

ANALISIS MODEL MATEMATIKA PENYEBARAN ASAP PADA KEBAKARAN RUMAH

Mohammad Fadli Rahman¹⁹, Arif²⁰, Dafik²¹, Arika²²

***Abstract.** The house fire will produce smoke and hot gas. When we are trapped inside the house fire, we need a secured evacuation path to escape. In this research talk about mathematical model analysis on the spread of house fire by using a finite volume method. Researcher will study the simulation of smoke and hot gas by utilising a mathematical model. We will also model the spread of hot smoke equations based on momentum and energy models. We used Matlab to analyse the spread of smoke and hot gas and use Fluent software to have a graphic animation. The result of simulation with Matlab and Fluent are chart, tables, and images spread of smoke and hot gas. The result shows that the spread of the smoke and hot gas depends on the epicentrum of fire.*

***Key Words:** finite volume method, house fire, mathematical model*

PENDAHULUAN

Akhir-akhir ini seiring dengan meningkatnya angka pembangunan rumah, sering kita jumpai masalah yang menyebabkan penurunan jumlah rumah yang ada. Hal ini disebabkan diantaranya, desain rumah yang ada kurang memperhatikan segi keamanan, umumnya rumah dibuat dalam waktu yang relatif singkat disebabkan oleh banyaknya permintaan pasar sehingga rumah yang dihasilkan akan mengalami peningkatan dari segi kuantitasnya saja bukan dari segi kualitas, dan yang terakhir adalah kebanyakan rumah dibuat hanya memperhatikan segi ekonomisnya saja tanpa memperhatikan kualitas rumah yang akan dibuat. Salah satu masalah yang timbul dari ke tiga hal di atas salah satunya adalah timbulnya masalah kebakaran rumah. Satu persatu rumah akan rusak bahkan rusak total bila mengalami suatu masalah kebakaran rumah. Maka dalam hal ini, pemodelan dalam kebakaran rumah ini adalah untuk mengetahui penyebaran asap yang disertai panas saat terjadi kebakaran dalam masing-masing ruangan di dalam rumah saat terjadi kebakaran rumah.

Berdasarkan uraian di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana model matematika proses penyebaran asap pada kebakaran rumah, bagaimana diskritisasi model matematika penyebaran asap pada

¹⁹Mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika FKIP Universitas Jember

²⁰Dosen Program Studi Pendidikan Matematika FKIP Universitas Jember

²¹Dosen Program Studi Pendidikan Matematika FKIP Universitas Jember

²²Dosen Program Studi Pendidikan Matematika FKIP Universitas Jember

kebakaranrumah menggunakan metode volume hingga dengan teknik diskritisasi *QUICK*, bagaimana bentuk matrik $n \times n$ hasil diskritisasi model matematika penyebaran asap pada kebakaranrumah menggunakan metode volume hingga dengan teknik diskritisasi *QUICK*, bagaimana format *programming* hasil diskritisasi model matematika penyebaran asap pada kebakaranrumah dalam program *Matlab*, dan bagaimana simulasi penyebaran asap pada kebakaran rumah dalam *software fluent*. Penelitian ini dapat memberikan manfaat yaitu dapat menambah pengetahuan baru bagi peneliti-peneliti lain dalam bidang penelitian, hasil penelitian dapat memberikan gambaran simulasi penyebaran asap pada proses kebakaran rumah, sehingga dapat berguna untuk perkembangan model rumah kedepannya, hasil penelitian dapat memberikan gambaran simulasi penyebaran asap pada proses kebakaran rumah secara umum, sehingga dapat berguna bagi para korban kebakaran rumah bilaterjadi kebakaran rumah.

METODE PENELITIAN

Berdasarkan jenisnya penelitian ini termasuk penelitian eksperimen. Eksperimen adalah observasi dibawah kondisi buatan (*artificial condition*) yang dibuat dan diatur oleh peneliti. Dengan demikian penelitian eksperimental adalah penelitian yang dilakukan dengan mengadakan manipulasi terhadap objek penelitian serta adanya kontrol (Nazir, 2003:63). Di bawah kondisi buatan artinya, peneliti cukup membuat suatu kondisi buatan yakni proses kebakaran rumah yang hanya disimulasikan dalam *Fluent* dengan mengadakan manipulasi dan kontrol sehingga hasil dari pemodelan itu sendiri akan mendekati nilai sebenarnya.

