

ANALISA BENTUK STRIP TERHADAP PROSES PERPINDAHAN PANAS PADA HEAT EXCHANGER PENDINGINAN UDARA

Sariyusda
Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe
Email : yusda_66@yahoo.com

Absrak

Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi dari suatu peralatan heat exchanger pendinginan udara atau disebut juga dengan Air Cooled Condensor yaitu dengan memperluas permukaan yang bersentuhan dengan udara.

Dalam penulisan ini heat exchanger berperan sebagai kondensor yang fungsinya yaitu untuk merubah gas refrigeran yang bertekanan dan bertemperatur tinggi, akibat pengkompresian dari kompresor menjadi bentuk cair, dengan jalan mendinginkannya oleh media pendingin udara yang dihembuskan pada kondensor untuk menyerap panas dari refrigeran yang kemudian dipancarkan keluar melalui sirip-sirip kondensor dengan menggunakan fan.

Pada kondensor pendinginan udara terdapat penukar panas koil bersirip (finned coil heat exchanger). Sirip berguna untuk membuang sebagian panas yang terjadi akibat proses didalam peralatan heat exchanger pendinginan udara dimana udara dihembuskan oleh fan secara cross flow. Sirip ini mempunyai bentuk segi empat, segi tiga dan cincin (gelang), sehingga akan menunjukkan mana yang lebih baik diantara bentuk-bentuk sirip tersebut jika ditinjau dari performance dari sirip yang sesuai dengan tujuan penukar panas ini untuk memperbesar luas perpindahan panas konveksi dan konduksi yang akan memperbaiki efisiensi atau daya guna dari peralatan heat exchanger.

Kata Kunci :Heat Exchanger, Efisiensi, Kondensor, Cross Flow, Finned coil heat exchanger

PENDAHULUAN

Heat exchanger (penukar panas) adalah suatu peralatan yang berfungsi memisahkan panas dari suatu fluida yang panas kepada fluida yang dingin melalui suatu dinding yang memisahkan kedua fluida tersebut.

Dilihat dari penggunaan atau fungsinya, sebutan untuk alat penukar panas tersebut diatas juga berbeda-beda diantaranya adalah:

- Exchanger adalah untuk mempertukarkan antara fluida panas yang diambil oleh aliran fluida dingin tanpa perubahan fasa.
- Heater (pemanas) adalah bila fluida dingin menerima panas atau menguapkan suatu aliran proses, terutama digunakan untuk memanaskan fluida proses, biasanya media pemanas digunakan uap-air (steam).
- Cooler (pendingin) adalah alat pendingin yang digunakan untuk mendinginkan fluida proses, biasanya yang digunakan sebagai media pendingin utama adalah air atau udara dingin yang dihembuskan ke arah pipa-pipa yang berisi fluida panas. Jadi cooler adalah alat

penukar panas yang mempertukarkan panas antara suatu aliran proses dengan air atau dara tanpa perubahan fasa.

- Kondenser adalah alat yang digunakan untuk menghilangkan panas laten dan bukan panas sensibel. Jadi kondenser adalah alat penukar panas dimana uap dari suatu aliran proses mengkondensasi.
- Reboiler adalah penukar panas yang berfungsi untuk menyediakan panas yang diperlukan dalam penyulingan berupa panas laten.

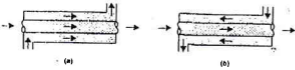
1.1 Klasifikasi Heat Exchanger

Beberapa tipe heat exchanger yang diklasifikasikan menurut susunan aliran fluidanya adalah:

- a. Double pipe exchanger (pipa ganda exchanger).

Pipa ganda exchanger pada dasarnya terdiri dari dua buah pipa kosentrik, satu fluida mengalir lewat pipa dalam dan fluida yang satu lagi mengalir lewat anulus antara pipa dalam dan pipa luar. Karena kedua aliran fluida melintasi penukar panas hanya sekali, maka susunan ini disebut

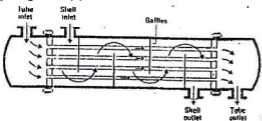
penukar panas satu lintas. Jika kedua fluida itu mengalir dalam arah yang sama, maka penukar panas ini bertipe aliran searah (parallel flow) seperti terlihat pada gambar (1.a) dan jika fluida tersebut mengalir dalam arah berlawanan, maka penukar panas bertipe aliran lawan (counter flow) seperti gambar (1.b).



