



# ANALISIS SEBARAN SUHU UDARA DI DALAM ALAT PENGERING EFEK RUMAH KACA HIBRID TIPE RAK MENGUNAKAN CFD

RAIHAN HADI JULIO



DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2023

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumber:  
a. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak mencantumkan keperluan yang melampaui ketentuan yang berlaku di IPB University.  
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University  
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Analisis Sebaran Suhu Udara di Dalam Alat Pengering Efek Rumah Kaca Hibrid Tipe Rak Menggunakan CFD” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, 24 Maret 2023

Raihan Hadi Julio  
F14180099

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## ABSTRAK

RAIHAN HADI JULIO. Analisis Sebaran Suhu Udara di Dalam Alat Pengering Efek Rumah Kaca Hibrid Tipe Rak Menggunakan CFD. Dibimbing oleh DYAH WULANDANI dan LEOPOLD OSCAR NELWAN.

Alat Pengering Tipe Rak ERK adalah salah satu tipe alat pengering yang banyak digunakan. Permasalahan pada alat pengering tersebut adalah ketidakseragaman aliran udara panas sehingga kadar air bahan yang sudah dikeringkan tidak seragam dan turunnya mutu bahan. Semakin tidak seragam aliran udara, maka energi pengeringan semakin besar. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pola sebaran aliran udara panas di dalam ruang pengering dalam berbagai kondisi serta memberikan rekomendasi modifikasi desain pengering dan perbesaran kapasitas yang tepat. Simulasi aliran udara metode CFD dengan software Ansys dapat memberikan gambaran pola sebaran suhu dan pola aliran udara pada kondisi validasi dan 6 skenario. Rataan error validasi terbesar sebesar 4.172% dan nilai koefisien keseragaman dan variasi sebesar 98.679% dan 1.533%. Skenario 6 merupakan skenario terbaik dengan nilai koefisien keseragaman dan koefisien variasi masing-masing sebesar 99.965% dan 0.044%. Perbesaran kapasitas alat pengering dilakukan dengan merubah volume ruang pengering dari 4.186 m<sup>3</sup> menjadi 7.585 m<sup>3</sup>. Perbesaran kapasitas ditinjau dari segi ekonomis dan kemampuan penukar panas.

Kata kunci: Pengering, Keseragaman, CFD, Perbesaran

## ABSTRACT

RAIHAN HADI JULIO. Analysis of Air Temperature Distribution on Hybrid Greenhouse Effect Dryer-Rack Type using CFD. Supervised by DYAH WULANDANI and LEOPOLD OSCAR NELWAN.

The Greenhouse Effect Dryer-Rack Type is one of the widely used types of dryers. The problem with rack-type dryers is the uniformity of air flow cause the water level of the dried material is not uniform and the quality will decrease. The less uniform of the air flow, the greater energy used for drying. The purpose of this study is to determine the distribution pattern of hot air flow within the drying chamber under various conditions and provide design modification recommendation with capacity magnification. Airflow simulations with CFD method using Ansys software can provide an overview of temperature and airflow pattern distribution in validation and 6 scenario conditions. The largest error validation rate of 4.172%, coefficient uniformity and variation of 98.679% and 1.533%. Scenario 6 is the best scenario with a uniformity and variation coefficient value of 99.856% and 0.044% each. The expansion of the dryer was done by changing the volume of the drying chamber from 4.186 m<sup>3</sup> to 7.858 m<sup>3</sup>. Capacity magnification is reviewed in terms of economical and heat exchanger capabilities.

*Keywords: Dryer, Uniformity, CFD, Scale Up*

@Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2023<sup>1</sup>  
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

*Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.*

*Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.*



# **ANALISIS SEBARAN SUHU UDARA DI DALAM ALAT PENGERING EFEK RUMAH KACA HIBRID TIPE RAK MENGUNAKAN CFD**

**RAIHAN HADI JULIO**

Skripsi  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana pada  
Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2023**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
  2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



**@Hak cipta milik IPB University**

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

**Tim Penguji pada Ujian Skripsi:**

- 1 Dr. Leopold Oscar Nelwan, S.TP, M. Si.
- 2 Dr. Ir. Wawan Hermawan, MS.



