

## REKAYASA PEMBUATAN FURNACE DENGAN KAPASITAS 2400 WATT

**S. M. B. Respati**

Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknik  
Universitas Wahid Hasyim  
Semarang  
Jl Menoreh Tengah XI/22  
Semarang

*Furnace adalah jenis dapur pemanas yang sering digunakan dalam bidang teknik. Furnace digunakan untuk memanaskan bahan (spesimen) disesuaikan dengan kebutuhan. Tingkat pemanasan tergantung dari jenis bahan atau material. Furnace ini nantinya dapat digunakan untuk memanaskan bahan (spesimen) sampai dengan suhu 850°C. Dan disini yang menjadi sasaran analisis ialah laju perpindahan kalor yang hilang merambat melalui dinding bata tahan api dan pelat baja.*

*Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai laju perpindahan kalor dari R konveksi 1: 0,1964 °C/W, R konduksi 1: 0,1720°C/W, R konduksi 2: 0,000238°C/W, R konveksi 2: 0,1571°C/W dan R total = 0,525738 °C/W. Dari hasil perhitungan laju perpindahan kalor terjadi perubahan nilai sebagai bukti adanya laju perpindahan kalor.*

**Kata kunci :** Laju perpindahan kalor

### Pendahuluan

Furnace adalah jenis dapur pemanas yang sering digunakan dalam bidang teknik. Penggunaan furnace dalam penelitian bahan memegang peranan penting yaitu untuk perlakuan panas pada bahan sekaligus untuk pemijaran dan pendinginan dengan suhu ruangan yang perlahan-lahan menjadi turun. Panas yang dihasilkan akibat kerja elemen didalam furnace akan merubah suhu temperatur kamar. Karena bila dalam suatu sistem terdapat gradien suhu, atau dua sistem yang suhunya berbeda disinggungkan maka akan terjadi perpindahan energi. Proses yang mana transport itu berlangsung di sebut sebagai perpindahan panas, (Kreith F, 1991).

Tujuan Dari penelitian ini adalah

1. Untuk mengetahui laju perpindahan kalor pada dinding furnace dengan kapasitas 2400 Watt, dan distribusi temperatur.

Agar penelitian ini lebih sistematis, maka ruang lingkup permasalahan perlu dipersempit yaitu dengan memberikan batasan-batasan permasalahan sebagai berikut :

1. Kapasitas listrik yang digunakan dalam penggunaan furnace ini adalah 2400Watt.
2. Yang dibahas dalam perhitungan hanya laju perpindahan kalor.

### Perpindahan Panas

Perpindahan panas dapat didefinisikan sebagai berpindahnya energi dari satu daerah ke daerah lainnya proses ini dapat juga disebut perpindahan kalor atau alih bahang (*heat transfer*) yaitu perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan suhu diantara benda atau material. Kenyataan bahwa disini yang menjadi sasaran analisis adalah laju perpindahan kalor. Karena beda suhu terdapat diseluruh alam semesta, maka hal ikhwal

aliran panas bersifat universal hal ikhwal yang berkaitan dengan tarikan gravitasi. Tetapi berbeda dengan gravitasi, aliran panas tidak dikendalikan oleh hubungan yang unik, namun oleh kombinasi dari berbagai hukum fisika yang tidak saling tergantung.

Kepustakaan perpindahan panas pada umumnya mengenal tiga cara perpindahan panas yang berbeda : Konduksi (*Conduction*, juga di kenal sebagai istilah hantaran), Radiasi (*Radiation*, proses dengan mana panas mengalir dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah bila benda itu terpisah dalam ruang, dan konveksi (*Convection*, Juga di kenal sebagai ilian), (Frank keith, 1991). Jika dibicarakan secara tepat, maka hanya konduksi dan radiasi dapat di golongkan sebagai proses perpindahan panas, karena hanya kedua mekanisme ini yang untuk terselenggaranya tergantung semata-mata pada beda suhu. Yang disebut terakhir dari ketiga cara itu, yaitu konveksi, tidak secara tepat memenuhi definisi perpindahan panas, karena untuk penyelenggaraanya tergantung pada transport massa mekanik pula.

