

## STUDI FAKTOR PERSEBARAN SUHU DAN ALIRAN FLUIDA DALAM PENGERING PAKAIAN MENGGUNAKAN METODE NUMERIK DAN CFD

Aris Haryanto<sup>1</sup>, Edi Sutoyo<sup>2</sup>, Setya Permana Sutisna<sup>3</sup>

<sup>123</sup>Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor  
e-mail: haryantoaris12@gmail.com

### ABSTRAK

Pada desain sistem pengering supaya mendapatkan desain dengan kinerja efisiensi tinggi memerlukan lebih banyak biaya dan waktu karena terdapat banyak variabel yang perlu diperhitungkan. Untuk mengatasi masalah ini, penelitian ini melakukan simulasi distribusi suhu di ruang pengering menggunakan metode CFD. Ruang pengering akan dianalisis menggunakan 3 skenario geometri yaitu kotak (balok), bulat (tabung), dan poligon (prisma). Pada dasarnya, perbedaan dalam skenario ke-1 hingga ke-3 adalah dalam posisi geometri dan kipas *inlet*, sedangkan komponen dan dimensi (volume) dari ruang pengering dibuat sama sehingga data yang diperoleh lebih valid. Hasil simulasi skenario 1 mendapatkan suhu rata-rata 39,08 °C, hasil simulasi skenario 2 mendapatkan suhu rata-rata 38,98 °C, hasil simulasi skenario 3 mendapatkan suhu rata-rata 34,77 °C sehingga disimpulkan bahwa simulasi suhu paling seragam berada di skenario 2 dengan ruang pengering bulat.

**Kata kunci:** geometri, metode cfd, ruang pengering, simulasi, suhu.

### ABSTRACT

*The design of a dryer system to get a design with high-efficiency performance requires more cost and time, considering the number of design variables that can be changed. To overcome this problem in this study simulation of suhu distribution in the drying chamber using the CFD method. The drying chamber will be analyzed using 3 geometry scenarios namely box (beam), round (tube) and polygon (prism). Basically, the difference in 1-3 scenarios is in the geometry and inlet fan position, while the components and dimensions (volume) of the drying chamber are made the same so that the data obtained is more valid. The simulation results of scenario 1 get an average temperature of 39,08 °C, the simulation results of scenario 2 get an average temperature of 38.98 °C, the simulation results of scenario 3 get an average temperature of 34,77 °C, so it is concluded that the simulation the most uniform temperature is scenario 2 with a round drying chamber.*

**Keywords :** cfd method, drying chamber, geometry, simulation, temperature

## 1. PENDAHULUAN

Semakin tingginya aktifitas manusia *modern* mengharuskan segala sesuatu berjalan secara cepat dan juga terkontrol. Terutama aktifitas mencuci dan menjemur pakaian. Dalam kondisi normal biasanya pakaian akan dikeringkan di bawah sinar matahari. Namun cara ini kurang efektif dikarenakan memerlukan waktu yang lama, terutama bila keadaan cuaca mendung. Saat ini telah banyak beredar di masyarakat mesin pengering khusus yang dijual di pasaran. Sebagian besar mesin pengering tersebut menggunakan gas untuk pemanas dan

listrik untuk pengaturan. Mesin yang beredar, pada umumnya, memiliki kapasitas besar dan harga yang tinggi karena mesin tersebut digunakan untuk kegiatan usaha. Oleh karena itu, mesin tersebut kurang efisien untuk peralatan rumah tangga sehari-hari. Perancangan sebuah sistem pengering untuk mendapatkan desain dengan performa yang memiliki efisiensi yang tinggi memerlukan biaya dan waktu yang lebih banyak karena banyaknya variabel desain yang bisa dirubah, besarnya perubahan itu, serta menganalisa efek dari perubahan tersebut (Marpuah, 2010). Ada banyak kendala dalam hal keseragaman suhu ruang yang

berakibat pada kurang efektifnya proses pengeringan, hal itu bisa disebabkan pada penempatan sumber pemanas dan kipas di dalam ruang pengering (Tardiana, 2017). Upaya mengatasi hal tersebut dalam penelitian ini dilakukan simulasi sebaran suhu di ruang pengering menggunakan metode CFD (Computational Fluid Dynamics) (Ciptaningtyas, 2011; Widodo, 2009).

Hal yang perlu diperhatikan yaitu panas yang sesuai dan aliran udara yang dihasilkan agar kelembaban udara dalam ruang pengering menjadi rendah sehingga kandungan air di dalam pakaian menguap dan menjadikan pakaian mengering. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi sebaran suhu dan laju aliran udara yang dihembuskan kipas di dalam ruang pengering dan mengidentifikasi sebaran suhu di dalam ruang pengering.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Tempat

Tempat melaksanakan perancangan dan penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Struktur Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Ibnu Khaldun Bogor. Waktu penelitian pada bulan Januari sampai dengan Juli.

### 2.2 Alat dan Bahan

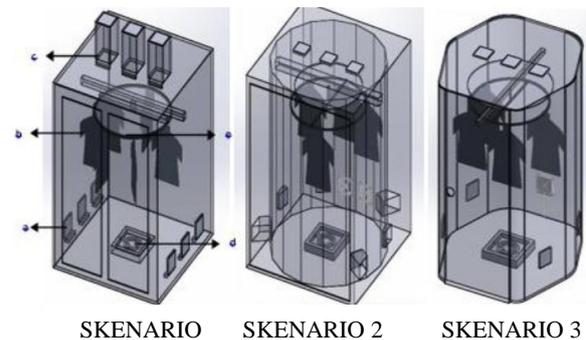
Bahan yang dikaji adalah model pengering dengan tiga bentuk ruang pengering. Alat yang digunakan yaitu satu personal computer yang sudah terpasang *Software Solidwork Flow Simulation*.

