

**RANCANG BANGUN *FIN* TIPE *HELICAL* PADA  
PENUKAR PANAS *DOUBLE PIPE***

**Fajar Septiawan Dwi Anggoro**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: [fajar.17050754017@mhs.unesa.ac.id](mailto:fajar.17050754017@mhs.unesa.ac.id)

**I Made Arsana**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: [madearsana@unesa.ac.id](mailto:madearsana@unesa.ac.id)

**Abstrak**

Perkembangan dalam hal ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) menunjukkan peningkatan yang terbilang signifikan. Banyak jenis penukar panas yang di rancang bangun dan digunakan dalam pusat pembangkit dan unit pendinginan sebagai alat bantu dalam siklus kerja pada industri. *Fin* adalah salah satu komponen penting penukar panas *double pipe*, *fin* digunakan sebagai hambatan thermal pada proses transfer energi panas yang berfungsi untuk memberikan waktu kontak atau tinggal fluida kerja secara tidak langsung. Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang bangun *fin* tipe *helical* pada penukar panas *double pipe* berdasarkan standart TEMA, diharapkan memiliki peforma yang optimal. Objek penelitian ini adalah *helical fin* pada penukar panas *double pipe* dengan pitch *helical fin* 40 mm, jenis *fin* yang digunakan berbentuk heliks. Pengambilan data didapatkan dengan menggunakan alat ukur thermocontrol dan flowmeter. Telah berhasil dikembangkan sebuah *fin* bertipe *helical* pada penukar panas *double pipe* yang dapat bekerja dengan baik mempertukarkan dua fluida (air) secara *counterflow* dengan kapasitas aliran fluida dingin 6 lpm dan aliran fluida panas 4 lpm dengan efektifitas 14,8%, serta tidak adanya kebocoran sistem ketika dilakukan pengujian secara fisik. Dengan demikian penukar panas ini dapat digunakan untuk mensimulasikan proses perpindahan panas konveksi pada penukar panas tersebut.

**Kata Kunci:** *penukar panas, double pipe, efektifitas, helical fin, rancang bangun.*

**Abstract**

*Developments in science and technology (IPTEK) have shown a significant increase. Many types of heat exchangers are designed and used in power plants and refrigeration units as aids in industrial work cycles. Fin is one of the important components of a double pipe heat exchanger, fin is used as a thermal barrier in the heat energy transfer process which serves to provide indirect contact or residence time for the working fluid. The purpose of this study was to design a helical type fin on a double pipe heat exchanger based on the TEMA standard which is expected to have good performance. The object of this research is the helical fin in a double pipe heat exchanger with a helical fin pitch of 40 mm, the type of fin used is helical. Data retrieval is obtained by using a thermocontrol measuring instrument and a flowmeter. It has been successfully developed a helical type fin on a double pipe heat exchanger that can work well in exchanging two fluids (water) counterflow with a cold fluid flow capacity of 6 lpm and a hot fluid flow of 4 lpm with an effectiveness of 14.8%, and there is no system leakage, when physically tested. Thus this heat exchanger can be used to simulate the convection heat transfer process in the heat exchanger.*

**Keywords:** *Heat exchanger, double pipe, effectiveness, helical fin, design.*

**PENDAHULUAN**

Perkembangan dalam hal ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) menunjukkan peningkatan yang terbilang signifikan. Banyak hal yang dapat kita temukan, salah satunya pengembangan dari teori yang telah ada sebelumnya. Holman, J. (1995), Beberapa penelitian terkait dengan penukar panas yang memiliki tujuan untuk menghasilkan suatu Analisa data yang di komparasikan dengan penelitian terdahulu. Arsana, dkk. (2016) menjelaskan *heat exchanger* atau alat penukar panas adalah suatu alat rancang bangun yang digunakan sebagai metode pada suatu proses yang dilakukan dengan tujuan menukar energi dalam bentuk panas antara sirkulasi fluida yang terjadi pada temperatur berbeda. Proses tersebut dapat terjadi melalui kontak langsung maupun kontak

tidak langsung. Arsana, dkk. (2019) pengaplikasian terhadap *heat exchanger* dilakukan untuk memperoleh suatu analisa masalah seperti: laju perpindahan panas, *friction factor*, arah aliran fluida kerja, penggunaan material penukar panas, efektifitas perpindahan kalor, jenis penukar panas yang tujuannya untuk mendapatkan rancang bangun penukar panas yang optimal. Didapatkan hasil dari permasalahan tersebut bertujuan untuk meningkatkan efisiensi perpindahan panas pada proses penukar panas, adanya peningkatan yang terjadi pada konveksi paksa memberikan dampak berkurangnya kebutuhan energi dalam aliran fluida kerja ke siklus penukar panas. Kailash, dkk. (2015)

