

# **PENGARUH PEMASANGAN SIRIP TERHADAP JUMLAH PANAS YANG DIPINDAHKAN PADA ALAT PENUKAR PANAS ANNULUS**

## **THE INFLUENCE OF FIN ASSEMBLING TOWARD THE LOAD OF HEAT TRANSFERRED IN SINGLE TUBE HEAT EXCHANGER**

Ahmad M. Fuadi dan Kun Harismah

Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta

### **ABSTRAK**

Proses perpindahan panas di industri kimia dijalankan dengan alat penukar panas. Kebanyakan alat yang digunakan adalah jenis shell and tube. Keunggulan jenis ini adalah mempunyai luas perpindahan panas yang besar per satuan volume, tetapi sulit perawatannya. Jenis penukar panas yang sederhana adalah jenis annulus, tetapi hanya terbatas untuk beban panas yang kecil. Pada penelitian ini dipelajari peningkatan kemampuan alat penukar panas jenis annulus yang diperluas permukaannya dengan cara memasang sirip. Penelitian dilakukan dengan cara menguapkan air suling. Uap yang terbentuk dilewatkan dalam silinder datar dari bahan kuningan berukuran panjang 36 cm, berdiameter 1,1 cm berada dalam tabung kaca yang berdiameter 3,6 cm. Air pendingin dialirkan dengan kecepatan sekitar 5 ml/detik berlawanan arah dengan aliran uap. Setelah kondisi steady state, suhu air pendingin masuk dan keluar, suhu uap masuk dan keluar serta kecepatan pengembunan dicatat. Berdasarkan data yang diperoleh, menunjukkan penambahan sirip yang dipasang pada pipa bisa meningkatkan kemampuan memindahkan panas sekitar 11,5 % setiap satu sirip. Kenaikan kemampuan untuk memindahkan panas hampir linier dengan jumlah sirip yang dipasang. Kenaikan mencapai 39,3 % ketika dipasang 4 sirip pada permukaan pipa. Rata-rata unjuk kerja pemasangan sirip adalah 8,7, ini menunjukkan pemasangan sirip cukup membantu untuk menaikkan kemampuan alat penukar panas jenis annulus.

**Kata kunci:** penukar panas, sirip, single tube

## ABSTRACT

In chemical industries, heat transfer is conducted in a heat exchanger. The most equipment used is shell and tube. Shell and tube have a large area per unit volume of heat transfer, but it is difficult in maintenance. The simple type of heat exchanger is single tube, but it only can be used for small heat load. This research studies the improving ability of single tube heat exchanger by extended its area by using fin. This research is conducted by vaporizing aquadest. Vapor passed horizontal pipe, which is made from alloy (Cu and Zn) with 36 cm in length and 1.1 cm in diameter placed in glass tube, its diameter is 3.6 cm. After steady state, the temperature data of water cooler in and out, temperature of vapor in and out and rate of condensation are examined. Based on experimental data, it shows that the assembling of fin in single tube heat exchanger increases the load of heat transferred for 11.5 % in each fin. The heat transferred is linier with the number of fin assembled. The percentage of inclination achieved 39.3 % for 4 fins. The average work performance of single tube with fin is 8.7, it indicates that fin assembling can support the ability of single tube heat exchanger.

**Keywords :** heat transfer, fin, single tube

## PENDAHULUAN

Proses perpindahan panas selalu dijumpai industri-industri kimia yang dijalankan dalam alat penukar panas. Salah satu jenis alat penukar panas adalah jenis annulus. Jenis ini merupakan jenis yang paling sederhana dan murah perawatannya, tetapi pemakaiannya terbatas untuk beban panas yang kecil. Untuk memindahkan beban panas yang cukup besar, luas transfer panas yang dibutuhkan juga semakin besar. Pada keadaan ini alat penukar panas yang banyak dipakai jenis *shell and tube*. Jenis penukar panas ini lebih rumit pengoperasiannya dan lebih mahal perawatannya, tetapi mampu untuk memindahkan beban panas yang besar.

