

## Analisis Reaktor Destilasi Minyak Atsiri Daun Galam Kapasitas 100 kg Dengan Metode CFD (*Computational Fluid Dynamics*)

Dian Prakasa<sup>(1)</sup>, Alfansuri<sup>(2)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bengkalis

Jl. Bathin Alam, Sungai Alam, Bengkalis, Riau - 2871

Email: [Iyanprakasa94@gmail.com](mailto:Iyanprakasa94@gmail.com), [alfansuri@polbeng.ac.id](mailto:alfansuri@polbeng.ac.id)

### ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis performa reaktor destilasi minyak atsiri daun galam (*Melaleuca leucadendra*) kapasitas 100 kg menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD) pada perangkat lunak SolidWorks Flow Simulation. Simulasi dilakukan dengan dua variasi tekanan uap masuk, yaitu 2 bar dan 4 bar, menggunakan uap jenuh dengan laju aliran massa 0,0556 kg/s dan porositas bahan baku 0,81. Parameter yang dianalisis meliputi temperatur outlet, tekanan outlet, dan kecepatan outlet. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada tekanan 2 bar diperoleh rata-rata temperatur outlet sebesar 102,8 °C, kecepatan outlet 325,4 m/s, dan tekanan outlet 0,854 bar. Sementara itu, pada tekanan 4 bar rata-rata temperatur outlet sebesar 104,8 °C, kecepatan outlet 327,3 m/s, dan tekanan outlet 0,853 bar. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa peningkatan tekanan uap memberikan sedikit peningkatan pada kecepatan dan temperatur outlet, namun tidak berdampak signifikan terhadap tekanan keluaran. Temuan ini memberikan acuan teknis dalam pemilihan tekanan operasi yang optimal untuk meningkatkan kinerja dan efisiensi reaktor destilasi minyak atsiri daun galam.

**Kata kunci:** daun galam, minyak atsiri, destilasi uap, CFD, SolidWorks

### 1. PENDAHULUAN

Minyak atsiri merupakan salah satu komoditas bernilai ekonomi tinggi yang banyak dimanfaatkan di berbagai sektor industri, seperti farmasi, kosmetik, hingga aromaterapi. Salah satu sumber potensial minyak atsiri di Indonesia adalah daun galam (*Melaleuca leucadendra*), yang mengandung senyawa eucalyptol serta berbagai komponen bioaktif lain (Setyawan et al, 2018). Proses ekstraksi minyak atsiri dari daun galam umumnya dilakukan menggunakan metode destilasi uap, di mana uap panas dimanfaatkan untuk menguapkan komponen volatil dari material tanaman.

Pada skala industri kecil hingga menengah, proses destilasi sering kali menghadapi kendala efisiensi. Beberapa permasalahan umum meliputi distribusi suhu yang tidak merata di dalam reaktor, tekanan uap yang tidak stabil, serta kecepatan aliran uap yang sulit dikontrol. Kondisi ini berpotensi menurunkan rendemen minyak atsiri dan menyebabkan kualitas produk yang dihasilkan menjadi tidak konsisten.

Untuk mengatasi hal tersebut, diperlukan analisis mendalam terhadap kondisi internal reaktor destilasi. Salah satu metode yang efektif untuk melakukan analisis tersebut tanpa perlu melakukan eksperimen fisik berulang adalah *Computational Fluid Dynamics* (CFD) (Versteeg,

2007). Melalui simulasi CFD, distribusi suhu, tekanan, dan kecepatan uap di dalam reaktor dapat dipetakan secara detail, sehingga memudahkan proses evaluasi desain maupun pengaturan operasional reaktor.

Penelitian ini melakukan simulasi CFD pada reaktor destilasi berkapasitas 100 kg daun galam dengan dua variasi tekanan operasi, yaitu 2 bar dan 4 bar. Analisis difokuskan pada tiga parameter utama, yaitu temperatur outlet, tekanan outlet, dan kecepatan aliran outlet, untuk mengetahui pengaruh variasi tekanan terhadap performa distribusi termal dan karakteristik aliran fluida di dalam reaktor.

### 2. METODOLOGI

#### 2.1. Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah reaktor destilasi minyak atsiri daun galam (*Melaleuca leucadendra*) dengan kapasitas 100 kg, yang dimodelkan secara tiga dimensi menggunakan perangkat lunak SolidWorks. Data penelitian diperoleh melalui studi literatur, pengumpulan data geometri reaktor, serta parameter fisik dan termodinamika uap jenuh berdasarkan standar IAPWS-IF97. Selain itu, sifat fisik daun galam, seperti densitas dan porositas, diperoleh dari hasil pengukuran langsung dan referensi literatur yang relevan.

Penelitian ini dilakukan dengan simulasi aliran uap jenuh pada reaktor distilasi daun galam menggunakan metode Computational Fluid Dynamics (CFD). Variabel tetap pada penelitian ini meliputi:

1. Kapasitas reaktor: 100 kg daun galam
2. Porositas bahan baku: 0,81
3. Laju aliran massa uap: 0,0556 kg/s
4. Jenis uap: uap jenuh (saturated steam)

Variabel bebas (peubah) adalah tekanan uap masuk (inlet), dengan dua variasi:

1. Variasi 1: 2 bar
2. Variasi 2: 4 bar

Parameter keluaran yang dianalisis adalah temperatur outlet, tekanan outlet, dan kecepatan outlet.

