

## Simulasi Computational Fluid Dynamic (CFD) Rumah Pengereng Kopi Menggunakan Plastik UltraViolet (UV) Solar Dryer

Yoseph P. Ndeo<sup>1</sup>, Verdy A. Koehuan<sup>1</sup>, Wenseslaus Bunganaen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana

Jl. Adi Sucipto, Penfui-Kupang, NTT 85001, Tlp: (0380)881597

E-mail: verdy.koehuan@staf.undana.ac.id

### ABSTRAK

Pengeringan hasil pertanian secara khusus pada biji kopi adalah pengeluaran air dari suatu hasil pertanian sampai tercapai kadar air keseimbangan dengan udara lingkungan atau sampai tingkat kadar air dimana jamur, serangga dan enzim yang bersifat merusak tidak dapat aktif lagi. Pemanfaatan energi surya dengan menggunakan plastik *ultra violet* (UV) juga merupakan alternatif untuk mengatasi kendala pengeringan dengan sinar matahari langsung yang umum berlaku di masyarakat seperti kapasitas yang rendah dan membutuhkan waktu yang lama. Dengan menggunakan simulasi *computational fluid dynamics* (CFD) dalam penelitian ini untuk dapat mengetahui distribusi temperatur dan kecepatan aliran pada rumah pengereng kopi. Dari hasil simulasi CFD maupun eksperimen dengan kecepatan aliran 0,1 m/s, 0,5 m/s dan 1,36 m/s baik tanpa beban maupun dengan beban pengeringan terdapat perbedaan temperatur dimana pada kecepatan 0,1 m/s dan 0,5 m/s nilai rata-rata temperatur hasil simulasi CFD dengan model aliran turbulen lebih rendah dari hasil eksperimen sedangkan pada kecepatan 1,36 m/s relatif mendekati hasil eksperimen. Dari hasil analisis distribusi temperatur udara di dalam rumah pengereng menunjukkan pada laju aliran tetap untuk waktu simulasi yang berbeda, distribusi temperatur cenderung seragam. Sedangkan pada jam 11:00 dan 13.00 dengan kecepatan rendah menunjukkan peningkatan temperatur di bagian inlet (sebelah utara rumah pengereng), namun pada jam 15:00 mengalami peningkatan temperatur pada bagian keluar rumah pengereng (sebelah selatan rumah pengereng).

### ABSTRACT

*Drying of agricultural products, especially coffee beans, is the removal of water from an agricultural product until a moisture content is reached in balance with environmental air or until a moisture content level where fungi, insects and destructive enzymes can no longer be active. Utilization of solar energy using ultra violet (UV) plastic is also an alternative to overcome the constraints of drying with direct sunlight which is common in society, such as low capacity and requires a long time. By using computational fluid dynamics (CFD) simulations in this study to determine the temperature distribution and flow velocity in the coffee dryer house. From the results of CFD simulations and experiments with flow rates of 0.1 m/s, 0.5 m/s and 1.36 m/s, both without load and with drying load, there are differences in temperature where at speeds of 0.1 m/s and 0,5 m/s the mean temperature of the CFD simulation results with the turbulent flow model is lower than the experimental results, while at a speed of 1.36 m/s it is relatively close to the experimental results. From the results of the analysis of the air temperature distribution in the drying house shows that at a constant flow rate for different simulation times, the temperature distribution tends to be uniform. Meanwhile, at 11:00 and 13:00 with low speed shows an increase in temperature at the inlet (north of the dryer house), but at 15:00 there is an increase in temperature at the exit of the dryer house (south of the dryer house).*

*Keywords: Agricultural Products, Ultra Violet (UV), Solar Energy, Computations Fluid Dynamics*

### PENDAHULUAN

Ketersediaan buah kopi yang ada di Indonesia belum dapat dimanfaatkan secara

optimal oleh kaum petani, produsen, baik industri kecil, menengah, dan sedang, serta masyarakat yang berada pada jalur produksi kopi. Salah satu penyebab belum optimalnya pengolahan biji kopi adalah minimalnya

pengetahuan petani tentang tahap-tahap proses pengolahan biji kopi baik bagi kaum petani kopi itu sendiri maupun di level produsen kopi [1]. Pengeringan hasil pertanian secara khusus adalah pengeluaran air dari suatu hasil pertanian sampai tercapai kadar air keseimbangan dengan udara lingkungan atau sampai tingkat kadar air dimana jamur, serangga dan enzim yang bersifat merusak tidak dapat aktif lagi, Haryadi. 2011 [2]. Masalah ketidakseragaman kadar air produk hasil pengeringan juga merupakan akibat dari ketidakmerataan aliran panas di dalam ruangan rumah pengering kopi. Untuk memecahkan masalah tersebut perlu dilakukan suatu analisis distribusi temperatur udara dan pola aliran di dalam ruang pengering. Hal ini sangat penting untuk diketahui dalam proses pengeringan bahan hasil pertanian di dalam sebuah rumah pengering sehingga mutu produk dapat dipertahankan dan bahkan dapat ditingkatkan ke level mutu tertentu.

