

## Penentuan Komposisi Gas Keluar Water-Cooled Hot Gas Line Menggunakan Perangkat Lunak Computational Fluid Dynamics

Caturwati NK, Yusvardi Y, Firmansyah

Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
Jl. Jendral Sudirman km.3 Cilegon 42435 Telp. 0254-395502  
e-mail : n4wati@yahoo.co.id

### Abstrak

Gas buang hasil pembakaran khususnya pada furnace peleburan baja kerapkali bermasalah terhadap lingkungan akibat komposisi kimia gas buang serta temperature tinggi yang dianggap cukup berbahaya bagi lingkungan. Oleh karena itu gas buang hasil pembakaran perlu diproses terlebih dahulu guna memperoleh komposisi gas yang ramah terhadap lingkungan serta temperature yang bersahabat.

Salah satu proses pengolahan gas buang dilakukan dengan melalukan gas ke system dedusting yang terdiri dari saluran pendingin yang dikenal sebagai water-cooled hot gas line (WCHGL), mixing chamber dan filter. Dalam WCHGL gas yang keluar ruang bakar dicampur dengan udara dalam rangka menyesuaikan komposisi gas dan menurunkan temperature disertai system pendingin dengan air sepanjang dinding laluan gas.

Dalam penelitian ini dibuat simulasi aliran gas serta udara pada system WCHGL dengan menggunakan system computational fluid dynamics (CFD) untuk memperkirakan temperature keluar gas serta komposisi gas yang akan masuk ke proses berikutnya sebelum dilepaskan ke lingkungan.

Gas buang pembakaran yang memasuki WCHGL memiliki temperature 1729 °C dengan laju aliran gas 21.240 Nm<sup>3</sup>/h sedangkan aliran udara campuran 37.860 Nm<sup>3</sup>/h pada temperatur 27 °C, dinding saluran berpendingin air dianggap mampu menyerap kalor sebesar 180 kW/m<sup>2</sup>. Dari hasil simulasi diperoleh temperature gas keluar WCHGL sebesar 815 K dengan konsentrasi CO<sub>2</sub> turun dari 12 % menjadi 0,001 %.

**Keywords:** gas buang, WCHGL, temperature, konsentrasi gas

### Pendahuluan

Proses peleburan baja terjadi pada temperature yang sangat tinggi serta menghasilkan partikel debu dan zat-zat polutif yang keluar bersama gas buang.

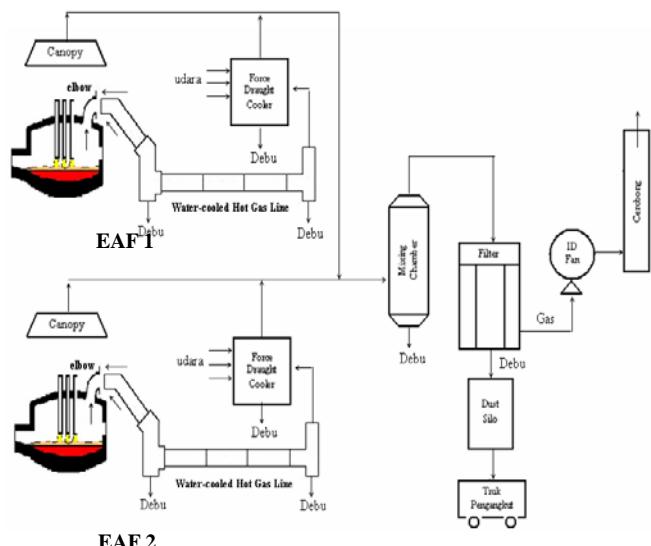
Partikel debu dan gas-gas beracun hasil peleburan tersebut harus diproses terlebih dahulu sebelum dilepas ke udara bebas. Guna keperluan tersebut gas yang keluar dari tungku peleburan dilalukan ke system Dedusting yang dilengkapi dengan system pendingin gas buang.

Sistem dedusting terdiri atas :

1. Lobang hisap dan canopy.
2. WCHGL.
3. Force Draught Cooler.
4. Mixing Chamber.
5. Filter House.

Gambar 1 menunjukkan skema proses gas buang hasil peleburan baja dengan tungku busur listrik (Electric Arc Furnace, EAF). Gas keluar tungku EAF dialirkan ke dalam WCHGL bersama udara luar, selanjutnya dicampur lagi dengan udara di Force

Draught Cooler, dilewatkan ke mixing chamber selanjutnya melalui filter sebelum dilepas ke udara.