Model ruang pengering pakaian terdiri dari beberapa bagian yaitu, panjang ( $p$ ) = 1.100 mm, lebar ( $l$ ) = 1.100 mm, tinggi ( $t$ ) = 1.500 mm, luas alas = 121.000 mm<sup>2</sup>, volume = 1.815 × 10<sup>9</sup> mm<sup>3</sup>. Dinding dan atap menggunakan papan partikel dengan tebal 0,008 mm, dan dilapisi dengan *stainless steel* untuk menahan panas

### 2.3 Pembuatan Desain Ruang Pengering Menggunakan *Software Solidworks*

Ruang pengering yang akan dianalisis menggunakan 3 skenario geometri yaitu kotak (balok), bulat (tabung) dan poligon (prisma). Pada dasarnya perbedaan pada skenario ke-1 hingga skenario ke-3 adalah pada geometri dan letak kipas inlet. Komponen dan dimensi (volume) ruang pengering dibuat sama agar data yang diperoleh lebih

valid. Desain skenario ke-1 hingga skenario ke-3 dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Ruang pengering pakaian (sumber: Tardiana, et. al, 2017)

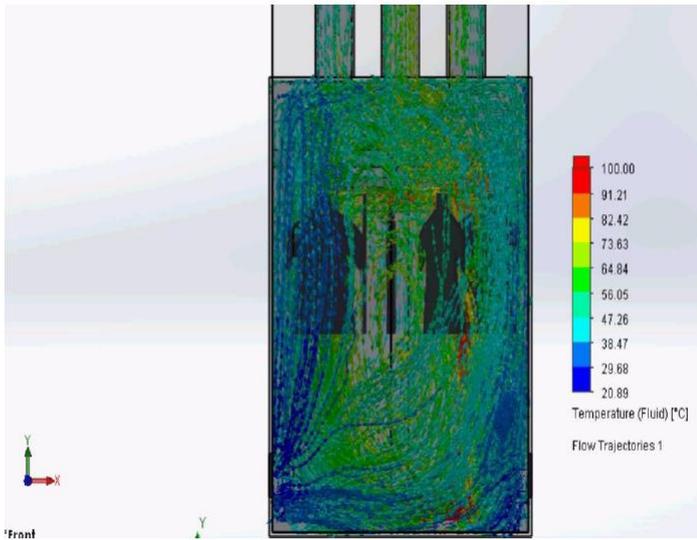
Tahapan proses simulasi CFD yaitu pertama, pembuatan geometri pengering meliputi bangunan (atap, lantai, dan dinding), kipas *inlet* (kecepatan udara masuk), dan *outlet* (kecepatan udara keluar). Kedua, penentuan *mesh* volume pada geometri yang telah dibuat dengan melakukan pendefinisian variabel operasi seperti sifat termal bahan, koefisien pindah panas, kondisi batas (dinding, *inlet*, *outlet*, kecepatan, tekanan, radiasi, RH, suhu HE dan variabel turbulensi), model simulasi, dan satuan yang digunakan pada geometri. Ketiga, pendefinisian material komponen bangunan. Keempat, penentuan zona simulasi (*cut plot*) dan pola aliran fluida (*flow trajectories*) yang divisualisasikan, parameter hasil (*goals*), dan titik-titik pengamatan (*point parameters*).

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

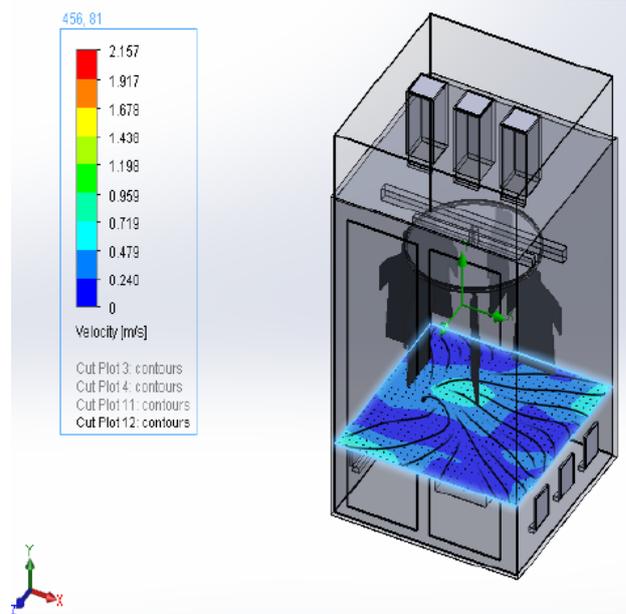
Hasil penelitian berupa simulasi sebaran suhu. Simulasi dilakukan dengan bantuan *flow simulation* pada software solidworks untuk memperoleh sebaran suhu udara pengering pada skenario ke-1 sampai dengan ke-3.

### 3.1 Hasil simulasi Skenario 1 Ruang Pengering dengan Bentuk Balok (Kotak)

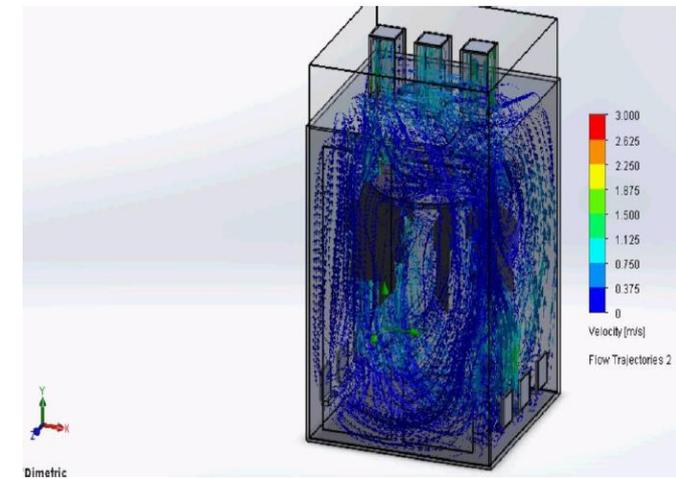
Hasil simulasi sebaran suhu dan kecepatan udara ruang pengering kotak terdapat pada Gambar 2.