## 2.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan:

1. Komputer/Laptop dengan spesifikasi mendukung simulasi CFD.
2. Perangkat lunak SolidWorks 2021 dengan modul *Flow Simulation*.

Bahan yang digunakan:

1. Data geometri reaktor distilasi kapasitas 100 kg daun galam.
2. Data sifat fisik daun galam (densitas, porositas) dari hasil pengukuran dan literatur.
3. Data sifat termodinamika uap jenuh dari tabel IAPWS-IF97.

## 2.3. Prosedur Penelitian

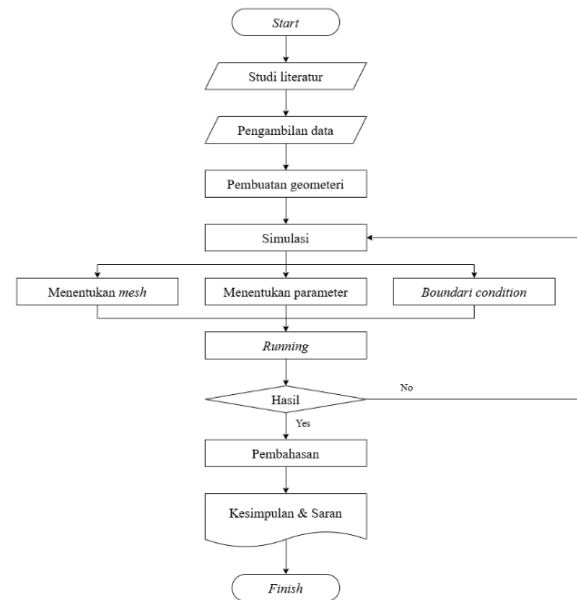
Prosedur penelitian meliputi:

1. Identifikasi masalah & tujuan.  
Menentukan fokus penelitian pada distribusi suhu, tekanan, dan kecepatan uap dalam reaktor.
2. Studi literatur.  
Mengumpulkan referensi tentang reaktor distilasi, sifat daun galam, dan metode CFD.
3. Pengumpulan data.  
Memperoleh data geometri reaktor, sifat fisik bahan, dan parameter operasi.
4. Pembuatan model 3D.  
Mendesain reaktor kapasitas 100 kg di SolidWorks.
5. Penentuan parameter simulasi.  
Menetapkan model aliran, sifat fluida, dan *boundary condition* untuk variasi 2 bar dan 4 bar.
6. Pembuatan mesh.  
Membagi model menjadi elemen kecil untuk perhitungan numerik.
7. Simulasi CFD.  
Menjalankan simulasi pada tiap variasi tekanan.
8. Analisis hasil.

Mengevaluasi temperatur, tekanan, dan kecepatan outlet.

## 9. Kesimpulan.

Menyimpulkan pengaruh variasi tekanan dan memberi saran perbaikan.



Gambar 1. Diagram alir

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Perhitungan Manual

1. Adapun perhitungan massa jenis daun galam.

Densitas daun galam dihitung dengan membagi massa terhadap volume material (Callister & Rethwisch, 2014), dengan persamaan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Dimana  $\rho$  adalah massa jenis dalam  $\text{kg/m}^3$ ,  $m$  adalah massa dalam gram, dan  $V$  adalah volume dalam liter atau  $\text{cm}^3$ .

Diketahui :

$$m = 250 \text{ gram}$$

$$V = 1 \text{ cm}^3$$

Ditanya :

$$\rho = ?$$

Jawab :

$$\rho = \frac{250 \text{ gram}}{1 \text{ cm}^3}$$

$$\rho = 0.25 \text{ gram/cm}^3 \text{ atau } 250 \text{ kg/m}^3$$

Jadi, massa jenis daun galam adalah  $250 \text{ kg/m}^3$

2. Adapun perhitungan racangan reaktor.

Volume reaktor ditentukan dari massa bahan baku yang akan diproses dibagi dengan densitas material (Çengel & Boles, 2015) sebagai berikut:

$$V = \frac{m}{\rho}$$

Dimana  $V$  adalah volume dalam  $m^3$ ,  $m$  adalah massa dalam kg, dan  $\rho$  adalah massa jenis dalam  $kg/m^3$ .

Diketahui :

$$m = 100 \text{ kg}$$

$$\rho = 250 \text{ kg}/m^3$$

Ditanya :

$$V = ?$$

Dijawab :

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{100 \text{ kg}}{250 \text{ kg}/m^3} = 0,4 \text{ m}^3$$

Jadi, volume reaktor destilasi dengan kapasitas 100 kg adalah  $0,4 \text{ m}^3$

3. Adapun perhitungan untuk menentukan dimensi reaktor.

Perhitungan dimensi reaktor berbentuk silinder dapat ditentukan dengan mengalikan luas penampang lingkaran dengan tinggi reaktor (Beer et al., 2015) sebagai berikut:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

Dimana  $V$  adalah volume dalam  $m^3$ ,  $r$  adalah jari-jari reaktor dalam m,  $h$  adalah tinggi reaktor dalam m, dan  $\pi$  adalah phi dengan konstanta 3,14.

