

1561a-204.

Terakreditasi Nomor : 52/DIKTI/Kep/2002

ISSN 0853-2850

# GELAGAR

JURNAL TEKNIK

- ⊙ PERPINDAHAN PANAS KONVEKSI BEBAS ANTARA PIPA KUNINGAN BERPRINSIP HORIZONTAL DENGAN UDARA ✓
- ⊙ KARAKTERISTIK TAMPILAN FASADE RUKO CINA DI SURAKARTA
- ⊙ *FUZZY GREEN QFD : TOOL OF PRODUCT DESIGN* YANG RAMAH LINGKUNGAN DAN MEMPERHATIKAN KEPUASAN PELANGGAN
- ⊙ IDENTIFIKASI PENUTUR TAK-BERGANTUNG-TEKS MENGGUNAKAN MODEL PENUTUR *GAUSSIAN MIXTURE*
- ⊙ IMPLEMENTASI TAPIS DIGITAL FINITE IMPULSE RESPONSE (FIR) METODE OPTIMISASI PADA DSP TMS320C6711
- ⊙ ANALISIS ALIRAN LIMPASAN DENGAN METODE NON DIMENSIONAL
- ⊙ *SIGNAL DETECTION THEORY* : ANALISIS PERFORMANSI SISTEM MANUSIA - MESIN
- ⊙ PENGENDALIAN DAN OPTIMASI WAKTU, BIAYA MENGGUNAKAN METODE SIMULATED ANNEALING
- ⊙ PENGARUH COOLANT TERHADAP PELEPASAN KALOR PADA PENDINGINAN MESIN.
- ⊙ PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR DC MENGGUNAKAN GELOMBANG RADIO SEBAGAI MEDIA TRANSMISI BERBASIS MIKROKONTROLER AT89C51



FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

Volume 15, Nomor 02, Oktober 2004

# GELAGAR

## JURNAL TEKNIK

Volume 15, Nomor 02, Oktober 2004

ISSN 0853-2850

**Ketua Penyunting :**

Ir. Sri Widodo, M.T.

**Wakil Ketua Penyunting:**

Ir. Herry Purnama, M.T.

**Penyunting Ahli :**

Prof. Ir. H. Sugandar Sumawiganda, M.Sc., Ph.D. (Teknik Sipil)

Prof. Dr. Ir. Rohani Jahya Widodo, M.Sc.EE (Teknik Elektro)

Ir. Waluyo Adi Siswanto, M.Eng., Ph.D. (Teknik Mesin)

Ir. Patdono Suwignjo, M.Sc., Ph.D. (Teknik Industri)

Ir. Panut Mulyono, M.Eng., Ph.D. (Teknik Kimia),

Ir. Budi Prayitno, M.Eng., Ph.D. (Arsitektur),

**Penyunting Pendamping:**

Ir. Ali Asroni, M.T. (Teknik Sipil)

Ir. Pratomo Budi Santosa, M.T. (Teknik Elektro)

Ir. Subroto, M.T. (Teknik Mesin)

Muchlisson Anis, S.T. (Teknik Industri)

Ir. H. Ahmad M. Fuadi, M.T. (Teknik Kimia)

Riza Zahrul Islam, S.T., M.T. (Arsitektur)

**Distributor :**

Much. Djunaidi, S.T., M.T.

**Kesekretariatan :**

Suardi Sholeh

Siti Arba'atin Muslimah

**Penerbit :**

Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

**Alamat Sekretariat /Redaksi:**

Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta (Kampus II)

Jl. A. Yani Pabelan Kartasura, Tromol Pos I Surakarta 57102.

Telp. (0271) 717417; 719483 Ext. 212, 213

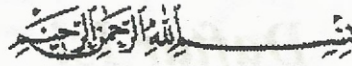
Fax. (0271) 715448

E-mail : [gelagar@ums.ac.id](mailto:gelagar@ums.ac.id)

Jurnal Teknik GELAGAR TERAKREDITASI berdasarkan Surat Keputusan Dirjen Dikti Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor : 52/DIKTI/Kep/2002 Tentang Hasil Akreditasi Jurnal Ilmiah. Redaksi mengundang para Akademisi, Peneliti, Praktisi dan Profesional untuk menyumbangkan tulisannya. Terbit dua kali setahun, yaitu bulan April dan Oktober. Biaya berlangganan Jurnal Teknik Gelagar termasuk biaya pengiriman sebesar Rp 35.000,- per tahun. Penulis yang naskahnya dimuat akan diberitahu sebelum dicetak dan dikenakan biaya administrasi sebesar Rp. 200.000,- per artikel yang dapat ditransfer melalui rekening Bank Nasional Indonesia 1946 Surakarta Cab. Pasar Klewer atas nama Sri Widodo, Ir., M.T. No.Rek.: 227.007137345.901

