serta memindahkan panas secara langsung di antara benda-benda; Konveksi, metode perpindahan energi melalui persekutuan dari konduksi panas, retensi energi, dan gerakan meretensi; Radiasi, merupakan modus operasi panas bergerak dari media yang bertemperatur tinggi ke media yang bertemperatur rendah dan medium-medium tersebut terisolasi di dalam suatu medium, terlebih di dalam medium hampa sekalipun. Radiasi umumnya digunakan pada "gelombang elektromagnetik".

## 2. METODE

Pada pengkajian ini, metode yang diterapkan ialah melalui kajian literatur yang mencakup beberapa sumber seperti karya tulis, publikasi ilmiah, dan literatur yang tersedia di interkoneksi. Kami melakukan pemilihan literatur sesuai dengan pokok bahasan yang ingin kami teliti. Penghimpunan data untuk penelitian ini dilakukan dengan mempelajari sebuah jurnal yang membahas penerapan efektivitas desain *heat exchanger* tipe *shell* dan *tube* dalam konteks industri.

Oleh sebab itu, penelitian ini biasa disebut dengan penelitian deskriptif kualitatif. Metode analisis deskriptif kualitatif menggambarkan proses dan peristiwa yang sedang berlangsung di lapangan penelitian, serta memperoleh solusi permasalahan dengan menggunakan data dan informasi analitis (Slamet, 2006).

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### APLIKASI HEAT EXCHANGER

Berikut merupakan beberapa hasil yang dapat diambil dari pengkajian atau penganalisisan dari beberapa jurnal yang relevan:

### 3.1 Analisis Baffle Cut Pada Alat Penukar Kalor Shell and Tube Pada Susunan Tabung Segi Empat (Faisal Lubis, et al., 2022)

Penelitian ini berkaitan tentang penambahan baffle untuk memungkinkan terbentuknya aliran cross flow pada STHX dimana proses perpindahan panas yang terjadi meningkat. Selain itu, dengan ditambahkan baffle dapat mencegah tube agar tidak bengkok dan meminimalkan getaran akibat aliran fluida. Jenis baffle yang dipakai yaitu baffle segmen tunggal berjarak 40 mm. Variasi baffle cut yang digunakan pada penelitian ini yaitu 11%, 25,6%, 38,88%, dan 48,97%. Berdasarkan data yang didapat bilangan Nusselt berbanding lurus dengan koefisien perpindahan panas secara konveksi dan nilai maksimum diperoleh pada baffle cut 25%. Jika baffle cut kurang dari 20% maka akan mengakibatkan penurunan tekanan serta menghasilkan turbulensi. Sedangkan jika lebih dari 35% maka penurunan tekanan yang dihasilkan terlalu rendah sehingga tidak maksimal.

### 3.2 Analisis Pengaruh Kecepatan Aliran Fluida Dingin Terhadap Efektivitas Shell and Tube Heat Exchanger (Ahmad Husen, et al., 2020)

Penelitian ini membahas mengenai pengaruh peningkatan laju aliran fluida dingin terhadap efisiensi STHX pada skala laboratorium. Prinsip konveksi paksa dengan memberi variasi pada laju aliran fluida dingin ( $V_c$ ) sebesar 1.19 m/s dan 2.91 m/s dengan suhu 32°C serta laju aliran fluida panas ( $V_h$ ) sebesar 1.98 m/s pada dengan suhu 60°C merupakan metode yang digunakan pada penelitian ini. Nilai optimal dari data yang didapat pada penelitian ini adalah laju aliran fluida dingin ( $V_c$ ) sebesar 2.91 m/s namun dari suhu yang dapat diserap hanya sebesar 41.6°C. Sedangkan nilai minimum laju aliran fluida dingin ( $V_c$ ) sebesar 1.19 m/s dapat menyerap suhu sebesar 44.7°C. Hal tersebut dapat terjadi karena waktu korelasi kedua lebih singkat sehingga mengurangi efektivitas penyerapan kalor, maka jika laju aliran fluida dingin ditingkatkan secara kontinu akan mengakibatkan penyerapan kalor menurun sehingga efisiensi pada *heat exchanger* ikut menurun

### 3.3 Analisis Kinerja Penukar Kalor Tipe Shell and Tube untuk Pendinginan Governor (Markus, et al., 2020)

Penelitian ini dilakukan karena kinerja *heat exchanger* yang semakin menurun yang ditandai dengan relatif tingginya suhu oli pompa hidrolik yang keluar dari *heat exchanger*. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk meninjau apakah *heat exchanger* masih berfungsi dengan baik, parameter yang digunakan adalah suhu keluaran oli yang didinginkan mendekati suhu ruang. Efisiensi *heat exchanger* diverifikasi dengan membandingkan hasil pengujian dengan kondisi *heat exchanger* tanpa kontaminan. Variasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu suhu inlet oli sebesar 44°C dan debit oli sebesar 0.437 kg/s, suhu inlet air sebesar 28°C dan debit air sebesar 0.498 kg/s. Berdasarkan data penelitian didapat bahwa efisiensi pada *heat exchanger* mengalami penurunan 74.5% menjadi 73.7%, dan suhu output oli dari *heat exchanger* terjadi peningkatan 32.07°C menjadi 32.21°C.

### 3.4 Heat Transfer Analysis of a Shell and Tube Heat Exchanger Operated with Graphene Nanofluids (M. Fares, et al., 2020)

Pada jurnal ini, penulis mengungkapkan bahwa penggunaan nanofluida dalam *heat exchanger* menjanjikan peningkatan perpindahan panas sekaligus mengurangi konsumsi dari energi. Pada penelitian ini, penulis juga beranggapan bahwa koefisien perpindahan panas bisa dinaikkan hingga 29 pada konfigurasi pertukaran panas vertical shell and tube menggunakan 0,2 wt% graphene/water nanofluid menjadi cairan panas pada sisi tube dibandingkan dengan

air sebagai cairan dasarnya. Selain itu menurut penulis jurnal, efisiensi termal *heat exchanger* merupakan indikator penting efisiensi energi. Penggunaan nanofluida pada konsentrasi 0.2 wt% meningkatkan efisiensi termal sisi panas (tube) dan sisi dingin (shell) masing masing sebesar 24,4 % dan 7,3%. Selain itu, peningkatan maksimum efisiensi termal rata-rata menggunakan konsentrasi nanofluida dan laju aliran 0,2 dan 2,16 l/menit.