Gambar 1. Double pipe exchanger.

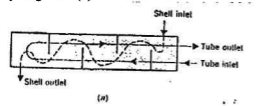
b. Shell and Tube Exchanger

Jenis ini banyak dipakai dalam industri kimia, pada penukar panas ini fluida yang satu mengalir didalam tabung sedangkan fluida yang satu lagi dialirkan melalui selongsong melintasi luar tabung dan dengan demikian menyebabkan perpindahan panas lebih tinggi, maka didalam selongsong dipasang sekat-sekat (baffles) seperti terlihat pada gambar (2).

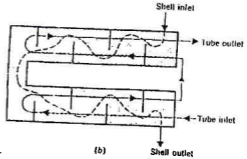


Gambar 2. Shell and tube Exchanger

Konstruksi dari pada penukar panas ini dapat menggunakan satu atau dua lintas dalam tabung, seperti gambar (3).



Gambar 3.a. Satu tabung dan dua laluan tube

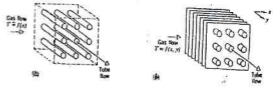


Gambar 3.b. Dua tabung dan empat laluan tube.

c. Cross Flow Heat Exchanger

Penukar panas cross flow (aliran silang) banyak dipakai dalam pemanasan dan pendinginan udara atau gas. Penukar panas jenis ini dapat dilihat pada gambar 4.a yang terdiri dari:

- Mixed Stream (arus campur) yaitu fluida yang mengalir melintasi tabung.
- Unmixed Stream (arus tak campur) yaitu fluida dalam tabung.



Gambar 4. (a) Satu aliran campur dan lain tak campur. (b) Fluida tak campur.

Penukar panas aliran silang lainnya yang ditunjukkan pada gambar 4.b. Dalam hal ini gas mengalir melewati berkas tabung bersirip dan karena terkurung didalam saluran-saluran diantara sirip-sirip, maka tidak bercampur pada waktu mengalir. Penukar panas ini merupakan jenis yang khas dipakai dalam pendinginan udara.

1.2 Latar Belakang

Pada suatu peralatan penukar panas, panas yang dihantarkan melalui proses konveksi dan konduksi. Juga dalam alat penukar panas diterapkan susunan tabung bersirip (finned tube) untuk membuang panas yang berasal dari fluida panas. Perpindahan panas dari fluida cair ke pipa bersirip berlangsung dengan cara konveksi yaitu perpindahan panas antara suatu permukaan dengan suatu fluida dimana diantara keduanya ada perbedaan suhu. Panas yang dibuang dihantarkan

melalui bahan dan akhirnya dilepaskan ke lingkungan melalui konveksi.

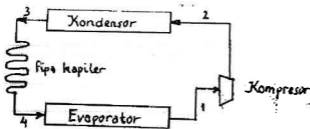
Sirip-sirip seringkali digunakan didalam peralatan penukar panas dengan tujuan untuk memperbesar luas perpindahan panas koveksi, sehingga dengan demikian akan memperbaiki daya guna peralatan tersebut.

Pada peralatan penukar panas yang merupakan pendinginan udara adalah kondenser dengan aliran silang seperti pada gambar 4.b atau disebut juga sebagai Air Cooled Condensor. Kondenser ini sebagai penukar panas mempunyai sirip-sirip dan melekat pada koil yang didalamnya mengalir bahan refrigeran sebagai fluida pendingin. Hal ini dimaksudkan untuk memperluas permukaan yang bersentuhan dengan udara.

Perpindahan panas yang terjadi pada kondenser adalah secara konveksi dan konduksi. Perpindahan panas secara konveksi terjadi antara dinding koil bagian luar terhadap udara atmosfer, sedangkan perpindahan panas secara konduksi terjadi antara sisi bagian dalam kondenser terhadap bagian luarnya atau melalui dinding.

1.3 Prinsip Heat Exchanger

Pada makalah ini diambil kondenser pendinginan udara pada AC window yang skemanya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 5. Skema Kompresi uap

Kondenser dengan fungsinya untuk merubah gas refrigeran yang bertekanan dan bertemperatur tinggi akibat pengkompresian dari kompresor menjadi bentuk cair, dengan jalan mendinginkannya oleh media pendingin udara yang dihembuskan pada kondenser untuk menyerap panas dari refrigeran, yang kemudian dipancarkan keluar melalui sirip-sirip kondenser dengan menggunakan fan.

