

**ANALISIS TERMAL PADA *ROTARY DRYER* UNTUK PENGERINGAN
DAUN ZAITUN DENGAN METODE *COMPUTATIONAL
FLUID DYNAMICS (CFD)***



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DARIS FAJAR RAMADHAN
NIM: 41322110054

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2024

LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISIS TERMAL PADA *ROTARY DRYER* UNTUK PENGERINGAN
DAUN ZAITUN DENGAN METODE *COMPUTATIONAL
FLUID DYNAMICS* (CFD)



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Disusun Oleh:

Nama : Daris Fajar Ramadhan
NIM : 41322110054
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)
JUNI 2024

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Daris Fajar Ramadhan

NIM : 41322110054

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Laporan Skripsi : ANALISIS TERMAL PADA *ROTARY DRYER* UNTUK
PENGERINGAN DAUN ZAITUN DENGAN METODE
COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD)

Telah berhasil dipertahankan pada sidang di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata I pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana.

Disahkan oleh:

Pembimbing : Henry Carles, S.T., M.T.

NIDN : 0301087304

Penguji 1 : Dr. Nanang Ruhyat

NIDN : 0323027301

Penguji 2 : Gilang Awan Yudhistira, ST., M.T

NIDN : 0320029602

Jakarta, 29 Juni 2024

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik,

Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.

NIDN: 0307037202

Ketua Program Studi,

Dr. Eng. Imam Hidayat, S.T., M.T.

NIDN: 005087502

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Daris Fajar Ramadhan
NIM : 41322110054
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Tugas Akhir : ANALISIS TERMAL PADA *ROTARY DRYER* UNTUK
PENGERINGAN DAUN ZAITUN DENGAN METODE
COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD)

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

Jakarta, 24 Juni 2024



(Daris Fajar Ramadhan)

PENGHARGAAN

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini secara baik dan benar untuk memenuhi persyaratan kelulusan Strata Satu di jurusan Teknik Mesin, Universitas Mercu Buana.

Laporan ini membahas tentang "Analisis Termal Pada *Rotary Dryer* Untuk Pengeringan Daun Zaitun Dengan Metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD)". Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu dalam menyelesaikan penulisan laporan akhir ini, khususnya kepada:

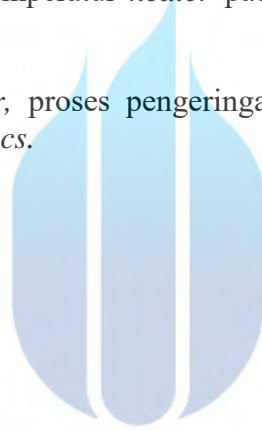
1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya.
2. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan dukungan berupa semangat dan doa.
3. Bapak Dr. Eng. Imam Hidayat, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
4. Bapak Gilang Awan Yudhistira, S.T., M.T. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
5. Bapak Sagir Alva, S.Si, M.Sc.P., Ph.D selaku Koordinator Laboratorium Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
6. Bapak Henry Carles, S.T., M.T. sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan, nasehat, dan semangat selama proses pembuatan laporan ini.
7. Bapak Dr. Nanang Ruhyat sebagai ketua penguji sidang akhir tugas akhir.
8. Bapak Welly Handa Nuraga, S.T., M.T. sebagai mentor yang selalu memberikan masukan dan semangat untuk mengerjakan tugas akhir ini.
9. Teman-teman jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana Angkatan 2022 yang selama ini memberikan bantuan dan dukungan.

Penulis menyadari bahwa dalam laporan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Untuk itu, kritik dan saran yang membangun akan selalu penulis harapkan untuk kesempurnaan penulisan laporan sejenis pada masa yang akan datang.

