

**ABSTRAK DAN EXECUTIVE SUMMERY
PENELITIAN DOSEN PEMULA**



**ANALISIS NUMERIK POLA PENYEBARAN ASAP DARI
CEROBONG PABRIK GULA PT. SEMBORO JEMBER
JAWA TIMUR BERBANTUAN SOFTWARE FLUENT**

PENGUSUL

**ARIF FATAHILLAH, S.Pd, M.Si
(NIDN : 0029058204)**

**UNIVERSITAS JEMBER
Nopember 2014**

**ANALISIS NUMERIK POLA PENYEBARAN ASAP DARI CEROBONG
PABRIK GULA PT. SEMBORO JEMBER JAWA TIMUR
BERBANTUAN SOFTWARE FLUENT**

Arif Fatahillah¹

FKIP

***Abstract.** Humans have many basic needs that must be met in everyday life, with the availability of the basic material so people can run with good life. One of the basic needs is sugar that many human needs as food and beverages. To meet these needs the availability of staple crops of sugar cane as raw material and also the availability of the plant that can produce sugarcane into sugar which will be consumed safely by humans. The existence of this plant is very useful and also adversely affect the people who are around the plant, one of which is the impact of burning fuels such as wood are discharged through the factory chimneys. In this study constructed a model form of the problem of smoke dispersal patterns and solve these problems by using the finite volume method. The model was built based on the magnitude of the concentration of pollutants (CO₂), wind speed and direction of each period, which is expected to be known picture of the affected areas of the factory air pollution. So the main problem of this study is to analyze the results of the simulation the spread of pollutants from smokestacks by the concentration of pollutants, wind speed and direction. Based on the simulation results that have been done using MATLAB software was found that the greater the concentration of pollutants, the greater the concentration in the affected areas, while the influence of the wind speed near the plant was found that the greater the wind speed of the mill area, the greater the concentration in the area -area affected. Based on the results of the simulation using FLUENT can be seen that in the west season (December to April) affected area is the area around the southeast plant, while the East monsoon (May to October) found that the areas that are in the northwest will be affected by the smoke pollutants (umbulsari).*

Keywords : Pollutant Substances, Finite Volume Method, Areas Affected

***Abstrak.** Manusia mempunyai banyak kebutuhan pokok yang harus dipenuhi dalam kehidupan sehari-hari, dengan adanya ketersediaan bahan pokok tersebut maka manusia bisa menjalankan kehidupan dengan baik. Salah satu kebutuhan pokok tersebut adalah gula pasir yang banyak dibutuhkan manusia sebagai bahan makanan dan minuman. Untuk memenuhi ketersediaan bahan pokok ini dibutuhkan tanaman tebu sebagai bahan dasar dan juga ketersediaan pabrik yang bisa memproduksi tanaman tebu menjadi gula yang akan dikonsumsi secara aman oleh manusia. Keberadaan pabrik ini sangat berguna dan juga berpengaruh buruk bagi orang-orang yang berada disekitar pabrik tersebut, salah satunya adalah imbas dari pembakaran bahan bakar berupa kayu yang dibuang melalui cerobong-cerobong asap pabrik. Pada penelitian ini dibangun suatu bentuk model dari permasalahan pola penyebaran asap serta menyelesaikan permasalahan tersebut dengan menggunakan metode volume hingga (finite volume method). Model yang dibangun didasarkan pada besarnya konsentrasi zat polutan (CO₂), kecepatan serta arah angin setiap periode, sehingga diharapkan akan diketahui gambaran mengenai daerah-daerah yang terdampak polusi udara pabrik tersebut. Sehingga masalah utama penelitian ini adalah bagaimana analisis hasil simulasi penyebaran polutan dari cerobong asap pabrik berdasarkan konsentrasi zat polutan, kecepatan dan arah angin. Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan menggunakan software MATLAB didapatkan bahwa semakin besar konsentrasi zat polutan maka semakin besar pula konsentrasi pada daerah-daerah yang terdampak, sedangkan pengaruh kecepatan angin disekitar pabrik didapatkan bahwa*