Diketahui :

$$V = 0,4 \text{ m}^3$$

$$\pi = 3,14$$

$$r = \frac{1}{2} \text{ diameter reaktor} = \frac{1}{2} \cdot 58 \text{ cm} = 29 \text{ cm/}$$

$$0,29 \text{ m}$$

Ditanya :

$$h = ?$$

Dijawab :

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

$$0,4 = 3,14 \cdot (0,29)^2 \cdot h$$

$$0,4 = 3,14 \cdot 0,0841 \cdot h$$

$$0,4 = 0,2642 \cdot h$$

$$h = \frac{0,4}{0,2642} = 1,514 \text{ m}$$

jadi, didapatkan untuk ukuran tinggi reaktor adalah 1,514 m.

4. Perhitungan laju aliran massa adalah sebagai berikut:

Berdasarkan pada (BPPT,2010) untuk proses destilasi 1 kg daun membutuhkan 6 kg uap. Jadi, pada 100 kg daun yang ingin di destilasi membutuhkan 600 kg uap. Untuk menghitung laju aliran uap yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

$$\dot{m} = \frac{m}{t}$$

Laju aliran massa didefinisikan sebagai jumlah massa fluida yang mengalir per satuan waktu (Çengel & Cimbala, 2014). Dimana  $\dot{m}$  adalah laju aliran massa dalam kg/s,  $m$  adalah massa dalam kg, dan  $t$  adalah waktu dalam s.

Diketahui :

$$m = 600 \text{ kg}$$

$$t = 3 \text{ jam} = 10.800 \text{ s}$$

Ditanya :

$$\dot{m} = ?$$

Dijawab :

$$\dot{m} = \frac{m}{t}$$

$$\dot{m} = \frac{600}{10800} = 0,0556 \text{ kg/s}$$

5. Perhitungan kecepatan aliran masuk variasi 1, sebagai berikut:

Kecepatan aliran fluida dapat ditentukan dari laju aliran massa, densitas, dan luas penampang. Hubungan tersebut dituliskan pada persamaan berikut:

$$v = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A}$$

Rumus ini mengacu pada prinsip dasar mekanika fluida (Çengel & Cimbala, 2014). Dimana  $v$  adalah kecepatan aliran dalam m/s,  $\dot{m}$  adalah laju aliran massa dalam kg/s,  $\rho$  adalah massa jenis dalam  $kg/m^3$ , dan  $A$  adalah luas penampang dalam  $m^2$ .

Diketahui :

$$\dot{m} = 0,0556 \text{ kg/s}$$

$$T_{in} = 103,17 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$P_{in} = 2 \text{ bar}$$

$$\rho = 1,65737 \text{ kg}/m^3$$

Ditanya :

$$v = ?$$

Dijawab :

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$A = \frac{3,14 \cdot 0,0381^2}{4}$$

$$A = 0,00114 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A}$$

$$v = \frac{0,0556}{1,65737 \cdot 0,00114}$$

$$v = 29,37 \text{ m/s}$$

6. Perhitungan kecepatan aliran masuk variasi 2, sebagai berikut:

Diketahui :

$$\dot{m} = 0,0556 \text{ kg/s}$$

$$\rho = 2,67432 \text{ kg}/m^3$$

Ditanya :

$$v = ?$$

Dijawab :

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$A = \frac{3,14 \cdot 0,0381^2}{4}$$

$$A = 0,00114 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A}$$

$$v = \frac{0,0556}{2,67432 \cdot 0,00114}$$

$$v = 21,2 \text{ m/s}$$

Dapat dilihat dari kecepatan aliran pada tekanan 2 bar lebih besar daripada pada kecepatan aliran pada tekanan 4 bar dikarenakan kecepatan aliran pada tekanan 4 bar memiliki densitas lebih besar dan laju massa konstan. Jadi, massa yang

dialirkan lebih lambat karena uap nya lebih padat daripada kecepatan aliran pada tekanan 2 bar. Perhitungan porositas daun galam adalah sebagai berikut:

Porositas suatu media berpori dihitung dengan membandingkan volume partikel padat terhadap volume total (Candelier et al., 2013).

$$\varepsilon = 1 - \frac{V_{partikel}}{V_{total}}$$

Dimana  $\varepsilon$  adalah porositas, 1 adalah nilai konstanta dari rumus pororitas,  $V_{partikel}$  adalah volume pertikel dari daun, dan  $V_{total}$  adalah volume total dari daun.

Diketahui :

$$V_{total} = 0,4 \text{ m}^3$$

$$m = 100 \text{ kg}$$

$$\rho_{true} = 1300 \text{ kg/m}^3$$

Ditanya :

$$\varepsilon = ?$$

Dijawab :

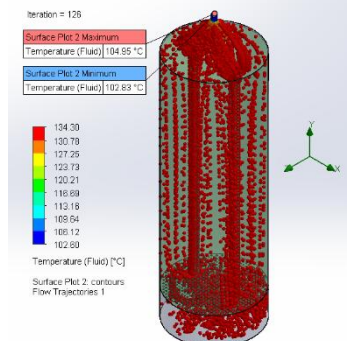
$$V_{partikel} = \frac{m}{\rho_{true}} = \frac{100}{1300} = 0,077 \text{ m}^3$$

$$\varepsilon = 1 - \frac{V_{partikel}}{V_{total}} = 1 - \frac{0,077}{0,4} = 1 - 0,1925 = 0,81$$

