

# PENYEBARAN ALIRAN PANAS PADA OVEN SURYA (3 DIMENSI)

Arif Fatahillah<sup>1</sup>

**Abstract.** Era industrialisasi yang berkembang sangat cepat membutuhkan sumber daya energi yang cukup besar, dimana sebagian besar sumber daya energi tersebut semakin berkurang dari waktu ke waktu. Untuk itu dibutuhkan suatu sumber daya energi alternatif yang diharapkan bisa menggantikan sumber daya utama yang semakin berkurang tersebut. Salah satu energi alternatif untuk pemanasan ataupun pembakaran adalah menggunakan oven berbantuan surya yang berguna tetapi memiliki dampak yang ramah terhadap lingkungan. Dari penelitian yang sudah dilakukan dengan menggunakan metode volume hingga dan diselesaikan dengan teknik diskritisasi QUICK maka didapatkan bahwa energi surya dapat dimanfaatkan dengan maksimal jika oven berbentuk kubus dan diberi sekat-sekat, hal ini juga berpengaruh terhadap temperatur awal yang masuk, semakin besar energi surya yang terserap maka proses pemanasan akan berlangsung dengan baik. Sedangkan penyebaran temperatur cukup merata dengan temperatur tertinggi pada oven surya berbentuk kubus adalah terletak pada tengah kubus.

**Key Words :** Modelling, Oven Surya, Finite Volume Method

## PENDAHULUAN

Indonesia akan memasuki era industrialisasi jelas akan memerlukan tambahan energi dalam jumlah yang sangat besar dan hal ini akan berdampak pula terhadap lingkungan. Selain itu, diversifikasi energi merupakan salah satu jawaban untuk mencukupi kebutuhan energi yang terus meningkat, akan tetapi masalah penyelamatan lingkungan juga harus diperhatikan. Dengan adanya perubahan eksternal yang terjadi saat ini, yaitu standar perlindungan lingkungan yang semakin tinggi, persaingan dalam perolehan *Certified Emission Reduction (CER)* melalui proyek CDM, dan masalah-masalah pencemaran *green house gasses* yang melewati batas Negara tentunya akan mempengaruhi paradigma penyediaan dan pemanfaatan energy pada masa kini dan akan datang.

Salah satu alternatif diversifikasi unergi untuk mengatasi masalah tersebut adalah energy surya. Sumber energy baru ini mempunyai keuntungan, yaitu ramah lingkungan dan ketersediaannya melimpah. Juga, sebagai Negara tropis Indonesia mempunyai potensi energy surya cukup melimpah dengan radiasi harian matahari rata-rata 4.8-5.2 kWh/m<sup>2</sup> (departemen ESDM RI, 2003). Namun demikian, energy ini

---

<sup>1</sup>Dosen Pendidikan Matematika FKIP Universitas Jember

memiliki kelemahan, yaitu sifatnya yang tidak kontinyu dan intensitasnya yang bervariasi menurut lokasi (letak lintang) dan waktu.

Penggunaan energy surya sebagai sumber energi untuk memasak perlu dimanfaatkan. Dengan demikian diperlukan oven surya yang optimal dengan penyebaran suhu yang seragam pada bagian ruang pemasakan. Sehingga proses pemasakan dapat berlangsung dengan baik. Untuk itu akan dibuat pemodelan system termal dari oven surya dan menstimulasikan fenomena fisis yang terjadi dengan pendekatan *finite volume* menggunakan teknik *computation fluid dynamics (CFD)*. Pemodelan dan simulasi yang dilakukan dapat dijadikan dasar untuk mendapatkan disain yang optimal. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan model matematika guna menduga perubahan suhu pada oven surya, menduga pola aliran dan distribusi suhu pada oven surya, serta mendapatkan desain yang efisien berdasarkan pola aliran dan distribusi suhu yang seragam pada oven surya.

