

Analisis perbandingan pemasangan sirip pada pipa bergetar terhadap perpindahan panas

Putu Wijaya Sunu

PS Refrigerasi & Tata Udara - Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Bali - Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Penyukar kalor (*heat exchanger*) merupakan salah satu peralatan yang digunakan untuk memanfaatkan energi terbuang dari industri. Pada penyukar kalor jenis *shell and tube* aliran fluida pada *shell* akan terhalang *tube* (pipa). Hal ini dapat menimbulkan *vortex* yang dapat menggetarkan *tube*. Pemasangan sirip pada pipa penyukar kalor diharapkan dapat meningkatkan luas bidang panas sehingga meningkatkan laju perpindahan panas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan pemasangan sirip pada pipa bergetar terhadap perpindahan panas. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah kecepatan aliran fluida sedangkan variabel terikatnya adalah koefisien perpindahan panas. Berdasarkan data hasil penelitian, ternyata kecepatan aliran fluida berpengaruh terhadap perpindahan panasnya. Dari grafik terlihat bahwa semakin tinggi kecepatan aliran fluida, hal ini menyebabkan peningkatan nilai koefisien perpindahan panas konveksi. Apabila dibandingkan, pipa bersirip bergetar memiliki koefisien perpindahan panas yang lebih tinggi dibandingkan dengan pipa yang tidak bersirip bergetar. Dapat disimpulkan bahwa pemasangan sirip pada penyukar kalor dapat dijadikan suatu acuan dalam perancangan *heat exchanger* sehingga dapat mengefisienkan pemakaian energi.

Kata kunci: Sirip, pipa bergetar, koefisien perpindahan panas

Abstract

Heat exchanger is one of the equipments used to reuse the dissipated heat from industrial applications. In a shell and tube heat exchanger, the fluid flow in shell side will be blocked by tube. It can generate vortex, and then vibrate the tube. The use of fin on heat exchanger pipe is aimed to increase the area of heat transfer, and then improve the rate of heat transfer. The aim of this research is to analyze the effect of both the fin attachment on pipe and vibrated pipe to heat transfer. The independent variable in this research is the fluid velocity while dependent variable is the coefficient of heat transfer. The result showed that the greater fluid velocity resulted in higher heat transfer rate. The vibrated pipe with fins reached the highest heat transfer coefficient. The vibrated pipe transferred more heat than the pipe without vibration.

Keywords: Fin, vibrate pipe, heat transfer coefficient

1. Pendahuluan

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang sangat cepat dibarengi juga oleh perkembangan dunia industri yang pesat. Sumber-sumber energi yang digunakan merupakan energi yang tidak dapat diperbaharui sehingga ketersediannya sangat terbatas. Oleh karena itu diperlukan suatu rekayasa terhadap peralatan *engineering* dengan memanfaatkan energi yang terbuang.

Peralatan yang sering digunakan untuk memanfaatkan energi yang terbuang di industri, salah satunya adalah *heat exchanger* (penyukar kalor). Sebagian besar penyukar kalor yang digunakan dalam bidang industri adalah jenis *shell and tube*, dimana salah satu fluida yang mempunyai kalor lebih tinggi mengalir melalui saluran yang berbeda dengan fluida yang memiliki kalor lebih rendah. Penyukar kalor jenis ini memiliki bagian yang dinamakan *floating head*, yang memungkinkan *tube* bergerak relatif terhadap *shell* dengan tujuan untuk mengantisipasi perbedaan pemuaian antara *shell* dan *tube*.

Dengan adanya *floating head* memungkinkan pipa untuk bergetar akibat *vortex* yang terbentuk karena aliran yang terhalang. *Vortex* yang terbentuk menimbulkan gangguan pada pipa karena adanya

pembalikan arah aliran. *Vortex* yang terbentuk sangat mempengaruhi kondisi osilasi *tube*, baik amplitudo maupun frekuensinya. *Vortex* yang terbentuk dalam saluran akan menyedot fluida yang berada pada lapisan batas akibatnya fluida tersebut akan tertarik ke pusat *vortex* dan *boundary layer* akan semakin tipis serta terkoyak sehingga perpindahan panas akan semakin besar.

Penambahan sirip pada pipa akan meningkatkan luas daerah perpindahan panas selain itu penempatan sirip mempengaruhi pola aliran fluida dan *vortex* yang terbentuk dibelakang pipa akibatnya perpindahan panas akan semakin besar. Energi *vortex* dan pola aliran *vortex* dipengaruhi juga oleh kecepatan aliran fluida. Hal ini akan sangat mempengaruhi pencampuran fluida yang menyebabkan aliran semakin acak sehingga meningkatkan laju perpindahan panas pada *heat exchanger* tersebut.