Penelitian yang dilakukan Reddy, (2017) Pada penelitian tersebut digunakan variabel pada rancang

bangun desain pitch *helical fin* 50 mm. Berdasarkan perbedaan pitch *helical fin* tersebut diketahui bahwa seiring dengan semakin kecilnya pitch maka perpindahan panas secara konveksi semakin besar. Dengan *mass flow rate* yang sama yaitu sebesar 0.1 kg/s untuk fluida dingin dan 0.07 kg/s untuk fluida panas. Dengan *temperature* panas inlet 85<sup>0</sup> C sedangkan *temperature* fluida dingin 30<sup>0</sup> C masing masing sebesar 485 W/m<sup>2</sup> K Koefisien perpindahan panas dan kecepatan perpindahan panas meningkat.

Thejaraju, dkk. (2019) melakukan rancang bangun pada penukar panas *double pipe* dengan *helical fin* pada tabung berputar bagian dalam. Dalam analisis ini bilangan Nusselt yang diperoleh dari hasil eksperimen lebih tinggi dari nilai teoritis yang diperoleh dari persamaan Dittus-Boelter. *Helical fin* di permukaan luar *pipe* menghasilkan peningkatan area perpindahan panas dan pengurangan diameter hidrolis saluran aliran. Pada penelitian yang dilakukan Sahiti, dkk. (2011) melakukan eksperimen terhadap pengaruh konstruksi dari *double pipe heat exchanger (DPHE)* yang di berikan tambahan pemasangan tahanan *thermal helical fin* terhadap koefisien perpindahan kalor ( $h$ ) dan laju perpindahan kalor ( $Q$ ).

## METODE PENELITIAN

### Jenis Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode rancang bangun dengan eksperimen, dengan cara mencari hal yang berhubungan antara satu sama lain. Pengaruh variabel tertentu berhubungan dengan variabel lainnya yang dilakukan dengan prosedur atau metode yang detail dan terkontrol.

Variabel dalam penelitian eksperimen ini terdiri dari tiga macam yaitu: variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol.

#### • Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi atau bisa dikategorikan menjadi penyebab adanya perubahan atau munculnya variabel terikat. Dalam penelitian ini variabel bebasnya yaitu *pitch helical fin* 40 mm dibandingkan dengan *inner pipe* tanpa *fin* sebagai data acuan terhadap performa penukar panas *double pipe*. Penentuan ini berdasarkan pertimbangan *pitch* yang dapat berpengaruh pada penukar panas *double pipe*.

#### • Variabel Terikat

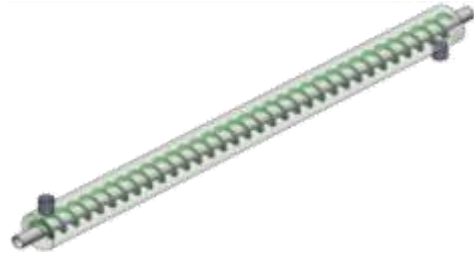
Variabel terikat adalah variabel yang dikhususkan untuk dipengaruhi atau bisa disebut yang menjadi akibat munculnya variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel terikatnya yaitu nilai efektivitas pada penukar panas *double pipe*.

#### • Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan sehingga pengaruh variabel terhadap dependen tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti. Variabel kontrol dalam penelitian ini yaitu :