¹ Dosen Program Studi Pendidikan Matematika FKIP Universitas Jember

semakin besar kecepatan angin didaerah pabrik tersebut maka semakin besar pula konsentrasi pada daerah-daerah yang terdampak. Berdasarkan hasil simulasi menggunakan FLUENT dapat diketahui bahwa pada musim barat (Desember – April) daerah yang terdampak adalah daerah disekitar tenggara pabrik, sedangkan pada musim Timur (Mei – Oktober) didapatkan bahwa daerah-daerah yang berada di barat laut akan terdampak zat polutan asap tersebut (umbulsari).

Kata Kunci : *Zat Polutan, Metode Volume Hingga, Daerah Terdampak*

PENDAHULUAN

Manusia mempunyai banyak kebutuhan pokok yang harus dipenuhi dalam kehidupan sehari-hari, dengan adanya ketersediaan bahan pokok tersebut maka manusia bisa menjalankan kehidupan dengan baik. Salah satu kebutuhan pokok tersebut adalah gula pasir yang banyak dibutuhkan manusia sebagai bahan makanan dan minuman. Untuk memenuhi ketersediaan bahan pokok ini dibutuhkan tanaman tebu sebagai bahan dasar dan juga ketersediaan pabrik yang bisa memproduksi tanaman tebu menjadi gula yang akan dikonsumsi secara aman oleh manusia. Keberadaan pabrik ini sangat berguna dan juga berpengaruh buruk bagi orang-orang yang berada disekitar pabrik tersebut, salah satunya adalah imbas dari pembakaran bahan bakar berupa kayu yang dibuang melalui cerobong-cerobong asap pabrik

Dalam penelitian ini akan dibangun suatu model persamaan diferensial matematika berdasarkan hukum fisika dalam bentuk dua dimensi mengenai penyebaran polutan dari cerobong asap pabrik. Model yang terbentuk akan disimulasikan dan dianalisis menggunakan software MATLAB dan juga FLUENT. Obyek penelitian ini difokuskan pada pengaruh konsentrasi zat polutan, kecepatan serta arah angin yang berdampak terhadap daerah-daerah sekitar pabrik tersebut.



Gambar 1. Cerobong Asap Pabrik

Masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah menganalisa dan menyelesaikan model dari analisis penyebaran polutan dari cerobong asap pabrik gula PT. Semboro Jember secara numerik menggunakan metode *Volume Hingga*, dengan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana analisis hasil simulasi penyebaran polutan dari cerobong asap pabrik berdasarkan konsentrasi zat polutan?
2. Bagaimana analisis hasil simulasi penyebaran polutan dari cerobong asap pabrik berdasarkan kecepatan angin?

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan utama penelitian ini adalah:

1. Mengetahui keterkaitan antara pengaruh pola konsentrasi zat polutan terhadap penyebaran asap pabrik gula PT. Semboro Jember.
2. Mengetahui keterkaitan antara pengaruh kecepatan (*velocity*) terhadap penyebaran asap pabrik gula PT. Semboro Jember.

Persamaan pembangun dari model penyebaran asap ini adalah menggunakan persamaan momentum dan energy seperti berikut :

1. $\frac{\partial \rho u_j}{\partial t} + \nabla \rho u_i u_j = -\nabla P + \rho g_i + \mu \nabla (\nabla u_i)$
2. $\rho \frac{\partial T_0}{\partial t} + \nabla T_j = \rho q + \nabla (k \nabla C_i) + u_i \nabla \tau_{ij}$

Dengan :

- ρ = massa jenis
- u = kecepatan arah sumbu x
- v = kecepatan arah sumbu y
- P = tekanan
- g = percepatan gravitasi
- μ = kekentalan zat

Selanjutnya dengan menggunakan teknik diskritisasi QUICK maka model penyebaran asap pabrik tersebut dapat diselesaikan dan disimulasikan secara numeric dengan bantuan software MATLAB.

