

SIMULASI ALIRAN FLUIDA PADA INSTALASI GASIFIKASI TIPE DOWNDRAFT

Fluid Flow Simulation in Downdraft Type Gasification Installation

Agus Wijianto¹, Fajar Alfitrah^{1*}

¹ Teknik Mesin, Politeknik Caltex Riau, Pekanbaru, Indonesia.

* Email Korespondensi : fajaralfitrah@alumni.pcr

Artikel Info - : Diterima : 06-01-2023; Direvisi : 22-03-2023; Disetujui : 10-05-2023

ABSTRAK

Pengembangan energi alternatif sangat penting untuk menjaga cadangan minyak bumi dan juga pengganti bahan bakar fosil. Limbah hasil pertanian dapat dimanfaatkan menjadi bahan baku alternatif untuk membantu dalam hal menipisnya cadangan minyak bumi dan meningkatkan nilai guna limbah hasil pertanian. Gasifikasi adalah suatu proses yang mengonversi energi biomassa menjadi *syngas* yang dapat digunakan untuk bahan bakar. Penelitian simulasi aliran fluida pada instalasi gasifikasi tipe *downdraft* ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari distribusi panas atau temperatur pada instalasi peralatan gasifikasi dan pengaruh laju aliran massa air pendingin terhadap aliran udara keluar dari reaktor. Simulasi dilakukan dengan menggunakan metode studi *numeric computational fluid dynamic* memanfaatkan *software solidworks flow simulation*. Variabel tetap pada simulasi berupa kecepatan udara masuk 1,27, 1,36, dan 1,49 m/s dimana angka ini didapat dari percobaan pengujian karakterisasi instalasi gasifikasi tipe *downdraft* sebenarnya. Simulasi pada reaktor menunjukkan temperatur pembakaran pada reaktor sebesar 800-850°C menjadi 400-450°C pada *output* reaktor. Simulasi pada bagian *heat exchanger* dilakukan untuk menurunkan *temperatur* udara menjadi temperatur operasional udara masuk *engine*. *Heat exchanger* ini menggunakan fluida air dengan laju aliran massa sebesar 0,05 kg/s. Simulasi terbaik didapatkan pada variasi kecepatan udara 1,27 m/s dan temperatur reaktor 900°C dimana diperoleh temperatur *output* sebesar 92,11°C. Melakukan eksperimen yang baru tentang gasifikasi, maka melakukan simulasi terlebih dahulu akan mempermudah pekerjaan gasifikasi.

Kata Kunci: Gasifikasi, *Downdraft*, *Flow Simulation Solidworks 2020*, *Heat Exchanger*

ABSTRACT

The development of energy is very important to maintain oil reserves and also substitute for fossil fuels. Agricultural waste can be used as an alternative raw material to assist in the depletion of petroleum reserves and increase the use value of agricultural waste. Gasification is a process that converts energy into syngas that can be used for fuel. Fluid flow simulation research in the downdraft was conducted to determine the effect of the heat distribution or temperature on the gasification equipment installation and the effect of the cooling water mass flow rate on the airflow out of the reactor. Numerical study method using computational fluid dynamic solidworks flow simulation software. The fixed variables in the simulation are inlet air velocity 1.27, 1.36, and 1.49 m/s where this figure is obtained from an experiment to test the characterization of the downdraft actual the simulation in the reactor shows the temperature of the combustion reactor is 800-850°C to be 400-450°C at the reactor output. The simulation on the heat exchanger is carried out to reduce the air temperature to the temperature operating engine. The heat exchanger uses water fluid with a mass flow rate of 0.05 kg/s. The best simulation is obtained at the variation of air velocity 1.27 m/s and temperature reactor 900°C where the output temperature is 92.11°C. Doing a new experiment on gasification, then doing a simulation first, will make the gasification work easier.

Keywords: Gasification, *Downdraft*, *Flow Simulation Solidworks 2020*, *Heat Exchanger*

1. Pendahuluan

Gasifikasi adalah proses konversi biomassa menjadi gas yang mudah menyala (CO , H_2 , CH_4) melalui suplai jumlah oksigen yang terbatas sehingga terjadi pembakaran tak sempurna. Gas hasil dari proses gasifikasi dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar gas untuk *boiler*, turbin gas dan mesin pembakaran dalam sehingga terjadi proses pembakaran bertingkat dari biomassa yang sangat signifikan dalam mengurangi jumlah nitrogen oksida [1-5].

Kasus simulasi aliran fluida pada instalasi gasifikasi tipe *downdraft* ini tergolong tipe *internal flow fluida* yang mana fluida mengalir di dalam pipa. Selain dari aliran fluida juga terdapat pengaturan temperatur dan perpindahan panas. *Computational fluid dynamics* (CFD) adalah ilmu yang mempelajari cara memprediksi aliran fluida, perpindahan panas, reaksi kimia dan fenomena lainnya. Perancangan alat dilakukan menggunakan aplikasi *Solidworks 2020* dan simulasi akan dilakukan pada *flow simulation Solidworks 2020* dengan kecepatan udara dan temperatur tabung *gasifier* yang berbeda. Hasil dari penelitian ini dapat mengetahui proses aliran fluida pada instalasi gasifikasi tipe *downdraft* [6-8].

PT. Gendhis Multi Manis (GMM) merupakan perusahaan swasta yang bergerak dibidang pangan, yang terletak di Desa Tinapan, Todanan, Blora. Dalam proses pembangkit listrik di PT. GMM, salah satunya menggunakan Mesin Diesel CUMMINS KTA 38 – G4. Dalam Praktik Kerja Lapangan terdapat permasalahan terhadap Mesin Diesel CUMMINS KTA 38 – G4, ditemukan penurunan daya pada mesin diesel tersebut. Pada data desain standar, beban yang sewajarnya ada pada nilai 447,5 kW dengan daya 600 HP. Sedangkan pada kondisi operasi, beban yang diampu hanya 368 kW dengan daya 617 HP. Temperatur normal pada diesel adalah 80 sampai 90°C dengan temperatur normal ini mesin diesel akan beroperasi dengan baik dan bila temperatur berada di bawah ataupun di atas temperatur normal maka akan berpengaruh pada kinerja mesin diesel. Hal tersebut bisa disebabkan karena tidak sempurnanya pembakaran pada ruang bakar, yang diakibatkan oleh *timing injection* yang tidak pas ataupun bahan bakar yang tidak bagus. Untuk menangani hal ini, *timing injection* harus diatur dengan baik sesuai dengan standar *timing injection code* yaitu klllC atau 4,72 mm sebelum titik mati atas, dan disarankan untuk menambahkan sistem pemanas bahan bakar agar viskositas dari bahan bakar tersebut menurun dari 3,59 cSt menjadi 2,27 cSt, sehingga bahan bakar yang dikabutkan ke ruang bakar dapat terbakar dengan sempurna [9].

