

## Studi Eksperimen Pengaruh Kecepatan Aliran terhadap Performa *Double Pipe Heat Exchanger*

Alvin Christian Elby<sup>1</sup>, Rif'ah Amalia<sup>2</sup>, Arrad Ghani Safitra<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi D4 Teknik Sistem Pembangkit Energi, Departemen Teknik Mekanika dan Energi,  
Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Email : [alvinelby@gmail.com](mailto:alvinelby@gmail.com)

Diterima (Agustus, 2019), direvisi (Agustus, 2019), diterbitkan (September, 2019)

---

### Abstract

*Heat Exchanger is a device used to transfer thermal energy between two or more fluids, or between solid surface and fluids, with different temperature. One of low capacity heat exchanger known in Industry is the double pipe heat exchanger. This heat exchanger usually consists of two concentric pipes with plain or finned inner pipe. Because of its low capacity, the performance of double pipe heat exchanger needs to be improved to achieve optimal operating condition. This research contains an experimental study of optimizing double pipe heat exchanger's performance by varying the Reynolds number which is reviewed from the value of Nusselt number (Nu) and friction factor (f). The double pipe heat exchanger is tested with 2500, 3500, 4500, 5500, and 6500 Reynolds number value with 20°C of cold fluid flows through the inner pipe, and 40°C of hot fluid flows through the annulus pipe. The fluids flow with counter-flow condition. Based from the experimental results, it is known that by the increasing of Reynolds number, the Nusselt number increased by 2.14 times, and the friction factor decreased by 1.13 times from Reynolds number of 2500 to Reynolds number of 6500. The optimal Reynolds number resulted in Reynolds number of 3900 with Nusselt number of 32.41 and friction factor of 0.0491.*

**Keyword** : *double pipe heat exchanger; nusselt number; friction factor; performance*

### 1. PENDAHULUAN

*Heat exchanger* (HE) merupakan alat yang digunakan untuk memindahkan energi termal (entalpi) antara dua atau lebih fluida, atau antara permukaan padat dan fluida, dengan temperatur yang berbeda [1]. *Double pipe heat exchanger* (DPHE) adalah salah satu jenis HE yang banyak dipakai untuk aplikasi berkapasitas kecil. HE ini biasanya terdiri dari dua pipa *concentric* dengan pipa bagian dalam polos atau ber-*fin*. Satu fluida mengalir pada pipa bagian dalam dan fluida lain mengalir pada pipa *annulus* di antara pipa dalam kondisi *counter-flow* untuk performa tertinggi yang ideal untuk luas area permukaan yang diberikan. DPHE juga merupakan salah satu HE yang paling sederhana. Konfigurasi DPHE cocok untuk fluida bertekanan tinggi baik pada satu sisi saja maupun dua sisi [2].

Performa DPHE dipengaruhi oleh beberapa parameter, salah satunya adalah *Nu* dan *f*. *Nu* (*Nusselt Number*) adalah bilangan tidak berdimensi yang merepresentasikan perpindahan panas konveksi yang terjadi pada suatu permukaan. Sedangkan *f* (*friction factor*) adalah bilangan tak berdimensi yang merupakan fungsi dari *Re* (*Reynolds*

*number*) dan kekasaran relatif pipa. Dengan mengetahui performa DPHE ini, maka akan didapatkan kondisi optimal dalam pengoperasian DPHE, yang dalam hal ini adalah laju massa fluida kerja yang direpresentasikan dengan  $Re$  (*Reynolds Number*) [3].

K. Vijaya Kumar, dkk. melakukan penelitian untuk meningkatkan perpindahan panas pada *double pipe heat exchanger* dengan menggunakan fluida nano dan variasi laju alir massa. Hasilnya, semakin besar laju alir massa, maka nilai perpindahan panas yang dikarakteristikan dengan  $Nu$  (*Nusselt number*) juga semakin besar [4].

L. Syam Sundar, dkk. melakukan penelitian untuk menguji karakteristik perpindahan panas dan efektivitas pada penukar kalor pipa ganda dengan return bend dan menyimpulkan bahwa seiring dengan meningkatnya  $Re$  (*Reynolds Number*), maka  $Nu$  (*Nusselt Number*) meningkat dan  $f$  (*friction factor*) menurun [5].

M. Hussein Bahmani, dkk. yang meneliti tentang perpindahan panas dengan aliran turbulen pada DPHE, menyimpulkan bahwa semakin besar  $Re$  (*Reynolds number*), semakin besar pula nilai  $Nu$  (*Nusselt number*) dan  $f$  (*friction factor*) menurun [6].