Gambar 2. Simulasi sebaran suhu pada ruang pengering berbentuk kotak



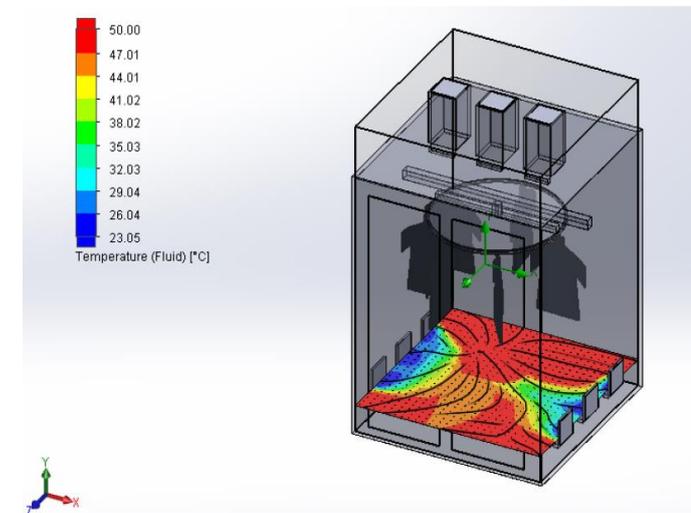
Gambar 5. Sebaran suhu terendah pada bagian layer bawah



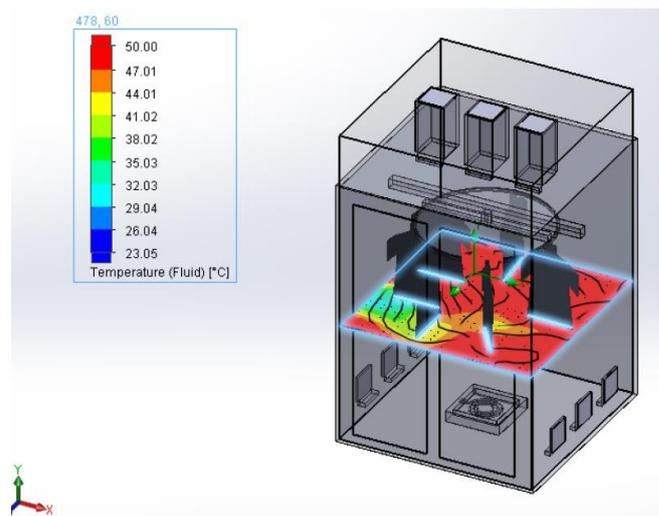
Gambar 3. Simulasi sebaran suhu rata-rata

Suhu rata-rata pada distribusi suhu ruang pengering pada layer bawah ( $Y = 400 \text{ mm}$ ) adalah  $37,05^\circ\text{C}$ , dan seperti yang terlihat pada warna biru di Gambar 5 menunjukkan suhu paling rendah dan warna merah menunjukkan suhu paling tinggi karena posisinya berada dekat dengan sumber panas (Gambar 4).

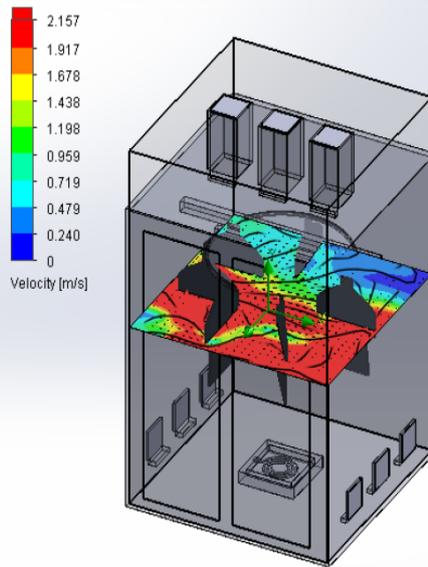
Gambar 6 menunjukkan hasil sebaran udara di dalam ruang pengering skenario ke-1 (tipe kotak) pada  $Y= 400 \text{ mm}$ . Dapat dilihat bahwa pola aliran udara terkonsentrasi di tengah ruang pengering. Kecepatan udara tertinggi berada pada segmen yang dekat dengan lubang *inlet* berkisar antara  $0,479 \text{ m/s}$  sampai dengan  $0,959 \text{ m/s}$  sementara pada sisi bagian tengah ruang kisaran kecepatan udara pada rentang  $0$  sampai dengan  $0,959 \text{ m/s}$ .



Gambar 4. Sebaran suhu tertinggi pada bagian layer bawah

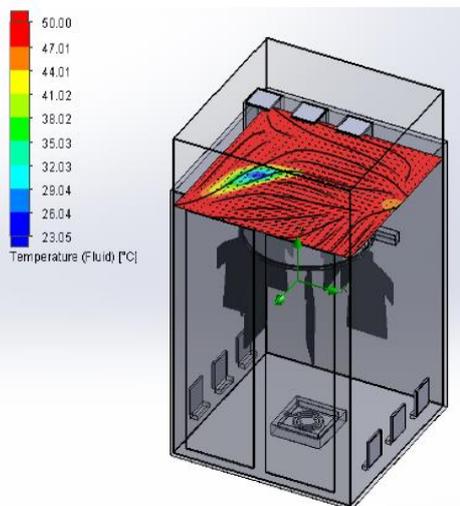


Gambar 6. Sebaran suhu skenario 1 ( $Y=400$ )



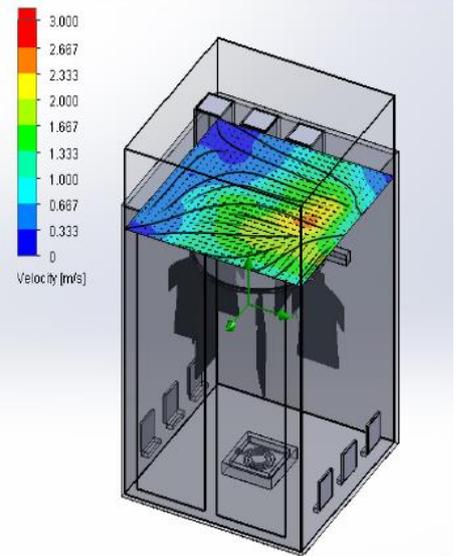
Gambar 7 Suhu rata-rata distribusi ruang pengering