### 3.2. Hasil Simulasi

#### 1. Simulasi CFD variasi 1

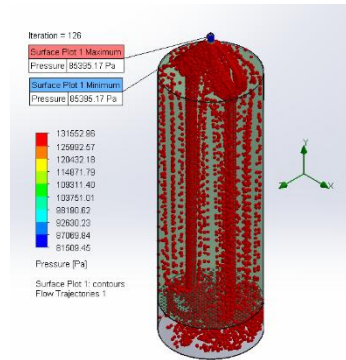
##### a. Flow trajectories temperature



**Gambar 2.** Flow trajectories temperature

Dari hasil simulasi CFD, dapat dilihat untuk *outlet temperature* dari reaktor destilasi dengan variasi 1 yang menampilkan nilai maksimum 104,95 °C dan nilai minimum 102,83 °C yang ditandai pada skala *range* warna biru. Dari data nilai maksimum dan minimum yang diperoleh, didapati nilai rata-rata *outlet temperature* sebesar 102,8 °C. Pada nilai *outlet temperature* terdapat penurunan dari nilai *inlet temperature*-nya yang bernilai 133.705 °C.

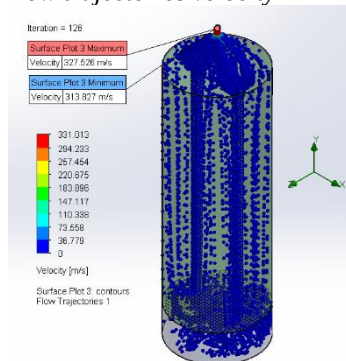
##### b. Flow trajectories pressure



**Gambar 3.** Flow trajectories pressure

Dari hasil simulasi CFD, dapat dilihat untuk *outlet pressure* dari reaktor destilasi dengan variasi 1 yang menampilkan nilai maximum 85.395,17 Pa dan nilai minimum 85.395,17 Pa yang ditandai pada skala *range* warna biru. Dari data nilai maksimum dan minimum yang diperoleh, didapati nilai rata-rata *outlet pressure* sebesar 85.395,17 Pa. Pada nilai *outlet pressure* terdapat penurunan dari nilai *inlet pressure*-nya yang bernilai 200.000 Pa.

##### c. Flow trajectories velocity



**Gambar 4.** Flow trajectories velocity

Dari hasil simulasi CFD, dapat dilihat untuk *outlet velocity* dari reaktor destilasi dengan variasi 1 yang menampilkan nilai maximum 327,52 m/s dan nilai minimum 313,82 m/s yang ditandai pada skala *range* warna merah. Dari data nilai maksimum dan minimum yang diperoleh, didapati nilai rata-rata *outlet velocity* sebesar 325,4 m/s. Pada nilai *outlet velocity* terdapat kenaikan yang sangat signifikan dari nilai *inlet velocity*-nya yang bernilai 29,37 m/s.

**Tabel 1.** Hasil simulasi CFD variasi 1

| Property        | Value     | Units |
|-----------------|-----------|-------|
| Temperature in  | 133,705   | °C    |
| Velocity in     | 29,37     | m/s   |
| Pressure in     | 200.000   | Pa    |
| Temperature out | 102,8     | °C    |
| Velocity out    | 325,4     | m/s   |
| Pressure out    | 85.395,17 | Pa    |

Perhitungan kecepatan aliran keluar adalah sebagai berikut:

Diketahui :

$$\dot{m} = 0,0556 \text{ kg/s}$$

$$T_{\text{out}} = 103,17 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$P_{\text{out}} = 0,854 \text{ bar}$$

$$\rho = 0,580 \text{ kg/m}^3$$

Ditanya :

$$v = ?$$

Dijawab :

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$A = \frac{3,14 \cdot 0,01905^2}{4}$$

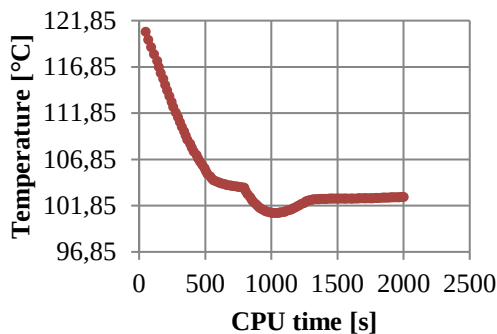
$$A = 0,000285023 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A}$$

$$v = \frac{0,0556}{0,580 \cdot 0,000285023}$$

$$v = 336,3 \text{ m/s}$$

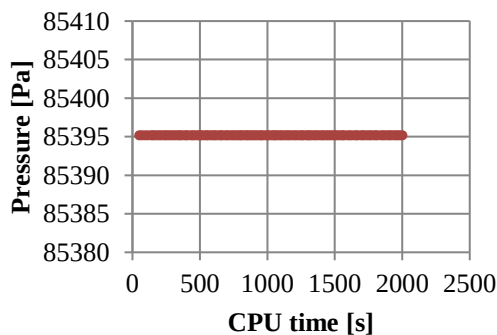
d. grafik *average temperature*



**Gambar 5.** Grafik *average temperature*

Grafik diatas menunjukkan nilai rata-rata *temperature* pada reaktor destilasi. Sumbu horizontal (x) menunjukkan CPU time simulasi, sedangkan sumbu vertikal (y) menunjukkan nilai *temperature* dengan satuan ( $^{\circ}\text{C}$ ). Dapat dilihat dari grafik di atas bahwa nilai rata-rata *temperature* untuk reaktor destilasi adalah  $102,8^{\circ}\text{C}$  yang *konvergen* pada time ke-2002 s.