Metode perhitungan dinamika fluida (*computational fluid dynamic*) atau yang biasa disebut CFD adalah suatu cabang dari mekanika fluida yang menggunakan metode numerik untuk dapat menyelesaikan dan menganalisa elemen-elemen yang akan disimulasikan, Tuakia, Firman. 2008 [3]. Dengan menggunakan CFD dapat diketahui penyebaran temperatur, penyebaran tekanan, dan arah aliran udara dalam ruang pengering. Dengan mensimulasikan distribusi dan pola aliran udara ini, akan dapat ditentukan desain bangunan beserta penempatan parameter-parameter penentu diatas secara tepat sehingga tujuan keseragaman mutu produk terpenuhi. Sehingga pada penelitian ini penulis menggunakan perangkat lunak *Gambit 2.4.6* dan *Fluent Ansys 17.0* sebagai alat pendukung untuk mengetahui hasil yang akan disimulasikan. *Gambit 2.4.6* digunakan untuk menggambarkan model geometri dan distribusi meshing dalam domain komputasi, sedangkan *Fluent Ansys 17.0* untuk melakukan iterasi perhitungan berdasarkan metode simulasi *computational fluid dynamic*. Prinsip kerja pada CFD adalah

model yang disimulasikan berisi benda padat maupun fluida akan dibagi menjadi beberapa bagian atau elemen kecil. Elemen-elemen yang terbagi tersebut merupakan sebuah kontrol perhitungan yang akan dilakukan oleh *software Fluent Ansys 17.0* yang sebelumnya elemen diberi batasan domain atau *boundary condition*. Prinsip inilah yang banyak digunakan pada proses perhitungan dengan menggunakan bantuan komputasi, Tuakia, Firman. 2008. [3].

Terzuoli, dkk. [4] melakukan penelitian dengan metode CFD dan divalidasi dengan data eksperimen *CFD* terhadap aliran *stratified* air-udara. Pada aliran inlet menggunakan variasi kecepatan *superfisial* air dan udara. Penelitian dilakukan menggunakan aplikasi *Ansys CFX* dan *Fluent 10.0*. Dengan penampang persegi panjang dengan tinggi 0,1 m, lebar 0,2 m dan panjang 13 m. Hasilnya adalah data eksperimen dan simulasi telah dilakukan dengan CFD melalui aplikasi NEPTUNE CFD V1.0.6, FLUENT 6.1, dan CFX 10.0 dimodelkan dengan Gambit 1.0 dan ANSYS ICEM 10.0 software.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dengan metode simulasi CFD menggunakan perangkat lunak sehingga dapat mengetahui distribusi temperature dan hasil simulasi dalam merancang rumah pengering kopi. Dimana, perangkat lunak yang digunakan adalah *Gambit 2.4.6* dan *Fluent Ansys 17.0*. *Gambit* digunakan untuk menggambar model dan membuat meshing rumah pengering biji kopi. Sedangkan *Fluent* untuk iterasi perhitungan berdasarkan metode simulasi CFD. Pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui distribusi temperatur pada rumah pengering dari hasil simulasi dengan menggunakan perangkat lunak. Objek penelitian ini adalah untuk mengetahui perpindahan panas dan aliran udara yang terjadi pada pengering kopi menggunakan plastik *ultra violet* sehingga dapat menyerap panas dari sinar matahari serta untuk melakukan simulasi model rumah pengering kopi yang efisien menggunakan

prangkat lunak *Gambit 2.4.6* dan *Ansys 17.0*.

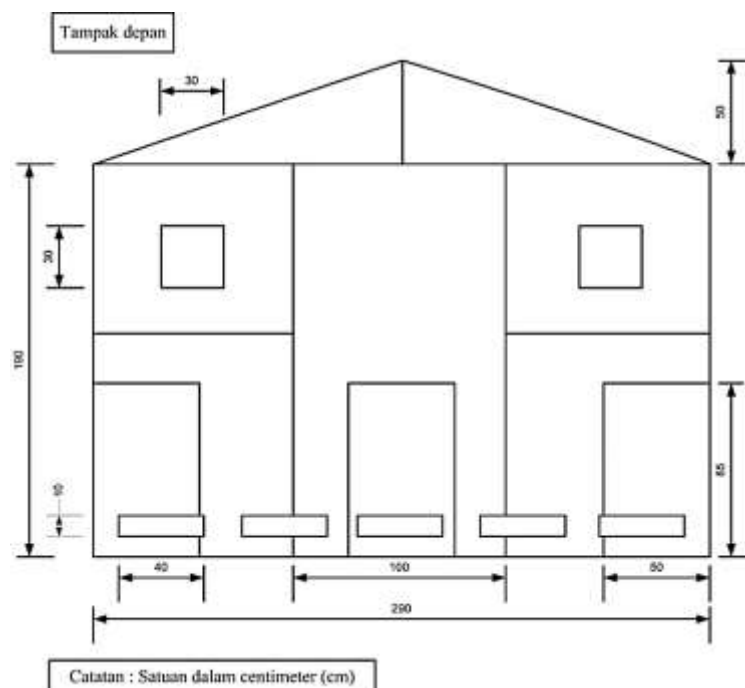
### Alat dan Bahan

1. Rumah pengering kopi dengan menggunakan plastik *ultra violet* dengan ukuran panjang 5,5 m, lebar 2,9 m dan tinggi 1,9 m
2. Komputer Asus Windows 10, Processor Intel (R) Core (TM) i3-4130 CPU @ 3,40GHz, Memori 16,0 GB (15,9 GB usable), 64-bit *operating system*
3. alat ukur:
  - *Hot wire anemometer* (digunakan untuk mengukur arah kecepatan angin).
  - *Elitech RC-4* dan *Elitech RC-4HA* (digunakan untuk mengukur temperatur dan kelembapan).
  - *Moisture Meter* (digunakan untuk mengukur kadar air pada biji kopi).
  - Timbangan digital (digunakan untuk mengukur berat biji kopi sebelum dijemur dan sesudah dijemur).

