Jurnal Ilmiah jurutera

homepage: www.teknik.unsam.ac.id

ISSN 2356-5438D29

# SIMULASI DISTRIBUSI ALIRAN TEMPERATUR PADA LAPISAN DINDING TUNGKU (FURNACE) DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM ANSYS 5,4

***Zainal Arif[1], Nazaruddin[2], T.Kamaruzzaman[3]***

*[1][2][3] Dosen Teknik Mesin, Universitas Samudra Langsa*

INFORMASI ARTIKEL

*Riwayat Artikel:*
Dikirim 10 Mei 2015
Direvisi dari 20 Mei 2015
Diterima 30 Mei 2015

Kata Kunci:
Tungku,
Simulasi,
Temperatur,
Ansys 5,4

A B S T R A K

Tungku pemanas (furnace) terdiri ruang pemanasan yang dibentuk dari beberapa lapisan diantaranya adalah lapisan bagian dalam dilapisi oleh batu tahan api (firebrick), lapisan isolasi firebrick, dan lapisan luarnya dari logam. Laju aliran panas pada suatu konstruksi dapat mempengaruhi sifat dan karakteristik suatu bahan. Makin besar aliran panas tentunya diiringi oleh besarnya distribusi temperatur pada setiap titik/node pada konstruksi tungku pemanas, dan konsumsi energi juga meningkat akibat dari tingginya temperatur operasionlanya. Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan nilai distribusi temperatur pada lapisan dinding tungku (furnace). Metodologi penelitian ini menggunakan metode anaperhitungan manual diperoleh hasil nilai t1= 333.33$^0$K, t2= 585,35$^0$K, t3= 787,29$^0$K, t4=1573$^0$K. Pada proses Perhitungan secara program komputerisi Program Ansys menggukan Element Type Material Solid Quat 4node 55, Properties Material Konstan Isotropik, dengan penggambaran dimensi dalam meter ( m ) dan entry temperatur dalam derajat Kelvin ( $^0$K ) diperoleh nilai t1= 313.71$^0$K, t2= 593,55$^0$K, t3= 873,39$^0$K, t4=1573$^0$K.

© 2015 Jurnal Ilmiah JURUTERA. Di kelola oleh Fakultas Teknik. Hak Cipta Dilindungi.

## 1. Latar Belakang

Tungku Pemanas (Furnace) digunakan untuk memanaskan benda kerja/ Logam untuk tujuan meneliti sifat dan karakteristik suatu logam pada rentang tentang waktu tertentu.

Tungku pemanas (furnace) terdiri ruang pemanasan yang dibentuk dari beberapa lapisan diantaranya adalah lapisan bagian dalam dilapisi oleh batu tahan api (firebrick), lapisan isolasi firebrick, dan lapisan luar dari logam, serta beberapa peralatan pemanas lainnya seperti pada gambar 1. Guna lapisan lapisan tersebut untuk menjaga agar tempertur ruang pemanas tetap stabil.

Untuk mengatahui distribusi temperatur pada dinding tungku pemanas tersebut dapat dihitung secara manual maupun secara komputerisasi dengan menggunakan software-software yang mendukung untuk tujuan analisa tersebut.

Dengan perkembangan perangkat hardware komputer yang sangat cepat, memungkinkan perkembangan berbagai software. Adapun jenis software komersial yang ada sebagai contoh adalah Ansys, Nastran, Patran, CATIA, Solid Work, dan lain-lain, yang mempunyai pengaruh besar pada perhitungan analisa untuk suatu konstruksi.

