



LAPORAN KEGIATAN

PENGARUH ANGKA REYNOLD
TERHADAP KOEFISIEN PERPINDAHAN PANAS
KONVEKSI PAKSA
PADA SILINDER HORIZONTAL ALIRAN SEJAJAR

Oleh :
Ir. Sudargana, MT
NIP. 131 631 251
dkk.

Dibiayai oleh :
Dana Rutin Universitas Diponegoro
sesuai Perjanjian Pelaksanaan Penelitian
tanggal 25 Agustus 1998
Nomor : 3908/PT09.H2/N/1998

PUSAT PENELITIAN
SUMBERDAYA ALAM DAN ENERGI
LEMBAGA PENELITIAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN

LAPORAN HASIL AKHIR PENELITIAN DOSEM MUDA

1. a. Judul Penelitian : Pengaruh Angka Reynold terhadap Koefisien Perpindahan Panas Konveksi Paksa pada Silinder Horizontal aliran Sejajar
- b. Macam Penelitian : Dasar
- c. Kategori : Penelitian untuk mengembangkan Ilmu Pengetahuan Teknologi dan Seni
2. Ketua Peneliti :
- a. Nama Lengkap & Gelar : Ir. Sudargana , MT
- b. Jenis kelamin : Laki-laki
- c. Pangkat/Golongan/NIP : Penata Tk I/III C/ 131 631 251
- d. Jabatan Fungsional : Lektor Madya
- e. Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Mesin
- f. Pusat : Pusat Penelitian Sumberdaya Alam & Energi Lembaga Penelitian
- g. Universitas : Universitas Diponegoro Semarang.
- h. Bidang Ilmu yang diteliti : Perpindahan Panas
3. Jumlah Tim Peneliti : 3 (tiga) orang.
- Anggota Peneliti
- a. Nama/NIP : Muhammad , ST/132 162 549
- b. Nama/NIP : Sularjoko , ST/132 205 840
4. Lokasi Kegiatan : Lab Phenomena Dasar Teknik Mesin UNDIP
5. Lama Penelitian : 6 (enam) bulan
6. Biaya Penelitian : Rp. 3.000.000,- (Tiga Juta Rupiah)
7. Sumber Dana : DIK Rutin Universitas Diponegoro
No. 3908/PT09.H2/N/1998, tgl.25 Agustus 1998

Semarang , 15 Pebruari 1999
Ketua Peneliti

Mengetahui

Kapuslit S A E

UNDIP



Abdul Ghofar
NIP. 131 125 930

Mengetahui

Kapuslit S A E Lembaga Penelitian UNDIP



Dr.dr Satoto
NIP. 130 368 071

Ir. Sudargana , MT
NIP. 131 631 251

PENGARUH ANGKA REYNOLD
TERHADAP KOEFISIEN PERPINDAHAN PANAS KONVEKSI
PAKSA PADA SILINDER HORIZONTAL ALIRAN SEJAJAR

Abstrak.

Penelitian ini mengkaji pengaruh kecepatan udara atau angka Reynold terhadap koefisien perpindahan panas konveksi paksa pada silinder horizontal aliran sejajar dan merupakan salah satu dari beberapa penelitian yang mengkaji tentang pengaruh angka Reynold terhadap perpindahan panas terhadap pipa yang dapat diimplementasikan pada ketel uap.

Benda uji merupakan silinder kuningan dengan diameter 5 cm panjang 19 cm. Pada sumbunya dilubangi untuk pemasangan heater dan ditepi dibuat saluran untuk pemasangan termkopel pengukur temperatur dinding luar. Sedangkan dilubang dalam juga dipasag termkopel untuk mengukur temperatur dinding dalam. Titik pengukuran sebanyak 13 titik dengan letak terdepan 0,3 cm dari ujung depan dan selanjutnya berjarak 1,5 cm kebelakang. Pengukuran diusahakan dalam keadaan tunak (steady state). Perbedaan Angka Reynold dengan cara perbedaan luas bukaan pintu fan, yaitu sebesar 25 % , 50 % dan terbuka penuh dengan memberikan angka Reynold 23,501 , 33,193 dan 66,084.