### Konduksi

Konduksi adalah proses panas yang mengalir dari daerah yang bersuhu tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah didalam satu medium (padat, cair atau gas). Dalam aliran panas konduksi, perpindahan energi terjadi karena hubungan molekul secara langsung tanpa adanya perpindahan molekul yang cukup besar. Mekanisme konduksi adalah zat padat yang tidak tembus cahaya. Konduksi penting pula dalam fluida, tetapi didalam medium yang bukan padat biasanya tergabung dengan konveksi, dan dalam beberapa hal juga dengan radiasi.

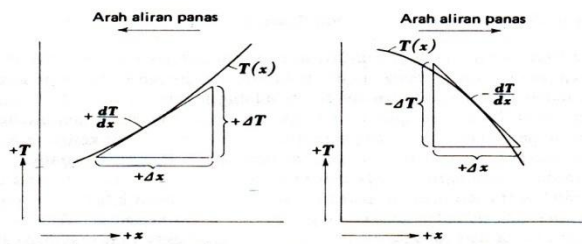
Hubungan dasar untuk perpindahan panas dengan cara konduksi diusulkan oleh ilmuwan perancis, J.B.J. Fourir, dalam tahun 1882. Hubungan ini menyatakan bahwa  $qk$ , laju aliran panas dengan cara konduksi

dalam suatu bahan, sama dengan hasil kali dari persamaan berikut :

- 1)  $k$  , konduktifitas termal bahan.
- 2)  $A$  , luas penampang melalui mana panas mengalir dengan cara konduksi, yang harus di ukur tegak lurus terhadap arah aliran panas.
- 3)  $dT/dx$  , gradien suhu pada penampang tersebut, yaitu laju perubahan suhu  $T$  terhadap jarak dalam arah aliran panas  $x$ .

Untuk menuliskan persamaan konduksi panas dalam bentuk matematik, sudah ditetapkan bahwa arah naiknya jarak  $x$  adalah arah aliran panas positif. Mengingat menurut hukum kedua termodinamika panas akan mengalir secara otomatis dari suhu tinggi ke suhu yang lebih rendah, maka aliran panas akan menjadi positif bila gradien suhu negatif. Sesuai dengan hal itu, persamaan dasar untuk konduksi satu dimensi dalam keadaan *steady* ditulis (Kreith F, 1991).

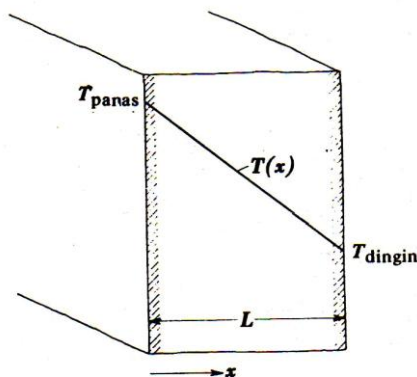
$$q_k = -kA \frac{dT}{dx} \dots\dots(1)$$



Gambar 1 Sketsa yang melukiskan perjanjian tanda untuk aliran panas konduksi

Sumber : (Kreith F, 1991. *Prinsip-prinsip Perpindahan Panas*) Hlm, 8.

Pada umumnya konduktifitas termal berubah dengan suhu, tetapi dalam banyak soal perokayasaannya cukup kecil untuk diabaikan. Aliran panas keadaan tetap (*steady*) melalui dinding datar, gradien suhu dan aliran panas tidak berubah dengan waktu dan sepanjang lintasan aliran panas luas penampangnya sama.

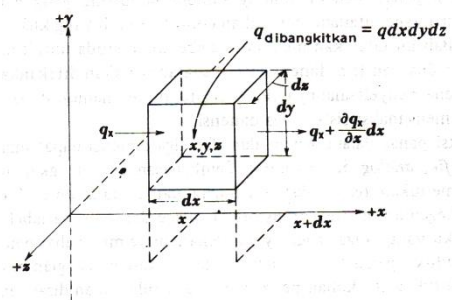


Gambar.2 Distribusi suhu untuk konduksi keadaan stedi (tetap), melalui dinding datar

Sumber : (Kreith F, 1991. *Prinsip-prinsip Perpindahan Panas*) Hlm, 10.