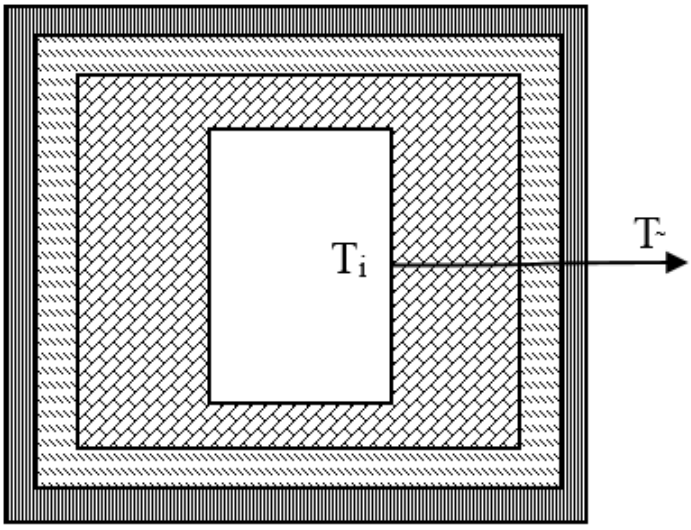
ANSYS merupakan salah satu software yang digunakan oleh engineer teknik mesin dalam menganalisa, mendisian dan menyelesaikan kasus-kasus yang dihadapi yang berkenaan dengan analisa struktur, thermal, dan fluida, sehingga dalam mendisain suatu konstruksi yang sulit dan kokoh dapat diperoleh lebih akurat serta dalam memilih bahan dapat memperhatikan faktor estetika dan finansial yang ditimbulkan oleh suatu design tersebut sehingga

** Penulis Utama.*

© 2015 ISSN 2356-5438D29. Fakultas Teknik Universitas Samudra. Hak Cipta Dilindungi.

memerlukan peningkatan pengetahuan tentang sifat bahan dan perilaku mekaniknya.

**Gambar 1. Tungku Pemanas (Furnace)**




**Gambar 2. Dinding Tungku Pemanas**

Pengujian eksperimen, analitik dan numerik perlu dilakukan untuk mengetahui sifat dan karakter suatu material. Perhitungan secara manual tentunya akan memerlukan waktu yang lama serta hasil perhitungan yang diperoleh kemungkinan terjadi penyimpangan atau kesalahan. Kesulitan mendorong para engineer untuk menggunakan suatu metode yang memberikan hasil perhitungan yang lebih mendekati dan waktu yang diperlukan relatif lebih singkat jika dibandingkan perhitungan secara manual dan analitik.

Besarnya laju aliran panas pada suatu konstruksi dapat mempengaruhi sifat dan karakteristik suatu bahan. Makin besar aliran panas tentunya juga diiringi oleh besarnya distribusi temperatur pada setiap titik/node dalam suatu konstruksi tungku pemanas, dan konsumsi energi yang diperlukan juga meningkat akibat dari tingginya temperatur operasionlanya. Panas akan mengalir dari temperatur tinggi ke tempetatur rendah.

Dalam Kasus ini, akan dilakukan analisa terhadap laju distribusi temperatur pada stuktur solid dinding tungku pemanas, dan dapat dilihat seperti pada gambar 2.

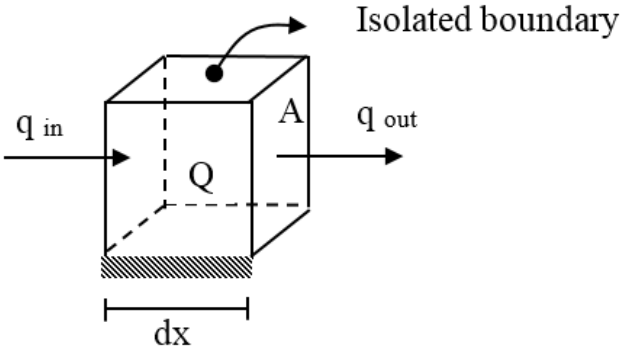
Tujuan Penelitian ini untuk Mendapatkan distribusi temperatur pada lapisan-lapisan dinding tungku pemanas.

## 2. Tinjauan Pustaka

### *2.1. Perpindahan Panas Konduksi*

Kita ketahui derivasi dari dasar persamaan difrensial untuk masalah konduksi termal satu dimensi tanpa konveksi. Maksud dari derivasi ini adalah untuk memperkenalkan sebuah pandangan fisik fenomena heat stransfer yang mesti diketahui, jadi masalah yang berkenaan dengan persamaan elemen hingga dapat dimengerti secara mendetail.

Ilustrasi laju aliran panas pada elemen dinding tungku dengan persamaan konservasi energi yang ditunjukkan pada gambar 3.




