

## M6-005 Efisiensi dan Efektivitas

### Sirip Berbentuk Balok Kasus 3d Keadaan Tunak

PK Purwadi

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Sanata Dharma

Mrican, Tromol Pos 29 Yogyakarta 55002, Indonesia

Phone: 0274-513301, Fax: 274-562383, E-mail : [pur@mailcity.com](mailto:pur@mailcity.com)

### ABSTRAK

Tujuan penelitian ini untuk (1) mendapatkan grafik hubungan efisiensi sirip  $\eta$  dengan nilai koefisien perpindahan kalor konveksi  $h$  (2) mendapatkan grafik hubungan efektivitas sirip  $\epsilon$  dengan nilai koefisien perpindahan kalor konveksi  $h$  (3) mendapatkan informasi pengaruh dimensi sirip terhadap efisiensi dan efektivitas dan (4) mendapatkan informasi pengaruh bahan terhadap efisiensi dan efektivitas sirip. Tinjauan dilakukan pada keadaan tunak untuk sirip dengan 3 arah aliran kalor konduksi(kasus 3d).

Pada penelitian ini, bentuk sirip dipilih berbentuk balok, dengan dimensi panjang  $L$ , lebar  $w=0,8L$  dan tebal  $t=0,4L$ . Panjang sirip  $L$  dipilih beberapa nilai : 5 cm, 2 cm, 1,5 cm dan 0,5 cm. Penyelesaian dilakukan secara numerik dengan mempergunakan metode beda-hingga. Suhu dasar sirip diasumsikan seragam sebesar  $T_b$ , (dapat dipilih sembarang). Suhu fluida di sekitar sirip merata sebesar  $T_\infty$  (dapat dipilih sembarang). Nilai koefisien perpindahan kalor konveksi  $h$  di sekitar sirip dianggap merata. Variasi nilai  $h$  diambil pada nilai :  $0 < h \leq 10.000$ . Sifat bahan sirip dianggap homogen. Bahan sirip dari logam dengan nilai  $k$  dipilih pada nilai :  $27 \leq k \leq 386$ , (di pilih bahan : perunggu, besi, alumunium dan tembaga). Aliran kalor konduksi di dalam sirip berlangsung dalam 3 arah, arah  $x$ , arah  $y$  dan arah  $z$ .

Penelitian memberikan hasil : (1) semakin tinggi nilai  $h$ , efisiensi sirip semakin rendah (2) semakin tinggi nilai  $h$ , efektivitas sirip semakin rendah (3) dengan mengambil perbandingan dimensi sirip yang sama, semakin kecil ukuran dimensi sirip, nilai efisiensi dan efektivitas sirip semakin tinggi (4) semakin tinggi nilai konduktivitas termal bahan sirip atau nilai  $k$ , semakin tinggi efisiensi dan efektivitas siripnya. Untuk nilai koefisien perpindahan kalor konveksi  $h$  yang rendah, misalnya untuk  $h < 500 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ , dengan ukuran sirip  $L=0,5$  cm,  $w=0,4$  cm dan  $t=0,2$  cm, bahan sirip dengan nilai konduktivitas termal  $k$  :  $27 < k < 386$ , nilai efektivitas sirip  $\epsilon$  yang dihasilkan cukup tinggi,  $\epsilon > 6$ . Demikian juga dengan nilai efisiensi sirip  $\eta$ ,  $\eta > 70\%$ . Semua hasil penelitian dalam bentuk grafik, tersaji di dalam artikel ini.

Kata kunci: efisiensi, efektivitas, sirip, beda-hingga, tunak

## 1. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Untuk mempercepat proses pendinginan, umumnya benda yang akan didinginkan dipasang sirip. Dengan adanya sirip, luas permukaan benda yang bersentuhan dengan fluida pendingin semakin besar. Diharapkan proses perpindahan kalor yang berlangsung secara konveksi menjadi besar, dan proses pendinginan benda akan menjadi cepat.

