

# PERPINDAHAN PANAS PADA *HEAT EXCHANGER DOBEL PIPA* DENGAN SIRIP BERBENTUK SIKU EMPAT

Suswanto<sup>1</sup>, Mustaqim<sup>2</sup>, Agus Wibowo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Progdil Teknik Industri Universitas Pancasakti Tegal

<sup>2,3</sup>Dosen Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal

suswanto@yahoo.com

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penurunan suhu yang di hasilkan oleh penelitian tersebut dengan melakukan variasi jumlah sirip dan mengetahui seberapa besar penurunan suhu yang terjadi pada variasi tersebut menggunakan perpindahan panas pada *heat exchanger* pipa ganda dengan sirip siku empat.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini terbuat dari *stainless steel*, sebagai *tube* yang dipasang sirip (*segi empat*) dengan jarak dan jumlah tertentu. Jarak sirip bervariasi 15 cm, 20 cm dan jumlah sirip bervariasi 4 dan 6 pada masing-masing *tube*. Spesimen tersebut dimasukkan dalam *Shell* kemudian diisolasi secara rapat untuk dilakukan pengujian.

Air dingin dialirkan ke dalam *shell* dengan kecepatan tetap dan air panas dialirkan ke dalam *tube* dengan kecepatan tetap, ini dilakukan dalam jangka waktu 10 menit. Dengan mengukur perubahan suhu yang terjadi antara sisi masuk dan keluar *shell* dan *tube*, maka dapat dihitung koefisien perpindahan kalornya dan korelasi (persamaan) antara U vs jumlah sirip. Hasil eksperimen yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan hasil teoritik. Penelitian ini memberikan gambaran suatu

Hasil penelitian secara sistematis, dan faktual mengenai fenomena perubahan suhu di sisi *shell* dan *tube*, dan penurunan suhu pada saat dilakukan pengujian sehingga dapat diketahui pada variasi jumlah sirip *segi empat* paling efektif memberikan kontribusi. Data yang diperoleh dari eksperimen berupa penurunan suhu, temperature masuk dan keluar pada sisi *shell* dan *tube*, debit fluida masuk pada sisi *shell* dan *tube*. Fenomena-fenomena yang didapat dalam penelitian digambarkan secara grafis untuk menggambarkan koefisien perpindahan panas total. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh jumlah sirip pada permukaan *tube* dapat meningkatkan penurunan suhu pada Perpindahan panas.

Kata Kunci : *Heat Exchanger, Dobel Pipa Siku Empat, tube*,

## LATAR BELAKANG

Unit penukar kalor adalah suatu alat untuk memindahkan panas dari suatu fluida ke fluida yang lain. Sebagian besar dari industri-industri yang berkaitan dengan pemrosesan selalu menggunakan alat ini, sehingga alat penukar kalor ini mempunyai peran yang penting dalam suatu proses produksi atau operasi. Salah satu tipe dari alat penukar kalor yang banyak dipakai adalah *Shell and Tube Heat Exchanger*. Alat ini terdiri dari sebuah *shell* silindris di

bagian luar dan sejumlah *tube* (*tube bundle*) di bagian dalam, dimana temperatur fluida di dalam *tube bundle* berbeda dengan di luar *tube* (di dalam *shell*) sehingga terjadi perpindahan panas antara aliran fluida didalam *tube* dan di luar *tube*. Adapun daerah yang berhubungan dengan bagian dalam *tube* disebut dengan *tube side* dan yang di luar dari *tube* disebut *shell side*. Pemilihan yang tepat suatu alat penukar kalor akan menghemat biaya operasional harian dan perawatan. Bila alat penukar kalor dalam keadaan baru, maka permukaan

logam dari pipa-pipa pemanas masih dalam keadaan bersih setelah alat beroperasi beberapa lama maka terbentuklah lapisan kotoran atau kerak pada permukaan pipa tersebut. Tebal tipisnya lapisan kotoran tergantung dari fluidanya. Adanya lapisan tersebut akan mengurangi koefisien perpindahan panas untuk suatu alat penukar kalor selalu mengalami perubahan selama pemakaian. Batas

### **Rumusan Masalah**

Dari uraian materi di atas maka didapat rumusan masalah dari percobaan yang akan dilakukan yaitu sebagai berikut: Apakah jumlah sirip dapat mempengaruhi besar penurunan suhu (*heat loss*) pada *Heat exchanger* dengan arah aliran berlawanan.