ABSTRAK

Pemanfaatan daun zaitun masih belum maksimal karena proses produksinya memerlukan waktu dan lahan yang lebih banyak untuk pengeringan di bawah sinar matahari sehingga menghasilkan kapasitas yang sedikit. *Rotary dryer* digunakan untuk mempercepat proses pengeringan yang lebih baik dengan memanfaatkan teknologi pemanasan dari *heater* yang ditenagai listrik oleh panel surya. Optimalisasi pemanasan pada proses pengeringan dilakukan dengan mensimulasikan perpindahan panas di dalam drum *rotary dryer*. Simulasi perpindahan panas melalui metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD) menggunakan data sekunder berupa rancangan *rotary dryer* dan data teknis yang sudah ada, serta memberikan 4 konfigurasi pengaturan temperatur sebagai parameter *setting* untuk menghasilkan kadar air daun zaitun sebesar 2-8% pada temperatur 30-45 [°C]. Simulasi perpindahan panas dilakukan pada kondisi suhu 25 [°C], kecepatan putar sebesar 75 [rpm], dan menggunakan 3 proses tahapan yang terdiri dari *Pre-Processing*, *Solving*, dan *Post-Processing*. Simulasi menunjukkan rekomendasi pengaturan temperatur *heater* pada 60 [°C] dapat menghasilkan suhu udara 31,35 [°C].

Kata Kunci: *rotary dryer*, proses pengeringan, daun zaitun, perpindahan panas, *computational fluid dynamics*.



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

**THERMAL ANALYSIS OF ROTARY DRYER IN OLIVE LEAF
DRYING PROCESS USING COMPUTATIONAL
FLUID DYNAMICS (CFD) METHOD**

ABSTRACT

Olive leaves utilization is still not optimal because the production process requires more time and land for drying under the sun, resulting in a small capacity. Rotary dryers are used to speed up the drying process by utilizing heating technology from heaters powered by solar panels. Optimization of heating in the drying process is carried out by simulating heat transfer in the rotary dryer drum. Heat transfer simulation using the Computational Fluid Dynamics (CFD) method uses existing rotary dryer designs and technical data that provides 4 temperature configurations as parameter settings to produce olive leaf water content of 2-8% at a temperature of 30-45 [°C]. The heat transfer simulation is carried out at a temperature of 25 [°C], a rotational speed of 75 [rpm], and 3 process stages consisting of Pre-Processing, Solving, and Post-Processing. Simulations recommend heater temperature setting at 60 [°C] can produce an air temperature of 31.35 [°C].

Keywords: rotary dryer, drying process, olive leaves, heat transfer, computational fluid dynamics



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR SIMBOL	xii
DAFTAR SINGKATAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	4
1.3. TUJUAN	4
1.4. MANFAAT	4
1.4.1. Manfaat Teoritis	4
1.4.2. Manfaat Praktis	5
1.5. BATASAN MASALAH DAN ASUMSI	5
1.6. SISTEMATIKA PENULISAN	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. DAUN ZAITUN	7
2.2. TEKNOLOGI PENGERINGAN	8
2.2.1. Prinsip Dasar Pengeringan	9
2.2.2. Proses Pengeringan Pangan	10
2.2.3. Metode Pengeringan	11
2.2.4. Jenis Pengeringan	12
2.3. <i>ROTARY DRYER</i>	15
2.3.1. Prinsip Kerja <i>Rotary Dryer</i>	16
2.3.2. Bagian-Bagian <i>Rotary Dryer</i>	17

2.4.	PERPINDAHAN PANAS	19
2.4.1.	Perpindahan Panas Konduksi	20
2.4.2.	Perpindahan Panas Konveksi	22
2.4.3.	Konduktivitas Termal	25
2.5.	<i>COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC</i> (CFD)	26
2.5.1.	Manfaat CFD	26
2.5.2.	Proses Simulasi Pada CFD	26
2.5.3.	Jenis <i>Meshing</i> Pada Simulasi CFD	27
2.5.4.	Implementasi CFD Pada <i>Rotary Dryer</i>	30
BAB III	METODOLOGI	34
3.1.	DIAGRAM ALIR	34
3.1.1.	Studi Literatur	35
3.1.2.	Identifikasi Masalah	35
3.1.3.	Pengumpulan Data	35
3.1.4.	Persiapan Simulasi	39
3.1.5.	Simulasi CFD	48
3.1.6.	Perbandingan <i>Output</i> Simulasi	48
3.1.7.	Analisis Hasil	49
3.1.8.	Kesimpulan	50
3.2.	ALAT DAN BAHAN	50
3.2.1.	Alat	50
3.2.2.	Bahan	51
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	54
4.1.	ANALISIS PERPINDAHAN PANAS	54
4.1.1.	Perhitungan Sumber Energi Panas	54
4.1.2.	Perpindahan Panas Konveksi Stator	55
4.1.3.	Perpindahan Panas Konduksi Stator	57
4.1.4.	Perpindahan Panas Konduksi Rotor	58
4.2.	INTERPRETASI HASIL SIMULASI	59
4.2.1.	Kondisi Domain Udara	59
4.2.2.	Temperatur Permukaan Luar Rotor	60