Gambar 1. Diagram alir gas buang dari sistem dedusting  
Dedusting merupakan suatu sistem yang

digunakan untuk menghisap, menyaring dan menampung debu serta menurunkan kadar karbon dan temperatur gas yang dihasilkan pada saat proses peleburan baja.

### 1. Lubang hisap dan Canopy

Gas dan debu yang keluar dari dapur EAF memiliki temperatur berkisar antara 1456 – 1600 °C, sedangkan udara disekitar dapur memiliki temperatur 27 – 50 °C. Gas buang diisap melalui lubang hisap dapur dan dicampur dengan udara luar yang diisap melalui canopy pada bagian atas dapur untuk secara bersama dilewatkan ke WCHGL.

### 2. Water-Cooled Hot Gas L (WCHGL)

Gas buang dan udara dilewatkan ke WCHGL dengan temperatur dinding saluran yang dijaga memiliki temperatur 30 – 50 °C dengan pendingin air yang melalui pipa-pipa pada dinding luar WCHGL. Gambar 2 memperlihatkan gambar WCHGL.



Gambar 2. Water-cooled hot gas duct section 1  
(Sumber: PT. Krakatau Steel, 2008)

### 3. Force Draught Cooler (FDC)

Gas dan debu yang keluar dari WCHGL memiliki temperatur antara 100 – 500 °C. Pada Force Draught Cooler campuran gas didinginkan dengan menyemburkan udara bertekanan tinggi diluar saluran gas dan debu dengan menggunakan blower. Gambar 3 menunjukkan bangunan FDC.



Gambar 3. Force Draught Cooler  
(Sumber: PT. Krakatau Steel, 2008)

### 4. Mixing Chamber

Gas yang keluar dari FDC diharapkan memiliki temperatur dibawah 100 °C. Apabila temperatur ini belum terpenuhi maka udara luar dialirkan memasuki mixing chamber untuk dicampur dengan gas keluaran FDC. Hal ini perlu dilakukan karena proses penyaringan gas mensyaratkan temperatur gas dibawah 135 °C. Gambar 4 memperlihatkan bangunan mixing chamber dan Filter house.



Gambar 4. Mixing Chamber dan Filter House  
(Sumber: PT. Krakatau Steel, 2008)

### 5. Filter House

Setelah melalui proses pendinginan didalam mixing chamber, gas dan debu kemudian masuk kedalam filter dengan temperatur kurang dari 135 °C, karena jika temperatur gas dan debu yang masuk kedalam filter lebih dari 135 °C maka filter tersebut akan rusak. Terdapat 12 buah filter yang digunakan untuk menyaring debu dan gas yang masuk, sehingga yang keluar dari dalam filter hanya berupa gas yang sudah dapat dibuang kelingkungan.

Gas yang keluar melalui cerobong merupakan gas yang sudah mengalami proses penurunan temperatur dan kadar kimia. Tabel 1. Menunjukkan data emisi gas buang yang keluar dari sistem dedusting.

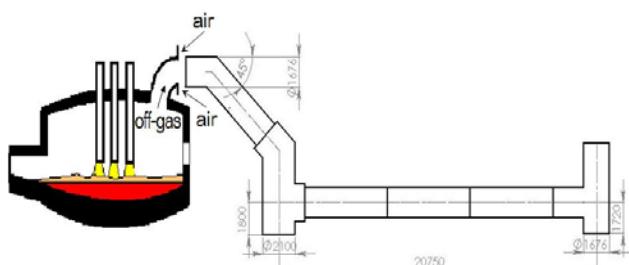
Tabel 1. Rata-rata hasil uji emisi gas buang setelah proses dedusting.

No.	Parameter	Hasil	Satuan
1	Nitrogen Oksida	4,6	mg/Nm <sup>3</sup>
2	Partikel/debu	7,91	mg/Nm <sup>3</sup>
3	Sulfur Dioksida	Ttd	mg/Nm <sup>3</sup>
4	Oksigen	20,72	%
5	Karbon Monoksida	39,8	mg/Nm <sup>3</sup>
6	Karbon Dioksida	0,148	%
7	Nitrogen Dioksida	2,2	mg/Nm <sup>3</sup>
8	Nox	5,6	mg/Nm <sup>3</sup>
9	Hidrokarbon	0,164	%
10	Velocity	-	m/s
11	Temp. Gas	55,4	°C
12	Flow	70	Liter/s

Baku mutu emisi gas buang yang telah ditetapkan adalah : Kadar NO<sub>x</sub> sebesar 1.7 g/Nm dan kadar CO sebesar 1 g/Nm<sup>3</sup>.

### Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan pengambilan data operasional dedusting khususnya pada system WCHGL. Selanjutnya dilakukan simulasi CFD untuk mendapatkan deskripsi mengenai kondisi gas yang keluar dari WCHGL. Gambar 5 menunjukkan sketsa gas keluar EAF dan aliran udara melalui WCHGL.



Gambar 5. Sketsa water-cooled hot gas line

Fluida yang mengalir masuk kedalam water-cooled hot gas line merupakan gas dari hasil proses pembakaran didalam furnace seperti (CO, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>) dan udara yang berasal dari lingkungan. Selain gas dan udara, unsur lain yang masuk pada alat ini adalah berupa partikel-partikel skrap dan debu seperti (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO, MnO dan lain-lain). Partikel-partikel yang terhisap masuk tersebut mengendap didalam slide gate yang terpasang pada duct section 2 dan duct section 6 dan sisanya akan terbawa menuju ke force draught cooler. Penyederhanaan dilakukan dalam analisa berikutnya

tidak melibatkan partikel-partikel mineral. Sehingga fluida yang masuk dianggap satu fasa.

Data gas yang keluar dari EAF :

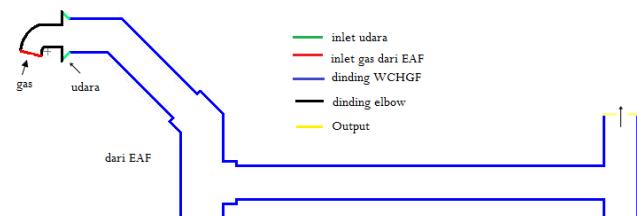
- $T_{\text{gas}} = 1729 \text{ K}$
  - $V_{\text{gas}} = 21240 \text{ Nm}^3/\text{h}$
  - Komposisi Gas :
- |                           |
|---------------------------|
| $X_{\text{CO}} = 0.300$   |
| $X_{\text{CO}_2} = 0.120$ |
| $X_{\text{N}_2} = 0.568$  |
| $X_{\text{H}_2} = 0.012$  |
| $X_{\text{O}_2} = 0$      |

Udara yang diisap melalui canopy :

- $T_a = 300 \text{ K}$
  - $V_a = 37860 \text{ Nm}^3/\text{h}$
  - Komposisi udara :
- |                         |
|-------------------------|
| $X_{\text{O}_2} = 0.21$ |
| $X_{\text{N}_2} = 0.79$ |

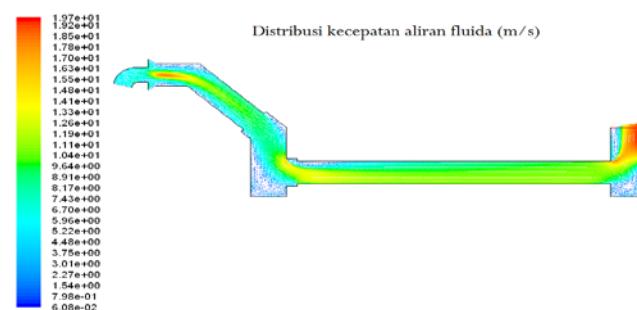
Air pendingin yang dialirkan dalam pipa pada dinding WCHGL mampu menyerap panas rata-rata 180 kW/m<sup>2</sup>.

Analisa CFD dilakukan dengan menggunakan model 2-D, steady, satu fasa dengan menggunakan persamaan K-epsilon. Model dan kondisi batas WCHGL diperlihatkan pada Gambar 6.



