

**ANALISIS *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD)* DAN
OPTIMALISASI UNTUK REDESAIN PROSES AKHIR PENGERINGAN
KOPRA DI USAHA KOPERASI BERSAMA KOPRA PUTIH SONIA
KABUPATEN PRINGSEWU**

(Skripsi)

Oleh

EKO NURDIANTO



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2016

ABSTRAK

ANALISIS *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS* (CFD) DAN OPTIMALISASI UNTUK REDESAIN PROSES AKHIR PENGERINGAN KOPRA DI USAHA KOPERASI BERSAMA KOPRA PUTIH SONIA KABUPATEN PRINGSEWU

OLEH

EKO NURDIANTO

Kopra merupakan daging buah kelapa yang dikeringkan untuk proses pembuatan minyak kelapa maupun bahan baku kosmetik. Proses akhir pengeringan kopra di Usaha Koperasi Bersama Kopra Putih Sonia Kabupaten Pringsewu adalah proses setelah pelepasan daging buah kelapa dari tempurungnya lalu menurunkan kadar air buah kelapa tersebut dari kadar 35% menjadi 7%. Dikarenakan alat pengering kopra yang ada saat ini pembuatannya tanpa memperhitungkan proses perpindahan panas yang terjadi maka proses pengeringan membutuhkan waktu yang cukup lama yaitu selama 48 jam, untuk itu dilakukan redesign dari alatnya agar mengoptimalkan waktu pengeringan kopra tersebut.

Metode penelitian yang dilakukan adalah merancang ulang dan menganalisis model yang sesuai dari alat pengering tersebut menggunakan simulasi komputer melalui *software Computational Fluid Dynamics* (CFD) yang bisa digunakan untuk evaluasi dalam berbagai model desain mekanik, *thermal*, maupun model aliran fluida.

Berdasarkan simulasi dan optimalisasi pemodelan didapatkan desain yang sesuai agar sebaran suhu didalam ruangan alat pengering merata dengan dimensi alat pengering 540 cm x 180 cm x 180 cm, panjang pipa 134,4 m, diameter pipa 2,54 cm, dimensi rak 230 cm x 170 cm, jumlah rak 10 buah, material dinding adalah seng dilapisi asbes sebagai isolator, dan material pipa adalah tembaga. Kapasitas total alat pengering adalah sebesar 1357 buah kelapa. Suhu rata-rata pengeringan dari alat pengering adalah sebesar 74,41°C. Waktu yang dibutuhkan untuk satu kali proses pengeringan kopra pada proses akhir adalah selama ± 10 jam.

Kata kunci: alat pengering kopra, proses akhir pengeringan kopra, waktu pengeringan, sebaran suhu, *software Computational Fluid Dynamics* (CFD)

ABSTRACT

ANALYSIS OF *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD)* AND OPTIMIZATION TO REDESIGN THE LAST PROCESS OF DRYING COPRA IN USAHA KOPERASI BERSAMA KOPRA PUTIH SONIA DISTRICT PRINGSEWU

BY

EKO NURDIANTO

Copra is a dried coconut for the process of making coconut oil and as raw materials for cosmetics. The loose of coconut meat from the shell and then decrease the water degree of the coconut fruit from 35% to 7% is the last process of drying copra in Usaha Koperasi Bersama Kopra Putih Sonia district Pringsewu. The made of copra dryers that provide today is not calculating the process of heat transfer that happen so the drying process takes a long time that is 48 hours, for it carried out the redesign of the appliance in order to optimize the copra drying time.

The research method that use is redesign and analyze appropriate models of dryers by using computer simulation via software Computational Fluid Dynamics (CFD), which can be used for evaluation in various models of mechanical design, thermal, and fluid flow models.

Based on the simulation and model optimizing in order to obtain the appropriate design of the temperature distribution in the room evenly dryer with a dryer dimensions of 540 cm x 180 cm x 180 cm, length 134.4 m pipe, pipe diameter of 2.54 cm, shelf dimensions 230 cm x 170 cm, the number of shelves 10 pieces, wall material is zinc coated asbestos as an insulator, and the pipe material is copper. The total capacity of the dryer amounted to 1357 units coconut. The average temperature of the dryer drying amounted 74,41°C. The time required for one process of drying the copra at the last process is for ± 10 hours.

Keywords: tool copra dryer, the last process of drying copra, drying time, temperature distribution, software Computational Fluid Dynamics (CFD)

**ANALISIS *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD)* DAN
OPTIMALISASI UNTUK REDESAIN PROSES AKHIR PENGERINGAN
KOPRA DI USAHA KOPERASI BERSAMA KOPRA PUTIH SONIA
KABUPATEN PRINGSEWU**

Oleh

Eko Nurdianto

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2016

Judul Skripsi

: **ANALISIS COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD)
DAN OPTIMALISASI UNTUK REDESAIN PROSES AKHIR
PENGERINGAN KOPRA DI USAHA KOPERASI BERSAMA
KOPRA PUTIH SONIA KABUPATEN PRINGSEWU**

Nama Mahasiswa

: **Eko Nurdianto**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1115021026**

