

PEMBUATAN DAN PENGUJIAN ALAT PRAKTIKUM PENUKAR KALOR TIPE *DOUBLE PIPE*

¹Reza Setiawan, ²Surya Ma'rufi Fajar, ³Vera Pangni Fahriani

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang

³Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang

¹reza.setiawan@ft.unsika.ac.id

INFO ARTIKEL

Diterima : 19 Juli 2020

Direvisi : 01 September 2020

Disetujui : 02 September 2020

Kata Kunci :

Alat praktikum, *Double tube*, Penukar kalor

ABSTRAK

Perpindahan panas telah menjadi matakuliah di beberapa program studi teknik di seluruh Indonesia. Selain itu, mata kuliah penukar kalor juga telah banyak dibuka sebagai matakuliah pilihan di beberapa universitas. Namun, konsep perpindahan panas khususnya pada konduksi dan konveksi pada aplikasi penukar kalor yang bersifat abstrak masih sulit dimengerti sebagian mahasiswa. Perlu dibuatnya alat praktikum penukar kalor untuk meningkatkan pemahaman konsep fenomena perpindahan panas konduksi dan konveksi pada penukar kalor. *Double tube* dipilih karena merupakan jenis penukar kalor yang sederhana dan mudah untuk dibuat. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian dan pengembangan dengan alur kegiatan studi literatur, perancangan alat, desain alat, pembuatan alat, pengujian alat dan penarikan kesimpulan. Hasil penelitian didapatkan bahwa alat penukar kalor tipe *double tube* yang dibuat telah bekerja baik dengan variabel-variabel percobaan yang dapat diatur adalah variasi aliran *counter flow* dan *parallel flow*, variasi material tembaga dan aluminium, variasi fluida yang digunakan air, oli, dan *coolant*, variasi laju aliran dan variasi temperatur masuk.

DOI: <http://dx.doi.org/10.35261/barometer.v4i2.3815>

I. PENDAHULUAN

Peralatan yang berfungsi memindahkan panas satu ke yang lain, fluida kerja yang memiliki perbedaan temperatur adalah *Heat exchanger*/penukar kalor. *Double pipe* salah satu jenis penukar panas dengan susunan pipa ganda. Dalam jenis penukar panas dapat digunakan berlawanan arah aliran atau arah aliran, baik dengan cairan panas atau dingin cairan yang terkandung dalam ruang annular dan cairan lainnya dalam pipa. Alat penukar panas pipa rangkap terdiri dari dua pipa logam *standard* yang di kedua ujungnya dilas menjadi satu atau dihubungkan dengan kotak penyekat. Fluida yang satu mengalir di dalam pipa, sedangkan fluida kedua mengalir di dalam ruang annulus antara pipa luar dan pipa dalam. Perpindahan kalor dominan yang terjadi pada fluida adalah proses konveksi. Alat penukar panas jenis ini dapat digunakan pada laju alir fluida yang kecil dan tekanan operasi yang tinggi. Proses pemindahan panas yang terjadi, dan teori dasar ilmu terapan yang telah diberikan, perlu adanya suatu alat praktikum penukar kalor, sehingga berbagai proses perpindahan panas dapat dipahami dengan lebih baik. Maka akan dibuat suatu alat praktikum penukar kalor tipe *double pipe*. Perbedaan alat ini dengan alat lain adalah alat ini akan bisa mengetahui perbedaan temperatur dengan variasi material, media fluida, aliran fluida, dan temperatur contohnya seperti material pipa tembaga, pipa besi, dan pipa aluminium. media fluida menggunakan air, *coolant*, dan oli. Sedangkan aliran fluida dapat mengalir *counter flow* dan *parallel flow* maupun temperatur dan aliran massa bisa diatur sesuai praktikum yang akan dilakukan.

