

**STUDI EKSPERIMEN PERFORMANSI *HEAT EXCHANGER* TIPE  
*SHELL AND TUBE*, *CROSS-FLOW* AND *MULTIPASS MIXED*, *FINNED*  
*TUBE* DENGAN VARIASI 4, 6, 8 *PASSES* UNTUK MENGERINGKAN  
SINGKONG**



Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada  
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik

Oleh :

**AZIS FIRMANSYAH**

**D200130164**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2018**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**STUDI EKSPERIMEN PERFORMANSI *HEAT EXCHANGER* TIPE  
*SHELL AND TUBE, CROSS-FLOW AND MULTIPASS MIXED, FINNED*  
*TUBE* DENGAN VARIASI 4, 6, 8 *PASSES* UNTUK MENGERINGKAN  
SINGKONG**

**PUBLIKASI ILMIAH**

Oleh :

AZIS FIRMANSYAH

D200130164

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen

Pembimbing



Sartono Putro, Ir., MT.

NIK. 737

**HALAMAN PENGESAHAN**

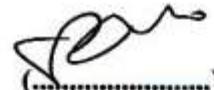
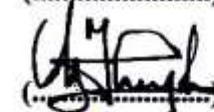
**STUDI EKSPERIMEN PERFORMANSI *HEAT EXCHANGER* TIPE  
*SHELL AND TUBE, CROSS-FLOW AND MULTIPASS MIXED, FINNED*  
*TUBE* DENGAN VARIASI 4, 6, 8 *PASSES* UNTUK MENGERINGKAN  
SINGKONG**

**OLEH**  
**AZIS FIRMANSYAH**  
**D200130164**

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji  
Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada hari Kamis, 26 Juli 2018  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

**Dewan Penguji:**

1. Sartono Putro, Ir., MT.  
(Ketua Dewan Penguji)
2. Agus Hariyanto, Ir., MT.  
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Amin Sulistyanto, ST., MT.  
(Anggota I Dewan Penguji)

  
(.....)  
  
(.....)  
  
(.....)

  
Dekan,  
  
**Ir. Sri Sunarjono, MT., Ph.D.**  
NIK. 682

## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 3 Agustus 2017

Penulis



**AZIS FIRMANSYAH**

**D200130164**

# **STUDI EKSPERIMEN PERFORMANSI *HEAT EXCHANGER* TIPE *SHELL AND TUBE, CROSS-FLOW AND MULTIPASS MIXED, FINNED TUBE* DENGAN VARIASI 4, 6, 8 *PASSES* UNTUK MENGERINGKAN SINGKONG**

## **Abstrak**

Heat exchanger merupakan alat yang berfungsi untuk mengubah temperatur dan fase fluida antara dua fluida dengan memanfaatkan perpindahan kalor dari fluida bersuhu tinggi dengan fluida yang memiliki suhu lebih rendah. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengetahui unjuk kerja dari heat exchanger dengan menggunakan jumlah laluan yang berbeda yaitu 4, 6, 8 laluan dan volume flow rate atau debit fluida dingin yaitu  $0,023 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $0,028 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $0,030 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $0,032 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan menggunakan parameter dari perubahan temperatur fluida dingin, kalor yang diterima fluida dingin, koefisien perpindahan kalor total, efisiensi penyerapan kalor heat exchanger, dan perubahan massa beban pengeringan berupa singkong dengan menggunakan heat exchanger tipe Shell and Tube, Cross-flow Multipass Mixed, Finned Tube. Fluida dingin yang digunakan pada heat exchanger adalah udara yang dihasilkan dari blower dan dialirkan ke pipa-pipa (tube). Didalam heat exchanger fluida dingin mengalami kenaikan temperatur akibat perpindahan panas dari fluida panas yang bersumber dari kompor menggunakan bahan bakar gas LPG 3 kg yang mengalir dari sisi shell. Fluida dingin yang telah menerima kalor tersebut, kemudian mengalir kedalam rotary dryer untuk mengeringkan singkong. Dari studi eksperimen performansi pada heat exchanger ini diperoleh kesimpulan bahwa penambahan jumlah laluan hingga suatu jumlah tertentu, harus diikuti dengan peningkatan volume flow rate fluida dingin untuk mendapatkan perubahan temperatur fluida dingin yang tinggi. Semakin besar volume flow rate dan semakin banyak jumlah laluan mengakibatkan laju perpindahan kalor fluida dingin yang semakin besar pula. Koefisien perpindahan total mengalami penurunan dengan bertambahnya jumlah laluan tetapi akan meningkat seiring dengan meningkatnya volume flow rate fluida dingin. Hasil pengeringan singkong tertinggi diperoleh dengan konfigurasi heat exchanger dengan jumlah laluan 6 dan volume flow rate  $0,023 \text{ m}^3/\text{s}$ . Efisiensi penyerapan kalor akan meningkat seiring dengan meningkatnya volume flow rate dan semakin banyak jumlah laluan yang digunakan.

**Kata kunci** : *heat exchanger, rotary dryer, passes, volume flow rate* , efisiensi.

## **Abstract**

Heat exchanger is an equipment used to move heat between two fluids from high temperature fluid to low temperature fluid. This research goal is to knowing how heat exchanger process using differences pass, that will be 4,6,8 passes and four type volume flow rate, there are  $0,023 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $0,028 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $0,030 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $0,032 \text{ m}^3/\text{s}$  using parameter from changing temperature of cold fluid, the heat that being accept by cold fluid, total heat transfer coefficient, heat exchanger efficiency and change of curing load mass in the form of cassavas using shell and tube type of heat exchanger, cross flow multipass mixed, finned tube. Cold fluid that use in heat exchanger is an air that given by blower and flow to the tubes. Inside the exchanger cold fluid experience increase temperature as a result of heat tranfer from the high tempered fluid from burner that use 3 Kg LPG gas fuel that flow from the other side of shell. Cold fluid that have receive the heat then flow to the rotary dryer to dry up the casava. From performancy experiment study of heat exchanger we have result that if we increase the number of passes up to certain amount must be followed with the increase of volume flow rate of

cold fluid to achieve changing high cold fluid temperature, bigger volume flow rate and more passes cause change of heat rate cold fluid that will be bigger. Total heat transfer coefficient decrease cause of more amount of passed but will be increase by the increase of volume flow rate number of cold fluid. Highest result from drying of cassava achieve by heat exchanger configuration with amount of six passes with 0,023 m<sup>3</sup>/s volume flow rate number. Heat exchanger efficiency will be increase by the increase of volume flow rate number and also more of passes that used.

