

# ANALISA UNJUK KERJA ALAT UJI HEAT EXCHANGER TIPE SHELL AND TUBE DENGAN MENGGUNAKAN FLUIDA AIR PANAS DAN FLUIDA AIR DINGIN BERDASARKAN VARIASI BUKAAN KATUP PANAS

Diky Pratama<sup>1</sup>, Mulyanef<sup>2</sup>, Burmawi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Mesin – Fakultas Teknologi Industri

Universitas Bung Hatta

Kampus III Jl. Gajah Mada Gunung Pangilun Telp. (0751) 51257 Padang

Email : [dikypratama719@gmail.com](mailto:dikypratama719@gmail.com) , [mulyanef@bunghatta.ac.id](mailto:mulyanef@bunghatta.ac.id)

---

## ABSTRAK

Alat penukar panas atau *Heat exchanger* (HE) Adalah alat yang digunakan untuk memindahkan panas dari system kesistem lain tanpa perpindahan masa dan bisa berfungsi sebagai pemanas maupun sebagai pendingin. Penukar panas dirancang sebisa mungkin agar perpindahan panas antar fluida dapat berlangsung secara efisien. Penelitian ini menggunakan metode Metoda *Log Mean Temperature Difference* (LMTD), Koefisien Perpindahan Kalor (U), *Number of Transfer Unit* (NTU), penelitian ini membahas tentang laju perpindahan kalor, menganalisa cara kerja alat uji heat exchanger tipe *shell and tube* dan menganalisa perpindahan panas yang terjadi di dalam alat uji *heat exchanger* serta mengetahui nilai efektivitas pada *Heat exchanger shell and tube* dengan variasi bukaan katup 1/4, 2/4, 3/4, dan 4/4.

Dari hasil penelitian didapatkan hasil LMTD pada bukaan katup [1/4 = 11,7 °C], [2/4 = 8,44°C], [3/4 = 7,82 °C], [4/4 = 5,75 °C]. Untuk nilai laju perpindahan kalor pada bukaan katup fluida panas [1/4 = 9823,64 watt], [2/4 = 10304 watt], [3/4 = 11921,53 watt], [4/4 = 15434,76 watt]. Untuk nilai NTU pada bukaan katup fluida panas [1/4 = 0,05], [2/4 = 0,08], [3/4 = 0,10], [4/4 = 0,16].

**Kata kunci** : heat exchanger (HE), shell and tube, penukar panas

## ABSTRACT

Heat exchanger (HE) is a device used to transfer heat from other systems without mass transfer and can function as heating or cooling. The heat exchanger is designed as much as possible so that heat transfer between fluids can take place efficiently. This study uses the Log Mean Temperature Difference (LMTD) method, the Heat Transfer Coefficient (U), the Number of Transfer Unit (NTU). heat that occurs in the heat exchanger test equipment and the effectiveness value of shell and tube heat exchangers with variations of valve openings 1/4, 2/4, 3/4, and 4/4.

From the research results, it was found that the LMTD results at valve openings [1/4 = 11.7 °C], [2/4 = 8.44 °C], [3/4 = 7.82 °C], [4/4 = 5.75 °C]. For the value of the rate of heat transfer at the valve opening of hot fluid [1/4 = 9823.64 watts], [2/4 = 10304

watts], [3/4 = 11921.53 watts], [4/4 = 15434.76 watts]. For NTU values on hot fluid valve openings [1/4 = 0.05], [2/4 = 0.08], [3/4 = 0.10], [4/4 = 0.16].

**Keywords:** heat exchanger (HE), shell and tube, heat exchanger

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Alat penukar kalor atau dengan kata lain *Heat exchanger* adalah suatu alat yang memfasilitasi pertukaran panas. *Heat exchanger* bertujuan memanfaatkan panas suatu aliran fluida untuk memanaskan fluida yang lain dengan fungsi memanaskan fluida yang dingin dan mendinginkan fluida yang panas. Perangkat ini sangat penting dalam proses kegiatan yang berlangsung pada suatu industri, peranan alat penukar kalor dalam industri sangat besar, misalnya dipergunakan pada industri makanan, pembangkit tenaga listrik, perminyakan, transportasi, pendingin dan pemanas, dan lain-lain. Pada umumnya Alat Penukar Kalor berperan dalam peningkatan efisiensi system Penggunaan alat penukar kalor (*heat exchanger*) semakin banyak digunakan dalam berbagai industri untuk menurunkan dan menaikkan temperatur dalam memenuhi kebutuhan teknis berbagai produk. (Sri U. Handayani, dkk 2000).