Konduktivitas dalam keadaan tetap (*steady*) dimana suhu dan aliran panas dapat diperlukan sebagai fungsi dari satu variabel. Seperti contoh suatu elemen kecil bahan didalam sebuah benda padat. Elemen ini berbentuk pararelepipeda segi empat yang tepi-tepinya  $dx, dy$  dan  $dz$  masing-masing sejajar dengan sumbu  $x, y$  dan  $z$  seperti di tunjukan gambar berikut (Kreith F).

$$q_x = \left( -k \frac{dT}{dx} \right) dy \cdot dz \dots\dots(2)$$



Gambar.3 Sketsa yang melukiskan nomenklatur untuk penurunan persamaan

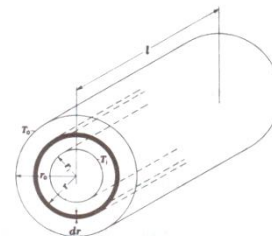
Konduksi panas umum dalam koordinat Cartesius.

Sumber : (Kreith F, 1991. *Prinsip-prinsip Perpindahan Panas*) Hlm, 78.

Silinder berlubang, aliran panas radial dengan cara konduksi melalui silinder berpenampang lingkaran yang berlubang merupakan satu lagi soal konduksi satu dimensi yang besar artinya dalam praktek. Sebagai contoh konduksi melalui pipa. Maka laju aliran panas dengan cara konduksi dapat dinyatakan sebagai (Kreith F).

$$q_k = -k 2\pi r l \frac{dT}{dr} \dots\dots(3)$$

Dimana  $dT/dr$  adalah gradien suhu  
 $r$  adalah jari jari  
 $l$  adalah Panjang silinder



Gambar.4 Sketsa Yang Melukiskan Nomenklatur Untuk Konduksi melalui silinder berlubang,

Sumber (Kreith F, 1991.) Hlm, 28.

**Radiasi**

Radiasi adalah proses dengan mana panas mengalir dari benda yang bersuhu tinggi menuju benda yang bersuhu rendah bila benda-benda itu terpisah didalam ruang, bahkan bila terdapat ruang hampa diantara benda-benda tersebut. Gerakan panas radiasi didalam ruang mirip perambatan cahaya dan dapat diuraikan dengan teori gelombang.

$$q_{\text{pancaran}} = \sigma AT^4 \dots\dots\dots(4)$$

Dimana  $\sigma$  = Konstanta proporsionalitas dan disebut konstanta Stefan Boltzmann.

A = Luas permukaan

$T^4$  = suhu

**Konveksi**

Konveksi adalah proses transport energi dengan kerja gabungan dari konduksi panas, penyimpanan energi dan gerakan mencampur. Konveksi sangat penting sebagai mekanisme perpindahan energi antara permukaan benda padat dan cairan atau gas (Holman JP, hal 11)

$$q = h.A.(T_w - T_{oo}) \dots\dots\dots(5)$$

Dengan h = Koefisien konveksi

A = Luas permukaan

$T_w$  = Suhu permukaan

$T_{oo}$  = Suhu fluida

Perpindahan energi dengan cara konveksi dari satu permukaan yang suhunya diatas suhu fluida sekitarnya berlangsung dalam beberapa tahap. Pertama, panas yang akan mengalir dengan cara konduksi dari permukaan ke partikel-partikel fluida yang berbatasan. Energi yang berpindah dengan cara demikian akan menaikkan suhu dan energi dalam partikel-partikel fluida. Perpindahan panas konveksi diklasifikasikan dalam konveksi bebas (*free Convection*) dan konveksi paksa (*Forced Convection*) menurut cara menggerakkan cara alirannya, bila gerakan mencampur berlangsung semata-mata sebagai akibat dari perbedaan kerapatan yang disebabkan oleh gradien suhu, maka konveksi bebas atau alamiah (*natural*). Bila gerakan mencampur disebabkan oleh suatu alat dari luar, seperti pompa atau kipas maka prosesnya disebut konveksi paksa.

a. Konveksi Bebas.

Perpindahan panas konveksi bebas terjadi bilamana sebuah benda ditempatkan dalam satu fluida yang suhunya lebih tinggi atau lebih rendah daripada benda tersebut. Sebagai akibat perbedaan suhu tersebut, panas yang mengalir antara fluida dan benda itu serta mengakibatkan perubahan kecepatan lapisan-lapisan fluida didekat permukaan. Konveksi bebas merupakan mekanisme aliran panas yang utama pada pemanas ruangan yang menggunakan uap air dan dinding gedung-gedung, yang tidak bergerak dalam atmosfer lengang (*quiescent* ; diam, tidak bergerak). Pada umumnya dipergunakan persamaan sebagai berikut (Holman JP, hal 11).

$$Dq = hc dA(T_s - T_{oo}) \dots\dots\dots(6)$$

$dA$  adalah Luas diferensial

$hc$  adalah Koefisien perpindahan panas.