**Keyword:** heat exchanger, rotary dryer, passes, volume flow rate, efficiency.

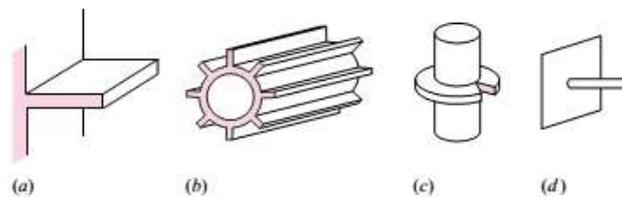
## 1. PENDAHULUAN

Pertanian merupakan sektor yang tidak dapat dipisahkan dari keberlangsungan hidup manusia untuk memenuhi kebutuhan pangan. Berdasarkan hal tersebut kemajuan dalam dunia pertanian mampu menjadi upaya untuk memenuhi kebutuhan pangan dan memajukan sektor ekonomi di Indonesia. Salah satu hasil dari pertanian yang ada di Indonesia adalah singkong. Singkong merupakan tanaman ubi-ubian yang mudah untuk ditanam dan diolah sebagai makanan pengganti nasi maupun mejadi makanan-makanan ringan.

Dari sini usaha kecil dan menengah mulai mengolah singkong menjadi makanan yang dapat bertahan lama agar dapat didistribusikan ke kota-kota yang strategis untuk menunjang angka penjualan. Dalam proses pengolahannya agar menjadi awet singkong harus dikeringkan terlebih dahulu dengan cara pengeringan. Pada umumnya pengeringan dilakukan dengan menggunakan sinar matahari. Metode ini sangat tergantung dengan cuaca. Karena di Indonesia memiliki iklim tropis sehingga memiliki dua musim yaitu musim kemarau dan musim penghujan, hal ini menjadi salah satu kendala yang terjadi disaat musim penghujan yang menyebabkan pengeringan singkong menjadi tidak maksimal dan memerlukan waktu yang cukup lama jika mengandalkan sinar matahari. Sehingga untuk menunjang jumlah produksi yang tetap stabil dimusim penghujan diperlukan sebuah mesin pengering. Diharapkan dengan adanya mesin pengering mampu mengoptimalkan proses pengeringan menjadi lebih cepat dan menjadi solusi dari kendala cuaca.

Heat exchanger merupakan alat penukar kalor (*enthalpy*) antara dua fluida atau lebih. Secara umum heat exchanger adalah alat yang berfungsi untuk mengubah temperatur dan fasa fluid dengan tujuan sebagai alat pemanas atau pendingi. Proses tersebut dilakukan dengan memanfaatkan perpindahan kalor dari fluida bersuhu tinggi dengan fluida bersuhu rendah. Dalam penelitian-penelitian sebelumnya heat exchanger

mengalami perubahan bentuk dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi sesuai dengan fungsi kerjanya. Salah satu tipe yang sering digunakan ialah tipe *shell and tube*. Tipe ini dinilai memiliki banyak keuntungan baik dari segi fabrikasi, biaya, serta unjuk kerjanya. Diharapkan dengan penambahan heat exchanger pada *rotary dryer* dapat mempercepat proses pengeringan menjadi lebih maksimal. Arif Suryanto (2017) telah melakukan penelitian mengenai *heat exchanger* dengan jumlah laluan 4 (*pass*) dengan variasi *mass flow rate* 0,023 kg/s, 0,027 kg/s, 0,030 kg/s, 0,033 kg/s. Dari hasil penelitian tersebut diperoleh hasil perubahan tempertur fluida dingin tertinggi sebesar 92,56 °C. Pada penelitian ini penulis ingin menganalisa *heat exchanger* tipe *shell and tube*, *cross-flow multipass mixed*, *finned tube* dengan menggunakan tiga variasi jumlah laluan (*pass*) yaitu 4, 6, 8 *passes* dan empat *volume flow rate* atau debit ( $\dot{V}_c$ ) yaitu 0,023 m<sup>3</sup>/s; 0,028 m<sup>3</sup>/s; 0,030 m<sup>3</sup>/s; 0,032 m<sup>3</sup>/s untuk mengetahui pengaruh jumlah laluan dengan variasi *volume flow rate* yang terbaik terhadap unjuk kerja *heat exchanger*.



Different types of finned surfaces. (a) Straight fin of rectangular profile on plane wall, (b) straight fin of rectangular profile on circular tube, (c) cylindrical tube with radial fin of rectangular profile, (d) cylindrical-spine or circular-rod fin.

Gambar 3. Berbagai model sirip.