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan mengkaji tentang optimalisasi performa DPHE terhadap perubahan  $Re$  (*Reynolds number*). Apabila telah ditemukan  $Re$  yang optimal, maka DPHE dapat dioperasikan dengan laju massa yang optimal pula.

## 2. MATERI DAN METODE

*Double pipe heat exchanger* (DPHE) adalah salah satu jenis HE yang banyak dipakai untuk aplikasi berkapasitas kecil. HE ini biasanya terdiri dari dua pipa *concentric* dengan pipa bagian dalam polos atau ber-*fin*. Satu fluida mengalir pada pipa bagian dalam dan fluida lain mengalir pada pipa *annulus* di antara pipa dalam kondisi *counter-flow* untuk performa tertinggi yang ideal untuk luas area permukaan yang diberikan. DPHE juga merupakan salah satu HE yang paling sederhana. Konfigurasi DPHE cocok untuk fluida bertekanan tinggi baik pada satu sisi saja maupun dua sisi [1].

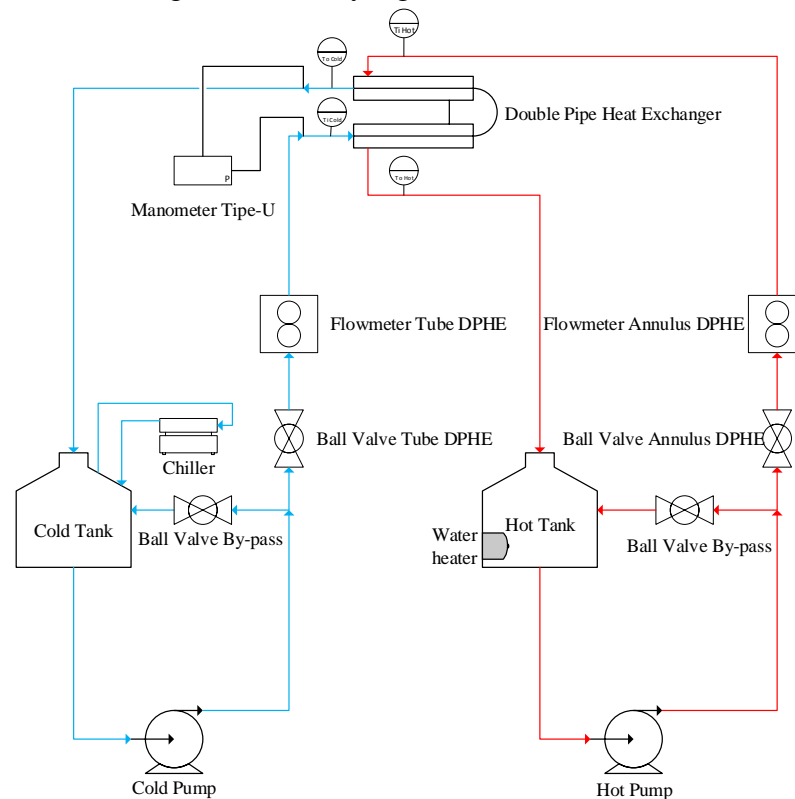
Performa DPHE dipengaruhi oleh beberapa parameter, salah satunya adalah  $Nu$  dan  $f$ .  $Nu$  (*Nusselt Number*) adalah bilangan tidak berdimensi yang merepresentasikan perpindahan panas konveksi yang terjadi pada suatu permukaan. Sedangkan  $f$  (*friction factor*) adalah bilangan tak berdimensi yang merupakan fungsi dari  $Re$  (*Reynolds number*) dan kekasaran relatif pipa [2].

Adapun spesifikasi DPHE yang digunakan adalah sebagai berikut, dimensi inner pipe berbentuk silinder-*hairpin* dengan diameter luar (OD) 25,40 mm, dan diameter dalam (ID) 21,40 mm, panjang tiap sisi *inner pipe* 750 mm, dan radius dalam *return bend* 87,30 mm. Dimensi *annulus pipe* berbentuk silinder dengan diameter luar (OD) 31,75 mm, dan diameter dalam (ID) 27,75 mm, dan panjang 700 mm. Material *inner pipe* dan *annulus pipe* adalah *Stainless Steel* AISI 304.