4.2.3.	Penyebaran <i>Heat Flux</i>	62
4.3.	PENGARUH <i>PARAMETER INPUT</i> TERHADAP HASIL SIMULASI	65
4.4.	ANALISIS HASIL TERHADAP DAUN ZAITUN	65
4.4.1.	Perbandingan Hasil Terhadap Kriteria Temperatur	65
4.4.2.	Koefisien Perpindahan Panas Daun Zaitun	66
4.4.3.	Laju Perpindahan Panas Daun Zaitun	67
BAB V	PENUTUP	67
5.1.	KESIMPULAN	67
5.2.	SARAN	67
DAFTAR PUSTAKA		70



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Morfologi Tanaman Zaitun: (a) Bunga, (b) Daun, (c) Buah	8
Gambar 2.2.	Hubungan Tekanan Uap Jenuh terhadap Temperatur dan Kelembaban Spesifikasi Jenuh	11
Gambar 2.3.	Metode Penjemuran Tradisional pada Paprika Merah	13
Gambar 2.4.	Pengering dan Penangkap Energi Matahari Berbentuk Tenda	14
Gambar 2.5.	Metode Pengeringan Udara Panas	14
Gambar 2.6.	Metode Pengeringan Kabinet Aktif	15
Gambar 2.7.	<i>Rotary Dryer</i>	16
Gambar 2.8.	Ruang Pengering pada <i>Rotary Dryer</i>	17
Gambar 2.9.	Bagian Pelindung pada <i>Rotary Dryer</i>	18
Gambar 2.10.	Komponen Penggerak pada <i>Rotary Dryer</i>	19
Gambar 2.11.	Tanda Arah Aliran Panas Konduksi	20
Gambar 2.12.	Volume Satuan untuk Analisis Konduksi Kalor Satu Dimensi	21
Gambar 2.13.	Daerah Batas Aliran Laminar dan Turbulen	22
Gambar 2.14.	<i>Mesh</i> Terstruktur dan Tidak Terstruktur	28
Gambar 2.15.	Metodologi Pembuatan <i>Mesh</i> Secara Umum	29
Gambar 2.16.	Model <i>Mesh</i> pada Kompresor	29
Gambar 2.17.	Model <i>Mesh</i> pada Sayap dan Turbin Pesawat	30
Gambar 3.1.	Diagram Alir Penelitian	34
Gambar 3.2.	Rancangan Drum <i>Rotary Dryer</i> pada <i>SolidWorks</i>	36
Gambar 3.3.	Gambar Pandangan Rancangan Desain	38
Gambar 3.4.	Diagram Alir Simulasi CFD	40
Gambar 3.5.	Tampilan <i>Workbench</i> Standar ANSYS	41
Gambar 3.6.	Parameter untuk Persiapan Simulasi Perpindahan Panas	41
Gambar 3.7.	Sifat mekanik Bahan <i>Stainless Steel</i> SS 316	42
Gambar 3.8.	Sifat Fisik Bahan <i>Stainless Steel</i> SS 316	42
Gambar 3.9.	Dimensi <i>Stator Drum</i>	43
Gambar 3.10.	Dimensi <i>Rotor Drum</i>	43
Gambar 3.11.	Tampak Potongan Geometri Drum Putar <i>Rotary Dryer</i>	43
Gambar 3.12.	Geometri Batas Bagian Dalam Stator	45
Gambar 3.13.	Geometri Batas Bagian Luar Rotor	45