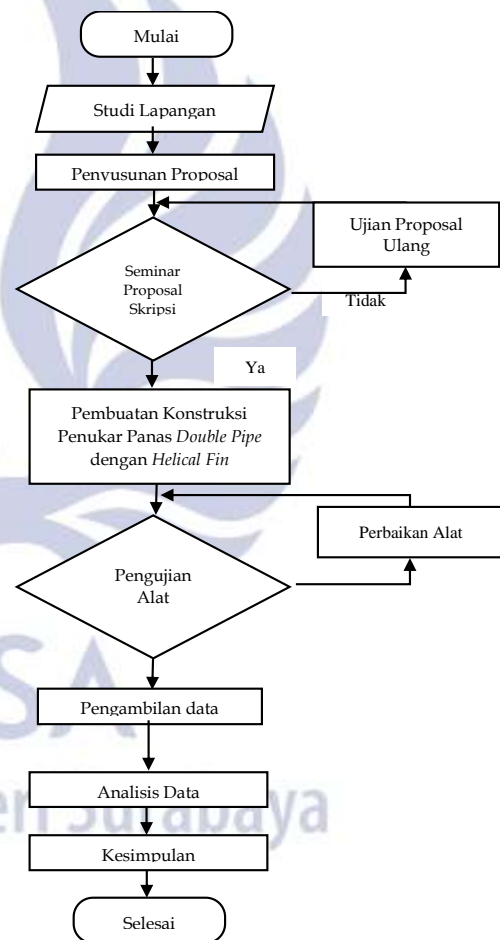
- Temperatur yang ditentukan pada temperatur fluida dingin adalah  $T_{c_{in}}$ , yaitu sebesar 30°C sesuai dengan *temperature* ruangan.

- Temperatur yang ditentukan pada temperatur fluida panas adalah  $T_{H_{in}}$ , yaitu sebesar 80°C
- Mengatur regulator *flowmeter* dengan debit aliran fluida dingin 6 lpm.
- Mengatur regulator *flowmeter* dengan debit aliran fluida panas 4 lpm.



Gambar 1.1 Double pipe Heat Exchanger

### Rancangan Penelitian



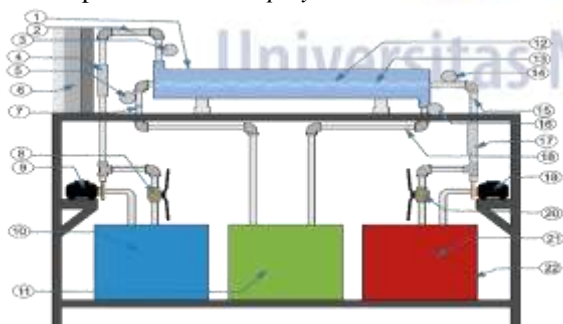
Gambar 1.2. Diagram Alur Penelitian

### Teknik Pengumpulan Data

Setelah semua peralatan pengujian terpasang (dengan pitch yang digunakan untuk pengujian pertama adalah *helical fin* 40 mm) dan proses pengecekan peralatan sudah dilakukan, maka tahap pengambilan data dapat dilakukan sebagai berikut:

- Menyalakan heater untuk memanaskan fluida panas pada tangki fluida panas hingga temperature 80°C

- Mengondisikan temperature masuk fluida dingin pada temperature 30°C. Jika temperature kurang dari 30°C maka dapat diberikan *treatment*, mencampurkan sedikit air panas pada fluida dingin sampai temperature nya seragam yakni 30°C. Sedangkan jika temperature fluida dingin lebih dari 30°C maka dapat menggunakan *air conditioner* (AC) untuk mengondisikan temperature tepat 30°C.
- Menyalakan pompa fluida dingin, sehingga fluida dingin masuk pada penukar panas *double pipe* dibagian *outer pipe* hingga kondisi stabil (*steady state*) dengan waktu yang dibutuhkan ±4 menit
- Mengatur regulator *flowmeter* untuk menentukan debit aliran fluida dingin sebesar 6 lpm, dengan cara mengatur posisi pelampung pada *flowmeter* sebesar 6 lpm.
- Mengondisikan temperature masuk fluida panas pada temperature 80°C
- Membuka *valve* saluran pembuangan fluida panas ke tangki masuk fluida panas
- Menyalakan pompa fluida panas, sehingga fluida panas masuk pada penukar panas *double pipe* dibagian *inner pipe* hingga kondisi stabil (*steady state*) dalam artian tidak terjadi perubahan temperatur dengan waktu yang dibutuhkan ± 2 menit
- Mengatur regulator *flowmeter* untuk menentukan debit aliran fluida panas sebesar 4 lpm dengan cara mengatur posisi pelampung pada *flowmeter* sebesar 6 lpm. Fluida panas di sisi *inner pipe* dan fluida dingin di sisi *outer pipe*, kedua tersebut mengalami proses perpindahan panas, setelah itu dilakukan pengambilan data tekanan saat keadaan stabil (*steady state*) dalam artian tidak terjadi perubahan temperatur. Temperatur fluida panas dan fluida dingin keluar dengan waktu yang dibutuhkan ± 2 menit.
- Mencatat temperature yang terjadi di saluran fluida dingin masuk pada alat ukur *display thermocontrol* T<sub>cin</sub>.
- Mencatat temperature yang terjadi di saluran fluida panas masuk pada *display thermocontrol* T<sub>hin</sub>.
- Mencatat temperature yang terjadi pada fluida dingin keluar pada alat ukur *display thermocontrol* T<sub>cout</sub>
- Mencatat temperature yang terjadi pada fluida panas keluar pada alat ukur *display thermocontrol* T<sub>hout</sub>.