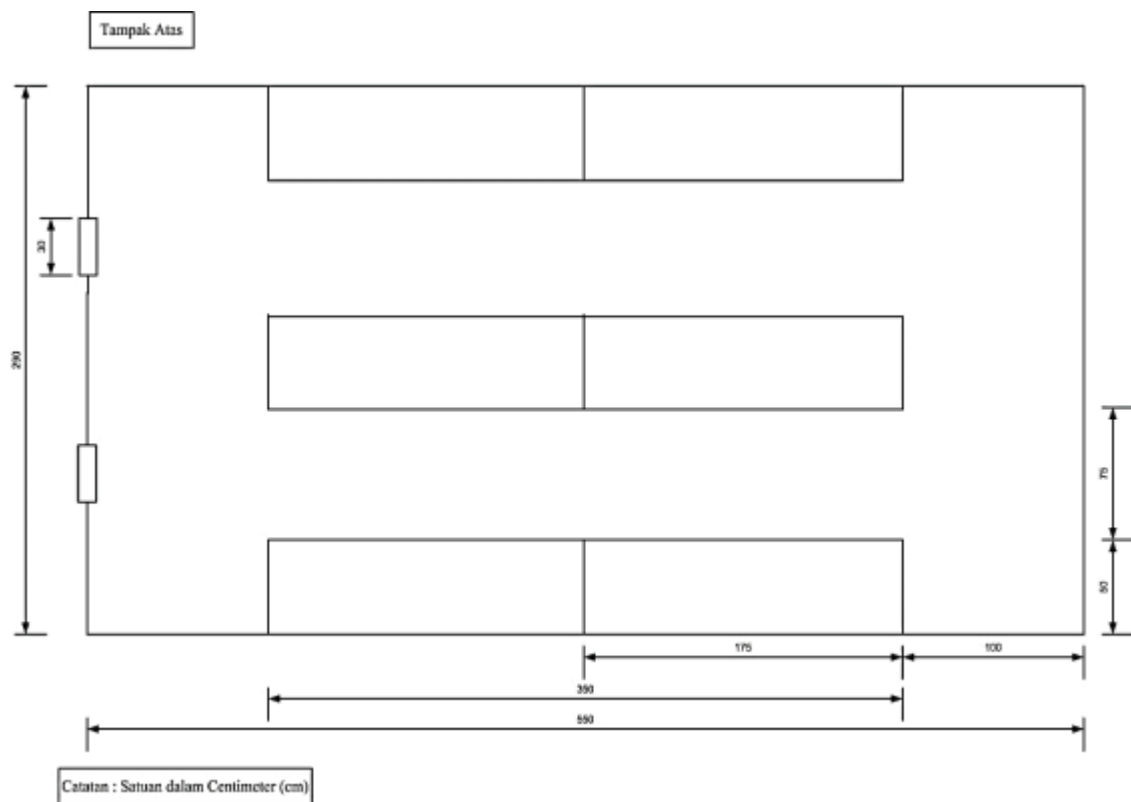
Bahan yang digunakan untuk penelitian adalah biji kopi, plastik *ultra violet* dan baja ringan.

### Dimensi Rumah Pengering Kopi

Rancangan rumah pengering kopi dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2 terdiri dari lantai beton, rangka baja ringan, dan plastik *ultra violet*. Lantai cor beton berfungsi untuk mencegah kehilangan panas. Rangka bangunan yang berbentuk rumah berfungsi untuk menahan plastik ultraviolet. Plastik *ultra violet* yang digunakan dengan spesifikasi tebal 0,02 mm, transmisi cahaya 85% dan absorbansi 15%. Pengering kopi ini dilengkapi dengan 2 unit blower yang berfungsi untuk mengalirkan udara pengering. Parameter desain dari penelitian ini, jenis rumah pengering kopi yang terdiri dari struktur atap parabola ditutup dengan plastik *ultra violet* dengan ukuran panjang 5,5 m, lebar 2,9 m, tinggi 1,9 m, dengan kapasitas muat sekitar 50 kg biji kopi.



Gambar 1. Tampak depan rumah pengering kopi.



Gambar 2. Tampak atas rumah pengering kopi.