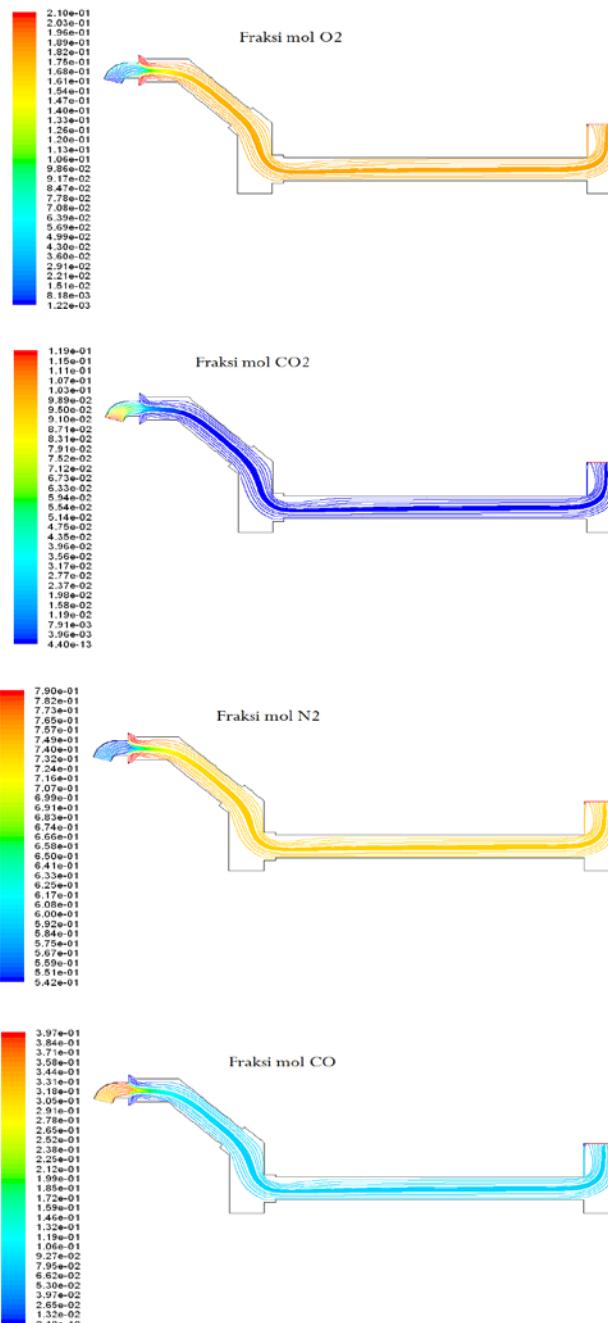
Gambar 6. Model dan kondisi batas WCHG.

Hasil simulasi dengan CFD memperlihatkan distribusi kecepatan aliran fluida seperti tampak pada Gambar 7. Kecepatan pada dasar section 2 dan section 6 sangat rendah sehingga memungkinkan partikel dengan berat jenis yang lebih berat terperangkap didasar siction tersebut.



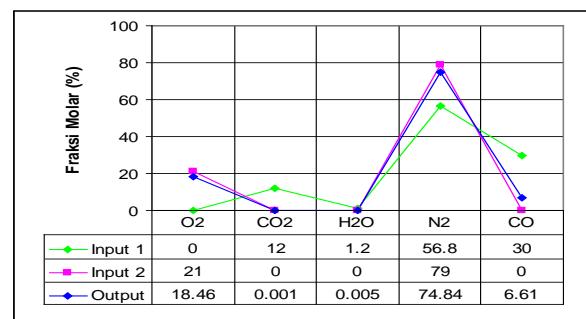
Gambar 7. Distribusi kecepatan aliran fluida WCHGL

Gambar 8 menunjukkan jejak garis dengan konsentrasi yang sama masing-masing untuk kadar  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $N_2$  dan  $CO$ .



Gambar 8. Jejak garis konsentrasi gas untuk  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $N_2$ , dan  $CO$ .

Secara keseluruhan komposisi gas yang ada pada gas keluaran EAF (input 1), Udara (input 2) dan campuran udara-gas yang keluar dari WCHGF diperlihatkan pada Gambar 9. Kondisi campuran keluar WCHGF mendekati kondisi udara, kandungan  $CO$  gas keluar WCHGF sedikit diatas udara.



Temperatur masuk maupun keluar gas diperlihatkan seperti Tabel 2. Temperatur gas campuran keluar WCHGL memiliki temperatur 815 K atau 538 °C.

Tabel 2. Kondisi input-output WCHGL

Kondisi	$v(m/s)$	T (K)
Gas EAF	6.012	1729
Udara	4.53	300
Output	18.5	815.13

## Kesimpulan

Hasil analisa menggunakan CFD menunjukkan kondisi gas campuran keluar dari WCHGL masih diatas syarat yang ditentukan yaitu 773 K. Sehingga perlu dipikirkan perubahan operasional system dedusting ini dengan memperbesar volume udara yang diisap melalui lubang canopy untuk dicampurkan di dalam WCHGL.

## Referensi

X. Tang, M. Kirschen, and H. Pfeifer ; “ Modelling Of Dedusting Units With Co-Combustion Using Computational Fluid Dynamics “ ; Institute for Industrial Furnaces and Heat Engineering ; RWTH Aachen ; Germany

Marcus Kirschen, Viktor Velikorodov, Herbert Pfeifer ; “ Modeling and optimization of EAF dedusting system “.Institute for Industrial Furnaces and Heat Engineering ; RWTH Aachen ; Germany

Fluent, Tutorial, Version 6.2 (2002). “ Modeling Species Transport and Gaseous Combustion “.