Prinsip kerja oven surya adalah radiasi surya akan masuk ke dalam ruang oven dengan dua cara, yaitu secara langsung atau di pantulkan melalui reflector yang mengelilingi bagian atas ruang oven. Iradiasi surya akan masuk ke dalam ruang oven setelah melewati penutup transparan ruang oven. Iradiasi akan diserap oleh makanan yang di masak, dinding, dan lantai oven. Energi yang diserap oleh dinding dan lantai oven selanjutnya dipindahkan keruang oven atau kebahan panas dengan cara konveksi maupun radiasi. Beberapa energy termal yang keluar melalui dinding, lantai, dan penutup transparan. Energy yang hilang terbesar pada penutup transparan, selain terdapat lubang untuk pengeluaran uap juga ketebalannya penutup transparan sangat tipis. Persamaan matematik yang digunakan dalam oven surya adalah :

1. Kekekalan massa : keseimbangan massa untuk elemen fluida dituliskan secara matematik sebagai persamaan kontinuitas :

$$\frac{\partial T_i}{\partial t} + \nabla u_i T_i = 0$$

2. Persamaan momentum.

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

3. Persamaan Energi

$$\rho \left[ u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z} \right] = k \left[ u \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + v \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + w \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right]$$

**METODE PENELITIAN**

Penelitian ini merupakan jenis penelitian studi kasus, dimana variabel-variabel yang berpengaruh terhadap proses pemanasan pada oven surya dijadikan satu rumus utama yang akan menjadi rumus umum pemodelan matematika untuk pemanasan oven surya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode volume hingga yaitu dengan cara menyelesaikan persamaan pembangun tersebut, baik persamaan energy, momentum dan massa kemudian akan diskritisasi menggunakan metode QUICK

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penyelesaian model tersebut didapat dengan cara mengintegalkan persamaan pembangun dan diselesaikan dengan teknik diskritisasi QUICK. Selanjutnya dengan proses diskritisasi objek tersebut (oven surya), maka akan didapatkan bentuk persamaan linier matriks sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} B & G & C & 0 & J & 0 & 0 & 0 \\ E & B & 0 & C & 0 & J & 0 & 0 \\ A & 0 & B & G & 0 & 0 & J & 0 \\ 0 & A & E & B & 0 & 0 & 0 & J \\ H & 0 & 0 & 0 & B & G & C & 0 \\ 0 & H & 0 & 0 & E & B & 0 & C \\ 0 & 0 & H & 0 & A & 0 & B & G \\ 0 & 0 & 0 & H & 0 & A & E & B \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \\ \phi_4 \\ \phi_5 \\ \phi_6 \\ \phi_7 \\ \phi_8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K \\ K \end{bmatrix}$$

dengan :

$$A = -\frac{1}{8}\rho u(u + v + w - 1)\Delta y\Delta z - \frac{3}{4}\rho u(u + v + w - 1)\Delta y\Delta z$$

$$\begin{aligned}
 B = & \frac{3}{4}\rho u(u + v + w - 1)\Delta y\Delta z - \frac{3}{8}\rho u(u + v + w - 1)\Delta y\Delta z \\
 & + \frac{3}{4}\rho v(u + v + w - 1)\Delta x\Delta z - \frac{3}{8}\rho v(u + v + w - 1)\Delta x\Delta z \\
 & + \frac{3}{4}\rho w(u + v + w - 1)\Delta x\Delta y - \frac{3}{8}\rho w(u + v + w - 1)\Delta x\Delta y
 \end{aligned}$$

$$C = \frac{3}{8}\rho u(u + v + w - 1)\Delta y\Delta z$$

$$D = \frac{1}{8}\rho u(u + v + w - 1)\Delta y\Delta z$$

$$E = -\frac{1}{8}\rho v(u + v + w - 1)\Delta x\Delta z - \frac{3}{4}\rho v(u + v + w - 1)\Delta x\Delta z$$