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

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

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

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

METODE PENELITIAN

1. Mendesain Model

Setelah dilakukan pengumpulan referensi serta teori-teori yang mendukung, akan dilakukan desain model penyebaran polutan dari cerobong asap pabrik berdasarkan konsentrasi zat polutan serta kecepatan angin.

2. Mendapatkan bentuk penyelesaian dari *Volume Hingga*

Pada tahap ini didapatkan bentuk penyelesaian Volume Hingga dari permasalahan penyebaran polutan dari cerobong asap pabrik berdasarkan konsentrasi zat polutan serta kecepatan angin.

3. Membuat program komputer dengan MATLAB dan FLUENT serta *Running* program

Pembuatan program komputer dari pemodelan penyebaran polutan dari cerobong asap pabrik berdasarkan konsentrasi zat polutan serta kecepatan angin dengan menggunakan MATLAB dan FLUENT dan melakukan pengujian program.

4. Menganalisa Hubungan Masalah Tingkat Konsentrasi Zat Polutan, Kecepatan Angin, dan Arah Angin.

Pada tahap ini akan dilakukan analisa hubungan antara konsentrasi zat polutan serta kecepatan angin terhadap penyebaran polutan dari cerobong asap pabrik.

5. Mengevaluasi hasil simulasi.

proses ini adalah ujicoba dan validasi untuk menghasilkan software analisis penyebaran polutan dari cerobong asap pabrik.

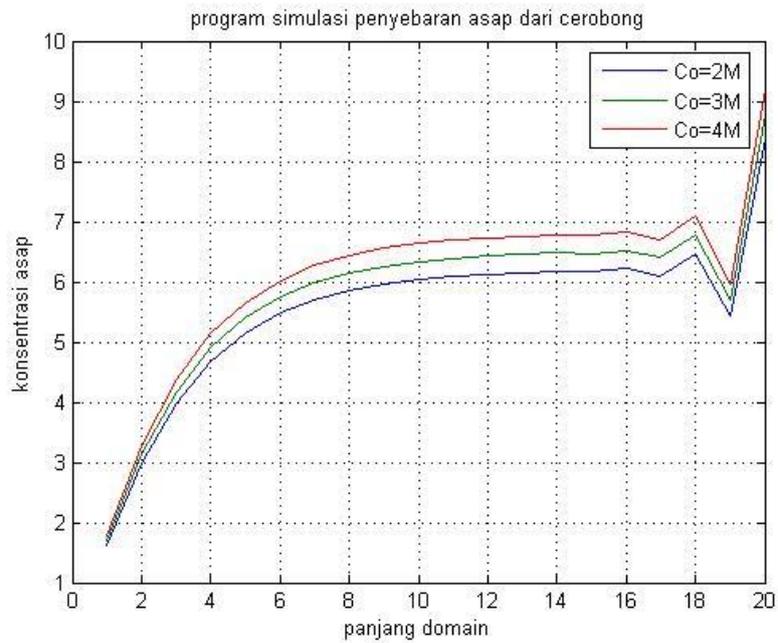
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada proses simulasi ini digunakan software MATLAB yang akan membantu peneliti dalam mendeskripsikan besar konsentrasi asap dari cerobong yang terbentuk pada tiap titik domain. Dari persamaan matriks linier yang sudah terbentuk selanjutnya akan disimulasikan dengan program MATLAB dan hasilnya akan dianalisis untuk beberapa simulasi. Data hasil simulasi bisa dilihat di Tabel 1 sedangkan hasil grafik bisa dilihat pada Gambar 1 dibawah ini :