Gambar 1.3 Skema Alat Uji Penukar Panas *Double pipe*

Tabel 1.1 Keterangan Skema Alat Uji *Double pipe*

No	Keterangan	No.	Keterangan
1	<i>Outer pipe</i>	12	<i>Inner pipe</i>
2	<i>Thermocouple</i> T <sub>c in</sub>	13	<i>Helical fin</i>
3	<i>Pressure gauge</i> T <sub>c in</sub>	14	<i>Pressure gauge</i> T <sub>h in</sub>
4	<i>Flowmeter</i> fluida dingin	15	<i>Thermocouple</i> T <sub>h in</sub>
5	<i>Pressure gauge</i> T <sub>h out</sub>	16	<i>Pressure gauge</i> T <sub>c out</sub>
6	Kotak instrumen	17	<i>Flowmeter</i> fluida panas
7	<i>Thermocouple</i> T <sub>h out</sub>	18	<i>Pressure gauge</i> T <sub>c out</sub>
8	<i>Valve</i> fluida dingin	19	Pompa fluida panas
9	Pompa fluida dingin	20	<i>Valve</i> fluida panas
10	Tandon fluida dingin	21	Tandon fluida dingin
11	Tandon fluida keluar	22	<i>Heater</i>

### Bahan untuk penelitian

- Fluida panas  
Fluida panas yang digunakan adalah air (H<sub>2</sub>O) yang dipanaskan menggunakan *heater* sehingga temperaturenya mencapai temperature yang diinginkan (berdasarkan variabel bebas yang telah ditentukan yaitu 80°C). Karakteristik dari fluida panas adalah pada temperature yang telah ditentukan tersebut adalah:

Air pada temperature 80°C

Densitas (ρ) = 9,7257.10<sup>-4</sup> kg/m<sup>3</sup>

Specific Heat (C<sub>p</sub>) = 4,1966 kJ/kg.K

Viskositas (μ) = 356,2.10<sup>6</sup> N.s/m<sup>2</sup>

Prandtl = 2,23

Konduktivitas panas (K) = 669,2 W/m.K

- Fluida dingin

Fluida dingin yang digunakan adalah air (H<sub>2</sub>O) yang temperaturenya adalah (30°C). Karakteristik dari fluida dingin adalah:

Air pada temperature 30°C

Densitas (ρ) = 9,97.10<sup>-4</sup> kg/m<sup>3</sup>

Specific Heat (C<sub>p</sub>) = 4,1786 kJ/kg.K

Viskositas (μ) = 821.10<sup>6</sup> N.s/m<sup>2</sup>

Prandtl = 5,58

Konduktivitas panas (K) = 616.10<sup>3</sup> W/m.K

### Analisis Data

Pengolahan data yang akan dilakukan setelah diperoleh data sesuai dari tabel pengujian penukar panas *double pipe* untuk mendapatkan efektivitas yang paling , langkah pertama yaitu menghitung laju perpindahan panas actual dengan persamaan sebagai berikut:

Persamaan untuk menghitung Q<sub>actual</sub> sebagai berikut:

$$Q_{aktual} = U \cdot A_s \cdot \Delta T_{lm}$$

Selanjutnya, nilai efektivitas *double pipe heat exchanger* dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$\varepsilon = \frac{Q_{aktual}}{Q_{max}} \times 100\%$$