e. Grafik *average pressure*

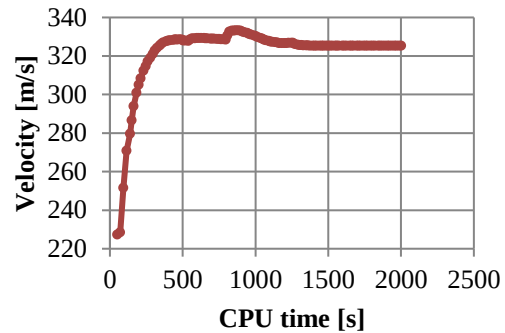


**Gambar 6.** Grafik *average pressure*

Grafik diatas menunjukkan nilai rata-rata *pressure* pada reaktor destilasi. Sumbu horizontal (x) menunjukkan CPU time simulasi, sedangkan

sumbu vertikal (y) menunjukkan nilai *pressure* dengan satuan (Pa). Dapat dilihat dari grafik di atas bahwa nilai rata-rata *pressure* untuk reaktor destilasi adalah  $85.395,17 \text{ Pa}$  yang *konvergen* pada time ke-2002 s.

f. Grafik *average velocity*

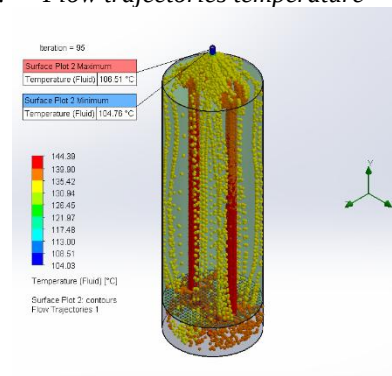


**Gambar 7.** Grafik *average velocity*

Grafik diatas menunjukkan nilai rata-rata *velocity* pada reaktor destilasi. Sumbu horizontal (x) menunjukkan iterasi simulasi, sedangkan sumbu vertikal (y) menunjukkan nilai *velocity* dengan satuan (Pa). Dapat dilihat dari grafik di atas bahwa nilai rata-rata *velocity* untuk reaktor destilasi adalah  $325,4 \text{ m/s}$  yang *konvergen* pada time ke-2002 s.

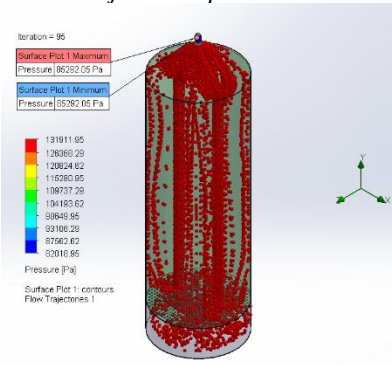
2. Simulasi CFD variasi 2

a. *Flow trajectories temperature*

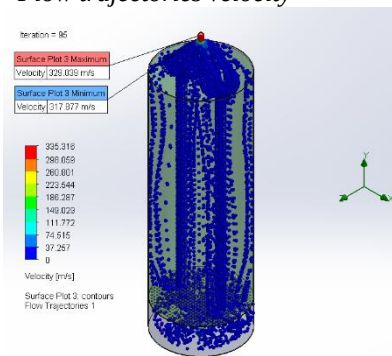


**Gambar 8.** *Flow trajectories temperature*

Dari hasil simulasi CFD, dapat dilihat untuk *outlet temperature* dari reaktor destilasi dengan variasi 2 yang menampilkan nilai maksimum  $106,51^{\circ}\text{C}$  dan nilai minimum  $104,76^{\circ}\text{C}$  yang ditandai pada skala *range* warna biru. Dari data nilai maksimum dan minimum yang diperoleh, didapati nilai rata-rata *outlet temperature* sebesar  $104,8^{\circ}\text{C}$ . Pada nilai *outlet temperature* terdapat penurunan dari nilai *inlet temperature*-nya yang bernilai  $143,762^{\circ}\text{C}$ .

b. *Flow trajectories pressure*Gambar 9. *flow trajectories pressure*

Dari hasil simulasi CFD, dapat dilihat untuk *outlet pressure* dari reaktor destilasi dengan variasi 2 yang menampilkan nilai maksimum 85.292,05 Pa dan nilai minimum 85.292,05 Pa yang ditandai pada skala *range* warna biru. Dari data nilai maksimum dan minimum yang diperoleh, didapati nilai rata-rata *outlet pressure* sebesar 85.292,05 Pa. Pada nilai *outlet pressure* terdapat penurunan dari nilai *inlet pressure*-nya yang bernilai 400.000 Pa.

c. *Flow trajectories velocity*Gambar 10. *Flow trajectories velocity*

Dari hasil simulasi CFD, dapat dilihat untuk *outlet velocity* dari reaktor destilasi dengan variasi 2 yang menampilkan nilai maksimum 329,03 m/s dan nilai minimum 317,87 m/s yang ditandai pada skala *range* warna merah. Dari data nilai maksimum dan minimum yang diperoleh, didapati nilai rata-rata *outlet velocity* sebesar 327,3 m/s. Pada nilai *outlet velocity* terdapat kenaikan yang sangat signifikan dari nilai *inlet velocity*-nya yang bernilai 21.2 m/s.

