

**STUDI EKSPERIMENTAL LAJU PERPINDAHAN PANAS  
TUBE SEGI EMPAT SAMA SISI TERHADAP ORIENTASI  
PIPA DALAM ALIRAN FLUIDA**



**SKRIPSI**

**Dibuat untuk Memenuhi Persyaratan Menyelesaikan Pendidikan S-1  
pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya**

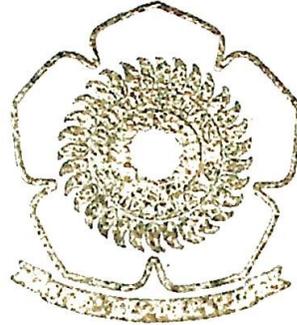
**Oleh:**

**MUHAMAD RIDWAN  
03032150017**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2008**

621.4022  
Rid  
5  
2008

**STUDI EKSPERIMENTAL LAJU PERPINDAHAN PADA  
TUBE SEGI EMPAT SAMA SISI TERHADAP ORIENTASI  
PIPA DALAM ALIRAN FLUIDA**



**SKRIPSI**

**Dibuat untuk Memenuhi Persyaratan Menyelesaikan Pendidikan S-1  
pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya**

**Oleh:**

**MUHAMAD RIDWAN  
03033150017**

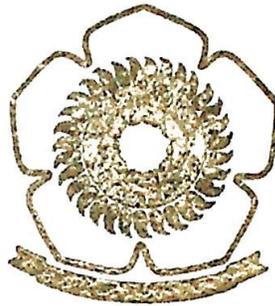
**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2008**

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK MESIN  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

08  
7

SKRIPSI

STUDI EKSPERIMENTAL LAJU PERPINDAHAN PANAS  
TUBE SEGI EMPAT SAMA SISI TERHADAP ORIENTASI  
PIPA DALAM ALIRAN FLUIDA



Oleh:

MUHAMAD RIDWAN  
03033150017

Inderalaya, Februari 2008

Diperiksa dan disetujui oleh  
Dosen Pembimbing

Dr. Ir. H. Kaprawi, DEA  
NIP. 131 467 176

Mengetahui:  
Ketua Jurusan Teknik Mesin,

Ir. Helmy Alian, MT  
NIP. 131 672 077

UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN

Agenda : 1729/TA/FA/2008  
Diterima tanggal : 29 Maret 2008  
Paraf : 

Nama : Muhamad Ridwan

Nim : 03033150017

Spesifikasi : Konversi Energi

Judul : Studi Eksperimental Laju Perpindahan Panas *Tube* Segi Empat Sama  
Sisi Terhadap Orientasi Pipa Dalam Aliran Fluida.

Diberikan : Agustus 2007

Selesai : Februari 2008

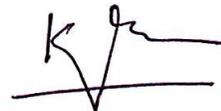
Mengetahui:  
Ketua Jurusan Teknik Mesin,





Ir. Helmy Alian, MT  
NIP. 131 672 077

Disetujui untuk jurusan  
Teknik Mesin oleh  
Dosen Pembimbing



Dr. Ir. H. Kaprawi, DEA  
NIP. 131 467 176

*Ku Persembahkan Kepada:*

- ❖ *Kedua Orang tuaku tercinta yang selalu mendo'akanku sampai berhasil.*
- ❖ *Bapak Dr. Helmy Alian, MEd, yang telah sabar menjadi Pembimbing Akademikku, Bapak Dr. Dr. H. Kapraoui, DEA dan Bapak Dr. M. Zahri Kadir, MEd yang telah membimbingku selama proses skripsi ku sampai selesai serta Dosen-dosenku Teknik Mesin UNSRD yang selalu menngajar dan mendidikku.*
- ❖ *Adik-adikku tersayang. Zulkendri dan Muhammad Dqbar yang senantiasa memberikan dukungan dan semangatnya.*
- ❖ *Saud'ra-saudaraku yang selalu memberikan do'a dan semangat kepadaku.*
- ❖ *Sahabat-sahabatku yang selalu membantuku, memberi semangat, dan mendo'akanku, Genk Klompok (Auel, Munandar, Agus) dari awal ku'ah sampai sekarang. Kak Yuda (EM '98 Ekstension UNSRD), Kak Djol, Pian Habibie (Teknik Cembang '03), Pendi, Yoyon, Cirta, Amen, Acep, Juni, Doko, Doli, Au v, Pai, Hengki, Lunawan (EP\_03), Delia, Fajar, Rahman, Pito, Muji, Helman, Indra, Tonu, dan teman-teman Teknik Mesin 2003 yang selalu membantuku dan memberiku motivasi untuk selalu maju.*
- ❖ *Tak lupa juga terima kasih kepada Risu Unika, Ria yang telah menjadi teman curhatku selama ini. Ayu' Umi, Pak Ejun, Kak sapril dan kak Dori yang selalu membantuku. Serta Teman-teman dan Asisten EM'04 yang juga memberikan dukungan dan semangatnya.*