# Daftar Isi

	<b>Halaman</b>
DAFTAR ISI .....	i
PRAKATA .....	ii
<b>PERPINDAHAN PANAS KONVEKSI BEBAS ANTARA PIPA KUNINGAN BERSIRIP HORIZONTAL DENGAN UDARA</b> <i>Ahmad M. Fuadi, Hadi Rusdian</i> .....	85 - 92
<b>KARAKTERISTIK TAMPILAN FASADE RUKO CINA DI SURAKARTA</b> <i>Dhani Mutiari</i> .....	93 - 101
<b>FUZZY GREEN QFD: TOOL OF PRODUCT DESIGN YANG RAMAH LINGKUNGAN DAN EMPERHATIKAN KEPUASAN PELANGGAN</b> <i>Eko Setiawan, Septin Puji Astuti</i> .....	102 - 109
<b>IDENTIFIKASI PENUTUR TAK-BERGANTUNG-TEKS MENGGUNAKAN MODEL PENUTUR GAUSSIAN MIXTURE</b> <i>Fajar Suryawan, Bana Handaga</i> .....	110 - 119
<b>IMPLEMENTASI TAPIS DIGITAL FINITE IMPULSE RESPONSE (FIR) METODE OPTIMISASI PADA DSP TMS320C6711</b> <i>Heru Supriyono, Endah Sudarmilah, Gunawan Ariyanto</i> .....	120 - 127
<b>ANALISIS ALIRAN LIMPASAN DENGAN METODE NON DIMENSIONAL</b> <i>Jaji Abdurrasyid, Danang Gunarto, Gatot Setya Budi</i> .....	128 - 133
<b>SIGNAL DETECTION THEORY : ANALISIS PERFORMANSI SISTEM MANUSIA – MESIN</b> <i>Nur Rahman As'ad</i> .....	134 - 142
<b>PENGENDALIAN DAN OPTIMASI WAKTU, BIAYA MENGGUNAKAN METODE SIMULATED ANNEALING</b> <i>Muh. Nur Sahid</i> .....	143 - 153
<b>PENGARUH COOLANT TERHADAP PELEPASAN KALOR PADA PENDINGINAN MESIN</b> <i>Subroto, Sartono Putro</i> .....	154 - 158
<b>PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR DC MENGGUNAKAN GELOMBANG RADIO SEBAGAI MEDIA TRANSMISI BERBASIS MIKROKONTROLER AT89C51</b> <i>Sumardi, Yudi Andriana</i> .....	159 - 168



## Prakata

*Assalamu 'alaikum Wr.Wb.*

Syukur Alhamdulillah, berkat rahmat dan hidayah Allah S.W.T. Jurnal Teknik Gelagar Volume 15, Nomor 02, Oktober 2004 telah terbit. Hal ini tak lepas dari peran para peneliti dan akademisi yang telah menyumbangkan naskahnya untuk dipublikasikan pada jurnal ini. Selain itu terbitnya edisi ini juga tak lepas dari hasil kerja keras tim redaksi yang menginginkan agar jurnal bisa terbit sesuai jadwal yang telah ditetapkan.

Pada kesempatan ini Redaksi Jurnal Teknik Gelagar mengucapkan Selamat Menjalankan Ibadah Puasa di Bulan Suci Ramadhan 1425 H dan juga Selamat Hari Raya Idul Fitri 1425 H mohon maaf lahir dan batin. Semoga puasa Ramadhan tahun ini dapat meningkatkan keimanan, ketakwaan, dan kualitas tulisan yang ada di Jurnal Teknik Gelagar.

Pada edisi ini kami telah memilih 10 naskah dari beberapa naskah yang masuk ke meja redaksi untuk dimuat pada edisi ini dengan perincian dari bidang ilmu Teknik Elektro 3 buah, Teknik Sipil 2 buah, Teknik Industri 2 buah, diikuti Teknik Arsitektur, Teknik Kimia dan Teknik Mesin masing-masing 1 buah.

Untuk bidang ilmu Teknik Elektro menyajikan masalah penutur tak-bergantung-teks, *finite impulse response*, dan motor DC. Teknik Sipil membahas tentang aliran limpasan dan metode *simulated annealing*. Teknik Industri menyajikan masalah *fuzzy green QFD* dan analisis performansi sistem manusia-mesin. Teknik Arsitektur, Teknik Kimia dan Teknik Mesin masing-masing menampilkan fasade ruko Cina, perpindahan panas konveksi bebas dan pendinginan mesin.