### 3.5 Thermal Optimization of Shell and Tube Heat Exchanger Using Porous Baffles (M.H. Mohammadi, et al., 2020)

Pada jurnal ini, penulis beranggapan bahwa penggunaan Porous Baffles dapat meningkatkan kinerja STHX secara signifikan dengan meningkatkan laju perpindahan panas. Namun, hal ini dapat mempengaruhi penurunan tekanan dalam system yang bisa diartikan positif maupun negatif. Dalam penelitian ini, 6 Porous Baffles dengan jarak yang sama digunakan untuk mempelajari kinerja STHX. Dalam hal ini, tiga nilai permeabilitas (109 m<sup>2</sup>, 1012 m<sup>2</sup> dan 1015 m<sup>2</sup>), porositas (0,2, 0,5 dan 0,8) dan potongan membrane (25%, 35%, 50%) dipertimbangkan. Nilai yang dipilih untuk menunjukkan dengan jelas efek dari setiap parameter, sekaligus cukup logis untuk tidak melanggar poin desain teknik yang biasa. Permeabilitas = 109 m<sup>2</sup> memungkinkan laju perpindahan panas tertinggi dan penurunan tekanan terendah. Pemotongan baffle hanya memiliki persentase kecil (Bc = 25%) dapat meningkatkan perpindahan panas dan penurunan yang dihasilkan membatasi kemampuan insinyur untuk merancang persentase pengaruh yang rendah. Porositas 20% juga dapat mentransfer lebih banyak panas dan energi menurut STHX, tetapi pemotongan baffle kurang dari 40% menyebabkan penurunan tekanan yang signifikan. Oleh karena itu, dilangsungkan analisis sensitivitas menggunakan JST agar mengevaluasi dampak setiap parameter terhadap output. Berdasarkan hasil analisis sensitivitas, pemotongan baffle memiliki pengaruh terbesar terhadap perpindahan panas dan penurunan tekanan, masing masing 88% dan 71%. Permeabilitas adalah parameter terpenting kedua, terhitung 24% dari laju perpindahan panas dan 7% dari penurunan tekanan. Terakhir, nilai input optimal diperoleh dengan memanfaatkan front Pareto bersama dengan metode pengambilan keputusan TOPSIS. Titik desain optimum adalah Bc = 27,58%, 109 m<sup>2</sup> dan pada 21,68%, menghasilkan laju perpindahan panas yang signifikan (Q = 607,88 kW) dan penurunan tekanan rendah (P = 22,12 kPa). Kontaminan dari material berpori dapat berdampak buruk pada performa model STHX saat ini. Menurut penulis, penelitian ini terbatas pada CFD keadaan tunak dan kontaminan tidak dimodelkan sama sekali. Penulis beranggapan, fenomena ini dapat dipelajari di masa yang akan datang dan dapat dicapai dengan mengimplementasikan permeabilitas yang bergantung pada porous baffles. Dikarenakan hal ini merupakan masalah yang sukar karena skala waktu aliran dan skala waktu kontaminan memiliki urutan besaran yang berbeda, sehingga sulit untuk mengambil langkah waktu yang tepat untuk menyelesaikan masalah CFD yang tidak stabil. Dalam hal ini, penulis mengutarakan pendekatan eksperimental tampaknya lebih tepat. Konfigurasi Porous Baffles lainnya, seperti Spiral Porous Baffles juga dievaluasi.

### 3.6 Heat transfer enhancement and life cycle analysis of a Shell-and-Tube Heat Exchanger using stable CuO/water nanofluid (Z. Said et al., 2019)

Pada penelitian ini, penulis menyajikan analisis eksperimental yang komprehensif dan didukung oleh analisis teoritis (berdasarkan hukum termodinamika pertama dan kedua) dari kinerja *shell and tube heat exchanger*, serta analisis siklus hidup. Untuk itu, pengaturan eksperimental STHX dibuat dan CuO/water nanofluid diuji. Untuk menjamin keamanan selama implementasi, penulis mempersiapkan nanofluida secara terpisah dengan menggunakan prosedur tertentu. Temuan utama dari proyek penelitian ini dapat diringkas sebagai berikut: Penggunaan CuO/water nanofluid meningkatkan efektivitas *heat exchanger* sekaligus menurunkan konsumsi energi dan biaya keseluruhan; Adanya surfaktan

meningkatkan kinerja nanofluid; Peningkatan konsentrasi volume menurunkan stabilitas nanofluid; Thermal conductivity dari nanofluid tertinggi diperoleh pada pH 3 dan waktu sonikasi 2 jam; Parameter ini bervariasi dengan waktu sonikasi, memengaruhi stabilitas nanofluid, thermal conductivity, dan viskositas; Penelitian ini mengungkapkan ketika menggunakan aliran panas atau dingin, nanofluid memancarkan lebih banyak panas daripada air murni; Koefisien perpindahan panas keseluruhan meningkat sebesar 7%, perpindahan panas konvektif meningkat sebesar 11,39%, dan penurunan pada area *heat exchanger* 6,81%.