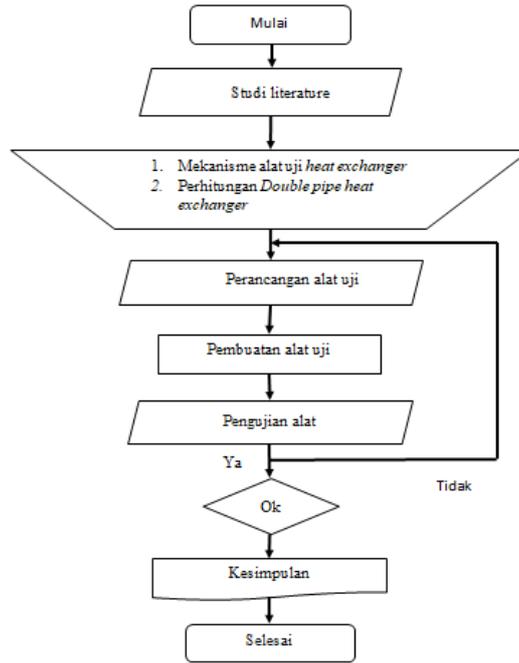
Penelitian penggunaan alat penukar kalor telah banyak digunakan pada berbagai aplikasi. Pembuatan seng pada perusahaan di Kalimantan menggunakan alat penukar kalor tipe *shell and tube* sisi panas menggunakan 30 liter air yang dipanaskan oleh bahan bakar diesel [1]. Pengeringan ikan juga dapat memanfaatkan alat penukar kalor. Panas yang digunakan berasal dari gas buang mesin diesel yang berkisar antara 250 – 300 °C [2]. Berbagai metode juga dikembangkan untuk membuat penukar kalor yang lebih baik dari waktu ke waktu. Penggunaan

Computational Fluid Dynamics (CFD) dapat digunakan untuk mensimulasikan alat penukar kalor yang akan dibuat. Simulasi CFD pada *shell and tube* dilakukan dan dibandingkan dengan perhitungan manual. Penggunaan CFD dan perhitungan manual hanya berbeda 1,84°F pada temperatur keluarannya [3]. Metode algoritma optimasi juga dapat menjadi andalan dalam merancang alat penukar kalor. Studi tentang penggunaan kombinasi algoritma *ant colony* dan metode Bell-Delaware didapatkan penurunan biaya total sebesar 10,6% pada kasus pertama dengan fluida air-air dan 41,6% pada kasus kedua dengan fluida kerosin-minyak mentah dari data desain asli [4]. Pada kasus lain penggunaan metode Bell-Delaware yang sama tetapi menggunakan algoritma *particle swarm* didapatkan hasil optimasi terhadap kemampuan rancangan penukar kalor dan fungsi tujuan total biaya. Hasil yang didapatkan adalah penurunan biaya total sebesar 28,83% pada kasus pertama penukar kalor dengan fluida kerosin dan minyak mentah dan 52,56% pada kasus kedua dengan fluida air destiasi dan air tanah [5]. Selain penggunaan metode yang baik, perlu diantisipasi tumbuhnya faktor pengotor pada penukar kalor yang dibuat. Sebuah studi menunjukkan penambahan pengotor atau *fouling* pada penukar kalor dapat memperbesar resistensi perpindahan panas penukar kalor. Suatu studi laju pertumbuhan *fouling* pada *intercooler* meningkatkan hambatan termal dari *fouling* sebesar 3×10^{-9} (m²K)/W per minggu selama pengamatan [6]. Selain itu, penelitian tentang pengembangan alat praktikum penukar kalor telah banyak dilakukan sebelumnya. Alat praktikum penukar kalor tipe *shell and tube* telah dibuat dengan kapasitas panas sebesar 5.100 W dan jumlah *tube* sebanyak 37 buah. Hasil pengujian didapatkan nilai efektifitas penukar kalor sebesar 62 % [7]. Alat praktikum penukar kalor tipe *tube bank* dibuat untuk praktikum mahasiswa di laboratorium. Alat praktikum dapat memvariasikan kecepatan udara 0,8; 1,6; 3,2 m/s dan debit oli 12, 15, 20 lpm dengan suhu konstan 80 °C. *Wind tunnel* yang dibuat berukuran 1,2 x 0,5 x 0,5 m [8].