Tabel 2. Hasil simulasi CFD variasi 2

| Property        | Value   | Units |
|-----------------|---------|-------|
| Temperature in  | 143,762 | °C    |
| Velocity in     | 21,2    | m/s   |
| Pressure in     | 400.000 | Pa    |
| Temperature out | 104,8   | °C    |
| Velocity out    | 327,3   | m/s   |

|              |           |    |
|--------------|-----------|----|
| Pressure out | 85.292,05 | Pa |
|--------------|-----------|----|

Perhitungan kecepatan aliran keluar adalah sebagai berikut:

Diketahui :

$$\dot{m} = 0,0556 \text{ kg/s}$$

$$T_{\text{out}} = 104,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$P_{\text{out}} = 0,853 \text{ bar}$$

$$\rho = 0,575 \text{ kg/m}^3$$

Ditanya :

$$v = ?$$

Dijawab :

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

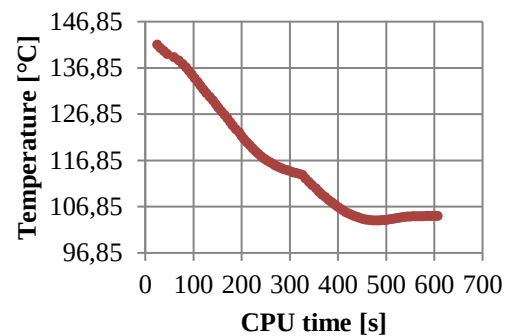
$$A = \frac{3,14 \cdot 0,01905^2}{4}$$

$$A = 0,000285023 \text{ m}^2$$

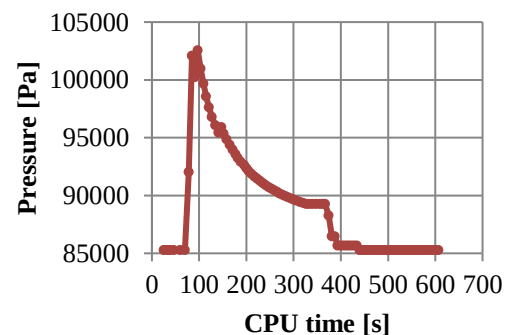
$$v = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A}$$

$$v = \frac{0,0556}{0,575 \cdot 0,000285023}$$

$$v = 339,0 \text{ m/s}$$

d. grafik *average temperature*Gambar 11. Grafik *average temperature*

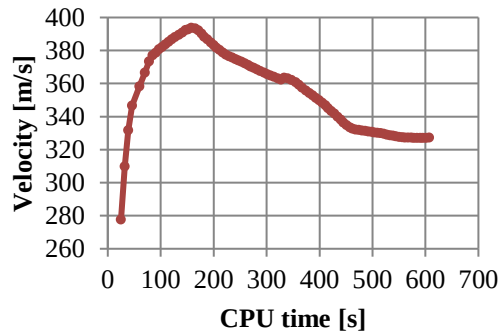
Grafik diatas menunjukkan nilai rata-rata *temperature* pada reaktor destilasi. Sumbu horizontal (x) menunjukkan CPU time simulasi, sedangkan sumbu vertikal (y) menunjukkan nilai *temperature* dengan satuan (°C). Dapat dilihat dari grafik di atas bahwa nilai rata-rata *temperature* untuk reaktor destilasi adalah 104,8°C yang konvergen pada time ke-607 s.

e. grafik *average pressure*Gambar 12. Grafik *average pressure*



Grafik diatas menunjukkan nilai rata-rata *pressure* pada reaktor destilasi. Sumbu horizontal (x) menunjukkan CPU time simulasi, sedangkan sumbu vertikal (y) menunjukkan nilai *pressure* dengan satuan (Pa). Dapat dilihat dari grafik di atas bahwa nilai rata-rata *pressure* untuk reaktor destilasi adalah 85.292,05 Pa yang *konvergen* pada time ke-607 s.

f. grafik *average velocity*



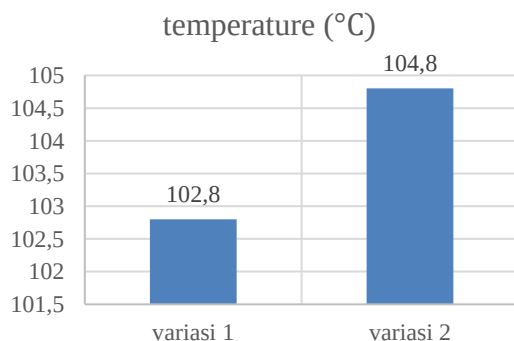
**Gambar 13.** Grafik *average velocity*

Grafik diatas menunjukkan nilai rata-rata *velocity* pada reaktor destilasi. Sumbu horizontal (x) menunjukkan CPU time simulasi, sedangkan sumbu vertikal (y) menunjukkan nilai *velocity* dengan satuan (m/s). Dapat dilihat dari grafik di atas bahwa nilai rata-rata *velocity* untuk reaktor destilasi adalah 327,3 m/s yang *konvergen* pada time ke-607 s.