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan nilai  $Re$  2500, 3500, 4500, 5500, dan 6500 dengan mengalirkan fluida dingin bertemperatur 20°C ke dalam *inner pipe* dan fluida panas bertemperatur 40°C ke dalam *annulus pipe*. Penelitian dilakukan di Laboratorium Thermal Program Studi D4 Teknik Sistem Pembangkit Energi

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya. Adapun prosedur penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan modul uji.
2. Menyalakan modul uji dan menunggu temperatur fluida hingga mencapai *set point* yang telah ditentukan.
3. Mengatur debit fluida panas dan dingin sesuai dengan variasi *Re* (*Reynolds number*) yang digunakan dengan menggunakan *valve*.
4. Mencatat data temperatur masuk dan keluar *inner pipe* ( $T_{c,i}$  &  $T_{c,o}$ ) dan temperatur masuk dan keluar *annulus pipe* ( $T_{h,i}$  &  $T_{h,o}$ ).
5. Mengolah dan menganalisis data yang telah diambil.



**Gambar 1. Process Flow Diagram sistem pengujian double pipe heat exchanger**

Terdapat beberapa propertie yang perlu dicari terlebih dahulu sebelum mengolah data, yaitu, densitas fluida ( $\rho$ ), *heat capacity* ( $C_p$ ), viskositas fluida ( $\mu$ ), konduktivitas termal ( $k$ ), dan *Prandtl number* ( $Pr$ ) yang diambil sesuai dengan temperatur rata – rata *inlet* dan *outlet inner pipe*.

Nilai *Re* (*Reynolds number*) untuk *inner pipe* dan *annulus pipe* bisa dihitung menggunakan persamaan (1) [2].

$$Re = \frac{\rho v d}{\mu} \quad (1)$$

$Nu$  (*Nusselt number*) dan  $f$  (*friction factor*) dapat dihitung menggunakan persamaan (2) dan (3) [2]:

$$Nu_c = \frac{h_i d_i}{k_c} \quad (2)$$

$$f = \frac{\Delta P}{\left(\frac{l_i}{D_i}\right)\left(\frac{\rho V^2}{2}\right)} \quad (3)$$

Keterangan:

$C_p$  = densitas fluida ( $\text{kg/m}^3$ )

$C_v$  = kecepatan fluida (m/s)

$C_d$  = diameter penampang (m)

$c_\mu$  = viskositas dinamik fluida ( $\text{N.s/m}^2$ )

$ch$  = koefisien perpindahan panas ( $\text{W/m.K}$ )

$k$  = konduktivitas termal ( $\text{W/m}^2\text{K}$ )

$\Delta P$  = *pressure drop*,  $\Delta P = \rho \cdot g \cdot \Delta h$  (Pa)

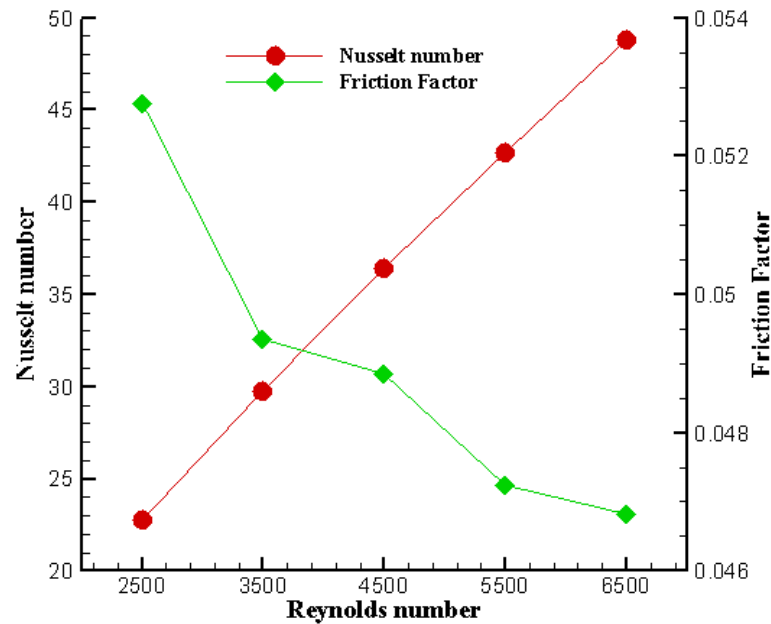
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut merupakan hasil data dari pengujian DPHE dengan variasi  $Re$ . Variabel – variabel yang terdapat pada proses pengujian antara lain  $Re$ , temperatur fluida dingin masuk DPHE ( $T_{c,i}$ ), temperatur fluida panas masuk DPHE ( $T_{h,i}$ ), temperatur fluida dingin keluar DPHE ( $T_{c,o}$ ), dan temperatur fluida panas keluar DPHE ( $T_{h,o}$ ). Hasil data eksperimen yang telah diolah disajikan dalam bentuk tabel pada Tabel 1 dan dalam bentuk grafik pada Gambar 2.