Untuk meningkatkan kualitas Jurnal, mulai edisi Oktober 2004 biaya administrasi bagi penulis yang naskahnya dimuat terpaksa kami naikan dari Rp.150.000,- menjadi Rp.200.000,-. Sebagai akhir kata, segenap pengurus redaksi mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah ikut berperan aktif dalam penerbitan jurnal ini. Redaksi selalu terbuka untuk menerima segala macam kritik dan saran demi kesempurnaan Jurnal Teknik Gelagar.

*Wassalamu 'alaikum wr.wb.*

Redaksi

# PERPINDAHAN PANAS KONVEKSI BEBAS ANTARA PIPA KUNINGAN BERSIRIP HORIZONTAL DENGAN UDARA

Ahmad M. Fuadi, Hadi Rusdianan  
Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UMS  
Jl.A.Yani Pabelan-Kartasura, Tromol Pos 1 Surakarta

## ABSTRAK

*Koefisien perpindahan panas merupakan faktor penting dalam perancangan alat penukar panas. perpindahan panas dapat terjadi karena adanya perbedaan suhu, berpindah dari suhu tinggi ke suhu rendah. salah satu sistem perpindahan panas adalah konveksi bebas yang terjadi karena adanya fluida yang dipanaskan, sehingga berubah densitasnya dan bergerak naik. dalam penelitian ini dipelajari tentang harga koefisien perpindahan panas konveksi bebas pada silinder horisontal bersirip.*

*Penelitian ini menggunakan pipa kuningan dengan harga  $k = 1949,9524 \text{ W/m}^2\text{C}$  yang mempunyai panjang 40 cm dan diameter 1,1 cm. Sedangkan siripnya mempunyai ukuran panjang = 20 cm, lebar = 1 cm dan tebal = 0,8 cm. Kemudian dihubungkan secara horisontal dengan ketel air yang di dalamnya berisi air suling yang dipanaskan, sehingga timbul uap dan mengalir dalam pipa kuningan dengan suhu masuk sama dengan suhu keluar yaitu  $100^{\circ}\text{C}$ . Kemudian diukur embunan yang terbentuk tiap menit sampai kondisi steady dimana jumlah embunan per menit sama.*

*Harga koefisien perpindahan panasnya adalah, untuk sirip 1 =  $3,0141 \text{ W/m}^2\text{C}$ , sirip 2 =  $2,5389 \text{ W/m}^2\text{C}$ , sirip 3 =  $2,3973 \text{ W/m}^2\text{C}$ , sirip 4 =  $2,1939 \text{ W/m}^2\text{C}$ . Nilai koefisien perpindahan panasnya dapat dinyatakan dalam bilangan Nusselt yaitu  $Nu = 0,2186 (Gr \cdot Pr)^{0,2177}$  untuk rentang nilai bilangan Rayleigh  $37000 < Gr \cdot Pr < 54000$  dengan ralat rata-rata 2,31%.*

**Kata kunci :** perpindahan panas, konveksi bebas, sirip

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Perpindahan panas adalah berpindah-nya energi dari suatu bagian yang bersuhu lebih tinggi ke bagian yang lebih rendah. Di sini panas dapat berpindah secara konduksi, konveksi, dan radiasi.

Salah satu macam sistem konveksi adalah konveksi bebas, di mana gerakan fluida berlangsung semata-mata akibat dari

perbedaan kerapatan yang disebabkan oleh gradien suhu. Peristiwa perpindahan panas secara konveksi bebas dengan permukaan yang diperluas banyak dijumpai dalam kegiatan sehari-hari, misalnya radiator, alat-alat elektronik dan lain-lain. Perluasan permukaan ini dimaksudkan untuk meningkatkan jumlah panas yang dapat dipindahkan sehingga panas yang ada pada alat bisa berkurang dan alat bisa tahan

lebih lama. Konveksi alamiah atau konveksi bebas terjadi karena fluida mengalami proses pemanasan, berubah densitasnya, dan bergerak naik. Gerakan fluida dalam konveksi bebas, baik fluida itu gas maupun zat cair, terjadi karena gaya apung yang dialaminya apabila densitas fluida di dekat permukaan perpindahan kalor berkurang sebagai akibat proses pemanasan. Gaya apung ini terjadi karena adanya gaya grafitasi. Mengingat banyaknya penerapan system perpindahan panas konveksi bebas dengan permukaan yang diperluas, maka perlu untuk dipelajari lebih jauh hal-hal yang terkait, misalnya seberapa besar manfaat pemasangan sirip atau bagaimana menghitung koefisien perpindahan panas konveksi bebas pada benda yang diberi sirip.

**Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan sirip pada pipa kuningan dan menghitung harga koefisien perpindahan panas konveksi bebas pada pipa kuningan dengan berbagai penambahan permukaan yang diperluas.

**Tinjauan Pustaka**

Perpindahan panas atau kalor (*heat transfer*) didefinisikan sebagai berpindahnya energi dari suatu daerah ke daerah lainnya sebagai akibat dari beda suhu antara daerah-daerah tersebut. perpindahan panas dapat terjadi dengan tiga cara, yaitu radiasi, konduksi, dan konveksi.

Radiasi bisa terjadi pada ruang hampa, sedangkan konduksi dan konveksi harus ada media untuk media perpindahan panasnya.

Perpindahan panas konveksi atau aliran adalah perpindahan panas antara medium yang berbeda, misalnya per-

pindahan panas dari fluid ke dinding padat dan sebaliknya. (Holman, 1986).

Perpindahan panas antara batas benda padat dan fluida terjadi dengan adanya suatu gabungan dari konduksi dan transport masa. Jika batas tersebut bersuhu lebih tinggi dari pada fluida itu, maka terlebih dahulu panas mengalir dengan cara konduksi dari benda padat ke partikel-partikel fluida di dekat dinding. Energi yang berpindah dengan cara itu meningkatkan energi dalam fluida dan terangkut oleh gerakan fluida. Bila partikel-partikel fluida yang terpanaskan itu mencapai daerah yang suhunya lebih rendah, maka panas berpindah lagi dengan cara konduksi dari fluida yang lebih panas ke fluida yang lebih dingin. (Kreith, 1976).

Berdasarkan gerakan aliran fluida, perpindahan panas konveksi dapat diklasifikasi menjadi dua, yaitu konveksi paksa (*forced convection*) dan konveksi bebas atau konveksi alamiah (*free convection*).

**Konveksi Paksa**

Konveksi paksa terjadi apabila gerakan fluida disebabkan oleh suatu energi luar, seperti pompa atau kipas. Perpindahan panas secara konveksi paksa pada umumnya berjalan lebih cepat daripada konveksi bebas. Sebagai contoh plat logam panas akan menjadi dingin lebih cepat bila ditaruh di depan kipas angin dibandingkan dengan di udara tenang. Kecepatan udara yang ditiupkan kipas ke plat logam panas akan mempengaruhi laju perpindahan panas. Sehingga pada perpindahan panas konveksi paksa perlu memperhatikan kecepatan fluida. (Holman, 1986).

Laju perpindahan panas dihitung dari persamaan berikut:

$$q_c = h_c \cdot A (T_{\text{permukaan}} - T_{\text{fluida}}) \dots\dots\dots (1)$$

Harga  $h_c$  bergantung pada beberapa factor, antara lain suhu, bentuk geometri benda serta kecepatan aliran. Suhu acuan perpindahan panas ke atau dari fluida yang mengalir tidak seragam di sepanjang arah aliran massa maupun dalam arah aliran panas, maka digunakan suhu curahan rata-rata (*average bulk temperature*) sebagai suhu acuan fluida. Panas yang dipindahkan secara konveksi paksa akan diterima oleh fluida yang dipanaskan.

$$q = m C_p \Delta T_b \dots\dots\dots (2)$$

Dalam aliran laminer, tidak terdapat pencampuran antara fluida yang lebih panas dan fluida yang lebih dingin oleh gerakan pusaran, dan perpindahan panas terjadi semata-mata dengan cara konduksi. Dalam aliran peralihan terjadi pencampuran fluida panas dan dingin dengan skala kecil. Karena gerakan mencampur ini, banyak mempercepat perpindahan panas, maka terjadi kenaikan koefisien perpindahan panas yang mencolok di atas  $Re = 21000$ . Sedangkan dalam aliran turbulen terdapat gaya geser viscous yang lebih besar dibandingkan dengan aliran laminer, pusaran-pusaran itu mencampur fluida yang lebih panas dengan fluida yang lebih dingin demikian efektifnya sehingga panas berpindah secara sangat cepat antara tepi lapisan batas lamimer dan bagian fluida yang turbulen (Kreith, 1976).

Untuk menaikkan koefisien perpindahan panas dapat dilakukan dengan mengurangi tahanan termal lapisan batas lamimer. Hal ini dilakukan dengan meningkatkan turbulensi di dalam aliran utama.