Pada penelitian ini dilakukan simulasi aliran fluida pada instalasi gasifikasi tipe *downdraft*, untuk mengetahui pengaruh rasio kecepatan udara terhadap temperatur panas pada peralatan gasifikasi tipe *downdraft*, pengaruh dari distribusi panas atau temperatur pada instalasi peralatan gasifikasi tipe *downdraft* dan pengaruh *mass flow* air pendingin pada *output* udara dan air. Simulasi merupakan suatu teknik meniru proses-proses dalam suatu sistem dengan bantuan perangkat komputer dengan asumsi tertentu sehingga sistem tersebut bisa dipelajari secara ilmiah. Pada umumnya simulasi digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang sangat sulit diselesaikan dengan cara analisis, memiliki ukuran data dan kompleksitas yang tinggi, dan sangat sulit diimplementasikan secara langsung. Dalam kasus ini model dasar simulasi tersebut biasanya menggunakan model numerik. Metode numerik dapat digunakan apabila suatu persoalan tidak dapat diselesaikan dengan metode analitik terutama pada sistem yang sangat kompleks.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Spesifikasi Simulasi

2.1.1 Pengaturan Material

Secara garis besar, material pada proses simulasi dibedakan menjadi dua yaitu material fluida dan solid.

a) Material Fluida

Fluida yang digunakan pada simulasi adalah udara dan air. Udara merupakan fluida utama yang dianalisis temperatur akhirnya setelah didinginkan pasca pembakaran pada tungku *gasifier* menggunakan air.

b) Material Solid

Material solid merupakan material yang digunakan sistem pemipaan. Material yang digunakan pada pipa adalah sesuai material alat yang digunakan yaitu besi baja sedangkan pada proses simulasi, bagian lid menggunakan material insulator agar tidak terjadi pertukaran kalor antara lid dan kondisi luar.

2.1.2 Kondisi Awal (*Initial Condition*)

Pada Tabel 1 menunjukkan kondisi mula-mula saat simulasi belum dilakukan. Tekanan sebesar 101325 Pa menunjukkan tekanan atmosfer sekitar sistem uji dengan temperatur rerata udara 25 °C.

Tabel 1. *Initial Condition* Simulasi

<i>Thermodynamic parameters</i>	<i>Static pressure: 101325 Pa Temperature: 25°C</i>
<i>Velocity parameters</i>	<i>Velocity vector Velocity in X direction: 0 m/s Velocity in Y direction: 0 m/s Velocity in Z direction: 0 m/s</i>
<i>Solid parameters</i>	<i>Default material: Steel stainless 321 Initial solid temperature: 25°C</i>
<i>Turbulence parameters</i>	<i>Turbulence intensity and length Intensity: 2% Length: 0,014 m</i>

2.1.3 *Boundary Condition*

Boundary condition merupakan batasan-batasan kondisi yang digunakan pada proses simulasi. *Boundary condition* juga mencakup temperatur mula-mula saat udara memasuki tungku, temperatur mula-mula air sebelum memasuki pipa untuk proses pendinginan udara, tekanan udara sekitar, tekanan air pada penampung air (lihat Tabel 2-7).

Tabel 2. Kecepatan Udara Masuk 1

Type	Inlet velocity
<i>Faces</i>	
<i>Coordinate system</i>	<i>Global coordinate system</i>
<i>Reference axis</i>	<i>X</i>
<i>Flow parameters</i>	<i>Flow vectors direction: 3D vector Velocity in X direction: 1,490 m/s Velocity in Y direction: 0 m/s Velocity in Z direction: 0 m/s</i>
<i>Thermodynamic parameters</i>	<i>Approximate pressure: 101325 Pa Temperature type: Temperature of initial components Temperature: 25°C</i>
<i>Turbulence parameters</i>	<i>Turbulence intensity and length Intensity: 2% Length: 0,014 m</i>
<i>Boundary layer parameters</i>	<i>Boundary layer type: Turbulent</i>

Tabel 3. Kecepatan Udara Masuk 2

Type	Inlet velocity
<i>Faces</i>	
<i>Coordinate system</i>	<i>Global coordinate system</i>
<i>Reference axis</i>	<i>X</i>
<i>Flow parameters</i>	<i>Flow vectors direction: 3D vector Velocity in X direction: -1,490 m/s Velocity in Y direction: 0 m/s Velocity in Z direction: 0 m/s</i>
<i>Thermodynamic parameters</i>	<i>Approximate pressure: 101325 Pa Temperature type: Temperature of initial components Temperature: 25°C</i>
<i>Turbulence parameters</i>	<i>Turbulence intensity and length Intensity: 2% Length: 0,014 m</i>
<i>Boundary layer parameters</i>	<i>Boundary layer type: Turbulent</i>

Tabel 4. Atmosfer Pipa Keluar Udara

Type	Environment pressure
<i>Faces</i>	
<i>Coordinate system</i>	<i>Global coordinate system</i>
<i>Reference axis</i>	<i>X</i>
<i>Thermodynamic parameters</i>	<i>Environment pressure: 101325 Pa Temperature type: Temperature of initial components Temperature: 25°C</i>
<i>Turbulence parameters</i>	<i>Turbulence intensity and length Intensity: 2% Length: 0,014 m</i>

Tabel 5. Mass Flow Air Pendingin

Type	Inlet mass flow
<i>Faces</i>	
<i>Coordinate system</i>	<i>Global coordinate system</i>
<i>Reference axis</i>	<i>X</i>
<i>Flow parameters</i>	<i>Flow vectors direction: Normal to face Mass flow rate: 0,0100 kg/s Fully developed flow: No Inlet profile: 0</i>
<i>Thermodynamic parameters</i>	<i>Temperature type: Temperature of initial components Temperature: 10°C</i>
<i>Turbulence parameters</i>	<i>Turbulence intensity and length Intensity: 2% Length: 0,014 m</i>
<i>Boundary layer parameters</i>	<i>Boundary layer type: Turbulent</i>