**@Hak cipta milik IPB University**

**IPB University**



**IPB University**  
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Judul Skripsi : Analisis Sebaran Suhu Udara di Dalam Alat Pengering Efek Rumah Kaca Hibrid Tipe Rak Menggunakan CFD

Nama : Raihan Hadi Julio

NIM : F14180099

Disetujui oleh

Pembimbing 1:  
Dr. Ir. Dyah Wulandani, M. Si.



Pembimbing 2:  
Dr. Leopold Oscar Nelwan, S.TP, M. Si.



Diketahui oleh

Ketua Departemen:  
Dr. Ir. Edy Hartulistiwa, M. Sc. Agr.  
NIP. 196304251989031001



Tanggal Ujian:  
5 April 2023

Tanggal Lulus:

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "Analisis Sebaran Suhu Udara di Dalam Alat Pengering Efek Rumah Kaca Hibrid Tipe Rak Menggunakan CFD" ini.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis akan menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

Kedua Orang Tua dan Saudara penulis yang telah memberikan dukungan, do'a, dan semangat sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.

Dosen Pembimbing Dr. Ir. Dyah Wulandani, M.Si dan Dr. Leopold Oscar Nelwan, S.TP, M.Si atas segala ilmu, nasihat, dan kasih sayang.

Keluarga TMB Angkatan 55 yang senantiasa menemani, menyemangati, dan membantu penulis.

Teman-teman divisi TET, Ridho Yudha Pratama, Devon Adyuta Puspohusodo yang telah menyemangati, berbagi ilmu, dan membantu selama proses penelitian.

- Teman-teman divisi TBI yang telah menyemangati.
- Pak Angga Permana selaku Teknisi Laboratorium Energi yang membantu selama proses penelitian.
- Mohammad Rozan, Shania Zafira Putri Agung, dan Sari Ramadhona selaku teman satu bimbingan yang menyemangati dan membantu.
- Mushtaq Ali, M.S dan Mummand Soban Khan, B.S selaku mentor dari Multiscale Flow Control Lab, Chonnam National University, Korea Selatan yang telah berbagi ilmu.
- Aldo Shafa Pratama dan Elang Ferdi selaku teman dari penulis yang senantiasa menyemangati.
- Ibu dan bapak pegawai UPT TMB yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran dalam kepengurusan berkas dan sidang.
- Dosen Penguji Dr. Ir. Wawan Hermawan, MS atas ilmu yang telah diberikan.

Bogor, 24 Maret 2023

*Raihan Hadi Julio*

## DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR SIMBOL	xii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Pengereng Efek Rumah Kaca (ERK) Hibrid Tipe Rak	3
2.2 Pengeringan Bahan Pertanian	3
III METODE	8
3.1 Waktu dan Tempat	8
3.2 Alat dan Bahan	8
3.3 Prosedur Kerja	9
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	14
4.1 Pemodelan Simulasi Pengering	14
4.2 Validasi	16
4.3 Skenario Simulasi Pengering	20
4.4 <i>Scale Up</i>	26
V SIMPULAN DAN SARAN	28
5.1 Simpulan	28
5.2 Saran	28
DAFTAR PUSTAKA	29
LAMPIRAN	31
RIWAYAT HIDUP	44

## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Kondisi batas	12
Tabel 2 Informasi <i>mesh</i>	15
Tabel 3 Properti polikarbonat	15
Tabel 4 Nilai error suhu udara pengering hasil simulasi	19
Tabel 5 Faktor perbedaan hasil pengukuran dan simulasi	19
Tabel 6 Nilai CU dan CV simulasi validasi	20