**Konveksi Bebas**

Perpindahan panas konveksi bebas terjadi bilamana sebuah benda ditempatkan dalam suatu fluida yang suhunya lebih

tinggi atau lebih rendah daripada benda tersebut. Sebagai akibat dari perbedaan suhu tersebut, panas mengalir antara fluida dan benda itu serta mengakibatkan perubahan kerapatan lapisan-lapisan fluida di dekat permukaan. Dengan kata lain dalam perpindahan panas konveksi panas, fluida dapat bergerak sebagai akibat perbedaan kerapatan yang disebabkan oleh perbedaan suhu di dalam fluida. (Frank Kreith, 1973).

Persamaan umum yang bisa digunakan untuk menaksir harga koefisien perpindahan panas konveksi bebas untuk berbagai situasi, dapat dinyatakan dalam bentuk fungsi sebagai berikut:

$$Nu = C (Gr_f Pr_f)^m \dots\dots\dots (3)$$

Dimana subskrip f menunjukkan bahwa sifat-sifat untuk gugus tak berdimensi dievaluasi pada suhu film.

$$T_f = (T_\infty + T_w) \frac{1}{2} \dots\dots\dots (4)$$

Dimensi karakteristik yang digunakan dalam angka Nusselt dan Grashof bergantung pada geometri masing-masing kondisi. Untuk plat vertikal ditentukan oleh tinggi plat (L), untuk silinder horisontal oleh diameter (d), dan demikian seterusnya.

Setiap kasus pada konveksi bebas, bergantung pada nilai bilangan Rayleigh (Ra) yang merupakan hasil kali antara bilangan Grashof dengan Prandtl. Warnner dan Arpaci melakukan percobaan dan menemukan persamaan yaitu:

$$Nu = 0.10 (Gr_f \cdot Pr_f)^{1/3} \dots\dots\dots (5)$$

Untuk rentang bilangan Rayleigh yaitu  $(Gr_f \cdot Pr_f \cdot 10^9)$ . Sedangkan Churchill dan Chu menemukan persamaan-persamaan berikut ini:

$$Nu = 0.68 + \frac{0.670 Ra^{1/4}}{[1 + (0.492 / Pr)^{9/16}]^{8/27}} \dots\dots\dots (6)$$

untuk  $Ra_L < 10^9$

$$Nu = 0.825 + \frac{0.387 Ra^{1/6}}{[1 + (0.492/Pr)^{9/16}]^{8/27}}$$

untuk  $10^{-1} < Ra_L < 10^{12}$  ..... (7)

Secara spesifik, untuk konveksi bebas dari silinder horisontal, Churchill dan Chu memberikan persamaan-persamaan berikut

$$Nu^{1/2} = 0.60 + 0.387 \left[ \frac{Gr \cdot Pr}{[1 + (0.559/Pr)^{9/16}]^{16/9}} \right]^{1/4}$$

untuk  $10^{-5} < Gr \cdot Pr < 10^{12}$  ..... (8)

Persamaan yang lebih sederhana pada aliran laminar, yaitu :

$$Nu_d = 0.36 + \frac{0.518 (Gr_d Pr)^{1/4}}{[1 + (0.559/Pr)^{9/16}]^{4/9}} \dots (9)$$

Persamaan (6) sampai persamaan (9) adalah persamaan yang dapat digunakan untuk menaksie harga koefisien perpindahan panas konveksi bebas. Dari sekian banyak persamnaan yang bisa digunakan, belum ada persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung harga koefisien perpindahan panas konveksi bebas pada permukaan yang diberi sirip.

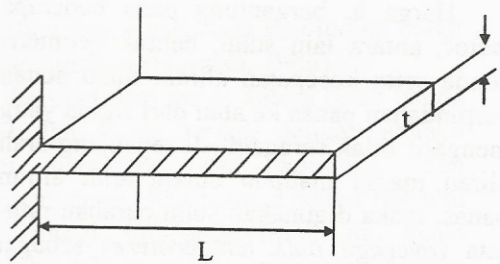
### Sirip (*Estended Surface*)

Sirip adalah permukaan yang menonjol yang menempel pada dinding peralatan perpindahan panas dengan tujuan untuk memperbesar laju pemanasan atau pendinginan. penampang sirip dapat berbentuk segiempat, segitiga, atau trapezoida yang dipasang secara longitudinal. selain itu, jenis sirip yang lain adalah sirip radial berprofil siku empat dan sirip berbentuk pena.