Tabel 6. Tekanan Air pada Penampang

Type	Environment pressure
<i>Faces</i>	
<i>Coordinate system</i>	<i>Global coordinate system</i>
<i>Reference axis</i>	X
<i>Thermodynamic parameters</i>	<i>Environment pressure: 105739,5 Pa</i> <i>Temperature type: Temperature of initial components</i> <i>Temperature: 25°C</i>
<i>Turbulence parameters</i>	<i>Turbulence intensity and length</i> <i>Intensity: 2%</i> <i>Length: 0,014 m</i>
<i>Boundary layer parameters</i>	<i>Boundary layer type: Turbulent</i>

Tabel 7. Sumber Panas pada Tabung

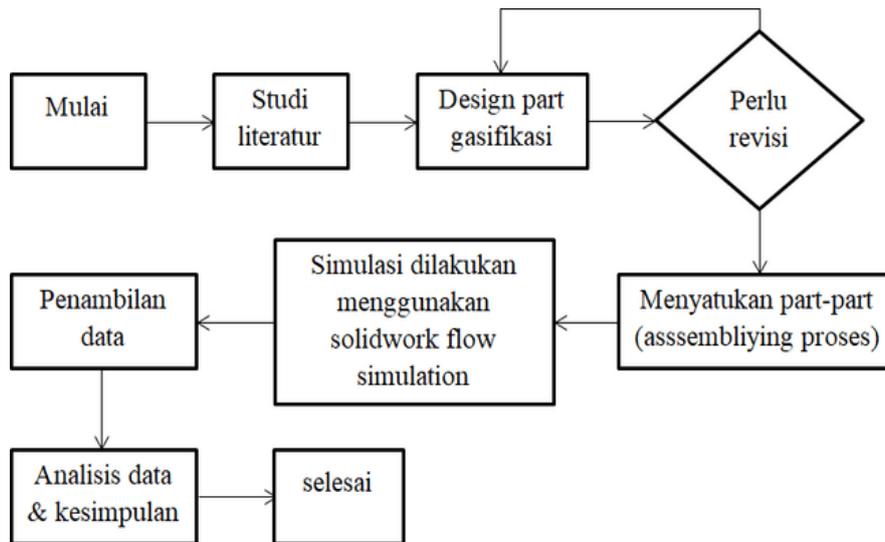
<i>Components</i>	Tabung <i>gasivier-1@Assem1</i>
<i>Coordinate system</i>	<i>Global coordinate system</i>
<i>Reference axis</i>	X
<i>Source type</i>	<i>Temperature</i>
<i>Temperature</i>	900 °C

2.1.4 Engineering Goal pada Simulasi

Engineering goal merupakan tujuan akhir yang ingin dicari nilainya melalui proses simulasi. Proses simulasi kali ini memiliki beberapa *Engineering goal* seperti temperatur akhir (maksimal, minimal dan rata-rata) udara pada pipa pembuangan, temperatur akhir (maksimal, minimal dan rata-rata) permukaan pada sepanjang sistem pemipaan pembuangan, Kecepatan fluida pada setiap sumbu (x, y dan z), dan *heat flux* pada permukaan solid.

2.2 Diagram Alir Pengambilan Data

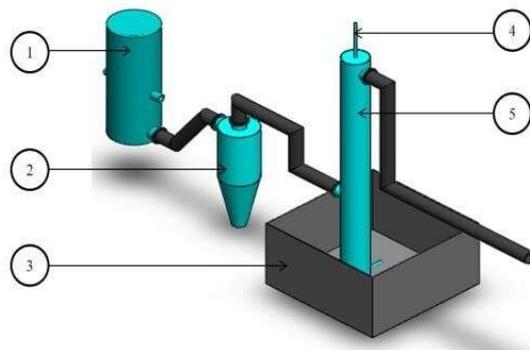
Penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur melalui jurnal dan buku pendukung yang kemudian diteruskan dengan proses desain model 3D *part-part* yang akan digunakan dalam sistem. Proses desain dilakukan dengan menggunakan aplikasi *Solidworks 2020*. Setelah *part-part* selesai didesain model 3D-nya, *part-part* tersebut dirangkai menjadi kesatuan (*assembly*) menggunakan *Solidwork assembly* dan disimulasikan proses alirannya menggunakan fitur dari *Solidworks* yaitu *Solidworks flow simulation*. Setelah proses simulasi selesai, langkah selanjutnya adalah melakukan pengambilan data dari hasil simulasi dengan melakukan ekspor data dan *screenshot* gambar hasil simulasi sebagai ilustrasi. Setelah itu langkah akhir pada penelitian ini adalah proses analisis dan penarikan kesimpulan berdasarkan hasil analisis tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir

2.3 Perancangan Alat

Pada Gambar 2 menunjukkan desain perancangan alat gasifikasi tipe *downdraft*. Desain perancangan alat gasifikasi tipe *downdraft* ini melakukan pengukuran langsung pada alat gasifikasi tipe *downdraft* yang ada pada *workshop* mesin Politeknik Caltex Riau.



Gambar 2. Gasifikasi Tipe *Downdraft*

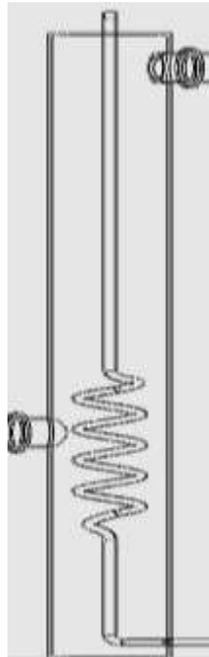
Keterangan Gambar 2 adalah sebagai berikut:

1. *Reaktor gasifier* : reaktor gasifikasi yang digunakan bertipe *downdraft*
2. *Cyclone* : berfungsi sebagai perlengkapan untuk membersihkan *syngas*
3. Bak air : wadah air pada sistem pendinginan
4. Pipa aliran air : saluran aliran air untuk mendinginkan *syngas*
5. *Heat exchanger* : proses penukaran panas antara *syngas* dan air

