SIMULASI MODEL ALIRAN GAS DALAM TUNGKU PEMBAKARAN HASIL DARI PEMBAKARAN SAMPAH

THE SIMULATION OF GAS FLOW MODEL IN THE FURNACE OF BURNING MUNICIPAL SOLID WASTE (MSW)

Radian Maulana Muhamad[1], M. Ramdlan Kirom, S.si. , M. Si.[2], Sugianto, M.Eng.[3]

[1,2,] Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, [3,] Prodi D3 Teknik Aeronautika, Fakultas Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung.
radianm14@gmail.com

Abstrak

Secara umum tungku pembakaran *(furnace)* adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk pemanasan. Tungku sendiri sering di analogikan sebagai keperluan industri yang digunakan untuk banyak hal, dalam hal ini digunakan pada Insinerator. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa bentuk atau rancangan desain tungku yang paling baik, serta mensimulasikan aliran gas dari hasil pembakaran yang terdapat dalam ketiga jenis tungku pembakaran. Ketiga jenis tungku pembakaran tersebut adalah *Counter Flow Furnace*, *Center Flow Furnace* dan *Parallel Flow Furnace*. Pengujian pada ketiga tungku tersebut dilakukan dengan masukan data nilai temperatur, kecepatan udara dan polutan dari pengujian data sampah Kota Bandung. Seiring dengan perkembangan zaman, teknologi simulasi melalui *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dapat menjadi sebuah alat yang sangat berguna bagi simulasi aliran gas dari hasil pembakaran sampah Kota Bandung. Proses simulasi aliran gas sampah Kota Bandung menggunakan perangkat lunak FLUENT 6.3. Pemodelan 2D dengan mengacu pada hukum kekekalan massa, momentum dan juga energi. Model turbulensi *Realizable k-ε* digunakan untuk menguji aliran turbulen pada tungku pembakaran. Simulasi pada aliran gas dapat memprediksikan visualisasi aliran gas pada berbagai jenis tungku pembakaran. Pembuatan geometri dan *meshing* pada simulasi ini menggunakan perangkat lunak GAMBIT 2.2.3.

Kata Kunci : Tungku Pembakaran, CFD, Aliran gas, FLUENT

Abstract

Generally, furnace is a device used for heating. The furnace itself is often analogous as industrial needs that can be used for a lot of things, in this case it is used in the Incinerator. The purpose of this study is to analyse the best shape or design of most furnace devices, as well as simulate the flow of gas results from combustion which existed in all three types of furnaces. The three type of furnace includes Counter Flow Furnace, Centre Flow Furnace and Parallel Flow Furnace. The tests conducted on the three furnace by inputting the data of temperature value, air velocity and pollutants from data testing of garbage in Bandung. Along with the technology development in today's era, simulation through Computational Fluid Dynamics (CFD) can be a very useful tool for simulation of gas flow results of waste combustion in Bandung. Simulation process of garbage gas flow in Bandung uses FLUENT 6.3 software. 2D modelling that refers to the law of conservation of mass, and law of momentum and energy. Turbulence model realizable k-ε s used to test the turbulent flow in the furnace. Simulation of the gas flow can predict gas flow visualization in various types of furnaces. Making geometry and meshing in this simulation is using the software called GAMBIT 2.2.3.

Keywords* : *Furnaces, CFD, Gas Flow, FLUENT.

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Biomassa merupakan bahan biologis yang bisa didapatkan dari alam yang berasal dari bahan yang hidup maupun yang baru mati untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Salah satu sumber yang dapat dimanfaatkan sebagai energi adalah sampah organik. Bandung sebagai salah satu kota terbesar di Indonesia, memiliki volume sampah yang tidak sedikit. Bandung memiliki volume 1500 ton / hari (PD Kebersihan Kota Bandung, 2016). Sampah organik dengan jumlah tersebut dapat dimanfaatkan dengan cara dilakukannya proses insinerasi. Sampah organik akan dibakar di insinerator. Rangka awal dari insinerator performansi tinggi adalah dengan adanya 3T (*Time, Temperature & Turbulence*) [1]. Hasil pembakaran akan menghasilkan uap yang menuju tungku pembakaran hingga diubah menjadi listrik setelah melewati beberapa tahap.