Program Studi

: **Teknik Mesin**

Fakultas

: **Teknik**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


A. Yudi Eka Risano, S.T., M.Eng.
NIP 19760715 2008121 002


Ahmad Su'udi, S.T., M.T.
NIP 19740816 200012 1 001

2. Ketua Jurusan Teknik Mesin

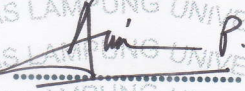

Ahmad Su'udi, S.T., M.T.
NIP 19740816 200012 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: **A. Yudi Eka Risano, S.T., M.Eng.**



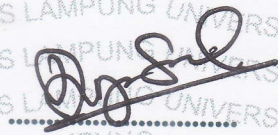
Anggota Penguji

: **Ahmad Su'udi, S.T., M.T.**

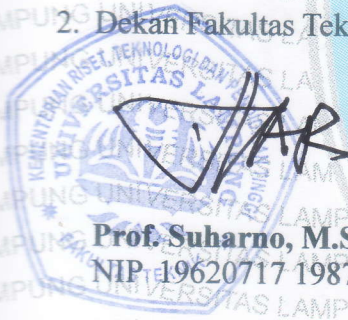


Penguji Utama

: **M. Dyan Susila ES, S.T., M.Eng.**



2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



Prof. Suharno, M.S., M.Sc., Ph.D.

NIP. 19620717 198703 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 20 April 2016

PERNYATAAN PENULIS

SKRIPSI INI DIBUAT SENDIRI OLEH PENULIS DAN BUKAN HASIL
PLAGIAT SEBAGAIMANA DIATUR DALAM PASAL 27 PERATURAN
AKADEMIK UNIVERSITAS LAMPUNG DENGAN SURAT KEPUTUSAN
REKTOR No. 3187/H26/DT/2010.

YANG MEMBUAT PERNYATAAN



Eko Nurdianto
NPM. 1115021026

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Natar, Lampung pada tanggal 25 Juli 1993, sebagai anak pertama dari 2 bersaudara, dari pasangan Suyoto dan Nur Asiah. Pendidikan SDN 5 Merak Batin diselesaikan pada tahun 2005, SMPN 1 Natar diselesaikan pada tahun 2008, SMAN 1 Natar diselesaikan pada tahun 2011, dan pada tahun 2011

penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri Jalur Ujian Tertulis (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) sebagai anggota divisi HUMAS (2013 s.d. 2014). Penulis juga pernah melakukan kerja praktik di PT. PLN (Persero) Sektor Kit Bandar Lampung Pusat Listrik Tanggamus (PLTP Ulubelu) pada tahun 2014. Pada tahun 2015 penulis melakukan penelitian dengan judul “ Analisis *Computational Fluid Dynamics* dan Optimalisasi Untuk Redesain Proses Akhir Pengeringan Kopro Di Usaha Koperasi Bersama Kopro Putih Sonia Kabupaten Pringsewu” dibawah bimbingan Bapak A. Yudi Eka Risano, S.T.,M.Eng. dan Bapak Ahmad Su’udi, S.T.,M.T.

MOTTO

“ Dan jika kamu menghitung-hitung nikmat Allah, niscaya kamu tak dapat menentukan jumlahnya. Sesungguhnya Allah benar-benar Maha Pengampun lagi Maha Penyayang“.
(QS. An-Nahl/16: 18)

Berpikirlah sebelum menentukan suatu ketetapan, atur strategi sebelum menyerang, dan musyawarahkan terlebih dahulu sebelum melangkah maju kedepan.
(Imam Syafi'i)

Apabila di dalam diri seseorang masih ada rasa malu dan takut untuk berbuat suatu kebaikan, maka jaminan bagi orang tersebut adalah tidak akan bertemunya ia dengan kemajuan selangkah pun.
(Soekarno)

“Hidup itu hanya sekali, gunakanlah waktu hidupmu sebaik2nya, jangan sampai engkau salah jalan dan menyesal dikemudian hari”
(Penulis)

PERSEMBAHAN

Dengan Kerendahan Hati Meraih Ridho illahi Kupersembahkan Karya Kecilku

Ini Untuk Orang-Orang Yang Aku Cintai dan Sayangi:

IBU & AYAHKU

ADIKKU SATU-SATUNYA

KELUARGA MESIN ANGKATAN 2011

SAHABAT DAN TEMAN-TEMANKU

KEKASIHKU

SERTA ORANG-ORANG YANG ADA DIBELAKANGKU

YANG SELALU MEMBERI SEMANGAT, NASIHAT

MAUPUN DO'ANYA.

SANWACANA

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadirat ALLAH SWT karena berkat rahmat, hidayah dan pertolongan-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Analisis *Computational Fluid Dynamics* dan Optimalisasi Untuk Redesain Proses Akhir Pengeringan Kopra Di Usaha Koperasi Bersama Kopra Putih Sonia Kabupaten Pringsewu“. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Dalam pelaksanaan dan penyusunan skripsi ini penulis sangat berterima kasih dan memberikan penghargaan yang sedalam-dalamnya kepada seluruh pihak yang membantu penulis menyelesaikan skripsi ini. Penulis terutama ingin mengucapkan terima kasih dengan setulus hati kepada:

1. Ibuku tercinta Nur Asiah dan Bapakku tercinta Suyoto serta adikku Elita Dwi Putriani, yang senantiasa memberikan doa, semangat dan motivasi kepada penulis agar dapat menyelesaikan skripsi dengan sebaik mungkin dan menyelesaikan kuliah di Teknik Mesin dan cepat mendapatkan kerja.
2. Bapak Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung

3. Bapak A. Yudi Eka Risano, S.T.,M.Eng. sebagai pembimbing utama tugas akhir/skripsi atas kesediaannya dan keikhlasannya untuk memberikan dukungan, bimbingan, nasehat, saran,dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Ahmad Su'udi, S.T.,M.T. sebagai dosen pembimbing pendamping atas kesediaannya dan keikhlasannya untuk memberikan dukungan, bimbingan, nasehat, saran,dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini..
5. Bapak M. Dyan Susila ES , S.T., M.Eng. sebagai dosen pembahas skripsi penulis, yang telah memberikan saran dan masukan guna penyempurnaan dalam penulisan laporan ini.
6. Bapak Jorfri Boyke Sinaga S.T.,M.T. selaku dosen Pembimbing Akademik.
7. Seluruh Dosen pengajar Jurusan Teknik Mesin yang banyak memberikan ilmu selama penulis melaksanakan studi, baik berupa materi perkuliahan maupun teladan dan motivasi sehingga dapat saya jadikan bekal untuk terjun ke tengah-tengah masyarakat
8. Teman-teman sekaligus keluarga Teknik Mesin Angkatan 2011, dan Jati Wahyu Nugraha teman seperjuangan skripsi saya serta yang lainnya yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terima kasih atas persahabatannya dan juga bantuannya salam “SOLIDARITY FOREVER”
9. Bapak Agus selaku pemilik pabrik Kopra Putih Sonya selaku tempat penelitian saya yang sudah memberikan bantuannya
10. Desi Wulandari kekasihku yang selalu membantu dan mendoakan penulis.

11. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir.skripsi ini.

Penulis telah berusaha semaksimal mungkin dalam penulisan laporan tugas akhir/skripsi ini untuk mencapai suatu kelengkapan dan kesempurnaan. Penulis juga mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari semua pihak. Akhirnya dengan segala kerendahan hati penulis berharap laporan ini member manfaat, baik kepada penulis khususnya maupun kepada pembaca pada umumnya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Bandar Lampung, 21 April 2016

Penulis,

Eko Nurdianto

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	i
SANWACANA	ii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR SIMBOL.....	viii
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Sistematika Penulisan	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Kopra	6
2.2 Proses Pengeringan	8
2.2.1 Pengeringan Dengan Cara Alami	8
2.2.2 Pengeringan Dengan Udara Panas	10
2.2.3 Pengeringan Dengan Uap Air	11
2.3 Standar Mutu Kopra	14
2.4 Heat Exchanger (HE)	15
2.5 Shell and Tube Heat Exchanger	18
2.6 Heat Transfer	20
2.6.1 Konveksi	20
2.6.2 Konveksi Alamiah	21

2.7	Perpindahan Massa (Mass Transfer)	24
2.7.1	Perpindahan Massa Konduksi	24
2.7.2	Perpindahan Massa Konveksi	25
2.8	Perhitungan Kadar Air	25
2.9	Perhitungan Kebutuhan Kalor Yang Dibutuhkan Dalam Proses Pengeringan Kopra	27
2.9.1	Energi Pemanasan Kopra (Q_h)	27
2.9.2	Energi Pemanasan Air Kopra (Q_w)	28
2.9.3	Energi Penguapan Air Kopra (Q_l)	28
2.9.4	Laju Aliran Konveksi Di Dalam Ruang Pengering	29
2.9.5	Energi Yang Hilang Dari Dinding Ruang Pengering (Q_{lw})...	30
2.9.6	Total Kalor Yang Dibutuhkan Untuk Proses Pengeringan (Q_{total}).....	31
2.10	Perhitungan Kebutuhan Bahan Bakar yang Digunakan.....	31
2.11	Computational Fluid Dynamics (CFD)	32
III.	METODOLOGI PENELITIAN	
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	36
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	36
3.3	Diagram Alir Penelitian	40
3.4	Pelaksanaan Penelitian	43
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1	Data Teknis	47
4.2	Analisis Sebaran Suhu Dalam Ruang Pengering Untuk Redesain Alat Pengering Kopra	48
4.3	Redesain Alat Pengering	50
4.4	Modifikasi Rancangan Alat Pengering	52
4.5	Optimalisasi Suhu Ruang Pengering 65°C - 90°C	54
4.5.1	Analisa Rak Tingkat Pertama	55
4.5.2	Analisa Rak Tingkat Kedua	57
4.5.3	Analisa Rak Tingkat Ketiga	58

4.5.4 Analisa Rak Tingkat Keempat	59
4.5.5 Analisa Rak Tingkat Kelima	61
4.6 Perhitungan Kebutuhan Kalor Yang Dibutuhkan Dalam Proses Pengeringan Kopra	62
4.6.1 Energi Pemanasan Kopra (Q_h)	63
4.6.2 Energi Pemanasan Air Kopra (Q_w)	64
4.6.3 Energi Penguapan Air Kopra (Q_l)	64
4.6.4 Laju Aliran Konveksi Di Dalam Ruang Pengering	64
4.9.5 Energi Yang Hilang Dari Dinding Ruang Pengering (Q_{lw})...	67
4.6.6 Total Kalor Yang Dibutuhkan Untuk Proses Pengeringan (Q_{total}).....	69
4.7.7 Kebutuhan Bahan Bakar.....	69