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

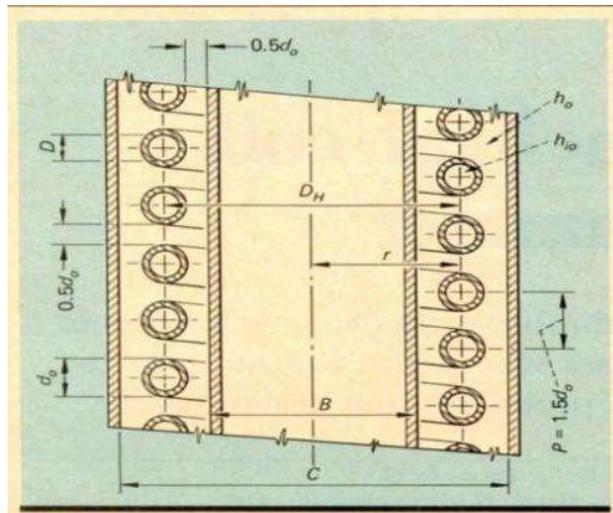
3.1 Sistem Pendinginan

Pada simulasi yang dikerjakan pada *heat exchanger* melakukan sistem pendinginan menggunakan pipa sebagai aliran fluida air dan terjadi penukar panas antara udara dan air. Setelah dilakukan percobaan simulasi sistem pendinginan yang sesuai untuk percobaan ini ialah dengan menggunakan pipa spiral untuk melakukan penukaran panas antar udara dan air dan mendapatkan suhu udara yang diinginkan yaitu di antara 70-90°C.



Gambar 3. Sistem Pendinginan *Heat Exchanger*

Pada Gambar 3 menunjukkan proses pendinginan pada udara yang akan dilakukan yaitu tabung *heat exchanger* dan di dalam tabung terdapat pipa yang akan dialiri fluida air untuk mendinginkan udara panas yang masuk ke *heat exchanger*, dan ketentuan yang ada pada pipa *helix* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Ketentuan yang Ada pada Pipa *Helix* [10].

Heat exchanger yang terjadi pada penelitian ini adalah air masuk memiliki suhu 25°C dengan laju aliran massa air 0,05 kg/s, air ini berfungsi sebagai pendingin udara panas yang masuk ke *heat exchanger* diketahui udara yang masuk di suhu 150°C dan keluaran udara yang diinginkan 90°C dengan kecepatan udara 1,49 m/s. Air pendingin masuk ke pipa yang memiliki diameter 0,016 m. Berikut perhitungan *heat exchanger* yang terjadi pada sistem pendinginan.

Kalor yang akan dibuang pada aliran udara pada *heat exchanger* dapat ditentukan sebagai berikut.

$$\dot{Q} = [\dot{m}C_p(T_{in\ udara} - T_{out\ udara})]udara \quad (1)$$

dimana:

\dot{Q} = heat transfer (W)

\dot{m} = laju aliran massa (kg/s)

C_p = specific heat J/kg.K

$$\dot{m}_u = \rho \times V \times A \quad (2)$$

dimana:

A = luas penampang pipa (m²)

ρ = density udara (kg/m³)

V = kecepatan udara (m/s)

$$\dot{m}_u = \rho \times V \times A = 0,81 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 1,60 \text{ m}^2 \times 4,77 \times 10^{-3} \text{ m}^2 = 6,18 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$$

Kalor yang akan dibuang.

$$\begin{aligned} \dot{Q} &= [\dot{m} C_p (T_{in \text{ udara}} - T_{out \text{ udara}})] \\ &= (6,18 \times 10^{-3} \text{ kg/s}) \times (1,016 \text{ J/kgK}) \times (150 - 90)^\circ\text{C} = 376,17 \text{ W/s} \end{aligned} \quad (3)$$

Kalor yang akan dibuang ini (376.17 W/s) selanjutnya akan diserap oleh aliran air dianggap $\dot{Q}_{udara} = \dot{Q}_{air}$. Suhu air yang keluar dapat dicari dengan cara sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \dot{Q} &= [\dot{m} C_p (T_{out \text{ air}} - T_{in \text{ air}})]_{air} \\ T_{out \text{ air}} &= T_{in \text{ air}} + \frac{\dot{Q}}{\dot{m}_a C_p} \\ &= 25^\circ\text{C} + \frac{376,17 \text{ W}}{0,05 \text{ kg/s} \times 4180 \text{ J/kgK}} = 26,79^\circ\text{C} \end{aligned} \quad (4)$$

Untuk mengetahui perbedaan temperatur rata-rata yang terjadi dalam perancangan *heat exchanger* dapat menggunakan metode *log mean temperature difference* (LMTD), dapat menggunakan persamaan berikut.

$$\Delta T_1 = T_{udara \text{ in}} - T_{air \text{ out}} = (150 - 26,79)^\circ\text{C} = 123,21^\circ\text{C} \quad (5)$$

$$\Delta T_2 = T_{udara \text{ out}} - T_{air \text{ in}} = (90 - 25)^\circ\text{C} = 65^\circ\text{C} \quad (6)$$

dan,

$$\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2})} = \frac{123,21^\circ\text{C} - 65^\circ\text{C}}{\ln(\frac{123,21^\circ\text{C}}{65^\circ\text{C}})} = 91,02^\circ\text{C}$$

Setelah mengetahui LMTD maka nilai area permukaan *heat exchanger* dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut.

$$\dot{Q} = U A_s \Delta T_{lm} \quad (7)$$

dimana :

\dot{Q} =kalor yang berpindah

U =overall heat transfer coefficient

A_s =luas permukaan *heat exchanger*

Sebelum mendapatkan nilai A_s maka harus mencari nilai *overall heat transfer coefficient* pada *heat exchanger*.