Gambar 3.14.	Proses <i>Meshing</i> pada <i>Rotary Dryer</i>	47
Gambar 3.15.	Proses Simulasi ANSYS Perpindahan Panas	48
Gambar 3.16.	<i>General Assembly</i> Rancangan <i>Rotary Dryer</i>	51
Gambar 3.17.	Daftar Komponen pada <i>Rotary Dryer</i>	52
Gambar 3.18.	Sifat Mekanis Material SS 316	52
Gambar 4.1.	Medium Perpindahan Panas Konveksi Berupa Udara	56
Gambar 4.2.	Perpindahan Panas Melalui Medium Pelat	58
Gambar 4.3.	Perpindahan Panas ke Arah Ruang Pengeringan	59
Gambar 4.4.	Simulasi Pergerakan Aliran Udara <i>Rotary Dryer</i>	59
Gambar 4.5.	Kontur Temperatur pada <i>Outflow</i> dengan Kondisi Batas 30 [°C]	60
Gambar 4.6.	Kontur Temperatur pada <i>Outflow</i> dengan Kondisi Batas 40 [°C]	61
Gambar 4.7.	Kontur Temperatur pada <i>Outflow</i> dengan Kondisi Batas 50 [°C]	61
Gambar 4.8.	Kontur Temperatur pada <i>Outflow</i> dengan Kondisi Batas 60 [°C]	62
Gambar 4.9.	Kontur <i>Heat Flux</i> pada <i>Outflow</i> dengan Kondisi Batas 30 [°C]	63
Gambar 4.10.	Kontur <i>Heat Flux</i> pada <i>Outflow</i> dengan Kondisi Batas 40 [°C]	63
Gambar 4.11.	Kontur <i>Heat Flux</i> pada <i>Outflow</i> dengan Kondisi Batas 50 [°C]	64
Gambar 4.12.	Kontur <i>Heat Flux</i> pada <i>Outflow</i> dengan Kondisi Batas 60 [°C]	64
Gambar 4.13.	Pengaruh Kondisi Batas terhadap Temperatur dan <i>Heat Flux</i>	65
Gambar 4.14.	Perbandingan Temperatur dengan Kriteria Pengeringan Daun Zaitun	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Nilai Konduktivitas Termal Material pada Suhu 0 °C	25
Tabel 2.2.	<i>State of Art</i> Penelitian Terdahulu	31
Tabel 2.3.	Perbedaan Alat yang Dibuak dengan Desain yang Ada	33
Tabel 3.1.	Data Sekunder Persiapan Simulasi CFD	37
Tabel 3.2.	Konfigurasi Simulasi CFD	38
Tabel 3.3.	Data Material <i>Stainless Steel</i> dalam <i>ANSYS Workbench 2022</i>	44
Tabel 3.4.	Penyesuaian <i>Material Properties Stainless Steel SS 316</i>	44
Tabel 3.5.	Kondisi Batas pada Simulasi <i>Rotary Dryer</i>	46
Tabel 3.6.	Data Parameter dan Kualitas <i>Mesh</i>	46
Tabel 3.7.	Spesifikasi Media Pemanas <i>Heater</i>	53
Tabel 4.1.	Hasil Data Simulasi Temperatur Permukaan Rotor	60
Tabel 4.2.	Hasil Data Simulasi <i>Heat Flux</i>	63



DAFTAR SIMBOL

Singkatan	Keterangan
Q	Laju perpindahan panas
W	Watt
m	Meter
k	Konduktivitas termal bahan
K	<i>Kelvin</i>
A	Luas bidang perpindahan kalor
dT/dx	Gradien suhu perpindahan kalor
q	Energi yang dihasilkan per satuan volume
c	Kalor spesifik bahan
r	Kerapatan
kg	Kilogram
t	Waktu
s	Detik
ΔT	Perbedaan suhu permukaan dan suhu fluida
T_s	Suhu permukaan
T_∞	Suhu fluida
h_c	Koefisien perpindahan panas konveksi
Re	Bilangan Reynold
ρ	Massa jenis fluida
U	Kecepatan fluida mengalir
x	Jarak
μ	Viskositas fluida
ν	Viskositas kinematic fluida
Nu	Bilangan <i>Nusselt</i>
L	Dimensi struktur
Ra	Bilangan Rayleigh
Gr	Bilangan Grashof
g	Percepatan gravitasi
β	Koefisien ekspansi volume

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
CFD	<i>Computational Fluid Dynamics</i>
atm	Atmosfir
RPM	<i>Rotation Per Minute</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
FTCS	<i>Forward Time Central Space</i>
2D	2 Dimensi/2 <i>Dimension</i>
3D	3 Dimensi/3 <i>Dimension</i>
MMR	<i>Mixed Method Research</i>
amb.	Ambien