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan. Pada penelitian ini terdapat langkah-langkah yang harus dilewati untuk mencapai tujuan yang diharapkan.

Diantara langkah-langkah tersebut dijelaskan melalui diagram alir Gambar 1 dan variabel-variabel pengujian alat dijelaskan pada Tabel I.



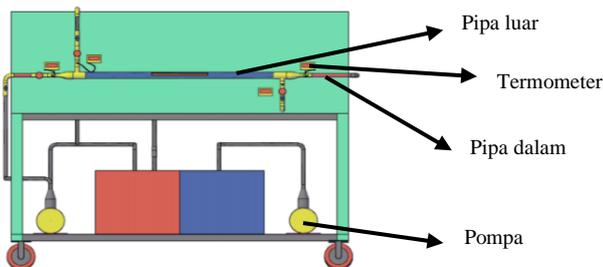
Gambar 1 Diagram alir penelitian

TABEL I
VARIABEL PENGUJIAN ALAT

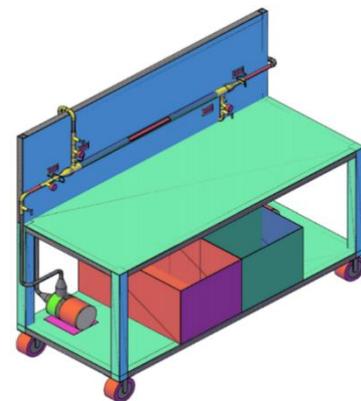
No	Aliran	Media			Material	
		Air	Coolant	Oli	Pipa Tembaga	Pipa Aluminium
1	<i>Counter Flow</i>	√	-	-	√	√
2		-	√	-	√	√
3		-	-	√	√	√
4	<i>Paraller Flow</i>	-	-	√	√	√
5		-	√	-	√	√
6		√	-	-	√	√

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan kebutuhan alat praktikum dari beberapa variabel yang dapat diatur sehingga mengetahui pengaruh perbedaan pengaturan variabel terhadap laju perpindahan panas *double pipe*, didapatkan desain rancangan alat praktikum *double pipe* sebagai terlihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 1 Desain tampak depan rancangan alat praktikum penukar kalor tipe *double pipe*



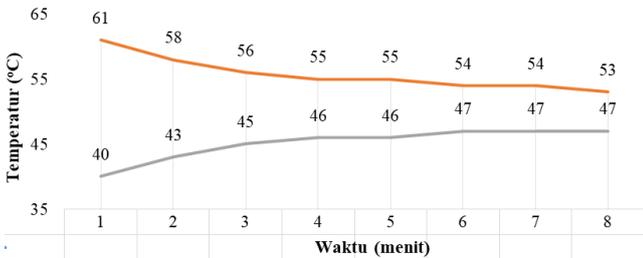
Gambar 3 Desain 3D rancangan alat praktikum penukar kalor tipe *double pipe*

Setelah rancangan divalidasi dapat digunakan untuk alat praktikum dengan melakukan pengujian beberapa variabel yang ditentukan dibuatlah alat praktikum penular kalor tipe *double pipe* terlihat pada Gambar 4.