Dalam penelitian ini peneliti menggunakan metode dokumentasi dalam pengumpulan data. Metode dokumentasi yaitu metode pengumpulan data yang berupa hal-hal atau variabel yang terdiri dari catatan, transkrip, buku, surat kabar, majalah, prasasti, notulen rapat, agenda dan sebagainya (Arikunto, 1996: 234). Peneliti akan memperoleh data yang diinginkan dengan mempelajari buku, jurnal ilmiah serta berbagai data yang diambil dari catatan dan data-data dari internet. Data yang meliputi besar tekanan udara, bilangan prandtl laminar, bilangan prandtl turbulensi, nilai viskositas laminar, nilai viskositas turbulensi, dan besar energi yang akan diperoleh dari data dan catatan pada internet dan buku-buku fisika bangunan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Persamaan Matematika Fluida Pada Proses Kebakaran Rumah

Pada sub bab ini akan disajikan langkah pembuatan model matematika penyebaran asap disertai proses perpindahan panas pada kebakaran rumah menggunakan persamaan momentum dan persamaan energi.

§ Teorema 1. *Jika x adalah panjang domain arah sumbu x , y adalah panjang domain arah sumbu y , dan t adalah waktu maka model matematika yang terdiri atas persamaan momentum dan persamaan energi penyebaran asap yang disertai perpindahan panas pada kebakaran rumah adalah sebagai berikut:*

1. Persamaan Momentum Penyebaran Asap yang Disertai Perpindahan Panas Pada Kebakaran Rumah

$$\frac{\partial \rho \phi_0}{\partial t} + \frac{\partial \rho u \phi_e}{\partial x} - \frac{\partial \rho u \phi_w}{\partial x} + \frac{\partial \rho v \phi_n}{\partial y} - \frac{\partial \rho v \phi_s}{\partial y} = -\frac{\partial p}{\partial x} - \frac{\partial p}{\partial y} + \rho \frac{\partial g}{\partial x} + \rho \frac{\partial g}{\partial y} + 2\mu \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + 2\mu \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \mu \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + \mu \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \mu \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y}$$

2. Persamaan Energi Penyebaran Asap yang Disertai Perpindahan Panas Pada Kebakaran Rumah

$$\frac{\partial \phi_0}{\partial t} + \left[\frac{\partial \phi_e}{\partial x} - \frac{\partial \phi_w}{\partial x} \right] + \left[\frac{\partial \phi_n}{\partial y} - \frac{\partial \phi_s}{\partial y} \right] = -\frac{1}{k} \left[u \frac{\partial p}{\partial x} + v \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\mu}{P_r} \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\mu_t}{P_{rt}} \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\mu}{P_r} \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + \frac{\mu_t}{P_{rt}} \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} \right]$$

Diskritisasi Model Matematika Penyebaran Asap Pada Kebakaran Rumah Menggunakan Metode Volume Hingga Dengan Teknik Diskritisasi QUICK

Setelah mendapatkan bentuk persamaan momentum dan persamaan energi, maka kedua persamaan tersebut diselesaikan dengan metode volume hingga dan teknik diskritisasi QUICK sehingga didapat hasil diskritisasi dalam matrik $n \times n$. Langkah awal penyelesaian adalah mengintegalkan ke dua persamaan tersebut dengan mengintegalkan terhadap x dan y .

§ Teorema 2. *Jika Δx adalah panjang aliran fluida dalam rumah arah sumbu x dan Δy adalah panjang aliran fluida dalam rumah arah sumbu y , maka diskritisasi model matematika penyebaran asap pada kebakaran rumah adalah:*

$$\left[\frac{-1}{8}(\rho u - \rho) \Delta y + \frac{3}{4}(-\rho u + \rho) \Delta y \right] \phi(i-1, j) + \left[\frac{3}{4}(\rho u - \rho) \Delta y + \frac{3}{8}(-\rho u + \rho) \Delta y + \frac{3}{4}(\rho v - \rho) \Delta x + \frac{3}{8}(-\rho v + \rho) \Delta x \right] \phi(i, j) + \left[\frac{3}{8}(\rho u - \rho) \Delta y \right] \phi(i+1, j) + \left[\frac{-1}{8}(-\rho u + \rho) \Delta y \right] \phi(i-2, j) +$$