*Motto:*

*" Dan Tuhanmu berfirman: Berdo'alah kepada-Ku, niscaya akan Kuperkenunkan ingimu. Sesungguhnya orang-orang yang menyombongkan diri dari menyembahkan akan masuk n' raka Jahannam dalam keadaan hina dina (Q.S. Al-Mu'min:60)*

**STUDI EKSPERIMENTAL LAJU PERPINDAHAN PANAS  
TUBE SEGI EMPAT SAMA SISI TERHADAP ORIENTASI  
PIPA DALAM ALIRAN FLUIDA  
( Muhamad Ridwan , Februari 2007 , 73 Lembar )**

---

---

**ABSTRAK**

Sebuah *tube* berpenampang segi empat sama sisi dipasang melintang dalam aliran fluida viskos yang bertemperatur lebih tinggi. Pemasangan *tube* dalam aliran yaitu salah satu bidang pipa tegak lurus dengan datangnya aliran, salah satu sudut *tube* diarahkan dengan datangnya aliran dan sudut *tube* yang lebih besar atau lebih kecil  $90^0$  diarahkan dengan datangnya aliran. Melalui laju perpindahan panas, didapatkan bahwa pemasangan *tube* dengan salah satu sudut segi empatnya diarahkan ke datangnya aliran mempunyai perpindahan panas lebih baik dibanding dengan *tube* yang mana salah satu dindingnya dipasang tegak lurus dengan aliran. Sudut *tube* segi empat sama sisi yang diuji adalah  $45^0$ ,  $60^0$  dan  $90^0$ . Sudut yang memiliki perpindahan panas yang baik adalah  $60^0$  sedangkan sudut  $45$  memiliki perpindahan panas yang lebih baik dibandingkan dengan sudut  $90$ . Jadi urutan perpindahan panasnya adalah  $60^0 > 45^0 > 90^0$ .

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadirat Allah SWT, yang senantiasa memberikan nikmat yang tak terhingga kepada penulis, karena berkat rahmat, hidayah dan karunia-Nya jualah penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir yang penulis susun ini berjudul: **“Studi Eksperimental Laju Perpindahan Panas *Tube* Segi Empat Sama Sisi terhadap Orientasi Pipa dalam Aliran Fluida”**, yang disusun untuk memenuhi persyaratan untuk menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Bapak Dr. Ir. H. Kaprawi, DEA sebagai dosen pembimbing skripsi yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pemikirannya dalam membimbing dan dalam memberikan arahan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terima ksaih sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Prof. Dr. Badia Perizade, M.B.A, selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Dr. Ir. Hasan Basri, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Ir. Helmy Alian, M.T, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dan juga Dosen Pembimbing Akademik penulis.
4. Bapak Ir. M. Zahri Kadir, M.T, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

5. Segenap Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah membimbing dan memberikan pengetahuan tentang ilmu Teknik Mesin.
6. Kedua orang tuaku tercinta, terima kasih atas seluruh do'a, cinta, kasih sayang, perhatian serta pengorbanannya selama ini.
7. Saudara-saudaraku yang kusayangi, yang telah banyak memberikan dukungan, do'a dan cintanya.
8. Kak Yudha atas semua bantuannya.
9. Rekan-rekan seperjuangan yang sudah banyak sekali membantu proses perjalanan skripsi ini.

Akhir kata penulis berharap agar Laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca sekalian. Amin.