Desain tungku dapat berpengaruh pada efisiensi pembakaran. Untuk memenuhi standar akan kebersihan lingkungan, efisiensi pembakaran, dan menghasilkan biomassa yang ramah lingkungan, maka tungku pembakaran harus dikembangkan. Agar teknologi tungku pembakaran mencapai tujuan tersebut maka pemahaman akan pembakaran biomassa harus ditingkatkan oleh penelitian ilmiah yang sistematis, peningkatan desain tungku dan simulasi pembakaran [2]. Melalui proses simulasi pada aliran, kita dapat menentukan desain tungku terbaik.

Terdapat tiga jenis tungku pembakaran dalam pembakaran ini. Ketiga jenis tungku tersebut adalah tungku *parallel flow, counter flow,* dan juga *center flow furnaces*. Pengidentifikasian akan kualitas dari ketiga tungku tersebut akan mengacu pada visualisasi yang dapat menggambarkan rendahnya nilai turbulensi dan tingginya temperature yang terdapat pada tungku tersebut.

Pemodelan dengan *Computational Fluid Dynamics (CFD)* merupakan salah satu cara agar dapat mendeteksi, mengidentifikasi dan memvisualisasikan model aliran yang terdapat tungku pembakaran. Aliran pada tungku pembakaran disimulasikan dengan FLUENT. Model 2D atau 2 dimensi berdasarkan teori kekekalan massa, momentum dan energi. K-ε merupakan model turbulen yang digunakan dalam simulasi ini. *Meshing* pada simulasi aliran pada tungku pembakaran menggunakan perangkat lunak GAMBIT.

Tujuan

Tujuan dari perancangan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Memvisualisasikan data pola aliran, distribusi udara, kecepatan hingga temperatur yang terdapat di *bed model.*

2. Mengidentifikasi desain tungku yang memiliki nilai turbulensi rendah, serta nilai temperatur dan entalphy tinggi sebagai desain.

2. Dasar Teori

2.1 Tungku Pembakaran

Furnace atau yang biasa disebut dengan tungku pembakaran adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk pemanasan. Furnace atau tungku pembakaran pun sering di analogi kan sebagai tungku pembakaran untuk keperluan industri. Dimensi tungku pembakaran dan kemampuan menghasilkan panasnya dapat ditentukan berdasarkan perhitungan sesuai dengan fungsi dan kebutuhan nya.

2.1.1 *Counter Flow Furnaces.*

Kelebihan dari tungku jenis ini adalah tungku ini memiliki posisi yang dapat menyebabkan transfer energi langsung dari daerah pembakaran utama. Kekurangan dari tungku jenis ini adalah kecepatan gas hasil pembakaran oleh *bed model* dapat mengalami penurunan [3]. Sampah masuk untuk dibakar, lalu sampah dibakar di *moving grate model* hingga menjadi arang *(ash)*. Setelah mendapatkan hasil pembakaran, terdapat sisa hasil pembakaran yang masih dapat dimanfaatkan. Sisa residu ini dibakar di tungku pembakaran.