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

*Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009*

Contoh pemasangan sirip dapat dilihat pada : prosesor komputer, silinder ruang bakar motor bakar dan pada alat penukar kalor lainnya, seperti misalnya : radiator, evaporator dan kondenser. Dengan adanya sirip yang di pasang pada prosesor komputer, kondisi *hang* dapat dihindarkan demikian juga kondisi "mengunci" pada silinder ruang bakar. Dengan adanya sirip pada evaporator mesin AC, dimensi mesin AC menjadi lebih ringkas dan kondisi udara di dalam ruangan dapat dihasilkan sesuai dengan yang diinginkan.

Dalam perancangan sirip, hal yang perlu diketahui adalah nilai efisiensi sirip dan efektivitas sirip. Dengan diketahui nilai efisiensi sirip, maka dapat diketahui besar laju aliran kalor sesungguhnya yang mampu dilepas sirip. Sedangkan dengan diketahui nilai efektivitas sirip, dapat diketahui, berapa besar peningkatan kalor yang dapat dilepaskan benda bersirip, terhadap benda tak bersirip. Untuk mendapatkan nilai efisiensi sirip, dapat diperoleh dari grafik yang berlaku. Beberapa peneliti telah menyajikan hasil penelitiannya dalam bentuk grafik hubungan antara efisiensi dengan nilai koefisien perpindahan kalor konveksi  $h$ , nilai konduktivitas termal  $k$  dan dimensi sirip. Dengan diketahui nilai efisiensi sirip, dapat pula diketahui nilai efektivitas sirip.

Pada kasus 1D (aliran kalor konduksi pada sirip hanya dalam 1 arah), hasilnya dapat dilihat pada beberapa buku perpindahan kalor (Holman JP, Cengel, dll). Holman JP, menyajikan grafik hubungan antara efisiensi sirip  $\eta$  dengan  $(L+t/2)^{3/2}(h/(kAm))^{1/2}$  dengan  $Am=Lt$  (profil segiempat) dan  $Am=Lt/2$  (profil segitiga). Cengel menyajikan grafik hubungan antara efisiensi sirip  $\eta$  dengan  $\epsilon$ , dengan nilai :  $\epsilon=(L+t/2)(h/(kt))^{1/2}$  (profil segiempat),  $\epsilon=L(2h/(kt))^{1/2}$  (profil segitiga) dan  $\epsilon=(L+D/4)(2h/(kD))^{1/2}$  (sirip duri berpenampang lingkaran). Semua penelitian tersebut dilakukan pada keadaan tunak, diselesaikan secara analitis dan dengan beberapa asumsi.

Dengan latar belakang tersebut di atas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan kasus yang dikembangkan, dari kasus 1D ke kasus 3D. Tinjauan kasus 3D diharapkan dapat memberikan hasil perhitungan efisiensi dan efektivitas lebih akurat, karena aliran kalor konduksi yang terjadi pada sirip sesuai dengan kenyataan yang terjadi (arah x, arah y dan arah z). Selain itu, dengan tinjauan kasus 3D, perancangan sirip dapat dipilih dengan bentuk seperti yang diinginkan (misalnya, tidak harus tipis, tidak harus panjang, tidak harus berdimensi besar, dll). Selain dapat dipergunakan sebagai referensi, hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu seseorang jika ingin melakukan perancangan sirip.

## 1.2 Tujuan Penelitian.

Tujuan penelitian ini untuk (1) mendapatkan grafik hubungan efisiensi sirip  $\eta$  dengan nilai koefisien perpindahan kalor konveksi  $h$  (2) mendapatkan grafik hubungan efektivitas sirip  $\epsilon$  dengan nilai koefisien perpindahan kalor konveksi  $h$  (3) mendapatkan informasi pengaruh dimensi sirip terhadap efisiensi dan efektivitas dan (4) mendapatkn informasi pengaruh bahan terhadap efisiensi dan efektivitas sirip. Tinjauan dilakukan pada keadaan tunak dan dengan aliran kalor konduksi pada sirip dalam 3 arah.