### **Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: Mengetahui pengaruh jumlah sirip terhadap penurunan suhu pada *heat exchanger* double pipe dengan sirip berbentuk siku empat dengan aliran berlawanan arah.

### **Manfaat Penelitian**

1. Memberikan pengetahuan tentang perpindahan panas pada pipa ganda dengan sirip berbentuk Siku Empat.
2. Memberikan gambaran bahwa penelitian ini bisa dikembangkan dibagian sistem pendingin baik dibidang otomotif atau bidang industri.

## **LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN**

### **Alat penukar panas atau Heat Exchanger (HE)**

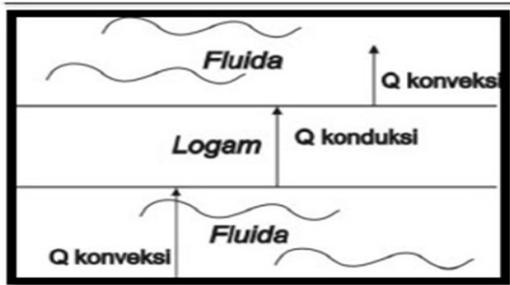
Adalah alat yang digunakan untuk memindahkan panas dari sistem ke sistem lain tanpa perpindahan massa dan bisa berfungsi sebagai pemanas maupun sebagai pendingin. Biasanya, medium pemanas dipakai adalah air yang dipanaskan sebagai fluida panas dan air biasa sebagai air pendingin (*cooling water*). Penukar panas dirancang sebisa mungkin agar perpindahan

panas antar fluida dapat berlangsung secara efisien. Pertukaran panas terjadi karena adanya kontak, baik antara fluida terdapat dinding yang memisahkannya maupun keduanya bercampur langsung (*direct contact*).

### **Prinsip dan teori perpindahan panas**

Panas adalah salah satu bentuk energi yang dapat dipindahkan dari suatu tempat ke tempat lain, tetapi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan samasekali. Dalam suatu proses, panas dapat mengakibatkan terjadinya kenaikan suhu suatu zat dan atau perubahan tekanan, reaksi kimia dan kelistrikan. Proses terjadinya perpindahan panas dapat dilakukan secara langsung, yaitu fluida yang panas akan bercampur secara langsung dengan fluida dingin tanpa adanya pemisah dan secara tidak langsung, yaitu bila diantara fluida panas dan fluida dingin tidak berhubungan langsung tetapi dipisahkan oleh sekat-sekat pemisah. Perpindahan Panas Secara Konduksi merupakan perpindahan panas antara molekul-molekul yang saling berdekatan antara yang satu dengan yang lainnya dan tidak diikuti oleh perpindahan molekul-molekul tersebut secara fisik. Molekul-molekul benda yang panas bergetar lebih cepat dibandingkan molekul-molekul benda yang berada dalam keadaan dingin. Getaran-getaran yang cepat ini, tenaganya dilimpahkan kepada molekul di sekelilingnya sehingga menyebabkan getaran yang lebih cepat maka akan memberikan panas. Perpindahan Panas Secara Konveksi Perpindahan panas dari suatu zat ke zat yang lain disertai dengan gerakan partikel atau zat tersebut secara fisik. Perpindahan Panas Secara Radiasi ialah perpindahan panas tanpa melalui media (tanpa melalui molekul). Suatu energi dapat dihantarkan dari suatu tempat ke tempat lainnya (dari benda panas ke benda yang dingin) dengan pancaran gelombang Elektromagnetik dimana tenaga

elektromagnetik ini akan berubah menjadi panas jika terserap oleh benda yang lain.

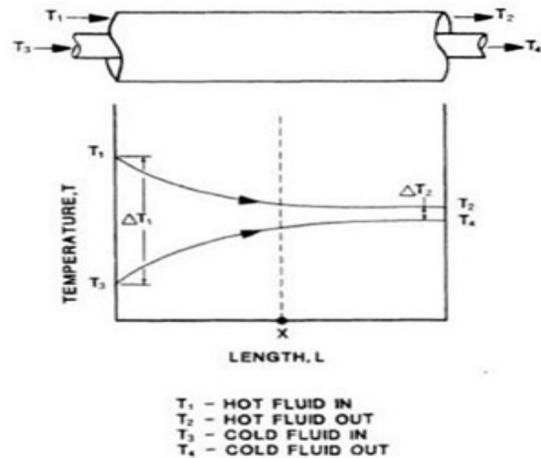


Gambar .1 Perpindahan Kalor pada *Heat Exchanger* (Incropera & DeWitt, 2007)