2.1.2 *Center Flow Furnaces.*

Tungku *center flow* memiliki karakteristik yang sangat fleksibel terkait dengan distribusi pelepasan panas di *bed area.* Tungku jenis ini cocok untuk limbah dengan berbagai jenis tingkatan kalori. Kelebihan tungku ini adalah panas yang dihasilkan oleh hasil pembakaran *bed model* sedikit sekali mengalami penurunan temperature, sehingga penyerapan panas oleh boiler lebih besar. Kekurangan tungku ini adalah berpotensi untuk meningkatkan kecepatan gas hasil pembakaran meningkatkan intensitas turbulensi

2.1.3 *Parallel Flow Furnaces.*

Tungku jenis *parallel flow* merupakan salah satu contoh jenis tungku dari ketiga tungku pembanding untuk mencari desain tungku mana yang memiliki desain terbaik. Karakteristik tungku ini adalah memiliki gas buang yang mengalir di arah yang sama dengan posisi berakhir nya limbah. Dalam tungku ini, hasil gas buang yang habis terbakar tergolong baik, karena telah melewati zona pembakaran panas. Kekurangan dari tungku ini adalah kecepatan gas hasil pembakaran mengalami penurunan akibat pembelokan aliran sehingga berpotensi meningkatkan intensitas turbulensi aliran gas [3].

2.2 Bilangan Reynolds

Dalam analisis aliran fluida terdapat suatu bilangan tanpa dimensi yang disebut bilangan Reynolds yang merupakan perbandingan antara gaya inersial dan gaya viskositas dirumuskan:

$$Re = \frac{\rho V L}{\mu} \qquad (2.1)$$

v : Kecepatan rata-rata fluida [m/s]

u : viskositas kinematic [m^2 / s]

L : panjang suatu aliran [m]

ρ : massa jenis [kg / m^3]

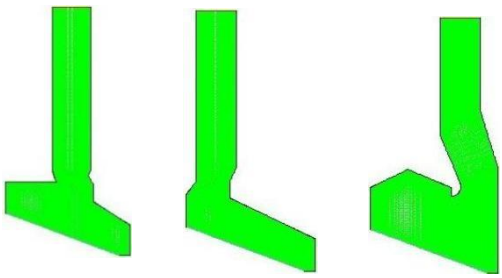
3. Perancangan Geometrid dan Simulasi Data.

3.1 Metode Penelitian

Berikut adalah alir penelitian secara umum:

1. Perancangan Geometri
   Perancangan geometri dilakukan dengan perangkat lunak GAMBIT 2.2.3.
2. Membuat Grid dan Menentukan Meshing.
   Penetapan wilayah dan kualitas meshing.
3. Penentuan kondisi batas pada GAMBIT.
   Penentuan kondisi batas pada ketiga jenis tungku pembakaran.
4. Penggabungan data profil gas dengan data simulasi aliran gas.
   Mengidentifikasi data keluaran dari simulasi profil gas sebagai data masukan bagi simulasi aliran gas.
5. Penentuan kondisi batas pada FLUENT.
   Dalam proses ini penentuan kondisi batas pada FLUENT, dilakukan untuk menentukan jenis simulasi, jenis aliran gas dan model turbulensi yang digunakan.
6. *Running* data simulasi
   Data simulasi TPA 1, TPA 1+2,5% - 7,5% di iterasi hingga mendapatkan suatu titik konvergen.
7. Visualisasi data *Temperature, Turbulent Intensity, Entalphy.*
   Visualisasi dari hasil iterasi data. Hasil simulasi tersebut adalah visualisasi data simulasi yang dapat menampilkan visualisasi dari distribusi temperatur, intensitas turbulensi dan entalphy.
8. Analisis desain tungku terbaik.
   Melalui hasil visualisasi dan grafik didapatkan tungku yang memiliki kualitas terbaik.

3.2 Geometri dan Meshing



Gambar 3.1 Meshing dan Geometri dari tungku pembakaran.

Desain geometri dan tungku pembakaran dapat dilihat pada gambar 3.1. Ketiga tungku pembakaran tersebut memiliki panjang 7,2 m dan tinggi yang berbeda. Masing-masing tungku pembakaran memiliki kelebihan dan kekurangan. Proses geometri adalah proses pembuatan tungku pembakaran menggunakan perangkat lunak GAMBIT.