Studi ini menemukan bahwa ketika nanofluid memiliki thermal conductivity terbaik (pH 3 dan 2 jam sonikasi) menghasilkan suspensi stabil yang dapat diverifikasi hingga 45 hari dan memiliki zeta potensial tertinggi 31,5 mV. Menurut analisis siklus hidup yang dilakukan pada studi ini, total biaya sistem prototipe dasar adalah \$32.200, yang meliputi 23% untuk material, 2% untuk manufaktur, 3% untuk transportasi, dan 72,3% saat penelitian. Dari sudut pandang praktisi, penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan CuO/water nanofluid menguntungkan dalam kasus STHX karena peningkatan perpindahan panas yang bergantung pada konduktivitas termal dari nanofluida. Gerakan tak teratur, interaksi, dan volatilitas partikel nano, serta kontak dengan dinding tabung, menyebabkan peningkatan konduktivitas panas. Analisis siklus hidup menunjukkan emisi energi total dari beberapa elemen termasuk biaya material, pembuatan, dan sebagainya, serta biaya kemampuan kerja dari sistem prototipe dasar yang merupakan informasi penting untuk desain sistem dan pengambilan keputusan. Cairan yang telah ditingkatkan memiliki banyak aplikasi potensial, tetapi bekerja dengan baik sebagai cairan kerja dalam aplikasi solar thermal dimana peningkatan perpindahan panas sangat penting. Lebih banyak kemajuan dalam sifat-sifat nanofluida dan penerapannya dalam *heat exchangers* akan mengarah pada penelitian lebih lanjut pada bidang ini.

### 3.7 Perancangan Heat Exchanger Tipe Shell Dan Tube Secara Metode Matematis Dan Simulasi Software (Aji Abdillah Kharisma, et al., 2020)

Pada artikel ini, penulis menjelaskan bahwa desain detail dari desain *heat exchanger* menggunakan tipe baffle tersegmentasi, dan tipe baffle menggunakan refrigeran cair, ketika air disuplai dan didistribusikan ke pipa dan tabung, sehingga temperatur panas di dalam *heat exchanger* terjadi, suhu panas menurun dan mencapai suhu yang diinginkan sesuai dengan nilai dan asumsi koefisien koreksi perpindahan panas  $U_o$ , melebihi desain, sisi penurunan tekanan sisi pipa dan sisi shell dan perbandingan kesalahan antara perhitungan aktual dan simulasi. Saat memodelkan penukar panas, pertama-tama Anda ingin menentukan beberapa nilai untuk digunakan sebagai referensi perhitungan dan pemodelan. Jadi, dengan mengatur nilai-nilai ini, tahap pertama penukar panas dibuat. Berdasarkan hasil perancangan *shell heat exchanger* dan hasil simulasi dengan software diperoleh hasil sebagai berikut: Nilai dan asumsi koefisien koreksi perpindahan panas  $U_o$  memenuhi standar perpindahan panas untuk alat penukar panas,  $18,36\% < 30\%$ ; Nilai oversizing desain shell and tube *heat exchanger* adalah  $15,68\% < 30\%$ , dan Penurunan tekanan sisi tube adalah 2.650 psi dan penurunan tekanan shell adalah 1,96 psi

### 3.8 Analisa Heat Exchanger Jenis Shell And Tube Dengan Sistem Single Pass (Cahaya Sutowo, et al., 2020)

Proses analisis penukar panas shell and tube yang dilakukan dalam jurnal ini dirancang untuk memperhitungkan efisiensi penukar panas dan untuk mendapatkan hasil analisis yang akurat di bawah kondisi operasi penukar panas. Pengolahan dan perhitungan data pada protokol ini meliputi perhitungan LMTD, perhitungan shell, perhitungan tube, faktor pengotoran *heat exchanger* dan efisiensi *heat exchanger*. Penukar panas shell and tube satu arah bertindak sebagai pendingin beban dan mendinginkan cairan pendingin mesin saat mesin

bekerja, menggunakan air laut sebagai cairan pendingin. Terkait dengan besar kecilnya nilai Reynolds yang diperoleh ( $Re > 10.000$ ), sehingga aliran di shell benar-benar turbulen. Aliran turbulen diciptakan oleh aliran air pendingin yang tinggi di jaket dan juga terkait dengan jumlah yang diperoleh kembali. Nilai Reynolds adalah  $Re > 10.000$ , sehingga aliran dalam pipa benar-benar turbulen. Aliran turbulen di dalam tube disebabkan oleh tingginya kecepatan air pendingin yang masuk ke dalam tube, sehingga semua hasil casing dan tube menunjukkan bilangan Reynolds ( $Re > 10.000$ ), yang menandakan bahwa aliran di dalam tube dan shell bersifat turbulen. Oleh karena itu, turbulensi terjadi di dalam tabung. Keuntungan aliran turbulen dibandingkan dengan aliran laminar adalah pada aliran massa tinggi, proses perpindahan panas melalui pipa dari air panas ke air dingin lebih cepat.

### 3.9 Shell And Tube Heat Exchanger Design Pada Heater Dengan Pemanas Steam Pada Ethanamine Plant (Ayu Fatikha Sari, et al., 2019)

Pada penelitian ini, penulis menjelaskan bahwa proses pembuatan etanolamina dengan mereaksikan amoniak dan etilen oksida dilakukan dalam reaktor multitube kontinyu. Reaksi terjadi pada suhu  $75^{\circ}\text{C}$  dengan tekanan 15 atm. Reaksinya eksotermik dan membentuk tiga jenis produk: monoetanolamina, dietanolamina, trietanolamin. Penukar panas adalah alat untuk mentransfer satu cairan ke cairan lainnya. Umumnya cairan yang digunakan sebagai fluida perpindahan panas menggunakan air alami (air pendingin) dan cairan panas menggunakan uap panas (*superheated steam*) sebagai elemen pemanasnya. Salah satu jenis *heat exchanger* yang biasa digunakan pada perindustrian listrik adalah *shell and tube heat exchanger*. Berdasarkan perhitungan untuk STHX didapat koefisien pembersihan penuh 339.8733 Btu/Jam.ft<sup>2</sup>.F, koefisien desain keseluruhan 146.6917 Btu/Jam.ft<sup>2</sup>.F, perhitungan tingkat kontaminasi 0.0038 ft<sup>2</sup>.h.F. /Btu serta jumlah tabung adalah 166 tabung. Menurut Kreith (1973) dalam jurnal ini, pemilihan cairan pada shell & tube dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain: Kemampuan untuk dibersihkan, Membandingkan metode pembersihan shell dan tube, pembersihan tube jauh lebih rumit. Kemudian biasanya cairan bersih akan mengalir ke dalam cangkang dan cairan kotor akan mengalir melalui tabung untuk memudahkan proses pembersihan; Korosif, Korosi adalah sebuah masalah dipengaruhi oleh penggunaan beberapa paduan logam. Paduan ini memiliki harga yang mahal, sehingga cairan korosif dilewatkan melalui tabung untuk menghemat biaya kerusakan tube; Tekanan, Fluida bertekanan tinggi mengalir melalui pipa karena saat melewatinya, diameter dan ketebalan shell harus lebih besar sehingga biaya yang dibutuhkan lebih tinggi; Suhu, Cairan bertemperatur panas (tinggi) mengalir melalui tabung karena panasnya dipindahkan seluruhnya keluar tabung (permukaan) sehingga cairan yang mengalir melalui tube akan menyerap suhu panas tersebut. Ketika fluida bertemperatur lebih tinggi mengalir melalui tube, perpindahan panas tidak hanya ke tabung tetapi juga dapat bereaksi di lingkungan shell; Kuantitas, Beberapa fluida memiliki volume yang cukup besar dialirkan kedalam tube supaya proses perpindahan kalor yang terjadi dapat optimal; Sediment/Fouling, Cairan yang mungkin mengandung kotoran atau kerak harus mengalir melalui pipa sehingga pipa dapat dibersihkan dengan mudah. Saat cairan yang mengandung sedimen mengalir ke tutupnya, sedimen/kerak menumpuk di area stagnan sekitar baffle. Cairan dengan viskositas rendah (laju transfer rendah) melewati mangkuk karena dapat menggunakan baffle.