## 2. Batasan Masalah

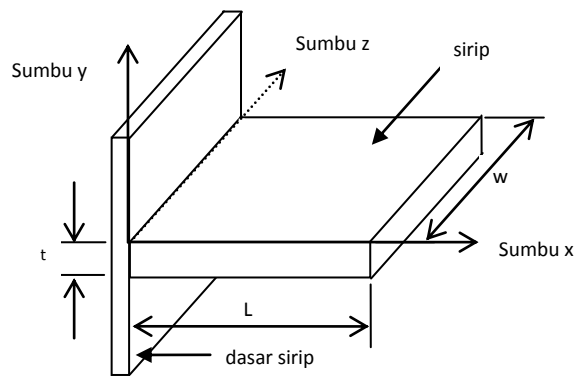
### a. Bentuk Sirip

Geometri sirip berbentuk balok seperti tersaji pada Gambar 1. Dimensi sirip : panjang sirip  $L$ , lebar sirip  $w=0,8L$  dan tebal sirip  $t=0,4L$ .

### b. Model Matematik.

Model matematik untuk mendapatkan distribusi suhu di dalam sirip, dinyatakan dengan persamaan (1). Berlaku untuk setiap posisi  $(x,y,z)$  di dalam sirip.

$$\frac{\partial^2 T(x, y, z)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T(x, y, z)}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T(x, y, z)}{\partial z^2} = 0 \quad (1)$$



Gambar 1 : Geometri sirip benda uji

### c. Kondisi Batas

Suhu dasar sirip ditentukan sebesar  $T_b$ , sedangkan seluruh permukaan sirip (permukaan : atas, bawah, ujung sirip, kedua permukaan samping sirip) bersentuhan dengan fluida sekitar yang mempunyai nilai koefisien perpindahan kalor konveksi  $h$ . Sirip dikondisikan pada lingkungan fluida bersuhu  $T_\infty$ .

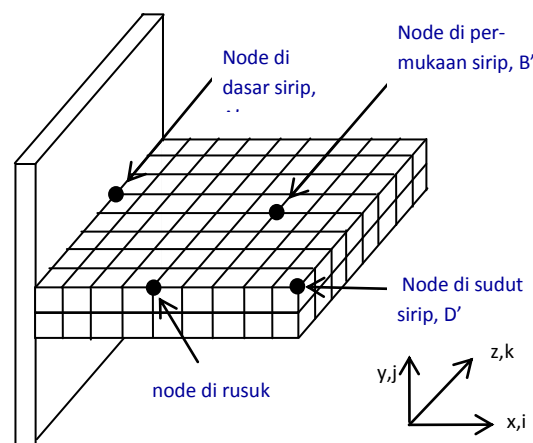
### d. Asumsi.

- Nilai  $h$  di sekitar sirip bersifat merata.
- Massa jenis bahan sirip  $\rho$ , kalor jenis bahan sirip  $c$  dan konduktivitas termal  $k$  bahan merata.
- Suhu fluida di sekitar sirip  $T_\infty$  bersifat merata.
- Suhu dasar sirip  $T_b$  bersifat merata.
- Perpindahan kalor lain yang menyertai seperti perpindahan kalor radiasi diabaikan.
- Tidak terjadi pembangkitan energi di dalam sirip.

### 3. Dasar Teori

#### a. Distribusi suhu

Ada banyak cara untuk mendapatkan distribusi suhu di setiap posisi pada sirip. Pada penelitian ini, penyelesaian dilakukan secara simulasi numerik dengan memper-gunakan metode beda-hingga. Dengan cara iterasi. Sirip dibagi menjadi banyak volume kontrol (Gambar 2). Jumlah volume kontrol dipilih sesuai keinginan. Semakin banyak volume kontrol, semakin akurat hasil yang diperoleh. Pusat volume kontrol dinyatakan dengan node. Jarak antar node dalam arah x, pada penelitian ini, sama dengan jarak antar node dalam arah y dan arah z, atau  $\Delta x = \Delta y = \Delta z = \delta$ . Ada 5 persamaan numerik utama yang dapat dipergunakan untuk mendapatkan suhu pada volume kontrol (atau pada node) pada keadaan tunak : (1) di posisi dasar sirip (2) di dalam benda (3) di posisi permukaan (4) di posisi sudut pertemuan dua permukaan (rusuk sirip) dan (5) di sudut pertemuan tiga permukaan (sudut sirip). Persamaan numerik tersebut dinyatakan dengan persamaan (2), (3), (4), (5) dan (6).