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	71
5.2 Saran	72

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Kopra	6
2.2 Skema Sistem Pengering Udara Panas	11
2.3 Perpindahan Massa Konduksi	25
3.1 Termokopel	37
3.2 <i>Copra Moisture Meter</i>	37
3.3 <i>Anemometer</i>	38
3.4 Alat Pengering Kopra milik Usaha Koperasi Bersama Kopra Putih Sonia Kabupaten Pringsewu	39
3.5 Komputer	39
3.6 <i>Software Computational Fluid Dynamics (CFD)</i>	40
3.7 Rancangan Alat Pengering Kopra	45
4.1 Titik Pengukuran Suhu Pada Alat Pengering Sebelum Diredesain	49
4.2 Hasil Simulasi CFD Rancangan Pertama	52
4.3 Ruang Pengering Sebelum Modifikasi dan Sesudah Modifikasi	53
4.4 Hasil Simulasi CFD Setelah Modifikasi	54
4.5 Hasil Simulasi CFD Setelah di Optimalisasi	55
4.6 Hasil Simulasi CFD Pada Rak Tingkat Pertama	56
4.7 Hasil Simulasi CFD Pada Rak Tingkat Kedua	57
4.8 Hasil Simulasi CFD Pada Rak Tingkat Ketiga	58
4.9 Hasil Simulasi CFD Pada Rak Tingkat Keempat	60
4.10 Hasil Simulasi CFD Pada Rak Tingkat Kelima	61

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Standar Nasional Indonesia Mixed Kopra	14
2.2 Kelas Mutu Kopra Dalam Perdagangan Kopra Di Beberapa Negara	14
2.3 Standar Mutu Kopra	15
4.1 Titik Pengambilan Suhu Ruangan Alat Pengering.....	48
4.2 Data Perbandingan Desain Asli dan Setelah Redesain	51
4.3 Parameter input simulasi CFD	51
4.4 Point Parameters Sebaran Suhu Pada Rak Tingkat Pertama	56
4.5 Point Parameters Sebaran Suhu Pada Rak Tingkat Kedua	57
4.6 Point Parameters Sebaran Suhu Pada Rak Tingkat Ketiga	59
4.7 Point Parameters Sebaran Suhu Pada Rak Tingkat Keempat	60
4.8 Point Parameters Sebaran Suhu Pada Rak Tingkat Kelima	61

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
P	Panjang alat	cm
L	Lebar alat	cm
T	Tinggi alat	cm
D	Diameter pipa	in
W_1	Kadar awal kopra	%
W_2	Kadar akhir kopra	%
W_{kb}	Berat kopra awal	kg
W_i	Berat air kopra awal	kg
K_i	Kadar air kopra awal	%
W_{ko}	Berat kopra dengan kadar 35%	kg
K_f	Kadar air kopra kering	%
W_r	Berat air yang diuapkan	kg
Q_h	Energi pemanasan kopra	kJ
Q_w	Energi pemanasan air kopra	kJ
Q_i	Energi penguapan air kopra	kJ
C_p	Panas jenis	kJ/kg $^{\circ}$ C
H_{fg}	Panas laten penguapan air	kJ/kg
T_s	Temperatur udara masuk	$^{\circ}$ C
T_d	Temperatur pengeringan	$^{\circ}$ C
T_a	Temperatur awal kopra	$^{\circ}$ C
T_f	Temperatur rata-rata	$^{\circ}$ C
g	Percepatan gravitasi	m/s 2
β	Koefisien muai volume	K $^{-1}$
ν	Viskositas kinematik	m 2 /s

h	Koefisien perpindahan panas	W/m^2K
k	Konduktivitas termal	W/mK
A	Luas penampang	m^2
Δx	Tebal dinding	m
Q	Kalor	W
R	Hambatan termal	$^{\circ}C/W$
LHV	Low high value	kJ/jam
n	Effisiensi	%
Gr_d	Angka grashof	
Pr	Angka prandtl	
Nu	Angka nusselt	

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kopra adalah daging buah kelapa yang dikeringkan. Kopra merupakan salah satu produk turunan kelapa yang sangat penting, karena merupakan bahan baku pembuatan minyak kelapa dan turunannya. Untuk membuat kopra yang baik diperlukan kelapa yang telah berumur sekitar 300 hari dan memiliki berat sekitar 3-4 kg. (Ashshiddieqy.2010)

Proses pembuatan kopra di Usaha Koperasi Bersama Kopra Putih Sonia, Kabupaten Pringsewu sudah tidak lagi dilakukan secara tradisional yang menggunakan panas matahari sebagai media pengeringnya, tetapi sudah menggunakan alat pengering kopra dengan model seperti oven sebagai alat untuk mengeringkan dan menurunkan kadar air pada buah kelapa itu sendiri untuk menjadikannya kopra.

