

PERBANDINGAN KARAKTERISTIK SIRIP SIRKULER DAN REKTANGULER PADA PENUKAR PANAS ALIRAN SILANG

Iskandar R.^[1]

[1] Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Andalas
Kampus Unand Limau Manis, Padang
Telp. (0751) 72586, Fax (0751) 72586
e-mail : iskandar@ft.unand.ac.id

Abstract

Heat Exchanger is a kind of device used to exchange heat between two fluids that are at different temperature and separated by a solid wall. Applications of the heat exchanger may be found in space heating and air-conditioning, power production, waste heat recovery, and chemical processing. One of heat exchanger developments is adding fins to surface exposed to either or both fluids. Many different fins have been developed dealing with its configuration, profile, size and surface area. Therefore, it is needed experimental investigation to evaluate adding circular and rectangular fin on cross flow heat exchanger. Because of a configuration difference, results of research show that heat transfer for circular fin heat exchanger can increase compared to rectangular heat exchanger with identical surface area total. From the research have been done in some mass flow rates of fluid, the difference of circular fin heat transfer with rectangular fin is about 12,6 Watt. And pressure drop increases in 4,1 Pa if it is compared with rectangular fin heat exchanger.

Keyword : heat exchanger, fins, compact heat exchanger, extended surface

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Sirip merupakan salah satu komponen perpindahan panas yang digunakan sebagai alat untuk pembuangan panas atau penghamburan panas dengan permukaan yang diperluas. Dengan banyaknya jenis sirip yang bervariasi baik bentuk, profil atau penampangnya, maupun ukurannya maka muncullah penukar panas menggunakan sirip dengan jenis yang bervariasi sesuai dengan kebutuhan alat penukar panas itu sendiri.

Adapun tiap-tiap jenis sirip yang berbeda mempunyai karakteristik yang berbeda pula sehingga efektivitas dalam pembuangan panas setiap jenis sirip juga berbeda. Di antara jenis sirip yang banyak digunakan pada penukar panas adalah sirip rektanguler dan sirip sirkuler.

1.2. Tujuan

Tujuan yang hendak dicapai pada penelitian ini adalah mendapatkan karakteristik penukar panas aliran silang dengan menggunakan sirip rektanguler dan sirip sirkuler, seperti perpindahan panas, efektivitas dan penurunan tekanan.

1.3. Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi hanya pada penukar panas aliran silang dengan luas permukaan sirip keseluruhan sama untuk sirkuler maupun rektanguler dan fluida kerja adalah udara pada bagian yang bersirip.

2. Teori Dasar

2.1. Efektivitas

Efektivitas (ε) didefinisikan sebagai perbandingan antara perpindahan panas aktual dengan perpindahan panas maksimum yang mungkin terjadi. Perpindahan panas aktual dapat dihitung dari energi yang dilepaskan oleh fluida panas atau energi yang

didapatkan oleh fluida dingin.

Untuk penukar panas aliran silang, perpindahan panas aktual dapat dihitung dengan rumus :

$$q = \dot{m}_h \cdot c_{p,h} (T_{h,i} - T_{h,o}) \quad (1)$$

$$q = \dot{m}_c \cdot c_{p,c} (T_{c,o} - T_{c,i}) \quad (2)$$

dengan \dot{m}_h dan \dot{m}_c adalah laju aliran massa fluida panas dan dingin, $c_{p,h}$ dan $c_{p,c}$ adalah kapasitas panas fluida panas dan dingin.

Sedangkan untuk menentukan perpindahan panas maksimum bagi penukar panas itu, harus dipahami bahwa nilai maksimum akan didapat bila salah satu fluida mengalami perubahan temperatur sebesar beda temperatur maksimum yang terdapat dalam penukar panas itu, yaitu selisih antara temperatur masuk fluida panas ($T_{h,i}$) dan fluida dingin ($T_{c,i}$). Fluida yang mungkin mengalami beda temperatur maksimum ini

ialah fluida yang mempunyai nilai $\dot{m} \cdot c_p$ nya minimum, karena neraca energi mensyaratkan bahwa energi yang diterima oleh fluida yang satu harus sama dengan energi yang dilepas oleh fluida yang satu lagi. Jadi, perpindahan panas maksimum yang mungkin terjadi dapat ditulis :

$$q_{\max} = \left(\dot{m} \cdot c_p \right)_{\min} (T_{h,i} - T_{c,i}) \quad (3)$$

Akhirnya, efektivitas penukar panas dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\varepsilon = \frac{q}{q_{\max}} \quad (4)$$