Pada sirip yang sangat panjang, dan suhu diujung sirip sama dengan suhu fluida sekitar;

$$q = (h P k A)^{1/2} \cdot \theta_0 \dots (10)$$

Sirip yang mempunyai panjang tertentu, dan melepaskan kalor dari ujungnya, aliran kalornya adalah:



Gambar 1. Sirip memanjang dengan profil siku-empat

$$q = \sqrt{h P k A} (T_0 - T_\infty) \frac{\sinh mL + (h/mk) \cosh mL}{\cosh mL + (h/mk) \sinh mL} \quad (11)$$

Pada kasus sirip yang diisolasi  
 $q = 0$  ..... (12)

### Efisiensi Sirip

Efektifitas perpindahan panas sirip diukur dengan suatu parameter yang disebut efisiensi sirip.

$$\eta = \frac{q \text{ dengan sirip}}{q \text{ tanpa sirip}} = \frac{\tanh mL}{\sqrt{h A k P}} \dots (13)$$

Sirip segiempat mempunyai efisiensi yang lebih tinggi daripada sirip segitiga yang sama panjangnya.

### Kondisi Dimana Sirip Tidak Membantu

Penambahan sirip akan memperbesar luas permukaan, tetapi bersamaan dengan itu juga timbul tahanan konduksi pada bagian dari permukaan asli dimana sirip terpasang. pemasangan sirip pada muka perpindahan panas tidak selalu mengakibatkan peningkatan laju perpindahan panas. Jika nilai koefisien konveksi besar, sebagaimana pada fluida berkecepatan tinggi atau zat cair mendidih, maka sirip ini dapat mengakibatkan berkurangnya perpindahan panas. Hal ini disebabkan karena dibandingkan dengan tahanan konveksi merupakan halangan yang lebih besar terhadap aliran panas. (Holman, 1983).



**Kuningan**

Kuningan merupakan paduan dari dua unsur logam, yaitu mengandung 70% Cu dan 30% Zn, yang mempunyai harga  $k = 1949,9524 \text{ W/m}^2\text{c}$  (Kreith, 1976).

**Landasan Teori**

1. Menghitung jumlah embunan yang terbentuk

Untuk mengetahui masa dari embunan dihitung dengan:

$$m = \frac{w \cdot \rho}{BM} \dots\dots\dots (14)$$

2. Menghitung jumlah kalor

Untuk menghitung jumlah kalor pada konveksi bebas digunakan persamaan :

$$q = m \cdot \lambda \dots\dots\dots (15)$$

3. Menghitung koefisien tranfer panas konveksi bebas (h percobaan)

$$q = \frac{\Delta T}{\frac{\Delta x}{kA} + \frac{1}{hA}} \dots\dots\dots (16)$$

$$A_{\text{silinder}} = \pi D L$$

$$A_{\text{sirip}} = 2 (p.l) + 2 (t.l)$$

$$A_{\text{silinder bersirip}} = A_{\text{silinder}} + A_{\text{sirip}}$$

4. Menghitung bilangan Grashof dan prandtl

$$Gr = \frac{g\beta (T_{\infty} - T_w)D^3}{\nu^2} \dots\dots\dots (17)$$

$$Pr = \frac{Cp\mu}{k} \dots\dots\dots (18)$$

5. Menghitung bilangan Nusselt

$$Nu = \frac{hD}{k} \dots\dots\dots (19)$$

Dengan  $D = D_s$  (diameter silinder bersirip)

$$D_s = D + (\text{tinggi sirip} \times \text{jumlah sirip})$$

6. Menghitung bilangan Nusselt silinder horisontal berdasar-kan literatur

Untuk mengetahui bilangan Nusselt, diperoleh dari persamaan yang

diberikan oleh Churchill dan Chu untuk  $10^{-5} < Gr \cdot Pr < 10^2$ , yaitu:

$$Nu^{1/4} = 0,6 + 0,387 \left[ \frac{Gr \cdot Pr}{1 + [0,559/Pr]^{9/16}} \right]^{1/4} \dots\dots\dots (1/6)$$

7. Menghitung bilangan Nusselt silinder horisontal bersirip

Untuk menghitung bilangan Nusselt empiris adalah dengan cara:

$$Nu = C (Gr_d \cdot Pr_d)^m$$

$$\frac{hD}{k} = C (Gr_d \cdot Pr_d)^m$$

$$\text{Log } \frac{hD}{k} = \text{log } C + m \cdot \text{log } (Gr_d \cdot Pr_d)$$

Misal :

$$\text{Log } \frac{hD}{k} = y$$

$$\text{Log } C = b$$

$$m = a$$

$$\text{Log } Gr_d \cdot Pr_d = x$$

$$\text{Maka : } y = b + ax$$

$$a = \frac{n(\sum x \cdot y) - (\sum x \cdot \sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{(\sum y) - (a \cdot \sum x)}{n}$$