$$\begin{aligned} & \left[\frac{-1}{8}(-\rho\nu + \rho) \Delta x \right] \phi(i, j - 2) = \left[\left(\frac{u\rho p}{k} - p + \rho g \right) \Delta y \right] + \\ & \left(\frac{\nu\rho p}{k} - p + \rho g \right) \Delta x + \left(\frac{\rho\mu h}{kP_r} + \frac{\rho\mu_t h}{kP_{rt}} + 2\mu u + \mu\nu \right) \frac{\Delta y}{\Delta x} + \\ & \left[\left(\frac{\rho\mu h}{kP_r} + \frac{\rho\mu_t h}{kP_{rt}} + 2\mu\nu + \mu u \right) \frac{\Delta x}{\Delta y} \right] + \mu(u + \nu) \end{aligned}$$

Bentuk Matriks $n \times n$ Hasil Diskritisasi Model Matematika Penyebaran Asap Pada Kebakaran Rumah Menggunakan Metode Volume Hingga Dengan Teknik Diskritisasi *QUICK*

Setelah mendapatkan bentuk diskritisasi persamaan momentum dan persamaan energi, maka selanjutnya akan dibentuk matrik $n \times n$.

§ **Teorema 3.** Jika A, B, C, D, E, F, G merupakan komponen penyusun matrik $n \times n$ yang memuat semua koefisien ϕ , maka matrik $n \times n$ yang dapat dibentuk berdasarkan hasil diskritisasi persamaan momentum dan persamaan energi adalah:

$$\begin{bmatrix} B & C & 0 & 0 & F & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ A & B & C & 0 & 0 & F & 0 & 0 & \dots & 0 \\ D & A & B & C & 0 & 0 & F & 0 & \dots & 0 \\ 0 & D & A & B & 0 & 0 & 0 & F & \dots & 0 \\ E & 0 & 0 & 0 & B & C & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & E & 0 & 0 & A & B & C & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & E & 0 & D & A & B & C & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & E & 0 & D & A & B & \dots & 0 \\ G & 0 & 0 & 0 & E & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Phi_1 \\ \Phi_2 \\ \Phi_3 \\ \Phi_4 \\ \Phi_5 \\ \Phi_6 \\ \Phi_7 \\ \Phi_8 \\ \Phi_9 \\ \cdot \\ \Phi_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_1 \\ H_2 \\ H_3 \\ H_4 \\ H_5 \\ H_6 \\ H_7 \\ H_8 \\ H_9 \\ \cdot \\ H_n \end{bmatrix}$$

Dengan keterangan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} A &= \frac{-1}{8}(\rho u - \rho) \Delta y + \frac{3}{4}(-\rho u + \rho) \Delta y \\ B &= \frac{3}{4}(\rho u - \rho) \Delta y + \frac{3}{8}(-\rho u + \rho) \Delta y + \frac{3}{4}(\rho\nu - \rho) \Delta x + \frac{3}{8}(-\rho\nu + \rho) \Delta x \\ C &= \frac{3}{8}(\rho u - \rho) \Delta y \\ D &= \frac{-1}{8}(-\rho u + \rho) \Delta y \\ E &= \frac{-1}{8}(\rho\nu - \rho) \Delta x + \frac{3}{4}(-\rho\nu + \rho) \Delta x \\ F &= \frac{3}{8}(\rho\nu - \rho) \Delta x \\ G &= \frac{-1}{8}(-\rho\nu + \rho) \Delta x \\ H &= \left[\left(\frac{u\rho p}{k} - p + \rho g \right) \Delta y \right] + \left[\left(\frac{\nu\rho p}{k} - p + \rho g \right) \Delta x \right] + \left[\left(\frac{\rho\mu h}{kP_r} + \frac{\rho\mu_t h}{kP_{rt}} + 2\mu u + \mu\nu \right) \frac{\Delta y}{\Delta x} \right] + \\ & \left[\left(\frac{\rho\mu h}{kP_r} + \frac{\rho\mu_t h}{kP_{rt}} + 2\mu\nu + \mu u \right) \frac{\Delta x}{\Delta y} \right] + (\mu u + \mu\nu) \end{aligned}$$