Alat pengering yang dimiliki tersebut terbagi dalam dua proses, dimana proses pertama adalah proses menurunkan kadar air buah kelapa tersebut dari kadar air sebesar 57% menjadi sebesar 35%, kemudian dilanjutkan proses yang terakhir dengan pelepasan daging buah kelapa dari tempurungnya lalu menurunkan kadar air buah kelapa tersebut dari kadar 35% menjadi sebesar

7%. Akan tetapi karena pembuatan alat pengering kopra yang dilakukan pengusaha kopra di Usaha Koperasi Bersama Kopra Putih Sonia, Kabupaten Pringsewu ini tanpa menggunakan perhitungan dan perancangan yang baik, maka dalam proses akhir pengeringan buah kelapa menjadi kopra dibutuhkan waktu yang cukup lama yaitu sekitar 48 jam. Hal ini disebabkan karena kecilnya suhu yang digunakan untuk proses akhir pengeringan kopra tersebut yang hanya menggunakan suhu dengan kisaran 45°C - 60°C serta tidak tersebar meratanya suhu dalam alat pengeringan kopra tersebut.

Dalam hal ini dibutuhkan analisis dan perancangan yang tepat untuk perhitungan serta model yang sesuai dari proses akhir alat pengering kopra itu sendiri agar alat pengering kopra tersebut dapat lebih optimal dalam proses pengeringan buah kelapa menjadi kopra. Salah satu alat analisis dengan metode simulasi komputer adalah melalui *software Solidwork Flow Simulation* yang bisa digunakan untuk evaluasi dalam berbagai model desain mekanik, *thermal*, maupun model aliran fluida. Maka dari itu dengan memanfaatkan *tool* yang ada dan untuk meningkatkan ketelitian dalam desain alat pengering kopra maka penulis akan menganalisis dan merancang alat pengering kopra untuk proses akhir pengeringan kopra yang lebih optimal dalam prosesnya di Usaha Koperasi Bersama Kopra Putih Sonia Kabupaten Pringsewu dengan menggunakan *software Computational Fluid Dynamics (CFD)*.

1.2 Tujuan

Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Meredesain alat pengering kopra pada proses akhir agar sebaran suhu pada ruang alat pengering merata.
2. Menganalisis distribusi temperatur yang terdapat didalam alat pengering kopra.
3. Menghitung laju perpindahan panas yang terjadi dan besarnya kalor yang dibutuhkan untuk proses pengeringan kopra pada proses akhir.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Alat pengering kopra yang akan dianalisis merupakan redesain alat pengering kopra milik Usaha Koperasi Bersama Kopra Putih Sonia Kabupaten Pringsewu.
2. Dalam hal ini hanya dilakukan analisis dan perancangan alat pengering kopra pada proses akhir pengeringan yaitu setelah proses pencungkilan buah kelapa dari tempurungnya (kadar air 35%) hingga proses pengeringan selesai menjadi kopra (kadar air 7%).
3. Proses perpindahan panas yang terjadi adalah konveksi sedangkan konduksi dan radiasi diabaikan karena nilainya sangat kecil.

1.4 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang digunakan oleh penulis dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

I. PENDAHULUAN

Pada bab ini menguraikan tentang latar belakang, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Berisikan landasan teori dan beberapa literature yang mendukung pembahasan tentang studi kasus yang diambil.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan metode yang digunakan penulis dalam pelaksanaan proses analisis desain alat pengering kopra.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisikan tentang hasil simulasi-simulasi analisis dan perancangan alat pengering kopra serta optimalisasi pemodelannya.

V. SIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisikan kesimpulan dan saran yang dilakukan serta pembahasan tentang studi kasus yang diambil.

DAFTAR PUSTAKA

Berisikan literatur-literatur atau referensi-referensi yang diperoleh penulis untuk menunjang penyusunan laporan tugas akhir ini.

LAMPIRAN

Berisikan beberapa hal yang mendukung proses analisis dan perancangan alat pengering kopra.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kopra

Kopra adalah daging buah kelapa yang dikeringkan. Kopra merupakan salah satu produk turunan kelapa yang sangat penting, karena merupakan bahan baku pembuatan minyak kelapa dan turunannya. Untuk membuat kopra yang baik diperlukan kelapa yang telah berumur sekitar 300 hari dan memiliki berat sekitar 3-4 kg. (Ashshiddieqy.2010)



Gambar 2.1 Kopra (Sulaeman dan M. Rusyadi. 2013)

Secara umum terdapat dua jenis kopra :

a. Kopra hitam

Kopra hitam biasanya digunakan untuk bahan baku minyak kelapa (*coconut oil*), pengeringan untuk mendapatkan kopra hitam maksimal 2 hr dengan temperatur rata-rata 60°C.

b. Kopra putih

Kopra putih biasanya digunakan untuk keperluan kosmetik dll. Proses pengeringan kopra putih biasanya berlangsung selama 2/3 hari dengan temperatur rata-rata diatas 60°C. (Sulaeman dan M. Rusyadi.2013)

Guarte *et al* (1996) mengatakan suhu pengeringan kopra yang optimum sekitar 90° celsius untuk menghasilkan kopra berkualitas dalam warna, aroma, dan rasa. Lama pengeringan pada suhu tersebut 21 jam dan 34 jam untuk suhu 80°C. Suhu pengeringan kopra bisa dilakukan lebih rendah lagi yaitu 65-85°C. (Niamnuy dan Devahastin 2005).

Proses pembuatan kopra dapat dilakukan dengan beberapa cara:

- a. Pengeringan dengan sinar matahari (*sun drying*).
- b. Pengeringan dengan pengarangn atau pengasapan di atas api (*smoke curing or drying*).
- c. Pengeringan dengan pemanasan tidak langsung (*indirect drying*).
- d. Pengeringan menggunakan *solar system* (tenaga panas matahari).