Gambar 2 : Contoh pembagian sirip menjadi banyak volume kontrol

Untuk volume kontrol di posisi dasar sirip (Gambar 2, contoh titik A') :

$$T_{i,j,k}^{n+1} = T_b \quad \dots(2)$$

Untuk volume kontrol di bagian dalam sirip (tidak tampak dalam Gambar 2) :

$$T_{i,j,k}^{n+1} = \frac{1}{6} \left( T_{i-1,j,k}^n + T_{i+1,j,k}^n + T_{i,j-1,k}^n + T_{i,j+1,k}^n + T_{i,j,k-1}^n + T_{i,j,k+1}^n \right) \quad \dots(3)$$

Untuk volume kontrol di permukaan sirip ( Gambar 2, contoh titik B'):

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

$$T_{i,j,k}^{n+1} = \frac{k\delta}{6k\delta + 2h\delta^2} \left( \begin{array}{l} T_{i-1,j,k}^n + T_{i+1,j,k}^n + 2T_{i,j-1,k}^n \\ + T_{i,j,k-1}^n + T_{i,j,k+1}^n \end{array} \right) \quad \dots(4a)$$

$$\delta = \Delta x = \Delta y = \Delta z \quad \dots(4b)$$

Untuk volume kontrol di rusuk sirip (Gambar 2, contoh titik C') :

$$T_{i,j,k}^{n+1} = \frac{k\delta(T_{i-1,j,k}^n + T_{i+1,j,k}^n + 2T_{i,j-1,k}^n + 2T_{i,j,k+1}^n)}{6k\delta + 4h\delta^2} + \frac{4h\delta^2 T_\infty}{6k\delta + 4h\delta^2} \quad \dots(5)$$

Untuk volume kontrol di sudut sirip (gambar 3, contoh titik D'):

$$T_{i,j,k}^{n+1} = \frac{k\delta(T_{i-1,j,k}^n + T_{i,j-1,k}^n + T_{i,j,k+1}^n) + 3h\delta^2 T_\infty}{3k\delta + 3h\delta^2} \quad \dots (6)$$

b. Laju aliran kalor yang sesungguhnya di lepas sirip

Laju aliran kalor sesungguhnya yang dapat dilepas sirip  $Q_{act}$  dinyatakan dengan persamaan (7). Pada persamaan (7), subskrip s pada  $A_{i,j,k}$  dan  $T_{i,j,k}$  menandakan bahwa node di posisi  $i,j,k$  yang ditinjau, berada di permukaan sirip dan bersentuhan dengan fluida (di permukaan atas, di permukaan bawah, di permukaan samping kedua sirip, di permukaan ujung sirip, di rusuk sirip dan di sudut sirip).

$$Q_{act} = \sum h(A_{i,j,k})_s ((T_{i,j,k})_s - T_\infty) \quad \dots(7)$$

c. Laju aliran kalor yang dilepas sirip maksimum.

Laju aliran kalor yang dilepas sirip maksimum  $Q_{maks}$ , dinyatakan dengan persamaan (8).  $A_s$  adalah luas seluruh permukaan sirip yang bersentuhan dengan fluida, yang merupakan luas permukaan atas, bawah, 2 samping sirip dan luas ujung sirip.

$$Q_{maks} = hA_s ((T_{i,j,k})_s - T_\infty) \quad \dots(8)$$

$$A_s = 2wL + 2Lt + wt \quad \dots(9)$$

d. Laju aliran kalor yang dilepas jika tidak ada sirip.

