



INFOMATEK

Volume 23 Nomor 1 Juni 2021

# SIMULASI CFD ANALISA PENAMBAHAN TEMPERATUR PADA PEMBAKARAN OXY-FUEL BOILER DENGAN BAHAN BAKAR GAS ALAM

Ihsan Budiman\*, Reza Setiawan, Oleh

Program Studi Teknik Mesin  
Fakultas Teknik – Universitas Singaperbangsa Karawang

**Abstrak:** Sumber terbesar yang menghasilkan emisi Karbon Dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dipercaya berasal dari pembangkit daya yang menggunakan bahan bakar fosil. Efek rumah kaca dan pemanasan global, merupakan dampak yang dihasilkan oleh emisi  $\text{CO}_2$ . Berikut adalah beberapa teknologi yang berfungsi untuk menangkap  $\text{CO}_2$  pada industri utilitas. Dalam hal ini teknologi penangkapan gas karbon diantaranya *pre-combustion*, *post-combustion*, dan *oxy-fuel combustion*. Hanya saja ada keterbatasan pengalaman dalam penggunaan *oxy-fuel* dalam pembakaran gas alam dan batu bara pada dunia industri, untuk itu digunakan metode numerik seperti *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dalam membantu menyelesaikan tantangan teknis seperti perpindahan panas didalam Boiler. Berdasarkan hasil simulasi didapat temperatur maksimum pada pembakaran konvensional sebesar 1860 *celcius* sementara pada pembakaran *oxy-fuel* sebesar 2840 *celcius*. Dengan ini maka dapat disimpulkan pembakaran *oxy-fuel* selain mengurangi emisi gas  $\text{CO}_2$  juga menghasilkan temperatur yang lebih tinggi untuk dimanfaatkan dalam pembuatan *steam* pada Boiler.

**Kata kunci:** *Boiler, Computational Fluid Dynamic, Oxy-Fuel, Gas Alam*

## I. PENDAHULUAN

Sumber terbesar yang menghasilkan emisi Karbon Dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dipercaya berasal dari pembangkit daya yang menggunakan bahan bakar fosil. Efek rumah kaca dan pemanasan global, merupakan dampak yang dihasilkan oleh emisi  $\text{CO}_2$ . Dilaporkan oleh *International Energy Agency*, penggunaan bahan bakar fosil secara global mencapai 80% dari total kebutuhan energi. Sementara 40% penyebab

emisi  $\text{CO}_2$  dihasilkan oleh pembangkit listrik, yang mana 30% nya menggunakan bahan bakar fosil. Berikut adalah beberapa teknologi yang berfungsi untuk menangkap  $\text{CO}_2$  pada industri utilitas. Dalam hal ini teknologi penangkapan gas karbon diantaranya *pre-combustion*, *post-combustion*, dan *oxy-fuel combustion*. (Ibrahim B. Mansir [1]).

*Oxy fuel combustion* merupakan teknologi *carbon capture and storage* (CCS) yang muncul untuk sistem pembangkit listrik dimana bahan bakar tidak dicampur dengan udara,

<sup>\*)</sup> 1610631150057@student.unsika.ac.id

melainkan dengan oksigen dan campuran *recirculate flue gas* (RFG). Gas buang yang muncul nantinya akan mengandung CO<sub>2</sub> dan uap air yang setelah pemurnian dapat dikompresi dan dimanfaatkan, misalnya untuk meningkatkan perolehan minyak. Pada akhirnya, mengkombinasikan teknologi *oxy fuel* dengan pembakaran biomasa dapat mengurangi emisi gas buang dengan menghilangkan 800 miliar ton CO<sub>2</sub> dari atmosfer setiap tahunnya. Hanya saja ada keterbatasan pengalaman dalam penggunaan *oxy fuel* dalam pembakaran gas alam dan batu bara pada dunia industri, untuk itu digunakan metode numerik seperti *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dalam membantu menyelesaikan tantangan teknis seperti perpindahan panas didalam boiler. (A. Pranzitelli [2]).

CFD merupakan alat desain yang dapat digunakan untuk mempelajari boiler, seperti bidang aliran pada boiler, temperatur dan distribusi bahan kimia yang dimana akan sulit apabila dilakukan eksperimen secara langsung. CFD untuk pembakaran sudah pernah diaplikasikan pada pembakaran udara-batu bara, udara-gas alam, dan pembakaran campuran udara-gas alam-batu bara. Maka dari itu CFD digunakan untuk mempelajari efek perpindahan panas seperti konduksi, konveksi dan radiasi dalam proses pembakaran gas alam dan batu bara. [2].