Hasil penelitian tersebut adalah angka Reynold memberikan pengaruh terhadap koefisien perpindahan panas konveksi paksa pada silinder tadi secara kuadratis

$$h_{c_{av}} = -2,367 R_N^2 + 0,157 R_N + 11,04$$

Temperatur dinding luar semakin kebelakang semakin besar karena tebal lapisan batas semakin besar.

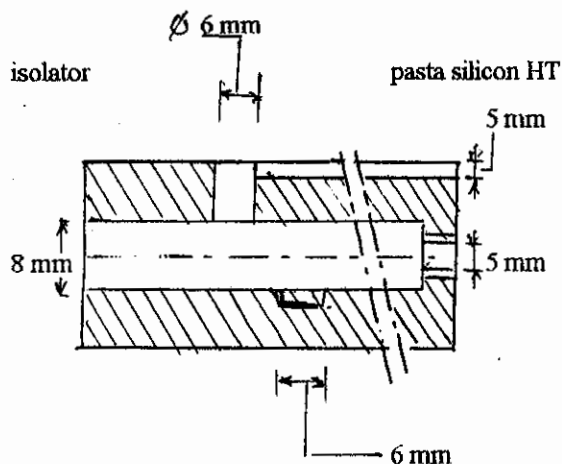
RINGKASAN

Penelitian ini dilakukan karena dalam implementasi dalam teknik rekayasa terutama dalam ketel uap, banyak sekali pipa-pipa yang letak maupun alirannya tidak seideal seperti pada teori dasar. Banyak aliran terhadap pipa bersifat sejajar, melintang dan membuat sudut yang bervariasi. Pada keperluan rekayasa atau perancangan sangat sulit bila diperhitungkan secara matematis. Untuk itu perlu dicari fenomena secara eksperimental.

Namun dalam penelitian ini secara khusus dilaksanakan dengan asumsi sebagai pendekatan antara lain :

1. harga koefisien perpindahan panas konduksi bahan tetap konstan, tidak berubah terhadap temperatur maupun lokasi.
2. pengujian dilakukan pada saat tunak (steady state).
3. Temperatur dan kecepatan udara terbatas disesuaikan dengan peralatan yang ada.

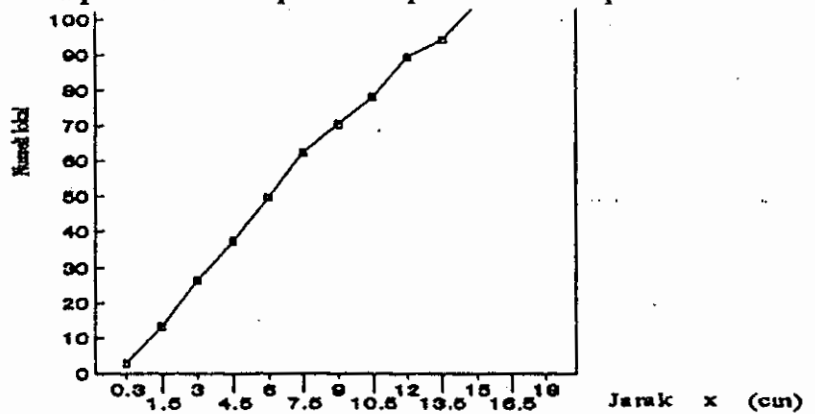
Adapun benda uji adalah sebagai berikut :



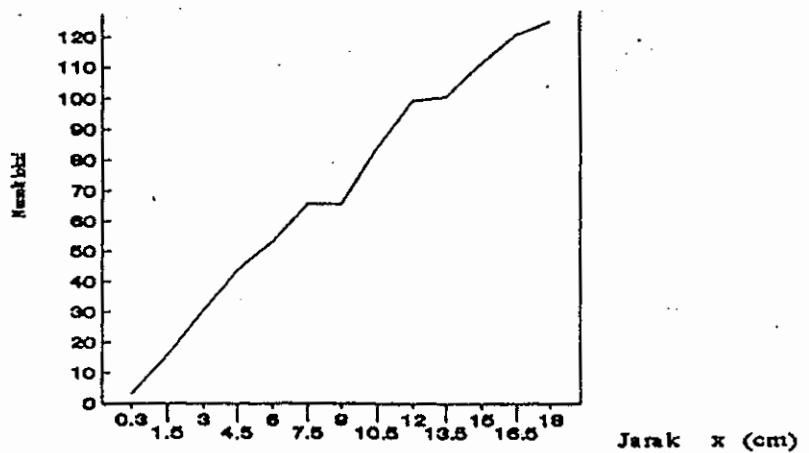
Benda uji dimasukkan kedalam kotak uji dan dipasang dalam lorong angin laboratorium lorong angin. Perbedaan kecepatan atau yang dinyatakan dalam angka Reynold diperoleh dengan merubah bukaan damper fan yaitu 25 %,