Laju aliran kalor yang dilepas jika tidak ada sirip  $Q_{nf}$ , dinyatakan dengan persamaan (10).  $A_b$  adalah luas dasar sirip,  $T_b$  adalah suhu dasar sirip dan  $h$  adalah nilai koefisien perpindahan kalor konveksi di sekitar sirip.

$$Q_{nf} = hA_b(T_b - T_\infty) \quad \dots(10)$$

$$A_b = Lt \quad \dots(11)$$

#### d. Efisiensi

Efisiensi dinyatakan dengan perbandingan antara kalor sesungguhnya yang mampu dilepas sirip dengan kalor maksimum yang mampu di lepas sirip. Dinyatakan dengan persamaan (12).

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{Q_{act}}{Q_{maks}} \\ &= \frac{\sum h(A_{i,j,k})_s ((T_{i,j,k})_s - T_\infty)}{hA_s((T_{i,j,k})_s - T_\infty)} \quad \dots(12) \\ &= \frac{\sum (A_{i,j,k})_s ((T_{i,j,k})_s - T_\infty)}{A_s((T_{i,j,k})_s - T_\infty)} \end{aligned}$$

#### e. Efektivitas

Efektivitas dinyatakan dengan perbandingan antara kalor sesungguhnya yang mampu dilepas sirip dengan kalor yang dilepas jika tidak ada sirip. Dinyatakan dengan persamaan (13)

$$\varepsilon = \frac{Q_{act}}{Q_{nf}} \quad \dots(13a)$$

$$= \frac{\sum h(A_{i,j,k})_s ((T_{i,j,k})_s - T_\infty)}{hA_b(T_b - T_\infty)} \quad \dots(13b)$$

$$= \frac{\sum (A_{i,j,k})_s ((T_{i,j,k})_s - T_\infty)}{A_b(T_b - T_\infty)} \quad \dots(13c)$$

## 4. Metodologi Penelitian

### a. Bentuk sirip dan bahan sirip.

Bentuk sirip : balok seperti tersaji pada Gambar 1. Dimensi sirip : panjang sirip  $L$ , lebar sirip  $w=0,8L$  dan tebal sirip  $t=0,4L$ . Bahan dari logam.

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

*Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009*

b. Pencarian suhu, efisiensi dan efektivitas.

Pencarian distribusi suhu, kalor yang dilepas sirip, efisiensi dan efektivitas sirip dilakukan dengan membuat program. Pencarian distribusi suhu dilakukan dengan mempergunakan metode beda-hingga, mempergunakan persamaan (2), (3), (4), (5) dan (6). Hasil distribusi suhu yang diperoleh dipergunakan untuk menghitung kalor yang dilepas sirip sesungguhnya, dengan mempergunakan persamaan (7), efisien sirip menggunakan persamaan (12) dan efektivitas sirip menggunakan persamaan (13)..

c. Variasi penelitian.

Variasi penelitian : nilai koefisien perpindahan kalor konveksi  $h$ , dipilih :  $0 < h \leq 10.000$ , bahan sirip (nilai konduktivitas termal bahan  $k$  :  $27 \leq k \leq 386$ , dipilih dari bahan perunggu, baja, alumunium, tembaga) dan dimensi sirip (ukuran  $L$ ,  $w=0,8L$  dan  $t=0,4L$ , dengan  $L=5$  cm, 2 cm, 1,5 cm dan 0,5 cm).

d. Cara mendapatkan data dan cara mengolah data.

Setelah program untuk perhitungan distribusi suhu, laju aliran kalor yang dilepas sirip, laju aliran yang dilepas dasar sirip, efisiensi dan efektivitas sirip telah dibuat, maka input dari variabel penelitian dimasukkan. Dengan menjalankan program (*me-run*) maka akan diperoleh data data hasil penelitian. Data hasil penelitian dicatat dan siap untuk diolah. Data data diolah dengan bantuan program tertentu yang dapat menghasilkan bentuk grafik. Dengan membawanya ke dalam bentuk grafik, pembahasan dan kesimpulan terhadap hasil penelitian dapat dilakukan.