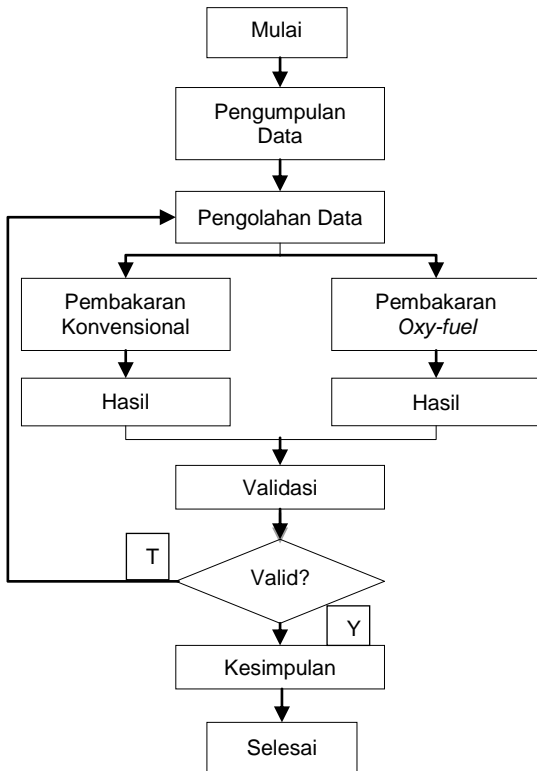
Tujuan dari simulasi ini adalah membandingkan temperatur pembakaran pada boiler yang menggunakan udara pembakaran biasa dengan pembakaran *oxy-fuel*.

## II. METODOLOGI

### 2.1. Alur Penelitian

Sebelum memulai penelitian kita perlu mempersiapkan data-data yang dibutuhkan dalam simulasi seperti data geometri boiler, laju aliran massa bahan bakar, dan laju aliran masa udara pembakaran. Selanjutnya data yang telah dikumpulkan diolah menggunakan *software CFD (Computational Fluid Dynamics)*. Pada *software CFD* data-data tersebut diolah dan diatur sehingga menyerupai kondisi operasional boiler yang sebenarnya seperti tipe aliran (laminar/turbulen), jenis bahan bakar dan kandungannya, kandungan udara pembakaran yang mana pada pembakaran konvensional kandungan oksigen sebesar 21% sementara pada pembakaran *oxy-fuel*, oksigen pada udara pembakarannya sebesar 95% hingga 100%. Selanjutnya dilakukan verifikasi data antara data desain temperatur pembakaran dengan data hasil simulasi *CFD* untuk melihat seberapa besar *error* yang didapat. Selanjutnya didapat hasil dari temperatur pembakaran antara udara konvensional dan pembakaran *oxy-fuel sehingga* dapat dianalisa perbedaan diantara

keduanya. Diagram alir penelitian ditunjukkan seperti pada Gambar 1.



**Gambar 1**  
Diagram Alir Penelitian

## 2.2. Tahapan CFD

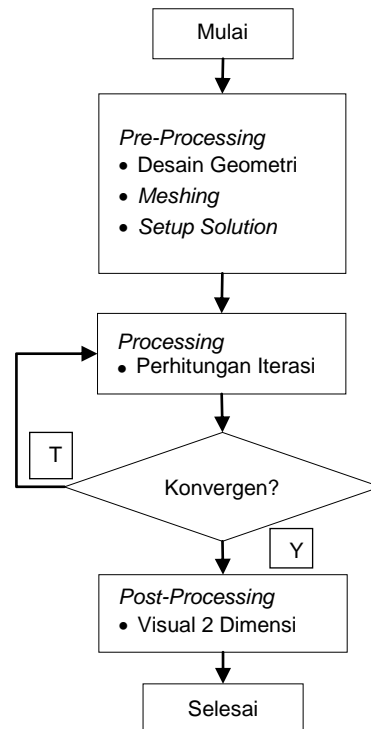
*Software* yang digunakan pada simulasi ini adalah *Ansys Fluent 17.0*. Terdapat beberapa tahapan untuk mendapatkan hasil simulasi diantaranya:

- Pre-processing*, yakni mendefinisikan geometri, kondisi batas, variabel yang akan dimasukkan, fenomena fisik seperti jenis aliran (laminar/turbulen), dan lain-lain.
- Processing*, hal yang perlu dipertimbangkan dalam tahap *processing*

adalah kualitas perhitungan dan lama waktu perhitungan.

- Post-processing*, pada tahap ini, hasil simulasi dapat ditampilkan dalam bentuk 1D berupa plot atau diagram, bentuk 2D berupa kontur, dan bentuk 3D berupa animasi.
- Verifikasi dan Validasi, pada tahap ini dapat dilakukan dengan berbagai cara diantaranya pemeriksaan kode *CFD*, memeriksa konvergensi residu hasil, membandingkan hasil simulasi dengan data desain, dan lain-lain.