Format Programming Matlab

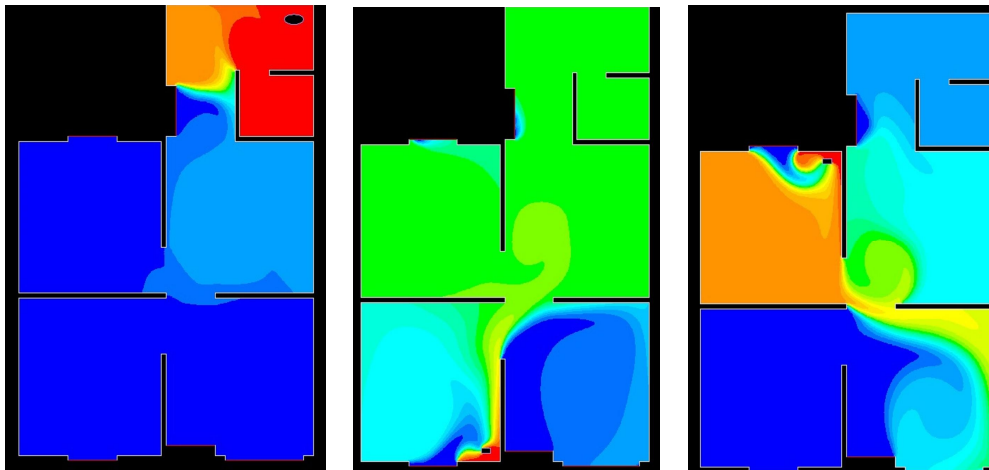
Pembahasan selanjutnyatahap *programming*dalam *Matlab*.Format *programming*

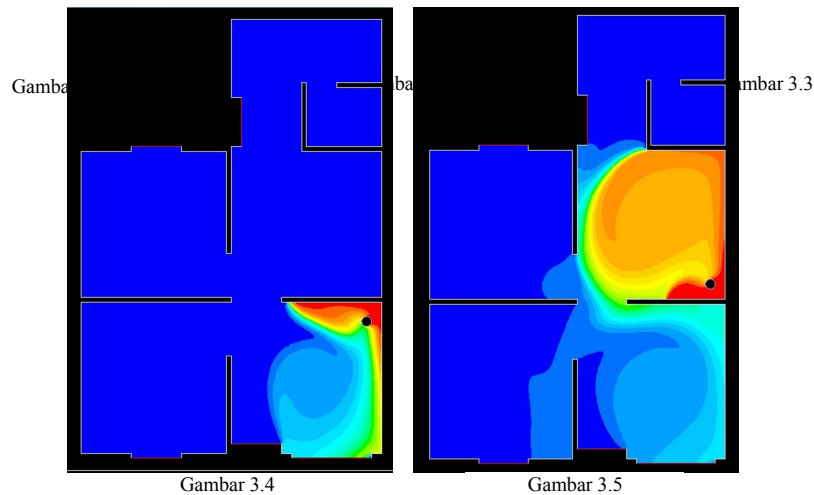
Matlab penyebaran asap pada kebakaran rumah adalah:

```
A=-1/8*(rho*u-rho)*delty*t+3/4*(-rho*u+rho)*delty*t;
B=3/4*(rho*u-rho)*delty*t+3/8*(-rho*u+rho)*delty*t+
3/4*(rho*v-rho)*deltx*t+3/8*(-rho*v+rho)*deltx*t;
C=3/8*(rho*u-rho)*delty*t;
D=-1/8*(-rho*u+rho)*delty*t;
E=-1/8*(rho*v-rho)*deltx*t+3/4*(-rho*v+rho)*deltx*t;
F=3/8*(rho*v-rho)*deltx*t;
G=-1/8*(-rho*v+rho)*deltx*t;
H=((u*rho*p)/k)-p+(rho*g))*delty*T+(((v*rho*p)/k)
-p+(rho*g))*deltx*T+((rho*miu*h)/(k*Pr)+((rho*miut*h)/(k*Prt)+
(2*miu*u)+miu*v))*((delty/deltx)*T)+(((rho*miu*h)/(k*Pr)+
(rho*miut*h)/(k*Prt)+(2*miu*v)+miu*u))*((deltx/delty))*T+
miu*(u+v);
K=zeros(n:n);
K(1:n+1:n^2)=B;
K(2:n+1:n^2)=A;
K(3:n+1:n*(n-1))=D;
K(5:n+1:n*(n-4))=E;
K(9:n+1:n*(n-8))=G;
K(4*n+1:n+1:n^2)=F;
K(n+1:n+1:n^2)=C;
K(4*n+4:4*n+4:n^2)=0;
K(2*n+5:4*n+4:n*(n-1))=0;
K(3*n+6:4*n+4:n*(n-1))=0;
L= repmat(1:i,1)=H;
X=To+inv(K)*L;
```