## 5. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian, disajikan dalam bentuk grafik, seperti terlihat pada Gambar 3, Gambar 4, Gambar 5 dan Gambar 6. Nilai suhu dasar  $T_b$  dan Suhu fluida  $T_\infty$  diambil sembarang, karena tidak berpengaruh terhadap nilai efisiensi dan efektivitas sirip yang dihasilkan. Nilai konduktivitas termal bahan sirip dari perunggu, baja, alumunium dan tembaga berturut turut adalah : 27 W/m°C, 73 W/m°C, 204 W/m°C dan 386 W/m°C.

Dari Gambar 3, Gambar 4, Gambar 5 dan Gambar 6 dapat terlihat bahwa nilai efisiensi sirip dan efektivitas sirip dipengaruhi oleh nilai koefisien perpindahan kalor  $h$ . Semakin tinggi nilai  $h$ , nilai efisiensi sirip dan efektivitas sirip semakin rendah. Nilai efisiensi yang rendah berarti nilai distribusi suhu yang terjadi pada sirip semakin jauh dari suhu dasar sirip. Dengan kata lain, perbedaan suhu antara suhu sirip dengan suhu fluida di sekitar sirip semakin kecil ( $(T_{i,j,k})_s - T_\infty$ ). Meski pada persamaan (12) dan (13), tidak nampak jelas bahwa nilai koefisien perpindahan kalor konveksi  $h$  berpengaruh terhadap nilai efisiensi dan efektivitas, tetapi pada kenyataannya nilai  $h$  berpengaruh terhadap beda suhu yang dihasilkan. Semakin tinggi nilai  $h$ , semakin rendah distribusi suhu yang dihasilkan. Hal ini tentu dapat diterima, karena untuk mendapatkan nilai  $h$  yang tinggi, salah satu caranya dengan memperbesar kecepatan aliran fluida. Semakin cepat aliran fluida, semakin tinggi nilai  $h$  yang dihasilkan (mengacu akan persamaan Nusselt). Hasil ini tidak bertentangan dengan hasil yang diperoleh dengan tinjauan kasus 1D (Holman, JP, maupun Cengel).

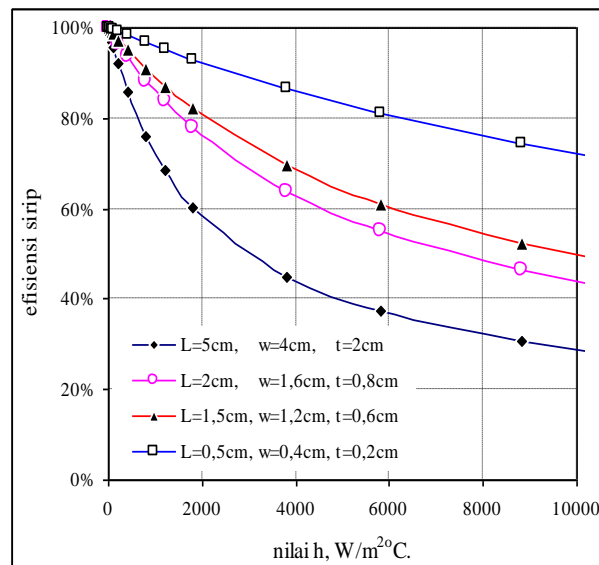
# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Dari Gambar 3 dan Gambar 4, juga terlihat bahwa ukuran sirip (bentuk sama, ukuran berbeda), berpengaruh terhadap efisiensi sirip dan efektivitas sirip. Semakin kecil dimensi sirip, efisiensi dan efektivitas sirip semakin semakin besar. Tentu dapat dimengerti, semakin kecil dimensi sirip, panjang sirip  $L$  semakin pendek dan distribusi suhu yang dihasilkan pada sirip akan cenderung lebih merata, atau lebih dekat dengan suhu dasar sirip  $T_b$ . Artinya distribusi suhu yang dihasilkan semakin tinggi atau dengan kata lain beda suhu antara suhu yang ada di sirip dengan suhu fluida di sekitar sirip semakin besar.