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_o} \quad (8)$$

dimana:

h_i = koefisien perpindahan panas pada aliran air

h_o = koefisien perpindahan panas pada aliran udara

Tahap pertama yang akan dilakukan mencari kecepatan aliran air untuk mendapatkan nilai

bilangan Reynolds.

$$V_{air} = \frac{\dot{m}}{\rho A_{air}} = \frac{\dot{m}}{\rho \left(\frac{1}{4}\pi D^2\right) S} = \frac{0,25 \text{ m/s}}{(997 \text{ kg/m}^3) \left[\frac{1}{4}\pi (0,016 \text{ m})^2\right]} = 0,25 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{V_{air} D}{\nu} = \frac{(0,25 \text{ m/s})(0,02 \text{ m})}{0,893 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} = 4479 \quad (9)$$

Setelah mendapatkan nilai bilangan Reynolds selanjutnya mencari nilai bilangan Nusselt.

$$Nu = 0,023 Re^{0,8} Pr^{0,4} = 0,023 (4479)^{0,8} (6,14)^{0,4} = 39,62 \quad (10)$$

$$h_i = \frac{k}{D} Nu = \frac{0,607 \frac{W}{mK}}{0,016 \text{ m}} 39,62 = 1503,08 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (11)$$

Didapatkan koefisien perpindahan panas pada aliran air sebesar 1503,08. Untuk mendapatkan nilai koefisien perpindahan panas pada aliran udara (h_o) dapat melakukan langkah-langkah sebagai berikut.

$$D_h = D_o - D_i = 0,168 \text{ m} - 0,016 \text{ m} = 0,152 \text{ m} \quad (12)$$

Kecepatan rata-rata dan bilangan Reynolds:

$$V = \frac{\dot{m}}{\rho A_c} = \frac{\dot{m}}{\rho \left[\frac{1}{4}\pi (D_o^2 - D_i^2)\right]} = \frac{6,18 \times 10^{-3} \text{ kg/s}}{(0,8343 \text{ kg/m}^3) \left[\frac{1}{4}\pi (0,168^2 \text{ m} - 0,016^2 \text{ m})\right]} = 0,35 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{V D_h}{\nu} = \frac{(0,35 \text{ m/s})(0,152 \text{ m})}{2,637 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}} = 2017,44$$

$$Nu = 4,36$$

$$h_o = \frac{k}{D_h} Nu = \frac{0,03511 \text{ W/mK}}{0,152 \text{ m}} 4,36 = 1 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Didapatkan koefisien perpindahan panas pada aliran udara sebesar $1 \text{ W/m}^2\text{K}$. Maka nilai *overall heat transfer coefficient* pada *heat exchanger* adalah sebagai berikut.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_o}} = \frac{1}{\frac{1}{1503,08 \text{ W/m}^2\text{K}} + \frac{1}{1 \text{ W/m}^2\text{K}}} = 0,99 \text{ W/m}^2\text{K} \quad (14)$$

Kemudian dilanjutkan mencari perhitungan daerah permukaan *heat exchanger* sebagai berikut.

$$A_s = \frac{\dot{Q}}{U \Delta T_m} = \frac{376,17 \text{ m}^2}{0,99 \text{ W/m}^2\text{K} \times 91,02^\circ\text{C}} = 2,49 \text{ m}^2 \quad (15)$$

Luas permukaan *heat exchanger* digunakan untuk menghitung dan membuat *design heat exchanger* hasil perhitungan dilakukan untuk mengetahui panjang pipa air pendingin pada *heat exchanger* sebagai berikut.

$$A_s = \pi D L = 4,17 \text{ m}^2$$

$$L = \frac{A_s}{\pi D} = \frac{4,17 \text{ m}^2}{3,14 \times 0,016 \text{ m}} = 83 \text{ m} \quad (16)$$

Didapatkan panjang pipa yang dibutuhkan adalah 83 m adapun pipa *helix* yang dibutuhkan dapat dicari panjangnya dengan cara sebagai berikut.

$$L = \pi D_c N \quad (17)$$

dimana:

L = panjang, m

D_c = diameter helix, m

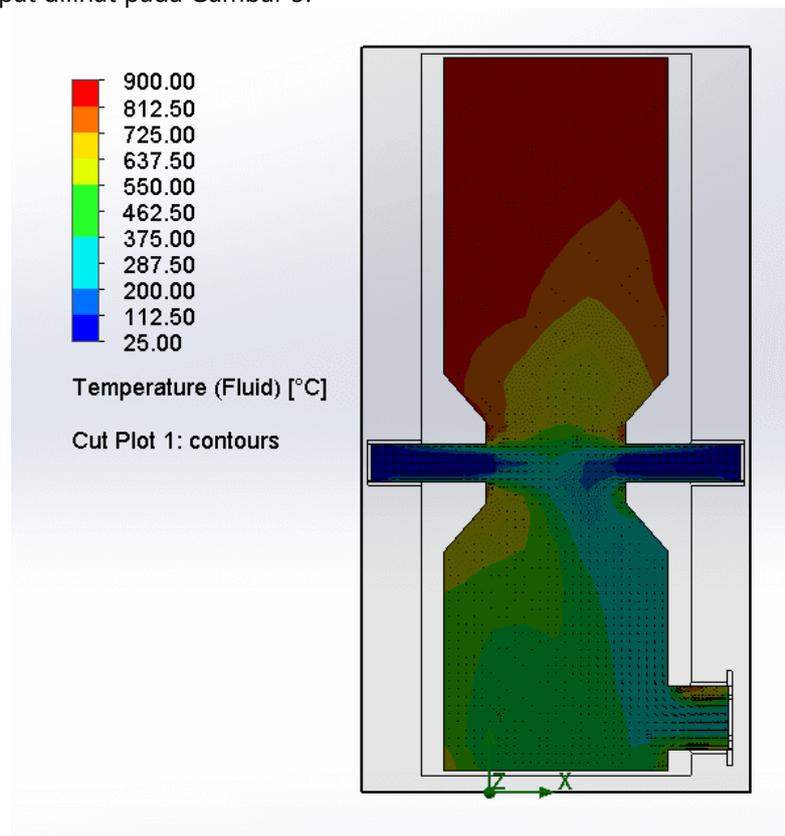
N = jumlah lilitan pada helix

$$L = 3,14 \times 0,09\text{m} \times 7\text{m} = 2\text{m}$$

Pipa *helix* dengan 7 lilitan dan diameter *helix* 0,09 m, didapatkan panjang pipa *helix* 2 m.

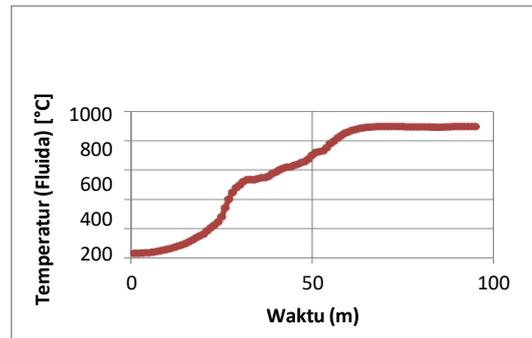
3.2 Distribusi Suhu pada Reaktor

Pembahasan ini akan melakukan simulasi pada tabung *gasifier* untuk mengetahui distribusi suhudi dalam tabung *gasifier*. Percobaan pertama yaitu pada kecepatan udara 1,49 m/s dengan suhu tabung *gasifier* 900°C dapat dilihat pada Gambar 5.