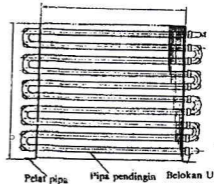
Bermacam-macam bentuk sirip yang digunakan dalam alat penukar panas untuk pendinginan udara adalah sirip pelat yang berbentuk segi empat, sirip segitiga dan sirip cincin (gelang).

2. POKOK PERMASALAH DAN METODELOGI

2.1. Pokok Permasalahan

Pada makalah ini penulis akan membahas Analisa Bentuk Sirip terhadap proses perpindahan panas pada Heat Exchanger Pendinginan Udara pada AC Window untuk aliran cross flow.

Pada dasarnya kondenser pendinginan udara terdiri dari koil yang didalamnya dialirkan uap refrigeran, udara sebagai media pendingin kondenser dihembuskan keluar (ke udara atmosfer) melalui celah-celah sirip pada koil tersebut. Seperti dapat dilihat pada gambar (2.1).



Gambar 2.1. Kondenser Pendinginan Udara

Udara mengalir dengan arah tegak lurus pada bidang pendinginan, gas refrigeran yang bertemperatur tinggi masuk kebagian atas dari koil dan secara berangsur-angsur mencair dalam alirannya kebagian bawah koil.

Perpindahan panas dari koil yang terdapat sirip tersebut akan dihantarkan dari dalam dengan pendinginan udara ke atmosfer, sehingga bentuk sirip yang mana lebih baik sesuai dipakai untuk menghasilkan performance atau efisiensi sirip yang baik.

Untuk memperjelas analisa perbandingan penggunaan bentuk sirip yang sesuai, maka diambil contoh data sebagai perhitungan seperti dibawah ini:

- Temperatur kondenser: 48°C (120°F)
- Temperatur evaporator: 7,5°C (47°F)
- Bahan refrigeran: R 22

2.2 Metode Penulisan

Metode penulisan didasarkan atas telaah kepustakaan seta data-data yang relevan dengan permasalahan penggunaan pemakaian bentuk sirip pada peralatan kondensor pendinginan udara.

TEORI DASAR

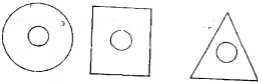
Untuk memperjelas peralatan mengenai bentuk-bentuk sirip pada peralatan penukar panas pendinginan udara yang dimisalkan adalah kondensor pendinginan udara. Maka untuk ini haruslah didasarkan dengan teori-teori yang berkenaan dengan permasalahan tersebut.

Menurut JP. Holemen untuk meningkatkan efisiensi dari suatu peralatan penukar panas dapat menggunakan beberapa cara anata lain dengan cara memperluas permukaan yang bersentuhan dengan udara yang disebut dengan sirip-sirip yang juga berguna untuk membuang sebagian panas yang terjadi akibat proses didalam peralatan penukar panas.

Menurut DQ. Kern dan Allan D. Kraus berbagai jenis bentuk sirip untuk peraltn penukar panas dapat dibedakan dalam bebarapa model. Jenis tersebut adalah sebagai berikut:

- Sirip pelat berbentuk segi empat.
- Sirip segi tiga.
- Sirip cincin (gelang).

Bentuk sirip-sirip tersebut adalah seperti gambar dibawah ini.



Gambar 3.1 Bentuk-bentuk sirip

Menurut Carrier WH. Hand Book of Air Conditioning System Design, maka untuk menentukan temperatur kondensor dan mendapatkan efisiensi yang baik, maka perbedaan temperatur kondensor dengan temperatur udara bebas adalah sebesar 15-35°F. Kondensor pendinginan udara ini diletakkan di udara bebas yang bertemperatur 34°C.

$$\Delta t_k - t_s = (15 - 35)^\circ F$$

$$T_s = 34^\circ C$$

Maka:

$$\Delta t_k - t_s = 27^\circ F$$

$$T_s = 34^\circ C (93^\circ F)$$

Sehingga:

$$\text{Temperatur kondensor, } t_k = 120^\circ F$$

Untuk menentukan temperatur evaporator, terlebih dahulu diketahui kondisi ruangan yang nyaman:

$$T_{DB} = (24 - 26)^\circ C$$

$$RH = (45 - 55)\%$$

Maka:

$$T_{DB} = 25^\circ C (77^\circ F)$$

$$RH = 50\%$$

Menurut Jordan RC. Refrigeration and Air Conditioning didapat room temperatur minus coil refrigeran 30°F, sehingga temperatur evaporator adalah 7,5 °C (47°F).