- a. Menentukan luas penampang pipa dengan menggunakan fin :

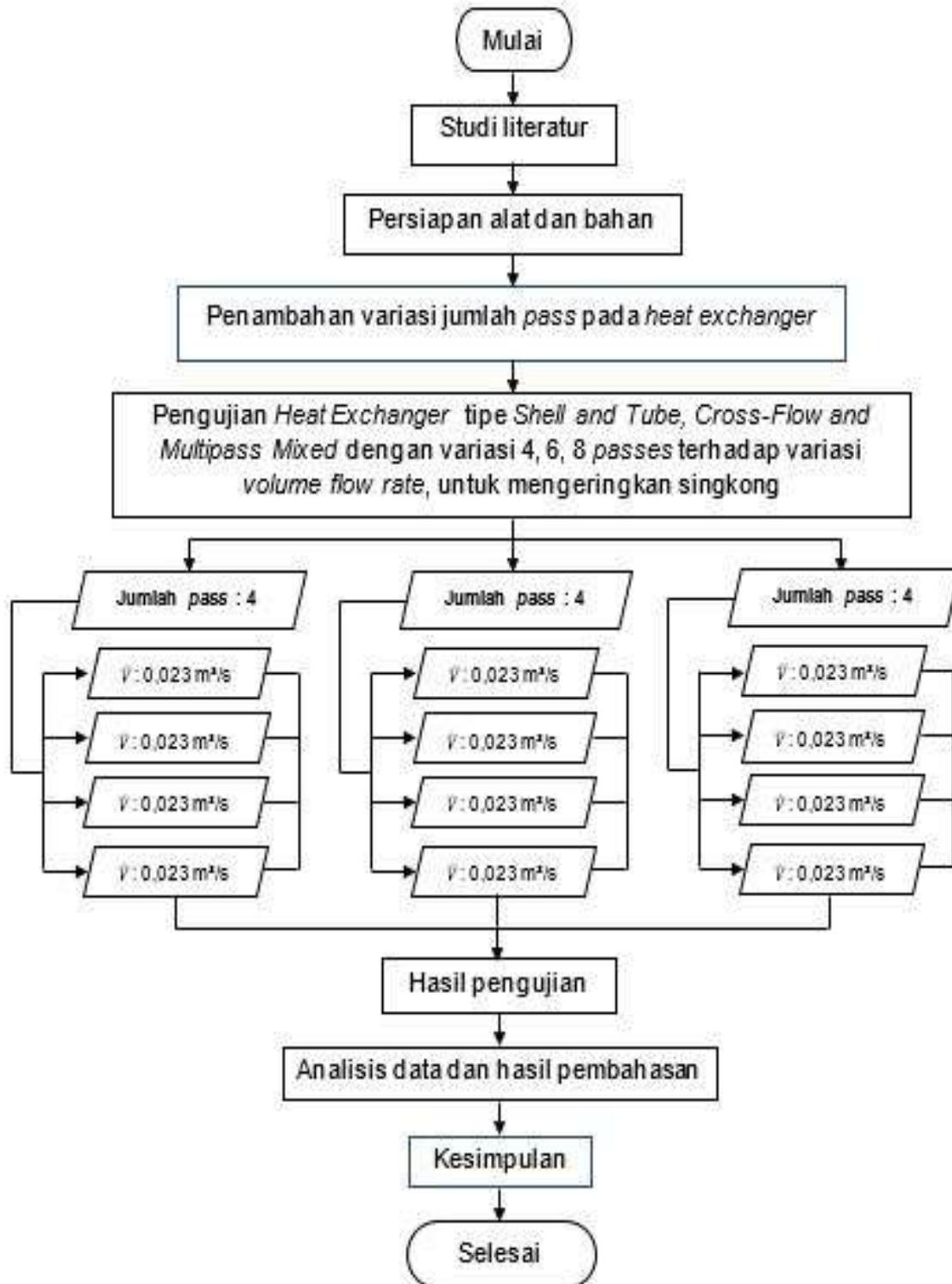
$$A_s = A_{total} = A_{fin} + A_{unfinned}$$

dimana :  $A_{fin}$  = luas sirip

$A_{unfinned}$  = luas pipa tanpa sirip

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

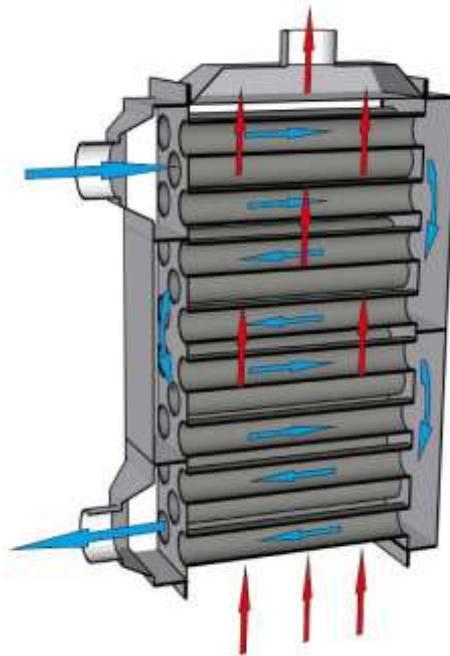
## 2.2 Alat dan Bahan Pengujian

Tabel 1. Alat-alat yang digunakan dalam pengujian

| No. | Alat Pengujian        | Fungsi                              |
|-----|-----------------------|-------------------------------------|
| 1.  | <i>Heat exchanger</i> | Alat penukar kalor yang akan diuji. |
| 2.  | <i>Rotary dryer</i>   | Untuk mengeringkan singkong.        |
| 3.  | Blower                | Sebagai penyuplai udara dingin.     |
| 4.  | Kompor                | Sebagai sumber udara panas.         |