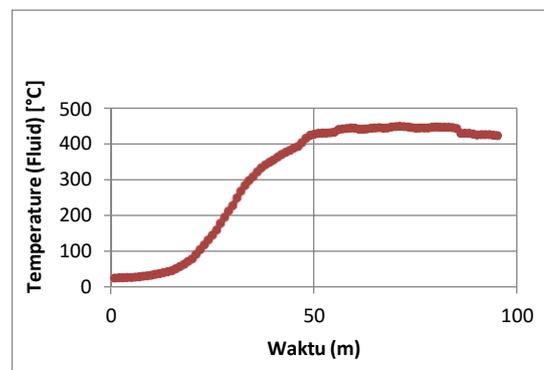


Gambar 5. Contours dari Kecepatan Udara 1,49 m/s dan Temperatur Tabung *Gasifier* 900°C

Pada Gambar 5 skala warna temperatur dan warna di dalam tabung sedikit berbeda dikarenakan pada tabung terdapat area simulasi yang akan dijalankan atau *computational domain* yaitu kotak yang berwarna abu-abu pada Gambar 5 dan itu sedikit membuat perbedaan warna pada Gambar 5. Secara garis besarnya warna di dalam tabung sama dengan skala warna temperatur. Untuk data temperatur yang ada di dalam tabung *gasifier* dapat dilihat dengan mengambil *result* yang telah dilakukan pada *solidworks* dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7.

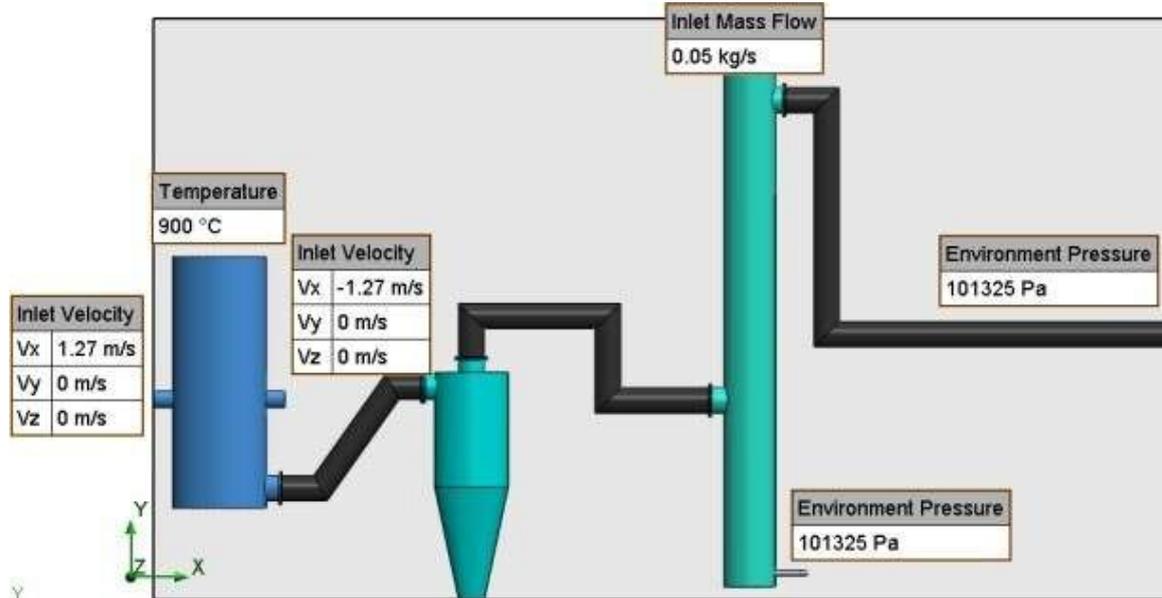


Gambar 6. Temperatur Maksimum Udara pada Tabung *Gasifier* Kecepatan Udara 1,49 m/s



Gambar 7. Temperatur Rata-Rata Udara pada Tabung *Gasifier* dengan Kecepatan Udara 1,49 m/s, Suhu Udara Masuk 25°C dan Suhu Tabung *Gasifier* 900°C.

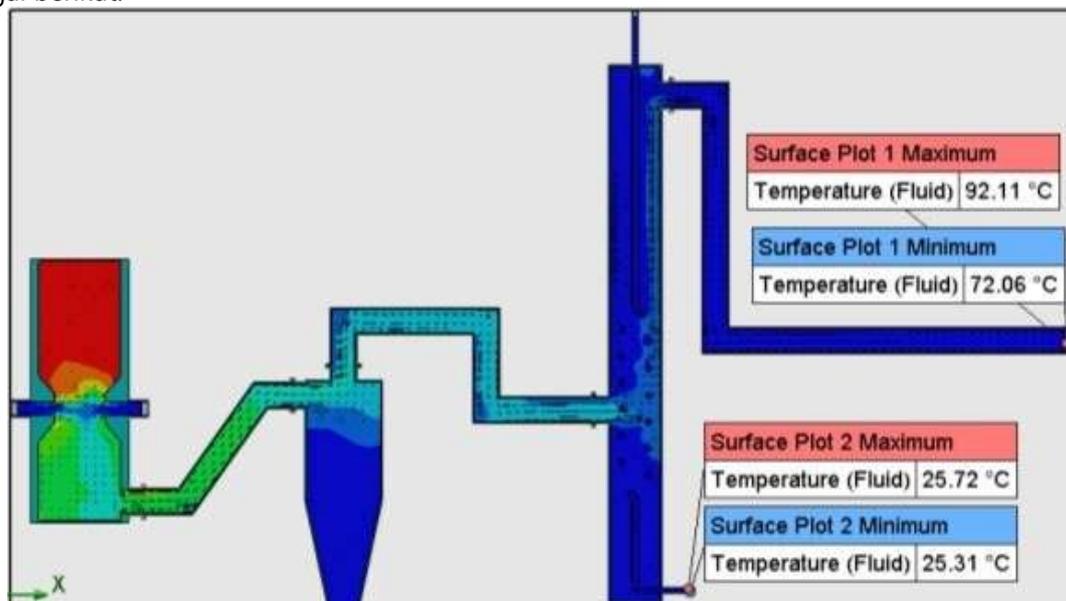
Udara yang keluar pada tabung *gasifier* sekitar 450-480°C dan suhu maksimum udara yang ada ditabung *gasifier* mencapai sekitar 800-850°C. Dapat dilihat pada Gambar 5, 6 dan 7. Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Wijianto dan Sudarmanta dengan metode eksperimen menghasilkan distribusi suhu seperti pada dengan kecepatan udara 1,49 m/s [10]. Pengaruh AFR terhadap suhu oksidasi parsial yang menghasilkan suhu sekitar 700-800°C. Fenomena temperatur dalam reaktor pada metode eksperimen ini mendekati dengan fenomena temperatur pada penelitian dengan studi numerik yang telah dilakukan, walaupun besar temperatur yang dihasilkan berbeda. Perbedaan besar temperatur ini dapat disebabkan oleh tidak adanya biomassa yang digunakan pada simulasi dan geometri reaktor yang telah disederhanakan pada penelitian dengan studinumerik. Sehingga dapat dikatakan bahwa penelitian dengan metode studi numerik yang dilakukan telah mendapatkan hasil yang mendekati penelitian secara eksperimen. Data Parameter kecepatan udara 1,27 m/s, laju aliran masa air 0,05 kg/s, dan suhu tabung *gasifier* 900°C dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Parameter Kecepatan Udara 1,27 m/s, Laju Aliran Massa Air 0,05 kg/S, dan Suhu Tabung Gasifier 900°C