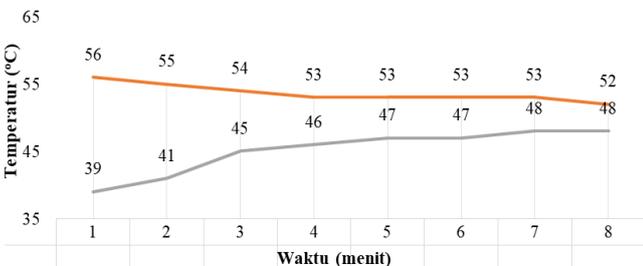
Gambar 4 Alat praktikum penular kalor tipe *double pipe* yang dibuat

Hasil pengujian alat praktikum *heat exchanger double pipe* yang menggunakan berbagai variasi aliran *counter flow*, *parallel flow*, variasi material tembaga dan almunium, variasi media pendingin air, oli, dan *coolant*, variasi laju aliran dan variasi temperatur. Pengujian pertama menggunakan aliran paralel, media air, material tembaga dan temperatur panas masuk 67,9 °C.



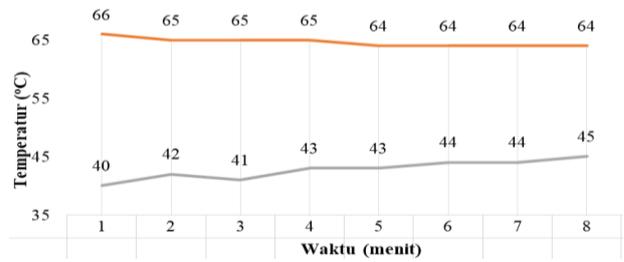
Gambar 5 Pengujian pertama

Pengujian kedua menggunakan variasi aliran paralel, media *coolant*, material tembaga, temperatur panas masuk 58,9 °C.



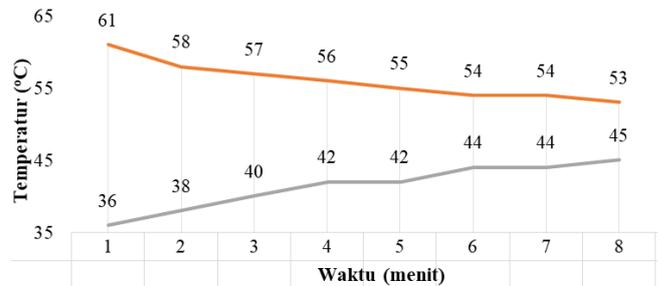
Gambar 6 Pengujian kedua

Pengujian ketiga menggunakan variasi sebagai berikut aliran paralel, media oli, material tembaga, temperatur panas masuk 71,30 °C.



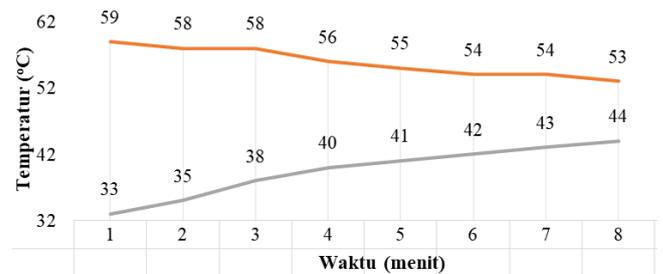
Gambar 7 Pengujian ketiga

Pengujian keempat menggunakan variasi aliran *Counter*, media air, material tembaga, temperatur panas masuk 70,0 °C.



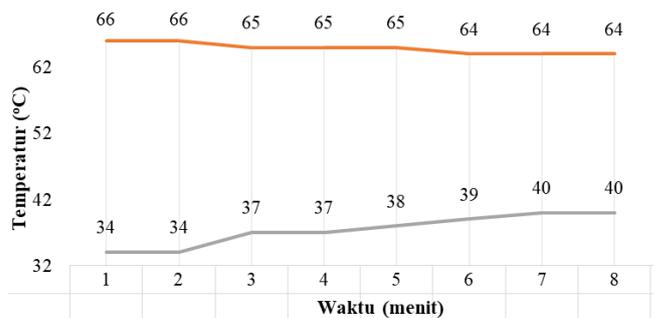
Gambar 8 Pengujian keempat

Pengujian kelima menggunakan variasi aliran *counter*, media *coolant*, material tembaga, temperatur panas masuk 70,0 °C.