50 % dan beka penuh yang memberikan Angka Reynold 23,501 , 33,193 dan 66,084. Pengukuran temperatur dilakukan dengan termokopel, kecepatan udara dengan tabung pitot yang memberikan beda tekanan statis dengan tekanan dinamis sehingga dapat dicari kecepatan aliran udara. Jumlah titik pengukuran temperatur dinding luar sebanyak 13 buah dengan jarak 0,3 cm dari ujung depan dan selanjutnya bejarak 1,5 cm satu sama lainnya.

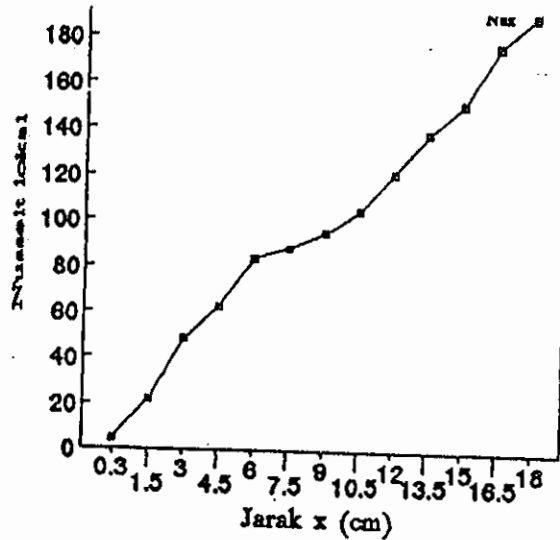
Hasil analisa penelitian ini dapat dilihat pada Gb.1. sampai Gb.3



Gb.1. Kurva Nu lokal vs jarak pada bukaan 25 %
atau $R_N = 23,501$.



Gb.2. Kurva Nu lokal vs jarak pada bukaan 50 %
atau $R_N = 33,109$



Gb.3. Kurva Nu lokal vs jarak pada bukaan penuh
atau $RN = 66,084$.

Dari ketiga kura tersebut diatas dapat disimpulkan bahwa Angka Reynold akan mempengaruhi koefisien perpindahan panas konveksi paksa pada silinder horizontal alran sejajar secara kuadratis dengan persamaan regresi

$$hc_{uv} = -2,367 R_N^2 + 0,157 R_N + 11,04$$

KATA PENGANTAR

Syukur alhamdulillah kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas karunianya sehingga penelitian dengan judul : *“Pengaruh Angka Reynold terhadap koefisien Perpindahan Panas Konveksi Paksa pada silinder Horizontal Aliran Sejajar “* telah dapat terselesaikan walaupun terdapat sedikit hambatan.

Pada kesempatan ini kami ucapkan rasa terima kasih yang tak terhingga kepada yang terhormat :

1. Direktur Pembinaan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Dirjen Dikti Depdikbud Republik Indonesia yang berkenan memberi dana pada penelitian ini
2. Ketua Lembaga Penelitian Universitas Diponegoro beserta staf yang berkenan memberikan fasilitas dan pelayanan sehingga terkabulnya usulan penelitian ini.
3. Kepala Pusat Penelitian Sumberdaya Alam dan Energi Lembaga Penelitian Universitas Diponegoro yang telah membantu pelaksanaan administratif pada penelitian ini.
4. Rekan-rekan sekerja dan Tim Peneliti yang telah memberi bantuan sehingga pelaksanaan penelitian ini berjalan dengan baik.

