

PENAMBAHAN DAN VARIASI DIMENSI SIRIP ALUMINIUM PADA TUBE TERHADAP LAJU DAN EFEKTIVITAS PERPINDAHAN PANAS DALAM HEAT EXCHANGER TIPE SHELL AND TUBE

Rohman T.¹, Hary Sutjahjono², Digdo Listyadi²

¹ Alumni Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

² Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

Jl. Kalimantan 37 Jember 68121

ABSTRACT

Heat exchanger is a device that serves to change temperature and the phase of fluid. By utilizing heat transfer between two fluids with different temperature from the higher temperature fluid to a lower temperature fluid. This study aims to determine the effect of the addition aluminum fins and dimensional variations on the effectiveness shell and tube heat exchanger. Heat Exchanger was tested by varying the dimensions of the aluminum fins on the tube from the tube without fins, fin tube with a length of 10 mm, 20 mm, and 30 mm. Tests carried out in counter flow so that the heat transfer rate will be better than the directional flow. Of the test will come out hot fluid temperature and cold fluid temperature out. The results showed decreases in the rate of heat transfer fins greater dimension and the dimension of the highest effectiveness without fins. The highest effectiveness is 25.85% in tube without fins. It can be concluded that the addition of fin in this research will reduce the effectiveness of the heat exchanger shell and tube type.

Keywords: Aluminum, effectiveness, fin dimension, heat exchanger

PENDAHULUAN

Heat exchanger adalah alat penukar kalor yang berfungsi untuk mengubah temperatur dan fasa suatu jenis fluida. Dalam aplikasinya, heat exchanger tipe shell and tube (selongsong dan pipa) lebih banyak dijumpai dibandingkan dengan jenis-jenis heat exchanger lainnya. Fluida yang satu mengalir melalui selongsong (shell) dan fluida lainnya mengalir melalui pipa-pipa kecil (tube). [1]

Dalam semua kasus rancang-bangun sistem termal yang melibatkan sistem konduksi-konveksi, selalu diupayakan untuk mendapatkan laju aliran kalor yang sebesar-besarnya. Hal ini dapat diperoleh di antaranya dengan menambah kekasaran permukaan perpindahan kalor, menambah alur, membuat pusaran, menambah sirip dan lain sebagainya[2].

Untuk pemilihan jenis material, dibutuhkan material yang berat jenisnya rendah dan memiliki konduktivitas termal yang tinggi. Selain memiliki berat yang ringan Aluminium juga memiliki konduktivitas panas yang lebih baik dibandingkan dengan baja dan besi. Konduktivitas tembaga paling besar diikuti kemudian dengan aluminium dan baja[3].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan dan variasi dimensi sirip (fin) berbahan aluminium pada tube terhadap efektivitas dari heat exchanger tipe shell and tube.

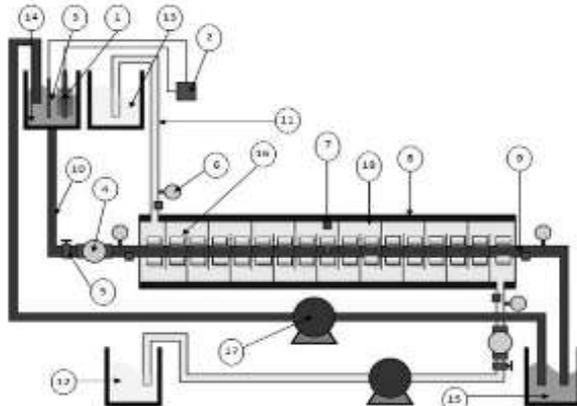
METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental. Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain: prototype heat exchanger tipe shell and tube, pompa air merk sunrise DB-125A, pipa PVC (0,5 inchi), pipa gas (0,5 inchi), gauge valve,

thermostat merk E.G.O temperatur maksimum 320°C, flow meter merk kondo N.B., heater (1400 Watt), stopwatch, terminal port, thermocouple (Jenis K dengan temperatur maksimal 300°C panjang sensor 2 cm), dan thermometer. Sedangkan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah air sebagai fluida dingin dan oli bekas sebagai fluida panas.