Setelah proses pembuatan geometri dilakukan, proses selanjutnya adalah proses meshing, meshing merupakan proses pembagian volume menjadi bagian kecil. Meshing dilakukan agar dapat dianalisis pada program CFD[4]. Ukuran sebuah *meshing* dapat berpengaruh pada ketelitian dan daya komputasi analisis CFD. Semakin halus / *mesh* yang dibuat, maka hasil yang didapatkan akan semakin teliti. Namun disamping itu, akan dibutuhkan daya komputasi yang sangat besar jika mesh semakin halus.

Jumlah meshing yang terdapat pada tungku pembakaran Center adalah 13.220 cell, lalu pada tungku pembakaran jenis Counter terdapat 13.640 cell. Sedangkan tungku pembakaran jenis Parallel memiliki 18.540 cell. Dengan banyaknya jumlah cell yang terdapat pada ketiga tungku, proses running pun akan memakan waktu yang tidak sedikit.

3.3 Identifikasi data dengan perangkat lunak FLUENT.

FLUENT adalah sebuah perangkat lunak dalam komputer yang digunakan untuk mensimulasikan aliran fluida dan perpindahan panas. Aliran dan perpindahan panas dari berbagai fluida dapat di simulasikan pada geometri yang rumit. Dengan menggunakan fluent, kita dapat mengetahui parameter-parameter aliran fluida, perpindahan panas, distribusi tekanan, laju aliran massa dapat di Analisa dengan perangkat lunak fluent [5].

3.3.1 Penentuan Jenis Aliran Fluida.

Pengidentifikasian jenis aliran fluida yang terdapat pada tungku pembakaran menggunakan rumus :

$$Re = \frac{\rho V L}{\mu} \qquad (3.1)$$

Jenis aliran : Re < 2300 = Aliran laminar

2300 < Re < 4000 = Aliran transisi

Re > 4000 = Aliran turbulen

3.3.2 Kompresibilitas Fluida

Penentuan sifat fluida memiliki sifat kompresibel atau inkompresibel dapat ditunjukan dengan mengetahui nilai dari *Mach Number (Ma).*

$$Ma = \frac{u}{a} \qquad (3.2)$$

Nilai dari mach number dapat menentukan aplikasi yang akan digunakan pada perangkat lunak FLUENT, aplikasi tersebut berkaitan dengan Pressure based atau Density based.

3.3.3 Intensitas Turbulensi.

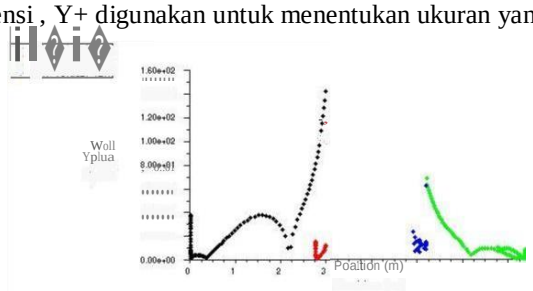
Metode spesifikasi aliran turbulen merupakan parameter yang perlu dimasukan pada kondisi batas. Metode spesifikasi aliran yang biasa digunakan adalah Intensitas Turbulen dan diameter hidrolik. Nilai intensitas turbulensi dihitung berdasarkan persamaan :