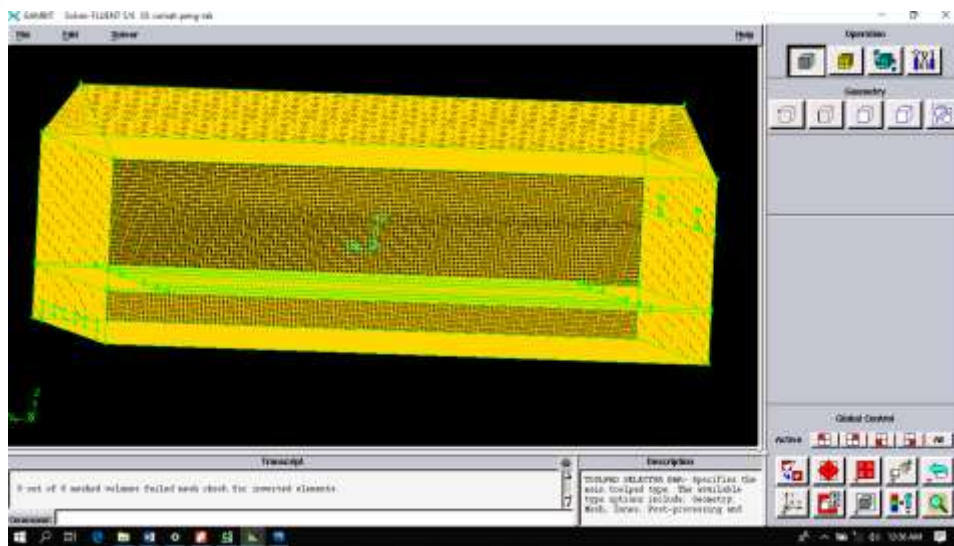
### Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan mengikuti prosedur sebagai berikut.

- Mempersiapkan data awal yang diperoleh dari hasil perancangan rumah pengering kopi.
- Mendesain rumah pengering kopi menggunakan perangkat lunak *Gambit 2.4.6* dan melakukan meshing pada ruang pengering serta pendefinisian kondisi batas pada domain komputasi termasuk pendefinisian material simulasi (Tabel 1).
- Melakukan pendefinisian model komputasi dan parameter-parameter simulasi serta iterasi perhitungan.
- Menampilkan karakteristik rumah pengering seperti distribusi temperatur dan aliran udara dengan menampilkan kontur dan vektor aliran dengan menggunakan *Fluent*.

- Melakukan analisis dan penyimpulan hasil simulasi CFD rumah pengering biji kopi.
- Pembuatan geometri dan mesh rumah pengering kopi (Gambar 3).

Langkah awal dalam melakukan simulasi (*Computational Fluid Dynamic*) CFD rumah pengering kopi ialah membuat geometri pada perangkat lunak *gambit* dengan menentukan titik koordinat Z, Y, dan X, langkah selanjutnya dengan membuat geometri dan meshing pada rumah pengering kopi dengan ukuran panjang 5,5 m, lebar 2,9 m, tinggi 1,9 m type mesh yang digunakan adalah *hex*, dengan total element meshnya 1.336000. File meshnya di saveas dengan format *.msh* kemudian pada *fluent* diimport file tersebut. Pendefinisian material dan parameter simulasi pada *fluent*. Hasil simulasi berupa distribusi temperatur dan kecepatan aliran udara dalam rumah pengering dalam bentuk *contours* dan grafik.



Gambar 3. Hasil meshing rumah pengering kopi.

Tabel 1. Pendefinisian material yang digunakan simulasi CFD.

Nama material	Massa jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Konduktivitas Termal (W/m.K)	Panas Jenis (J/kg.K)
Udara	1,225	0,0242	1006,43
Biji Kopi	1000	0,6	4182
Plastik UV	1210	0,228	1250
Lantai Semen	1680	0,81	800

Table 2. Garis virtual untuk melihat distribusi temperatur dalam arah memanjang pada beberapa posisi horizontal dalam rumah pengering.

Nama garis	$x_0$	$y_0$	$z_0$	$x_1$	$y_1$	$z_1$
Line 1	-1,5	-5	-0,65	-1,5	5	-0,65
Line 2	1,5	-5	-0,65	1,5	5	-0,65
Line 3	0	-5	0,65	0	5	-0,65
Line 4	0	-5	0	0	5	0
Line 5	1,5	-5	0	1,5	5	0
Line 6	-1,5	-5	0	-1,5	9	0
Line 7	-2,5	-5	-0,65	-2,5	5	-0,65
Line 8	2,5	-5	-0,65	2,5	5	-0,65

Tabel 2 menunjukkan garis virtual untuk melihat distribusi temperatur dalam arah memanjang pada beberapa posisi horizontal dalam rumah pengering.

Variabel penelitian terdiri dari variabel bebas, terikat dan kontrol

- Variabel bebas terdiri dari intensitas radiasi matahari (pada jam 11:00, 13:00, dan 15:00) dan laju aliran (0.02205 kg/s, 0.11025 kg/s, 0,29988 kg/s).
- Variabel terikat terdiri dari distribusi temperatur dan dan kecepatan aliran pada rumah pengering.