Simulasi Penyebaran Asap Pada Kebakaran Rumah Dalam *Fluent*

Berdasarkan letak sumber api, maka simulasi penyebaran asap padakebakaran rumah adalah sebagai berikut:





Gambar 3.1 – 3.5 berturut-turut merupakan kebakaran yang bersumber dari dapur, kamar I, kamar 2, ruang tamu dan ruang tengah. Berdasarkan Gambar 3.1 – 3.5 dapat diamati bahwa ruangan yang memiliki temperatur terpanas adalah ruangan yang didalamnya terdapat sumber api. Sedangkan ruangan yang memiliki temperature terendah adalah ruangan yang letaknya jauh dari sumber api.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Persamaan Matematika Fluida Pada Proses Kebakaran Rumah (Persamaan Momentum dan Persamaan Energi)

Persamaan Momentum Penyebaran Asap yang Disertai Perpindahan Panas Pada Kebakaran Rumah

$$\frac{\partial \rho u \phi_y}{\partial t} + \frac{\partial \rho u \phi_e}{\partial x} - \frac{\partial \rho u \phi_w}{\partial x} + \frac{\partial \rho v \phi_n}{\partial y} - \frac{\partial \rho v \phi_s}{\partial y} = -\frac{\partial p}{\partial x} - \frac{\partial p}{\partial y} + \rho \frac{\partial g}{\partial x} + \rho \frac{\partial g}{\partial y} + 2\mu \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + 2\mu \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \mu \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + \mu \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \mu \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y}$$

Persamaan Energi Penyebaran Asap yang Disertai Perpindahan Panas Pada Kebakaran Rumah

$$\frac{\partial \phi_0}{\partial t} + \left[\frac{\partial \phi_e}{\partial x} - \frac{\partial \phi_w}{\partial x} \right] + \left[\frac{\partial \phi_n}{\partial y} - \frac{\partial \phi_s}{\partial y} \right] = -\frac{1}{k} \left[u \frac{\partial p}{\partial x} + v \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\mu}{P_r} \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\mu_t}{P_{rt}} \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\mu}{P_r} \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + \frac{\mu_t}{P_{rt}} \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} \right]$$

2. Diskritisasi Model Matematika Penyebaran Asap Pada Kebakaran Rumah Menggunakan Metode Volume Hingga Dengan Teknik Diskritisasi QUICK