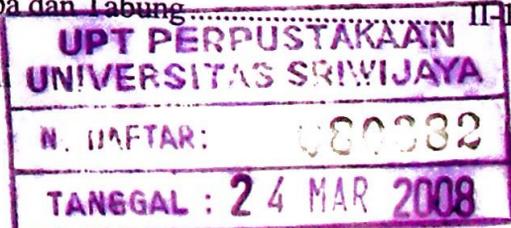
Palembang, 17 Februari 2008

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
ABSTRAK .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GRAFIK .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	I-1
1.2 Perumusan Masalah .....	I-2
1.3 Batasan Masalah .....	I-3
1.4 Tujuan Penulisan .....	I-3
1.4 Metode Pembahasan .....	I-4
1.5 Sistematika Penulisan .....	I-5
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
II.1 Kalor .....	II-1
1.1 Kalor dan Energi Termal .....	II-2
1.2 Kapasitas Kalor dan Kalor jenis .....	II-3
II.2 Perpindahan Kalor .....	II-6
2.1 Perpindahan Kalor Konduksi .....	II-7
2.2 Perpindahan Kalor Konveksi .....	II-11
2.2.1 Aliran Fluida Viskos .....	II-13
2.2.2 Konveksi Paksa Aliran dalam Pipa dan Tabung .....	II-14

viii



2.2.3 Konveksi Paksa Aliran Luar Pipa dan Tabung.....	II-15
2.3 Perpindahan Kalor Radiasi .....	II-18
II.3 Penukar Kalor .....	II-19

**BAB III. INSTALASI DAN PROSEDUR PENGUJIAN**

III.1 Instalasi Alat Pengujian .....	III-1
III.2 Prosedur Pengujian.....	III-7
III.3 Langkah-langkah Perhitungan .....	III-11
III.4 Data Hasil Pengujian.....	III-12
4.1 Untuk Aliran dengan sudut <i>tube</i> uji segi empat 45 <sup>0</sup> .....	III-12
4.2 Untuk Aliran dengan sudut <i>tube</i> uji segi empat 60 <sup>0</sup> .....	III-13
4.3 Untuk Aliran dengan sudut <i>tube</i> uji segi empat 90 <sup>0</sup> .....	III-14
III.5 Gambar Alat.....	III-15

**BAB IV. PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA HASIL PENGUJIAN**

IV.1 Pengolahan Data .....	IV-1
1.1 Debit Aliran Fluida.....	IV-1
1.2 Kecepatan Rata-rata.....	IV-2
1.3 Laju Aliran Massa Fluida.....	IV-3
1.4 Laju Perpindahan Kalor.....	IV-4
IV.2 Analisa Data Hasil Perhitungan.....	IV-6

**BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN**

V.1 Kesimpulan .....	V-1
V.2 Saran .....	V-2

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II-1	Perpindahan kalor .....	II-1
Gambar II-2	Kalor spesifik air.....	II-4
Gambar II-3	Bagan yang menunjukkan arah aliran kalor .....	II-8
Gambar II-4	Volume unsur untuk analisis konsumsi kalor .....	II-8
Gambar II-5	Aliran kalor satu dimensi melalui silinder bolong.....	II-10
Gambar II-6	Perpindahan kalor konveksi dari suatu plat .....	II-12
Gambar II-7	Berbagai daerah aliran lapisan batas di atas plat rata .....	II-13
Gambar II-8	Perpindahan kalor konveksi paksa pada silinder .....	II-15
Gambar II-9	Silinder dalam aliran silang .....	II- 6
Gambar II-10	Distribusi kecepatan menunjukkan pemisahan aliran .....	II-16
Gambar II-11	Aliran luar pada benda .....	II-17
Gambar III-1	Instalasi alat pengujian .....	III-1
Gambar III-2	Pompa rumah tangga .....	III-3
Gambar III-3	Pompa aquarium .....	III-3
Gambar III-4	Pipa bentuk silinder ....	III-4
Gambar III-5	<i>Tube</i> uji bentuk segi empat sama sisi.....	III-5
Gambar III-6	(a) thermometer dan (b) termokopel.....	III-6
Gambar III-7	Alat pemanas ( <i>heater</i> ).....	III-7
Gambar III-8	Langkah-langkah perhitungan .....	III-11
Gambar III-9	Alat uji <i>tube</i> segi empat sama sisi di dalam pipa silinder .....	III-15
Gambar III-10	(a) Alat uji tampak atas (b) Tampak depan.....	III-16
Gambar III-11	(a) Alat uji tampak samping dengan tiga sudut <i>tube</i> uji .....	III-17

