

Koefisien Perpindahan Panas dan Kerugian Jatuh Tekanan Aliran di Dalam Pipa

Rr. Sri Poernomo Sari^{1)*}, T. Aswinsyah Hassan¹⁾, D. Saputra, R. Malau¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri
Universitas Gunadarma, Jakarta
sri_ps@staff.gunadarma.ac.id

Abstrak

Perpindahan panas dan kerugian jatuh tekanan di dalam sistem perpipaan sangat penting diketahui untuk menentukan kapasitas tenaga pompa dalam penggunaan di dunia industri. Pipa bulat bentuk lilitan spiral terbuat dari tembaga dialiri oleh fluida panas didalamnya, dimasukkan ke dalam bejana dengan temperatur air konstan pada 0°C. Tujuan penelitian mengukur nilai koefisien perpindahan panas dan kerugian jatuh tekanan pada lilitan pipa. Variasi temperatur air panas dan variasi kecepatan aliran di dalam pipa sebagai variabel pengambilan data. Nilai variasi koefisien perpindahan panas dan kerugian jatuh tekanan menentukan unjuk kerja yang optimal dari sistem ini.

Kata kunci: koefisien perpindahan panas, kerugian jatuh tekanan, pipa lilitan spiral

Abstract

Heat transfer and pressure drop losses in the piping system is very important to be known for the determination of the capacity of pump power in use in the industrialized world. Round pipe with a spiral coil made of copper fed by hot fluid in it is introduced into a vessel with a constant water temperature at 0 ° C. The purpose of the research is to measure the coefficient of heat transfer and pressure drop losses in the winding pipe. The variation temperature of Hot water and variations in flow velocity in the pipe as variable data retrieval. The value of the variation coefficient of heat transfer and pressure drop loss determine optimal performance of this system.

Keywords: heat transfer coefficient, pressure drop losses, spiral coil pipe

1. PENDAHULUAN

Penanganan beban termal pada dunia industri sangat diperlukan. Sistem alat penukar kalor bisa dikembangkan pada sisi fluida yang digunakan dan desain pipa yang digunakan. Alat penukar kalor (*heat exchanger*) merupakan salah satu alat yang cukup banyak diaplikasikan dalam dunia industri maupun lingkungan sekitar. Alat tersebut digunakan untuk menaikkan atau menurunkan temperatur fluida. Salah satu contoh adalah pendinginan dari sudu turbin gas modern. Pendinginan yang tidak memadai dari sudu-sudu tersebut akan menyebabkan kerusakan pada mesin. Desain penukar panas yang tidak baik menyebabkan hot spot yang dapat melelehkan sudu-sudu turbin dan *over cooling* mengakibatkan tegangan panas tinggi dan menimbulkan kerusakan. Untuk mengoptimalkan penggunaan energi pada alat penukar kalor sangat ditentukan oleh prediksi angka koefisien perpindahan panasnya. Semakin baik angka koefisien panas perpindahan panas maka penggunaan energi akan optimal.

Heat exchanger lilitan spiral merupakan salah satu bentuk *heat exchanger* dengan menggunakan pipa bulat yang dibuat melilit membentuk spiral. Hal ini sangat berbeda dengan heat exchanger pada umumnya yang merupakan bentuk pipa bulat atau coil. Seban dan Mc Laughlin [1] telah meneliti tentang koefisien perpindahan panas pada *heat exchanger* coil baik pada aliran laminar maupun turbulent. Perpindahan panas dan kerugian jatuh tekanan aliran uap air di dalam pipa helix telah diteliti oleh Rogers and Mayhew [2]. Mereka mengamati pengaruh wall temperatur terhadap nilai koefisien perpindahan panas dan pressure drop yang terjadi. Mori dan Nakayama [3] meneliti aliran berkembang penuh pada pipa lengkung dengan pemberiasn heat fluks yang uniform. Distribusi temperatur dan distribusi kecepatan di dalam pipa didapatkan dengan uji eksperimen. Mereka mengasumsikan bahwa aliran yang terjadi dibagi menjadi dua bagian yaitu boundary layer tipis di sekitar dinding pipa dan daerah boundary layer luas di sekitar core. Penelitian mengenai perpindahan panas dan kerugian jatuh tekanan pada pipa spiral menggunakan fluida nano partikel telah diteliti oleh Yanuar dkk [4,5].