Tabel 1. Data Konsentrasi Asap Pabrik Berdasarkan Konsentrasi Awal Asap

No	Co=2M	Co=3M	Co=4M
1	1.6087	1.6874	1.766
2	2.988	3.1342	3.2803
3	3.983	4.1778	4.3726
4	4.6752	4.9039	5.1325
5	5.1527	5.4047	5.6566
6	5.4813	5.7494	6.0174
7	5.7074	5.9865	6.2656
8	5.8629	6.1496	6.4363
9	5.9698	6.2617	6.5537
10	6.0434	6.339	6.6345
11	6.0938	6.3918	6.6898
12	6.1293	6.429	6.7287
13	6.1513	6.4521	6.753
14	6.1732	6.4751	6.7769
15	6.1691	6.4708	6.7725
16	6.2209	6.5251	6.8293
17	6.1006	6.3989	6.6973
18	6.4632	6.7793	7.0953
19	5.4402	5.7062	5.9722
20	8.3724	8.7818	9.1913

Pada simulasi ini diuji tentang pengaruh besar konsentrasi awal disekitar cerobong pabrik dengan mengambil diskritisasi arah sumbu sebanyak 20 titik domain, sehingga akan terbentuk sistem persamaan matriks berukuran 20 x 20. Dari data hasil simulasi tersebut tampak bahwa semakin besar konsentrasi awal asap pabrik tersebut maka semakin besar pula konsentrasi asap pada daerah yang terdampak cerobong asap tersebut.



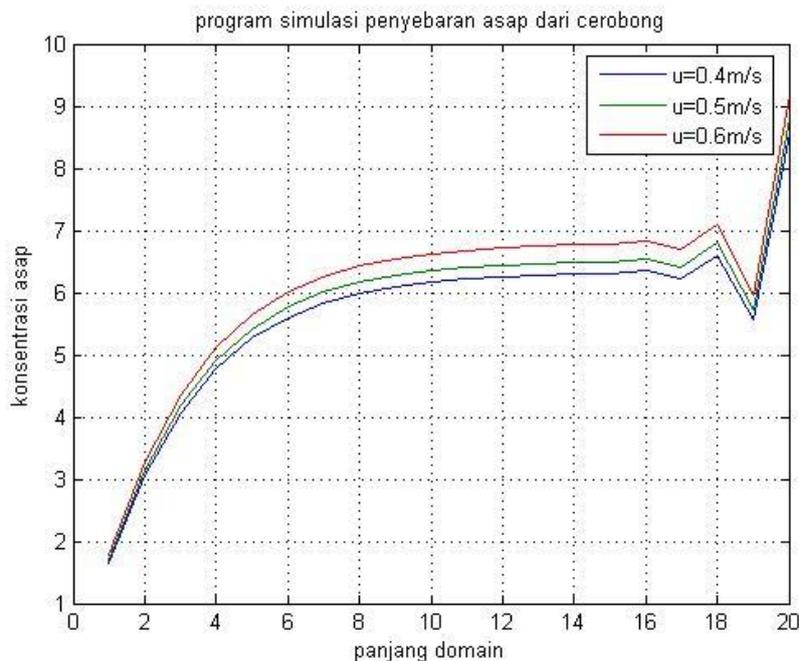
Gambar 2. Plot simulasi berdasarkan konsentrasi awal asap
($C_o = 2, 3, 4 M$)

Pada simulasi yang kedua ini diuji tentang pengaruh besar kecepatan angin disekitar cerobong pabrik dengan mengambil diskritisasi arah sumbu sebanyak 20 titik domain, sehingga akan terbentuk sistem persamaan matriks berukuran 20×20 . Dari data hasil simulasi tersebut tampak bahwa semakin besar kecepatan angina disekitar area pabrik maka semakin besar pula konsentrasi asap pada daerah yang terdampak cerobong asap tersebut.