**Gambar 3. Laju aliran panas pada *Dinding Tungku Pemanas***

Rumus konservasi energi adalah:

$$E_{in} + E_{generated} = \Delta U + E_{out} \quad (1)$$

$$q_x\, A\, dt + Q\, A\, dx\, dt = \Delta U + q_{x+dx}\, A\, dt \quad (2)$$

Dimana :

$E_{in}$ adalah control volume energi masuk, dalam satuan Joule atau kW.h atau Btu.

ΔU adalah energy dalam, dalam satuan kW.h (kWh) atau Btu.

$q_x$ adalah konduksi panas (heat flux) kedalam volume control pada ujung permukaan x, dalam satuan kW/m$^2$ atau Btu/(h-ft$^2$).

$q_{x+dx}$ adalah konduksi panas keluar dari volume control pada ujung permukaan x + dx, dalam satuan kW/m$^2$ atau Btu/(h-ft$^2$).

Q adalah sumber panas dalam (heat generated per unit waktu per unit volume), dalam satuan kW/m$^3$ atau Btu/(h-ft$^3$).

A adalah luas Area aliran panas, dalam satuan m$^2$ atau ft$^2$.

Jadi Rumus Fourier untuk Perpindahan Panas konduksi adalah:

Dimana:

$$q_x = -K_{xx}\, \frac{dT}{dx} \quad (3)$$

atau

$$q/A = -K_{xx}\, \frac{dT}{dx} \quad (4)$$

$K_{xx}$ adalah koefisien konduktivitas termal dalam arah x, dalam satuan kW/(m. °C) atau Btu/(h-ft-°F).

T adalah temperatur, dalam °C atau °K.

dT/dx adalah gradient temperatur, dalam °C/m atau °F/ft.

A adalah Luas penampang, m$^2$

### *2.2. Perpindahan Panas Konveksi.*

Untuk sebuah material solid yang berhubungan dengan fluida, akan ada sebuah perpindahan panas diantara permukaan solid dan fluida ketika terjadi perbedaan temperatur.

Pertimbangan derivasi persamaan difrensial dasar untuk satu dimensi penas konduksi dengan konveksi. Dengan mengasumsi bahwa pertukaran temperatur lebih banyak dalam arah x dari arah y dan z seperti pada gambar 4.

Persamaan konservasi energi kita peroleh:

$$q_x\, A\, dt + Q\, A\, dx\, dt = \Delta U + q_{x+dx}\, A\, dt + q_h\, P\, dx\, dt$$

$$q_x\, A\, dt + Q\, A\, dx\, dt = C\,(\rho A dx) dT + q_{x+dx}\, A\, dt + q_h\, P\, dx\, dt$$

Dimana:

C adalah panas specific, dalam kW .h/(kg.°C) atau Btu/(slug-°F).

ρ adalah massa jenis, dalam kg/m$^3$ atau slug/f

P adalah perimeter elemen diasumsikan konstan.

Perpindahan panas secara konveksi dapat diberikan oleh Hukum Newton:

$$q_h = h\,(T - T_\infty) \quad (5)$$

Atau

$$\frac{q_h}{A} = h\,(T - T_\infty) \quad (6)$$

Dimana:

h adalah perpindahan panas konveksi, dalam kW/(m2. $^0$C) atau Btu/(h-ft2-$^0$F)

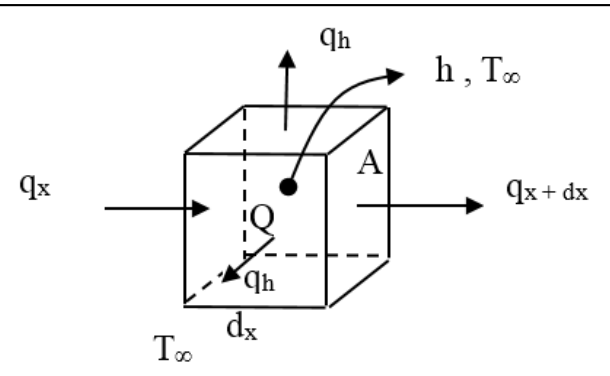
T adalah temperatur permukaan benda padat.

T∞ adalah Temperatur fluida $^0$C atau $^0$K.