Tabel 2. Alat ukur yang digunakan dalam pengujian

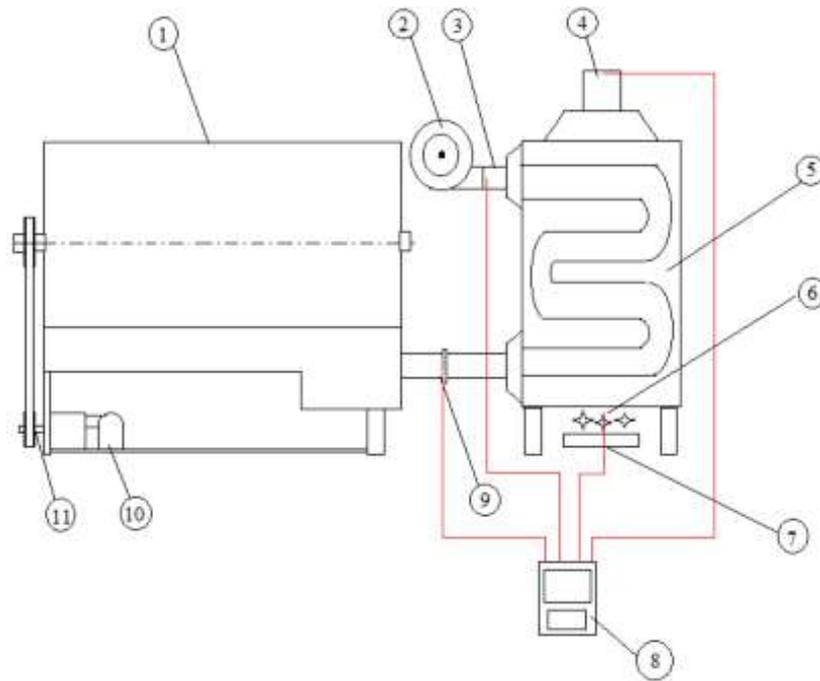
| No. | Alat Ukur    | Fungsi                          |
|-----|--------------|---------------------------------|
| 1.  | Thermocouple | Mengukur temperatur             |
| 2.  | Anemometer   | Mengukur kecepatan aliran udara |
| 3.  | Stopwatch    | Mengukur waktu saat pengujian   |
| 4.  | Timbangan    | Mengukur massa                  |



Gambar 2.. *Heat exchanger cross-flow multipass mixed finned tube.*

Keterangan

-  : Aliran fluida panas
-  : Aliran fluida dingin



Gambar 3. Instalasi Pengujian

Keterangan :

1. *Rotary Dryer*
2. Blower
3. Thermocouple 1 (Tci)
4. Thermocouple 4 (Tho)
5. *Air heater*
6. Thermocouple 3 (Thi)
7. Kompor Gas
8. *Thermoreader*
9. Thermocouple 2 (Tco)
10. Motor listrik
11. Gear reducer

Alat bantu :

- a. Wadah
- b. Sarung tangan
- c. Kunci pass
- d. Pisau
- e. Stop kontak

Bahan :

- a. Udara
- b. Singkong
- c. Gas LPG

### 2.3 Langkah Pengujian

Dalam penelitian ini, pengujian *heat exchanger* dilakukan dengan penambahan variasi jumlah laluan yaitu 4, 6, dan 8 *passes*. Setiap variasi jumlah laluan memiliki masing-masing empat variasi *volume flow rate*, sehingga langkah-langkahnya akan sama dalam pengambilan data per variasi pada 12 kali pengujian. Pengujian dilakukan secara bertahap. Untuk yang pertama dilakukan pengujian pada *heat exchanger* variasi jumlah laluan 4 yang diuji dengan empat variasi *volume flow rate*, mulai dari katub tertutup sempurna, katub terbuka 1/3, katub terbuka 2/3, dan katub terbuka sempurna. Hal yang sama juga dilakukan pada tahap pengujian *heat exchanger* dengan variasi jumlah laluan 6 dan 8 *passes*. Dengan demikian langkah-langkah pengujian akan dijabarkan sebagai berikut :

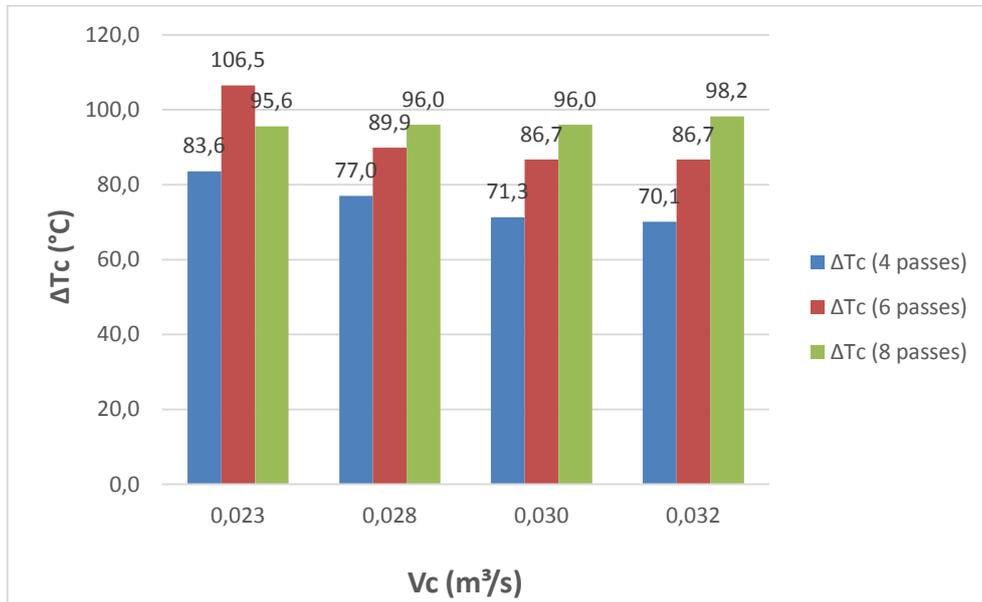
- a. Menyiapkan bahan dan alat, seperti memasang *heat exchanger* dengan *rotary dryer*, memasang LPG dan kompor.
- b. Mengukur kecepatan aliran udara dari blower dengan menggunakan anemometer. Kecepatan aliran udara blower diukur mulai dari katub tertutup sempurna, katub terbuka 1/3, katub terbuka 2/3, hingga katub terbuka sempurna. Kemudian memasang blower pada saluran fluida dingin yang masuk pada *heat exchanger*.
- c. Mengukur putaran pada pully yang memutar *rotary dryer* dengan menggunakan *tachometer*.
- d. Memasang alat ukur seperti *reader thermocouple* dan *thermocouple* pada keempat saluran fluida pada *heat exchanger*.
- e. Melakukan pemanasan awal pada *heat exchanger* sampai temperatur yang ditunjukkan pada alat ukur stabil. Hal ini dilakukan agar pengambilan data pada penelitian dapat memperoleh hasil yang stabil.
- f. Menyiapkan singkong yang akan dikeringkan dengan cara mengupas singkong terlebih dahulu, dan kemudian memotong tipis dan kecil untuk mempermudah pengeringan pada singkong.