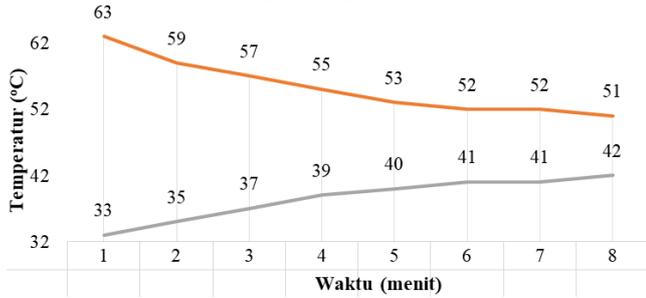
Gambar 9 Pengujian kelima

Pengujian keenam menggunakan variasi aliran *counter*, media oli, material tembaga, temperatur panas masuk 74,0 °C.



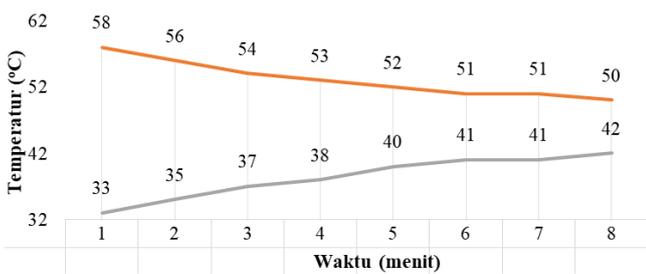
Gambar 10 Pengujian keenam

Pengujian ketujuh menggunakan variasi aliran paralel, media air, material aluminium, temperatur panas masuk 71,8 °C.



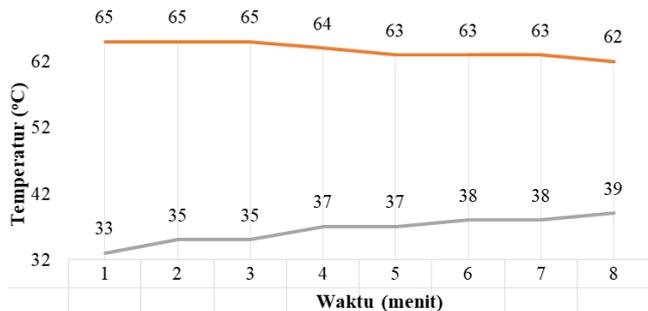
Gambar 11 Pengujian ketujuh

Pengujian kedelapan menggunakan variasi aliran paralel, media *coolant*, material aluminium, temperatur panas masuk 68,0 °C.



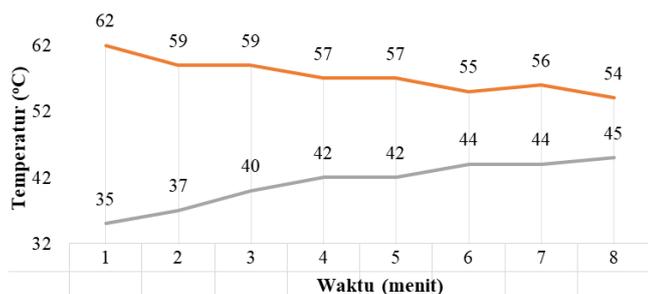
Gambar 12 Pengujian kedelapan

Pengujian kesembilan menggunakan variasi aliran paralel, media oli, material aluminium, temperatur panas masuk 78,5 °C.



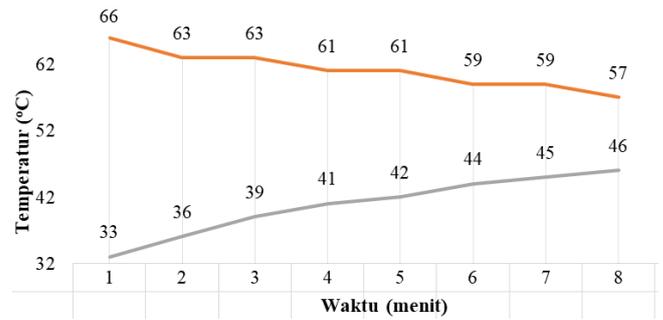
Gambar 13 Pengujian kesembilan

Pengujian kesepuluh menggunakan variasi aliran *counter*, media air, material aluminium, temperatur panas masuk 65,2 °C.