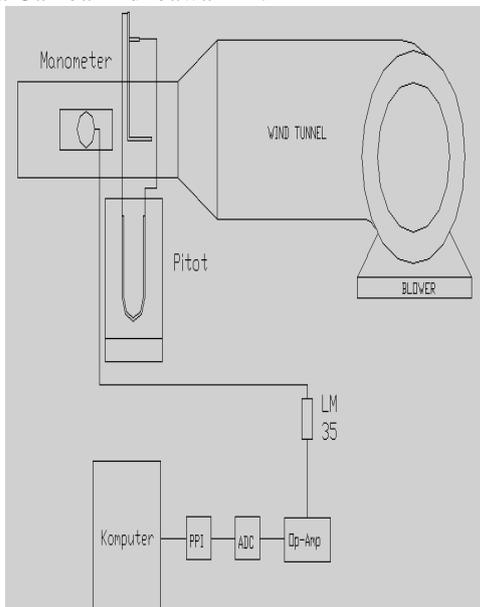
Dengan demikian perlu dilakukan suatu penelitian ilmiah untuk mengetahui pengaruh kecepatan aliran fluida terhadap laju perpindahan panas pada pipa bersirip dan bergetar serta menggunakan pipa tanpa sirip dan tanpa bergetar sebagai pembanding.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian eksperimental murni. Variabel bebas yang digunakan adalah kecepatan aliran fluida yang besarnya 4.08, 5.76, 10.78, 14.11, 15.25, dan 16.8 m/s sedangkan variabel terikat adalah koefisien perpindahan panas konveksi pada permukaan pipa pada titik stagnasi dan 180^o dari stagnasi. Data temperatur digunakan untuk mendapatkan nilai koefisien perpindahan panas konveksi (h). Data koefisien perpindahan panas konveksi pada pipa bersirip dan bergetar dibandingkan dengan data koefisien perpindahan panas konveksi pada pipa tanpa sirip dan bergetar dan sebagai kontrol adalah pipa tanpa bergetar dan tanpa bersirip.

2.1. Peralatan penelitian

Peralatan penelitian yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Instalasi penelitian

2.2. Bagian-bagian peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

1. Model *heat exchanger*

Pemodelan *heat exchanger* yang digunakan adalah jenis *shell and tube*, dengan aliran *cross flow* dimana fluida yang mengalir melalui *shell* adalah udara sedangkan panas *tube* dihasilkan oleh elemen pemanas. Adapun model *heat exchanger* tersebut secara umum terdiri dari:

- Tube*, yaitu tabung dengan penampang berbentuk silinder dengan material berupa Aluminium paduan (Al-Cu) dengan ukuran 5/8".
- Shell*, yaitu berupa saluran udara dengan ukuran 16x16 cm, dimana untuk mengalirkan udara digunakan sebuah *blower*.
- Fin* yaitu sirip berpenampang lingkaran 1 mm yang dipasang disekeliling pipa.

2. Elemen pemanas

Yaitu pemanas udara di dalam pipa dengan daya 30 Watt.

3. Sensor dan peralatan pendukungnya.

Sensor-sensor yang digunakan antara lain:

- Sensor temperatur LM 35.
- Rangkaian penguat OP-Amp
- ADC (*Analog to digital Converter*) 0808
- PPI Card 8255
- Komputer
- Program komputer
- Manometer U dan pipa pitot.

2.3. Prosedur penelitian

Sebelum pengambilan data dilakukan, terlebih dahulu elemen pemanas dinyalakan kemudian *blower* dinyalakan sampai aliran udara dalam saluran (*shell*) stabil. Dengan menutup *suction* dari *blower* maka aliran udara akan berkurang, hal ini dilakukan untuk variasi kecepatan udara pada saluran. Penutupan *suction* dari *blower* dilakukan mulai dari 5/6 dari *suction* sampai terbuka penuh. Pada masing-masing variasi penutupan *suction blower*, komputer diset untuk membaca temperatur pada saat aliran udara sudah stabil. Kecepatan udara diukur dengan pipa pitot. Harga kecepatan udara dihitung dari hasil pengukuran perbedaan ketinggian pada manometer yang dihubungkan dengan pipa pitot. Untuk perhitungan kecepatan fluida digunakan *Bernoulli equation*:

$$\frac{P_1}{\rho_{ud}} + \frac{V_1^2}{2} + z_1 \cdot g = \frac{P_2}{\rho_{ud}} + \frac{V_2^2}{2} + z_2 \cdot g \quad (1)$$

Sedangkan nilai koefisien perpindahan panas konveksi didapat dengan rumusan:

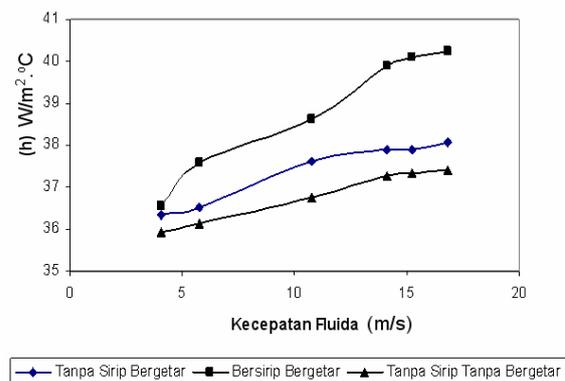
$$h_c = Q / A(T_s - T_\phi) \quad (2)$$

Data koefisien perpindahan panas konveksi pada pipa bersirip dan bergetar dibandingkan dengan data koefisien perpindahan panas konveksi pada pipa tanpa sirip dan bergetar dengan kontrol data pipa tanpa sirip dan tanpa bergetar.