Tabel 2. Data Konsentrasi Asap Pabrik Berdasarkan Kecepatan Awal Angin

No	$V=0.4m/s$	$V=0.5m/s$	$V=0.6m/s$
1	1.6435	1.6919	1.764
2	3.0526	3.1426	3.2765
3	4.0692	4.1891	4.3675
4	4.7763	4.9171	5.1266
5	5.2641	5.4192	5.6501
6	5.5998	5.7649	6.0104
7	5.8308	6.0026	6.2583
8	5.9896	6.1662	6.4288
9	6.0989	6.2786	6.5461
10	6.1741	6.3561	6.6268

No	V=0.4m/s	V=0.5m/s	V=0.6m/s
11	6.2256	6.409	6.6821
12	6.2618	6.4463	6.721
13	6.2843	6.4695	6.7451
14	6.3066	6.4925	6.7691
15	6.3025	6.4882	6.7646
16	6.3554	6.5427	6.8214
17	6.2325	6.4162	6.6895
18	6.603	6.7976	7.0871
19	5.5578	5.7216	5.9653
20	8.5534	8.8055	9.1806

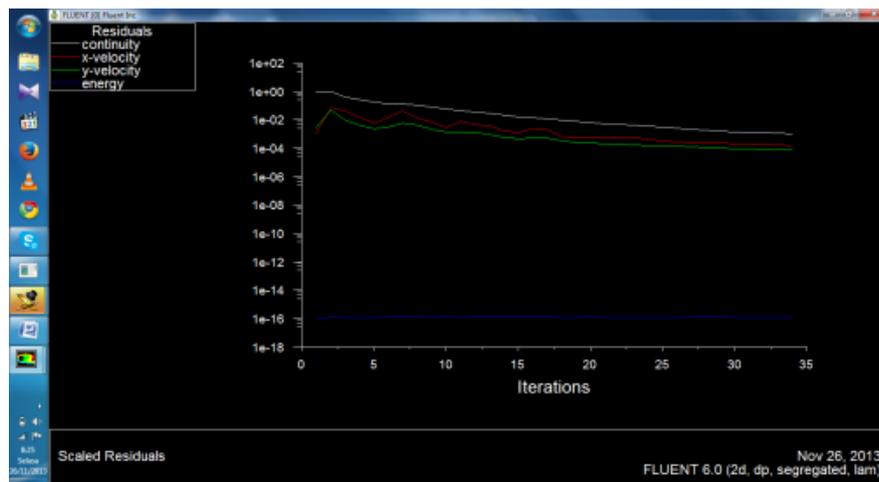


Gambar 3. Plot simulasi untuk beberapa kecepatan angin yang berbeda (0.4, 0.5, 0.6 m/s)

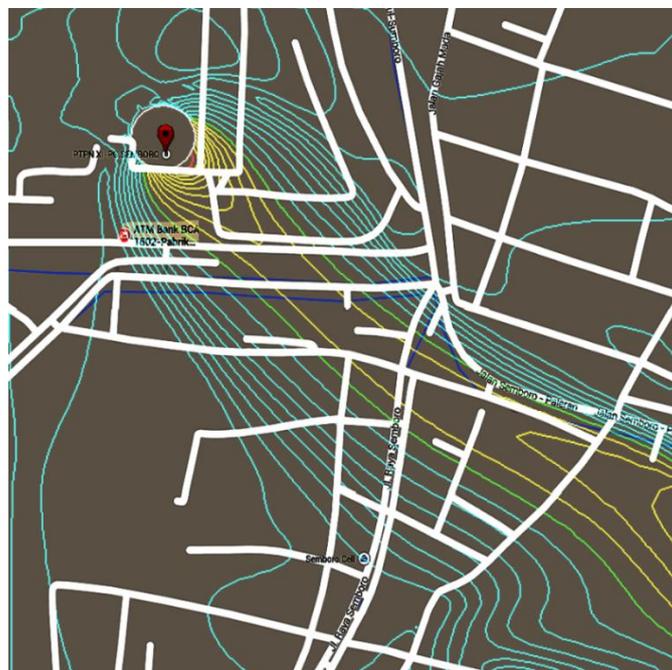
Simulasi FLUENT

Pada simulasi ini digunakan software FLUENT yaitu dengan menggambarkan objek yang akan diteliti dalam software Gambit terlebih dahulu untuk kemudian dilakukan simulasi dengan software FLUENT tersebut. Simulasi ini dibedakan untuk menentukan perbedaan pola penyebaran asap cerobong pabrik berdasarkan laju aliran awal dan pengaruh kecepatan angin disekitar area pabrik, sehingga diharapkan akan dapat diketahui