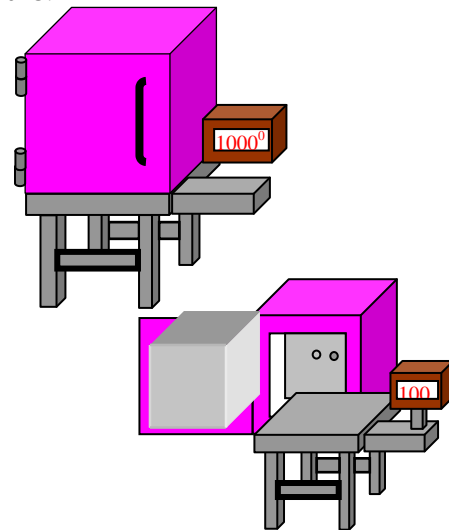
$T_{oo}$  adalah Suhu

b. Parameter-parameter Keserupaan Untuk Konveksi bebas

Dalam analisa konveksi bebas digunakan suatu gejala yang telah diamati oleh orang-orang Yunani lebih dari 2000 tahun yang lalu serta dirumuskan oleh Archimedes kurang lebih sebagai berikut : sebuah benda yang terendam didalam suatu fluida mengalami gaya apung atau angkat yang sama dengan masa fluida yang dipindahkannya. Karenanya benda yang tercelup akan naik keatas bila kerapatannya lebih kecil daripada kerapatan fluida sekitarnya dan akan tenggelam bila kerapatannya lebih besar. Efek apung tersebut merupakan gaya pendorong dalam konveksi bebas.

**Desain Penelitian**

Penelitian ini melakukan pengukuran suhu dari temperatur dalam furnace ( $T_i$ ), sampai suhu permukaan luar pelat ( $T_o$ ). Hal ini dilakukan untuk menghitung laju perpindahan kalor dari dalam, dinding furnace (batu tahan api), pelat baja dan suhu lingkungan dengan panas yang dihasilkan dari elemen listrik berkapasitas 2400 Watt. Cara pengukuran dilakukan pada saat temperatur didalam furnace mencapai temperatur maksimal dan tetap (*steady*) yaitu 850°C.



Gambar.5. Gambar Furnace

**F. Hasil Laju Perpindahan Kalor**

Diketahui : Temperatur pada masing-masing titik  
 $T_i$  : 850°C,  $T_1$ : 845°C,  $T_2$  : 145°C,  $T_3$ : 143°C,  $T_o$ : 34°C

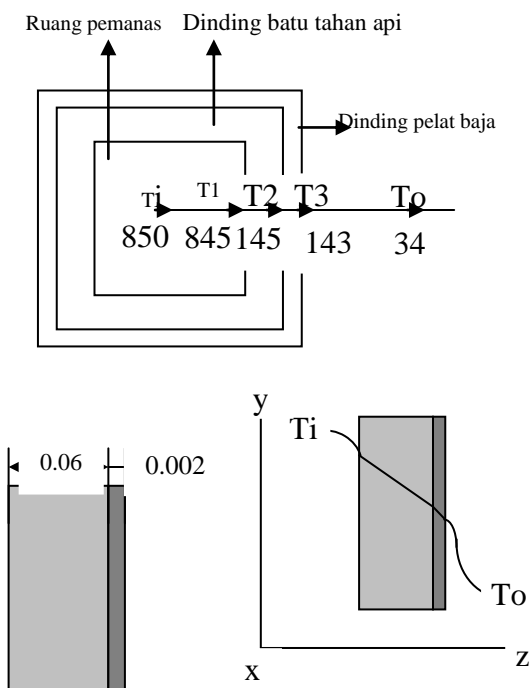
Konduktivitas Thermal batu tahan api ( $k$ ) = 1.37 W/m°C

Konduktivitas Thermal pelat baja ( $k$ ) = 33 W/m°C

Luas permukaan ( $A$ ) = (0,19.0,24.4)+(0,19.0,19.2) = 0,2546 m<sup>2</sup>

Ditanyakan = laju perpindahan panas dari dalam furnace sampai luar furnace ( $q$ )

Sistematis :



Gambar 6. Tebal batu tahan api dan pelat baja 2. Distribusi Temperatur Pada Dinding Furnace.