A adalah Luas penampang, m2

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini akan dilakukan kajian tentang laju aliran panas yang terjadi pada dinding tungku pemanas. Tungku pemanas terdiri dari beberapa lapisan dinding, yaitu: lapisan bagian dalam dari batu tahan api dengan tebal (X) = 220 mm, Luas penampang (A) = 400 mm x 460 mm, lapisan luar dari baja karbon steel ASTM A-515 dengan dimensi tebal (X) = 38 mm, Luas penampang (A) = 400 mm x 460. Lapisan isolasi fire brick dengan Tebal (X) = 100

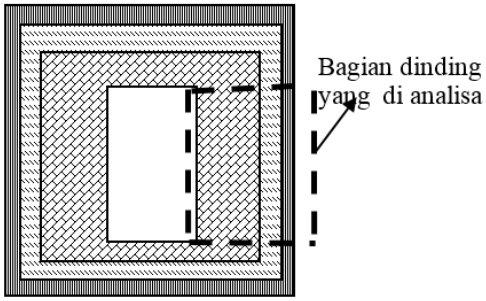



**Gambar 4. Control volume untuk panas konduksi dan konveksi satu dimensi**

mm, Luas penampang (A) = 400 mm x 460 mm. Dengan laju aliran panas sebesar 5000 watt/m$^3$.

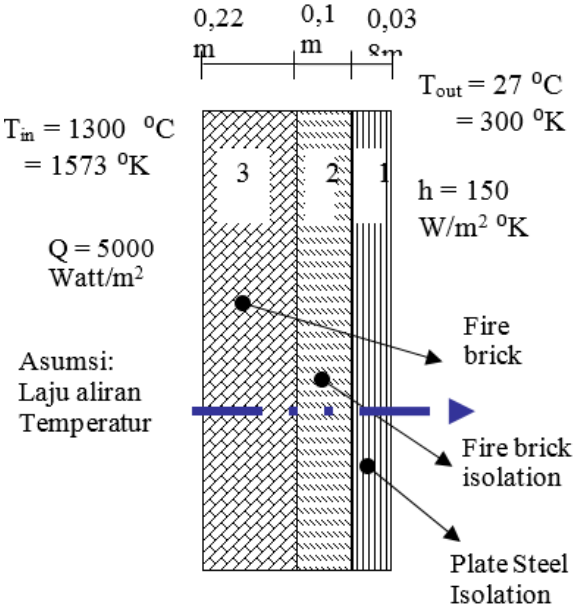
Metode pengujian dilakukan dengan cara perhitungan manual secara teori perpindahan panas. Dan cara kedua adalah dengan simulasi menggunakan software Ansys 5,4.

### *3.1. Perhitungan Secara Manual*



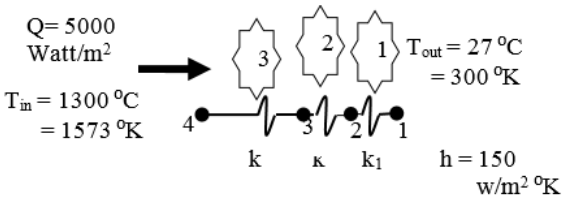

**Gambar 5. Bagian Dinding Tungku Pemanas.**

Analisa laju perpindahan panas yang terjadi pada setiap dinding tungku maka bagian dinding yang akan dianalisa hanya dilakukan sebelah dinding saja, dalam dua dimensi seperti yang ditunjukkan pada gambar 5. dan detail penjelasan bagian dinding tersebut dapat dijelaskan pada gambar 6.




**Gambar 6.. Analisa Dinding Tungku Pemanas**

Laju aliran Panas dapat diilustrasikan pada gambar 7




**Gambar 7. Diagram benda bebas Analisa Dinding Tungku Pemanas**

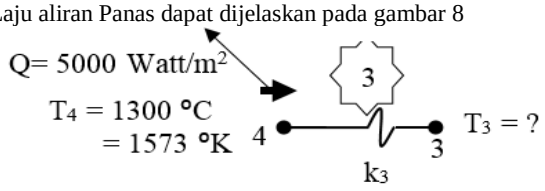
Data data yang diperlukan untuk penelitian adalah: Konduktifitas termal plat (ASTM A-515 carbon steel) = 43 W/m °K.Tebal (X) = 38 mm, Luas penampang (A) = 400 mm x 460 mm = 0 ,184 m$^2$. Konduktifitas termal isolation fire brick, k = 0,22 W/m ° K. Tebal (X) = 100 mm, Luas penampang (A) = 400 mm x 460 mm = 0 ,184 m$^2$. Konduktifitas termal brick fire/batu tahan api, k = 1,4 W/m °K. Tebal (X) = 220 mm, Luas penampang (A) = 400 mm x 460 mm = 0 ,184 m$^2$

Untuk menyelesaikan perhitungan secara teorits, laju aliran panas dapat diuraikan dalam 3 elemen.