Skema alat uji dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1. Pengujian diawali dengan proses penyusunan peralatan, kemudian dilakukan proses pengambilan data yakni memasukkan tube tanpa sirip dengan menggunakan baffle cut 25% dan jarak baffle 6,58 cm ke dalam shell pada heat exchanger sebagai pembanding awal, memasang sensor thermocouple di bagian pangkal, tengah, ujung pada shell dan tube, menghubungkan sensor thermocouple ke thermometer. Setelah itu mengkondisikan volume air dan oli pada tandon masuk, mengatur kondisi temperatur masuk air pada temperatur 27°C dan oli pada temperatur 60°C (dengan menyalakan heater), kemudian mensirkulasikannya hingga mencapai suhu 60°C (suhu yang dikehendaki). Setelah itu membuka gauge valve air untuk mengalirkan air masuk kedalam shell. Setelah air dan oli mengalir dan kondisi aliran telah dianggap steady, maka dilakukan pencatatan debit aliran air (Q_a), debit aliran oli (Q_o), temperatur air masuk (T_{a1}), temperatur oli masuk (T_{o1}), temperatur air di tengah shell (T_{as}), temperatur oli di tengah tube (T_{ot}), temperatur air keluar (T_{a2}), temperatur oli keluar (T_{o2}). Setelah pengujian dengan variasi tube tanpa sirip selesai, kemudian dilakukan pengujian dengan

variasi-variasi yang lain yaitu mengganti *tube* dengan penambahan dan variasi dimensi sirip yang ke-1 (panjang: 1 cm; lebar: 4 cm; tebal: 0,1 cm), yang ke-2 (panjang: 2 cm; lebar: 4 cm; tebal: 0,1 cm), dan yang ke-3 (panjang: 3 cm; lebar: 4 cm; tebal: 0,1 cm), pada *tube*. Kemudian melakukan pengambilan data dari variasi-variasi tersebut dengan prosedur yang sama



Gambar 1. Skema alat uji

HASIL DAN PEMBAHASAN
Hasil Penambahan dimensi sirip

Hasil penambahan dimensi sirip longitudinal berbahan aluminium ditunjukkan pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 2. Hasil penambahan dimensi sirip

Hasil Penelitian

Data penelitian ini berupa data temperatur dan debit dari fluida air dan oli pada waktu 30 detik, 90 detik, dan 150 detik yang ditampilkan dalam tabel. Tabel 1-4 merupakan rata-rata hasil pengujian dengan dua kali pengulangannya.

Tabel 1. Hasil penelitian variasi *tube* tanpa sirip

No.	Waktu	T _{o1} (°C)	T _{o1} (°C)	T _{o2} (°C)	T _{a1} (°C)	T _{a3} (°C)	T _{a2} (°C)	Q _o (m ³ /s)	Q _a (m ³ /s)
1	30 detik	62.6	55	53.4	27	28.8	30	0.00022	0.00042
2	90 detik	62.4	54.6	53.3	27.2	29	30.5	0.00022	0.00042
3	150 detik	62.3	54.6	53.3	27.2	28.9	30.3	0.00022	0.00041

Tabel 2. Hasil penelitian variasi *tube* dengan penambahan sirip 10 mm

No.	Waktu	T _{o1} (°C)	T _{o1} (°C)	T _{o2} (°C)	T _{a1} (°C)	T _{a3} (°C)	T _{a2} (°C)	Q _o (m ³ /s)	Q _a (m ³ /s)
1	30 detik	61.1	56.3	54.4	27.9	28.5	30.3	0.00023	0.00047
2	90 detik	61.3	56.3	55.7	27.6	28.6	30.2	0.00022	0.00046
3	150 detik	61.2	56.8	55.4	27.3	28.8	30.2	0.00022	0.00046

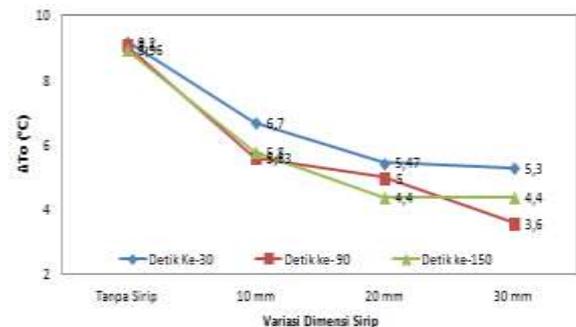
Tabel 3. Hasil penelitian variasi *tube* dengan penambahan sirip 20 mm