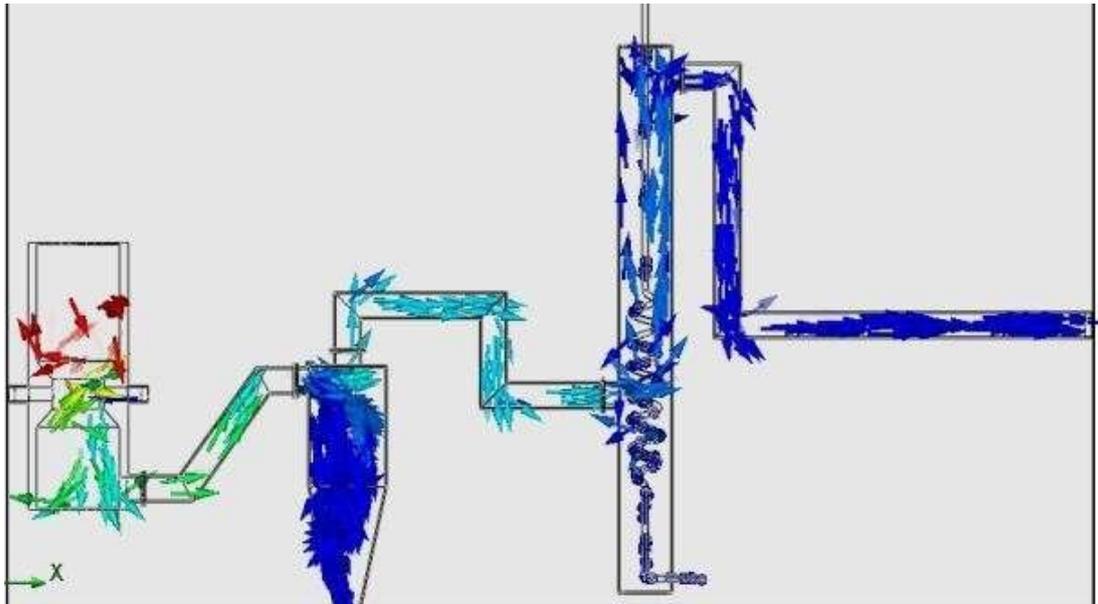
Pada Gambar 8 menunjukkan 2 inlet fluida yaitu udara dan air dimana udara masuk ke tabung *gasifier* dengan kecepatan 1,27 m/s, pada tabung *gasifier* memiliki suhu 900°C, udara menuju *cyclone* dan lanjut ke *heat exchanger* dimana pada *heat exchanger* akan terjadi penukaran panas, udara akan didinginkan di *heat exchanger* dengan inlet air masuk pada pipa di *heat exchanger* laju aliran massa air 0,05 kg/s dan udara yang didinginkan akan menuju ke ujung pipa, lalu pada saat keluaran pipa akan dilihat berapa temperatur udara yang keluar dan temperatur air keluar.

Untuk mengetahui hasil data pada gasifikasi tipe *downdraft* ini akan simulasikan. Hasil data pada simulasi akan dibentuk dalam kontur, aliran lintasan, dan tabel data. Hasil akan dilihat pada Gambar 9 sebagai berikut.

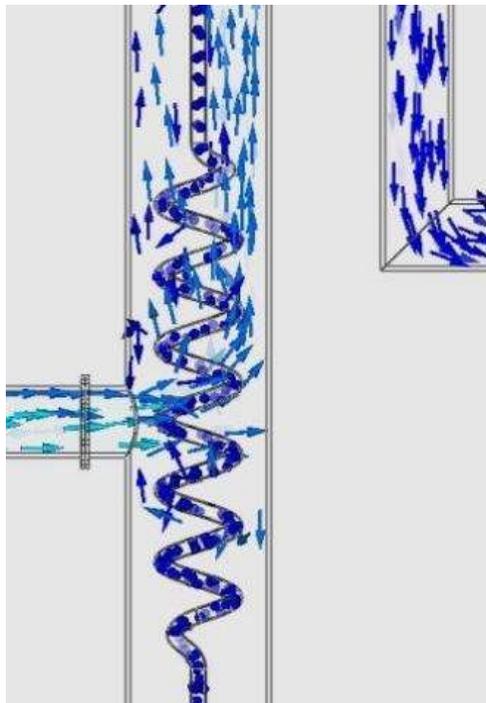


Gambar 9. Cut Plots Simulasi Kecepatan Udara 1,27m/s, Laju Aliran Massa Air 0,05kg/s, dan Suhu Tabung Gasifier 900°C

Pada Gambar 9 menunjukkan kontur berdasarkan temperatur, suhu udara yang keluar diujung setelah masuk tabung *gasifier* pada suhu 900°C menuju *cyclone* dan di *heat exchanger* udara akan didinginkan dengan fluida air yang melalui pipa di *heat exchanger* terjadi penukaran panas setelah melewati *heat exchanger* udara menuju ke ujung pipa dan mendapatkan hasil suhu udara maksimum $92,11^{\circ}\text{C}$ dan suhu air maksimum $25,72^{\circ}\text{C}$. Pada Gambar 10 dan 11 dapat terlihat aliran lintasan udara berbentuk panah dan arah lintasan air berbentuk bola.