Dalam hal ini perhitungan dimulai dari elemen 3, elemen 2 dan elemen 1.

### *Elemen 3*

Laju aliran Panas dapat dijelaskan pada gambar 8




**Gambar 8. Diagram Laju aliran panas elemen 3**

Besar Temperatur $t_3$ adalah:

$$q/A = \frac{K_{(xx)_3}}{L_3} .( t_4 - t_3)$$

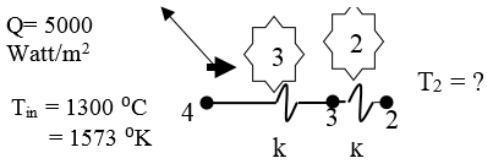
$$\left(\frac{5000\,\frac{W}{m^2}\ x\ 0{,}22\ m^2}{1{,}4}\right) = (\ 1573^0K - t_3)$$

$$785{,}71\ ^0K = (\ 1573^0K - t_3)$$

$$t_3 = (\ 1573^0K - 785{,}71^0K) = 787{,}29^0K$$

### *Elemen 2*

Gambar Laju aliran Panas elemen 2 pada gambar 9




**Gambar 9. Diagram Laju aliran panas elemen 2**

Besar Temperatur $t_2$ adalah:

K'xx = 1,4 W/m.°K + 0.22 W/m.°K

= 1,64 W/m.°K,

L'= 0,22m + 0.1m = 0.32m

$$q/A = \frac{K'_{xx}}{L'} . (t_4 - t_3)$$

$$\left(\frac{5000 \frac{W}{m^2} \; x \; 0{,}32 \; m^2}{1{,}62}\right) = (1573^0K - t_2)$$

$$987{,}65 \; ^0K = (1573^0K - t_2)$$

$$t_2 = (1573^0K - 987{,}65^0K) = 585{,}35^0K$$

## *Elemen 1*

Besar q= 920 watt, maka untuk mencari $t_1$ adalah:

$$q = h . A(t_1 - t_\infty)$$

$$920 \; W = h . A(t_1 - t_\infty)$$

$$= 150 . 0{,}184 \; (t_1 - 300)$$

$$t_1 = \frac{920 \; W}{150 \; \frac{W}{m^2 . ^0K} . \; 0.184 \; m^2} + 300^0K$$

$$= 33{,}33^0K + 300^0K$$

$$= 333.33^0K$$

### *3.2. Perhitungan Secara Program*

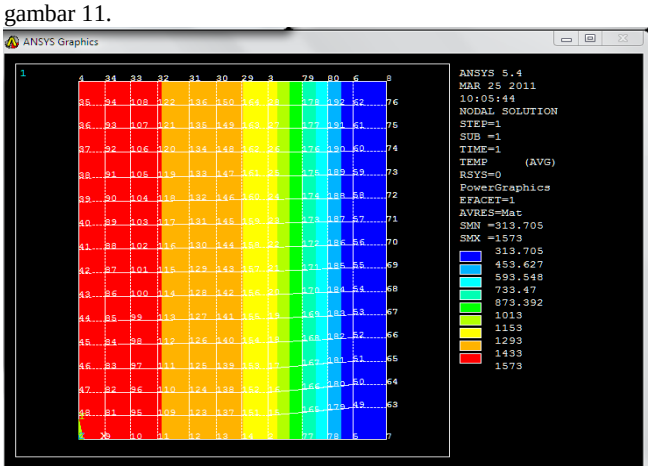
Simulasi dengan Program ANSYS 5,4 dimulasi dalam tahapan langkah-langkah yang ada dalam program ansys 5,4.