- Variabel kontrol terdiri dari volume rumah pengering, luas permukaan dinding rumah pengering, luas rak jemur, dan berat biji kopi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

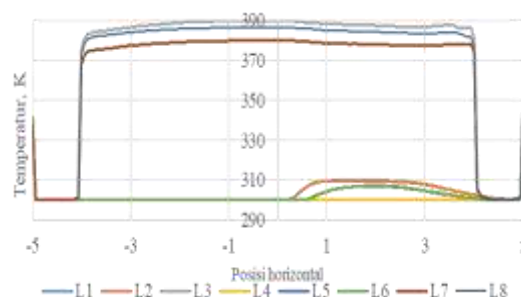
Simulasi CFD didahului dengan perhitungan parameter simulasi yaitu variasi laju aliran udara yang melewati *exhaust fan (blower)*. Perhitungan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua yaitu perhitungan debit aliran udara dan perhitungan laju aliran udara dengan menggunakan tiga variasi kecepatan yang berbeda pada *outlet ventilation* di *exhaust fan*.

### Hasil Simulasi CFD

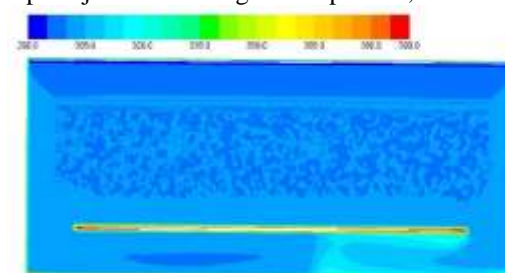
Hasil simulasi CFD dengan menggunakan program Fluent Ansys untuk proses pengeringan biji kopi, melalui variasi laju aliran baik untuk kondisi rumah pengering tanpa beban maupun dengan beban. Beban rumah pengering yaitu biji kopi dengan kadar air awal 60% dan berat awal kopi 50 kg. simulasi dilakukan selain laju aliran juga dilakukan variasi waktu pengeringan yaitu jam 11:00, 13:00 dan 15:00.

### Distribusi temperatur terhadap waktu pengeringan dengan beban

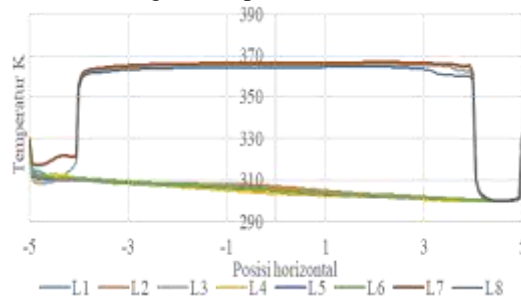
Hasil simulasi pada Gambar 4 hingga Gambar 7 dibawah ini menunjukkan pada laju aliran tetap untuk waktu simulasi yang berbeda, distribusi temperatur di permukaan biji kopi cenderung seragam sepanjang garis virtual (L3, L7, dan L8), dengan waktu simulasi pada jam 13.00 menunjukkan nilai temperatur tertinggi di permukaan biji kopi sekitar 390 K. Namun distribusi temperatur dalam rumah pengering di luar permukaan biji kopi (selain L3, L7, dan L8) untuk jam 11.00 dan 13.00 cenderung terjadi peningkatan di bagian yang lebih dekat inlet (sebelah utara rumah pengering). Sementara pada jam 15.00 sebaliknya distribusi temperatur cenderung terjadi peningkatan di sisi aliran keluar rumah pengering (sebelah selatan rumah pengering).



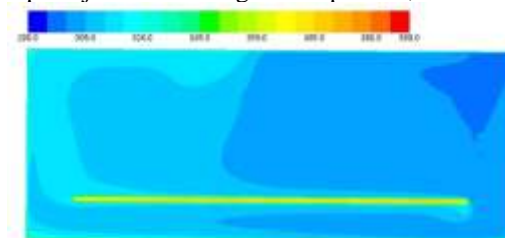
Gambar 4. Distribusi temperatur dengan beban terhadap posisi horizontal (garis virtual) pada jam 13:00 dengan kecepatan 0,1 m/s.



Gambar 5. Kontur temperatur dengan beban terhadap posisi vertikal pada jam 13:00 dengan kecepatan 0,1 m/s.



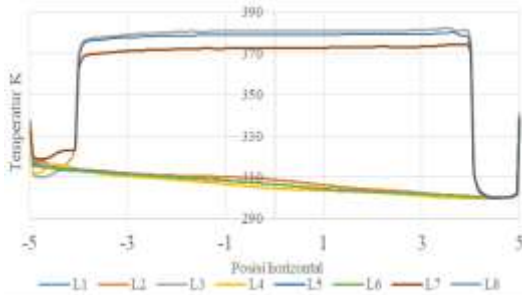
Gambar 6. Distribusi temperatur dengan beban terhadap posisi horizontal (garis virtual) pada jam 15:00 dengan kecepatan 0,1 m/s.



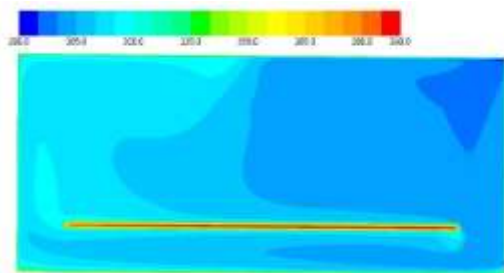
Gambar 7. Kontur temperatur dengan beban terhadap posisi vertikal pada jam 15:00 dengan kecepatan 0,1 m/s.