Didapatkan :

$$C = \text{log}^{-1} b$$

dari persamaan empiris dapat dihiutng analisisnya :

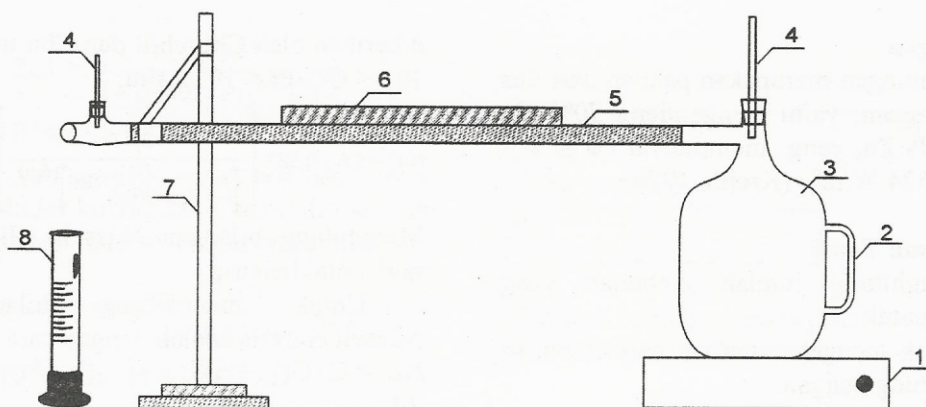
$$h = \frac{Nuk}{D}$$

8. Menghitung prosen kesalahan

$$\% \text{kesalahan} = \frac{h_{\text{analisis}} - h_{\text{percobaan}}}{h_{\text{percobaan}}} \times 100\% \dots\dots\dots (20)$$

**Hipotesis**

Harga koefisien transfer konveksi bebas pada silinder horisontal bersirip merupakan fungsi bilangan Grashoff dan Nusselt. Pemasangan sirip akan menaikkan jumlah panas yang dihasilkan.



Gambar 2. Rangkaian Alat Penelitian

Keterangan :

1. Kompor gas
2. Level Indikator
3. Ketel Air
4. Termometer
5. Pipa Kuningan
6. Sirip
7. Statif
8. Gelas Ukur

## PELAKSANAAN PENELITIAN

### Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air suling yang diperoleh dari Laboratorium Teknik Kimia UMS.

### Alat

Alat yang digunakan disajikan pada Gambar 2.

### Cara Kerja

Pertama-tama pipa kuningan dihubungkan dengan ketel air, kemudian ketel diisi dengan air suling. Setelah itu kompor gas dinyalakan, apabila yang ada di dalam ketel uap mendidih akan terbentuk uap, sehingga uap akan mengalir melalui pipa kuningan. Suhu uap yang mengalir mempunyai harga yang sama,

karena pada prinsipnya konveksi bebas adalah merubah fase dari uap menjadi cair. Pada ujung pipa tempat uap mengalir, diberi gelas piala yang bertujuan untuk menampung embunan yang terbentuk. Pengukuran embunan dilakukan tiap menit, sampai kondisi *steady* yang ditandai dengan jumlah embunan yang terbentuk jumlahnya tetap tiap menitnya. Percobaan ini diulang terus dengan menggunakan pipa kuningan dengan berbagai variasi jumlah sirip.

## HASIL PERCOBAAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang dilakukan untuk mengetahui harga dari koefisien perpindahan panas konveksi bebas ini menggunakan air suling yang diuapkan kemudian dilewatkan dalam pipa kuningan horisontal dengan panjang 40 cm dan diameter 1,1 cm. Panjang sirip 20 cm, tinggi sirip 1 cm dan tebal sirip 0,8 cm. Hasil penelitian ditabelkan sebagaimana terlihat pada Tabel 1.

Kemudian dari hasil penelitian di atas dilakukan perhitungan sesuai dengan persamaan 14 sampai 19, dengan hasil perhitungan seperti terlihat pada Tabel 2. Dari Tabel 2 menunjukkan bahwa semakin

banyak sirip, kemampuan untuk memindahkan panasnya juga bertambah, di sini ditandai dengan bertambahnya jumlah embunan yang terbentuk.