Dikarenakan nilai  $Q_{max}$  (laju perpindahan kalor maksimal yang mungkin terjadi pada *double pipe heat exchanger*) belum didapatkan, Incropera, F. (2002), maka perlu dihitung terlebih dahulu dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_{max} = C_{min} \times (T_{h,in} - T_{c,in})$$

Sehingga nilai efektivitas pada *double pipe heat exchanger* dapat diketahui, Kakac, et. al. (2012). Hasil yang didapatkan dari langkah – langkah yang telah dilakukan akan berupa angka dan selanjutnya disajikan dalam bentuk grafik.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Spesifikasi**

Berikut merupakan spesifikasi rancang bangun penukar panas *double pipe* dengan menggunakan *helical fin*

**Tabel 1.2** Spesifikasi Rancang Bangun Penukar Panas *Double Pipe* Menggunakan *Helical Fin*

No.	Komponen	Klasifikasi Konstruksi	Dimensi
1	Fluida	Aliran	<i>Counter flow</i>
		Tipe perpindahan panas	Kontak tidak langsung
		Laluan fluida	Satu fase
		Fluida di sisi <i>Outer pipe</i>	Air
		Fluida di sisi <i>Inner pipe</i>	Air
		Temperatur fluida dingin inlet di sisi <i>Outer pipe</i>	30
		Temperatur fluida panas inlet di sisi <i>Inner pipe</i>	80
2	<i>outer pipe</i>	Jumlah laluan <i>outer pipe</i>	1 laluan
		Diameter luar <i>Outer pipe</i>	76,2 mm
		Diameter dalam <i>Outer pipe</i>	72,2 mm
		Material <i>Outer pipe</i>	<i>Stainless steel 304</i>
3	<i>Inner pipe</i>	Jumlah laluan <i>Inner pipe</i>	1 laluan
		Diameter luar <i>Inner pipe</i>	25,4 mm
		Diameter dalam <i>Inner pipe</i>	23,4 mm
		Ketebalan <i>Inner pipe</i>	1 mm
		Panjang <i>Inner pipe</i>	1,1 m
		Material <i>Inner pipe</i>	Tembaga (Cu)
4	<i>Fin</i>	Panjang <i>fin</i>	1000 mm
		Material <i>Fin</i>	Aluminium
		Ketebalan <i>Fin</i>	1 mm
		<i>Pitch Helical Fin</i>	40 mm
		Diameter <i>Helical Fin</i>	24,4 mm

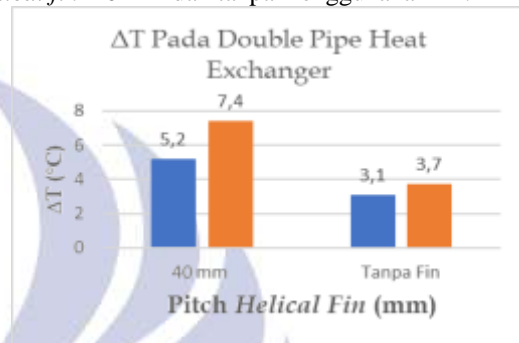
**Hasil**

Proses pengujian penukar panas *double pipe* menggunakan rancang bangun *fin* tipe *helical* didapatkan, Pengaruh *Pitch helical fin* yang digunakan pitch 40 mm terhadap Selisih Temperatur Fluida Masuk dan Fluida Keluar ( $\Delta T$ )

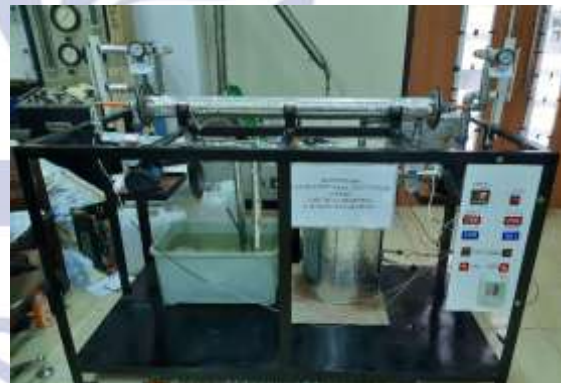
**Tabel 1.3** Temperatur Fluida Masuk dan Fluida Keluar ( $\Delta T$ )

<i>Pitch Helical fin</i>	$\Delta T_c$	$\Delta T_h$
40 mm	5,2	7,4
Tanpa Fin	3,1	3,7

Pada tabel diatas didapatkan hasil pada *helical fin* 40 mm yang menunjukkan hasil nilai  $\Delta T_c$  dan  $\Delta T_h$ . Berikut grafik pengambilan data temperatur pada *helical fin* 40 mm dan tanpa menggunakan fin.