Suhu rata-rata pada distribusi suhu ruang pengering pada layer bawah ( $Y = 800$  mm) adalah  $39,08^{\circ}\text{C}$ , dan seperti yang terlihat pada Gambar 7, warna biru menunjukkan suhu paling rendah dan warna merah menunjukkan suhu paling tinggi. Gambar 8 menunjukkan hasil sebaran udara di dalam ruang pengering skenario 1 ( tipe kotak ) pada  $Y = 800$  mm. Dapat dilihat bahwa pola aliran udara terkonsentrasi di tengah ruang pengering. Kecepatan udara tertinggi berada pada segmen yang dekat dengan lubang inlet berkisar antara  $1,679$  m/s sampai dengan  $2,157$  m/s sementara pada sisi bagian tengah ruang kisaran kecepatan udara pada rentang 0 sampai dengan  $2,157$  m/s.



Gambar 8. Sebaran suhu skenario 1 ( $Y=800$ )

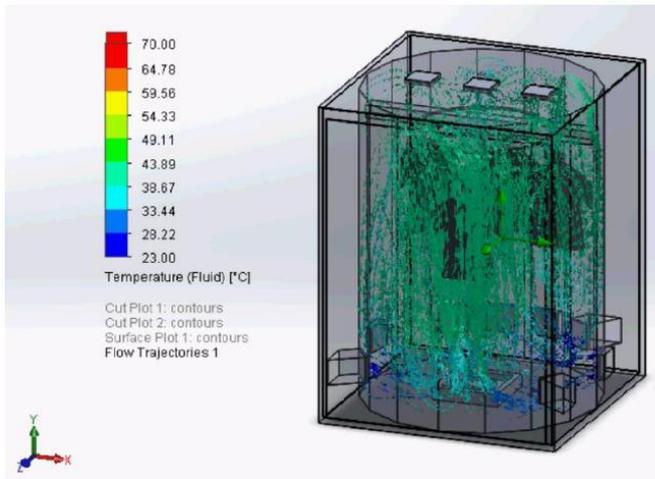
Suhu rata-rata pada distribusi suhu ruang pengering pada  $Y = 1.200$  mm adalah  $38,54^{\circ}\text{C}$ . Pada Gambar 9, warna biru menunjukkan suhu paling rendah dan warna merah menunjukkan suhu paling tinggi. Gambar 9 menunjukkan hasil sebaran udara di dalam ruang pengering skenario 1 ( tipe kotak ) pada  $Y=1.200$  mm . Dapat dilihat bahwa pola aliran udara terkonsentrasi di tengah ruang pengering. Kecepatan udara tertinggi berada pada segmen yang dekat dengan lubang inlet berkisar antara  $1,667$  m/s sampai dengan  $2,667$  m/s sementara pada sisi bagian tengah ruang kisaran kecepatan udara pada rentang 0 sampai dengan  $2,667$  m/s.



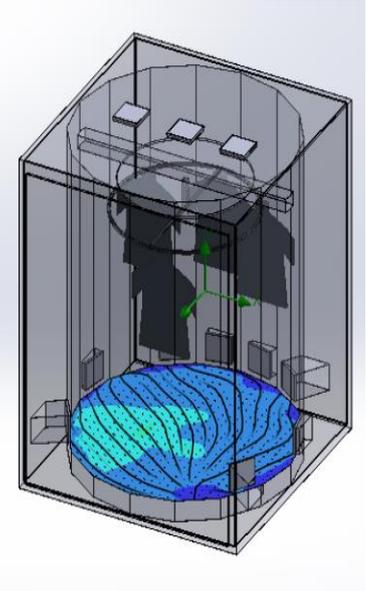
Gambar 9. Sebaran suhu ( $Y = 1200$ )

### 3.2 Skenario 2 Ruang Pengering dengan Bentuk Tabung (Bulat)

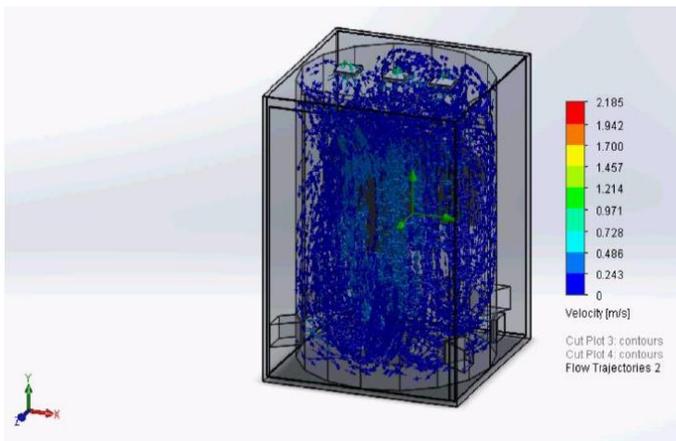
Hasil Simulasi sebaran suhu dan kecepatan udara ruang pengering bulat secara kualitatif terlihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Simulasi suhu dan kecepatan udara



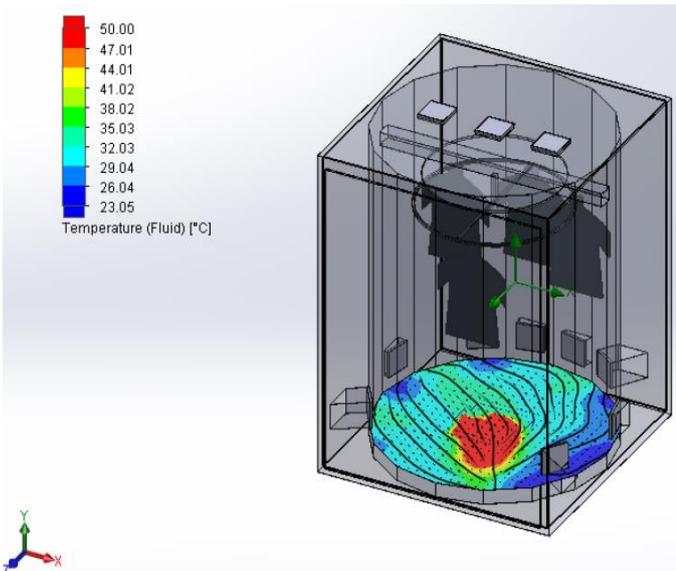
Gambar 13. Sebaran suhu terendah pada bagian layer bawah