Dalam kehidupan sehari-hari, tiga cara pertama tersebut diatas terkadang dikombinasikan sebagaimana yang dilakukan oleh petani kelapa umumnya. Namun pada tingkat petani sering kadar air kopra akhir yang berbeda-beda. Kadar air buah kelapa segar berkisar 50 – 55% dan pada proses pengeringan kopra, kadar air tersebut diturunkan menjadi 5% - 6%.

Pengeringan kopra perlu dilakukan secara bertahap untuk mendapatkan kopra bermutu baik, sebagai berikut: (Ashshiddieqy.2010)

- a. Kadar air buah kelapa segar (berkisar 50 – 55%) pada periode 24 jam pertama diturunkan menjadi 35%.
- b. Pada periode 24 jam ke dua diturunkan dari 35% menjadi 20%.
- c. Pada periode 24 jam berikutnya diturunkan sampai 5 %.

Di Indonesia, standar mutu untuk industri dan perdagangan kopra sering menggunakan standar *mixed copra*. *Mixed copra* merupakan kopra yang dihasilkan dari buah kelapa dengan kelompok umur yang beragam. Kopra yang dikumpulkan oleh pedagang pengumpul umumnya berasal dari petani dari berbagai wilayah dengan mutu pengolahan kopra yang beragam.

2.2 Proses Pengeringan

2.2.1 Pengeringan Dengan Cara Alami

Pengeringan bertujuan untuk memperpanjang umur simpan dengan cara mengurangi kadar air untuk mencegah agar tidak ditumbuhi oleh mikroorganisme pembusuk. Dalam proses pengeringan dilakukan pengaturan terhadap suhu, kelembaban (*humidity*) dan aliran udara. Perubahan kadar air dalam bahan pangan disebabkan oleh perubahan energi dalam sistem (Banwatt, 1981). Untuk itu, dilakukan perhitungan terhadap neraca massa dan neraca energi untuk mencapai keseimbangan.

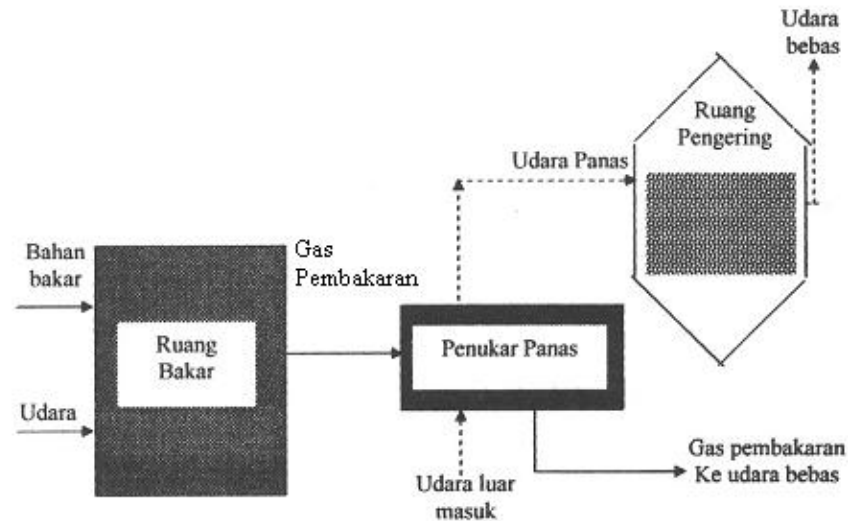
Menurut Banwatt (1981), alasan yang mendukung proses pengeringan dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme adalah untuk mempertahankan mutu produk terhadap perubahan fisik dan kimiawi yang ditentukan oleh perubahan kadar air, mengurangi biaya penyimpanan, pengemasan dan transportasi, untuk mempersiapkan produk kering yang akan dilakukan pada tahap berikutnya, menghilangkan kadar air yang ditambahkan akibat selama proses sebelumnya, memperpanjang umur simpan dan memperbaiki kegagalan produk. Produk kering dapat digunakan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan produk baru.

Tujuan pengeringan kopra adalah untuk menurunkan kadar air dari 50% - 55% menjadi 5%- 6%. Ada beberapa cara pengeringan yakni dengan sinar matahari, dengan alat pengering dan kombinasi keduanya. Pengeringan kombinasi yaitu pengeringan dengan panas sinar matahari dan panas buatan. Cara ini lebih baik karena tidak tergantung cuaca dan bahan bakar lebih sedikit. Pengeringan dengan sinar matahari menjadikan mutu kopra lebih baik yaitu menjadi mengkilap. Caranya adalah kopra ditebarkan di lantai penjemuran di bawah terik matahari. Pengeringan ini membutuhkan tenaga kerja lebih banyak dan sangat tergantung dengan cuaca. Jika cuaca tidak memungkinkan dapat diganti dengan hembusan udara pada pengeringan buatan. Pada tahap awal dengan suhu lingkungan selama 72-80 jam dan diteruskan dengan suhu udara 45-60°C sampai buah

kering. Lama pengeringan ini 7-8 jam sehari. Selama penjemuran dilakukan pembalikan hampan kopra 1-2 jam sekali. Lama penjemuran dapat lebih dari 10 hari. Sedangkan dengan pengeringan buatan, dilakukan selama ± 32 jam dan pembalikan kopra setiap 3 jam. Lama pengeringan tergantung dari jenis alat pengeringnya. Prinsip pengeringannya menggunakan udara pengering sebagai medium panas dalam menurunkan kadar air kopra hingga 5% - 6%.