2.2. Bilangan Reynolds

Bilangan Reynolds merupakan suatu besaran tak berdimensi yang dipakai untuk menentukan kondisi aliran. Dengan bilangan Reynolds tersebut suatu aliran dapat diidentifikasi sebagai aliran laminar atau turbulen. Bilangan Reynolds didefinisikan sebagai :

$$Re = \frac{\rho \cdot V_{\max} \cdot Dh}{\mu} \quad (5)$$

dimana D_h adalah diameter hidrolis, yaitu suatu besaran diameter yang ekuivalen dengan diameter fisik sebenarnya jika diterapkan pada penampang lingkaran. Diameter hidrolis dipakai pada perhitungan untuk penukar panas yang tidak berpenampang lingkaran

Dengan mendefinisikan kecepatan massa G sebagai :

$$G \equiv \rho \cdot V_{\max} = \frac{\dot{m}}{A_{ff}} = \frac{\dot{m}}{\sigma \cdot A_{fr}} \quad (6)$$

A_{fr} adalah luas penampang arah tegak lurus aliran fluida, sedangkan $A_{ff} = A_{\min}$ adalah luas penampang aliran bebas minimum yang tegak lurus arah aliran fluida. σ adalah perbandingan luas penampang aliran bebas minimum terhadap luas penampang arah tegak lurus aliran fluida,

$$\sigma = \frac{A_{ff}}{A_{fr}} \quad (7)$$

sehingga besarnya bilangan Reynolds dapat ditulis sebagai berikut :

$$Re = \frac{G \cdot Dh}{\mu} \quad (8)$$

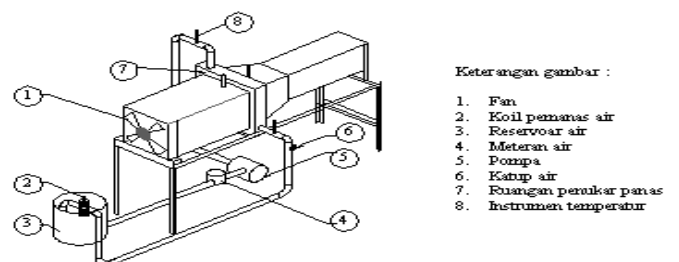
Penurunan tekanan dihubungkan dengan aliran yang melintasi berkas pipa yang disirip dan dihitung dengan rumus :

$$\Delta p = \frac{G^2 v_i}{2} \left[(1 + \sigma^2) \left(\frac{v_o}{v_i} - 1 \right) + \frac{f \cdot A \cdot v_m}{A_{ff} v_i} \right] \quad (9)$$

3. Metodologi

3.1. Peralatan Pengujian

Skema instalasi pengujian dapat dilihat pada Gambar 1.



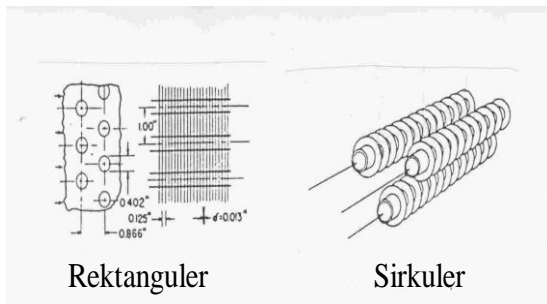
Keterangan gambar :

1. Fan
2. Koil pemanas air
3. Reservoir air
4. Meteran air
5. Pompa
6. Katup air
7. Penukar panas
8. Instrumen temperatur

Gambar 1: Instalasi alat uji penukar panas

Penukar panas yang diuji mempunyai susunan pipa selang-seling dengan bahan tembaga, jumlah pipa sebanyak 49 buah, panjang 620 mm, dan lebar 420 mm, sedangkan sirip dibuat dari aluminium dengan jarak antar sirip 2 mm dan tebal 1 mm.

Ilustrasi dari sirip yang digunakan pada penelitian ini ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Sirip rektanguler dan sirkuler

Parameter Yang Diuji

- Volume aliran air (m^3)
- Waktu yang dibutuhkan untuk volume aliran air (detik)
- Temperatur air masuk dan air keluar ($T_{h,i}$ dan $T_{h,o}$)
- Temperatur udara masuk dan udara keluar ($T_{c,i}$ dan $T_{c,o}$)
- Kecepatan udara (V)

3.2. Alat Ukur dan Instrumentasi

- Flowmeter dan Stopwatch**
Dipakai bersamaan untuk mengukur debit aliran air. *Flowmeter* digunakan untuk mengukur volume aliran air dan *stopwatch* digunakan untuk mencatat waktu yang diperlukan air mengalir.
- Termometer**
Digunakan untuk mengukur temperatur fluida kerja masuk dan fluida kerja keluar.
- Pengatur tegangan (*Slide Regulator*)**
Untuk memvariasikan laju aliran udara masuk
- Termostat**
Alat untuk menjaga temperatur air agar tetap konstan.
- Air Flow Meter**
Alat untuk mengukur kecepatan udara.