#### Perbandingan Outlet

**Tabel 3.** Perbandingan outlet

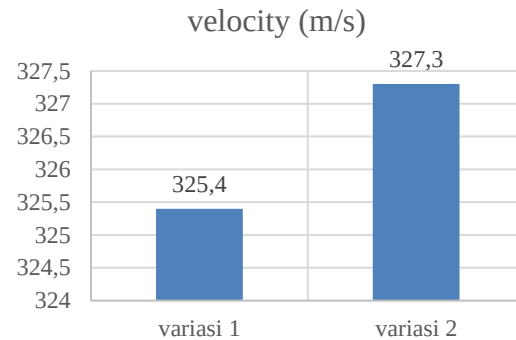
| Parameter       | Variasi 1    | Variasi 2    |
|-----------------|--------------|--------------|
| Temperature out | 102,8 °C     | 104,8 °C     |
| Velocity outl   | 325,4 m/s    | 327,3 m/s    |
| Pressure out    | 85.395,17 Pa | 85.292,05 Pa |



**Gambar 14.** Grafik perbandingan outlet temperature

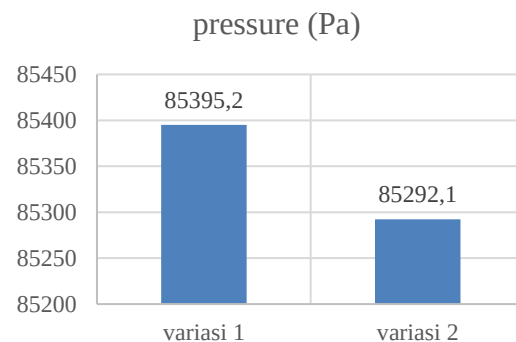
Gambar diatas memperlihatkan perbandingan temperature outlet antara variasi 1 dan variasi 2.

Pada variasi 1, suhu outlet yang dihasilkan adalah sebesar 102,8 °C. Sementara itu, variasi 2 menunjukkan suhu outlet yang lebih tinggi, yaitu sebesar 104,8 °C. Dari grafik ini terlihat bahwa terdapat selisih suhu antara kedua variasi, di mana variasi 2 menghasilkan suhu outlet yang lebih besar dibandingkan variasi 1.



**Gambar 15.** Grafik perbandingan outlet velocity

Gambar diatas menunjukkan perbandingan velocity outlet antara variasi 1 dan variasi 2. Pada variasi 1, kecepatan aliran keluar tercatat sebesar 325,4 m/s. Sedangkan pada variasi 2, nilai kecepatan meningkat menjadi 327,3 m/s. Grafik ini memperlihatkan adanya selisih kecepatan antara kedua variasi, di mana variasi 2 memiliki nilai velocity outlet yang lebih tinggi dibandingkan variasi 1.



**Gambar 16.** Grafik perbandingan outlet pressure

Gambar diatas memperlihatkan perbandingan pressure outlet antara variasi 1 dan variasi 2. Variasi 1 menunjukkan nilai tekanan keluaran sebesar 85.395,2 Pa, sedangkan pada variasi 2 nilainya lebih rendah, yaitu sebesar 85.292,1 Pa. Berdasarkan grafik tersebut, terlihat bahwa variasi 1 memiliki tekanan keluaran yang lebih tinggi dibandingkan variasi 2. Selisih tekanan ini ditampilkan dengan jelas melalui perbedaan tinggi batang pada diagram.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan simulasi CFD pada reaktor destilasi minyak atsiri daun galam berkapasitas 100 kg, dapat disimpulkan:

1. Temperatur, tekanan, dan kecepatan uap dari reaktor berhasil dianalisis menggunakan

- metode CFD melalui SolidWorks Flow Simulation.
2. Pengaruh variasi tekanan terhadap performa fluida pada outlet menunjukkan perbedaan signifikan. Pada tekanan 2 bar, nilai outlet temperature sebesar 102,8 °C, outlet velocity 325,4 m/s, dan outlet pressure 85.395,17 Pa. Pada tekanan 4 bar, nilai outlet temperature meningkat menjadi 104,8 °C, outlet velocity menjadi 327,3 m/s, namun outlet pressure sedikit menurun menjadi 85.292,05 Pa. Pada nilai *outlet velocity*, didapati nilai tersebut naik secara signifikan yang disebabkan oleh perbedaan luas penampang pada *outlet* reaktor sehingga *outlet velocity*-nya naik.
  3. Perhitungan pada *outlet velocity* juga dilakukan untuk memvalidasi nilai hasil dari simulasi CFD pada *outlet velocity*. Hasil dari perhitungan *outlet velocity* variasi 1 adalah 336,3 m/s dan hasil dari perhitungan *outlet velocity* variasi 2 adalah 339,0 m/s. nilai dari perhitungan ini tidak terlalu jauh berbeda dengan nilai dari hasil simulasi CFD yang dilakukan.
  4. Tekanan 4 bar memberikan performa aliran yang lebih cepat dan distribusi suhu yang lebih tinggi, yang mengindikasikan efisiensi perpindahan panas lebih baik. Namun, tekanan outlet sedikit lebih rendah dibandingkan tekanan 2 bar, menandakan adanya penurunan tekanan yang lebih besar.
  5. Simulasi ini menunjukkan bahwa penggunaan metode CFD dapat menjadi pendekatan yang efektif untuk mengevaluasi performa termal dan aliran fluida di dalam sistem distilasi sebelum dilakukan eksperimen fisik.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Bengkalis khususnya Jurusan Teknik Mesin, Program Studi Sarjana Terapan Teknik Mesin Produksi & Perawatan atas dukungan fasilitas dan bimbingan selama penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Bapak Alfansuri, S.T., M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, dan motivasi. Penghargaan setinggi-tingginya diberikan kepada rekan-rekan, keluarga, dan semua pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