Pada Dasarnya prinsip kerja dari alat penukar kalor yaitu memindahkan panas dari dua fluida pada temperature berbeda di mana transfer panas dapat dilakukan secara langsung ataupun tidak langsung. Secara kontak langsung panas yang dipindahkan antara fluida panas dan dingin melalui permukaan kontak langsung berarti tidak ada dinding antara kedua fluida. Transfer panas yang terjadi yaitu melalui interfas / penghubung antara kedua fluida. Contoh : aliran sistem pada kontak langsung yaitu 2 zat cair yang *immiscible* (tidak dapat bercampur) , gas - *liquid*, dan partikel padat – kombinasi fluida.

**Pertukaran panas dengan aliran searah (co-current/parallel flow)**

yaitu apabila arah aliran dari kedua fluida di dalam penukar kalor adalah sejajar. Artinya kedua fluida masuk pada sisi yang satu dan keluar dari sisi yang lain mengalir dengan arah yang sama. Karakter penukar panas jenis ini temperatur *fluida* yang memberikan energi akan selalu lebih tinggi dibanding yang menerima energi sejak mulai memasuki penukar *kalor* hingga keluar.



Gambar 2. Aliran parallel flow dan profil temperatur (Holman, JP.1995)

$$q = m \cdot c (T_1 - T_2) = m \cdot c \cdot (T_4 - T_3)$$

Dimana:

q = laju perpindahan panas ( watt )

m = laju alir massa fluida ( kg/s )

c = kapasitas kalor spesifik ( j/kg )

T = suhu fluida (  $^{\circ}$  )

Dengan asumsi nilai kapasitas kalor spesifik ( cp ) fluida dingin dan panas konstan, tidak ada kehilangan panas ke lingkungan serta keadaan steady state, maka kalor yang dipindahkan :

$$q = U \cdot A \cdot T_{LMTD}$$

U = koefisien perpindahan panas secara keseluruhan (  $W / M^2$  )

A = luas perpindahan panas (  $m^2$  )

Dan juga mempunyai nilai T LMTD sebagai berikut.

$$T_{LMTD} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}}$$

$$\Delta T_2 = T_1 - T_4$$

$$\Delta T_1 = T_2 - T_3$$

**SIRIP**

Dalam pengembangan di atas, telah kita turunkan rumus untuk perpindahan kalor dari batang atau sirip yang penampang-penampangnya seragam yang muncuat dari dinding datar. Dalam penerapan praktis, luas penampang sirip mungkin tidak seluruhnya seragam, dan juga sirip itu

mungkin terpasang pada muka bundar. Dalam hal demikian, luas bidang di anggap sebagai variabel; sehingga penyelesaian persamaan diferensial itu, maupun teknik matematika yang di gunakan, akan lebih menjadi rumit. Untuk menunjukan efektivitas sirip dalam memindahkan sejumlah kalor tertentu, kita rumuskan suatu parameter baru yang di sebut efesiensi sirip (*fin efficiency*) :

$$\eta_f = \frac{\text{kalor yang sebenarnya dipindahkan}}{\text{kalor yang dipindahkan jika seluruh}} = \frac{hPkA_s \tanh mL}{hPkA_m}$$

Untuk kasus 3 di atas, efesiensi sirip menjadi

$$\eta_f = \frac{\sqrt{hPkA_s} \tanh mL}{hPkA_m} = \frac{\tanh mL}{mL}$$

Sirip yang di bahas di atas di andaikan cukup dalam sehingga aliran kalor dapat dianggap satu –dimensi.  $mL$  dapat dinyatakan sebagai berikut

$$mL = \sqrt{\frac{hP}{kA}} L = \sqrt{\frac{h(2z+zt)}{kt}} L$$

di mana  $z$  ialah kedalaman sirip dan  $t$  tebalnya. 1 sirip cukup dalam, maka suku  $2z$  menjadi sangat besar dibandingkan dengan  $2t$ , sehingga

$$mL = \sqrt{\frac{2hz}{kt}} L = \sqrt{\frac{2h}{kt}} L$$

Jika pembilang dan penyebut dikalikan dengan  $L^{3/2}$  maka kita dapatkan

$$mL = \sqrt{\frac{2h}{kt}} L^{3/2}$$

$Lt$  ialah profil bidang sirip, yang kita definisikan sebagai

$$A_m = Lt$$

$$mL = \sqrt{\frac{2h}{kt}} L^{3/2}$$

Jadi, kita dapat menggunakan hubungan dalam persamaan untuk menghitung efisiensi sirip yang ujungnya di isolasi seperti yang ditentukan oleh persamaan