### 3.10 Effects Of Nanofluids On Heat Transfer Characteristics In Shell And Tube Heat Exchanger (Perumal, Sakthivel, et al., 2022)

Penelitian yang dilaksanakan bermaksud untuk mengetahui pengaruh penggunaan nanofluida yang memiliki nilai *thermal conductivity* tinggi seperti  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ , dan  $\text{ZrO}_2$  pada peristiwa *heat transfer* yang terjadi pada *Heat Exchanger* dengan tipe *Shell and Tube*. Dilakukan beberapa variasi dosis penambahan Nanopartikel untuk mengetahui Nanopartikel

mana yang lebih efektif untuk digunakan pada *heat exchanger*. Didapatkan hasil yang menunjukkan bahwa nanopartikel TiO<sub>2</sub> unggul dalam nilai *Heat Transfer Coefficient* dan *Heat Transfer rate* dengan dosis TiO<sub>2</sub> 2%. Didapatkan pula nilai Prandtl yang lebih rendah pada TiO<sub>2</sub> yang menandakan bahwa pemanasan Nanopartikel lebih mudah melalui konduksi dari pada konveksi (*velocity*). Diketahui juga bahwa SiO<sub>2</sub> memiliki nilai *Heat transfer Coefficient* dan nilai *Heat transfer rate* yang paling rendah diantara keempat nanofluida yang diuji.

### 3.11 An Investigation On Corrosion Failure Of A Shell-And-Tube Heat Exchanger In A Natural Gas Treating Plant (Panahi, H., et al., 2020)

Dilakukan sebuah penelitian terhadap fenomena kegagalan *equipment* pemindah panas *heat exchanger* dengan tipe *shell and tube* di industri pengolahan gas alam. Kegagalan yang diamati berupa kebocoran gas dan meningkatnya tekanan pada bejana *heat exchanger* yang disebabkan oleh celah pada *tube*. Didapatkan hasil mengenai penyebab bocornya *tube* pada *heat exchanger* yakni korosi *tube heat exchanger* yang merupakan dampak dari reaksi Klorin dan gas Amine yang diolah. Klorin pada sistem pengolahan gas merupakan kontaminan yang dapat meningkatkan tingkat Korosi gas amine terhadap pipa *heat exchanger*. Celah atau pada kasus ini *Crevice Corrosion* (Korosi Celah) terjadi pada sambungan atau *joint* yang memiliki bekas pengelasan. Proses *expansion* atau pelebaran diameter pipa juga merupakan penyebab kegagalan dalam penelitian ini. Ditemukan bahwa terdapat celah di antara *tube* dan *tube sheet* setelah proses *expansion*, yang dapat membuat gas korosif terjebak dan melakukan kerusakan korosi pada pipa secara terus menerus.

### 3.12 Efektivitas Alat Penukar Panas Shell And Tube 1-1 Dengan Metanol Sebagai Fluida Pemanas Dan Etanol Sebagai Fluida Pendingin (Hardanto Suryo Pratomo, et al., 2022)

Alat penukar kalor atau yang biasa disebut *heat exchanger* adalah alat yang memiliki fungsi untuk memindahkan energi panas dari fluida dengan fluida yang lain tanpa terjadi perpindahan massa. Dilakukan penelitian terhadap *Heat Exchanger* tipe 1-1 berbahan dasar *Stainless steel* guna mengetahui apa efek tinggi rendah suhu fluida panas dan dingin terhadap tingkat efektivitas unit *heat exchanger*. Digunakan metanol dan etanol 60% sebagai fluida pemanas dan pendingin. Etanol digunakan karena dalam penerapannya dapat dipakai sebagai bahan bakar alternatif, sehingga perlu untuk dikaji lebih lanjut. Perbandingan penggunaan fluida dingin dan panas yakni 2:1 dengan menggunakan suhu fluida dingin dan panas yang bervariasi. Efektivitas *Heat Exchanger* yang didapat setelah melakukan percobaan pada variasi nilai suhu fluida dingin sebesar 25 derajat Celsius dan tinggi suhu fluida yang panas sebesar 60 derajat Celsius yakni 0,81. Nilai efektivitas yang didapat termasuk tinggi dan nilai  $\Delta T_{LMTD}$  berbanding terbalik dengan nilai efektivitas *heat exchanger*.

### 3.13 Optimasi Desain Heat Exchanger Shell And Tube Menggunakan Teknologi Helical Baffle Dan Twisted Tape (Intan Tri Utami, 2018)

Dari riset yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan seperti berikut : Bagian Shell and Tube, model *heat exchanger Bell-Delaware* menghasilkan nilai koefisien perpindahan panas. GA (Genetic Algorithm) merupakan salah satu algoritma yang digunakan untuk proses optimasi, ada 4 hal yang perlu diperhatikan yaitu: Sudut Helical Baffle, Jarak antar Helical Baffle, Half pitch of twisted tape, Thickness of twisted tape.