3.4 Prosedur Pengujian

- Hubungkan pemanas dengan jala-jala listrik.
- Pertahankan temperatur air dengan menggunakan termostat.
- Hubungkan pompa dan fan dengan jala-jala listrik
- Atur tegangan listrik fan dengan *slide regulator*.
- Atur bukaan katup aliran air pada bukaan $\frac{1}{2}$.
- Setelah kondisi stedi tercapai, data dicatat dan ditabelkan untuk kecepatan udara pertama dan dilakukan untuk beberapa laju aliran massa udara.
- Ulangi langkah 1-6 untuk bukaan katup $\frac{3}{4}$ dan penuh

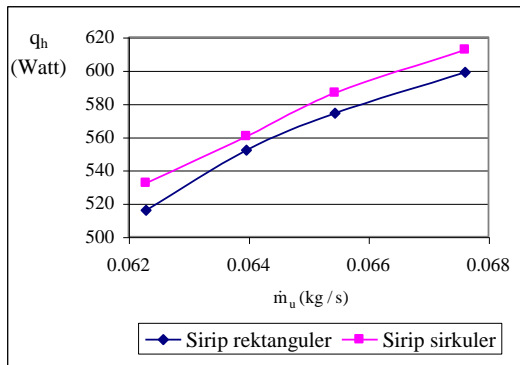
4. Pembahasan

4.1. Perpindahan Panas

Sebagaimana yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa perpindahan panas akan terjadi apabila ada perbedaan temperatur pada dua fluida. Panas akan pindah ke fluida yang temperaturnya lebih rendah. Udara sebagai fluida dingin akan menerima panas dari air yang berfungsi sebagai fluida panas, sehingga udara akan mengalami kenaikan temperatur sesuai dengan jumlah panas yang dilepaskan air.

Dari penelitian yang dilakukan seperti yang ditampilkan pada Gambar 3, untuk penukar panas dengan susunan pipa bersirip sirkuler mempunyai laju perpindahan panas yang lebih baik dibandingkan laju perpindahan panas pada susunan pipa bersirip rektanguler.

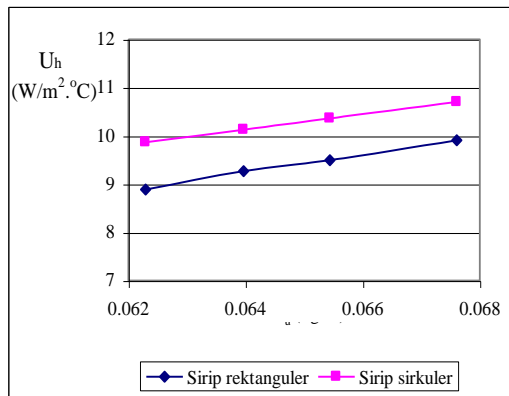
Rata-rata peningkatan laju perpindahan panas sekitar 12,6 Watt. Hal ini disebabkan oleh besarnya energi yang dipindahkan oleh udara melalui sirip sirkuler yang ditandai dengan meningkatnya koefisien perpindahan panas untuk penukar panas dengan susunan pipa bersirip sirkuler sekitar $0,877 \text{ W}/(m^2 \cdot ^\circ C)$, seperti ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 3 : Laju perpindahan panas penukar panas aliran silang dengan susunan sirip rektanguler dan sirkuler.

Koefisien perpindahan panas pada penukar panas dengan susunan pipa bersirip sangat dipengaruhi oleh besarnya laju aliran massa udara dan harga bilangan Reynolds yang melintasi susunan pipa dan sirip-sirip tersebut.

Untuk pertambahan laju aliran massa udara yang sama, penukar panas dengan susunan pipa bersirip sirkuler mempunyai harga bilangan Reynolds yang lebih besar dibandingkan dengan susunan pipa bersirip rektanguler. Rata-rata peningkatan bilangan Reynolds pada sirip sirkuler adalah sekitar 248,9.

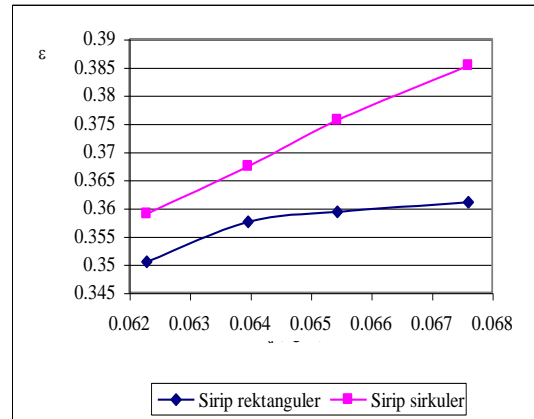


Gambar 4: Koefisien perpindahan panas

4.2. Efektivitas

Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa efektivitas penukar panas dengan susunan pipa bersirip sirkuler lebih besar dibandingkan dengan susunan pipa bersirip rektanguler. Besar peningkatan efektivitas alat penukar panas rata-rata adalah 1,4729 %. Hal ini disebabkan oleh laju perpindahan

panas maksimum pada aliran fluida (air) dingin cenderung konstan dan laju aliran massa air tetap sehingga dengan pertambahan laju aliran massa udara dan peningkatan temperatur udara maka laju perpindahan panas pada aliran udara akan bertambah sehingga harga q_h/q_{maks} akan naik.