- g. Setelah melakukan pemanasan awal, LPG diukur massanya dengan timbangan analog untuk mengetahui perubahan massa dari LPG saat pengujian nanti.
- i. Setelah semua alat siap dan berjalan dengan normal, singkong yang telah dipotong-potong kemudian ditimbang sebanyak 1 kg dengan timbangan digital dan dimasukkan kedalam *rotary dryer*.
- j. Dalam pengujian yang pertama dilakukan pada *heat exchanger* dengan variasi jumlah laluan (*pass*) 4 dan variasi *volume flow rate* sebesar 0,023 m<sup>3</sup>/s yaitu dengan kondisi katub blower tertutup sempurna.
- k. Setelah semua alat dan bahan telah siap, maka menyalakan kompor, kemudian menghidupkan blower dan *rotary dryer*. Proses pengeringan berlangsung selama 30 menit pada setiap variasi *volume flow rate*.
- l. Selama mesin beroperasi, temperatur fluida pada *heat exchanger* dicatat setiap 10 menit sekali.
- m. Setelah 30 menit proses pengujian berlangsung, mematikan semua alat seperti blower, *rotary dryer*, dan kompor secara bersamaan.
- n. Kemudian mengukur massa singkong untuk mendapatkan hasil perubahan massa singkong setelah proses pengeringan dan mengukur massa dari LPG.
- o. Melakukan hal yang sama dari poin e-n untuk pengujian variasi *volume flow rate* 0,028 m<sup>3</sup>/s, 0,030 m<sup>3</sup>/s, 0,032 m<sup>3</sup>/s pada jumlah laluan 4.
- p. Melakukan hal yang sama dari poin a-o untuk pengujian variasi jumlah laluan 6 dan 8 *passes*.

Dari hasil pengukuran kecepatan aliran pada blower dan diameter saluran fluida dingin masuk *heat exchanger* maka didapatkan nilai *volume flow rate* dengan katub blower tertutup sempurna yaitu 0,023 m<sup>3</sup>/s, katub terbuka 1/3 yaitu 0,028 m<sup>3</sup>/s, katub terbuka 2/3 yaitu 0,030 m<sup>3</sup>/s, dan katub terbuka sempurna yaitu 0,032 m<sup>3</sup>/s.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

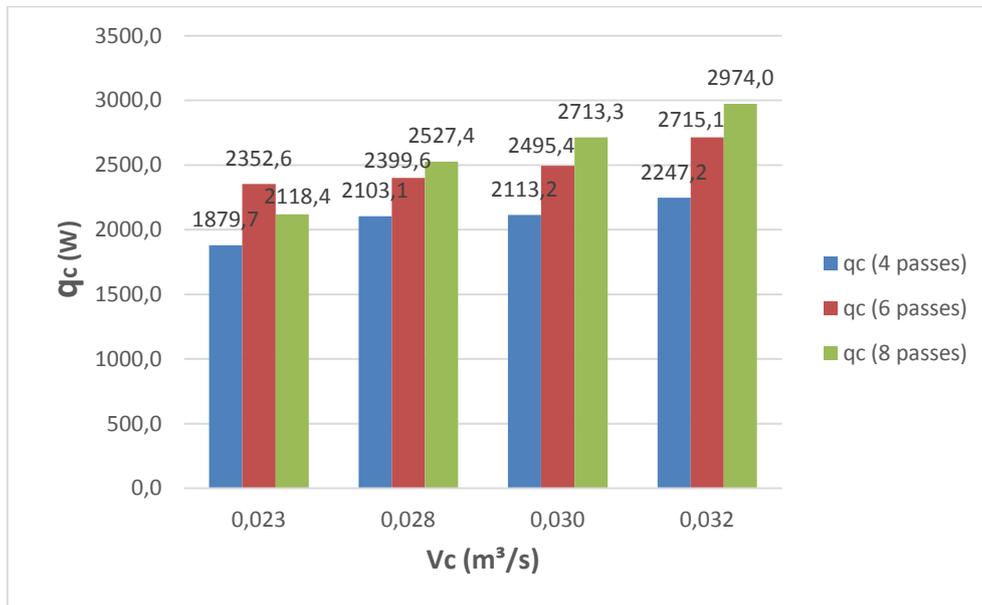
Pengaruh variasi volume flow rate terhadap perubahan temperatur fluida dingin ( $\Delta T_c$ ).



Gambar 4. Pengaruh variasi volume flow rate terhadap perubahan temperatur fluida dingin ( $\Delta T_c$ ).

Berdasarkan diagram diatas menunjukkan karakteristik pada setiap variasi jumlah laluan (passes) dengan variasi volume flow rate yang mempengaruhi perubahan temperatur fluida dingin ( $\Delta T_c$ ), maka diperoleh perubahan temperatur fluida dingin tertinggi pada variasi 6 passes dengan volume flow rate sebesar 0,023 m<sup>3</sup>/s yang memiliki kenaikan suhu sebesar 106,5 °C. Pada variasi jumlah laluan 4 dan 6 passes memiliki karakteristik kerja yang sama terhadap variasi volume flow rate yaitu, perubahan temperatur fluida dingin akan menurun seiring dengan kenaikan volume flow rate fluida dingin. Berdasarkan karakteristik tersebut, penambahan jumlah laluan (passes) dari 4 passes menjadi 6 passes dengan besar volume flow rate yang sama mampu menaikkan temperatur fluida dingin dari 83,6 °C menjadi 106,5 °C. Pada variasi 8 passes, diperoleh kenaikan temperatur fluida dingin tertinggi pada volume flow rate 0,032 m<sup>3</sup>/s dengan kenaikan temperatur sebesar 98,2 °C. Dari grafik diatas menunjukkan pengaruh dari penambahan jumlah laluan menjadi 8 passes menyebabkan rata-rata kenaikan suhu yang lebih tinggi dari variasi 4 dan 6 passes.