### Distribusi temperatur terhadap variasi laju aliran udara dengan beban

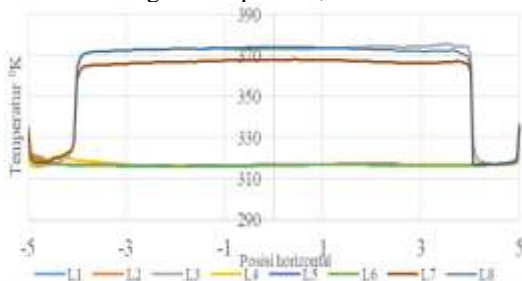
Hasil simulasi pada pada Gambar 8 hingga Gambar 11 menunjukkan distribusi temperatur arah memanjang dalam rumah pengering (2D). Terlihat bahwa pada jam 13.00 distribusi temperatur cenderung meningkat di bagian yang dekat sisi keluar untuk laju aliran yang rendah sementara pada laju aliran tinggi distribusi temperaturnya cenderung seragam.



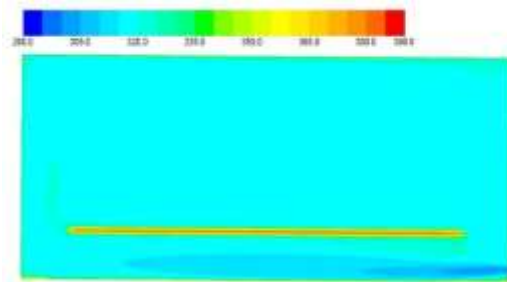
Gambar 8. Distribusi temperatur dengan beban terhadap posisi horizontal (garis virtual pada jam 13:00 dengan kecepatan 0,5 m/s.



Gambar 9. Kontur temperatur dengan beban terhadap posisi vertikal pada jam 13:00 dengan kecepatan 0,5 m/s.



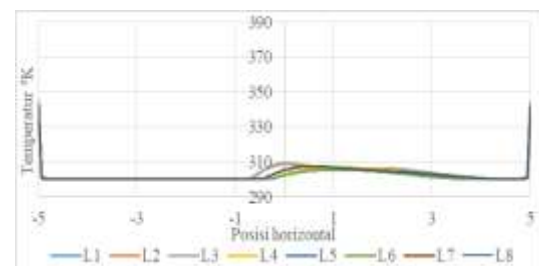
Gambar 10. Distribusi temperatur dengan beban terhadap posisi horizontal (garis virtual pada jam 13:00 dengan kecepatan 1,36 m/s.



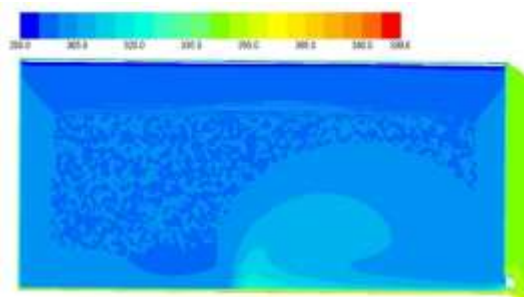
Gambar 11. Kontur temperatur dengan beban terhadap posisi vertikal pada jam 13:00 dengan kecepatan 1,36 m/s.

### Distribusi temperatur terhadap waktu pengeringan tanpa beban

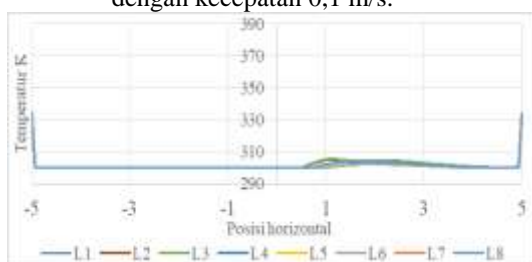
Hasil simulasi menunjukkan pada laju aliran tetap untuk waktu simulasi yang berbeda, distribusi temperatur dalam rumah pengering secara umum cenderung seragam sepanjang garis virtual dengan waktu simulasi yang berbeda. Namun distribusi temperatur untuk jam 11.00 cenderung terjadi peningkatan di bagian tengah rumah pengering, sebaliknya pada jam 15.00 terjadi penurunan. Hasil simulasi tanpa beban yang ditampilkan melalui kontur distribusi temperatur pada *plane y - z* di bagian tengah arah memanjang dalam rumah pengering (2D) pada Gambar 12 hingga Gambar 15. Terlihat bahwa pada jam 11.00 distribusi temperatur cenderung meningkat di bagian tengah sebaliknya pada jam 13:00 dan 15.00 terjadi penurunan.



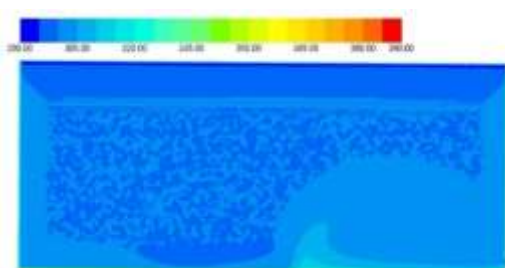
Gambar 12. Distribusi temperatur tanpa beban terhadap posisi horizontal (garis virtual pada jam 11:00 dengan kecepatan 0,1 m/s.