$$I = 0.16\, Re^{-1/8} \qquad (3.3)$$

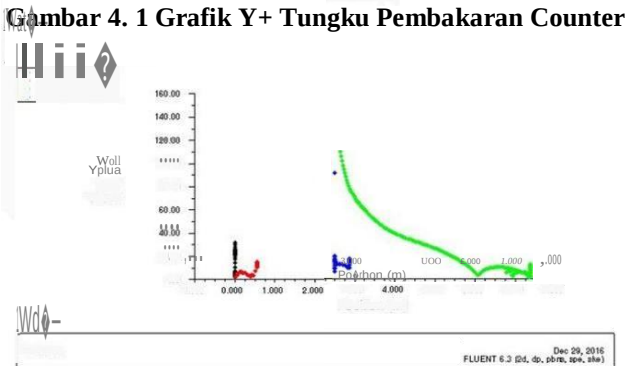
4. Simulasi dan Analisis

4.1 Grafik Y^+

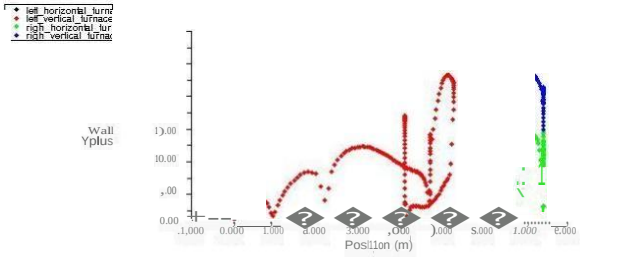
Y+ atau Yplus adalah sebuah jarak non dimensi. Hal ini sering digunakan untuk menggambarkan bagaimana kasar atau halus nya *mesh* untuk pola aliran tertentu. Penggunaan Y+ memiliki peranan yang penting, dikarenakan dalam pemodelan turbulensi , Y+ digunakan untuk menentukan ukuran yang tepat dari sel dekat dinding.



Gambar 4. 1 Grafik Y+ Tungku Pembakaran Counter



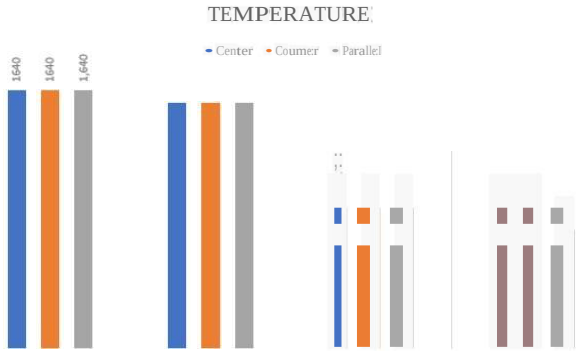
Gambar 4. 2 Grafik Y+ Tungku Pembakaran Center.



Gambar 4. 3 Grafik Y+ Tungku Pembakaran Parallel

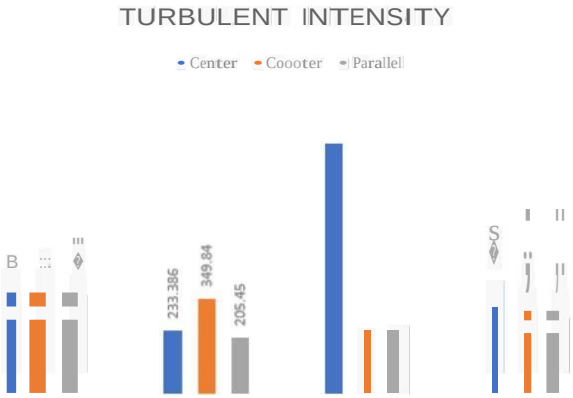
4.2 Simulasi Temperature, Turbulent Intensity, Entalphy.

Simulasi data temperature, turbulent intensity, dan entalphy menggunakan data dari TPA 1, TPA 1+ 2,5% hingga 7,5%. Melalui data tersebut, dapat diidentifikasi tungku mana yang memiliki karakteristik terbaik seperti, memiliki Temperature paling tingi, memiliki nilai Turbulent Intensity terendah, serta memiliki nilai Entalphy tertinggi. Nilai entalphy tertinggi merepresentasikan jumlah energi yang dapat dikeluarkan oleh tungku pembakaran