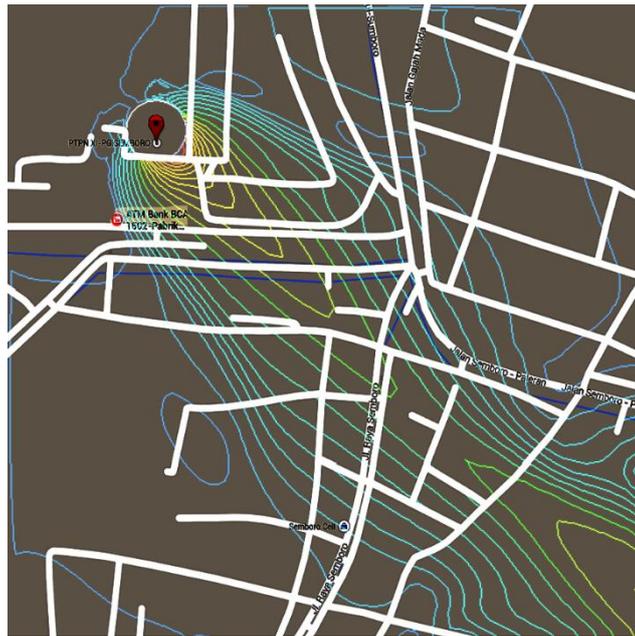
daerah-daerah yang terdampak akibat penyebaran asap cerobong tersebut. Pada simulasi pertama ini akan digambarkan suatu posisi dari cerobong asap dari pabrik semboro. Pada Gambar 4.4(a) disini digunakan simulasi kecepatan awal angin adalah 2m/s, sedangkan pada gambar 4.4(b) menggunakan kecepatan awal 4m/s, dan Gambar 4.4(c) menggunakan kecepatan awal angin 6m/s.



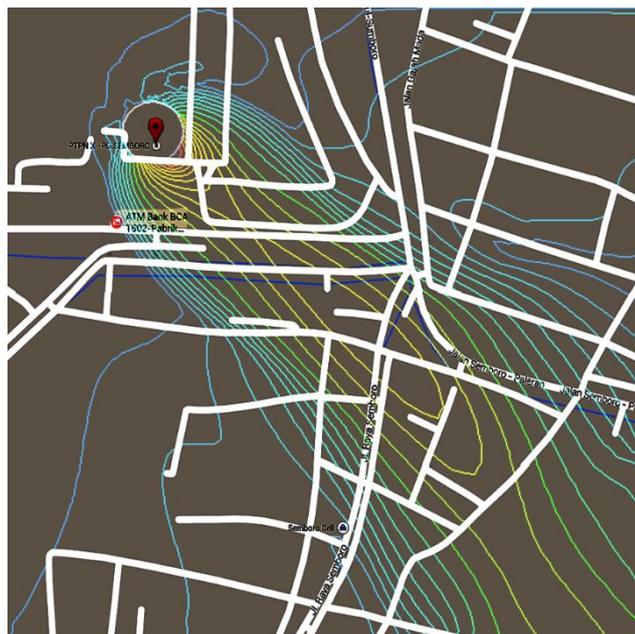
Gambar 4. Proses Iterasi



(a)



(b)