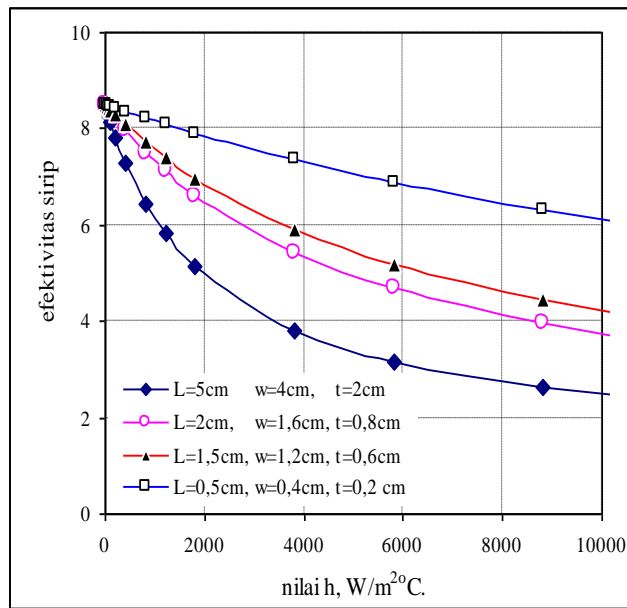
Dari Gambar 5 dan Gambar 6, bahan sirip berpengaruh terhadap efisiensi sirip dan efektivitas sirip. Semakin besar nilai konduktivitas termal bahan  $k$  yang dimiliki bahan sirip, semakin tinggi nilai efisiensi dan efektivitas sirip. Hal itu berarti bahwa bahan sirip berkonduktivitas termal tinggi akan memberikan distribusi suhu pada sirip yang tinggi juga. Hasil ini tidak bertentangan dengan hasil yang diperoleh dengan tinjauan kasus 1D keadaan tunak (Holman, JP, maupun Cengel).

Untuk nilai koefisien perpindahan kalor konveksi  $h$  yang rendah, misalnya untuk  $h < 500 \text{ W/m}^2\text{C}$  (Lihat Gambar 6), dengan ukuran sirip  $L=0,5 \text{ cm}$ ,  $w=0,4 \text{ cm}$  dan  $t=0,2 \text{ cm}$ , bahan sirip dengan nilai konduktivitas termal :  $27 < k < 386$ , nilai efektivitas sirip  $\epsilon$  yang dihasilkan cukup tinggi,  $\epsilon > 6$ . Demikian juga dengan nilai efisiensi sirip  $\eta$ ,  $\eta > 70\%$ . Untuk bahan aluminium dan tembaga nilai efektivitas sirip dapat mencapai lebih besar 8, dengan nilai efisiensi sirip lebih besar dari 80%. Hasil yang lain, dapat dilihat pada grafik.

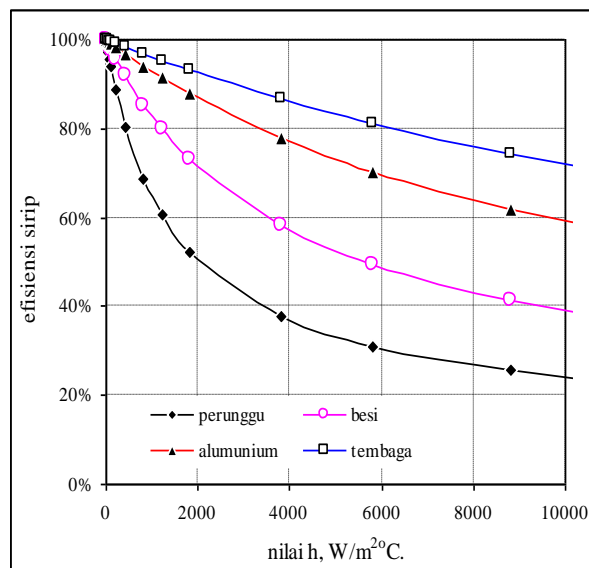


Gambar 3. Hubungan efisiensi sirip vs nilai  $h$ , Untuk berbagai dimensi, bahan tembaga.