Shell and tube merupakan alat penukar panas terdiri dari serangkaian tabung. Satu set dari tabung berisi cairan yang akan bekerja baik itu untuk memanaskan atau mendinginkan dengan perbedaan temperatur. Hal ini sejalan dengan yang dikatakan Incropera yaitu perpindahan panas adalah perpindahan energi panas

karena adanya perbedaan temperatur. (Manik, dkk 2018).

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana laju perpindahan panas yang terjadi pada *heat exchanger* tipe *shell and tube*?
2. Bagaimana temperatur yang terjadi pada titik masuk maupun titik keluar pada saat di lakukan pengujian pada *heat exchanger* tipe *shell and tube* dengan fluida panas dan variasi bukaan katup pada titik masuk fluida panas pada bagian *tube*?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian tugas akhir ini untuk menganalisa laju perpindahan panas, LMTD, nilai NTU dan nilai efektivitas yang terjadi pada *heat exchanger tipe Shell and Tube* dengan variasi bukaan katup pada fluida panas.

### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Heat exchanger yang digunakan adalah heat exchanger tipe shell

and tube dengan menggunakan arah aliran berlawanan arah.

2. Pada penelitian ini heat exchanger yang digunakan adalah heat exchanger yang terdapat pada laboratorium fenomena dasar mesin Universitas Bung Hatta dan dimensi yang sudah ditentukan.
3. Sifat-sifat fisik dalam penelitian ini tidak dibahas.
4. Bukaannya yang divariasikan adalah 1/4, 2/4, 3/4, 4/4 dengan ukuran diameter katup 1 inci dan jenis katup *ball valve*.
5. Jenis fluida panas yang mengalir di dalam tube hanya digunakan fluida air panas dan air dingin dengan pemanasan 60 °C.

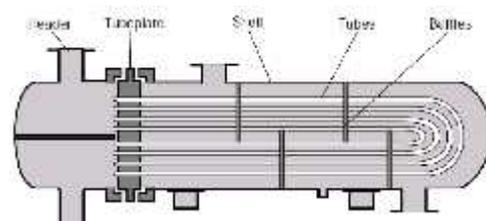
## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Heat exchanger

Alat penukar panas atau *Heat exchanger* (HE) adalah alat yang digunakan untuk memindahkan panas dari sistem ke sistem lain tanpa perpindahan massa dan bisa berfungsi sebagai pemanas maupun sebagai pendingin. Biasanya, medium pemanas dipakai adalah air yang dipanaskan sebagai fluida panas dan air biasa sebagai air pendingin (*cooling water*). Penukar panas dirancang sebisa mungkin 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. (Suswanto, dkk. 2015).

Proses terjadinya perpindahan panas dapat dilakukan secara langsung, yaitu fluida yang panas akan bercampur secara langsung dengan fluida dingin tanpa adanya pemisah dan secara tidak langsung, yaitu bila diantara fluida panas dan fluida dingin tidak berhubungan langsung tetapi dipisahkan oleh sekat-sekat pemisah. Perpindahan Panas Secara Konduksi merupakan perpindahan panas antara molekul-molekul yang saling berdekatan antara yang satu dengan yang lainnya dan tidak diikuti oleh perpindahan molekul-molekul tersebut secara fisik (Fachrudin, 2019).

Alat penukar kalor *shell and tube* heat umumnya digunakan dalam kondisi tekanan relatif tinggi yang terdiri dari sebuah selongsong yang di dalamnya disusun suatu annulus dengan rangkaian tertentu untuk mendapatkan luas permukaan yang optimal. Fluida mengalir di selongsong maupun di annulus sehingga terjadi perpindahan panas antara fluida dengan dinding annulus misalnya triangular pitch (pola segitiga) dan square pitch (pola segiempat). (Naitupulu, 2018).



**Gambar 2.1** Alat penukar kalor tipe *shell and tube* (Naitupulu, 2018)

### 2.2 Konsep perpindahan panas

Perpindahan panas dapat didefinisikan sebagai berpindahnya energi dari satu daerah ke daerah lainnya sebagai akibat dari beda suhu

antara daerah daerah tersebut. Karena beda suhu terhadap diseluruh alam semesta, maka hal-ikhwat aliran panas bersifat seuniversal hal-ikhwat yang berkaitan dengan tarikan gravitasi. Tetapi tidak sebagaimana halnya gravitasi, aliran panas tidak dikendalikan oleh sebuah hubungan yang unik, namun oleh kombinasi dari berbagai hukum fisika yang saling tidak bergantung. Kepusatakaan perpindahan panas pada umumnya mengenal tiga cara pemindahan panas yang berbeda: konduksi (*onduction*; juga dikenal istilah hantaran), radiasi (*radiation*) dan konveksi (*convection*; juga dikenal dengan istilah *ilian*). (Harini,2017).