Untuk menghitung jumlah panas yang harus dibuang oleh kondensor pendinginan udara, maka harus dihitung dulu besar-besaran pada diagram P-h untuk bahan R 22.

Alasan pengambilan Refrigeran 22 adalah:

- Efektif pendingin lebih besar.
- Massa yang bersirkulasi lebih kecil.
- Konduktivitas termal tinggi.
- Tekanan penguapan cukup tinggi.
- Panas laten lebih besar.

Jumlah panas yang harus dibuang kondensor:

$$Q = m(h_2 - h_3) \dots \dots \dots \text{Lit. 6, hal 20}$$

Dimana:

m = Laju aliran massa refrigeran (lb/hr).

h_2 = Enthalpi pada temperatur kondesor masuk (Btu/lb).

h_3 = Enthalpi pada temperatur kondensor keluar (Btu/lb)

Koefisien perpindahan panas sisi refrigeran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$h_f = 0,026 \frac{k_f}{D_i} P_r^{1/3} \dots \dots \dots \text{Lit. 2, hal 225.}$$

Dimana:

k_f = Konduktivitas thermal uap refrigeran (Btu/hr.ft.°F)

D_i = Diameter dalam coil (ft)

Pr = Bilangan Prandtl

Re_c = Bilangan Reynold dalam coil.

Bilangan Reynold dalam coil dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$Re_i = \frac{Di}{\mu f} \cdot \frac{m}{A} \dots \text{Lit. 2, hal 232}$$

Dimana:

m = Laju aliran massa refrigeran (lb/hr)

A = Luas permukaan koil bagian dalam (ft^2)

Koefisien perpindahan panas luar pipa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$h_o = C \cdot \frac{k}{Do} \cdot Re_o^n \cdot Pr^{1/3} \dots \text{Lit.3, hal. 245.}$$

Dimana:

k = Konduktivitas thermal udara (Btu/hr.ft.°F)

C, n = Konstanta

Pr = Bilangan Prandtl

Do = Diameter luar koil (ft).

PEMBAHASAN

4.1 Perpindahan panas pada kondensor.

Sesuai dengan tugas makalah ini, maka kondensornya adalah kondensor pendinginan udara yang terdiri dari koil pipa pendinginan bersirip pelat dengan aliran cross flow.

Seperti telah disebutkan pada bab dimuka bahwa perpindahan panas yang terjadi pada kondensor adalah secara konduksi dan konveksi. Perpindahan secara konduksi terjadi antara sisi bagian dalam kondensor terhadap bagian luarnya, sedangkan perpindahan panas secara konveksi terjadi antara refrigeran dengan dinding yang sebelah dalamnya dan antara dinding koil bagian luar terhadap udara atmosfer.

4.1.1 Jumlah panas yang harus dibuang

Dari diagram P-h didapat besaran-besaran:

$m = 300$ lb/hr.

$h_2 = 121$ Btu/hr.

$h_1 = 108$ Btu/hr.

$h_3 = 44$ Btu/hr.

maka jumlah panas yang harus dibuang:

$$Q = 300 \cdot (121 - 44)$$

$$= 23100 \text{ Btu/hr.}$$

4.2 Analisa Perpindahan panas

4.2.1 Koefisien perpindahan panas sisi refrigeran

Untuk perhitungan perpindahan panas sisi refrigeran dengan menggunakan persamaan diatas yang memakai R 22, maka bahan pipa yang cocok dipakai adalah jenis tembaga (copper), alasan dipakai jenis tembaga karena tembaga tidak korosif, lunak dan liat sehingga mudah untuk dililit dan konduktivitas thermal yang tinggi.

Dari tabel standar untuk ukuran diameter koil tembaga yaitu:

Out side diameter (OD) = 0,625 inc (0,0521 ft).