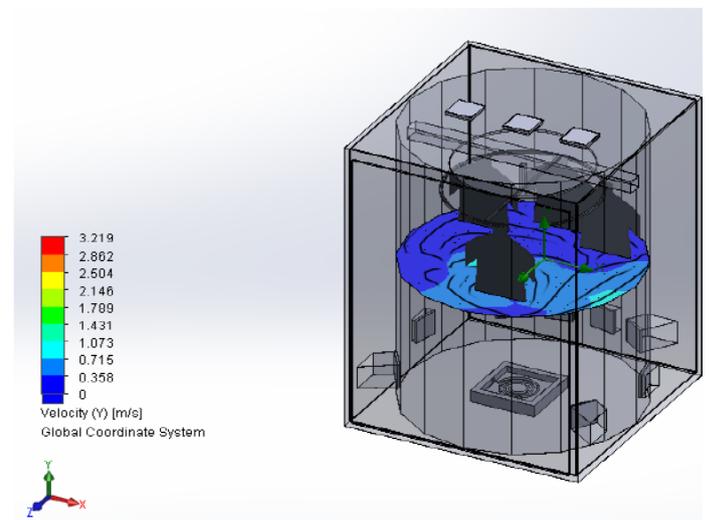
Gambar 11. Simulasi sebaran suhu rata-rata



Suhu rata-rata pada distribusi suhu ruang pengering pada  $Y = 400 \text{ mm}$  adalah  $38,52 \text{ }^\circ\text{C}$ . Pada Gambar 14 warna biru menunjukkan suhu paling rendah dan warna biru muda menunjukkan suhu paling tinggi. Gambar 15 hasil simulasi kecepatan udara yang mendominasi adalah warna biru dan hijau muda pada area yang terdapat baju. Warna hijau pada bagian kipas *inlet* dan kipas *outlet* menunjukkan nilai kecepatan udara tertinggi. Sebaran suhu pada ruang pengering bulat menunjukkan keseragaman terutama pada bagian yang terdapat baju. Hal ini dikarenakan kipas *input* terletak melingkar sehingga aliran udara yang membawa panas dari *heater* beredar dan berpusat ditengah sehingga membawa udara panas ke atas secara hampir bersamaan.

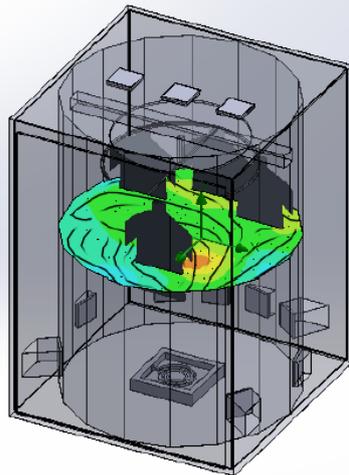
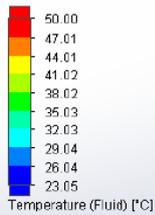


Gambar 12. Simulasi suhu tertinggi pada layer bagian bawah



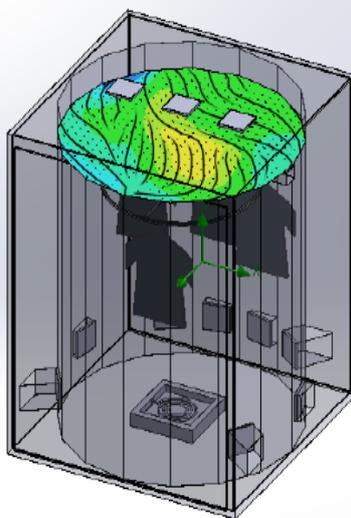
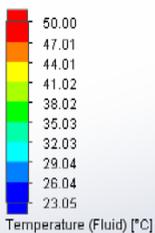
Gambar 14. Sebaran suhu rata-rata distribusi ruang pengering ( $Y=400 \text{ mm}$ )





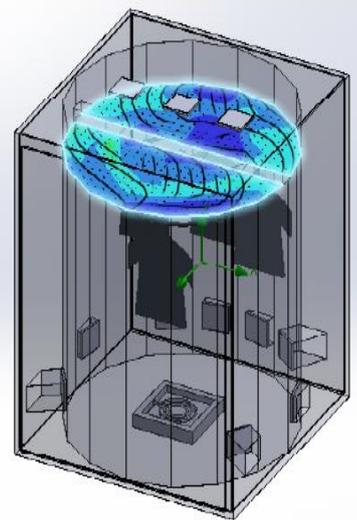
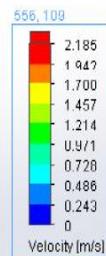
Gambar 15. Simulasi hasil kecepatan pada bagian kipas

Suhu rata-rata pada distribusi suhu ruang pengering pada  $Y = 800$  mm adalah  $36,52^{\circ}\text{C}$ . Pada Gambar 16 warna biru menunjukkan suhu paling rendah dan warna biru muda menunjukkan suhu paling tinggi. Gambar 16 menunjukkan hasil sebaran udara di dalam ruang pengering skenario 2 (tipe bulat) pada  $Y=800$  mm. Pola aliran udara terkonsentrasi di tengah ruang pengering. Kecepatan udara tertinggi berada pada segmen yang dekat dengan lubang *inlet* berkisar antara  $0,368$  m/s sampai dengan  $1,073$  m/s. Sementara pada sisi bagian tengah ruang kisaran kecepatan udara pada rentang 0 sampai dengan  $0,368$  m/s.