### 3.14 Desain Ulang Alat Penukar Kalor Tipe Shell And Tube Dengan Material Tube Carbon Steel Dan Stainless Steel 304 (Ratnawati, et al., 2018)

Berdasarkan penelitian ini hasil menunjukkan bahwa *Tubular Exchanger Manufacturers Association*, mengenai penghitungan rancangan untuk *Heat Exchanger* jenis *shell* dan *tube*  
*Studi Aplikasi Heat...(Erwin,dkk), halaman*



merupakan alat instansi pabrik pupuk di Kalimantan Timur, kesimpulannya bahwa perbedaan konduktivitas termal yang nilainya tinggi pada material pengaruhnya tidak signifikan pada diameter *shell* dan *tube*.

### **3.15 Analisis Penukar Kalor Tipe Shell Dan Tube Sebagai Pemanas Bahan Bakar Residu (Mfo) Pada Unit 3 Pltu Pt. Pln (Persero) Unit Pelaksana Pembangunan Belawan (Ranto Arkemo Sinamo, 2018)**

Berdasarkan penelitian ini, nilai koefisien pada tabung untuk data desain adalah 59,56 w/m.<sup>o</sup>C, dan data aktualnya adalah 71,637 w/m.<sup>o</sup>C. Nilai perpindahan kalor pada cangkang untuk data desain adalah 12,97 w/m.<sup>o</sup>C, dan data aktualnya adalah 12,96 w/m.<sup>o</sup>C. Efikasi data operasional harian sebesar 61%, sedangkan data desain sebesar 67%, menunjukkan bahwa aplikasi ini dapat digunakan kembali. Hasil penghitungan data operasi harian dan data desain lebih kecil.

### **3.16 Kinerja Pemanas Air Dari Panas Buang Air Conditioner Dengan Heat Exchanger Tipe Shell And Tube (Mustafa, et.al, 2017)**

Analisis hasil penelitian *heat exchanger* menunjukkan bahwa kinerja *heat recovery system* kurang mampu menyerap panas di bagian kondensor karena jumlah panas yang dipindahkan ke *heat exchanger* hanya 7-9% dari nilai kalor yang disuplai dan dilepaskan di bagian kondensor. Kenaikan suhu kondensor yang dicapai dalam 180 menit hanya sekitar 13-14 °C, yang lebih rendah dari desain tipe *heatsink* yang biasanya digunakan, yaitu penukar panas jenis plate frame. Ini menunjukkan daya yang diperlukan untuk kompresor, menaikkan tekanan, dan mensirkulasikan cairan pendingin dalam sistem kompresi saat diterapkan pada pengoperasian sistem AC yang menggerakkan kompresor. Sistem kompresor berbeban yang dilengkapi dengan reservoir panas bekerja lebih buruk daripada kompresor bermassa satuan pada sistem standar tanpa reservoir panas. Karena katup sistem standar 2 dan 3 ditutup dan refrigeran memiliki aliran bypass melalui katup 1, pengoperasian kompresor yang tinggi dan pemulihan panas menyebabkan massa refrigeran yang bersirkulasi dalam sistem menjadi lebih besar daripada massa refrigeran dalam sistem standar.

### **3.17 Pemanfaatan Gas Buang Motor Diesel Untuk Pengering Tepung Tapioka Menggunakan Shell And Tube Exchanger (T.Raharjo, 2019)**

Pada penelitian ini, desain *heat exchanger* setelah divalidasi menggunakan software HTRI dapat diaplikasikan dan digunakan pada sistem operasional aktual di lapangan. Hal ini didasarkan pada analisis hasil pengolahan data menggunakan metode eksperimen faktorial lengkap untuk menentukan jenis desain dimensi utama alat pengering tapioka yang optimum. Temuan menunjukkan bahwa alat dengan dimensi kompak – panjang 5 meter dan diameter 377 mm – dapat mempersempit area yang dimanfaatkan untuk pengeringan tapioka. Kemudian, pada musim hujan atau kemarau, alat penukar panas yang menggunakan energi panas gas buang mesin diesel dapat digunakan untuk menjalankan pembuatan tepung tapioka secara kontinyu.

### **3.18 Optimasi Desain Alat Penukar Kalor Tipe Shell And Tube Pada Proses Produksi Chili Sauce (Agus Subeno, et al., 2020)**

Studi ini mendemonstrasikan jenis penukar panas dengan desain yang jelas yang digunakan selama pemasakan cabai. Saus jenis ini adalah fase tabung BES 1-3 jenis cangkang dan tabung, yang memiliki cairan panas (uap) di sisi cangkang dan cairan dingin (saus cabai di dalamnya) di sisi tabung. Data desain dapat diidentifikasi sebagai desain yang paling ideal berdasarkan temuan uji coba dari teknik faktorial lengkap. Luas permukaan adalah 4,25 m<sup>2</sup>, dan data desain menunjukkan bahwa koefisien perpindahan panas (Ud) yang optimal adalah

55,447 W/m<sup>2</sup>K dan koefisien perpindahan panas bersih ( $U_c$ ) adalah 44,929 W/m<sup>2</sup>K, dengan peringatan bahwa nilai  $U_d$  harus lebih besar dari nilai  $U_c$ .

Karena penurunan log perubahan suhu rata-rata penukar panas (TLMTD) dari data HTRI sebesar 62,6 °C, atau 3,8% lebih rendah dari data desain, juga terdapat ketidaksesuaian kinerja data desain penukar panas dengan HTRI data dalam artikel penelitian ini. Area perpindahan panas dari data desain dan data HTRI juga berbeda, dan hal ini karena masuknya sekat telah mengurangi luas permukaan keseluruhan, yang tidak diperhitungkan dalam perhitungan manual. Dimasukkannya penukar panas cangkang dan tabung dalam produksi saus cabai kemudian dirinci lebih lanjut, bersama dengan bagaimana penghematan tahunan dari hasil analisis kelayakan investasi dari hal ini.