Gambar 13. Kontur temperatur tanpa beban terhadap posisi vertikal pada jam 11:00 dengan kecepatan 0,1 m/s.



Gambar 14. Distribusi temperatur tanpa beban terhadap posisi horizontal (garis virtual) pada jam 15:00 dengan kecepatan 0,1 m/s.

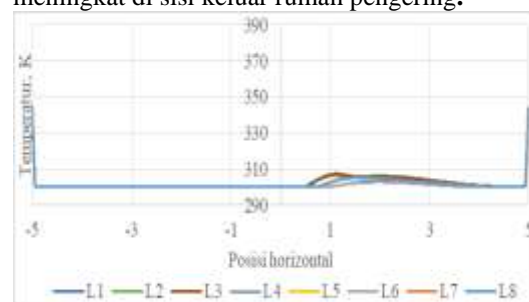


Gambar 15. Kontur temperatur tanpa beban terhadap posisi vertikal pada jam 15:00 dengan kecepatan 0,1 m/s.

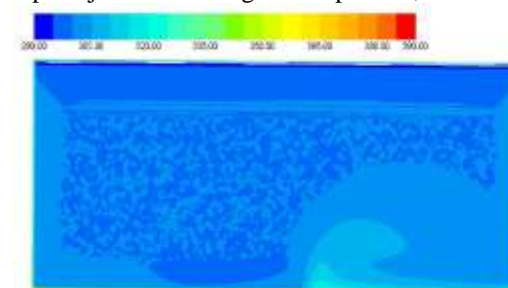
#### Distribusi temperatur terhadap variasi laju aliran udara tanpa beban

Hasil simulasi menunjukkan pada variasi laju aliran untuk waktu simulasi yang sama, distribusi temperatur dalam rumah pengering cenderung seragam. Semakin rendah laju aliran maka distribusi temperatur dalam rumah pengering cenderung terjadi peningkatan di sisi masuk (sebelah utara) rumah pengering. Sedangkan pada laju aliran yang tinggi distribusi temperatur cenderung

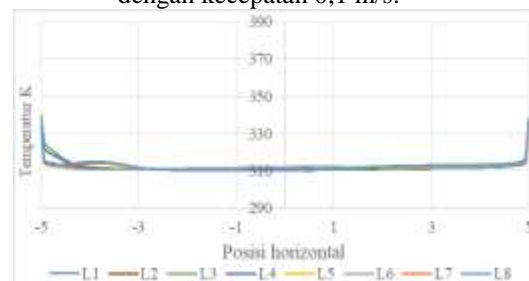
seragam kecuali sedikit terjadi peningkatan di sisi keluar (sebelah selatan). Hasil simulasi yang ditampilkan melalui grafik dan kontur distribusi temperatur pada *plane y - z* di bagian tengah arah memanjang dalam rumah pengering (2D) pada Gambar 16 hingga Gambar 19. Terlihat bahwa pada jam 13.00 distribusi temperatur cenderung meningkat di bagian yang lebih dekat sisi masuk untuk laju aliran yang rendah sementara pada laju aliran yang tinggi distribusi temperaturnya cenderung meningkat di sisi keluar rumah pengering.



Gambar 16. Distribusi temperatur tanpa beban terhadap posisi horizontal (garis virtual) pada jam 13:00 dengan kecepatan 0,1 m/s.

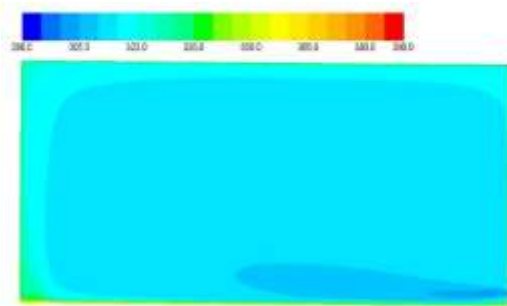


Gambar 17. Kontur temperatur tanpa beban terhadap posisi vertikal pada jam 13:00 dengan kecepatan 0,1 m/s.



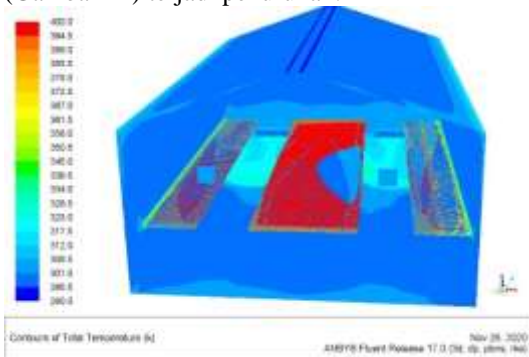
Gambar 18. Distribusi temperatur tanpa beban terhadap posisi horizontal (garis virtual) pada jam 13:00 dengan kecepatan 1,36 m/s.