No.	Waktu	T _{o1} (°C)	T _{o1} (°C)	T _{o2} (°C)	T _{a1} (°C)	T _{a3} (°C)	T _{a2} (°C)	Q _o (m ³ /s)	Q _a (m ³ /s)
1	30 detik	61.8	59.8	56.3	28.3	28.4	30.5	0.00023	0.00043
2	90 detik	61.4	59.5	56.4	27.6	27.9	29.2	0.00022	0.00042
3	150 detik	60.7	59.6	56.3	27.2	27.8	29.8	0.00022	0.00043

Tabel 4. Hasil penelitian variasi *tube* dengan penambahan sirip 30 mm

No.	Waktu	T _{o1} (°C)	T _{o1} (°C)	T _{o2} (°C)	T _{a1} (°C)	T _{a3} (°C)	T _{a2} (°C)	Q _o (m ³ /s)	Q _a (m ³ /s)
1	30 detik	61.6	60.2	56.3	27.2	28.5	29.2	0.00022	0.00042
2	90 detik	61.2	60.5	57.6	28.2	28.9	29.5	0.00022	0.00042
3	150 detik	61.2	60.7	56.8	27.4	28.4	29.5	0.00022	0.00042

Data hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar dimensi sirip, maka harga ΔT_o (temperatur oli) akan semakin turun. ΔT_o terbesar terjadi pada variasi dimensi tanpa sirip. Pada gambar 3 dapat dilihat grafik pengaruh variasi dimensi sirip dari tube tanpa sirip, tube dengan sirip 10 mm, 20 mm, sampai 30 mm terhadap ΔT_o (selisih temperatur oli masuk dengan temperatur oli keluar) mengalami penurunan. Pada grafik tersebut ΔT_o terbesar terjadi pada tube dengan variasi dimensi tanpa sirip dengan prosentase penurunan temperatur oli sebesar 14,69% pada detik ke-30 dan ΔT_o terkecil terjadi pada tube dengan dimensi 30 mm pada detik ke-90 dengan prosentase penurunan sebesar 5,88%



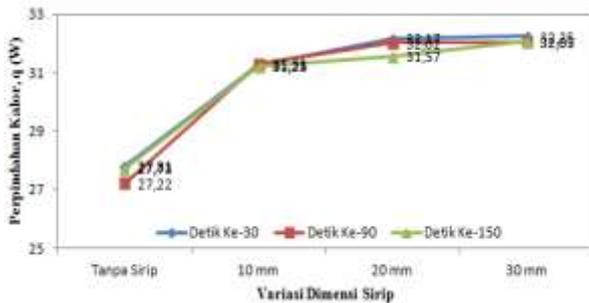
Gambar 3. Grafik pengaruh penambahan dan variasi dimensi sirip aluminium pada *tube* terhadap ΔT_o .

Dari grafik tersebut dapat disimpulkan hubungan dimensi sirip dengan ΔT_o bahwa semakin besar dimensi panjang sirip akan semakin kecil ΔT_o . Penyambungan antara sirip dan tube yang tidak sempurna meningkatkan tahanan thermal keseluruhan yang menyebabkan berkurangnya perpindahan panas. Sehingga hipotesa dari penelitian yang menyatakan laju perpindahan panas semakin tinggi, efektivitas perpindahan panas akan meningkat tidak terpenuhi. Thermal resistance

meningkat, overall coefficient heat transfer berkurang[4].

Hasil Perhitungan LMTD

Pada gambar 3 dapat dilihat bahwa pengaruh variasi dimensi sirip dari *tube* tanpa sirip, *tube* dengan sirip 10 mm, 20 mm sampai 30 mm terhadap laju perpindahan panas (metode LMTD) mengalami kenaikan. Pada grafik tersebut laju perpindahan panas terbesar terjadi pada dimensi tube dengan sirip 30 mm dan laju perpindahan panas terkecil terjadi pada dimensi tanpa sirip.