## DAFTAR TABEL

Tabel II-1	Kalor jenis beberapa bahan pada $25^{\circ}\text{C}$ .....	II-5
Tabel III-1	Tube uji segi empat sama sisi dengan sudut $45^{\circ}$ .....	III-12
Tabel III-2	Tube uji segi empat sama sisi dengan sudut $60^{\circ}$ .....	III-13
Tabel III-3	Tube uji segi empat sama sisi dengan sudut $90^{\circ}$ .....	III-14
Tabel IV-1	Perhitungan massa jenis air dengan interpolasi .....	IV-3
Tabel IV-2	Perhitungan kalor spesifik air dengan interpolasi .....	IV-5
Tabel IV-3	Hasil perhitungan .....	IV-6

## DAFTAR GRAFIK

Gráfik IV-1 Laju perpindahan panas Vs sudut pipa uji segi empat sama sisi.... IV-8

## DAFTAR LAMPIRAN

Tabel sifat-sifat air .....	Lampiran 1
Gambar alat Pengujian .....	Lampiran 2

# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Pada sebagian besar *heat exchanger*, pipa penukar panas berbentuk bulat yang mana bentuk ini banyak tersedia di pasaran. Bentuk-bentuk *tube* lain yang tidak bulat yang dapat dijumpai pada *heat exchanger* seperti bentuk ellip, bentuk memanjang radius. Untuk *tube* berpenampang segi empat belum dijumpai dalam *heat exchanger*. Walaupun demikian bentuk tersebut sangat penting untuk ditinjau mengenai karakteristik aliran dan perpindahan panasnya. Perpindahan panas pada *tube* bulat, hal ini telah banyak diuraikan dalam banyak literatur.

Pemasangan pipa bulat dalam aliran sebagai penukar panas tidak sulit, akan tetapi bila *tube* segi empat maka pemasangan dalam aliran harus sedemikian agar proses perpindahan panas berjalan dengan baik. Pemasangan *tube* segi empat ada beberapa macam, bisa dipasang dengan membuat salah satu bidangnya tegak lurus terhadap datangnya aliran dan bisa dipasang sudut pertemuan bidang pipa mengenai datangnya aliran. *Tube* segi empat bisa berupa keempat sisi bidang (dinding) saling tegak lurus, bisa tidak saling tegak lurus atau sudut-sudutnya tidak sama dan bisa segi empat yang mana sisi-sisinya tidak sama panjang. Melihat berbagai bentuk dari segi empat maka banyak sekali kemungkinan geometri dan pemasangan *tube* segi empat terhadap datangnya aliran. Oleh karena itu, maka perlu diberikan studi



tentang beberapa bentuk pemasangan *tube* segi empat tersebut terhadap perpindahan panasnya apabila fluida mengalir di sekelilingnya. *Tube* segi empat yang dipelajari adalah segi empat sama sisi dengan keempat sudutnya sama yaitu saling tegak lurus. *Tube* pipa tersebut dipasang dalam aliran yang mana salah satu sudutnya diarahkan dengan datangnya aliran yang menabraknya dan salah satu sisi diarahkan dengan aliran secara tegak lurus. Selain itu diberikan juga pengaruh perubahan sudut segi empat terhadap perpindahan panasnya.

Sebuah *tube* berpenampang segi empat dengan masing-masing bidangnya saling tegak lurus satu sama lain yang mana salah satu sudutnya diarahkan pada datangnya aliran maka bentuknya terhadap arah aliran terdiri dari dua bidang miring yang simetris. Dengan demikian maka sudut antara datangnya aliran dengan salah satu bidangnya adalah  $45^{\circ}$ . Apabila salah satu dari penampang dipasang tegak lurus dengan aliran maka akan menyebar searah bidangnya dan titik stagnasi pada tengah sisi bidang.

## 1.2 Perumusan Masalah

Fluida merupakan zat yang sangat sulit untuk dilakukan analisa secara rumus empirik, karena banyak faktor-faktor penentu (konstanta) yang harus di ketahui agar dapat dihasilkan suatu persamaan yang tepat. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah dengan melakukan studi eksperimental untuk mengetahui keadaan dan pengaruh terhadap fluida itu sendiri.

---



Untuk mengetahui perpindahan panas yang baik pada penampang segi empat dengan sudut yang berbeda perlu dilakukan beberapa pengujian yang dapat membuktikan perubahan suhu sehingga terbentuk perpindahan panas yang lebih baik dengan salah satu sudut penampang segi empat yang diujikan.