Kami berharap agar dengan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi terutama pada ilmu pengetahuan dan teknologi serta implementasinya sehingga mempermudah perancangan dan analisis pada perpindahan panas. Kami sadar bahwa hasil penelitian ini belum sempurna. Kami sangat berharap saran dan kritik membangun sehingga dapat memperbaiki program penelitian yang akan datang.

Semarang 15 Pebruari 1999

Tim Peneliti

2.9. Udara Bebas	30
2.10. Pengukuran temperatur dinding Logam	30
Bab III. Pembuatan Instalasi Pengujian	32
3.1. Kotak Uji	32
3.2. Silinder Uji	33
3.3. Termometer Digital	34
3.4. Kalibrasi termometer Digital	35
3.5. Instalasi Sistem Pengujian	37
3.6. Lorong Angin (Wind Tunnel)	38
Bab. IV. Data Pengujian	42
4.1. Pengujian atau Pengambilan Data	42
4.2. Prosedur Pengujian	42
4.2.1. Pengujian Konduksi	42
4.2.2. Pengujian Konveksi Paksa	44
4.2.3. Rumus-rumus yang Diperlukan	45
Bab V. Data dan Analisa Data	48
5.1. Data Pengujian	48
5.2. Analisa Hasil Pengujian	51
5.2.1. Perhitungan Koefisien Perpindahan Panas Konveksi Alami	51
5.2.2. Perhitungan koefisien Perpindahan Panas Konveksi Paksa	53
Bab VI. Kesimpulan dan Saran	65
6.1. Kesimpulan	65
6.2. Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	67
Lampiran	68

DAFTAR TABEL.

Tabel.4.1.	Harga-harga Konstante C dan m	47
Tabel.5.1.	Data-data Pengujian I	49
Tabel.5.2.	Data-data Pengujian II	50
Tabel.5.3.	Data-data Pengujian III	51
Tabel.5.4.	Perbandingan antara Nuselt eksperimental dan teori	63

DAFTAR GAMBAR.

Gb.1.	Skema Benda Uji	ii
Gb.2.	kurva Nu lokal vs jarak pada bukaan damper 25 %	iii
Gb.3.	Kurva Nu lokal vs jarak pada bukaan damper 50 %	iii
Gb.4.	Kurva Nu lokal vs jarak pada damper buka penuh	iv
Gb.2.1.	Perpindahan Panas secara sradial dalam silinder	8
Gb.2.2.	Sistem kmposit Konduktif	11
Gb.2.3.	Aliran Laminer dan Turbulen	13
Gb.2.4.	Pembagian Daerah aliran dan Profil Kecepatan	16
Gb.2.5.	Struktur Medan Aliran Tubulen	18
Gb.2.5.	Skema Titik Perpindahan lapisan batas permukaan melengkung	20
Gb.2.6.	Sistem pengukuran Termokopel dan IC LM335	26
Gb.2.7.	Pengukuran Beda Tekanan dengan Tabung Pitot	27
Gb.2.8.	Kurva Faktor Koreksi Aliran Fluida Termapat	30
Gb.2.9.	Metode penempatan IC LM 335 pada dinding silinder	31
Gb.3.1.	Kotak Uji yang dibuat	32
Gb.3.2.	Dimensi Benda Uji	33
Gb.3.3.	Dimensi Isolator Teflon	34
Gb.3.4.	rangkaian Digital DC- Voltmeter	35

Gb.3.5. Rangkaian Referensi	36
Gb.3.6. Rangkaian Pengukur	37
Gb.3.7. Letak Silinder Uji dalam kotak wind tunnel	38
Gb.3.8. Perangkat Uji Lorong Angin	39
Gb.3.9. Kotak Panel	41
Gb.4.1. Posisi termokopel dan IC LM 335	43
Gb.5.1. Data Temperatur T_o dan T_i pada jarak x dengan bukaan damper 25 %	56
Gb.5.2. Kurva hubungan jarak x dengan Nu pada $R_N = 23,501$	57
Gb.5.3. Data temperatur T_o dan T_i pada jarak x dengan bukaan damper 50 %	58
Gb.5.4. Kurva hubungan jarak x dengan Nu pada $R_N = 33,193$	60
Gb.5.5. Data temperatur T_o dan T_i pada jarak x dengan damper buka penuh	61
Gb.5.6. Kurva hubungan jarak x dengan Nu pada $R_N = 66,084$	62

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I	: Data Pengujian I , bukaan damper 25 %	68
Lampiran II	: Data Pengujian II, bukaan damper 50 %	69
Lampiran III	: Data Pengujian , damper buka penuh	70
Lampiran IV	: Tabel “ L-4” Sifat Fisis Udara pada \Tekanan Atmosfer	71
Lampiran V	: Posisi bukaan damper	72

Bab I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.