### 2.3 Klasifikasi Alat *Heat exchanger*

Didalam proses industri dikenal berbagai macam alat penukar panas yang dirancang sesuai dengan kapasitas dan keperuntukannya. Untuk mempermudah pemilihan yang sesuai dengan kegunaanya maka alat penukar panas diklasifikasikan menjadi beberapa jenis. Alat penukar panas yang paling umum digunakan adalah jenis “*Shell and Tube Heat exchanger*” karena kapasitas perpindahan panasnya relatif cukup besar diantaranya adalah klasifikasi alat penukar panas berdasarkan bentuk, fungsi dan konstruksinya.

Perpindahan panas terjadi jika terdapat perbedaan temperatur antara dua buah zat, baik padat, cair, maupun gas. Energi dalam bentuk panas berpindah dengan 3 (tiga) macam mekanisme, yaitu secara konduksi, konveksi, dan radiasi. Perpindahan panas secara konduksi dan radiasi hanya bergantung dari perbedaan temperatur, sedangkan pada konveksi

selain bergantung pada temperatur juga bergantung pada perpindahan massa yang terjadi (Azwinur & Zulkifli, 2019).

### 2.4 Jenis-jenis Aliran Penukar Panas Pada *Heat exchanger*

Secara garis besar dibagi berdasarkan arah aliran fluidanya. Berdasarkan arah aliran fluida, penukar panas dibedakan menjadi 3 jenis aliran, yaitu: aliran searah (*parallel flow*), aliran berlawanan (*counter flow*) dan aliran silang (*cross flow*). Pada penukar panas jenis aliran searah, fluida yang memanaskan dan fluida yang dipanaskan masuk pada sisi yang sama kemudian keluar pada sisi yang sama. Pada penukar panas aliran berlawanan, kedua fluida masuk dan keluar pada sisi yang berbeda, sedangkan pada penukar panas aliran silang, kedua fluida mengalir dengan saling bersilangan. (Azwinur & Zulkifli 2019).

#### a. Aliran Searah (*Parallel Flow*)

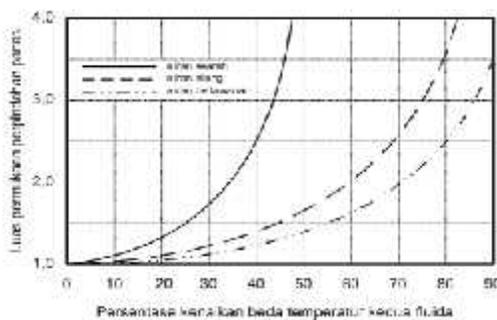
*Heat exchanger* tipe aliran sejajar, memiliki arah aliran dari dua fluida yang bergerak secara sejajar. Kedua fluida masuk dan keluar pada sisi penukar panas yang sama. Temperatur fluida yang memberikan energi akan selalu lebih tinggi dibanding temperatur fluida yang menerima sejak memasuki alat penukar kalor hingga keluar. Temperatur fluida yang menerima kalor tidak akan pernah mencapai temperatur fluida yang memberikan kalor. (Putra, 2017).

#### b. Aliran berlawanan arah (*counter flow*)

*Heat exchanger* tipe aliran berlawanan, memiliki arah aliran yang

berlawanan. Perpindahan kalor terjadi antara satu ujung bagian yang panas dari kedua fluida dan juga bagian yang paling dingin. Temperatur keluar fluida dingin dapat melebihi temperatur keluar fluida panas. (Putra, 2017).

Gambar berikut ini menunjukkan luas perpindahan panas yang diperlukan masing-masing jenis penukar panas untuk mencapai perubahan temperatur fluida. (Azwinur & Zulkifli).