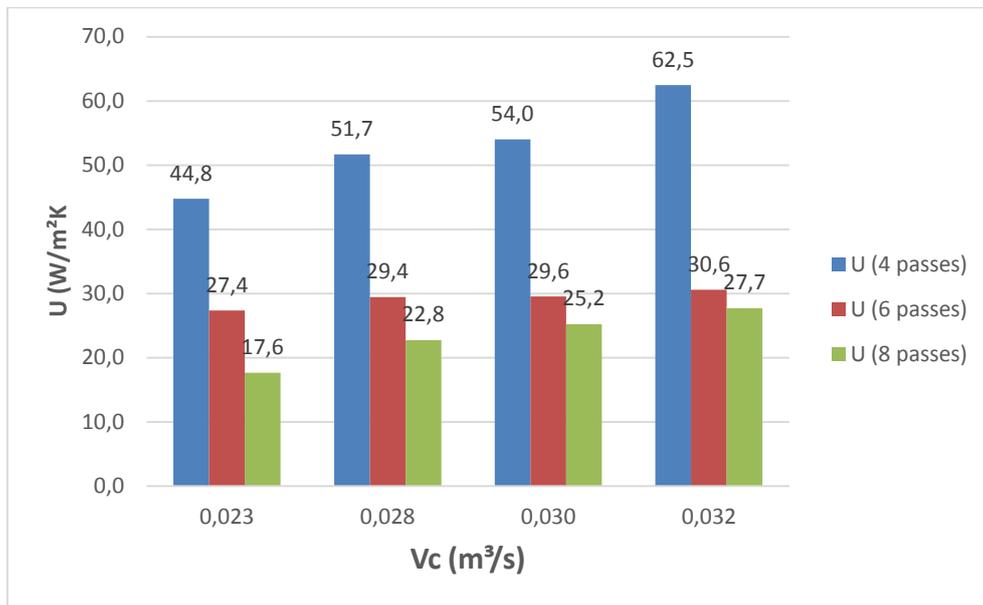
### 3.1 Pengaruh variasi volume flow rate terhadap besar kalor yang diterima fluida dingin ( $q_c$ )



Gambar 5. Pengaruh variasi volume flow rate terhadap besar kalor yang diterima fluida dingin ( $q_c$ ).

Pengaruh dari variasi jumlah laluan (passes) dan volume flow rate fluida dingin ( $\dot{m}_c$ ) terhadap besar kalor yang diterima fluida dingin ( $q_c$ ) yang ditunjukkan dari grafik diatas jika dilihat dari segi variasi jumlah laluan (passes), bahwa nilai kalor yang diterima fluida dingin akan meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah laluan. Hal ini ditunjukkan dari grafik diatas berdasarkan nilai tertinggi kalor yang diterima fluida dingin pada variasi jumlah laluan 8 passes, dengan nilai kalor fluida dingin ( $q_c$ ) sebesar 2974,0 W. Jika dilihat dari segi variasi volume flow rate pada masing-masing variasi jumlah laluan, maka nilai kalor yang diterima fluida dingin akan meningkat dengan meningkatnya volume flow rate fluida dingin yang ditunjukkan dengan kenaikan nilai kalor tertinggi pada variasi volume flow rate 0,032 m³/s dengan nilai kalor yang diterima fluida dingin ( $q_c$ ) sebesar 2247,2 W; 2715,1 W; 2974,0 W. Dalam penelitian ini, ditemukan faktor lain yang dapat mempengaruhi besarnya nilai kalor yang diterima oleh fluida dingin. Faktor tersebut adalah besarnya perubahan kenaikan temperatur fluida dingin ( $\Delta T_c$ ) Seperti ditunjukkan pada grafik untuk variasi volume flow rate 0,023 m³/s, jumlah laluan 6 pass memiliki nilai kalor sebesar 2352,6 W yang lebih tinggi dari variasi 4 dan 8 pass yang hanya memiliki nilai kalor sebesar 1879,7 W dan 2118,4 W.

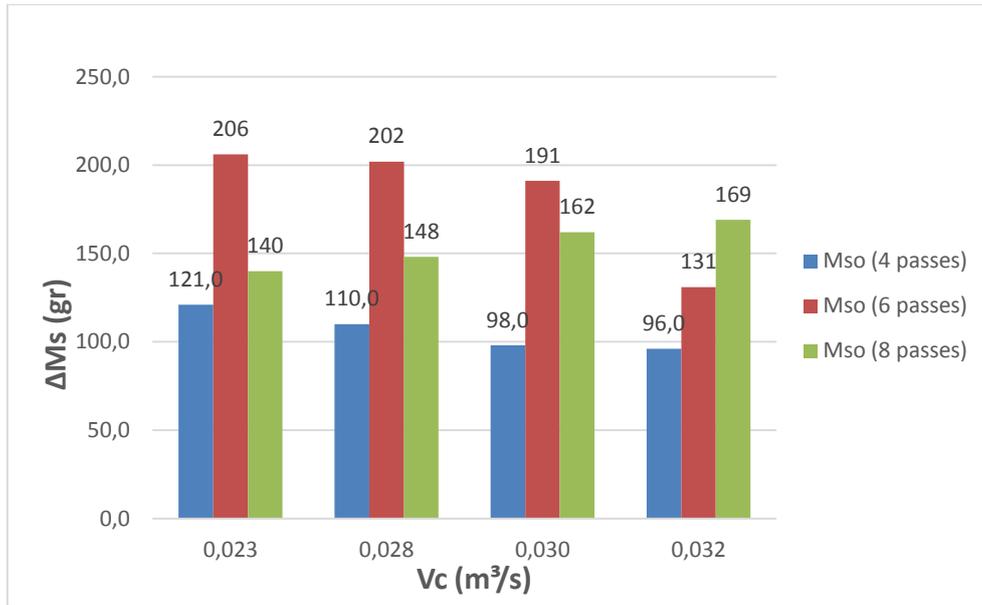
### 3.2 Pengaruh variasi volume flow rate terhadap koefisien perpindahan kalor total (U).