In side diameter (ID) = 0,569 inc (0,0474 ft).

Tebal pipa (tp) = 0,028 inc (0,0023 ft).

Jumlah fin (n) = 8 sirip/inc

Tebal sirip (ts) = 0,017 inc (0,001417 ft).

Luas permukaan koil bagian dalam dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot Di^2$$

Maka:

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot (0,0474)^2$$

$$A = 0,001765 \text{ ft}^2$$

Bilangan Reynold untuk koil bagian dalam:

$$Re_i = \frac{0,0474}{\mu f} \cdot \frac{300}{0,001765}$$

$$= \frac{8056,7}{\mu f}$$

Jika diasumsikan temperatur dinding dalam koil setelah mengalami temperatur drop $tw_i = 100^\circ F$, maka didapat temperatur film:

$$Tf = \frac{tk + tw_i}{2} \dots \text{Lit. 4, hal. 215}$$

Maka:

$$Tf = \frac{120 + 100}{2}$$

Sifat-sifat refrigeran R 22 pada temperatur ini:

$kf = 0,00704$ Btu/hr.ft.°F

$\mu f = 69,78$ lb/ft²

$\rho f = 0,0135$ cp (0,0327 lb/ft.hr).

$Cp = 0,201$ Btu/lb.°F

Untuk bilangan Reynold:

$$Re_i = \frac{8056,7}{0,0327}$$

$$= 246380,95$$

Bilangan Prandtl:

$$Pr = \frac{Cp \cdot \mu f}{kf} \dots \text{Lit. 4, hal.37}$$

Dimana:

Cp = Kalor spesifik fluida (Btu/lb°F).

μf = Viskositas fluida (lb/ft.hr).

kf = Konduktivitas thermal refrigeran (Btu/ft.hr.°F).

$$Pr = \frac{0,201 \cdot 0,0327}{0,00704}$$

$$= 0,934$$

Sehingga koefisien perpindahan panas sisi refrigeran didapat:

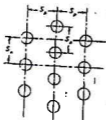
$$h_i = 0,026 \cdot \frac{0,00704}{0,0474} \cdot (0,934)^{1/3} \cdot (246380,95)^{0,8}$$

$$= 77,65 \text{ Btu / ft.hr.}^\circ F.$$

4.2.2. Koefisien perpindahan panas pada permukaan luar

Kondensor pendinginan udara ini akan dipilih susunan koil dengan susunan staggered (selang-seling), hal ini karena susunan staggered akan menghasilkan koefisien perpindahan panas yang lebih baik dan dapat menyediakan lebih banyak luas permukaan perpindahan panas.

Untuk susunan sirip digunakan adalah tegak lurus terhadap arah panjang koil kondensor dengan kata lain searah dengan aliran udara yang dihisap melewati sirip dan koil.



Gambar 4.2 Susunan koil.

Jarak penyusunan tiap koil direncanakan sebagai berikut:

$$S_n = 3 \cdot OD \dots \text{Lit. 3, hal. 245}$$

$$S_p = 1,5 \cdot OD$$

Dimana:

$$OD = \text{Diameter Luar} = 0,625 \text{ inc (0,0521 ft)}.$$

Maka:

$$S_n = 3 \cdot 0,625$$

$$= 1,875 \text{ inc (0,156 ft)}.$$

$$S_p = 1,5 \cdot 0,625$$

$$= 0,933 \text{ inc (0,078 ft)}.$$

Pada pendinginan permukaan luar, maka harus dihitung bilangan Reynold dengan persamaan:

$$Re_o = \frac{V \cdot OD}{\nu} \text{ Lit. 3. hal.240}$$

Dimana:

V = Kecepatan udara melewati koil (ft/dt).

ν = Viskositas dinamis (ft^2/dt).