Penelitian ini memodifikasi alat penukar panas jenis anulus dengan cara memasang sirip pada permukaan pipa. Dengan pemasangan sirip ini, luas transfer panasnya akan bertambah sehingga mampu memindahkan beban panas yang lebih besar. Dengan naiknya kemampuan untuk memindahkan beban panas, diharapkan pemakaian alat penukar panas jenis annulus ini bisa untuk beban panas yang lebih lebih luas.

Bertambahnya kemampuan alat penukar panas jenis anulus yang dipasang sirip untuk memindahkan panas bisa mengurangi pemakaian alat penukar panas jenis *shell and tube* sehingga bisa menekan biaya operasi dan perawatan.

Peristiwa perpindahan panas banyak dijumpai dalam industri-industri kimia, misalnya, pada proses pendinginan atau pemanasan umpan yang akan masuk ke reaktor, vulkanisasi karet, pembuangan panas dari suatu pembangkit tenaga, dan lain-lain. Perpindahan panas terjadi karena adanya perbedaan suhu. Panas akan mengalir dari tempat yang bersuhu tinggi ke tempat yang bersuhu lebih rendah. Mekanisme perpindahan panas dapat terjadi secara radiasi, konduksi, dan konveksi.

Perpindahan panas secara radiasi atau pancaran bisa berlangsung pada ruang hampa secara elektromagnetik dengan panjang gelombang pada interval tertentu. Sementara itu, , sedang perpindahan panas secara konduksi dan konveksi hanya bisa berlangsung kalau ada media. Jika media untuk perpindahan panas tidak ikut mengalir, maka peristiwa perpindahannya berlangsung secara konduksi. Mekanisme perpindahan panas secara konduksi bisa berlangsung pada fase padat, cair, atau gas. Mekanisme perpindahan secara konveksi bisa berlangsung dengan media cair ataupun gas. Pada mekanisme ini cairan atau gas yang suhunya lebih tinggi mengalir ke tempat yang suhunya lebih rendah dan memberikan panasnya pada permukaan yang suhunya lebih rendah. Pada umumnya tiga mekanisme perpindahan panas ini berlangsung secara bersama-sama.

Perpindahan panas yang terjadi pada sirip merupakan gabungan dari perpindahan panas secara konduksi dan perpindahan panas secara konveksi (Holman, 1988). Kecepatan perpindahan panas secara konduksi sangat tergantung sifat bahan yang dilewati panas, luas perpindahan panas, dan perbedaan suhu yang dinyatakan dalam bentuk (Perry, 1984).

$$Q = -kA \frac{dT}{dx} \dots\dots\dots (2)$$

Kecepatan perpindahan panas secara konveksi:

$$Q = hA\Delta T \dots\dots\dots (3)$$

Harga koefisien perpindahan konveksi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain kondisi fluida (diikuti dengan perubahan fase apa tidak) tempat fluida mengalir, kecepatan aliran fluida, dan lain-lain.

Penelitian untuk mendapatkan harga koefisien perpindahan panas pada berbagai keadaan telah banyak dilakukan. Harga koefisien perpindahan panas pada aliran laminar di atas permukaan plat rata isothermal (Churchil dan Ozoe, 1973).

$$\dots\dots\dots (4)$$

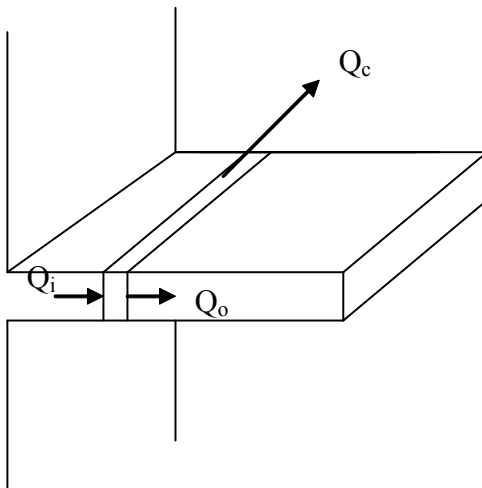
Koefisien transfer panas antara fluida cair dengan tumpukan padatan berbentuk bola dalam kolom *fixed bed* (Sunbawa dan Zubaidi, 2001)