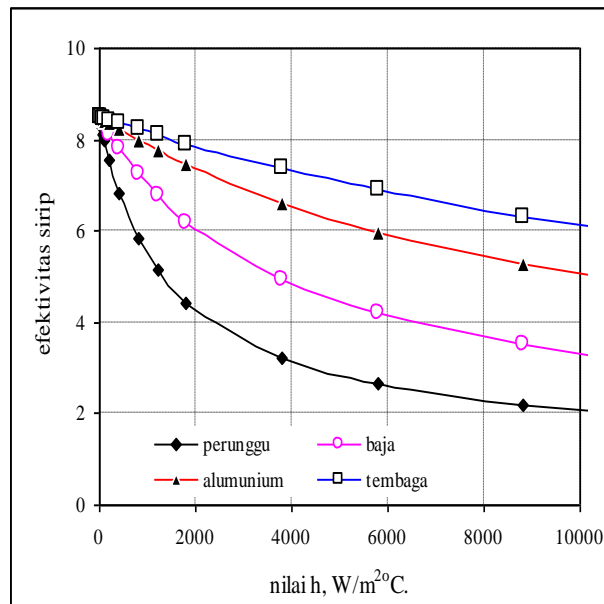




Gambar 4. Hubungan efektivitas sirip vs nilai h, Untuk berbagai dimensi, bahan tembaga.



Gambar 5. Hubungan efisiensi sirip vs nilai h, L=0,5 cm, w=0,4 cm dan t=0,2 cm, berbagai bahan.



Gambar 6. Hubungan efektivitas sirip vs nilai  $h$ ,  $L=0,5$  cm,  $w=0,4$  cm dan  $t=0,2$  cm, berbagai bahan.

## 6. Kesimpulan dan Saran

### a. Kesimpulan.

- Semakin tinggi nilai  $h$ , efisiensi sirip  $\eta$  semakin rendah.
- Semakin tinggi nilai  $h$ , efektivitas sirip  $\epsilon$  semakin rendah.
- Dengan mengambil perbandingan dimensi sirip yang sama, semakin kecil ukuran dimensi sirip, nilai efisiensi sirip  $\eta$  dan efektivitas sirip  $\epsilon$  semakin tinggi.
- Semakin tinggi nilai konduktivitas termal bahan sirip atau nilai  $k$ , nilai efisiensi sirip  $\eta$  dan efektivitas sirip  $\epsilon$  semakin tinggi.
- Untuk nilai koefisien perpindahan kalor konveksi  $h$  yang rendah, misalnya untuk  $h < 500 \text{ W/m}^2\text{C}$ , dengan  $L=0,5$  cm,  $w=0,4$  cm dan  $t=0,2$  cm, bahan sirip dengan nilai konduktivitas termal :  $27 < k < 386$ , nilai efektivitas sirip  $\epsilon$  yang dihasilkan cukup tinggi,  $\epsilon > 6$ . Demikian juga dengan nilai efisiensi sirip  $\eta$ ,  $\eta > 70\%$ .

### b. Saran.

- Penelitian dapat dikembangkan dengan ukuran dimensi sirip yang berbeda (misalnya, dimensi perbandingan panjang sirip  $L$ , lebar sirip  $w$  dan tebal sirip  $t$  diambil berbeda)
- Penelitian dapat dikembangkan dengan bentuk sirip yang berbeda, misalnya berlubang atau beralur atau dengan kondisi batas yang berbeda.
- Penelitian dapat dikembangkan dengan nilai  $h$  yang tidak merata, atau merupakan fungsi posisi.
- Penelitian dapat dikembangkan untuk keadaan tak tunak.

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

---

*Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009*

## **Daftar Pustaka**

- [1] Cengel, Yunus A, "*Heat Transfer a Practical Approach*", USA : The Mc Graw-Hill, (2003)
- [2] Holman JP, *Perpindahan Kalor*, Jakarta : Penerbit Erlangga (1995)