### 3.19 Studi Eksperimen Karakteristik Shell-And-Tube Heat Exchanger Dengan Variasi Jenis Baffle Dan Jarak Antar Baffle (Teguh Hady Ariwibowo, et al., 2016)

Penukar panas shell and tube adalah jenis penukar panas yang sering digunakan di pembangkit listrik dan pemurnian minyak bumi, menurut penulis artikel ini. Namun, karena fluks yang rumit di dalam cangkang, kinerja penukar panas semacam itu perlu ditingkatkan dengan hati-hati. Studi ini mengevaluasi peningkatan kinerja dalam hal koefisien perpindahan panas keseluruhan dan efisiensi dengan menyesuaikan jenis baffle (segmen tunggal dan tiga segmen) dan jarak baffle (5 cm dan 10 cm) menggunakan pendekatan eksperimental dan numerik. Telah dilakukan percobaan perpindahan panas STHX menggunakan beberapa tipe baffle (single segmental dan triple segmental) dan perubahan jarak baffle (5 cm dan 10 cm). Pada versi pertama, tipe penyekat segmen tunggal mengungguli penyekat tiga segmen dalam hal efisiensi dan koefisien perpindahan panas secara keseluruhan. Sementara efisiensi berbanding terbalik dengan aliran massa, kecenderungan koefisien perpindahan panas keseluruhan meningkat berbanding lurus dengan peningkatan aliran massa. Nilai maksimumnya adalah 301 W/m<sup>2</sup> K pada laju massa 0,166 kg/s, sedangkan efisiensi maksimumnya adalah 0,5 pada laju massa 0,033 kg/s. Menurut temuan untuk variasi kedua, koefisien perpindahan panas umumnya lebih besar ketika spacer ditempatkan terpisah 5 cm dibandingkan ditempatkan terpisah 10 cm. Koefisien perpindahan kalor total terbesar adalah 651 W/m<sup>2</sup> K pada laju massa 0,166 kg/s. Sementara ini berlangsung, efektivitas jarak sekat bekerja lebih baik ketika laju massa lebih tinggi dari 0,133 kg/dtk. Nilai efisiensi terbesar adalah 0,52, dan laju massa 0,033 kg/s pada jarak baffle 10 cm.

### 3.20 Simulasi Performansi Heat Exchanger Tipe Shell And Tube Dengan Helical Baffle Dan Disk And Doughnut Baffle (Nurlan Afandi, et al., 2018)

Untuk meningkatkan laju perpindahan panas antara fluida kerja dengan membuat aliran turbulensi pada sisi shell, penulis artikel ini menguraikan penggunaan baffle pada *heat exchanger* tipe shell and tube. Penurunan tekanan dan laju transmisi panas dari baffle heliks keduanya sedang. Secara umum, baffle donat disk mentransfer panas lebih efektif daripada baffle segmental. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi efisiensi dan penurunan tekanan dari disc donut dan *helical baffle heat exchanger* tipe *shell and tube*. Transformasi atau perpindahan energi panas dari benda dengan suhu tinggi ke benda dengan suhu rendah dikenal sebagai "perpindahan panas". Dalam penelitian ini, simulasi numerik berdasarkan teknik komputasi digunakan. Kemampuan untuk mendapatkan parameter uji tanpa melakukan pengujian langsung merupakan salah satu alasan mengapa simulasi numerik berdasarkan metode komputasi menggunakan CFD digunakan. Simulasi numerik ini membantu dalam mengidentifikasi pola distribusi temperatur yang terjadi pada shell and tube heat exchanger dengan menggunakan varian dari dua tipe baffle: helical baffle dan disk and donut baffle. Nilai parameter yang diperoleh kemudian ditampilkan dalam bentuk kontur. Berikut adalah pembahasan hasil percobaan simulasi yang memanfaatkan varian

kedua jenis baffle untuk alat penukar kalor shell and tube yaitu , Efektivitas penukar panas shell and tube dipengaruhi oleh variasi jenis baffle disk dan donat, dengan variasi jenis disk dan donat menghasilkan nilai efektivitas sebesar 20,16% dan yang kedua adalah variasi jenis helical baffle menghasilkan nilai efektivitas sebesar 34,89% dan nilai pressure drop. Hal ini memberikan nilai efikasi sebesar 20,16% menggunakan gaya baffle disk dan donat yang berbeda. Namun nilai drop pressure shell dan pipa *heat exchanger* variasi helical baffle adalah 7.356,70 Pa.

### 3.21 Optimalisasi Rancangan Shell-Dan-Tube Heat Exchangers (Muhammad Bakrie, et al., 2020)

Penulis membuat tinjauan literatur tentang desain *heat exchanger shell dan tube* dan mengulas tentang prinsip-prinsip keilmuan yang menjadi landasan pembuatan desain *heat exchanger*. Tinjauan tersebut termasuk pembahasan mengenai komponen heat exchanger, klasifikasi *heat exchanger* menurut konstruksi dan fungsi, data yang diperlukan untuk mendapatkan desain termal, desain sisi pipa, desain sisi shell, tata letak pipa (pipa pitch), baffle, serta terjadinya penurunan tekanan (pressure drop) sisi pipa. Selain itu, penulis membahas diferensiasi suhu rata-rata, letak fluks, serta perbedaan suhu. Artikel ini memiliki tujuan mengoptimalkan rancang bangun *heat exchanger shell dan tube*. *Heat exchanger* merupakan salah satu alat yang sangat efisien yang berguna untuk mentransfer panas dari satu fluida menuju fluida lain. Ini dapat dimanfaatkan untuk mentransfer energi panas (entalpi) antara dua atau lebih fluida, apakah itu antara permukaan padat dengan fluida maupun antara partikulat padat dengan fluida. Hal ini dapat dilakukan pada temperatur yang memiliki perbedaan nilai dan dalam kontak termal. Jenis *heat exchanger* yang tersedia di pasar bergantung pada jenis yang digunakan dan digunakan di tempat tersebut. Perolehan hasil koefisien yang tinggi serta pressure drop yang rendah merupakan parameter yang bagus pada sebuah desain *heat exchanger*. Mereka juga berusaha untuk membuat desain yang lebih murah. Beberapa faktor desain yang diperhatikan oleh desainer termasuk fungsi serta konstruksi dari *heat exchanger*, desain sisi shell maupun pipa, tempat pipa, pitch tube, jarak baffle serta bentuk dari baffle, dan kecepatan dari aliran dalam heat exchanger saat beroperasi.