Gambar 6. Pengaruh variasi volume flow rate terhadap koefisien perpindahan kalor total (U)

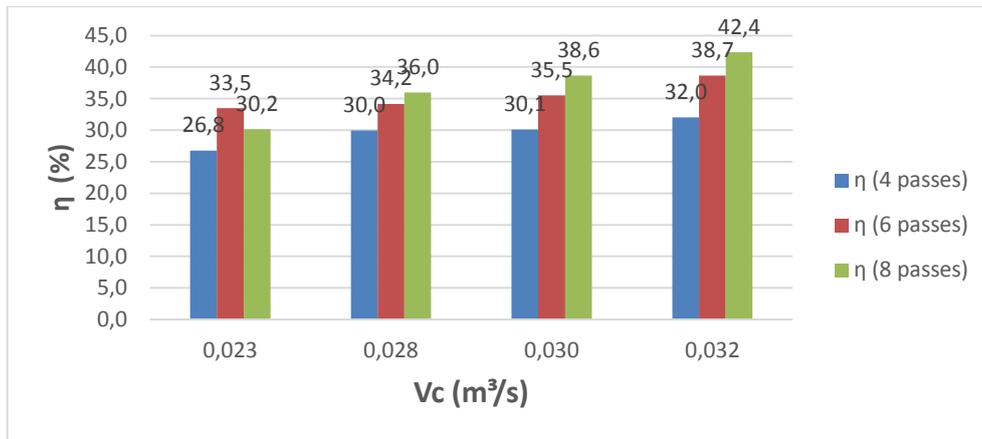
Jika ditinjau dari segi besar variasi volume flow rate pada diagram diatas, koefisien perpindahan kalor total (U) meningkat seiring dengan semakin besarnya volume flow rate fluida dingin. Nilai tertinggi koefisien perpindahan kalor total (U) untuk ketiga variasi jumlah laluan yaitu 4, 6, dan 8 diperoleh pada volume flow rate sebesar 0,032 m³/s dengan besar koefien perpindahan kalor 27,7 W/m²K; 30,6 W/m²K; dan 62,5 W/m²K. Bila ditinjau dari segi variasi penambahan jumlah laluan maka, koefisien perpindahan kalor total (U) akan menurun seiring dengan jumlah laluan yang semakin bertambah. Berdasarkan grafik diatas nilai rata-rata koefisien perpindahan kalor tertinggi, terdapat pada variasi jumlah laluan yang terkecil yaitu pada variasi 4 passes. Sehingga berdasarkan grafik diatas, pengaruh variasi jumlah laluan (passes) dan variasi volume flow rate terhadap koefisien perpindahan kalor total (U) mencapai titik puncak tertinggi pada heat exchanger dengan menggunakan variasi jumlah laluan 4 pass dengan besar volume flow rate 0,032 m³/s yang memiliki nilai koefisin perpindahan kalor total (U) sebesar 62,5 W/m²K.

### 3.3 Pengaruh variasi volume flow rate terhadap perubahan masa singkong ( $\Delta Ms$ )



Gambar 7. Pengaruh variasi volume flow rate terhadap perubahan masa singkong ( $\Delta Ms$ ) Berdasarkan grafik diatas, pada variasi jumlah laluan 4 dan 6 passes memiliki nilai tertinggi pada variasi volume flow rate terkecil yaitu 0,023 m<sup>3</sup>/s dengan nilai perubahan masa singkong sebesar 121 gr dan 206 gr. Dari variasi jumlah laluan 4 dan 6, grafik perubahan masa singkong menunjukkan penurunan seiring dengan bertambahnya volume flow rate. Dan untuk variasi jumlah laluan 8 passes, menunjukkan nilai tertinggi perubahan masa singkong pada variasi mass flow rate 0,032 m<sup>3</sup>/s dengan perubahan masa singkong sebesar 169 gr. Pada variasi 8 passes ini nilai perubahan masa singkong mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan volume flow rate fluida dingin. Sehingga dapat diketahui bahwa penambahan jumlah laluan membutuhkan volume flow rate yang semakin tinggi juga untuk meningkatkan proses pengeringan singkong. Maka berdasarkan grafik pengaruh variasi jumlah laluan dan volume flow rate terhadap perubahan masa singkong secara keseluruhan, memiliki nilai tertinggi perubahan masa singkong sebesar 206 gr pada variasi jumlah laluan 6 passes dengan besar volume flow rate 0,023 m<sup>3</sup>/s.

### 3.4 Pengaruh variasi volume flow rate terhadap efisiensi heat exchanger ( $\eta$ )



Gambar 8. Pengaruh variasi volume flow rate terhadap efisiensi heat exchanger ( $\eta$ )

Efisiensi kalor yang mampu diserap heat exchanger pada grafik diatas menunjukkan peningkatan seiring dengan bertambahnya jumlah laluan dan meningkatnya volume flow rate. Pada penelitian ini efisiensi penyerapan kalor tertinggi sebesar 42,4 % yang diperoleh dari heat exchanger dengan variasi jumlah laluan 8 passes dengan volume flow rate sebesar 0,032 m³/s. Dari grafik diatas, ditemukan karakteristik dari heat exchanger pada variasi volume flow rate 0,023 m³/s dengan jumlah laluan 6 passes yang memiliki tingkat efisiensi yang lebih tinggi dari variasi 4 dan 8 passes yaitu sebesar 33,5 %. Hal ini terjadi berdasarkan pengaruh dari nilai kalor yang diterima fluida dingin ( $q_c$ ) pada variasi volume flow rate 0,023 m³/s dengan jumlah laluan 6 passes yang lebih tinggi dari pada jumlah laluan 4 dan 8 passes.