2.2.2 Pengeringan Dengan Udara Panas

Secara buatan proses pengeringan dapat dilakukan dengan alat pengering untuk menghemat tenaga manusia, terutama pada musim hujan. Terdapat berbagai cara pengeringan buatan, salah satunya dengan memanfaatkan aliran udara yang dipanaskan untuk mengurangi kadar air di dalam kopra dengan panas pengeringan sekitar 60°C - 70°C , sehingga kadar air turun menjadi 5% - 6%. Proses perpindahan panas dengan cara ini berlangsung secara konduksi dan konveksi. Udara bergerak melintasi hampan kopra setelah terlebih dahulu melalui penukar panas. Alat pengering dapat digunakan setiap saat dan dapat dilakukan pengaturan suhu sesuai dengan kadar air kopra yang diinginkan. Cara ini lebih baik karena tidak tergantung cuaca dan bahan bakar lebih sedikit.



Gambar 2.2. Skema sistem pengering udara panas (Ashshiddieqy. 2010)

2.2.3 Pengeringan Dengan Uap Air

Uap air panas mempunyai sifat pindah panas yang lebih unggul dari pada udara pada suhu yang sama. Karena tidak ada tahanan terhadap difusi uap air dalam uap itu sendiri, laju pengeringan pada periode laju konstan hanya tergantung pada laju pindah panas. Pada prinsipnya setiap pengering langsung atau tak langsung (kombinasi konduksi dan konveksi) dapat dioperasikan sebagai pengering uap super panas. (Abdulillah, 2000)

Salah satu keuntungan nyata dari pengeringan dengan uap air panas adalah bahwa luaran pengering juga uap, meskipun pada enthalpi jenis lebih rendah. Dalam pengeringan dengan udara, panas laten dalam aliran gas luaran biasanya sukar dan mahal untuk digunakan kembali. Jika infiltrasi udara dapat dihindarkan (atau diminimumkan sampai tingkat yang dapat diterima), maka seluruh panas laten yang disuplai

ke pengering uap air ini dapat dipulihkan dengan mengembunkan aliran buang atau meningkatkan enthalpi jenisnya secara mekanis atau dengan kompresi panas. Karena pengering ini akan menghasilkan uap yang sama dengan jumlah air yang diuapkan di dalam pengering, maka pabrik perlu memanfaatkan kelebihan uap tersebut. Jika uap ini digunakan ditempat lain, panas laten yang dipulihkan tidak dibebankan pada alat pengering, dan menyebabkan konsumsi energi bersih sebesar 1000-1500 kJ/kg air yang diuapkan untuk alat pengering dibandingkan dengan 4000-6000 kJ/kg air yang diuapkan untuk pengering udara panas. Jadi penurunan konsumsi energi merupakan keuntungan yang jelas dari alat pengering dengan menggunakan uap air panas.

Keuntungan lain adalah:

- a) Tidak ada reaksi oksidasi atau pembakaran dalam alat pengering uap air panas. Hal ini berarti tidak ada bahaya kebakaran atau ledakan dan juga menghasilkan mutu yang lebih baik.
- b) Memungkinkan laju pengeringan yang lebih tinggi, baik dalam periode laju konstan maupun laju menurun, tergantung pada suhu uap.
- c) Pengeringan dengan uap dapat mencegah bahaya kebakaran atau ledakan pada saat pengeringan produk yang mengandung racun atau cairan organik mahal yang harus dipulihkan, sambil memungkinkan pengembunan aliran buang dalam kondenser kecil.

d) Alat pengering uap air panas memungkinkan proses *pasteurisasi*, *sterilisasi* dan *deodorisasi* produk pangan.

Uap yang terbentuk dari produk dapat ditarik dari ruang pengering, diembunkan dan panas latennya digunakan kembali. Secara umum, pengeringan uap air dapat dipertimbangkan sebagai pilihan yang baik hanya jika satu atau lebih dari kondisi berikut ini dipenuhi:

- a) Biaya energi sangat tinggi, nilai produk rendah atau dapat diabaikan
- b) Mutu produk lebih unggul jika dikeringkan dalam uap dibandingkan dengan udara.
- c) Biaya kebakaran, ledakan atau kerusakan oksidatif sangat tinggi. Premi asuransi yang lebih rendah dapat menutupi sebagian tambahan biaya investasi pengering dengan uap.
- d) Jumlah air yang harus dibuang maupun kapasitas produksi yang diperlukan tinggi. Hal ini dapat memenuhi skala ekonomi. Jelasnya, pengering seperti ini hanya baik dipertimbangkan untuk operasi kontinyu karena masalah yang berkaitan dengan masalah penghidup-matian akibat pengembunan pada produk serta keberadaan zat tak dapat diembunkan (udara).

Air yang diuapkan dalam pengering uap, dengan asumsi tidak ada kehilangan, akan menjadi kelebihan uap, dengan enthalpi spesifik yang rendah. Penggunaan uap ini secara ekonomis umumnya merupakan kunci keberhasilan proses pengeringan uap.