Keterangan : Konduktivitas thermal batu api : 1.37 W/m°C

Konduktivitas thermal pelat baja : 33 W/m°C

Asumsi :

- Koefisien konveksi udara ( $h_i$ ) = 20 W/m<sup>2</sup>°C, (Diktat perpindahan panas I, hlm 13)
- Koefisien konveksi udara ( $h_o$ ) = 25 W/m<sup>2</sup>°C, (Diktat perpindahan panas I, hlm 13)
- Tebal dinding masing-masing furnace sama.
- Luas permukaan (A) dinding dalam dan dinding luar furnace sama

Analisis :

$$R_{konv} \frac{T_i - T_1}{h_i A} = R_{kond} \frac{T_1 - T_2}{k_{batuapi} A} = R_{konv} \frac{T_3 - T_o}{h_o A}$$

$$R_{Konveksi\ 1} = \frac{1}{h_i A} = \frac{1}{20 \cdot 0,2546} = 0,1964^\circ C/W$$

$$R_{Konduksi\ 1} = \frac{L}{k A} = \frac{0,06}{1,37 \cdot 0,2546} = 0,1720^\circ C/W$$

$$R_{Konduksi\ 2} = \frac{L}{k A} = \frac{0,002}{33 \cdot 0,2546} = 0,000238^\circ C/W$$

$$R_{Konveksi\ 2} = \frac{1}{h_o A} = \frac{1}{25 \cdot 0,2546} = 0,1571^\circ C/W$$

$$R_{total} = R_{konveksi\ 1} + R_{konduksi\ 1} + R_{konduksi\ 2} + R_{konveksi\ 2}$$

$$= 0,1946 + 0,1720 + 0,000238 + 0,1571 = 0,525738^\circ C/W$$

$$q = \frac{(T_i - T_o)}{R_{tot}} = \frac{850^\circ C - 34^\circ C}{0,525738^\circ C/W} = 1552,1039\ W$$

Dari hasil perhitungan diatas secara keseluruhan distribusi temperatur dari dalam furnace menuju luar furnace dengan melewati dinding batu tahan api dan pelat baja ( $T_i$ ,  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ , dan  $T_o$ ), mengalami penurunan temperatur. Perpindahan kalor yang terjadi bahwa dari  $T_i$  menuju  $T_1$  secara konveksi, perpindahan kalor dari  $T_1$  menuju  $T_2$  secara konduksi, perpindahan kalor dari  $T_2$  menuju  $T_3$  secara konduksi, sedangkan perpindahan kalor dari  $T_3$  menuju  $T_o$  secara konveksi. Sehingga laju perpindahan kalor yang didapat adalah ( $q$ ) sebesar 1552,10391W.

**Kesimpulan**

Dari hasil pengujian dan perhitungan yang penguji lakukan dan hasilnya sudah ada pada bab IV, penulis menyimpulkan bahwa laju kalor yang hilang merambat melalui dinding batu tahan api dan pelat baja adalah ( $q$ ) sebesar : 1552,1039 Watt, dan distribusi temperatur mengalami penurunan.

**Daftar Pustaka**

Amanto, H, 1999, *Ilmu Bahan*, PT Bumi Aksara, Jakarta.

Daryanto, 2003, *Ilmu Bahan*, Bumi Aksara, Jakarta.

Holman, J.P, 1993, *Perpindahan Kalor*, PT. Erlangga, Jakarta.

Ichsani D, *Diktat Perpindahan panas I*, Materi Kuliah.

Kreith, F, 1991, *Prinsip-prinsip Perpindahan Panas*, Erlangga, Jakarta.

Mudjijana, 1997, *Pengujian Impak dan Tarik*, Materi Kuliah.

Sucahyo, B, 1995, *Ilmu Bahan*, Tiga Serangkai, Surakarta.

Suryanarayana, 1979, *Testing Of Metalic Materials*, Prantice Hall Off India, New Delhi.

Sumarto, H.W, 2000, *Teknologi Pengelasan logam*, PT Pradnya Paramita, Jakarta.

Van Vlack L.H, (Djaprie S), 1984, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Erlangga, Jakarta