Gambar 2 memperlihatkan diagram alir dari CFD.



**Gambar 2**  
Diagram Alir CFD

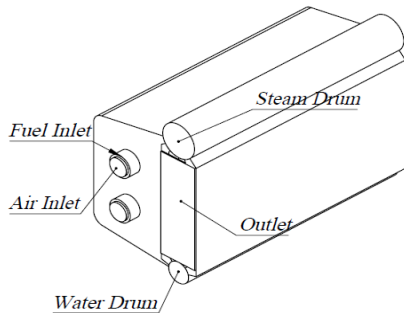
### III. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Desain Boiler

Spesifikasi boiler yang akan digunakan sebagai berikut sebagai berikut:

- a. Jenis Boiler : *Package Boiler*
- b. Tipe Boiler : *Water Tube Wall*
- c. Dimensi Utama (p×l×t): 10.698 × 5156 × 6486mm
- d. Jumlah *Burner* : 2 set

Hasil desain geometri boiler ditunjukkan oleh Gambar 3.



**Gambar 3**  
Desain *Packaged Boiler* untuk simulasi CFD

#### 3.2. Setup Solution

Setup solution pada simulasi ini ditunjukkan pada tabel berikut.

**Tabel 1**  
Setup solution

| Model                     | Keterangan               |
|---------------------------|--------------------------|
| <i>Energy Equation</i>    | On                       |
| <i>Viscous (Turbulen)</i> | <i>K-ε, RNG</i>          |
| <i>Radiation</i>          | On                       |
| <i>Species</i>            | <i>Species Transport</i> |

*Energy equation* berfungsi untuk menggunakan algoritma *CFD* dalam perhitungan perpindahan panas pada simulasi. Sementara *K-ε Renormalization Group*, berfungsi untuk perhitungan pada jenis aliran turbulen dan berpusar. *Species Transport*, untuk menentukan jenis bahan bakar dan reaksi kimia yang terjadi.

#### 3.3. Kondisi Batas

Kondisi batas pada simulasi ditentukan berdasarkan kondisi operasional boiler sebenarnya yang ditunjukkan oleh tabel sebagai berikut.

**Tabel 2**  
Data Operasional

| No | Lokasi            | Tekanan (Pa) | Mass Flow Rate (Kg/s) | Temperatur (Celcius) |
|----|-------------------|--------------|-----------------------|----------------------|
| 1  | Inlet Udara       | 4952,3582    | 31,19722              | 35                   |
| 2  | Inlet Bahan Bakar | 142196,4     | 1,755833              | -                    |
| 3  | Outlet            | 677,640      | 32,9530               | 727,9                |

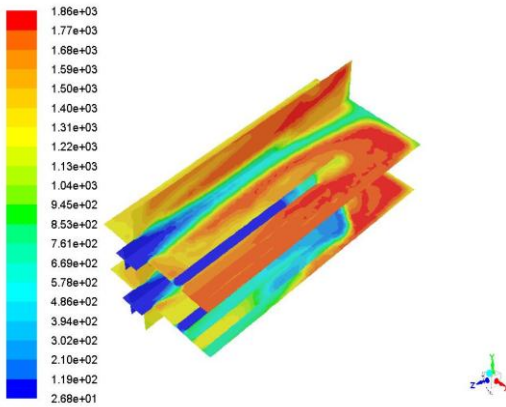
#### 3.4. Hasil Simulasi Pembakaran konvensional

Hasil dari simulasi pada pembakaran menggunakan udara konvensional sebagai berikut.

**Tabel 3**  
Persentase Error Pada Hasil Simulasi

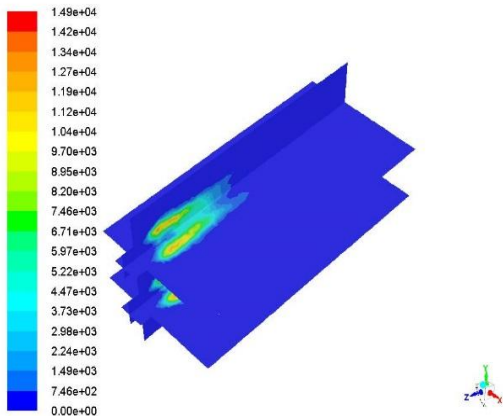
| Data Desain (Celcius) | Hasil Simulasi (Celcius) | Error |
|-----------------------|--------------------------|-------|
| 1820                  | 1860                     | 2,15% |

Untuk menampilkan kontur distribusi temperatur pada hasil simulasi, dibuatkan plane sebagai berikut.