### 3.22 Analisis Pendesain Ulang Alat Penukar Kalor Tipe Shell And Tube Dengan Material Tube Carbon Steel Dan Stainless Steel 304 (Ratnawati & Salim, 2018)

Hasil analisis alat penukar kalor PT. Pupuk Kalimantan Timur, yang berlokasi di Kota Bontang, adalah sebagai berikut. Dalam penggunaan bahan material berjenis *tube carbon steel*, perpindahan panas yang didapatkan sebesar 2001.76 W/m<sup>2</sup>K untuk *heat exchanger* berjenis tube dan 5707.46 W/m<sup>2</sup>K untuk *heat exchanger* berjenis shell. Sedangkan jenis material *tube stainless steel 304* mengalami perpindahan panas dengan nilai 1950.78 W/m<sup>2</sup>K untuk *heat exchanger* berjenis tube dan 5256.5 W/m<sup>2</sup>K untuk *heat exchanger* dengan tipe shell. Dalam material *tube carbon steel* besaran *pressure drop* sebesar 16193.2 pa/2.35 psi untuk *heat exchanger* berjenis tube dan 8188.98 pa/1.19 psi untuk *heat exchanger* dengan tipe shell. Namun, dengan menggunakan material *tube stainless steel 304*, terjadi penurunan tekanan 15589.54 pa/2.26 psi untuk *heat exchanger* berjenis tube dan 6789.83 pa/0.98 psi untuk *heat exchanger* dengan tipe shell. Penurunan tekanan masing-masing adalah  $\pm 3\%$  untuk *heat exchanger* berjenis tube dan  $\pm 17\%$  untuk *heat exchanger* dengan tipe shell. Hasil yang didapatkan pada *tube carbon steel*, diameter dalam shell (DS) sebesar 954 mm dan total tabung (Nt) berjumlah 1183 buah, sedangkan untuk material *tube stainless steel 304*, nilai diameter dalam shell (DS) yang digunakan sebesar 999 mm dan jumlah tabung (Nt) berjumlah 1300 buah. Kenaikan yang didapatkan masing-masing bernilai 4.72% dan 9.89%. Metode penelitian di atas menggunakan penghitungan langsung yang didapatkan dari alat penukar panas bertipe *LEAN SOLUTION*

COOLER 1-E-303 pada pabrik 4 PT. Pupuk Kalimantan Timur yang terletak pada kota Bontang.

Hasil menunjukkan bahwa diameter shell (Ds) dari awalnya bernilai 954 mm mengalami kenaikan menjadi 999 mm atau dapat dikatakan mengalami perubahan 4.72% diameter pipa (Ds) 999 mm dan kebutuhan *tube* (Nt) sebanyak 118 buah mengalami kenaikan menjadi 1300 (naik 9.89%) diperlukan untuk perencanaan *heat exchanger* jenis *shell dan tube* di pabrik 4 PT Pupuk Kalimantan Timur. Dengan konduktivitas termal *carbon steel* senilai 54 W/m<sup>2</sup> K serta konduktivitas termal bahan *stainless steel* 304 sebesar W/m<sup>2</sup> K (didapatkan nilai selisih 72.2%), dengan berdasar pada acuan standar internasional TEMA (*Tubular Exchanger Manufacturers Association*).

### 3.23 Analisis Kinerja Heat Exchanger Shell & Tube Pada Sistem Cog Booster Di Integrated Steel Mill Krakatau (Sudrajat, 2017)

Menurut hasil analisis Qact, spesifikasi shell dan pipa EKM-510-T-CN memiliki nilai kinerja pendinginan sekitar 2,25 kW. Berdasarkan hasil analisis Rf, terdapat pengotor yang besar. Pengotoran ini menyebabkan penurunan kemampuan shell dan pipa untuk memindahkan panas sebesar 24,36%. Kesimpulan yang dihasilkan menunjukkan nilai kinerja pendinginan sebesar 2,25 kW, yang menunjukkan penurunan dalam transfer panas dari tahap pertama ke tahap kedua, yang ditujukan untuk mengurangi laju perpindahan panas sebenarnya (Qact). Nilai koefisien perpindahan panas global dalam kondisi bersih (U1) dikurangi oleh nilai koefisien perpindahan panas global dalam kondisi yang kotor (U2, U3, U4 dst). Efektivitas shell dan tube bergantung pada perbandingan Qact dan Qmax yang dihasilkan; jika Qact turun, maka efektivitasnya juga turun.

### 3.24 Analisa Efektivitas Alat Penukar Kalor Jenis Shell and Tube Hasil Perencanaan Mahasiswa Skala Laboratorium (Siagian, 2016)

Analisis alat penukar kalor menunjukkan hasil efektivitas APK hasil rancangan sebesar 61%, dan data penelitian menunjukkan bahwa 37 tube digunakan untuk membuat alat penukar kalor dengan kapasitas 5100 Watt.

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

*Heat exchanger* tipe *shell and tube* cukup efektif untuk digunakan pada industri manufaktur. Penggunaan *heat exchanger* ini juga dapat digabungkan dengan fluida yang bermacam-macam, terlebih menggunakan fluida bertipe nanofluida. Akan tetapi, terdapat perhatian khusus dalam penggunaan *heat exchanger* tipe ini, yaitu memastikan kontaminan telah terkondisikan agar efektivitas dalam penggunaannya dapat optimal, serta menjaga nilai *Heat transfer rate* agar tetap stabil.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh Dosen Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Darma Persada yang telah banyak memberikan masukan dan pandangan dalam penyelesaian penelitian ini.