**Gambar 2.2 Hubungan luas permukaan perpindahan panas dengan persentase kenaikan beda temperatur fluida.**

(Sumber: Azwinur & Zulkifli, 2019)

## 2.5 Perancangan Alat Penukar Kalor tipe *Shell and Tube*

Sebelum mendisain alat penukar kalor, dibutuhkan data dari laju aliran (flow rate), temperature masuk dan temperature keluar, dan tekanan operasi kedua fluida. Data ini dibutuhkan terutama untuk fluida gas jika densitas gas tidak diketahui. Untuk fluida berupa cairan (liquid), data tekanan operasi tidak terlalu dibutuhkan karena sifat-sifatnya tidak banyak berubah apabila tekanannya berubah. (Putra, 2017).

Jika panas yang dilepaskan besarnya  $Q$  persatuan waktu, maka panas itu diterima oleh yang dingin sebesar  $Q$  pula. Kemampuan menerima panas dipengaruhi 3 hal:

1. Koefesien perpindahan panas secara keseluruhan (the overall heat transfer coefficient).
2. Luas perpindahan panas dinyatakan dengan  $A$ .
3. Perbedaan temperatur rata-rata dinyatakan dalam  $\Delta t Lm$ .

Menurut (Andi, 2011) Hubungan antara besaran itu adalah:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T Lm$$

Dimana:

$Q$  = Perpindahan panas (W atau Btu/h)

$U$  = Koefisien perpindahan kalor menyeluruh ( $Wm^2 \cdot ^\circ C$ )

$A$  = Luas Penampang ( $m^2$ )

$T Lm$  = Perbedaan temperatur rata-rata ( $^\circ C$ ).

*Heat exchanger* tipe *shell and tube* merupakan tipe *Heat exchanger* yang paling banyak digunakan di dalam industri proses. Hal ini dikarenakan tipe *shell and tube* dapat digunakan untuk proses-proses dengan cakupan variasi tekanan dan temperatur yang luas. Selain itu, tipe *shell and tube* dapat dikonstruksi dengan cakupan variasi meterial yang luas. (Putra, 2017).

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

#### 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

- ❖ Waktu: Juli 2020 – September 2020
- ❖ Tempat: Laboratorium Fenomena Dasar Mesin Universitas Bung Hatta Padang.

#### 3.3 Peralatan

- ❖ **Alat uji *Heat Exchanger Type Shell and Tube*.**
- ❖ **Thermokopel**
- ❖ **Heater (pemanas Listrik)**  
Daya yang digunakan adalah 1000 watt x 2 buah = 2000 Watt.
- ❖ **Pompa Fluida Panas**  
Spesifikasi Pompa Fluida Panas:

1. Brand: Grundfos
2. Putaran Mesin: 2800 min
3. Head Pompa : 26-6 M
4. Kapasitas Pompa: 0,6-2,1 m<sup>3</sup>/jam

#### ❖ **Pompa Fluida dingin**

Spesifikasi Pompa Fluida dingin:

1. Brand: Sanyo
2. Daya hisap: maks 9 M
3. Total head: maks 33 M
4. Kapasitas: maks 32 L/menit
5. Daya masuk: 250 Watt
6. Daya keluar: 125 Watt

#### ❖ **Jangka Sorong**

#### ❖ **Stopwatch**

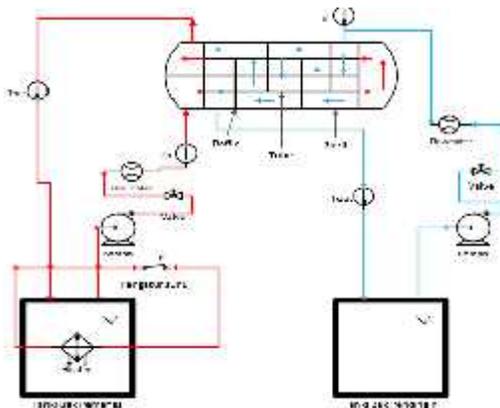
#### ❖ **Thermostat**

#### ❖ **Flowmeter**

#### 3.3 Langkah Pengujian

1. Memeriksa rangkain alat apakah sudah terpasang sebagaimana mestinya.
2. Isi air pada kedua bak masing-masing berkapasitas 70 liter.
3. Lalu menhidupkan pemanas (heater) untuk memanaskan fluida kerja.
4. Mengatur temperatur thermostat sesuai nilai yang ditentukan yaitu 60 °C.
5. Tunggu saklar lampu sampai mati apabila sudah mati berarti suhu sudah sesuai dengan nilai temperatur yang ditentukan.

