

# PEMODELAN DAN PENYELESAIAN NUMERIK DARI PERMASALAHAN PENYEBARAN ASAP MENGGUNAKAN METODE VOLUME HINGGA

Arif Fatahillah<sup>1</sup>  
[arif.fkip@unej.ac.id](mailto:arif.fkip@unej.ac.id)

**Abstrak.** Sebagai salah satu tempat manusia beraktifitas maka rumah tidak bisa dilepaskan dari pencemaran manusia, salah satunya asap pembakaran. Dalam penelitian ini dibangun suatu model matematika mengenai permasalahan penyebaran asap yang didasarkan pada jenis dan konsentrsai bahan bakar yang digunakan. Hasilnya didapatkan bahwa semakin besar konsentrasi yang digunakan maka polutan asap yang menyebar juga semakin banyak, demikian juga pengaruh bahan bakar yang digunakan, berdasarkan simulasi menggunakan software FLUENT didapatkan bahwa dengan menggunakan bahan bakar arang emisi karbon yang didapatkan paling besar dibandingkan yang lain.

**Kata Kunci :** Sebaran Gas, Metode Volume Hingga, FLUENT

## PENDAHULUAN

Rumah sebagai salah satu tempat manusia beraktifitas tidak bisa dilepaskan sebagai sumber pencemaran udara dalam ruang. Berbagai bahan yang terdapat dalam ruangan yang melepaskan gas atau partikel ke udara merupakan sumber utama dari masalah kualitas udara dalam rumah (Ide, 2007). Sebagai contoh di dalam dapur, penggunaan kompor sebagai alat memasak menghasilkan sumber pencemar yaitu gas karbon monoksida (CO), sebagai hasil reaksi pembakaran tidak sempurna.

Oleh Chiang *et al* (2000), yang melakukan penelitian di Taiwan, menunjukkan bahwa konsentrasi rata-rata tertinggi CO dalam dapur rumah tangga terjadi selama periode memasak menggunakan kompor gas dengan nilai konsentrasinya (waktu 24 jam rata-rata) yang bervariasi dari 0,1-13,9 ppm. Sementara Lee *et al* (2008) melakukan penelitian di Pakistan dengan mengukur kadar gas CO dari pembakaran kompor berbahan bakar biomass (kayu bakar) menghasilkan nilai rata-rata konsentrasi 29,4 ppm dalam periode pengukuran delapan jam.

Material karbon yang mudah terbakar termasuk kayu, batubara, gas, bensin, solar, minyak, sampah organik, dan produk rokok (Hess-Kossa, 2002). Saat ini di Indonesia, karena bagian dari program konversi energy yang dilakukan oleh pemerintah, sebagian besar penduduknya sudah beralih menggunakan bahan bakar

---

<sup>1</sup> Dosen Pendidikan Matematika FKIP UNEJ

gas, atau biasa disebut LPG (*Liquefied Petroleum Gas*), untuk memasak. Pemerintah memberikan secara cuma-cuma kompor beserta tabung gas berukuran tiga kilogram. Namun sebagian kecil lainnya masih menggunakan minyak tanah, kayu bakar, dan arang sebagai bahan bakar kompor.

Untuk menganalisis kegiatan pencemaran udara dalam ruang, khususnya dalam ruang dapur yang menggunakan kompor berbahan bakar LPG, minyak tanah dan arang maka dibutuhkan sebuah kajian yang memadukan teknik pengukuran langsung dengan sebuah program simulasi. Simulasi dilakukan menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dengan Fluent 6.3.26 sebagai *software*-nya. Program ini mulai banyak dikenal dan digunakan sebagai alat yang memudahkan pekerjaan analisis untuk melihat pola aliran transportasi dan distribusi gas dalam ruang. Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini yaitu: Bagaimana model matematika aliran carbon monoksida pada proses memasak menggunakan kompor gas, minyak dan arang dalam dapur? serta bagaimana simulasi model matematika penyebaran carbon monoksida pada proses memasak menggunakan kompor gas, minyak dan arang dalam *software Fluent*?