Dalam bidang konversi energi seperti pada ketel uap, motor bakar, Air Conditioning (AC) dan lain lain, masalah perpindahan panas dan alat penukar kalor sangat banyak kontribusinya sehingga dalam ilmu ini banyak diteliti untuk berbagai fenomena dasar. Salah satu fenomena adalah perpindahan kalor ke dan dari selinder horizontal aliran sejajar. Untuk selinder horizontal aliran melintang sudah banyak diteliti karena pemakaiannya sangat banyak dan variatif.

Pada peralatan ketel uap, pemanas dan Mesin Pendingin termasuk Air conditioning, jumlah panas yang dipindahkan tidak hanya tergantung perbedaan temperatur saja namun juga tergantung pada keadaan phisik alat penukar kalor, koefisien konduksi bahan , luas permukaan perpindahan panas dan yang sangat bervariasi adalah koefisien perpindahan panas konveksi paksa (h). Perpindahan panas bersifat paksa karena dalam prakteknya keadaan paksa (dengan aliran fluida secara buatan) merupakan teknik yang sangat dapat diandalkan dan dapat diatur, sedangkan untuk konveksi bebas koefisien perpindahan panasnya dapat berubah sesuai dengan perbedaan temperaturnya.

Koefisien perpindahan panas konveksi paksa h dapat dicari secara matematis hanya untuk permukaan yang sangat sederhana sesuai dengan persyaratan yang berlaku, namun untuk permukaan yang nyata dan kompleks tidak mungkin lagi dicari secara matematis. Hal ini menuntut kita untuk mencari harga h tersebut secara eksperimental. Peubah atau variabel yang nyata dalam mencari h tersebut adalah kecepatan aliran V .

Hasil analisa-data data penelitian harus dapat dipakai untuk semua keadaan dimensi yang sebangun sehingga harus dipakai persamaan hubungan antara dua atau lebih variabel tak berdimensi. Untuk kecepatan yang dalam besaran tak berdimensi berupa Nagka Reynold (Re) dan koefisien perpindahan panas berupa Angka Nuselt (Nu) sehingga perlu dicari hubungan pengaruh angka Reynold terhadap Koefisien Perpindahan Panas Nuselt Nember (Nu)

1.2. Alasan Pemilihan Judul.

Seperti telah diuraikan dimuka bahwa untuk mencari koefisien perpindahan panas konveksi paksa secara kenyataannya sangat kompleks baik bentuk, struktur aliran fluida dan juga fluidanya, sehingga sangat perlu diadakan penelitian khusus untuk benda yang bersangkutan. Hal ini akan memberika koefisien perpindahan panas h yang sangat mendekati dengan harga kenyataan walaupun ada sedikit fluktuasi.

Dalam perancangan berbagai peralatan sangat banyak variabel yang mempengaruhi bentuk maupun pola aliran sehingga untuk mencari h mau tidak mau harus dicari secara eksperimental. Sebagai contoh dalam ketel uap, susunan pipa (pipa api ataupun pipa air) sering berkelak kelok untuk memperoleh kapasitas panas yang diserap semaksimal mungkin sehingga pola aliran fluida tak teratur dan tak dapat diprediksi. Hal ini sangat sulit untuk memberikan kriteria alat untuk mendeteksi dan mencari koefisien perpindahan panasnya. Salah satu pola yang sederhana adalah aliran fluida pada selinder horizontal dengan aliran fluida secara sejajar. Untuk itulah dalam penelitian ini ditunjukan pada pengaruh angka Reynold terhadap Koefisien Perpindahan Panas Konveksi Paksa pada selinder horizontal aliran sejajar.

1.3. Batasan Masalah.