6. Ukur terlebih dahulu temperatur awal bak panas dan bak dingin.
7. Ukur temperatur awal pada titik masuk dan titik keluar fluida dingin maupun panas.
8. Catat nilai awal flowmeter.
9. Setelah itu buka terlebih dahulu katup yang ingin di variasikan katup fluida dingin maupun fluida panas.
10. Buka katup yaitu 1/4, 2/4, 3/4 dan 4/4.
11. Hidupkan pompa panas dan pompa dingin dengan menekan tombol ON pada saklar, biar kan fluida bersirkulasi catat fluida masuk dan keluar setiap waktu yang ditentukan.
12. Setelah selesai pada bukaan katup pertama lakukan pengujian sampai bukaan katup 4/4.



**Gambar 3.2 Skema Pengujian**

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN



**Gambar 4.1 Perbandingan laju perpindahan kalor dengan variasi bukaan katup**

Pada **Gambar 4.1** dapat diketahui kenaikan laju perpindahan kalor bukaan katup panas dari bukaan katup terkecil terjadi kenaikan sebesar 5% dan kemudian pada katup terbesar hanya terjadi kenaikan sebesar 6%. Hal ini dapat diartikan bahwa semakin besar bukaan katup, baik itu katup panas maupun katup dingin maka akan semakin besar laju perpindahan kalornya.



**Gambar 4.2 Perbandingan LMTD dengan Variasi bukaan katup**

Pada **Gambar 4.2** didapatkan hasil penurunan dari bukaan katup awal yaitu sebesar 30% kemudian pada bukaan katup terakhir didapatkan penurunan nilai persentase sebesar 26%. Dapat diartikan bahwa semakin besar bukaan katupnya maka akan semakin menurunkan nilai LMTD.



**Gambar 4.3 Perbandingan koefisien perpindahan kalor menyeluruh dengan variasi bukaan katup**

Dari **Gambar 4.3** kenaikan laju koefisien perpindahan kalor menyeluruh bukaan katup panas dari bukaan katup terkecil terjadi kenaikan sebesar 7% kemudian pada bukaan terbesar naik sebesar 14%. Pada bukaan katup dingin laju koefisien perpindahan kalor menyeluruh juga meningkat yaitu dari awal 74% kemudian terakhir pada bukaan katup terbesar hanya terjadi kenaikan sebesar 45%. Artinya semakin besar bukaan katup baik itu bukaan katup fluida panas dengan fluida dingin, maka akan semakin besar koefisien perpindahan kalor.



**Gambar 4.4 Perbandingan nilai efektivitas dengan variasi bukaan katup**

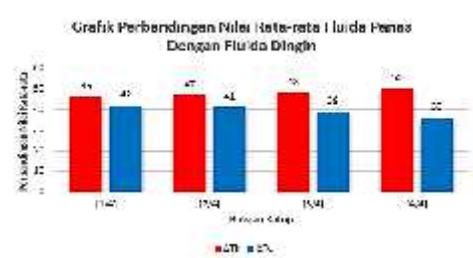
Pada **Gambar 4.4** dapat diketahui kenaikan nilai efektivitas bukaan katup panas dari bukaan katup terkecil 3% kemudian pada bukaan katup terakhir naik sebesar 11%. Pada bukaan katup dingin nilai efektivitas juga meningkat

yaitu pada bukaan katup awal terjadi kenaikan sebesar 28% kemudian pada akhir hanya terjadi kenaikan sebesar 14%. Pada perbandingan nilai efektivitas pada fluida panas dan fluida dingin dapat disimpulkan bahwa semakin besar bukaan katupnya, maka akan semakin besar nilai efektivitas yang dihasilkan.



**Gambar 4.5 Perbandingan nilai NTU dengan variasi bukaan katup**

Pada **Gambar 4.5** dapat diketahui kenaikan nilai NTU bukaan katup panas dari bukaan katup terkecil sebesar 3% kemudian pada bukaan katup terbesar naik sebesar 6%. Pada bukaan katup dingin nilai NTU juga meningkat yaitu pada bukaan awal 5% kemudian pada bukaan akhir sebesar 26%. Berarti disetiap tingkatan bukaan katup baik pada bukaan katup panas maupun dingin terdapat kenaikan, dengan kata lain semakin besar bukaan katup maka akan semakin naik nilai NTU baik untuk bukaan katup panas maupun bukaan katup dingin.