Pemodelan penyebaran gas CO yang menyebar di ruang dapur akibat pembakaran ini dibangun oleh persamaan momentum dan persamaan energi dan akan diselesaikan dengan menggunakan metode volume hingga.

$$1. \frac{\partial}{\partial t} \rho u_j + \nabla \rho u_i u_j = -\nabla P + \rho \nabla g + \tau_{ij}$$

$$2. \frac{\partial}{\partial t} u_j + \nabla u_j = u_i \nabla p + \nabla \left( \nabla h \left( \frac{\mu}{pr} + \frac{\mu_t}{pr_t} \right) \right)$$

Dengan :

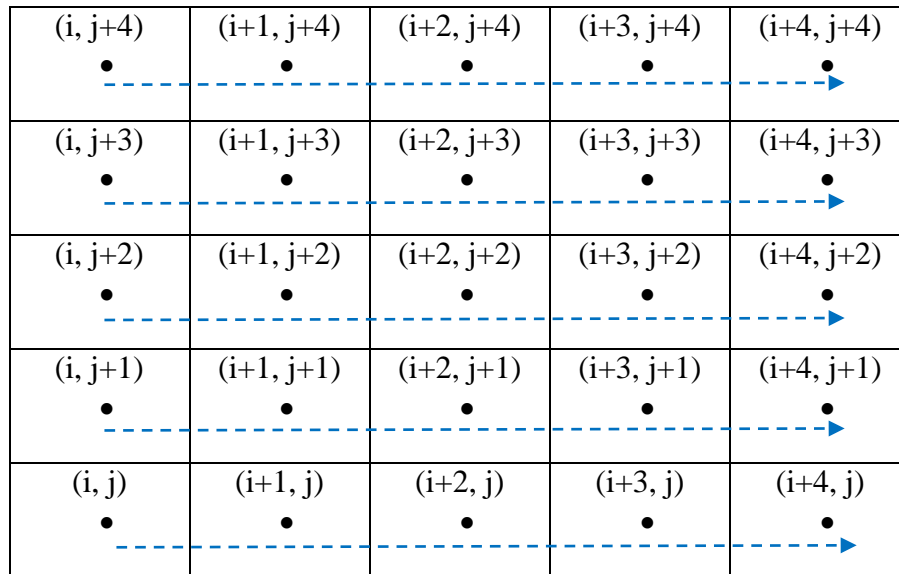
$\rho$  = massa jenis,

$\mu$  = kekentalan zat

$P$  = tekanan

$h$  = koefisien perpindahan kalor.

Selanjutnya kedua persamaan tersebut akan diselesaikan dengan menggunakan metode volume hingga dan digunakan teknik diskritisasi QUICK. Menentukan nilai setiap  $\phi$  dengan diskritisasi menggunakan metode “QUICK” yaitu :



Gambar 1. Diskritisasi Metode QUICK

dengan :

$$\phi_e(i, j) = -\frac{1}{8}\phi(i-1, j) + \frac{3}{4}\phi(i, j) + \frac{3}{8}\phi(i+1, j)$$

$$\phi_n(i, j) = -\frac{1}{8}\phi(i, j-1) + \frac{3}{4}\phi(i, j) + \frac{3}{8}\phi(i, j+1)$$

$$\phi_s(i, j) = -\frac{1}{8}\phi(i, j-2) + \frac{3}{4}\phi(i, j-1) + \frac{3}{8}\phi(i, j)$$

$$\phi_w(i, j) = -\frac{1}{8}\phi(i-2, j) + \frac{3}{4}\phi(i-1, j) + \frac{3}{8}\phi(i, j)$$

(Dalam Fatahillah, A., 2013)

Sehingga akan diperoleh suatu persamaan matriks linier  $AX=B$  yang akan diselesaikan secara simulasi dengan menggunakan software matematika.