$$Nu = 1,08 Re^{0,32} \left( \frac{L}{D_p} \right)^{0,07} \dots\dots\dots (5)$$

Fuadi, dkk. (2001) telah melakukan penelitian tentang perpindahan panas antara dua fluida yang tidak campur. Harga koefisien transfer panasnya:

$$Nu = 340,7388 Re^{1,0695} Pr^{0,33} \dots\dots\dots (6)$$

Analisis perpindahan panas pada permukaan yang diperluas (Holman, 1988).



Gambar 1. Sistem Konduksi dan Konveksi pada Sirip

Dari gambar 1 bisa dituliskan neraca panasnya adalah:

$$\text{Energi konduksi masuk} = \text{energi konduksi keluar} + \text{energi konveksi keluar} \dots\dots\dots (7)$$

$$\text{Energi konduksi masuk} = q_{out} = -kA \left. \frac{dT}{dx} \right|_x \dots\dots\dots (8)$$

$$\text{Energi konduksi keluar} = q_{out} = -kA \left. \frac{dT}{dx} \right|_{x+\Delta x} \dots\dots\dots (9)$$

$$\text{Energi konveksi keluar} = q_c = hpdx(T - T_\infty) \dots\dots\dots (10)$$

Persamaan 8, 9, 10 dimasukkan ke persamaan 7, setelah disederhanakan diperoleh:

$$\frac{d^2T}{dx^2} - \frac{hP}{kA}(T - T_\infty) = 0 \dots\dots\dots (11)$$

Persamaan 10 merupakan persamaan distribusi suhu di sepanjang sirip. Dengan mengetahui distribusi suhu di sirip suhu lingkungan maka besarnya panas yang dilepas bisa dihitung. Distribusi suhu di sirip bisa dijadikan parameter efisiensi sirip. Efisiensi sirip semakin besar bila beda suhu antara permukaan sirip dengan suhu di sepanjang sirip tidak besar. Untuk itu, bahan sirip dipilih sedemikian rupa sehingga hambatan panasnya kecil. Untuk melihat sejauh mana manfaat pemakaian sirip dapat dilihat dari perbandingan antara panas yang dilepas dengan adanya sirip dengan panas yang dilepas bila tidak ada sirip. Pada keadaan di mana hambatan konduksi lebih besar daripada hambatan konveksi, pemakaian sirip justru akan bertindak sebagai isolator, sehingga manfaat pemasangan sirip tidak begitu dirasakan. Seberapa besar manfaat dari pemasangan sirip dapat dihitung dengan membandingkan jumlah panas yang hilang bila dipasang sirip dengan jumlah panas yang hilang bila tidak ada sirip. Jumlah panas yang dipindahkan dapat dihitung dari banyaknya embunan yang terbentuk yaitu:

$$Q = m\lambda \dots\dots\dots 12$$

Penambahan panas akibat pemasangan sirip dapat dihitung dari panas yang hilang dari pipa setelah dipasang sirip dikurangi panas yang hilang dari pipa yang tidak bersirip

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui peningkatan panas yang dipindahkan bila permukaan pipa diperluas dengan memasang sirip. Jumlah panas yang dipindahkan (Ozisik, 1980).