Berdasarkan permasalahan yang timbul diatas, penulis terdorong untuk melakukan studi eksperimental untuk mengetahui perpindahan panas yang lebih baik pada sudut-sudut *tube* segi empat terhadap aliran fluida. Untuk itu penulis mengambil judul **"Studi Eksperimental Laju Perpindahan Panas Tube Segi Empat Sama Sisi terhadap Orientasi Pipa dalam Aliran Fluida"** sebagai bahan penulisan skripsi.

### I.3 Batasan Masalah

Dalam pengujian ini, permasalahan yang akan diuji secara garis besar adalah mengamati laju perpindahan panas yang dihasilkan *tube* segi empat sama sisi dalam aliran air.

### I.4 Tujuan Penulisan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui besarnya pengaruh laju perpindahan panas pada *tube* segi empat sama sisi dengan sudut yang berbeda-beda.
  2. Meneliti hubungan antara perhitungan teori dengan keadaan yang diperoleh dari data penelitian.
-



3. Mendapatkan sudut segi empat sama sisi yang tepat sehingga terjadi perpindahan panas yang lebih baik dari sudut-sudut *tube* segi empat sama sisi lainnya.

### I.5 Metode Pembahasan

Metode yang penulis gunakan adalah metode studi eksperimental atau percobaan dengan pembuatan alat, pengamatan langsung, pengukuran dan pencatatan terhadap besaran-besaran yang diperlukan dalam perhitungan sehingga diperoleh kurva karakteristik. Tahap-tahap pelaksanaan studi eksperimental adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan alat

Pada tahap ini, penulis membuat alat sederhana yang terdiri atas pipa silinder dan *tube* segi empat sama sisi.

2. Pengamatan

Dilakukan pengamatan langsung terhadap parameter-parameter yang berhubungan dengan masalah, seperti pembacaan termokopel dan termometer, penghitungan debit dengan stopwatch dan lain-lain yang menunjang penulisan skripsi ini.

3. Pengumpulan data

Setelah diadakan pengamatan, data yang telah melalui pengujian beberapa kali guna mendapatkan ketelitian terhadap data yang di ambil dicatat dan dikumpulkan untuk mendapatkan nilai rata-rata.

---

**4. Pengolahan data**

Data yang telah dikumpulkan kemudian diolah menurut prosedur pengujian dan petunjuk alat uji. Setelah itu diadakan perhitungan-perhitungan dengan parameter-parameter yang dibutuhkan.

**I.6 Sistematik Penulisan****BAB. I : PENDAHULUAN**

Berisi latar belakang, pembatasan masalah, tujuan penulisan, metode penulisan, dan sistematika penulisan.

**BAB. II : TINJAUAN PUSTAKA**

Berisi tentang penjelasan tentang kalor, perpindahan kalor (konveksi, konduksi, dan radiasi), dan alat penukar kalor.

**BAB. III : INSTALASI DAN PROSEDUR PENGUJIAN**

Berisi tentang prosedur pengujian dan data yang didapat dari studi eksperimental.

**BAB. IV : PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA HASIL  
PENGUJIAN**

Berisikan tentang penggunaan rumus dasar dan penyelesaian hasil pengujian dengan persamaan persamaan tersebut.

**BAB. V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Berisi kesimpulan dan saran tentang hal-hal penting yang didapat setelah dilakukan pembahasan mengenai





*Eksperimental Laju Perpindahan Panas Tube Segi Empat Sama Sisi terhadap Orientasi Pipa dalam Aliran Fluida”.*

---

## DAFTAR PUSTAKA

- Holman, J.P., Jasjfi, E., *Perpindahan Kalor*, Erlangga, Jakarta, 1994.
- Kreith Frank, Prijono Arko, *Prinsip-prinsip Perpindahan Panas*, Erlangga, Jakarta, 1994.
- R. Pitts Donald, E. Sissom Leighton, Jasjfi, E., *Teori dan Soal-soal Perpindahan Kalor*, Erlangga, Jakarta, 1987.
- Pratikto W.A, Ir., *Hidrodinamika Dasar Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya*, BPFE, Yogyakarta, 1988.
- R. Weity James, E. Wiks Charles, E. Wilson Robert, Rorrer Gregory, *Dasar-dasar Fenomena Transport edisi kedua*, Erlangga, Jakarta, 2000.
- Dittman Zemansky, *Kalor dan Termodinamika*, ITB Bandung, Bandung, 1986.
- Sudjito, Ir., Phd, Baedowie Syaifuddin, Ir., *Diktat Kuliah Termodinamika Dasar*, UNIBRAW, Malang, 2003.