**METODE PENELITIAN**

Tahapan Penelitian ini adalah :

1. Mendesain Model

Setelah dilakukan pengumpulan referensi serta teori-teori yang mendukung, akan dilakukan desain model penyebaran asap untuk berbagai macam jenis bahan bakar.

2. Mendapatkan bentuk penyelesaian dari *Volume Hingga*

Pada tahap ini didapatkan bentuk penyelesaian *Volume Hingga* dari permasalahan penyebaran asap untuk berbagai macam jenis bahan bakar.

3. Membuat simulasi dengan FLUENT serta *Running* program

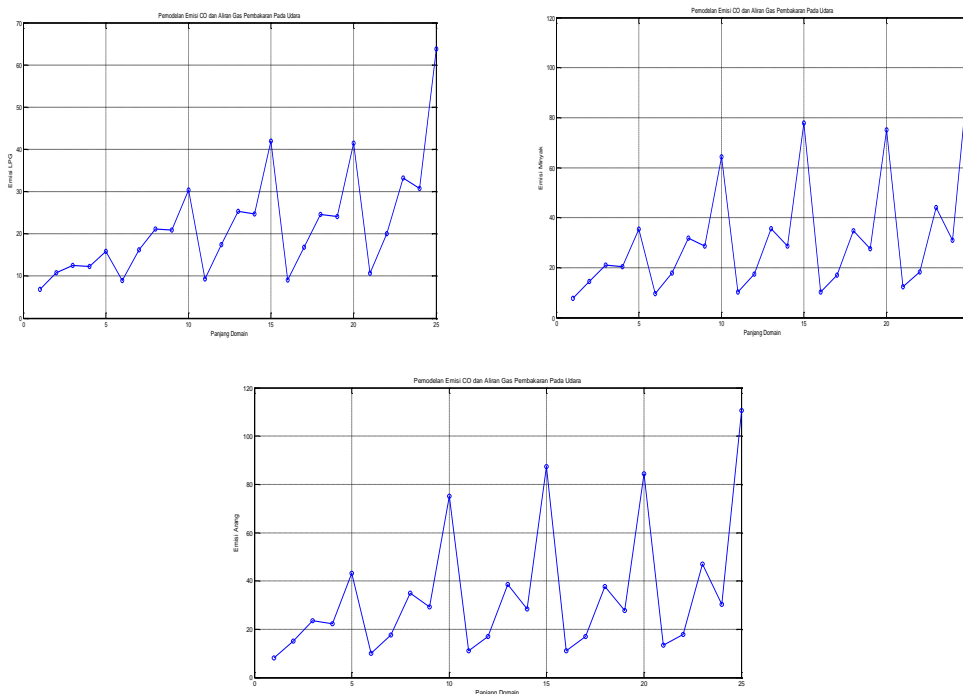
Pembuatan program komputer dari penyebaran asap untuk berbagai macam jenis bahan bakar dengan menggunakan FLUENT dan melakukan pengujian program.

#### 4. Mengevaluasi hasil simulasi.

Proses ini adalah ujicoba dan validasi untuk menghasilkan software analisis penyebaran asap untuk berbagai macam jenis bahan bakar.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penyelesaian berbentuk persamaan matriks linier yang selanjutnya diselesaikan dengan software MATLAB maka didapatkan hasil simulasi seperti berikut:

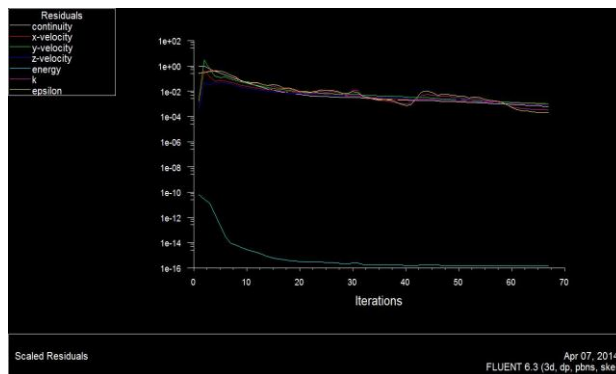


Gambar 2. Grafik Emisi Gas dan Panjang Domain

(a) Kompor LPG, (b) Kompor Minyak Tanah, dan (c) Kompor Arang

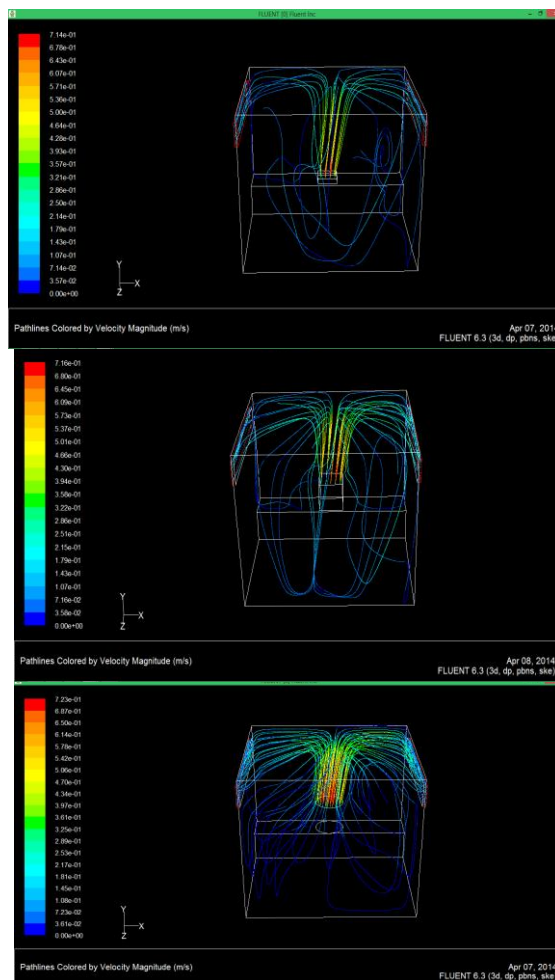
Grafik di atas menunjukkan panjang domain dan emisi carbon monoksida. Pada grafik terlihat bahwa semakin lama (panjang domain) maka semakin besar pula emisi karbon dalam ruangan. Hal ini menunjukkan bahwa pada saat proses memasak menggunakan kompor LPG, kompor minyak dan kompor arang, terbentuk emisi carbon monoksida tertinggi pada ruang dapur dengan pembakar kompor arang. Dan emisi paling rendah terdapat pada ruang dapur dengan pembakar kompor LPG. Simulasi selanjutnya

adalah menggunakan software FLUENT yang digunakan untuk melihat hasil simulasi secara langsung pada objek simulasi, hasil iterasinya dapat dilihat pada grafik berikut :



Gambar 3. Iterasi Simulasi

Sedangkan hasil simulasi menggunakan FLUENT untuk masing-masing bahan bakar didapatkan sebagai berikut :



Gambar 4. Pola Penyebaran dari Program Fluent

(a) Kompur LPG, (b) Kompur Minyak Tanah, dan (c) Kompur Arang

## Pembahasan

Simulasi pembakaran menggunakan *pahlines*, karena ingin meneliti aliran dari karbon monoksida. terlihat pola distribusi aliran gas pembakaran kompor LPG, minyak tanah, dan arang hamper sama. Energi konveksi panas yang berasal dari pembakaran kompor menyebabkan sebuah pergerakan udara ke arah atas (Chiang *et al*, 2000). Secara umum kecepatan aliran udara saat keluar dari kompor mencapai kecepatan 7 m/s yang ditunjukkan dengan warna merah.