Achmad Ramadhan Muzaki, Fajar Anggara. (2022). Simulasi Kontur Distribusi Suhu Dan Kecepatan *Fluida* Pada *Heat Exchanger Type Shell And Tube* Aliran Dua Stage Sistem *Counter Flow* Dengan *Computational Fluid Dynamics (CFD)*. Universitas Mercu Buana, 6-13.

- Alfansuri, A., Izan, I., & Tedyyana, A. (2025). *Serai wangi dan teknologi penyulingan: Panduan lengkap pengembangan minyak atsiri*. Penerbit Insan Cendekia Mandiri.
- Alfiandrey, R. (2024). *Analisis Efisiensi Alat Destilasi Asap Cair Full Bambu Menggunakan Metode Simulasi CFD* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Bengkalis).
- Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. (2010). *Teknologi penyulingan minyak atsiri skala rumah tangga dan industri*. Jakarta: BPPT Press.
- Beer, F. P., Johnston, E. R., DeWolf, J. T., & Mazurek, D. F. (2015). *Mechanics of Materials* (7th ed.). McGraw-Hill Education.
- Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2014). *Materials Science and Engineering: An Introduction* (9th ed.). John Wiley & Sons.
- Candelier, K., Thevenon, M. F., Petrisans, M., Dumarcay, S., Gerardin, P., & Petrisans, A. (2013). Control of wood thermal treatment and its effects on decay resistance: A review. *Annals of Forest Science*, 70(7), 701–712.
- Çengel, Y. A., & Boles, M. A. (2015). *Thermodynamics: An Engineering Approach* (8th ed.). McGraw-Hill Education.
- Çengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2014). *Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications* (3rd ed.). McGraw-Hill Education.
- Fathoni, W., & Novianto, S. (2018). Analisa Aliran *Fluida* (Fully Developed Flow) Pada Pipa Circular Dengan Menggunakan CFD Fluent. *Jurnal Teknik Mesin Untirta*, 4(2), 78-86.
- Jaya Riadi, N. (2022). *RANCANG BANGUN REAKTOR DESTILASI TERKONTROL UNTUK MENGONVERSI OLI BEKAS MENJADI BAHAN BAKAR DIESEL* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Kalimantan MAB).
- Kholili, N., Siswadi, S., & Hindratmo, A. (2023). Perancangan Desain Penerapan Double Reaktor Pada Mesin Pirolisis Untuk Pembakaran Sampah Plastik. *JURNAL TECNOSCIENZA*, 7(2), 352-365.
- Liu, J., Cheng, W., Jiang, X., Khan, M., Zhang, Q., & Cai, H. (2020). Effect of extractives on the physicochemical properties of biomass pellets: Comparison of pellets from extracted and non-extracted sycamore leaves. *BioResources*, 15(1), 544.
- Mustiadi, L., Astuti, S., & Purkuncoro, A. E. (2020). Buku Ajar Distilasi Uap dan Bahan Bakar Pelet Arang Sampah Organik.
- Pardi, Afrinatoni, Romadhoni. (2021). Simulasi



- Aliran Emisi Gas CO Pada Cerobong Asap Las Galangan Kapal Baja Menggunakan Pendekatan CFD. Politeknik Negeri Bengkalis, 28-34.
- Ramadhan, M. F., & Ichsani, D. (2017). Simulasi Distribusi Kecepatan Aliran Uap Melalui Turbin Ventilator Valve yang Mengenai Permukaan Pipa Kondensor dengan Penambahan Sheet Protection Berbentuk Chevron. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2).
- Setyawan, A. D., Nugraha, R., & Saputra, A. (2018). Potensi daun galam (*Melaleuca leucadendra*) sebagai sumber minyak atsiri. *Jurnal Biologi Indonesia*, 14(2), 123–132.
- Siahaan, E. F. J. (2024). *Perancangan Dan Analisa Kondensor Pada Alat Pirolisis Pelepah Kelapa Sawit Kapasitas 150 Kg* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Bengkalis).
- Versteeg, H. K. (2007). *An introduction to computational fluid dynamics the finite volume method*, 2/E. Pearson Education India.
- Yohana, E., Yunianto, B., & Diana, A. E. (2017). Simulasi Distribusi Temperatur Dan Kelembaban Relatif Ruangan Dari Sistem Dehumidifikasi Menggunakan Computational Fluids Dynamics (CFD). *ROTASI*, 19(1), 1-11.