Tujuan penelitian mengukur nilai koefisien perpindahan panas dan kerugian jatuh tekanan pada lilitan pipa. Variasi temperatur air panas dan variasi kecepatan aliran di dalam pipa sebagai variabel

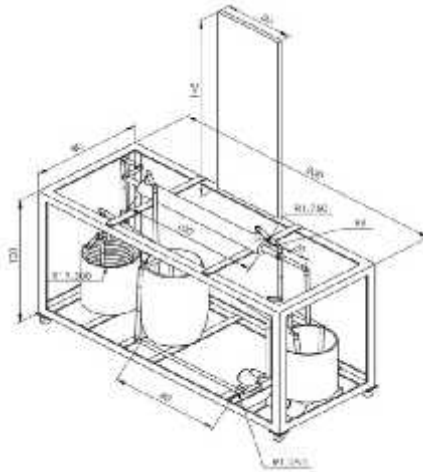
* Penulis korespondensi, HP: 62217888112,
Email sri_ps@staff.gunadarma.ac.id

pengambilan data. Nilai variasi koefisien perpindahan panas dan kerugian jatuh tekanan menentukan unjuk kerja yang optimal dari sistem ini.

2. METODE

Set-up alat pengujian terdiri dari pipa tembaga spiral, termokopel, manometer, pompa dan tangki seperti terlihat pada gambar 1 dan 2. Pipa tembaga spiral yang dialiri fluida panas, dipasang pada tangki yang berisi air es dan temperaturnya dijaga konstan yaitu 0°C . Fluida panas ditampung pada tangki lain dengan kapasitas 30 liter dan dipanaskan dengan pemanas air. Pompa piston digunakan untuk mensirkulasikan fluida panas. Dua buah termokopel tipe-t dipasang pada pipa tembaga sebelum dan sesudah meninggalkan tangki dingin.

Pengukuran kerugian jatuh tekanan dilakukan menggunakan pressure transducer yang dipasang pada bagian inlet dan outlet pipa spiral tembaga. Debit pada fluida panas dibuat bervariasi dengan menggunakan katup pengontrol kecepatan. Pengukuran debit dilakukan dengan gelas ukur dalam perioda waktu.



Gambar 1 Desain alat konduktivitas panas



Gambar 2 Set-up alat konduktivitas panas

Gambar 3 adalah desain pipa tembaga spiral. Pipa tembaga dibuat melilit menyerupai bentuk spiral. Bentuk spiral ini dimaksudkan untuk memperluas bidang kontak dengan fluida dingin yang nantinya akan terjadi proses perpindahan panas. Namun, desain pipa yang seperti ini tentunya akan mengalami kerugian berupa kerugian jatuh tekanan yang cukup tinggi sehingga perlu diperhitungkan dalam eksperimen.



Gambar 3 Desain pipa tembaga spiral

Pengujian dan analisis

Koefisien gesek f , dapat dicari menggunakan persamaan Darcy :

$$f = \left(\frac{D}{L} \right) \left(\frac{2g}{u^2} \right) \Delta h \quad (1)$$

dimana f adalah koefisien gesek, Δh adalah selisih ketinggian manometer pada jarak panjang tertentu, dan g adalah percepatan gravitasi.

Re adalah bilangan Reynolds ditentukan sebagai berikut:

$$Re = \frac{\dots uD}{\dots} \quad (2)$$

Koefisien perpindahan panas $h(x)$ pada jarak x dari inlet adalah :

$$h(x) = \frac{q_s}{T_s(x) - T_b(x)} \quad (3)$$

Temperatur bulk pada aliran fluida pada jarak x adalah :

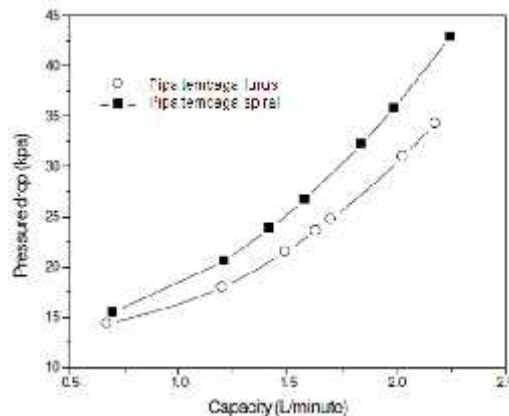
$$T_b(x) = T_{b,i} + \frac{q_s \cdot P}{m \cdot Cp} \quad (4)$$