$$\begin{aligned}
 & \left[\frac{-1}{8}(\rho u - \rho) \Delta y + \frac{3}{4}(-\rho u + \rho) \Delta y \right] \phi(i-1, j) + \left[\frac{3}{4}(\rho u - \rho) \Delta y + \right. \\
 & \left. \frac{3}{8}(-\rho u + \rho) \Delta y + \frac{3}{4}(\rho v - \rho) \Delta x + \frac{3}{8}(-\rho v + \rho) \Delta x \right] \phi(i, j) + \\
 & \left[\frac{3}{8}(\rho u - \rho) \Delta y \right] \phi(i+1, j) + \left[\frac{-1}{8}(-\rho u + \rho) \Delta y \right] \phi(i-2, j) + \\
 & \left[\frac{-1}{8}(\rho v - \rho) + \frac{3}{4}(-\rho v + \rho) \right] \Delta x \phi(i, j-1) + \frac{3}{8}(\rho v - \rho) \Delta x \phi(i, j+1) + \\
 & \left[\frac{-1}{8}(-\rho v + \rho) \Delta x \right] \phi(i, j-2) = \left[\left(\frac{u \rho p}{k} - p + \rho g \right) \Delta y + \right. \\
 & \left. \left(\frac{v \rho p}{k} - p + \rho g \right) \Delta x + \left(\frac{\rho \mu h}{k P_r} + \frac{\rho \mu_t h}{k P_{rt}} + 2\mu u + \mu v \right) \frac{\Delta y}{\Delta x} + \right. \\
 & \left. \left[\left(\frac{\rho \mu h}{k P_r} + \frac{\rho \mu_t h}{k P_{rt}} + 2\mu v + \mu u \right) \frac{\Delta x}{\Delta y} \right] + \mu(u + v) \right]
 \end{aligned}$$

3. Bentuk Matriks n×n Hasil Diskritisasi Model Matematika Penyebaran Asap Pada Kebakaran Rumah Menggunakan Metode Volume Hingga Dengan Teknik Diskritisasi QUICK

$$\begin{bmatrix}
 B & C & 0 & 0 & F & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\
 A & B & C & 0 & 0 & F & 0 & 0 & \dots & 0 \\
 D & A & B & C & 0 & 0 & F & 0 & \dots & 0 \\
 0 & D & A & B & 0 & 0 & 0 & F & \dots & 0 \\
 E & 0 & 0 & 0 & B & C & 0 & 0 & \dots & 0 \\
 0 & E & 0 & 0 & A & B & C & 0 & \dots & 0 \\
 0 & 0 & E & 0 & D & A & B & C & \dots & 0 \\
 0 & 0 & 0 & E & 0 & D & A & B & \dots & 0 \\
 G & 0 & 0 & 0 & E & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\
 \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & B
 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix}
 \Phi_1 \\
 \Phi_2 \\
 \Phi_3 \\
 \Phi_4 \\
 \Phi_5 \\
 \Phi_6 \\
 \Phi_7 \\
 \Phi_8 \\
 \Phi_9 \\
 \cdot \\
 \Phi_n
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 H_1 \\
 H_2 \\
 H_3 \\
 H_4 \\
 H_5 \\
 H_6 \\
 H_7 \\
 H_8 \\
 H_9 \\
 \cdot \\
 H_n
 \end{bmatrix}$$

4. Format Programming Penyebaran Asap Pada Kebakaran Rumah

```

A=-1/8*(rho*u-rho)*dely*t+3/4*(-rho*u+rho)*dely*t;
B=3/4*(rho*u-rho)*dely*t+3/8*(-rho*u+rho)*dely*t+
3/4*(rho*v-rho)*deltx*t+3/8*(-rho*v+rho)*deltx*t;
C=3/8*(rho*u-rho)*dely*t;
D=-1/8*(-rho*u+rho)*dely*t;
    
```

```

E=-1/8*(rho*v-rho)*deltx*t+3/4*(-rho*v+rho)*deltx*t;
F=3/8*(rho*v-rho)*deltx*t;
G=-1/8*(-rho*v+rho)*deltx*t;
H=((u*rho*p)/k)-p+(rho*g))*delty*T+(((v*rho*p)/k)
-p+(rho*g))*deltx*T+((rho*miu*h)/(k*Pr)+((rho*miut*h)/(k*Prt)+
(2*miu*u)+miu*v))*((delty/deltx)*T)+(((rho*miu*h)/(k*Pr)+
(rho*miut*h)/(k*Prt)+(2*miu*v)+miu*u))*((deltx/delty))*T+
miu*(u+v);
K=zeros(n:n);
K(1:n+1:n^2)=B;
K(2:n+1:n^2)=A;
K(3:n+1:n*(n-1))=D;
K(5:n+1:n*(n-4))=E;
K(9:n+1:n*(n-8))=G;
K(4*n+1:n+1:n^2)=F;
K(n+1:n+1:n^2)=C;
K(4*n+4:4*n+4:n^2)=0;
K(2*n+5:4*n+4:n*(n-1))=0;
K(3*n+6:4*n+4:n*(n-1))=0;
L=repmat(1:i,1)=H;
X=To+inv(K)*L;