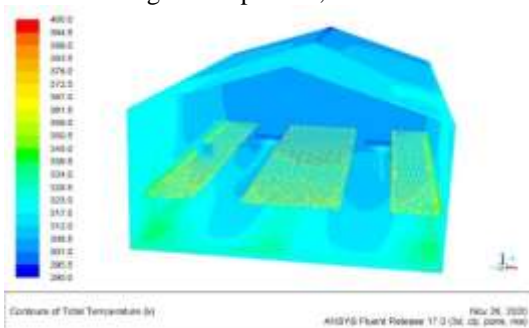


Gambar 19. Kontur temperatur tanpa beban terhadap posisi vertikal pada jam 13:00 dengan kecepatan 1.36 m/s.

Hasil simulasi 3D pada laju aliran tetap untuk waktu simulasi yang berbeda, distribusi temperatur di permukaan biji kopi pada jam 11.00 (Gambar 20) menunjukkan temperatur yang meningkat, sebaliknya pada jam 15.00 (Gambar 21) terjadi penurunan.



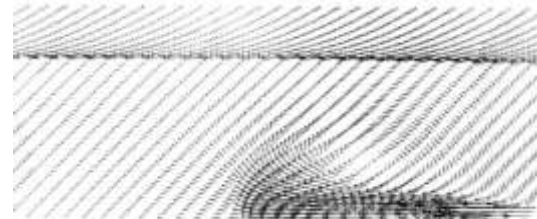
Gambar 20. Kontur temperatur rumah pengering dengan beban pada jam 11:00 dengan kecepatan 0,1 m/s.



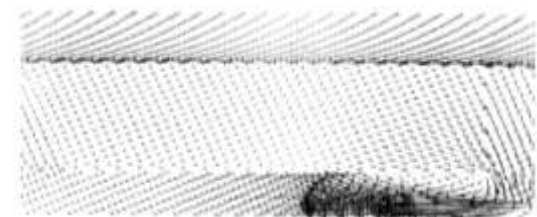
Gambar 21. Kontur temperatur rumah pengering dengan beban pada jam jam 15:00 dengan kecepatan 0,1 m/s.

### Distribusi kecepatan di dalam rumah pengering terhadap variasi laju aliran

Gambar 4.22 dan 4.23 dibawah ini menampilkan hasil simulasi dalam bentuk vektor kecepatan tanpa beban dan dengan beban pada jam 11:00 dengan variasi kecepatan yang berbeda. Dimana seperti terlihat dengan kecepatan 1,36 m/s dengan beban dan tanpa beban menunjukkan pola vektor kecepatan dengan sirkulasi aliran udara yang relatif sama. Sedangkan pada kecepatan rendah yaitu 0,1 m/s sirkulasi aliran udara yang terjadi juga menunjukkan pola yang relatif sama kecuali untuk pengeringan dengan beban maupun tanpa beban dibedakan oleh posisi pusat sirkulasi pada sekitar daerah inlet sisi masuk.



Gambar 22. Menunjukkan vektor kecepatan tanpa beban dalam rumah pengering pada Jam 11:00 dengan kecepatan angin 1,36 m/s.



Gambar 22. Menunjukkan vektor kecepatan tanpa beban dalam rumah pengering pada Jam 11:00 dengan kecepatan angin 0,1 m/s.

### SIMPULAN

Dari hasil simulasi CFD yang ditunjukkan oleh distribusi temperatur udara dalam rumah pengering, baik dengan beban maupun tanpa beban pengeringan menunjukkan pada aliran konstan terhadap variasi waktu pengeringan dengan distribusi temperatur yang seragam. Namun terjadi peningkatan

temperatur didalam rumah pengering pada sisi inlet (bagian utara) dengan waktu simulasi pada jam 13:00.

Hasil simulasi CFD dengan variasi laju aliran untuk waktu simulasi yang sama baik untuk dengan beban maupun tanpa beban pengeringan menunjukkan distribusi temperatur yang cenderung seragam. Namun semakin rendah laju aliran maka terjadi peningkatan temperatur di sisi keluar rumah pengering dengan pembebanan. Sehingga hasil simulasi tanpa beban pengeringan terjadi peningkatan di sisi masuk.

Temperatur udara pengering dapat mempengaruhi suhu pada bahan, dimana temperatur udara pengering yang baik adalah  $45^{\circ}\text{C}$  -  $50^{\circ}\text{C}$ . Hasil penelitian menunjukkan rata-rata temperatur di dalam ruangan untuk setiap variasi yang dilakukan berkisar antara  $44,8^{\circ}\text{C}$  hingga  $49,5^{\circ}\text{C}$  sehingga rumah pengering biji kopi dengan plastik UV ini telah memenuhi syarat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Asni, Nur. Meilin, Araz. 2015. Teknologi Penanganan Pascapanen dan Pengolahan Hasil Kopi Liberika Tungkal Komposit (Libtukom). Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jambi.
- [2]. Haryadi. 2011. Teknologi Modifikasi Tepung Kasava. AGRITECH,
- [3]. Tuakia, Firman. 2008. Dasar-dasar CFD Menggunakan Fluent (*Basics Of CFD Using Fluent*). Bandung : Institut Negeri Bandung.
- [4]. Zulkifli, Syahril. 2016. Analisis prestasi blower dengan LPG sebagai sumber energi kalor pada sistem pengering gabah, *Skripsi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin*.