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Alat pengering ERK hibrid tipe rak	8
Gambar 2 Komponen alat pengering	8
Gambar 3 Diagram alir penelitian	9
Gambar 4 Diagram alir simulasi CFD	10
Gambar 5 Lokasi rak pengering	11
Gambar 6 Daerah pengukuran kipas	12
Gambar 7 Geometri alat pengering	14
Gambar 8 Kontur suhu simulasi jam 08.00 WIB	16
Gambar 9 Vektor kecepatan simulasi jam 08.00 WIB	16
Gambar 10 Kontur suhu simulasi jam 12.00 WIB	17
Gambar 11 Vektor kecepatan simulasi jam 12.00 WIB	17
Gambar 12 Kontur suhu simulasi jam 16.00 WIB	17
Gambar 13 Vektor kecepatan simulasi jam 16.00 WIB	17
Gambar 14 Grafik perbandingan suhu pengukuran dan simulasi	19
Gambar 15 Celah pada dinding	19
Gambar 16 Kontur suhu simulasi skenario 1 bidang kanan	21
Gambar 17 Vektor kecepatan simulasi skenario 1 bidang kanan	21
Gambar 18 Vektor kecepatan simulasi skenario 1 bidang tengah	21
Gambar 19 Kontur suhu simulasi skenario 2 bidang kanan	22
Gambar 20 Vektor kecepatan simulasi skenario 2 bidang kanan	22
Gambar 21 Kontur suhu simulasi skenario 3 bidang kanan	23
Gambar 22 Vektor kecepatan simulasi skenario 3 bidang kanan	23
Gambar 23 Kontur suhu simulasi skenario 4 bidang kanan	23
Gambar 24 Vektor kecepatan simulasi skenario 4 bidang kanan	24
Gambar 25 Kontur suhu simulasi skenario 5 bidang kanan	24
Gambar 26 Vektor kecepatan simulasi skenario 5 bidang kanan	24
Gambar 27 Lubang pada Absorber	25
Gambar 28 Kontur suhu simulasi skenario 6 bidang kanan	25
Gambar 29 Vektor kecepatan simulasi skenario 6 bidang kanan	25
Gambar 30 Vektor kecepatan simulasi 6 bidang tengah	26
Gambar 31 Kontur suhu simulasi <i>scale up</i>	26
Gambar 32 Vektor kecepatan simulasi <i>scale up</i> bidang kanan	27
Gambar 33 Vektor kecepatan simulasi <i>scale up</i> bidang Tengah	27

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Pengukuran	31
Lampiran 2 Hasil Simulasi Validasi	33
Lampiran 3 Hasil Simulasi Skenario	36
Lampiran 4 Hasil Simulasi <i>Scale Up</i>	38
Lampiran 5 Perhitungan Data Input CFD	39
Lampiran 6 Pengoperasian Ansys	40

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## DAFTAR SIMBOL

$a$	Koefisien absorpsi
$CU$	Koefisien keseragaman
$CV$	Koefisien variasi
$I$	Intensitas radiasi, bergantung vektor posisi dan arah
$n$	Indeks refraktif
$n_d$	Jumlah data
$T$	Suhu (K)
$SD$	Standar deviasi suhu
$r$	Jarak (m)
$v_x$	Kecepatan sumbu x (m/s)
$v_y$	Kecepatan sumbu y (m/s)
$v_z$	Kecepatan sumbu z (m/s)
$x_i$	Suhu simulasi (°C)
$x_r$	Pantulan pada sumbu x
$y_r$	Pantulan pada sumbu y
$\rho$	Massa jenis (kg/m <sup>3</sup> )
$\vec{r}$	Vektor posisi (m)
$\vec{s}$	Vektor arah (m)
$\vec{s}'$	Vektor arah penyebaran (m)
$\sigma_s$	Koefisien penyebaran
$\sigma$	Konstanta Stefan-Boltzmann (5.669 x 10 <sup>-8</sup> W/m <sup>2</sup> -K <sup>4</sup> )
$\Phi$	Fungsi fase
$\Omega$	Sudut permukaan
$\theta_i$	Besarnya sudut pantul
$\alpha_N$	Besarnya sudut pantul pada garis normal
$\mu$	Rataan suhu simulasi (°C)