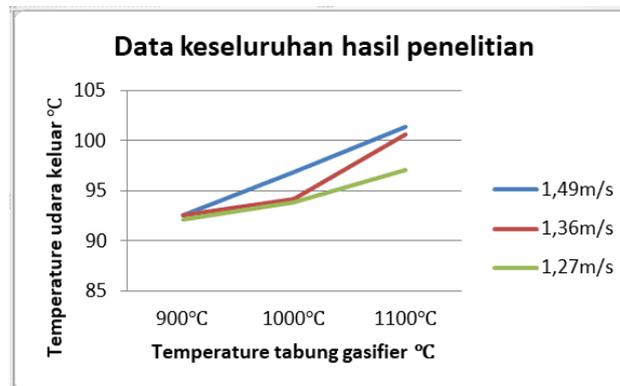


Gambar 10. Aliran Lintasan Udara dan Air Pada Gasifikasi Tipe *Downdraft*



Gambar 11. Aliran Lintasan Air

3.3 Data Keseluruhan Hasil Penelitian



Gambar 12. Data Keseluruhan Hasil Penelitian

Dari hasil penelitian data keseluruhan simulasi dapat dilihat temperatur yang tertinggi terdapat pada pengujian laju udara 1,49 m/s dengan suhu 25°C, temperatur tabung *gasifier* 1100°C, dan laju aliran massa air 0,05 kg/s dengan suhu 25°C. Sedangkan temperatur akhir udara terendah terdapat pada pengujian kecepatan udara 1,27 m/s dengan suhu udara 25°C, temperatur tabung 900°C, dan laju aliran massa air 0,05 kg/s dengan suhu 25°C. Dari setiap percobaan dengan kecepatan udara masuk yang semakin tinggi akan menghasilkan temperatur keluar udara semakin tinggi dan data yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 12. Dapat dilihat semakin besar kecepatan udara masuk maka temperatur udara keluar akan lebih besar juga begitu pun dengan temperatur tabung *gasifier* semakin besar temperatur tabung *gasifier* maka temperatur *output* udara akan semakin besar juga.

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Setelah melakukan analisa dengan CFD *solidworks flow simulation* dapat diketahui temperatur udara yang keluar pada semua percobaan antara 90-101°C.
2. Parameter laju udara 1,47 m/s, laju aliran massa air 0,05 kg/s, dan temperatur tabung 1100°C mendapatkan hasil yang paling tinggi, yaitu di suhu akhir udara 101,38°C.
3. Parameter kecepatan udara 1,27 m/s, laju aliran massa air 0,05 kg/s, dan temperatur tabung 900°C mendapatkan hasil yang paling rendah, yaitu di suhu akhir udara 92,11°C.
4. Hasil penelitian menggunakan metode studi *numeric computational fluid dynamic Solidworks flow simulation* pada distribusi suhu di dalam reaktor menghasilkan data yang mendekati penelitian dengan metode eksperimental yang telah dilakukan oleh Wedatama dan Handoko.
5. Metode studi *numeric computational fluid dynamic Solidworks flowsimulation* dapat digunakan untuk melakukan penelitian karena data yang dihasilkan dapat mendekati data penelitian eksperimental dengan keunggulan dari sisi biaya dan waktu yang jauh lebih efektif.
6. Dari hasil simulasi pada parameter kecepatan udara 1,49 m/s dengan temperatur tabung 900°C mendapatkan hasil yang paling bagus yaitu *output* udara berada pada suhu 92,60°C.

5. Daftar Pustaka

- [1] L. Parinduri and T. Parinduri, "Konversi Biomassa sebagai Sumber Energi Terbarukan," *JET Journal of Electrical Technology*, vol. 5, no. 2, pp. 88-92, 2020.
- [2] L. Najib and S. Darsopuspito, "Karakterisasi Proses Gasifikasi Biomassa Tempurung Kelapa Sistem Downdraft Kontinyu dengan Variasi Perbandingan Udara-Bahan Bakar (AFR) dan Ukuran Biomassa," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 1, no. 1, pp. B187-B190, 2012.
- [3] T. Iskandar and N. D. Siswati, "Pemanfaatan Limbah Pertanian sebagai Energi Alternatif melalui

- Konversi Thermal," *Buana Sains*, vol. 12, no. 1, pp. 117-122, 2022.
- [4] I. Pujotomo, "Potensi Pemanfaatan Biomassa Sekam Padi untuk Pembangkit Listrik melalui Teknologi Gasifikasi," *Energi & Kelistrikan*, vol. 9, no. 2, pp. 126-135, 2017.
- [5] F. Mufid and S. Anis, "Pengaruh Jenis dan Ukuran Biomassa terhadap Proses Gasifikasi Menggunakan Downdraft Gasifier," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 10, no. 3, pp. 217-226, 2019.
- [6] M. Zainuddin, "Analisis Efisiensi Gasifikasi pada Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBM) Tongkol Jagung Kapasitas 500 KW di Kabupaten Gorontalo," *SITEKIN: Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, vol. 14, no. 2, pp. 192-198, 2017.
- [7] J. P. Simanjuntak, "Kajian Analitis Pembangkit Tenaga menggunakan Mesin Stirling Terintegrasi dengan Insinerator Biomassa," *RODA: Jurnal Pendidikan dan Teknologi Otomotif*, vol. 1, no. 1, 2021.
- [8] D. Chrismianto and E. S. Hadi, "Analisa Hambatan Akibat Penambahan Stern Wedge pada KRI Todak menggunakan Metode CFD (Computational Fluid Dynamic)," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 4, no. 4, pp. 779-786, 2016.
- [9] R. A. Wedatama and S. Handoko, "EBT-08 Optimalisasi Unjuk Kerja Mesin Diesel Cummins KTA 38-G4 di PT. Gendhis Multi Manis," In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi dan Mineral*, vol. 1, no. 2, pp. 647-656, 2021.
- [10] A. Wijianto and B. Sudarmanta, "Karakterisasi Gasifikasi Downdraft Berbahan Baku Cangkang Kelapa Sawit dengan Variasi Gasifying Agent," 2012.