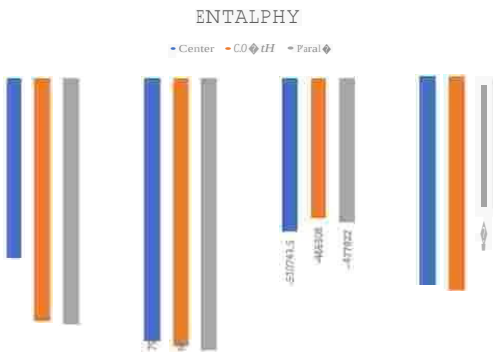
Grafik 4. 1 Grafik perbandingan nilai temperature

Berdasarkan grafik diatas, dijelaskan bahwa nilai temperatur dari TPA 1 dan TPA 1 + 2,5 % lebih tinggi dibanding TPA 1 + 5% dan TPA 1 + 7,5%. Grafik diatas menyatakan pula nilai temperatur yang dihasilkan oleh ketiga tungku pembakaran dari setiap data memiliki hasil yang tidak jauh berbeda. Tetapi tungku pembakaran yang dapat menghantarkan temperatur terbaik adalah tungku pembakaran jenis Counter



Grafik 4. 2 Grafik perbandingan nilai Turbulent Intensity

Memiliki nilai turbulent intensity yang rendah merupakan salah satu karakteristik agar tungku pembakaran dikatakan memiliki memiliki desain terbaik. Berdasarkan grafik diatas, tungku pembakaran jenis parallel memiliki nilai turbulent intensity yang rendah dibanding tungku pembakaran lainnya.



Grafik 4. 3 Grafik perbandingan nilai Entalphy

Nilai entalphy yang dihasilkan merupakan representasi dari potensi energi yang dapat dihasilkan melalui tungku pembakaran. Berdasarkan grafik 4.3, tungku pembakaran jenis Center merupakan tungku pembakaran yang dapat menghasilkan nilai entalphy yang terbaik diantara tungku pembakaran lainnya.

5. Kesimpulan

Dari hasil simulasi dan analisis yang telah dilakukan mengenai simulasi model aliran gas dalam tungku pembakaran hasil dari pembakaran sampah, maka dapat disimpulkan sesuai dengan tujuan dari penelitian :

1. Visualisasi data temperatur, kecepatan udara, intensitas turbulensi, entalphy, fraksi massa O_2 dan CO_2 pada ketiga tungku pembakaran (*Center, Counter, Parallel*) berbeda setiap data nya. Hal tersebut dikarenakan kandungan dari setiap data yang berbeda dan berdampak terhadap hasil visualisasi.
2. Jumlah dan proses *meshing* yang berbeda terhadap ketiga jenis tungku pembakaran mempengaruhi hasil visualisasi yang didapat. *Meshing* dilakukan serapat mungkin sehingga mendapatkan hasil 13.220 cell untuk *Center*, 13.640 cell untuk *Counter* dan juga 18.540 cell untuk *Parallel*. Semakin banyak cell yang terdapat pada proses meshing, maka semakin tinggi pula tigkat akurasi dari simulasi.
3. Setiap tungku pembakaran memiliki keunggulan nya masing masing. Namun, desain teroptimal memiliki karakteristik nilai intensitas turbulensi rendah, temperatur dan entalphy tinggi. Desain tungku tersebut dimiliki oleh desain tungku jenis *Parallel.* Desain tungku *Parallel* memiliki hasil yang stabil agar dikatakan memiliki desain teroptimal.

DAFTAR PUSTAKA

[1]. Hussain A, *CFD Modelling for Grate Furnace Design for Municipal Solid Waste Combustion*, 2012.

[2]. Klason T, *Modelling of Biomass Combustion Furnace*, 2006.

[3]. Van Blijderreen M, *Ignition and Combustion Phenomena on a Moving Grate*, 2011.

[4]. Versteeg & Malasekra, *Introduction of Computational Fluid Dynamics*, 1999.

[5]. Tang E, *CFD Modelling of a Municipal Solid Waste Combustor*, 2006.

[6]. Fluent tutorial, 2006