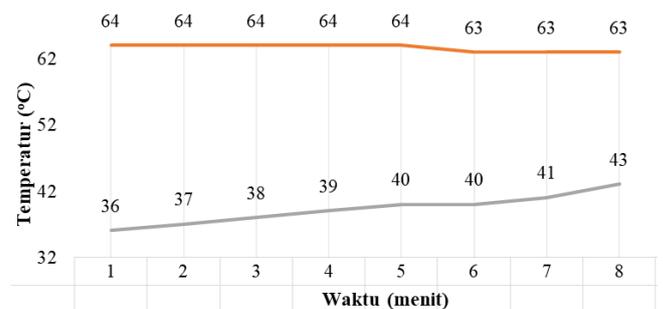
Gambar 14 Pengujian kesepuluh

Pengujian kesebelas menggunakan variasi aliran *counter*, media *coolant*, material aluminium, temperatur 67,00 °C.



Gambar 14 Pengujian kesebelas

Pengujian keduabelas menggunakan variasi aliran *counter*, media oli, material aluminium, temperatur panas masuk 72,5 °C.



Gambar 14 Pengujian keduabelas

Setelah melakukan dua belas kali pengujian dengan pengaturan variabel yang berbeda-beda didapatkan bahwa alat praktikum penukar kalor tipe *double tube* yang telah dibuat telah mampu digunakan dengan baik. Hal ini terlihat dari terjadinya perpindahan panas dari fluida panas ke fluida dingin secara berangsur-angsur dari menit ke menit. Temperatur kedua sisi panas dan dingin semakin lama semakin sama sehingga membuktikan perpindahan panas terus terjadi hingga temperaturnya mendekati sama. Selain itu, variabel-variabel yang diatur juga mempengaruhi laju perpindahan panas yang terjadi. variasi aliran *counter flow*, *parallel flow*, variasi material tembaga dan aluminium, variasi media pendingin air, oli, dan *coolant*, variasi *mass flow* dan variasi temperatur telah memberikan respon yang baik terhadap performa perpindahan panas *double tube*. Hal ini menandakan variabel-variabel yang diujikan telah bekerja pada *double tube*.

Alat praktikum penukar kalor tipe *double tube* ini telah mampu digunakan dengan percobaan praktikum menggunakan beberapa variabel. Variabel-variabel percobaan yang dapat diubah adalah variasi aliran baik *parallel* dan *counter flow*, variasi besarnya laju aliran massa, variasi temperatur masuk pada sisi aliran dingin dan panas, variasi material pada tube yaitu menggunakan material tembaga dan aluminium dan variasi jenis fluidanya air, oli dan *colant*. Sedangkan penelitian serupa tentang penukar kalor skala laboratorium yang dikembangkan menggunakan tipe penukar kalor *shell and tube* dengan nilai tetap pada laju aliran massa, temperatur dan konstruksinya [7]. Penelitian yang juga pernah dilakukan lain untuk pembuatan alat praktikum penukar kalor tipe *compact tube bank*. Alat praktikum yang dikembangkan telah mampu divariasikan dari sisi laju aliran