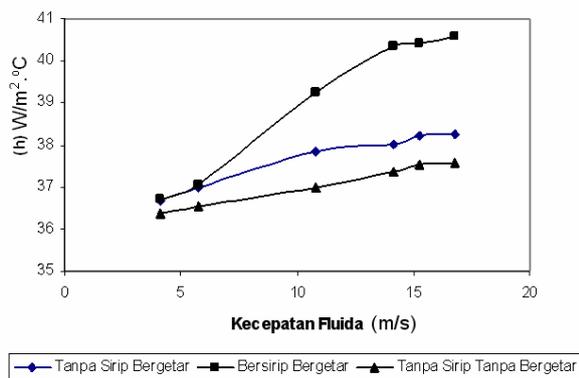
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Data hasil penelitian

Data hasil penelitian yang telah diolah, kemudian ditampilkan dalam grafik pada Gambar 2 dan 3 di bawah ini.



Gambar 2. Grafik hubungan kecepatan fluida terhadap koefisien perpindahan panas konveksi pada titik stagnasi



Gambar 2. Grafik hubungan kecepatan fluida terhadap koefisien perpindahan panas konveksi pada titik 180 stagnasi

3.2. Pembahasan

Titik stagnasi merupakan bagian dari *tube* yang berhadapan langsung dengan aliran fluida. Tekanan stagnasi akan meningkat yakni diatas tekanan aliran bebas karena partikel-partikel fluida yang membentur titik itu akan berhenti. Aliran akan terbagi pada titik stagnasi silinder sehingga terbentuk lapisan batas yang menebal sepanjang permukaan. Dari kedua grafik terlihat bahwa koefisien perpindahan panas konveksi meningkat dengan meningkatnya kecepatan aliran fluida. Peningkatan kecepatan aliran fluida akan meningkatkan bilangan Reynolds, semakin tinggi bilangan Reynolds maka gaya inerti yang berhubungan dengan densitas dan kecepatan fluida nilainya relatif lebih besar terhadap gaya viskositas. Sehingga gaya viskos tidak dapat menahan fluktuasi fluida yang cepat dan acak. Hal ini mengakibatkan timbulnya turbulensi pada aliran tersebut. Pada titik stagnasi memiliki koefisien perpindahan panas konveksi lebih kecil dibandingkan dengan titik 180^o stagnasi. Hal ini disebabkan pada daerah 180^o stagnasi terdapat beda tekanan yang tinggi antara fluida pada aliran bebas dengan fluida yang menempel pada dinding pipa. Akibatnya terjadi pembalikan arah aliran fluida, hal ini memicu terjadinya *vortex* sehingga perpindahan panas semakin besar. Bila dibandingkan antara pipa bersirip bergetar dan pipa tanpa sirip bergetar maka pipa bersirip yang bergetar memiliki koefisien perpindahan panas konveksi yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena sirip yang terpasang meningkatkan jumlah luasan panas pada permukaan pipa, selain itu sirip juga meningkatkan kekacauan aliran di sekitar pipa akibatnya meningkatkan laju perpindahan panas. Fenomena getaran menimbulkan efek terkoyaknya lapisan batas (*boundary layer*) pada sekeliling pipa sehingga akan meningkatkan koefisien perpindahan panas.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil data penelitian dan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Kecepatan fluida meningkatkan perpindahan panas pada semua pipa yang diuji.
2. Bila dibandingkan antara pipa tanpa sirip bergetar dengan pipa bersirip bergetar maka nilai koefisien perpindahan panas pipa bersirip bergetar lebih besar.

Daftar Pustaka

- [1] Cengel, Yunus A., 1998, *Heat Transfer A Practical Approach*, McGraw Hill, New York.
- [2] Kreith, Frank, 1997, *Prinsip-prinsip Perpindahan Panas*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [3] Marcello Nitz and Osvaldir P. Taranto, 2004, *Drying Of Beans In A Pulsed Fluid Bed Dryer – Fluid Dynamics and The Influence Of Temperature, Air Flow Rate And Frequency Of Pulsation On Drying Rate*. International Drying Symposium, Vol. B, pp. 836-843.
- [4] Smith Eiamsa-ard, Somchai Sripattanapipat, Yuttana Ploychay, and Pongjet Promvonge, -, *A Numerical study Of Heat Transfer In Turbulent Channel Flow Over A Rib,-*.
- [5] Thompson M.C., Leweke T., and Williamson C.H.K., 2001, *the Physical Mechanism of Transition in Bluff Body Wakes, J. of Fluid and Structures*, Vol. 15, 607-616.
- [6] White, Frank, 1986, *Fluid Mechanics*, 2nd Edition, McGraw Hill, New York.