Harper dan Brown (2) telah menunjukan bahwa penyelesaian kasus 2 di atas dapat dinyatakan dalam bentuk serupa dengan Persaman, jika panjang sirip di tambah dengan setengah tebalnya. Jadi, dalam semua kasus sirip yang ujungnya di isolasi, digunakan panjang yang di koreksi,  $L_c$

$$\text{yaitu } L_c = L + \frac{t}{2}$$

Memberikan perbandingan antara efesiensi sirip segi tiga dan sirip siku empat dalam kasus 2. Gambar 3 menunjukan efesiensi sirip sikumferensial atau melingkar (*circumferensial*) yang penampunya siku empat. Perhatikan bahwa panjang sirip yang di koreksi  $L_c$  dan luas profil  $A_m$  digunakan

baik dalam Gambar Maupun gambar 3 Demikian pula kita lihat bahwa jika  $r_2/r_1 = 1,0$  efesiensi sirip sirkumferensial menjadi identik dengan sirip lurus dengan porofil siku empat. Menarik pula bahwa efesiensi sirip mencapai nilai maksimumnya untuk kasus trivial dimana  $L = 0$ , yaitu jika tidak ada sirip sama sekali. Jadi janganlah kita berharap untuk mendapatkan prestasi sirip yang maksimum dengan panjang sirip. Sebaliknya efesiensi maksimum itu dapat di dapatkan dari kuantitas matrial sirip ( masa, volme, atau biaya), dan proses memaksimumkan ini jelas mempunyai arti ekonomi. Masalah perpindahan kalor radiasi dari sirip tidak kita bicarakan di sini. Perpindahan kalor radiasi ini penting di perhatikan dalam penerapan-penerapan tertentu.  $V = \frac{A}{L}$

Dimana:

$V =$  Volume sirip ( $\text{cm}^3$ )

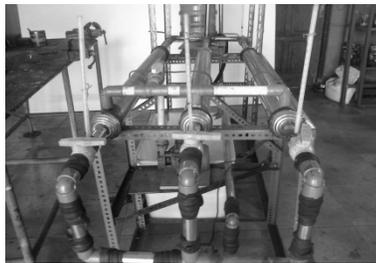
$A =$  Luas sirip ( $\text{cm}^2$ )

$L =$  Tebal sirip (cm)

### Metode Penelitian

Metode pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini adalah *metode eksperimen*, yaitu suatu *metode* penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dengan kondisi yang terkendali (Sugiono, 2011: 107).

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yaitu penelitian yang memungkinkan peneliti memanipulasi variabel dan meneliti akibat-akibatnya. (Arikuntoro, 2006).



Gambar 3. Alat pemindah panas double pipe dengan sirip siku empat

### Variabel Penelitian

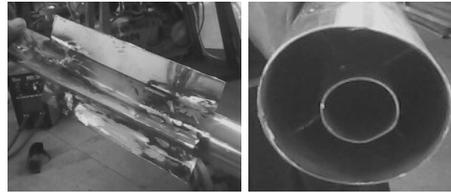
Dalam penelitian ini ada dua macam variabel, yaitu :

#### 1. Variabel bebas

*Variable bebas (independen)* adalah variabel yang mempengaruhi besar kecilnya suhu yang dihasilkan oleh setiap sirip *plate*, yaitu jumlah variasi sirip.

#### 2. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang di pengaruhi oleh variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah penurunan suhu dalam tiap pipa.