## DAFTAR RUJUKAN

- Abd, A. A., Kareem, M. Q., & Naji, S. Z. (2018). Performance analysis of shell and tube heat exchanger: Parametric study. *Case studies in thermal engineering*, 12, 563-568.
- Afandi, N., & Arsana, I. M. (2018). Simulasi Performansi Heat Exchanger Tipe Shell And Tube Dengan Helical Baffle Dan Disk And Doughnut Baffle. *Jurnal Teknik Mesin*, 6(1).
- Ariwibowo, T. H., Permatasari, P. D., Ardhiyangga, N., & Triyono, S. (2016). Studi Eksperimen Karakteristik Shell-And-Tube Heat Exchanger Dengan Variasi Jenis Baffle Dan Jarak Antar Baffle. *Jurnal Ilmu Fisika*, 8(2), 87-97.
- Bakrie, M., & Fatimura, M. (2020). Optimalisasi Rancangan Shell-Dan-Tube Heat Exchagers (Tinjauan Literatur). *Jurnal Redoks*, 5(2), 116-134.
- Fares, M., Mohammad, A. M., & Mohammed, A. S. (2020). Heat Transfer Analysis Of A Shell And Tube Heat Exchanger Operated With Graphene Nanofluids. *Case Studies In Thermal Engineering*, 18, 100584.
- Husen, A., Akbar, T. M. I., & Cholis, N. (2020). Analisis Pengaruh Kecepatan Aliran Fluida Dingin Terhadap Efektivitas Shell And Tube Heat Exchanger. *Bina Tek*, 16(1), 1.
- Iskandar, I. S., & MT, M. P. (2015). *Perpindahan Panas: Teori, Soal dan Penyelesaian*. Deepublish.
- Kakac, S., Liu, H., & Pramuanjaroenkij, A. (2020). *Heat exchangers: selection, rating, and thermal design*. CRC press.
- Kharisma, A. A. (2020). Perancangan Heat Exchanger Tipe Shell Dan Tube Secara Metoda Matematis Dan Simulasi Software. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 20(2), 27-34.
- Lubis, F., & Lubis, S. (2022). Analisis Baffle Cut Pada Alat Penukar Kalor Shell And Tube Pada Susunan Tabung Segi Empat. *Jurnal Mesil (Mesin Elektro Sipil)/Journal Mesil (Machine Electro Civil)*, 3(1), 39-44.
- Markus, Y. N. B. (2020). Analisis Kinerja Penukar Kalor Tipe Shell And Tube Untuk Pendinginan Governor.
- Mohammadi, M. H., Abbasi, H. R., Yavarinasab, A., & Pourrahmani, H. (2020). Thermal Optimization Of Shell And Tube Heat Exchanger Using Porous Baffles. *Applied Thermal Engineering*, 170, 115005.
- Mustafa, M., Demak, R. K., & Basri, M. H. Kinerja Pemanas Air Dari Panas Buang Air Conditioner Dengan Heat Exchanger Tipe Shell And Tube. *Jurnal Mekanikal*, 8(2).
- Panahi, H., Eslami, A., Golozar, M. A., & Laleh, A. A. (2020). An Investigation On Corrosion Failure Of A Shell-And-Tube Heat Exchanger In A Natural Gas Treating Plant. *Engineering Failure Analysis*, 118, 104918.
- Perumal, S., Venkatraman, V., Sivanraju, R., Mekonnen, A., Thanikodi, S., & Chinnappan, R. (2022). Effects Of Nanofluids On Heat Transfer Characteristics In Shell And Tube Heat Exchanger. *Thermal Science*, 26(2 Part A), 835-841.

- Pratomo, Hardanto Suryo; Chalim, Abdul. Efektivitas Alat Penukar Panas Shell And Tube 1-1 Dengan Metanol Sebagai Fluida Pemanas Dan Etanol Sebagai Fluida Pendingin. *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, 2022, 8.4:771-776.
- Raharjo, T. (2019). Pemanfaatan Gas Buang Motor Diesel Untuk Pengering Tepung Tapioka Menggunakan Shell And Tube Exchanger. *Teknobiz: Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, 9(2), 40-45.
- Ratnawati, R., & Salim, A. (2018). Desain Ulang Alat Penukar Kalor Tipe Shell And Tube Dengan Material Tube Carbon Stell Dan Stainless Stell 304. *Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro*, 7(1), 74-80.
- Said, Z., Rahman, S. M. A., Assad, M. E. H., & Alami, A. H. (2019). Heat Transfer Enhancement And Life Cycle Analysis Of A Shell-And-Tube Heat Exchanger Using Stable Cuo/Water Nanofluid. *Sustainable Energy Technologies And Assessments*, 31, 306-317.
- Siagian, S. (2016). Analisa Efektivitas Alat Penukar Kalor Jenis Shell And Tube Hasil Perencanaan Mahasiswa Skala Laboratorium. *Bina Teknik*, 12(2), 211-216.
- Sinamo, R. A. (2019). *Analisis Penukar Kalor Tipe Shell Dan Tube Sebagian Pemanas Bahan Bakar Residu (Mfo) Pada Unit 3 Pltu Pt. Pln (Perseo) Unit Pelaksana Pembangkitan Belawan* (Doctoral Dissertation, Universitas Medan Area).
- Subeno, A., & Gaos, Y. S. (2020). Optimasi Desain Alat Penukar Kalor Tipe Shell And Tube Pada Proses Produksi Chili Sauce. *Teknobiz: Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, 10(1), 13-18.
- Sudrajat, J. (2017). Analisis Kinerja Heat Exchanger Shell & Tube Pada Sistem Cog Booster Di Integrated Steel Mill Krakatau. *Jurnal Teknik Mesin*, 6(3), 174-181.
- Sutowo, C. (2020). Analisis Heat Exchanger Jenis Sheel And Tube Dengan Sistem Single Pass. *Sintek Jurnal: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 4(1).
- Utami, I. T. Optimisasi Desain Heat Exchanger Shell And Tube Menggunakan Teknologi Helical Baffle Dan Twisted Tape.