$$Q=UA DTm \dots\dots\dots (1)$$

Dari persamaan (1) menunjukkan semakin besar luas transfer panasnya (A) maka panas yang dipindahkan akan semakin besar. Seberapa besar manfaat pemasangan sirip ini bisa ditinjau dari unjuk kerja sirip yaitu dengan membandingkan panas yang dipindahkan, bila dipasang sirip dengan panas yang dipindahkan. Bila tidak dipasang sirip atau bisa juga dengan efisiensi sirip yaitu dengan membandingkan panas yang dipindahkan sebenarnya dengan panas yang dipindahkan seluruh permukaan sirip suhunya sama dengan suhu di permukaan sirip. Apabila bahan yang digunakan merupakan penghantar panas yang baik, maka perbedaan suhu di sepanjang sirip tidak terlalu besar. Bahan yang digunakan untuk alat penukar panas sangat berpengaruh terhadap proses perpindahan panas yang terjadi. Pada penelitian ini alat yang digunakan semula terbuat dari tembaga dengan pertimbangan tembaga mempunyai daya hantar panas yang besar. Tetapi setelah dilakukan ternyata untuk memasang siripnya perlu dipatri dengan timbal. Padahal timbal mempunyai daya hantar panas yang tidak baik, sehingga seolah-olah justru bertindak sebagai isolator. Akhirnya pada penelitian ini digunakan bahan kuningan, di mana pemasangan sirip dapat direkatkan dengan kuningan pula. Dengan demikian, tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh gambaran yang jelas hubungan antara pemasangan sirip dengan peningkatan jumlah panas yang dipindahkan.

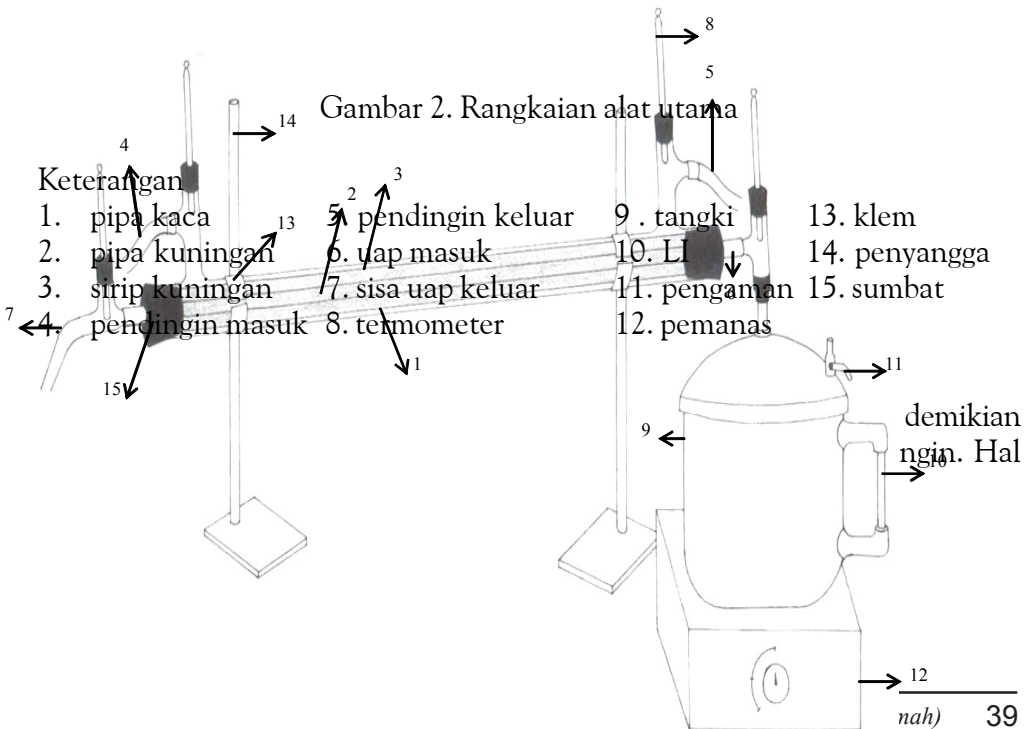
## **METODE PENELITIAN**

### **Bahan dan Alat**

Bahan utama yang dibutuhkan adalah air suling. Sedangkan alat yang digunakan adalah pemanas (uap) dan pendingin. Rangkaian alat yang digunakan ditunjukkan pada gambar 2.