Gambar 4. Pembuatan sirip siku empat

### Bahan dan alat

Keterangan:

1. Pemanas air (*heater*)
2. Reservoir air panas
3. Termo meter
4. Kran air
5. Pipa air Panas
6. Pipa pendingin
7. Sirip berbentuk siku empat
8. Pompa air dingin
9. Bak air dingin
10. Pompa air panas

Variabel penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah Variasi jumlah sirip. Jumlah sirip yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanpa sirip 4 dan 8

Pengumpulan data

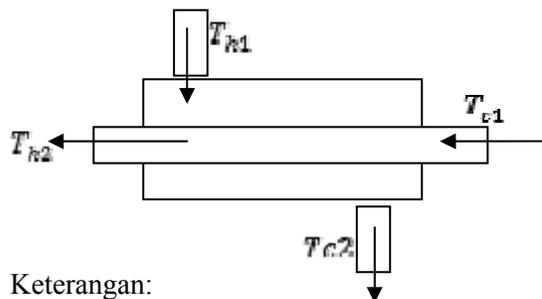
Pengumpulan data ini dilakukan secara langsung dengan melakukan eksperimen pada alat penukar panas double pipe. Adapun prinsip kerja alat uji adalah sebagai berikut:

Air yang ada di dalam reservoir dipanaskan menggunakan pemanas (*heater*) sampai temperatur yang diinginkan dan temperatur dijaga agar tetap konstan. Untuk mengetahui suhu air di gunakan alat thermometer. Sebelum air dialirkan ke alat uji, kita harus menentukan jumlah sirip yang akan di gunakan untuk penelitian, yaitu di mulai dari bahan stainless dengan jumlah sirip 4 dan jarak 15 cm semua variasi jumlah sirip yang di pakai dalam penelitian. Setelah temperatur yang diinginkan tercapai dan sudah konstan, kemudian air panas tersebut di alirkan kedalam pipa bagian dalam (*tube*) dengan membuka kran uji dan di alirkan kepompa untuk di naikkan kembali ke reservoir. Dengan bantuan pompa, air air dingin di alirkan kedalam pipa bagian luar (*shell*) dari reservoir untuk di buang ke lingkungan. Jika

fluida panas dan dingin tersebut telah mengalir dengan konstan baru diambil data yang di perlukan. Untuk mengetahui suhu yang masuk dan keluar baik dari tube atau shell di gunakan Termometer stik, dan untuk mengetahui penurunan suhu sehingga akan di dapat kan data data yang di perlukan. Percobaan ini di ulang sampai tiga kali kemudian hasilnya di rata-rata sehinga di dapatkan hasil yang maksimal.

### Hasil Penelitian

Pada penelitian yang telah dilakukan ,didapat data-data yang menunjukkan data secara umum dari analisa data praktek dilapangan, tepatnya di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal. Dalam hal ini meliputi perpindahan panas double pipa dengan tanpa sirip dan menggunakan sirip empat, kemudian menggunakan perpindahan panas menggunakan sirip delapan masing masing menggunakan bahan stenlis dimana hal ini dilakukan untuk mencari penurunan suhu *heat loss* sebagai berikut :



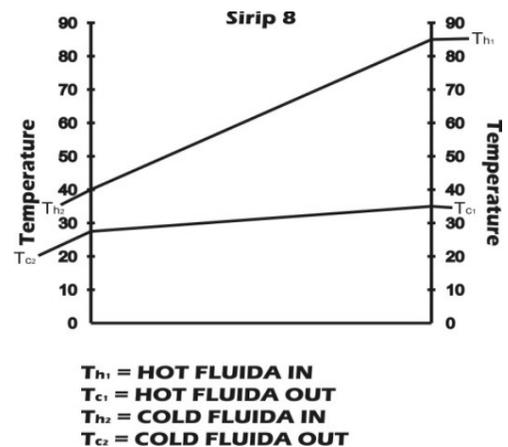
Keterangan:

- $T_{h1}$  = air panas masuk (suhu awal)
- $T_{h2}$  = air panas keluar (suhu akhir)
- $T_{c1}$  = air pendingin masuk (suhu awal)
- $T_{c2}$  = air pendingin keluar (suhu akhir)

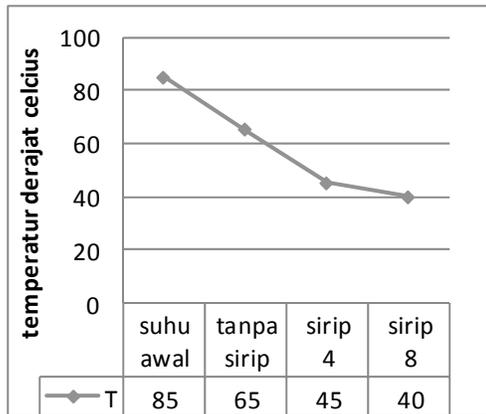
Gambar 5. sekema *heat exchanger* double pipa