Gambar 4. Grafik pengaruh penambahan dan variasi dimensi sirip aluminium pada *tube* terhadap laju perpindahan panas (metode LMTD)

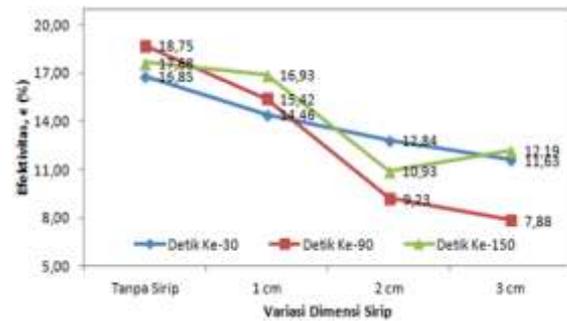
Dari grafik tersebut dapat disimpulkan hubungan dimensi sirip dengan laju perpindahan panas bahwa semakin besar dimensi sirip akan semakin besar laju perpindahan panas. Hal ini dikarenakan dimensi sirip yang semakin besar akan memperbesar luas permukaan perpindahan panas. Koefisien perpindahan panas menyeluruh juga akan meningkat sehingga laju perpindahan panas keseluruhan menjadi semakin besar. Laju perpindahan panas keseluruhan (LMTD) berbanding lurus dengan nilai koefisien perpindahan panas menyeluruh [5].

$$q = U \cdot A \cdot \Delta T_m$$

Laju perpindahan panas tertinggi yang diperoleh pada dimensi tube dengan sirip 30 mm sebesar 32,25 Watt pada detik ke-30 dan terendah pada dimensi tube tanpa sirip sebesar 27,22 Watt

Hasil Perhitungan NTU

Pada gambar 4 dapat dilihat bahwa pengaruh variasi dimensi sirip dari *tube* tanpa sirip, *tube* dengan sirip 10 mm, 20 mm sampai 30 mm terhadap efektivitas rancangan desain metode NTU. Pada grafik tersebut efektivitas perpindahan panas hasil rancangan desain dengan menggunakan metode NTU tertinggi terjadi pada dimensi tanpa sirip dengan prosentase sebesar 18,75% pada detik ke-30 dan yang terendah terjadi pada dimensi sirip 30 mm pada detik ke-90 dengan prosentase sebesar 7,88%.



Gambar 4. Grafik pengaruh penambahan dan variasi dimensi sirip aluminium pada *tube* terhadap efektivitas *heat exchanger* (metode NTU efektivitas)

Dari grafik tersebut dapat disimpulkan hubungan dimensi sirip dengan ϵ (efektivitas) bahwa semakin besar dimensi sirip akan semakin kecil ΔT_o . Penyambungan antara sirip dan tube yang tidak sempurna meningkatkan tahanan thermal keseluruhan yang menyebabkan berkurangnya perpindahan panas

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, dimensi sirip yang maksimal untuk mendapatkan efektivitas tertinggi adalah dimensi sirip yang paling kecil yaitu pada dimensi tanpa sirip. Nilai efektivitas tertinggi yang dapat dicapai pada dimensi tersebut sebesar 25,85% pada detik ke-90. Dengan hal tersebut maka semakin besar dimensi sirip aluminium akan menurunkan efektivitas perpindahan panas. Disebabkan karena penyambungan antara sirip dan tube yang tidak sempurna justru meningkatkan tahanan *thermal* keseluruhan yang menyebabkan berkurangnya perpindahan panas.

SARAN

Saran yang dapat diberikan oleh penulis dari hasil penelitian ini yaitu penyempurnaan sambungan pada sirip dan *tube* sehingga akan didapat hasil yang lebih efektif dari pada penyambungan yang tidak sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Angraini, Ekadewi. 2010 Pengaruh Penggunaan Baffle pada Shell and Tube Heat Exchanger. Surabaya: Universitas Kristen Petra
- [2] Winarno, Joko. 2011. Studi Eksperimental Pengaruh Jumlah dan Diameter Lubang pada Sirip Sekeliling Silinder Luar Terhadap Laju Perpindahan Kalor. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada
- [3] Muliando, Arif. 2011. Perbandingan Konduktivitas Tembaga, Baja, dan Aluminium. Mataram: Universitas Mataram
- [4] Ariana, 2010. Fouling Pada Heat Exchanger. Palembang: Universitas Sriwijaya.
- [5] Holman, J. P. 1991. *Perpindahan Kalor*. Jakarta: Erlangga.