Berdasarkan hasil ini dilakukan analisis berdasarkan persamaan empiris untuk menentukan bilangan Nusselt. Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 1. Hasil penelitian**

Sirip	w, (ml/menit)	Waktu Steady, (menit)
0	1,05	10
1	1,3	9
2	1,5	29
3	1,8	33
4	2,0	91

**Tabel 2. Hasil perhitungan berdasarkan percobaan**

Sirip	m, mol/menit	q, W	h, W/m <sup>2</sup> °C
0	0,05838	3,9633	3,8765
1	0,07228	4,9070	3,0141
2	0,08340	5,6619	2,5389
3	0,10008	6,7943	2,3973
4	0,11120	7,5492	2,1939

Berdasarkan data pada Tabel 3, diperoleh persamaan bilangan Nusselt untuk pipa horisontal bersirip adalah:

$$Nu = 0,2186 (Gr \cdot Pr)^{0,2177} \dots \dots \dots (21)$$

Dengan persamaan (21), diperoleh bilangan Nusselt empiris dan koefisien

perpindahan panasnya. Hasil perhitungan dibandingkan dengan data percobaan, disajikan pada Table 4.

Dari tabel 3 dan 4 dapat dilihat bahwa bilangan Grashof meningkat, demikian juga untuk bilangan Nusselt. Karena pada bilangan Grashof ada modifikasi pada penentuan diameter juga makin besar. Angka Grashof dapat ditafsirkan secara fisis sebagai suatu bilangan tak berdimensi yang menggambarkan perbandingan antara gaya apung dengan gaya viskous di dalam sistem aliran konveksi bebas. Peranannya sama di dalam peranan angka Reynolds dalam sistem konveksi paksa dan merupakan variabel utama yang digunakan sebagai kriteria transisi dari lapisan batas laminar menjadi turbulen. Pada percobaan ini diperoleh rentang bilangan Grashof yaitu  $37000 < Gr \cdot Pr < 54000$ . Dari tabel 5 diperoleh bahwa semakin banyak jumlah sirip, nilai koefisien perpindahan panas konveksi bebas menurun, karena silinder dengan banyak sirip luas perpindahan panasnya besar, tetapi kemampuan untuk mengembunkan uap besar karena kalor yang dihasilkan besar.

**KESIMPULAN DAN SARAN**

**Kesimpulan**

1. Makin banyak jumlah sirip, nilai koefisien perpindahan panasnya menurun.
2. Persamaan untuk bilangan  $Nu = 0,2186 (Gr \cdot Pr)^{0,2177}$

**Tabel 3. Hasil perhitungan berdasarkan persamaan empiris**

Sirip	D	Hd/k	Log hD/k	Gr . Pr	Log Gr . Pr
1	0,021	2,1856	0,3396	37331,8362	4,5721
2	0,031	2,7177	0,4342	120324,9793	5,0804
3	0,041	3,3944	0,5307	228369,9069	5,4446
4	0,051	0,8636	0,5870	535773,5263	5,72989

**Tabel 4 . Harga Nu berdasarkan persamaan empiris dan percobaan**

Sirip	Nu Empiris	Nu Percobaan	% Kesalahan
1	2,1627	2,1856	1,05
2	2,7903	2,7177	2,67
3	3,2079	3,3940	5,48
4	3,8632	3,8636	0,04

**Tabel 5 . Harga h berdasarkan persamaan empiris dan percobaan**

Sirip	Nu Empiris	Nu Percobaan	% Kesalahan
1	2,9824	3,0141	1,85
2	2,6066	2,5389	2,6
3	3,2669	3,3973	5,8
4	3,1932	3,1939	0,03

Berlaku untuk harga bilangan Gr.Pr antara 3700 dan 54000, dengan ralat rata-rata = 2,31%

**Saran**

Dari penelitian ini dapat dilakukan pengembangan lagi untuk mendapatkan

hasil yang lebih baik. maka dari itu saran berikut dapat digunakan sebagai pertimbangan:

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut menggunakan pipa dari bahan yang lain, dengan variasi bentuk sirip.
2. Pemasangan sirip harus rapi dan licin.

**DAFTAR PUSTAKA**

Frank Kreith, 1976, *Principles of Heat Transfer*, 3<sup>rd</sup> edition Harper Row Publisher, New York.

Holman J.P., dialihbahasakan oleh Jasfi E. Ir. MSc., 1986, *Perpindahan Kalor*, Edisi keenam, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Kern D.Q., 1950, *Process Heat Transfer*, Internasional Student Edition, Mc. Graw – Hill Book Co, Singapore.

Mc. Cabe W. L., Smith J.C., Hriut P., 1985, *Unit Operation of Chemical Engineering*, 4<sup>th</sup> edition, Mc. Graw – Hill Book Co., New York.

Perry, R.H., and Green, D. 1984, *Perry's Chemical Engineer's Hand Book*, 6<sup>th</sup> ed., Mc Graw – Hill Book Co., New York