Ketika alirannya berada pada kebeinggian langit-langit kecepatannya ialah 2-3 m/s, ditunjukkan dengan aliran yang berwarna hijau. Saat mencapai langit-langit alirannya menyebar ke dua sisi lalu bergerak keluar melalui ventilasi. Letak kompor yang berada di tengah-tengah juga mempengaruhi bentuk pola distribusi yang hamper simetris. Namun ada sebagian aliran yang berbenturan dengan dinding selanjutnya menuju ke arah lantai dan berputar kembali menuju ventilasi. Untuk besaran kecepatan aliran pembakaran berkisar antara 3 m/s hingga 7 m/s. Perbedaan dari ketiga pembakaran tersebut ialah volume dari kompor yang berbeda-beda.

Pengukuran suhu diatas menggunakan Total Enthalpy (j/kg) karena pada saat itulah suhu terlihat konstan dan teratur. Nampak pada gambar diatas bahwa suhu yang dikeluarkan dari proses memasak menggunakan kompor LPG hampir sama dengan kompor minyak dimana nilai temperatur LPG konstan pada 1,09 j/kg sedangkan pada kompor minyak nilainya sebesar 1,49 j/kg. Berbeda dengan suhu pada kopor arang, terlihat sekali perbedaanya yaitu konstan pada suhu 2,4 j/kg.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dari hasil komputasi yang telah dilakukan peneliti menggunakan aplikasi MATLAB dan Fluent, maka didapatkan:

1. Pada temperature membuktikan bahwa adanya kesamaan antara suhu yang dihasilkan dari kompor LPG, minyak tanah dan arang. Namun arang memiliki suhu yang lebih besar.
2. Kecepatan penyebaran karbon monoksida dalam ruang menunjukkan kecepatan yang tinggi pada area pembakaran/ kompor, kemudian melemah dan kecepatannya semakin berkurang (ditandai dengan warna biru) setelah berbenuran dengan dinding.

3. Perbandingan dari penggunaan ketiga kompor tersebut, pemasakan dengan menggunakan kompor LPG lebih efisien daripada menggunakan kompor minyak maupun arang. Sebab emisi karbon monoksida yang dihasilkan oleh kompor LPG lebih sedikit. Sedangkan pada kompor Arang, emisi karbon monoksida yang dihasilkan sangat besar, sehingga tidak efisien apabila digunakan untuk memasak.

### **Saran**

Penelitian pada laporan ini belum menggunakan variabel dengan jelas antara variabel terikat dengan variabel bebas. Untuk penelitian lebih lanjut dapat ditambahkan jumlah variabel terikatnya, sehingga hubungan dengan variabel bebasnya dapat lebih signifikan. Khususnya pada permodelan CFD Fluent 6.3.26 dapat dilakukan simulasi dengan lebih baik untuk penelitian selanjutnya. dan bisa menjadi referensi untuk melakukan penelitian yang lainnya.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Arief Hidayat, Haryono, Sri hapsari. 2010. *Abstract Emisi Karbon Monoksida*. Semarang: FT UNDIP
- Chiang, che-Ming, Chi-Ming Lai, Po-Cheng Chou. 2000. *The influence of architectural Design Alternative on Indoor Air Environment in Cventional Kitchens in Taiwan*. *Building and Environment* 35 (2000) 579-585.
- Fatahillah, A., 2013, *Penyebaran Aliran Panas Pada Oven Surya (3 Dimensi)*, Kadikma : Vol 4 No 1, Hal : 1-8
- Hess-Kosa, Kathleen. 2002. *Indoor Air Quality: Sampling Methodologies*. Florida: Lewis Publiser.
- Lee, K., A.R. Siddiqui, D. Bennet, X. Yang, K.H. Brown, Z.A. Bhutta, E.B. Gold. 2008. *Indoor Carbon Monoxide and PM<sub>2.5</sub> Concentrations by Cooking Fuels in Pakistan*. *Indoor Air* 2009: 19: 75-82.
- Tuakia, Firman. 2008. *Dasar-Dasar CDF Menggunakan Fluent*. Bandung: Informatika.