Langah awal dalam simulasi ANSYS adalah membuat pemodelan dengan titik node sesuai dengan ukuran dimensi dari tungku pemanas secara dua dimensi. Pemodelan yang akan digambarkan dalam program asnys 5,4 dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1. Titik Koordinat Ansys**

| Node | WP X | WP Y | Width | Height |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0.22 | 0.46 |
| 2 | 0.22 | 0 | 0.1 | 0.46 |
| 0 | 0.32 | 0 | 0.038 | 0.46 |

Pada proses Perhitungan secara komputerisi Program Ansys 5.4 menggukan Elemen Type Material Solid Quat 4node 55, Properties Material Konstan Isotropik, Elemen Size: 0,03, dengan penggambaran dimensi dalam meter ( m ) dan entry temperatur dalam derajat Kelvin ( °K ) diperoleh hasil pada gambar 10. Dan laju penurunan temperatur tiap-tiap dinding dapat dilihat pada gambar 11.




**Gambar 10. Hasil Perhitungan dengan program ANSYS 5.4**

***** POST1 NODAL DEGREE OF FREEDOM LISTING *****

LOAD STEP= 1 SUBSTEP= 1

TIME= 1.0000 LOAD CASE= 0

NODE TEMP

MAXIMUM ABSOLUTE VALUES

NODE 1

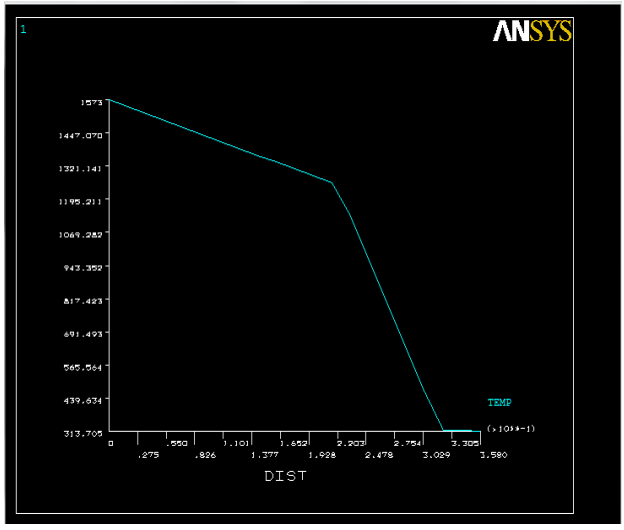
VALUE 1573.0

***** PATH DATA STATUS *****

Current path name is TEMP.

| Point | Node | X | Y | Z | CS |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 44 | .0000000 | .1519710 | .0000000 | 0 |
| 2 | 67 | .3580000 | .1600000 | .0000000 | 0 |

USE GLOBAL COORDINATES FOR SOLUTION RESULTS




**Gamabr 3.4. Grafik Laju aliran temperatur tungku (*Furnace*)**

## 4. KESIMPULAN

Pada proses penelitian ini diperoleh data perhitungan sebagai berikut:

1. Perhitungan Secara Manual diperoleh hasil sebagai berikut:

   $t_{\sim}$ = 300 °K = 27 °C

   $t_1$ = 333,33 °K = 60 °C

   $t_2$ = 585,35 °K = 312,4 °C

   $t_3$ = 787,39 °K = 514,4 °C

   $t_4$ = 1573 °K = 1300 °C

2. Perhitungan Secara Program ANSYS diperoleh hasil sebagai berikut:

   $t_{\sim}$ = 300 $^0$K = 27 $^0$C

   t1 = 313,71 $^0$K = 40,71 $^0$C

   t2 = 593,55 $^0$K = 320,55 $^0$C

   t3 = 873,39 $^0$K = 600,29 $^0$C

   t4 = 1573 $^0$K = 1300 $^0$C

Dari grafik hasil dapat dilihat distribusi penurunan temperatur sangat drastis mulai terjadi pada titik/node 2,203 dengan temperatur 1321,141

## DAFTAR PUSTAKA

ANSYS, Ansys Workbook Release 5.4

Help ANSYS 5.4

Moaveni, Saeed. 1999. Finite *element analysis. Theory and application with ANSYS.* New Jersey: Prentice-Hall, Inc

TAR