**Gambar 4**  
Kontur Distribusi Temperatur Pembakaran Konvensional

Pada pembakaran udara konvensional, nilai *heat reaction* maksimum berdasarkan hasil simulasi didapat sebesar 14900 watt yang ditunjukkan pada kontur sebagai berikut.



**Gambar 5**  
Kontur *Heat Reaction* Pada Pembakaran Konvensional

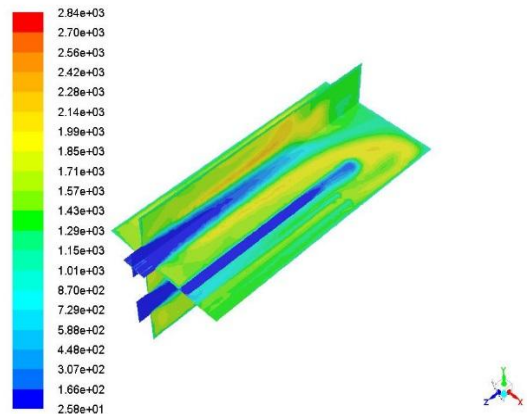
### 3.5. Hasil Simulasi Pembakaran *Oxy-fuel*

Perbandingan temperatur antara pembakaran konvensional dan pembakaran *oxy-fuel* ditunjukkan pada tabel berikut.

**Tabel 4**  
Penambahan Temperatur

| Konvensional (Celcius) | <i>Oxy-fuel</i> (Celcius) | Persentase Penambahan |
|------------------------|---------------------------|-----------------------|
| 1860                   | 2840                      | 34,26%                |

Kontur distribusi temperatur pada pembakaran *oxy-fuel* ditunjukkan oleh gambar berikut.



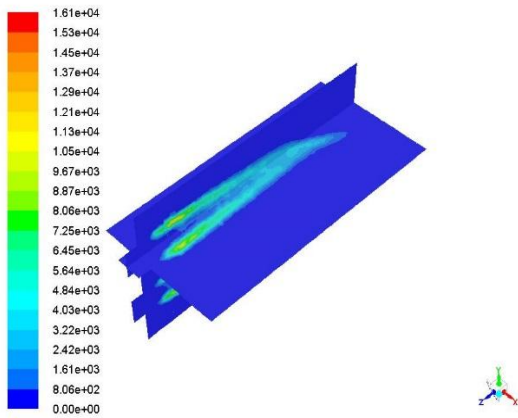
**Gambar 6**  
Kontur Distribusi Temperatur Pembakaran *Oxy-fuel*

Perbandingan *heat reaction* pada pembakaran konvensional dan pembakaran *oxy-fuel* ditunjukkan pada tabel berikut.

**Tabel 5**  
Perbandingan *Heat Reaction*

| Konvensional (Watt) | <i>Oxy-fuel</i> (Watt) | Persentase Penambahan |
|---------------------|------------------------|-----------------------|
| 14900               | 16100                  | 7,45%                 |

Kontur *heat reaction* pada pembakaran *oxy-fuel* ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 7

Kontur *Heat Reaction* Pada Pembakaran *Oxy-fuel*

#### IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil simulasi diatas sebagai berikut:

1. Pada simulasi pembakaran menggunakan udara biasa, temperatur maksimal sebesar 1860 Celcius, sementara pada data desain temperatur pembakaran sebesar 1820 Celcius. Dari hasil tersebut, didapat nilai *error* sebesar 2,15%.
2. Untuk pembakaran *oxy-fuel*, nilai temperatur maksimum sebesar 2840 Celcius. Dengan begitu pengaplikasian *oxy-fuel* pada pembakaran didalam Boiler

selain mengurangi emisi CO<sub>2</sub> juga dapat meningkatkan temperatur temperatur pembakaran sebesar 34,26%.

3. Nilai *heat reaction* pada pembakaran menggunakan udara konvensional sebesar 14900 watt dan pada pembakaran *oxy-fuel* sebesar 16100. Dengan begitu terjadi peningkatan sebesar 7,45%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ibrahim B. Mansir., Rached Ben-Mansour., Mohamed A. Habib., “ *Oxy-fuel Combustion in a Two-pass Oxygen Transport Reactor for Fire Tube Boiler Application*, 2018.
- [2] A. Pranzitelli., S. Black., J. Szuhanszki., L. Ma., P.J. Stranger., D.B. Ingham., M. Pourkashanian., “ *Effect of Firing Coal and Biomass Under Oxy-fuel Condition in a Power Plant Boiler Using CFD Modelling*, 2013.