### **Prosedur Penelitian**

Air suling dimasukkan dalam tangki pembangkit uap, kemudian dipanaskan. Uap yang terbentuk dialirkan dalam pipa yang ada dalam pendingin balik. Pipa dan sirip yang digunakan terbuat dari kuningan. Diameter pipa 1,1 cm, panjang sirip 20 cm, lebar sirip 1 cm dan tebalnya 0,8 cm. Air pendingin dialirkan dengan arah yang berlawanan dengan arah aliran uap. Setelah keadaan



Gambar 3. Diagram Blok Pelaksanaan Penelitian

### HASIL DAN PEMBAHASAN

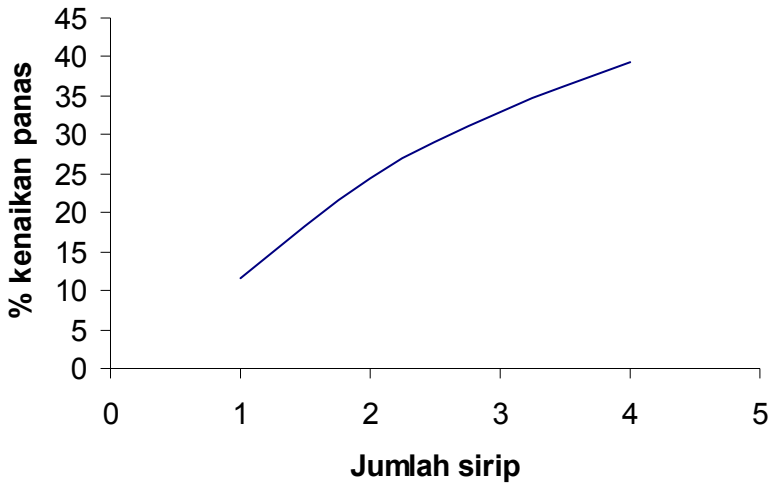
Dari data yang diperoleh dapat dihitung besarnya panas yang dipindahkan untuk masing-masing pipa dengan berbagai jumlah sirip dengan menggunakan persamaan (12). Hasil perhitungan ditunjukkan pada tabel 1.



Tabel 1. Panas yang Dipindahkan pada Berbagai Jumlah Sirip

Jumlah Sirip	Jumlah Embunan Gr/jam	Panas yang Dipindahkan (W)	Kenaikan Panas yang Dipindahkan (%)
0	1831	1065,4	
1	2041	1187,6	11,5
2	2281	1327,3	24,5
3	2431	1414,7	32,8
4	2551	1485,5	39,3

Dari tabel I dibuat grafik hubungan antara jumlah sirip dengan % kenaikan jumlah panas yang dipindahkan.



Gambar 3. Hubungan antara Jumlah Sirip dengan % Kenaikan Panas

Dari gambar 2 menunjukkan persentase pertambahan panas semakin besar dengan bertambahnya jumlah sirip. Namun demikian kecenderungan kaikannya berkurang dengan bertambahnya jumlah sirip. Slop kenaikan pada jumlah sirip 1 sampai 2 lebih besar dari pada slop kenaikan dari jumlah sirip 2 sampai 3, demikian juga untuk slop kenaikan dari 3 sampai 4. Hal ini disebabkan bertam-

bahnya hambatan konduksi akibat pemasangan sirip yang kurang rapi.

Unjuk kerja sirip dapat dihitung dengan membandingkan kemampuan luas permukaan tabung sebelum dipasang sirip untuk memindahkan panas dengan panas yang dilepas oleh sirip. Panas yang dilepas oleh sirip adalah selisih antara panas yang dilepas keseluruhan dikurangi panas yang dilepas tanpa sirip. Dari tabel 1 dapat dihitung banyaknya panas yang dilepas persatuan luas tabung sebelum dipasang sirip. Luas permukaan tabung tanpa sirip adalah  $124,457 \text{ cm}^2$ , sedangkan panas yang dipindahkan dari tabung adalah  $757,643 \text{ W}$ . Jadi kemampuan tabung untuk melepas panas adalah  $6,0876 \text{ W/cm}^2$ . Luas permukaan yang tertutup sirip adalah tebal sirip dikalikan panjang sirip yaitu  $1,6 \text{ cm}^2$ . Jadi luas permukaan tabung yang tertutup sirip dapat melepas panas sebesar  $9,7402 \text{ W}$ . Dengan menghitung panas yang dilepas oleh sirip, maka unjuk kerja sirip dapat dihitung. Hasil perhitungan disajikan dalam tabel 2.