Tabel hasil pengujian dengan menggunakan sirip tiga tipe jumlah

Jarak sirip	Jumlah sirip	$T_{h1}$	$T_{h2}$	$T_{c1}$	$T_{c2}$	Waktu
15	Tanpa sirip	33°C	33°C	28°C	33°C	10 menit
		33°C	34°C	28°C	33°C	
		33°C	34°C	28°C	33°C	
		33°C	33°C	28°C	33°C	
		33°C	33°C	28°C	33°C	
15	Sirip 4	33°C	42°C	28°C	33°C	10 menit
		33°C	43°C	28°C	33°C	
		33°C	43°C	28°C	33°C	
		33°C	43°C	28°C	33°C	
		33°C	43°C	28°C	33°C	
15	Sirip 8	33°C	40°C	28°C	33°C	10 menit
		33°C	42°C	28°C	33°C	
		33°C	40°C	28°C	33°C	
		33°C	33°C	28°C	33°C	
		33°C	40°C	28°C	33°C	



Gambar 7. grafik penurunan suhu dengan jumlah sirip 8



Gambar7. grafik penurunan suhu dengan jumlah sirip 8

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan tentang perpindahan panas pada heat exchanger double pipe dengan sirip berbentuk siku empat dengan bahan stainless dapat disimpulkan sebagai berikut :

Tanpa sirip sebesar **20°C**, sirip 4 sebesar **40°C**, sirip 8 sebesar **45°C**

Dari hasil pengujian didapat penurunan suhu pada alat penukar kalor pipa ganda dengan sirip siku empat, yang dimana dengan ukuran panjang plat 15 cm dan tebal 1,25 mm lebar 2 cm pengaturan jumlah sirip dan jarak sirip memberikan hasil yang berbeda. Harga rata-rata koefisien perpindahan kalor total untuk alat penukar panas pipa ganda dengan tube menggunakan bahan Stainless Steel, sehingga jumlah kalor yang ditransfer dari fluida yang berada di tube ke fluida yang berada di shell juga berbeda. Dengan penambahan sirip pada sisi tube dengan jumlah yang berbeda sehingga luas permukaan tube yang diuji berbeda inilah yang menyebabkan perolehan nilai penurunan suhu memberikan hasil yang berbeda. Perolehan nilai penurunan suhu bahan tersebut mengalami peningkatan seiring dengan penambahan jumlah sirip dan kerapatan sirip yang terpasang. Jadi untuk penurunan suhu yang paling cepat turun dalam penelitian ini adalah tipe sirip 8 yaitu sebesar **45°C**.

### DAFTAR PUSTAKA

- Basiulis, A, dan T. A Hummel : application of heat pipe techniques to electronic componen cooling ASME Pap 72-WA/HT-24
- Bode Hartoyo, 2006. *Buku Ajar Perpindahan Panas*, Departemen Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara Medan.
- Broek, D, 1987, *Elementary Enjenering fracture mechanics*, london: Kluwer Academi publiser.
- Chi, S, W.: *Heat pipe theory and practice*, " hemisphere publishing Co., New york, 1976
- Chi, s. W.." *heat pipe theory and practice*, " Hemisphere publishing Co., new york, 1976.
- Eldman, K. T., dan G. H. *Whiting: aplicasations of the heat pipe, mech. Eng.*, vol. November 1968
- Holman, JP. Alih bahasa E.Jasifi. "Perpindahan Kalor". Penerbit Erlangga. Jakarta. 1995
- Incropera, F.P., DeWitt, D.P., Bergman, T.L., Lavine, A.S. (2007). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer* (6th ed.). United States of America: John Wiley & Sons.
- Romig, M.: *The Influence of Electric and Magnetic Fields on Heat Transfer to Electrically Cont ducting fluids, Adv . Heat Transfer, Volt. , Hal. 268 – 352, 1964*
- Sheriff. N , dan P, gumley : *Heat tranfer and friction properteas of surfaces witeh discrete roughness*, Int . J. Heat transfer 1297, 1969
- Sutton, G. W., dan A. Sherman : *Enggineering magnetohydrodynamics*, ' McGraw – Hill company, newyork 1965.
- Tien, C. L; *fluid mechanics of heat pipes, ann.rev. fluid mechanics*, vol. 7, hal .167, 1975.