Kecepatan udara melewati koil dapat dihitung dengan persamaan:

$$V = v \cdot \frac{S_n}{S_n - OD}$$

Dimana:

v = Kecepatan udara suplai (m/dt).

$$= (1 - 2,5) \text{ m/dt.} \dots \text{Lit. 1, hal. 154.}$$

$$= 2,5 \text{ m/dt (8,202 ft/dt) diambil}$$

Maka:

$$V = 8,202 \cdot \frac{0,156}{0,156 - 0,0521}$$

$$= 12,32 \text{ ft/dt.}$$

Sehingga:

$$Re_o = \frac{12,32 \cdot 0,0521}{\nu}$$

Untuk mendapatkan temperatur film dari uap refrigeran, maka perlu diketahui temperatur dinding luar koil. Menurut kesetimbangan energi, temperatur dinding luar koil dapat digunakan persamaan:

Panas konveksi luar = Panas konduksi = Panas konveksidalam

$$h_o \cdot A_o \cdot (t_{w_o} - t_o) = \frac{k \cdot 2 \cdot \pi \cdot (t_{w_i} - t_{w_o})}{\ln \frac{OD}{ID}}$$

$$h_i \cdot A_i \cdot (t_k - t_{w_i}) \dots \text{Lit. 6, hal. 222.}$$

Dimana:

k = Konduktivitas thermal tembaga (Btu/ft.hr. $^\circ F$).

$$A_i = \pi \cdot ID \cdot 12$$

$$= \pi \cdot 0,569 \cdot 12$$

$$= 21,451 \text{ inc}^2/\text{ft}$$

Temperatur dinding koil luar berdasarkan rumus keseimbangan timbangan energi diatas:

$$\frac{220,73 \cdot 2 \cdot \pi \cdot (100 - t_{w_o})}{\ln \left(\frac{0,625}{0,569} \right)}$$

$$= 77,65 \cdot 21,451 \cdot (100 - 100)$$

$$14774,36 (100 - t_{w_o}) = 33313,403$$

$$14774,36 \cdot t_{w_o} = 144122,98$$

$$t_{w_o} = 98^\circ F.$$

Sifat-sifat udara pada temperatur:

$$\frac{98 + 93}{2} = 95,5^\circ F.$$

Adalah:

$$k = 0,0156 \text{ Btu/ft.hr.}^\circ F.$$

$$Pr = 0,70642$$

$$V = 17,55 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{dt} \quad (1,89 \times 10^{-4} \text{ ft}^2/\text{dt})$$

Maka bilangan Reynold:

$$Re_o = \frac{0,642}{1,89 \times 10^{-4}} = 3396,15$$

Sehingga harga Re_o adalah tumbulen, maka dipakai persamaan:

$$h_o = C \cdot \frac{k}{OD} \cdot Re_o^n \cdot Pr^{1/3}$$

Dimana harga C dan n berdasarkan JP. Holmas, Perpindahan panas halaman 246 didapat untuk range $Re_o=40-4000$:

$$C = 0,683$$

$$n = 0,466$$

maka:

$$h_o = 0,683 \cdot \frac{0,0756}{0,0521} \cdot (3396,15)^{0,466} \cdot (0,70642)^{1/3} = 8,051 \text{ Btu/ft. hr. } ^\circ\text{F}$$

Pada makalah ini diambil jumlah row (baris koil) = 4, sehingga perbandingan h untuk baris N untuk tabung selang-seling = 0,89, maka:

$$\frac{h_o}{N} = 8,051$$

$$h_o = 8,051 \cdot N$$

$$= 8,051 \cdot 0,89$$

$$= 7,17 \text{ Btu/ft. hr. } ^\circ\text{F.}$$

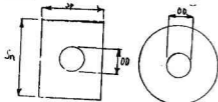
4.3. Efisiensi Sirip

Untuk menentukan efisiensi sirip, apabila koil yang bersirip digunakan untuk mendinginkan udara, maka titik-titik yang jauh dari dasar akan lebih panas dibandingkan dengan titik-titik yang dekat dengan dasarnya. Akibatnya pada bagian sirip yang suhunya lebih tinggi, lebih sedikit panas yang dipindahkan dibandingkan jika seluruh sirip ada pada suhu dasar sirip.

Seperti telah disebutkan diatas bentuk sirip yang dianalisa adalah bentuk sirip segi empat, sirip segi tiga dan sirip cincin (gelang).