Gambar 16. Simulasi suhu rata-rata distribusi ruang pengering ( $Y=800$  mm)

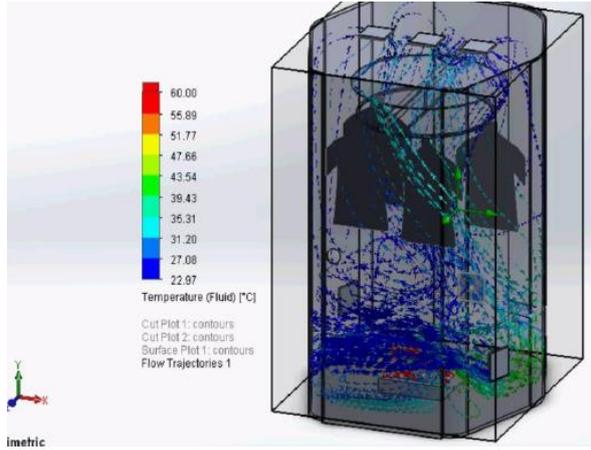
Suhu rata-rata pada distribusi suhu ruang pengering pada  $Y = 1.200$  mm (Gambar 17) adalah  $45,22^{\circ}\text{C}$ . Pada Gambar 17 warna biru menunjukkan suhu paling rendah dan warna biru muda menunjukkan suhu paling tinggi. Gambar 17 menunjukkan hasil sebaran udara di dalam ruang pengering skenario 2 (tipe bulat) pada  $Y = 1.200$  mm. Dapat dilihat bahwa pola aliran udara terkonsentrasi di tengah ruang pengering. Kecepatan udara tertinggi berada pada segmen yang dekat dengan lubang outlet berkisar antara  $0,486$  m/s sampai dengan  $0,971$  m/s. Sementara pada sisi bagian tengah ruang kisaran kecepatan udara pada rentang 0 sampai dengan  $0,971$  m/s.



Gambar 17. Simulasi distribusi suhu rata-rata ruang pengering

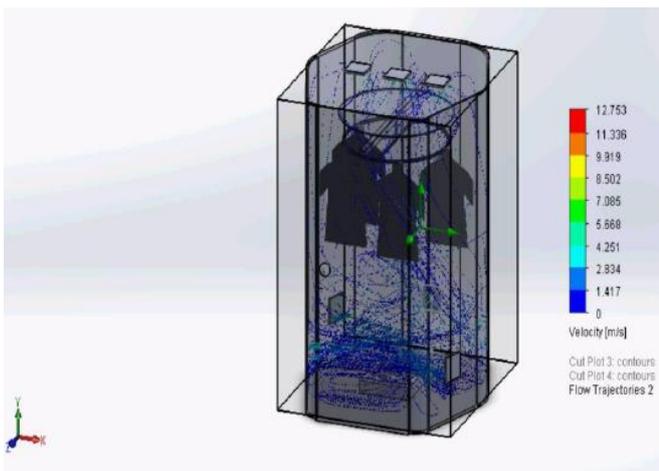
### 3.3 Skenario 3 Ruang Pengering Dengan Bentuk Poligon

Hasil simulasi sebaran suhu dan kecepatan (Gambar 19) suhu udara ruang pengering poligon secara kualitatif terdapat pada Gambar 18.

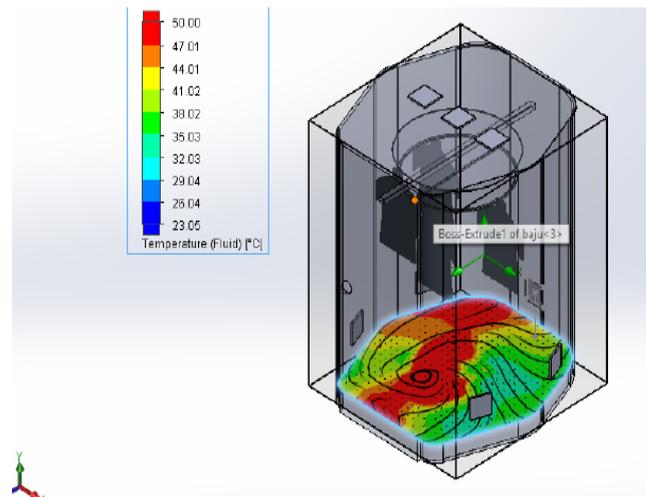


Gambar 18. Simulasi sebaran suhu

Suhu rata-rata pada distribusi suhu ruang pengering pada  $Y = 400 \text{ mm}$  (Gambar 22) adalah  $40,54^\circ\text{C}$ . Pada Gambar 22 warna biru menunjukkan suhu paling rendah dan warna biru muda menunjukkan suhu paling tinggi. Gambar 23 menunjukkan hasil sebaran udara di dalam ruang pengering skenario 3 (tipe poligon) pada  $Y = 400 \text{ mm}$ . Dapat dilihat bahwa pola aliran udara terkonsentrasi di tengah ruang pengering. Kecepatan udara tertinggi berada pada segmen yang dekat dengan lubang *inlet* berkisar antara  $1,141 \text{ m/s}$  sampai dengan  $2,890 \text{ m/s}$ . Sementara pada sisi bagian tengah ruang kisaran kecepatan udara pada rentang 0 sampai dengan  $2,890 \text{ m/s}$ .