```

5. Simulasi Penyebaran Asap Pada Kebakaran Rumah Dalam *Fluent*

Simulasi penyebaran asap pada kebakaran rumah dalam *Fluent* adalah asap menyebar dari sumber api menuju ruangan lainnya. Sedangkan temperatur terpanas terletak pada ruangan yang menjadi sumber api. Semakin jauh ruangan dari sumber api maka temperatur ruangan tersebut akan semakin rendah.

Saran yang dapat dikemukakan dari hasil penelitian adalah: (1) pemodelan matematika penyebaran asap yang disertai perpindahan panassaat terjadi kebakaran rumah menggunakan metode volume hingga ini bias dikembangkan dengan melakukan penelitian tentang aliran fluida pada bentuk atau tipe-tipe rumah, jenis fluida gas dan kondisi kebakaran lainnya, (2) pemodelan matematika penyebaran asap yang disertai perpindahan panassaat terjadi kebakaran rumah menggunakan metode volume hingga ini terbatas iterasinya karena menggunakan solusi langsung sehingga pemodelan matematika penyebaran asap yang disertai perpindahan panas saat terjadi kebakaran rumah ini bisa dikembangkan menggunakan solusi tak langsung, (3) pada simulasi penyebaran asap yang disertai perpindahan panas saat terjadikebakaran rumah

menggunakan *Fluent* sebaiknya menggunakan data yang sesuai dengan keadaan sebenarnya agar didapatkan hasil yang mendekati keadaan sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2011. *GAMBIT*. <http://Gambit.html> [02 Nopember 2012].
- Arikunto, S., 1998. *Prosedur Penelitian*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Aspley, D.D., 2007. *Quantitative Properties of F.D. Schemes*. Lecture Hand Out: CFD. Manchester: University Of Manchester.
- Dafik. 1999. *Matlab Dalam Matematika*. Jember: FKIP Universitas Jember.
- Deliansyah. 2002. *Proses Kebakaran*. Yogyakarta: ANDI.
- Indriani, Ayu .2012. *Efektifitas Metode Runge-Kutta Fehlberg Orde Lima dalam Menganalisis Kemoterapi Kanker* . Jember: FKIP Universitas Jember.
- Luknanto, Joko, 2003, *Model Matematika*. [Serial On-Line]. <http://luk.sta@ugm.ac.id/hidkom/pdf/ModelMatematik.pdf> [30 Desember 2012].
- Jasjfy, E. 1994. *Perpindajan Kalor*. Erlangga: Jakarta.
- Kreith, F. 1994. *Prinsip-prinsip Terjadinya Panas*. Jakarta: Erlangga.
- Muhaimin, 2004, *Kebakaran dan Teori-teori Terbentuknya Api*, Jakarta: Erlangga.
- Nasir, M. 1988. *Penelitian dan Penilaian Pendidikan*. Bandung: Sinar Baru.
- Parlaungan. 2008. *Pemodelan Matematika Untuk Peningkatan Bermatematika*. [Serial On-Line]. <http://www.repository.usu.ac.id/123456789/6060/1/08E0228.pdf>. [23 Desember 2012].
- Santosa. 1984. *Pemodelan Matematika*. Jakarta: Erlangga.
- Sudjana dan Ibrahim. 1989. *Metode Penelitian*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Susanti, Nawang W .2010. *Efektifitas Penerapan Metode Multistep Linier Orde Lima (MML) untuk Menyelesaikan Model Persamaan Penyerapan bakteri Leptosira* . Jember: FKIP Universitas Jember.
- Tondok, Deni. 2009. *Analisis Perambatan Retak Pada Permukaan Baja NiCr Akibat Pendinginan Mendadak*. Tidak dipublikasikan (Skripsi). Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Tuakia, Firman. 2008. *Dasar-Dasar CFD Menggunakan FLUENT*. Bandung: Informatika.

White, Frank M. 1986. *Mekanika Fluida*. Jakarta: Erlangga.