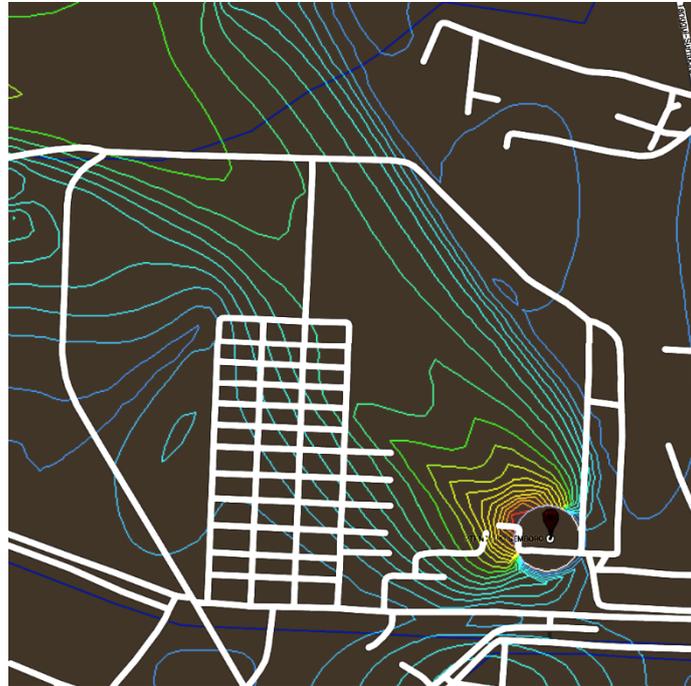
(c)

Gambar 5. Simulasi FLUENT untuk kecepatan angin yang berbeda pada Musim Barat

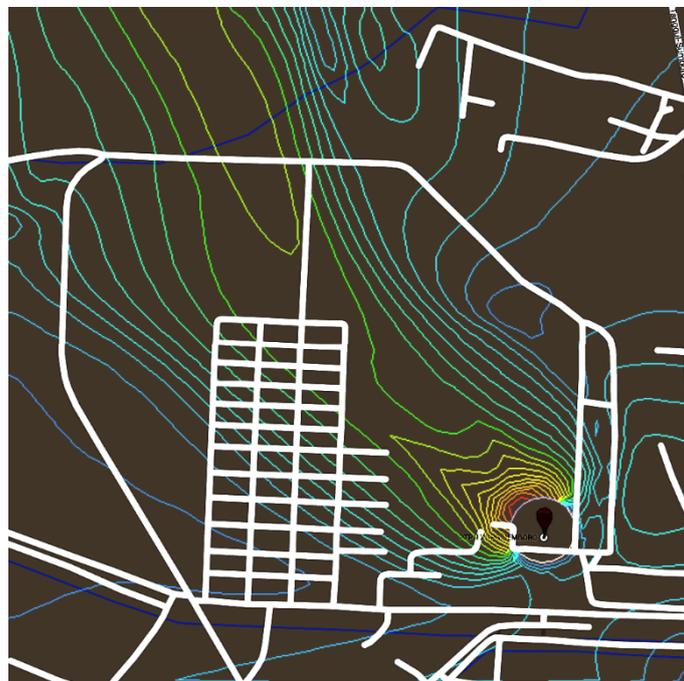
Dari hasil simulasi tampak bahwa pada **Musim Barat (Desember – April)** ini daerah yang terdampak ada pada daerah tenggara pabrik semboro mulai jalan **semboro-paleran** seperti tampak pada gambar diatas. Semakin besar kecepatan angin yang berhembus otomatis daerah yang terdampak akan semakin luas.

Pada simulasi kedua ini akan diteliti tentang penyebaran asap pabrik pada Musim Timur (Mei – Oktober) dimana angin berhembus dari Tenggara menuju Barat [Laut](#). Disini