Tabel 2. Unjuk Kerja Berbagai Jumlah Sirip

Dari tabel 2 menunjukkan bahwa pemasangan sirip di sini dapat menaikkan jumlah panas yang dipindahkan 9 kali lipat. Kenaikan ini bisa lebih besar jika sirip yang digunakan mempunyai hambatan panas yang kecil.

Neraca panas yang terjadi dalam sistem adalah panas yang dilepas uap sama dengan panas yang diterima air pendingin sehingga suhu air pendingin bertambah. Jumlah panas yang diterima air pendingin adalah  $Q = m \cdot c_p \cdot dt$ . Jumlah panas yang diterima air pendingin disajikan dalam tabel 3.

Tabel 3. Panas yang Diterima Pendingin

Jumlah Sirip	Panas Diterima Pendingin, W	% Panas Hilang
0	957,3	10,14
1	1007,7	15,15
2	1041,8	21,50
3	1096,8	22,50
4	1133,3	23,60

Dari tabel 3 menunjukkan bahwa semakin banyak sirip yang dipasang semakin besar jumlah panas yang hilang ke sekeliling. Hal ini disebabkan dengan bertambahnya sirip yang dipasang, maka suhu air pendingin bertambah tinggi. Oleh sebab itu, beda suhu antara permukaan kaca pendingin dengan suhu udara lingkungan juga semakin besar, sehingga panas yang hilang secara konveksi ke sekeliling juga bertambah sesuai dengan persamaan no 3.

## SIMPULAN

Dari hasil penelitian menunjukkan pemasangan sirip pada alat penukar panas jenis annulus bisa menaikkan kemampuan untuk memindahkan panas. Hal ini bisa ditunjukkan dari tabel 1, kenaikan untuk memindahkan panas mencapai 39.3 % pada pemasangan empat sirip serta unjuk kerja 9 (tabel 2). Pada penelitian ini pemasangan sirip tidak bisa dilakukan dengan sempurna sehingga peningkatan jumlah panas yang dipindahkan kurang maksimum. Kemampuan untuk meningkatkan jumlah panas yang dipindahkan masih bisa ditingkatkan dengan menggunakan bahan yang mempunyai sifat penghantar panas yang lebih baik serta pemasangan sirip yang lebih sempurna.

## DAFTAR PUSTAKA

- Fuadi. A.M.,dkk. 2001. “Perpindahan Panas Antara Dua Fluida Yang Tidak Campur (Minyak Solar dengan Air) dalasm Pipa Horisontal”, Prosiding *Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia*. Surabaya: ITS.
- Churchill, S.W., dan Ozoe, H. 1973. “Correllation for Laminar Forced Convection in Flow Over an Isothermal Flat Plate in Developing and Fully Developed Flow in Isothermal Tube”. *J. Heat Transfer*, Vol. 95, Hal. 46.
- Holman. J.P. 1988. *Perpindahan Kalor*, 6<sup>th</sup> ed. Jakarta: Erlangga.
- Ozisik, M.N. 1980. *Heat Conduction*. New York: John Willey and Sons, Inc.
- Perry, R.H., and Green, D.W. 1984. *Perry’s Chemical Engineer’s Handbook*, 6<sup>th</sup> ed. Tokyo: McGraww Hill Co.
- Sumbawa, I.K. dan Zubaidi, A. 2001. “Koefisien Transfer Panas Cair-Padat pada Padatan Berbentuk Bola dalam Kolom Fixed Bed”. Prosiding *Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia*. Surabaya: ITS.