**Gambar 4.6 Perbandingan nilai rata-rata panas vs dingin**

Pada **Gambar 4.6** dapat diketahui kenaikan nilai rata-rata bukaan katup panas dari bukaan katup terkecil sebesar 2% kemudian pada bukaan katup terakhir naik sebesar 4%. Pada bukaan katup dingin nilai rata-rata nya berbanding terbalik dengan bukaan katup panas yaitu nilai bukaan awal terjadi penurunan sebesar 2% kemudian pada bukaan akhir persentase nilai turun sebesar 8%. Disini dapat disimpulkan bahwa semakin besar bukaan katup panas maka akan semakin tinggi nilai rata-rata yang dihasilkan. Sebaliknya semakin besar bukaan katup dingin maka akan semakin rendah nilai rata-rata yang dihasilkan.

## 5. KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data hasil pengujian maka diperoleh nilai perpindahan kalor yang terjadi pada fluida panas mengalami penurunan temperatur dari temperatur awal masuk dan mengalami penurunan pada temperatur keluar dan berbanding terbalik dari proses perpindahan kalor yang terjadi pada aliran fluida dingin dimana terjadi peningkatan temperatur yang terjadi pada temperature masuk awal dan meningkat di temperatur keluar. Laju perpindahan kalor juga sangat dipengaruhi oleh variasi bukaan katup dimana semakin kecil bukaan katup maka semakin kecil nilai perpindahan kalor dan apabila semakin besar bukaan katup maka laju perpindahan panas akan semakin besar.

Untuk nilai LMTD penurunan terjadi seiring dengan variasi bukaan katup yang menyebabkan nilai LMTD berbanding terbalik dengan laju perpindahan kalor yang terjadi pada

alat uji *heat exchanger*. Pada nilai koefisien perpindahan kalor pada fluida panas berbanding lurus dengan nilai bukaan katup, nilai koefisien perpindahan kalor mengalami sebuah peningkatan yang sama seperti laju perpindahan kalor yang terjadi.

### 5.2 Saran

Untuk pengembangan alat penukar kalor tipe shell and tube Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai performa alat uji heat exchanger tipe shell and tube selain menggunakan variasi bukaan katup untuk memvariasikan kecepatan fluida, kemudian perludilakukan penelitian lebih lanjut dengan menambahkan anilsa tekanan pada alat uji, dan untuk mendapatkan data temperatur yang konstan, hendaknya pada heater yang terdapat dalam tangki digunakan thermostat yang dapat ditentukan temperaturnya dalam batasan waktu tertentu.

## REFERENSI

Sri Utami Handayani, Didik Ariwibowo, Fauzi Kusuma Nh2, 2000.” *Kajian Eksperimental Kelayakan Dan Performa Alat Penukar Kalor Tipe Shell and Tube Single Pass Dengan Metode Bell Delaware*” Psd Iii Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

Terang U. H. S. G. Manik, Tulus Burhanuddin Sitorus, Ridha Irfandi, 2018. “*Analisa Dan Uji Eksperimental Performansi Alat Penukar Kalor Kompak Jenis Radiator Kendaraan Berkapasitas Mesin 1300 Cc Terang*” Jurnal Sistem Teknik Industri, Vol. 20

Farel H. Napitupulu, 2018 “*Rancang Bangun Alat Penukar Kalor Shell And Tube Dengan Satu Laluan Cangkang Dan Dua Laluan Tabung Sebagai Pemanas Air*” Talenta Conference Series: Science and Technology (St)

Azwinur, Zulkifli, 2019 “*Kaji Eksperimental Pengaruh Baffle Pada Alat Penukar Panas Aliran Searah Dalam Upaya Optimasi Sistem Pengering*” Jurnal Ilmiah Teknik Mesin.

Iriansyah Putra, 2017 “*Studi Perhitungan Heat Exchanger Type Shell and Tube Dehumidifier Biogas Limbah Sawit Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Biogas*” Jurnal Polimesin.

Suswanto, Mustaqim, Agus Wibowo, 2015 “*Perpindahan Panas Pada Heat Exchanger Dobel Pipa Dengan Sirip Bentuk Siku Empat*” Dosen Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal. Vol 10 No 1

Sulis Yulianto, Muzir Qadri, Fadwah Maghfurah, 2014 “*Perencanaan Pembuatan Alat Penukar Kalor Jenis Shell and Tube Skala Laboratorium*” Seminar Nasional Sains Dan Teknologi.

Harini, 2017 “*Analisis Perhitungan Laju Perpindahan Panas Alat Penukar Kalor Tipe Pipa Ganda Di Laboratorium Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta*” Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur Unj, Edisi Terbit 11.