massa, temperatur masuk dan dimensi panjang *wind tunnel* [8]. Dari beberapa penelitian serupa yang telah dilakukan, pengembangan alat praktikum penukar kalor ini yang telah dikembangkan lebih sederhana untuk dimengerti karena jenis penukar kalor yang digunakan adalah tipe *double tube* dan variabel-variabel percobaan yang dapat diubah telah lebih banyak dapat diatur. Hal ini memperluas keleluasaan jangkauan percobaan dalam praktikum perpindahan panas yang dapat dilakukan sehingga pemahaman tentang konsep perpindahan panas pada penukar kalor yang dianggap abstrak menjadi berpotensi untuk lebih mudah dipahami dengan berbagai situasi dan kondisi yang berbeda.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah telah berhasil dibuatnya alat praktikum dan pengujian terhadap beberapa variabel yang diatur pada penukar kalor tipe *double tube* untuk memahami konsep fenomena perpindahan panas. Variasi aliran yang dilakukan sangat mempengaruhi perpindahan panas yang dilakukan nilai temperatur aliran *parallel flow* dan *counter flow* sangat berbeda pada saat pengujian dilakukan. Aliran *parallel* temperature awal 67,9 °C masuk 61,4 °C dan keluar 58,6 °C dibandingkan dengan aliran *counter flow* temperatur awal 67,9o C, masuk 56,4 °C dan keluar 55,2 °C dibandingkan dengan pada saat temperatur awal 70 °C, masuk 57,6 °C dan keluar 56,1 °C. Variasi material yang dilakukan sangat mempengaruhi antara pipa tembaga dan pipa aluminium pada saat dilakukan pengujian untuk transfer panas atau perpindahan kalor yang sangat baik dominan bagus ialah material tembaga. Variasi media pendingin air, *coolant* dan oli sangat mempengaruhi untuk perpindahan kalor pada saat memakai media air sangatlah cepat untuk perpindahan kalornya sama dengan *coolant* dan pada saat memakai media oli perpindahan kalor melambat.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Irman, Perencanaan Heater Pada Proses Pembuatan Seng Di PT. Kalimantan Steel Co. Ltd, *Jurnal ELKHA*, Volume 5, 2013, pp. 31 – 36.
- [2] Dirja, Iman, Optimasi Desain Alat Penukar Kalor Panas Udara Untuk Pengering Ikan Dengan Memanfaatkan Gas Buang Motor Diesel, *Jurnal Ilmiah TEKNOBIZ*, Volume 7, 2017, pp. 137 – 142.
- [3] Kiswoyo, Eko, Ramadhan, Anwar Ilmar, Perancangan Dan Validasi Desain Alat Penukar Kalor Tipe *Shell And Tube* Menggunakan Computational Fluid Dynamics, *DINAMIKA Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, Volume 8, 2017, pp. 39 – 46.
- [4] Setiawan, Reza, Hidayat, Rahmat, Optimasi Termal-Konsumsi Listrik *Heat Exchanger* Berbasis Kombinasi Metode Bell-Delaware Dan Algoritma *Ant Colony*, *Barometer*, Volume 4, 2019, pp. 155-162.
- [5] Setiawan, Reza, Hrdlička, František, Darmanto, Prihadi Setyo, Fahriani, Vera Pangni, Pertiwi, Suciani Rahma, Thermal Design Optimization of Shell-and-Tube Heat Exchanger Liquid to Liquid to Minimize Cost using Combination Bell-Delaware Method and Genetic Algorithm, *Journal of Mechanical*

Engineering Science and Technology, Volume 4, 2020, pp. 14-27.

- [6] Setiawan, Reza, Nurjen, Tedi, Hidayat, Rahmat, Optimasi Termal-Konsumsi Listrik *Heat Exchanger* Berbasis Kombinasi Metode Bell-Delaware Dan Algoritma *Ant Colony*, *Barometer*, Volume 3, 2018, pp. 125 – 129.
- [7] Yulianto, Sulis, Qadri, Munzir, Maghfurah, Fadwah, Perencanaan Pembuatan Alat Penukar Kalor Jenis *Shell And Tube* Skala Laboratorium, *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2014 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta*, Jakarta, Indonesia, November, 2014, pp. 1 – 4.
- [8] Ermansyah, Mochammad Fuad, *Rancang Bangun Alat Praktikum Heat Exchanger Tipe Compact Tube Banks*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017.