$$F = \frac{1}{8} \rho v (u + v + w - 1) \Delta x \Delta z$$

$$G = \frac{3}{8} \rho v (u + v + w - 1) \Delta x \Delta z$$

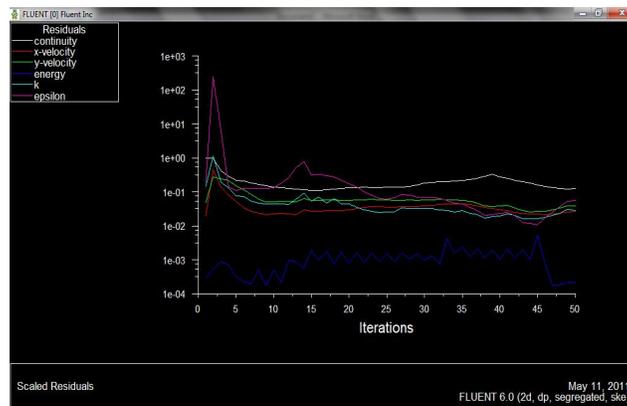
$$H = -\frac{1}{8} \rho w (u + v + w - 1) \Delta x \Delta y - \frac{3}{4} \rho w (u + v + w - 1) \Delta x \Delta y$$

$$I = \frac{1}{8} \rho w (u + v + w - 1) \Delta x \Delta y$$

$$J = \frac{3}{8} \rho w (u + v + w - 1) \Delta x \Delta y$$

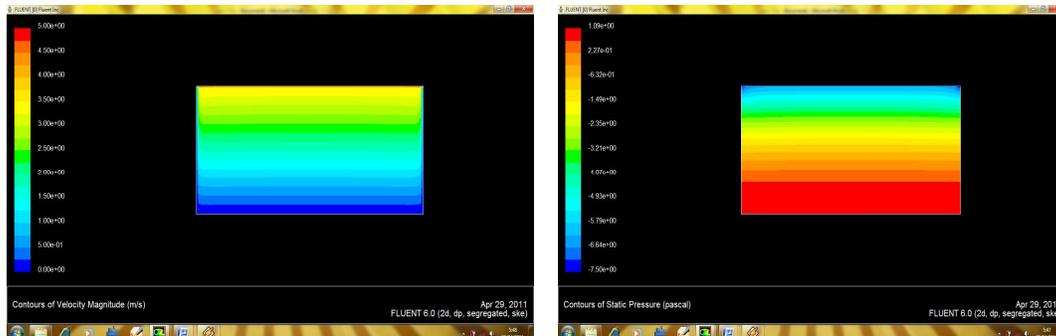
$$\begin{aligned} k = & \rho \Delta y \Delta z + \rho \Delta x \Delta z + \rho \Delta x \Delta y + \mu \left[ \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial x} \right] \Delta y \Delta z + \mu \left[ \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial y} \right] \Delta x \Delta z \\ & + \mu \left[ \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial z} \right] \Delta x \Delta y \\ & - k \left[ u \frac{\partial \phi_0}{\partial x} \Delta y \Delta z + v \frac{\partial \phi_0}{\partial y} \Delta x \Delta z + w \frac{\partial \phi_0}{\partial z} \Delta x \Delta y \right] + S_{M \Delta y \Delta z} + S_{M \Delta x \Delta z} \\ & + S_{M \Delta x \Delta y} \end{aligned}$$

Bentuk Persamaan Linier Matriks tersebut selanjutnya diselesaikan dengan menggunakan software FLUENT. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini :