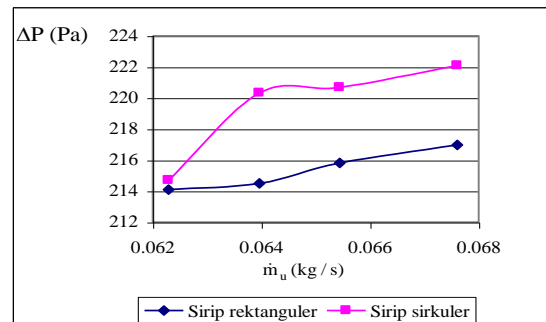


Gambar 5 : Efektivitas penukar panas dengan sirip rektanguler dan sirkuler

4.3. Penurunan Tekanan

Seperti halnya panas aktual yang dihasilkan, penurunan tekanan yang dihasilkan oleh penukar panas dengan susunan bersirip sirkuler lebih besar dibandingkan dengan susunan pipa bersirip rektanguler, seperti ditampilkan pada Gambar 6. Besarnya peningkatan penurunan tekanan rata-rata antara kedua jenis sirip tersebut adalah sekitar 4,1 Pa.

Hal ini disebabkan oleh rapatnya susunan sirip yang menghalangi daerah frontal yang dilewati udara pada susunan sirip sirkuler dan kecilnya daerah aliran bebas udara yang melintasi alat penukar panas dengan susunan sirip sirkuler.



Gambar 6 Penurunan tekanan penukar panas dengan sirip rektanguler dan sirkuler

5. Penutup

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a) Penukar panas dengan sirip sirkuler mempunyai laju perpindahan panas yang baik, yaitu sekitar 12,6 Watt dibandingkan dengan penukar panas bersirip rektanguler untuk luas permukaan yang sama.
- b) Harga koefisien perpindahan panas dengan sirip sirkuler meningkat sekitar 0,877 Watt/(m².°C) dibandingkan dengan sirip rektanguler pada susunan pipa penukar panas.
- c) Efektivitas penukar panas susunan pipa dengan sirip sirkuler meningkat sekitar 1,4729 % dibandingkan dengan sirip rektanguler.
- d) Penurunan tekanan udara yang melintasi alat penukar panas dengan sirip sirkuler lebih besar sekitar 4,1 Pa dibandingkan dengan sirip rektanguler.

6. Daftar Pustaka

- [1] Frank P. Incropera and David P. De Witt, Introduction To Heat Transfer, 2nd ed., John Wiley & Sons, New York, 1990, ch.11, pp. 598-637.
- [2] F. E. Romie, "Transient Response of Counterflow Heat Exchanger", Journal of Heat Transfer, vol. 106, August 1984, pp.620-626.
- [3] G. S. Zheng and W. M. Worek, "Method of Heat and Mass Transfer Enhancement in Film Evaporation", Int. J. Heat Mass Transfer, vol. 39, no. 1, 1996, pp. 97-108.
- [4] J. Taborek, G.F. Hewit and N. Afgan, Heat Exchanger Theory and Practice, Hemisphere Publishing Corp., McGraw-Hill, New York, 1983.
- [5] Michio Hiramatsu, Tsuneo Ishimaru and koushou Matsuzaki, "Research on Fins for Air Conditioning (Numerical Analysis of Heat Transfer on Louvered Fins)", JSME International Journal, vol. 33, no. 4, 1990, pp. 749-756.
- [6] S. Kakac, R. K. Shah, and A. E. Bergles, Low Reynolds Number Flow Heat Exchanger, Hemisphere Publishing Corp, New York, 1983.
- [7] S. A. Idem, C. Jung, G. J. Gonzales, and V. W. Goldschmidt, "Performance of Air to Water Copper Finned Tube Heat Exchanger at Moderately Low Air Side Reynolds Number", Including Effect of Baffles, Int.J. Heat Mass Transfer, vol. 30, no. 8, 1987.
- [8] W. M. Kays and A. L. London, Compact Heat Exchanger, 3rd ed., McGraw-Hill, New York, 1984.