4.3.1 Bentuk sirip segi empat.

Untuk bentuk sirip segi empat dapat dihitung efisiensi sirip yang sama dengan bentuk sirip cincin.



$$\begin{aligned} Sn &= 0,156 \text{ ft} \\ ts &= 0,017 \text{ in} \quad (0,00142 \text{ ft}). \\ OD &= 0,0521 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Re &= \text{Jari-jari luar} \\ &= \frac{1}{2} \cdot Sn \\ &= \frac{1}{2} \cdot 0,156 \\ &= 0,078 \text{ ft.} \\ y &= \text{Setengah tebal sirip} \\ &= \frac{1}{2} \cdot Ts \\ &= \frac{1}{2} \cdot 0,00142 \\ &= 0,00071 \text{ ft.} \\ r_i &= \text{Jari jari luar koil} \\ &= \frac{1}{2} \cdot OD \\ &= \frac{1}{2} \cdot 0,0521 \\ &= 0,0261 \text{ ft} \end{aligned}$$

Maka:

$$(r_e - r_i) \sqrt{\frac{h_o}{ky}} \dots \text{Lit. 6, hal. 228}$$

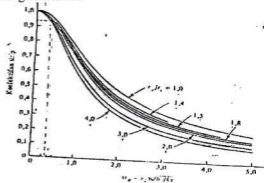
$$= (0,078 - 0,0261) \sqrt{\frac{7,17}{220,73 \cdot 0,00071}} = 0,351$$

$$\frac{re}{ri} = \frac{0,078}{0,0261}$$

$$r_e/r_i = 2,989$$

$$r_e/r_i = 2,989$$

Maka dari diagram keefektifan sirip akan didapat harga efisiensi.



Gambar 4.3 Keefektifan sirip gelang

Efisiensi sirip segi empat (cincin) : $\eta_s = 0,93$

4.3.2 Bentuk sirip segi tiga

Efisiensi sirip merupakan fungsi dari:

$$L_c^{3/2} \left(\frac{h_o}{k \cdot Am} \right)^{1/2} \dots \text{Lit. 3, hal 43.}$$

Untuk sirip segi tiga:

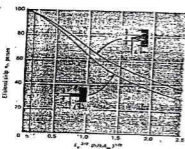
$$\begin{aligned} L_c &= L + t/2 \\ &= 1/2(Sn - OD) + t/2 \\ &= 1/2(3 \cdot OD - OD) + t/2 \\ &= OD + t/2 \\ &= 0,0521 + 0,00142/2 \\ &= 0,0514 \text{ ft (0,016 m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Am &= t \cdot L_c \\ &= 0,00142 \cdot 0,0514 \\ &= 7,5 \times 10^{-5} \text{ ft}^2 \quad (2,29 \times 10^{-5} \text{ m}^2) \\ k &= 220,74 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{Jr} \cdot ^\circ\text{F} \quad (382,02 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}) \end{aligned}$$

sehingga:

$$(0,016)^{3/2} \left(\frac{40,71}{382,02 \cdot 2,29 \times 10^{-5}} \right)^{1/2} = 0,14$$

Dari diagram grafik dibawah ini akan didapat efisiensi sirip.



Gambar 4.4. Keefektifan sirip segi tiga

Effisiensi sirip segi tiga: $\eta_s = 0,97$

Apabila dilihat perbandingan efisiensi dari bentuk sirip terhadap perpindahan panas, maka lebih baik efisiensi sirip segi tiga dibandingkan sirip segi empat. Akibat pemasangan konstruksi pada pendinginan udara AC window sangat sulit, maka bentuk segi tiga jarang digunakan, sehingga banyak dipakai bentuk sirip segi empat, karena mudah dalam pemasangan konstruksinya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Arismunandar Wiranto, Prof, Saito Heizo, Penyegaran Udara, Pradnya Paramita, Jakarta, 1981.

2. Arora CP, Refrigeran and Air Condition, Second Reprint, Tata Mc. Graw Hill Publishing Company Limited.
3. Holman JP, Terjemahan, Ir. E. Jaffi, 1984, Perpindahan Panas, Edisi kelima, Erlangga, Jakarta.
4. Kern DQ, Process Heat Transfer, International Student Edition Mc Graw Hill International Book Company, New York 1986.
5. Kern DQ, Kraus Allan D, Extended Surface Heat Transfer, Mc. Graw Hill Book Company, 1972.
6. Stoecker WF, JW Jones, Terjemahan Supratman, Hara, Refrigerasi dan Pengkondisian Udara, Edisi kedua, Erlangga, Jakarta. 1987.