**Gambar 1.4** Grafik Pengaruh *Pitch helical fin* Terhadap Selisih Temperatur Fluida Masuk dan Fluida Keluar ( $\Delta T$ )



**Gambar 1.5** Trainer *Double pipe Heat Exchanger*

Pengaruh *Pitch helical fin* terhadap Efektivitas Penukar panas *double pipe* dengan Metode *Effectiveness – NTU*

**Tabel 1.4** Pengaruh *Pitch helical fin* terhadap Efektivitas Penukar panas *double pipe* dengan Metode *Effectiveness – NTU*

Efektivitas Heat Exchanger ( $\epsilon$ ) %		
Temperature	<i>Pitch Helical fin</i>	
	40 mm	Tanpa <i>Fin</i>
353 K	14,8	7,1



**Gambar 1.6** Grafik Pengaruh Pitch *helical fin* terhadap Efektivitas Penukar panas *double pipe* dengan Metode *Effectiveness – NTU*

### Pembahasan

Grafik 1.6 di atas merupakan grafik pengaruh Pitch *helical fin* terhadap efektivitas penukar panas *double pipe* dengan metode *effectiveness-NTU* yang menggambarkan kenaikan efektivitas seiring dengan semakin banyaknya Pitch *helical fin*. Pada Pitch yaitu 40 mm, efektivitas penukar panas *double pipe* hanya mencapai 14,8%.

$C_c > C_h$ . Maka,  $C_{max} = C_c$  sedangkan  $C_{min} = C_h$ .

$$Q_{max} = C_{min} \times (T_{h,in} - T_{c,in})$$

$$Q_{max} = 0,2702 \frac{W}{K} \times (353 - 303) K$$

$$Q_{max} = 13.5079 \text{ Watt}$$

Dengan Pitch 40 mm nilai menurun yaitu 14,8%.

Efektivitas penukar panas *double pipe* menurun seiring dengan semakin besar Pitch *helical fin* nya yaitu sebesar 31,4%. Seperti halnya dengan penelitian sebelumnya oleh Mozafarie dan Javaherdeh, (2019) dengan Pitch 33 mm menghasilkan efektivitas sebesar 34,89%, hal ini terjadi dikarenakan semakin kecil Pitch yang bekerja pada *heat exchanger*, geometri dari *helical fin* membuat luasan perpindahan panas total semakin besar.

$$\epsilon = \frac{q_{aktual}}{q_{max}} \times 100\%$$

$$\epsilon = \frac{6.8620 \text{ Watt}}{13.5079 \text{ Watt}} \times 100\%$$

$$\epsilon : 14,8 \%$$

Hal tersebut membuat fluida akan lebih lama mengalir sehingga meningkatkan efektivitas dari penukar panas *double pipe*.



**Gambar 1.7** *Helical fin* 40 mm



**Gambar 1.8** Tanpa *Fin*

### PENUTUP

#### Simpulan

Telah berhasil dikembangkan sebuah *fin* berbentuk *helical* pada penukar panas *double pipe* yang dapat bekerja dengan baik menukarkan panas dua fluida air secara *counterflow* dengan kapasitas aliran fluida dingin 6 lpm dan aliran fluida panas 4 lpm dengan efektifitas 14,8%, serta tidak adanya kebocoran sistem ketika dilakukan pengujian atas hasil rancang bangun. Dengan demikian dapat digunakan sebagai trainer pembelajaran pada Laboratorium Perpindahan Panas Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya.