**Tabel 1. Hasil pengolahan data eksperimen**

<b>Re</b>	<b>Nu</b>	<b>f</b>
2500	22.75	0.052
3500	29.76	0.049
4500	36.38	0.048
5500	42.71	0.047
6500	48.80	0.046

Gambar 2 menunjukkan bahwa seiring meningkatnya nilai  $Re$  (*Reynolds number*), maka nilai  $Nu$  (*Nusselt number*) mengalami peningkatan, sedangkan  $f$  (*friction factor*) mengalami penurunan. Nilai  $Nu$  terendah dan tertinggi adalah 22.75 dan 48.8, sedangkan nilai  $f$  terendah dan tertinggi adalah 0.046 dan 0.052. Nilai  $Nu$  dipengaruhi oleh koefisien perpindahan panas sisi *inner pipe*, yang mana nilainya berbanding lurus. Dengan meningkatnya nilai koefisien perpindahan panas tersebut, maka nilai  $Nu$  juga mengalami peningkatan. Sedangkan nilai  $f$  dipengaruhi oleh  $Re$  (*Reynolds number*) yang mana nilainya berbanding terbalik. Dengan meningkatnya nilai  $Re$  ini, maka nilai  $f$  mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan semakin cepat aliran, maka semakin kecil gesekan yang terjadi antara fluida dengan dinding pipa. Selain itu, Gambar 2 juga menunjukkan variasi nilai  $Re$  yang mendekati optimal jika ditinjau dari nilai  $Nu$  dan  $f$  yaitu sebesar 3900, dengan nilai  $Nu$  dan  $f$  sebesar 32.41 dan 0.0491.



Gambar 2. Grafik hubungan  $Re$  terhadap  $Nu$  dan  $f$

#### 4. KESIMPULAN

Peningkatan nilai  $Re$  (*Reynolds number*) menyebabkan adanya peningkatan pada nilai  $Nu$  (*Nusselt number*) dan penurunan pada nilai  $f$  (*friction factor*). Pada  $Re$  2500 – 6500, nilai  $Nu$  mengalami peningkatan sebanyak 2,14 kali dari 22,75 menjadi 48,8 dan nilai  $f$  (*friction factor*) mengalami penurunan sebanyak 1,13 kali dari 0,052 menjadi 0,046. Variasi nilai  $Re$  (*Reynolds number*) yang optimal yaitu sebesar 3900 dengan nilai  $Nu$  dan  $f$  sebesar 32,41 dan 0,0491.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Shah, R. K., Sekulic, D. P. (2003). *Fundamentals of Heat Exchanger Design*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- [2] Kakac, S., Liu, H. (2002). *Heat Exchanger Selection, Rating and Thermal Design*. 2nd ed. Florida: CRC Press LLC.
- [3] Serth, R. W. (2007). *Process Heat Transfer Principles and Applications*. UK: Elsevier Ltd.
- [4] Reddy, K. V. K., Somanchi, N. S., Devi, R. S. R., Gugulothu, R., Kumar, B. S. P. (2015). *Heat transfer enhancement in a double pipe heat exchanger using nano fluids*. Proceeding of the 17<sup>th</sup> ISME Conference.
- [5] Sundar, L. S., Bhramara, P., Kumar, N. T. R., Singh, M. K., Sousa, A. C. M. (2017). *Experimental heat transfer, friction factor and effectiveness analysis of  $Fe_3O_4$  nanofluid flow in a horizontal plain tube with return bend and wire coil inserts*. Int. J. of Heat and Mass Transfer 109 pp. 440 – 453.



- [6] Bahmani, M. H., Sheikhzadeh, G., Zarringalam, M., Akbari, O. A., Alrashed, A. A. A., Shabani, G. A. S., Goodarzi, M. (2017). *Investigation of turbulent heat transfer and nanofluid flow in a double pipe heat exchanger*. Journal of Advanced Powder Technology.