Fluk kalor yang masuk ke aliran fluida adalah :

$$q_s = \frac{m \cdot Cp (T_{b,o} - T_{b,i})}{A} \quad (5)$$

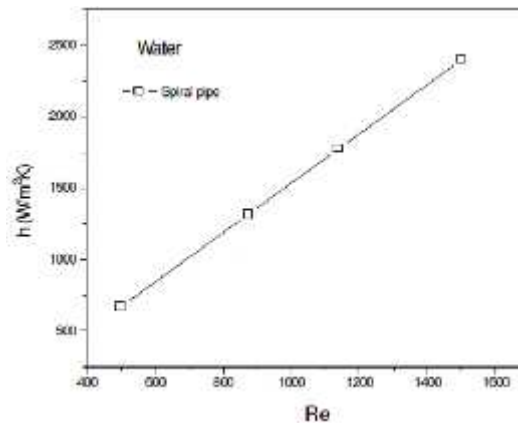
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 4 memperlihatkan hubungan kerugian jatuh tekanan terhadap debit aliran. Terlihat bahwa semakin besar debit aliran akan semakin besar juga nilai kerugian jatuh tekanan. Nilai kerugian jatuh tekanan pada pipa tembaga spiral dibandingkan dengan nilai kerugian jatuh tekanan pada pipa tembaga lurus untuk panjang ekuivalen yang sama. Terlihat bahwa pipa tembaga bentuk spiral memiliki nilai kerugian jatuh tekanan di atas pipa tembaga lurus. Hal ini secara normal terjadi karena pada pipa spiral (bentuk lengkung) akan mengalami kerugian minor yang cukup banyak.



Gambar 4 Grafik hubungan pressure drop terhadap debit untuk air murni pada pipa tembaga spiral dan pipa tembaga lurus

Gambar 5 memperlihatkan hubungan nilai koefisien perpindahan panas terhadap bilangan Reynolds pada pipa tembaga spiral. Terlihat bahwa semakin besar bilangan Reynolds akan semakin besar pula nilai koefisien perpindahan panasnya. Secara teoritis, untuk mendapatkan nilai perpindahan panas yang bagus maka sistem tersebut harus dijalankan pada bilangan Reynolds yang tinggi atau pada debit aliran yang tinggi. Namun, ada pertimbangan lain jika ditinjau dari gambar 4 tentang nilai kerugian jatuh tekanan. Nilai koefisien perpindahan panas seperti pada gambar 5 terlihat kenaikan secara linear sedangkan pada grafik pressure drop terlihat kenaikan secara eksponensial.



Gambar 5 Grafik hubungan koefisien perpindahan panas terhadap bilangan Reynolds untuk air murni pada pipa tembaga spiral

Pada nilai koefisien perpindahan panas yang baik belum tentu memiliki nilai kerugian jatuh tekanan yang baik pula. Hal ini menjadi perhatian para pengguna alat penukar kalor yaitu bahwa antara keuntungan (koefisien perpindahan panas) berbanding lurus dengan nilai kerugian jatuh tekanan. Sehingga nilai optimum penggunaan pada rentang bilangan Reynolds tertentu perlu diteliti lebih lanjut.

4. SIMPULAN

Modifikasi alat penukar kalor dengan merubah pipa lurus menjadi pipa bentuk spiral dapat meningkatkan nilai koefisien perpindahan panas. Namun, efek kerugiannya juga terlihat yaitu nilai kerugian jatuh tekanan yang cukup tinggi pada pipa bentuk spiral. Analisis lebih lanjut diperlukan pada rentang bilangan Reynolds tertentu agar mendapatkan kondisi operasional yang optimum.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada saudara Teuku Aswinskyah Hassan, David Saputra dan Richardo Malau yang telah banyak membantu dalam set-up alat pengujian dan pengambilan data pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R.A. Seban, E. F. McLaughlin, *Heat transfer in tube coils with laminar and turbulent flow*, International Journal of heat and Mass Transfer, 6, 1963, 387-395.
- [2] G.F.C. Rogers, Y.R. Mayhew, *Heat transfer and pressure loss in helkically coiled tubes with turbulent flow*, International Journal of Heat and Mass Transfer, 7, 1964, 1207-1216.
- [3] Y. Mori, W. Nakayama, *Study on forced convective heat transfer in curved pipe*, International Journal of heat and Mass Transfer, 8, 1965, 67-82.
- [4] Yanuar, N Putra, Gunawan, M Baqi, *Flow and Convective Heat Transfer Characteristics of Spiral Pipe for Nanofluids*, International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences. Vol.7. Issue 3. pp 236-248. June 2011
- [5] Yanuar, Putra. N, Gunawan, Baqi. M, *Rheological Properties of Nano Fluids in a Circular Pipe*, 7th International Conference on Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics 19-21 July 2010 Antalya, Turkey (HEFAT 2010).