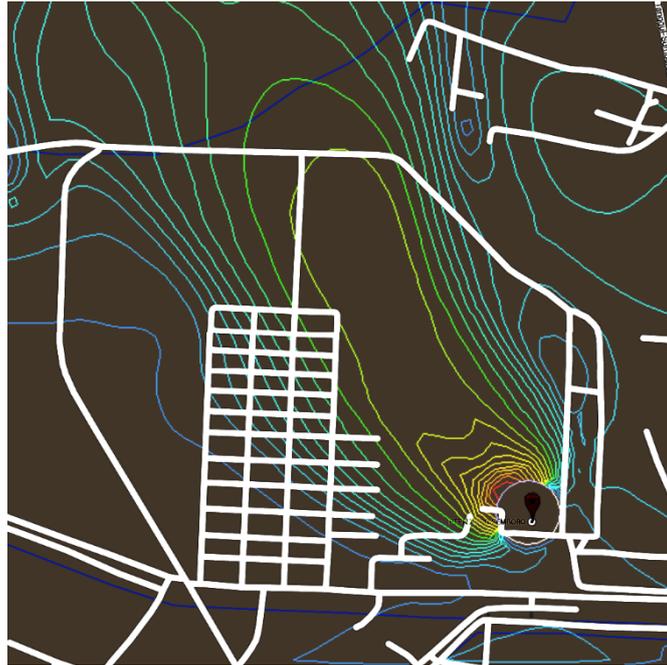
akan diinputkan kecepatan awal angin 2m/s pada simulasi pertama untuk Gambar 4.5(a), kecepatan angin 4m/s pada Gambar 4.5(b), dan terakhir kecepatan angin 6m/s pada Gambar 4.5(c).



(a)



(b)



(c)

Gambar 5. Simulasi FLUENT untuk *Velocity* yang berbeda pada Musim Timur

Berdasarkan hasil simulasi tersebut tampak bahwa daerah yang terdampak asap pabrik semoboro pada musim timur (Mei – Oktober) adalah daerah yang berada pada daerah barat laut pabrik (Daerah Umbulsari). Bila kecepatan angin semakin tinggi maka daerah yang terdampak juga akan semakin meluas pada musim tersebut.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan dan dilanjutkan dengan simulasi dengan berbantuan software MATLAB dan FLUENT maka kesimpulan yang didapatkan adalah :

1. Berdasarkan hasil simulasi menggunakan software MATLAB maka pengaruh konsentrasi zat polutan diketahui bahwa semakin besar zat polutan tersebut maka daerah yang terdampak asap pabrik juga semakin meluas. Sedangkan pengaruh kecepatan awal angin asap pabrik terhadap penyebaran asap semakin tinggi kecepatan angin maka daerah yang terdampak polutan juga semakin luas.
2. Berdasarkan hasil simulasi menggunakan software FLUENT maka didapatkan kesimpulan bahwa pada Musim Barat (Desember – April) daerah yang terdampak asap pabrik adalah daerah tenggara pabrik tersebut, sedangkan pada Musim Timur (Mei – Oktober) maka daerah yang terdampak adalah daerah sekitar barat daya pabrik tersebut.

Saran yang dapat diberikan oleh peneliti setelah mengadakan penelitian tentang analisis sedimentasi pasir pada pertemuan terbuka ini adalah :

1. Perlu diadakan penelitian lanjutan tentang pengaruh jenis bahan bakar yang digunakan.
2. Hendaknya diteliti dengan menggunakan software matematika yang lain semisal MAPLE, Matematica ataupun yang lain.
3. Perlu diadakan penelitian lanjutan mengenai faktor-faktor lain yang berpengaruh misal tekanan asap dan lain-lain.

DAFTAR PUSTAKA

Anderson, John David Jr. 1995. *Computational Fluid Dynamics : The Basic with Application*. McGraw-Hill, Singapore.

Atkins P.W.(1990), *Physical Chemistry*, Oxford University Press, Oxford.

Brandner, M., Egermaier, J., Kopincova, H., (2005), “Numerical Methods for River Flow Modelling”, *Applied Numerical Mathematics*, Vol. 55, Hal 1-20.

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

Desai C.S. (1979), *Elementary Finite Element Method*, Polytechnic Institute of Virginia, USA.

Kanginan, M. (2006), *Fisika 2*, Erlangga, Jakarta

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

Newman, J. S. (1991), *Electrochemical Systems*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.