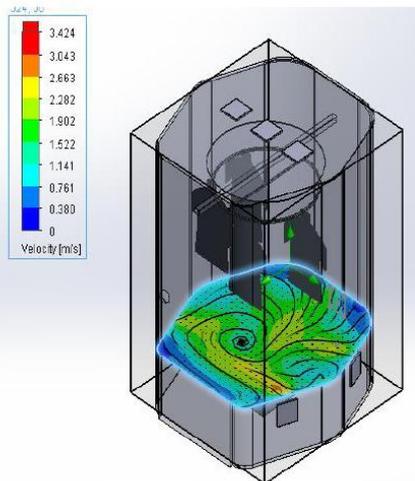


Gambar 19. Simulasi kecepatan

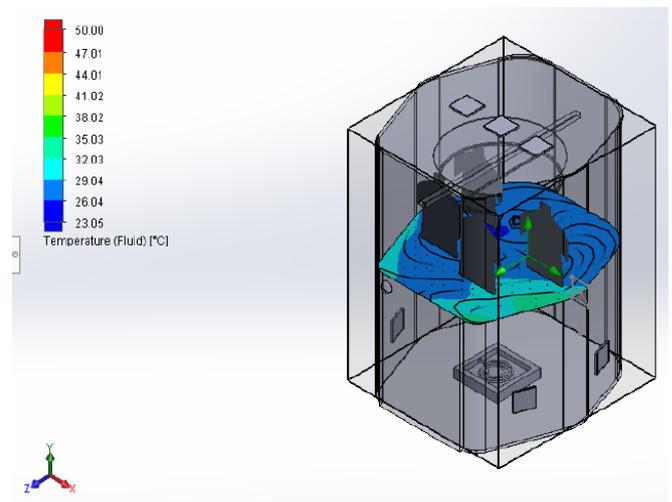


Gambar 21. Simulasi suhu tertinggi pada bagian layer bawah

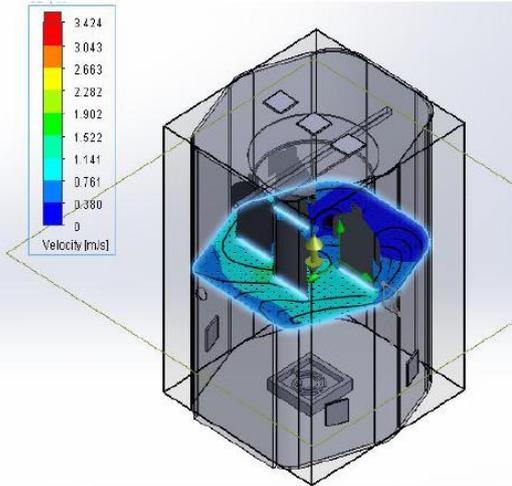
Simulasi suhu terendah dan tertinggi (bagian layer bawah) disajikan pada Gambar 20 dan 21.



Gambar 20. Simulasi suhu terendah pada bagian layer bawah

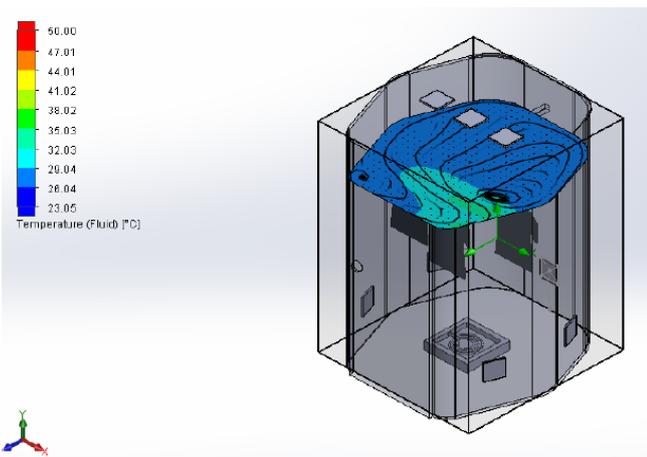


Gambar 22. Simulasi suhu rata-rata  $Y=400 \text{ mm}$



Gambar 23. Simulasi sebaran udara dan kecepatan

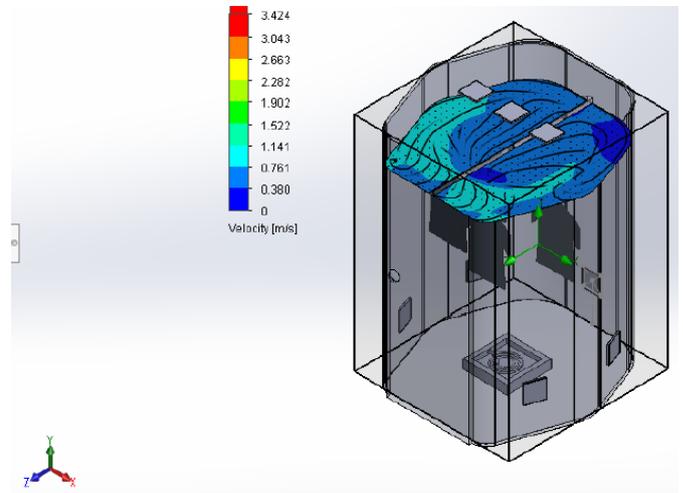
Suhu rata-rata pada distribusi suhu ruang pengering pada  $Y = 800$  mm adalah  $33,53$  °C, dan seperti yang terlihat pada warna biru menunjukkan suhu paling rendah dan warna biru muda menunjukkan suhu paling tinggi. Gambar 22 sebaran suhu pada ruang pengering poligon menunjukkan adanya ketidakseragaman terutama pada bagian yang terdapat baju. Hal ini dikarenakan kipas *input* terletak berhadapan sehingga aliran udara yang membawa panas dari *heater* hanya terjadi pada kipas *inlet* bagian kanan, sedangkan kipas *inlet* bagian kiri aliran udaranya langsung mengarah ke atas karena terdorong aliran udara dari kipas bagian kanan yang mengarah ke bagian *heater*.



Gambar 24. Simulasi distribusi suhu rata-rata dan kecepatan putar

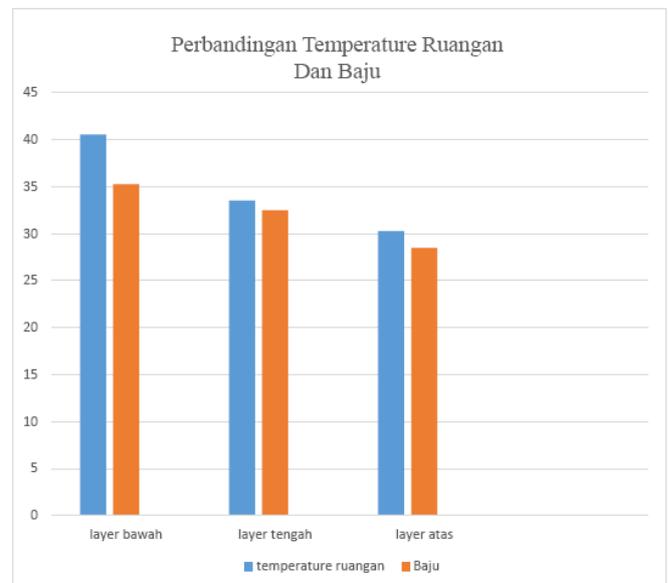
Suhu rata-rata pada distribusi suhu ruang pengering pada  $Y = 1.200$  mm adalah  $30,26$  °C. Pada Gambar 25, warna biru menunjukkan suhu paling rendah dan warna biru muda menunjukkan suhu paling tinggi. Gambar 25 menunjukkan hasil sebaran udara di dalam ruang pengering skenario