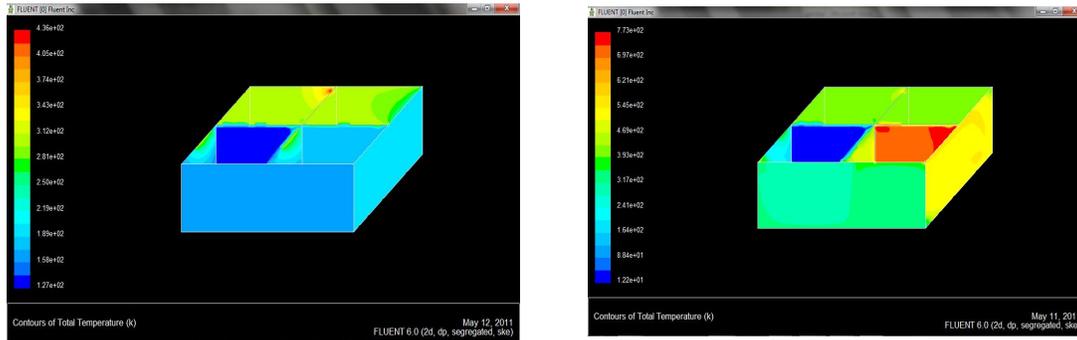


Gambar 1. Plot Grafik Penyebaran Aliran Panas pada Oven Surya

Untuk plot penyebaran temperatur dua dimensi oven surya pada perlakuan temperatur awal yang beda dapat dilihat pada Gambar 2 berikut :



Gambar 2. Plot kontur untuk oven dari samping  
 Sedangkan untuk plot penyebaran temperatur kontur tiga dimensi dengan temperatur awal yang beda dapat dilihat pada Gambar 3 berikut :



Gambar 3. Plot Kontur untuk Oven Tiga Dimensi  
 (a) 300<sup>0</sup>K (b) 350<sup>0</sup>K

Pada bagian pemanas oven surya digambarkan dalam 3 bentuk bangun yang berbeda-beda diantaranya bentuk persegi. Pada bentuk ini dengan *solver 5/6*, didefinisikan sisi atas sebagai input artinya udara bisa masuk kedalam pemanas memalalui sisi atas tersebut. Sedangkan sisi lainnya bertindak sebagai *wall* dimana tidak bisa ditembus oleh suatu zat. Dari Gambar tampak jelas bahwa tekanan paling besar terletak didasar sedangkan *velocity* terbesar di sisi atas. Hal ini menunjukkan bahwa *pressure* dan *velocity* berbanding terbalik.

### KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan simulasi gambar yang dibuat pada software Fluent, ada beberapa hal yang kita dapat simpulkan diantaranya:

- Pada bentuk oven surya tiga dimensi juga didapat hasil yang sama yaitu semua face kecuali face atas didefinisikan sebagai sebagai wall yang memiliki tekanan paling tinggi berada didasar kubus sedangkan *velocity* paling besar terdapat disisi atas.
- Bentuk yang terakhir adalah kubus yang diberi sekat. Dengan mendefinisikan wall pressure inlet dan velocity inlet maka diperoleh temperature (suhu) dalam gambar tersebut yang memiliki nilai atau besar rata-ratanya yaitu terletak pada bagian

tengah objek, dalam hal ini oven surya. Sedangkan penyebaran temperatur cukup baik pada semua bagian oven.

- Dengan adanya simulasi perbedaan temperatur awal yang masuk maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai temperatur awal yang masuk maka semakin besar nilai temperatur yang didapatkan oleh sistem oven surya tersebut sehingga memungkinkan untuk terciptanya pemasakan yang lebih baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

Away A.G. (2006), *MATLAB Programming*, Informatika, Bandung.

Brady, James E. (1990), *Principles and Structures General Chemistry*, harcourt Brace Jovanovich Collage Outline Series, Orlando Florida.

Chapra, S. C. (2005), *Applied Numerical Methods with MATLAB for Engineers and Scientist*, New York, USA.

Mathews, J. H. (1993), *Numerical Methods for Mathematics, Science and Engineering*, Prentice Hall International, New York

Munir, R. (2003), *Metode Numerik*, Informatika, Bandung.

White, F., 1986, *Mekanika Fluida*, Jakarta : Erlangga