#### Saran

Adapun saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan ini yang berpotensi untuk dikembangkan dalam penelitian terkait kedepannya adalah:

- Perlu adanya penambahan dan nilai variabel dalam uji eksperimen yang mampu memberikan potensi terbaik dalam hasil penelitian terkait pengaruh dari *helical fin* terhadap efektivitas perpindahan panas khususnya pada penukar panas *double pipe*.
- Pengaplikasian pitch *helical fin* dapat digunakan proses *engineering*, khususnya industri yang memerlukan rekayasa perpindahan panas yang diharapkan memperoleh hasil yang lebih baik dibandingkan sebelumnya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, F. R. & Arsana, I M, (2020). *Effect of Wire Pitch on Capacity of Single Staggered Wire and Tube Heat Exchanger Using Computational Fluid Dynamic Simulation*. 33(8), IJE TRANSACTIONS B: Applications Vol. 33, No. 8, (August 2020) 1637-1642. DOI: 10.5829/ije.2020.33.08b.22
- Arsana, I. M., Budhikarjono, K., & Altway, A. (2016). *Optimization Of The Single Staggered Wire And Tube Heat Exchanger*. International Journal of Applied Engineering Research, Vol. 11, No. 8 (2016). 01017.
- Arsana, I Made, Sari, Handini Novita, dan Nurjannah. Ika. 2019. *Heat Transfer II*. Surabaya: Unesa University Press. ISBN: 978-602-449-380-6
- Arsana, I. M., D. R. Agista, A. Ansori, D. H. Sutjahjo, dan M. Effendy. *The Effect of Nanofluid Volume Fraction to the Rate of Heat Transfer Convection Nanofluid Water-Al2O3 on Shell and Tube Heat Exchanger*, International Conferences on Science and Technology, (2019). DOI: 10.1088/1742-6596/1569/3/032048.
- El, A., Lahnizi, A., Saadeddine, S., Ben, A., Meziane, M., & El, M. (2017). Numerical design and investigation of heat transfer enhancement and performance for an annulus with continuous helical baffles in a double-pipe heat exchanger. *Energy Conversion and Management*, 133, 76–86.
- Holman, J. . (1995). *Heat Transfer. 10th Edition* (I. The McGraw-Hill Companies, ed.). New York.

- Incropera, F. (2002). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer. 7th Edition* (I. : John Wiley & Sons, ed.). New York.
- Kailash, Ojha Pramod; Bishwajeet, Choudhary; Umang, Gajera; Sumit, Prajapat ; Gopal, K. (2015). *Design and experimental analysis of pipe in pipe heat exchanger. International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*5, 42–48.
- Kakac, et. al. (2012). *Heat Exchangers Selection, Rating, and Thermal Design, Third Edition*. Marcel Dekker Inc.
- Kuppan, T. (2017). *Heat Exchanger Design Handbook Second Edition. Heat Exchanger Handbook*.
- Maa, M., & Riau, P. C. (2015). *Karakteristik Perpindahan Panas pada Double pipe Heat Exchanger , perbandingan aliran parallel dan counter flow Karakteristik Perpindahan Panas pada Double pipe Heat Exchanger , perbandingan aliran parallel dan counter flow. journal-of-thermalengineering. 338901. (November 2013)*.
- Mozafarie, S. S., & Javaherdeh, K. (2019). *Engineering Science and Technology , an International Journal Numerical design and heat transfer analysis of a non-Newtonian fluid flow for annulus with helical fin s. Engineering Science and Technology, an International Journal, 22(4), 1107–1115*.
- Omkar, S., Pravin, M., Hameed, G. S. A., & Pradeep, P. (2014). *Experimental Investigation Of Double-Pipe Heat Exchanger With Helical fin s On The Inner Rotating Tube. 98–102. Journal Thermal Engineering (2014)*
- Pramesti, S. T. & Arsana, I M (2020). *Experimental Study of Baffle Angle Effect On Heat Transfer Effectiveness Of The Shell And Tube Heat Exchanger Using Helical Baffle. Journal of Mechanical Engineering Research and Developments, Vol. 43, No. 3, pp.332-338, (2020). ISSN: 1024-1752 , 2020.43(3)*.
- Reddy, N. S. (2017). *Experimental Investigation of Heat Transfer Enhancement of a Double pipe Heat Exchanger with Helical fin s in the Annulus Side. 13(2), International Journal of Advances in Engineering & Technology, Nov.. IJAET 285–293*.
- Sahiti, N., Durst, F., & Dewan, A. (2005). *Heat transfer enhancement by pin elements. Federal University of Technology, Vol.13, No.2, 128-13348, 4738–4747*.
- Thejaraju, R., & Kb, G. (2019). *A Comprehensive Review on Design and Analysis of Passive Enhancement Techniques in Double pipe Heat Exchanger. International Journal of Emerging Technology in Computer Science & Electronics (IJETCSE). 8(08), 815–827*.