3 (tipe poligon) pada  $Y = 1.200$  mm dapat dilihat bahwa pola aliran udara terkonsentrasi di tengah ruang pengering. Kecepatan udara tertinggi berada pada segmen yang dekat dengan lubang inlet berkisar antara  $0,761$  m/s sampai dengan  $1,522$  m/s. Sementara pada sisi bagian tengah ruang kisaran kecepatan udara pada rentang  $0$  sampai dengan  $1,522$  m/s.

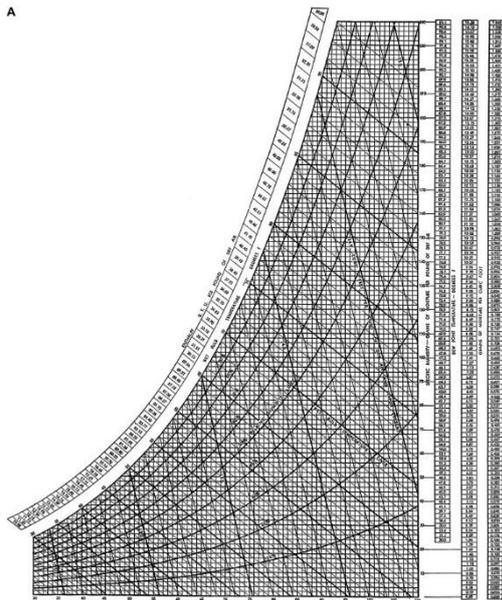


Gambar 25. Simulasi suhu kecepatan dalam ruang pengering ( $Y=1200$ )

Gambar 26 dapat menggambarkan sebaran suhu tertinggi, yaitu didapat pada layer bawah. Sementara layer atas didapatkan suhu paling rendah.



Gambar 26 Suhu ruangan dan baju



Gambar 27. Psychrometric chart  
(sumber: Balmer, 2011)

Dari Psychrometric Chart di atas didapatkan besaran *Relative Humidity* (RH) pada pengering kotak yaitu sebesar 62 %, dimana RH di skenario 3 ini lebih besar diantara skenario yang lainnya.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi skenario ke-1 per layer di dapatkan suhu maksimum sebesar  $39,08^{\circ}\text{C}$  yang terdapat pada layer tengah. Kemudian suhu terendah berada pada layer bagian atas sebesar  $37,54^{\circ}\text{C}$ . Oleh karena itu, didapatkan rata-rata suhu setiap layer di skenario 1 ini sebesar  $38,29^{\circ}\text{C}$  dan RH sebesar 40 %.

Dari hasil simulasi skenario ke-2 per layer didapatkan suhu maksimum sebesar  $39,62^{\circ}\text{C}$  yang terdapat pada layer atas. Kemudian suhu terendah berada pada layer bagian tengah dan atas sebesar  $36,52^{\circ}\text{C}$ . Maka, didapatkan rata-rata suhu setiap layer di skenario 2 ini sebesar  $38,98^{\circ}\text{C}$  dan RH sebesar 42%.

Dari hasil simulasi skenario ke-3 per layer didapatkan suhu maksimum sebesar  $49,05^{\circ}\text{C}$  yang terdapat pada layer bawah. Kemudian suhu terendah berada pada layer bagian atas sebesar  $35,03^{\circ}\text{C}$ . Maka, didapatkan rata-rata suhu setiap layer di skenario 2 ini sebesar  $34,77^{\circ}\text{C}$  dan RH sebesar 62 %.

Dari hasil ketiga simulasi skenario tersebut disimpulkan bahwa simulasi sebaran suhu yang paling seragam terjadi pada skenario 2 dengan ruang pengering berbentuk bulat. Hal ini dikarenakan bentuk ruang yang bulat tidak

memiliki sudut yang dapat menghambat pendistribusian suhunya optimal menyebar ke semua ruangan.

#### REFERENSI

- Balmer, R. T. (2011). *Modern engineering thermodynamics-textbook with tables booklet*. Academic Press.
- Ciptaningtyas, D. (2011). *Simulasi Pola Sebaran Suhu Media Tanam Arang Sekam pada Sistem Hidroponik Substrat dengan Menggunakan Computational Fluid Dynamics* (Skripsi), Institut Pertanian Bogor, Bogor (ID). <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/49892>
- Marpuah, D. (2010). *Pembuatan Prototipe Alat Pengering Pakaian Berbasis Mikrokontroler AT89S51*. (Skripsi), Universitas Sebelas Maret Surakarta. <https://eprints.uns.ac.id/id/eprint/10335>
- Tardiana, A. A. (2017). *Rancang Bangun Kontruksi Pengering Pakaian dengan Energi Listrik Sebagai Sumber Panas*. (Skripsi), Universitas Ibnu Khaldun Bogor, Bogor (ID).
- Tardiana, A. A., Hartono, B., & Sutisna, S. P. (2017). Perancangan dan simulasi distribusi suhu pengering pakaian dengan menggunakan software solidworks. *Jurnal Poli-Teknologi*, 16(3).
- Widodo, P. (2009). *Kajian Pola Sebaran Aliran Udara Panas Pada Model Pengering Efek Rumah Kaca Hibrid Tipe Rak Berputar Menggunakan Computational Fluid Dynamics*. (Tesis), Institut Pertanian Bogor, Bogor (ID).