## 4. PENUTUP

### 4.1 Kesimpulan

- 1) *Heat exchanger* yang menggunakan variasi 3 dan 4 *passes* menunjukkan bahwa, semakin besarnya *volume flow rate* fluida dingin ( $\dot{V}_c$ ) maka perubahan temperatur fluida dingin ( $\Delta T_c$ ) akan semakin menurun. Dengan nilai optimum perubahan temperatur fluida dingin sebesar 83,6 °C dan 106,5 °C yang terdapat pada variasi *volume flow rate* 0,023 m³/s. Sedangkan *heat exchanger* yang menggunakan variasi 8 *passes* menunjukkan bahwa, semakin besarnya *volume flow rate* fluida dingin ( $\dot{V}_c$ ) maka perubahan temperatur fluida dingin ( $\Delta T_c$ ) akan semakin meningkat. Dengan

nilai optimum perubahan temperatur fluida dingin sebesar 98,2 °C pada volume flow rate 0,032 m<sup>3</sup>/s.

- 2) *Heat exchanger* dengan menggunakan 3, 4, 8 *passes* memiliki pengaruh variasi *volume flow rate* fluida dingin ( $\dot{V}_c$ ) terhadap laju perpindahan kalor fluida dingin ( $q_c$ ) yang sama yaitu, semakin besarnya nilai *volume flow rate* fluida dingin ( $\dot{V}_c$ ) maka perpindahan kalor fluida dingin ( $q_c$ ) akan semakin besar juga. Sehingga didapatkan nilai optimum laju perpindahan kalor sebesar 2247,2 W, 2715,1 W, 2974,0 W pada volume flow rate sebesar 0,032 m/s.
- 3) Pengaruh variasi *volume flow rate* ( $\dot{V}_c$ ) terhadap koefisien perpindahan kalor total ( $U$ ) pada *heat exchanger* dengan menggunakan 4, 6, dan 8 *passes* memiliki pengaruh yang sama yaitu, semakin besar *volume flow rate* fluida dingin ( $\dot{V}_c$ ) maka koefisien perpindahan kalor total ( $U$ ) akan semakin besar. Sehingga dari penelitian ini diperoleh nilai optimum koefisien perpindahan kalor total ( $U$ ) sebesar 62,5 W/m<sup>2</sup>K, 30,6 W/m<sup>2</sup>K, 27,7 W/m<sup>2</sup>K pada *volume flow rate* 0,032 m<sup>3</sup>/s.
- 4) Pengaruh variasi *volume flow rate* ( $\dot{V}_c$ ) terhadap perubahan massa singkong ( $\Delta M_s$ ) pada *heat exchanger* dengan menggunakan 4 dan 6 *passes* menunjukkan bahwa, semakin besar *volume flow rate* fluida dingin ( $\dot{V}_c$ ) maka perubahan massa singkong ( $\Delta M_s$ ) akan semakin menurun. Dengan nilai optimum perubahan massa singkong sebesar 121,0 gr dan 206 gr pada *volume flow rate* ( $\dot{V}_c$ ) sebesar 0,023 m<sup>3</sup>/s. *Heat exchanger* menggunakan 8 *passes* didapatkan hasil bahwa, semakin besarnya *volume flow rate* fluida dingin ( $\dot{V}_c$ ) maka perubahan massa singkong ( $\Delta M_s$ ) akan semakin besar. Dengan nilai optimum perubahan massa singkong ( $\Delta M_s$ ) sebesar 169 gr pada *volume flow rate* sebesar 0,032 m<sup>3</sup>/s.
- 5) Pengaruh variasi *volume flow rate* ( $\dot{V}_c$ ) terhadap efisiensi penyerapan kalor *heat exchanger* ( $\eta$ ) dengan menggunakan 4, 6, dan 8 *passes* memiliki pengaruh yang sama yaitu, semakin besar *volume flow rate* fluida dingin ( $\dot{V}_c$ ) maka efisiensi penyerapan kalor ( $\eta$ ) akan semakin meningkat. Dengan nilai optimum efisiensi penyerapan kalor ( $\eta$ ) sebesar 32,0 %, 38,7 %, 42,4 % pada *volume flow rate* sebesar 0,032 m<sup>3</sup>/s.

## 4.2 Saran

- 1) Untuk mengetahui pengaruh yang lebih spesifik terhadap hasil pengeringan singkong, maka dalam penelitian selanjutnya dapat diperluas dengan menganalisa proses transfer panas pada *rotary dryer* dengan parameter kadar air pada singkong.
- 2) Meningkatkan *volume flow rate* atau debit fluida dingin untuk mengetahui hasil penyerapan kalor pada *heat exchanger* variasi 8 *passes* dengan menggunakan blower dengan kapasitas kerja yang lebih besar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Barun, Eko R. A. (2007). "*Analisis Performansi pada Heat Exchanger Jenis Shell and Tube Tipe BEM dengan menggunakan Perubahan Laju Aliran Massa Fluida Panas (Mh)*". *SINTEK JURNAL*, Vol. 01, No. 1.
- Budi, Dona S. (2017). "*Rancang Bangun Heat Exchanger Tube Fin Tiga Pass Shell untuk Mesin Pengering Empon-Empon*". *Skripsi*. Surakarta : Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Cengel, Yunus A. (2004). "*Heat Transfer : A Practical Approach*". Edisi 2. New York : McGraw-Hill.
- Handoyo, Ekadewi A. (2000). "*Pengaruh Kecepatan Aliran Terhadap Efektivitas Shell-and-Tube Heat Exchanger*". *Jurnal Teknik Mesin*, Vol. 2 No. 2, Oktober 2000 : 86–90.
- Wijanarko, Yusuf. (2017). "*Rancang Bangun dan Pengujian Heat Exchanger Cross Flow Mixed, Finned Tube Four Pass, untuk Mengeringkan Empon-Empon dengan Variasi Mass Flow rate*". *Skripsi*. Surakarta : Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.