2.3 Standar Mutu Kopra

Standar mutu kopra di Indonesia disesuaikan Standar Nasional Indonesia (SNI), seperti terlihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Standar Nasional Indonesia Mixed Kopra (MAPI.2006)

No	Persyaratan	Mutu A	Mutu B	Mutu C
1	Kadar Air (% maksimum)	5	5	5
2	Kadar Minyak (% minimum)	65	60	60
3	Asam Lemak Bebas (% maksimum)	5	5	5
4	Jamur	0	0	0
5	Serat (% maksimum)	8	8	8

Setiap negara memiliki karakteristik mutu kopra tersendiri , namun secara umum jenis dan karakteristik mutu kopra secara dalam dunia perdagangan disajikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Kelas mutu kopra dalam perdagangan kopra di beberapa negara (APCC. 2006)

No	Macam Kelas Mutu Kopra	Keterangan
1	Perfect, super grade	Sama rata, keras, bersih, putih, bebas dari kotoran
2	High grade	Sama rata, keras, bersih, putih kelabu, tidak ada warna jelek atau rusak
3	Fair merchantable sundried (FMS) grade	Kopra keraing bersih putih bercampur dengan 5-10% kopra jelek
4	Fair merchantable (FM)	Campuran dari mutu mixed kering dengan kopra mutu rendah, tidak ada yang putih keras, banyak kopra lembek kenyal
5	Low grade	Kopra tidak cukup kering, gosong, warna jelek, terlalu lama diasap, busuk, berlendir, banyak serangga, kenyal, dll

Spesifikasi mutu kopra yang diadopsi oleh negara -negara anggota *Asia Pacific Coconut Community* (APCC) tertera pada tabel 2.3.

Tabel 2.3. Standar mutu kopra (APCC. 2006)

No	Karakteristik	Grade 1	Grade 2	Grade 3
1	Kadar air (% berat, max)	6	6	6
2	Kadar minyak (% berat basis kering, minimum)	70	68	68
3	Asam lemak bebas (% lauric, berat max)	1	3	6
4	Kandungan aflatoxin (ppm/part per million, max)	20	20	20
5	Kotoran (% berat)	0,5	1	2
6	Daging muda (% total, max)	Tidak ada	5	10
7	Kapang, jamur (% hitung)	Tidak ada	4	8

2.4 Heat Exchanger (HE)

Heat Exchanger (HE) adalah alat yang digunakan untuk memindahkan panas dari sistem ke sistem lain tanpa perpindahan massa dan bisa berfungsi sebagai pemanas maupun sebagai pendingin. Biasanya, medium pemanas dipakai adalah air yang dipanaskan sebagai fluida panas dan air biasa sebagai air pendingin (*cooling water*). Penukar panas dirancang sebisa mungkin agar perpindahan panas antar fluida dapat berlangsung secara efisien. Pertukaran panas terjadi karena adanya kontak, baik antara fluida terdapat dinding yang memisahkannya maupun keduanya bercampur langsung (*direct contact*).

Penukar panas sangat luas dipakai dalam industri seperti kilang minyak, pabrik kimia maupun petrokimia, industri gas alam, refrigerasi, pembangkit

listrik. Salah satu contoh sederhana dari alat penukar panas adalah radiator mobil di mana cairan pendingin memindahkan panas mesin ke udara sekitar.

Tipe aliran di dalam alat penukar panas ini ada 4 macam aliran yaitu :

- *Parallel flow/co current /flow* (aliran searah)
- *Cross flow* (aliran silang)
- *Cross counter flow* (aliran silang berlawanan)
- *Counter current flow* (aliran berlawanan arah)

Jenis-jenis penukar panas antara lain :

- a. *Double Pipe Heat Exchanger*
- b. *Plate and Frame Heat Exchanger*
- c. *Shell and Tube Heat Exchanger*
- d. *Adiabatic wheel Heat Exchanger*
- e. *Pillow plate Heat Exchanger*
- f. *Dynamic scraped surface Heat Exchanger*
- g. *Phase-change Heat Exchanger*

Alat penukar kalor sangat dibutuhkan pada proses produksi dalam suatu industri, maka untuk mengetahui unjuk kerja dari alat penukar kalor perlu diadakan analisis. Dengan analisis yang dilakukan dapat diketahui bahwa alat tersebut mampu menghasilkan kalor dengan standar kerja sesuai kebutuhan yang diinginkan.

Penukar panas dapat diklasifikasikan menurut pengaturan arus mereka. Dalam paralel-aliran penukar panas, dua cairan masuk ke penukar pada akhir yang sama, dan perjalanan secara paralel satu sama lain ke sisi lain. Dalam counter-flow penukar panas cairan masuk ke penukar dari ujung berlawanan. Desain saat ini counter paling efisien, karena dapat mentransfer panas yang paling. Dalam suatu heat exchanger lintas-aliran, cairan perjalanan sekitar tegak lurus satu sama lain melalui exchanger.

Untuk efisiensi, penukar panas yang dirancang untuk memaksimalkan luas permukaan dinding antara kedua cairan, dan meminimalkan resistensi terhadap aliran fluida melalui exchanger. Kinerja penukar juga dapat dipengaruhi oleh penambahan sirip atau corrugations dalam satu atau dua arah, yang meningkatkan luas permukaan dan dapat menyalurkan aliran fluida atau menyebabkan turbulensi.

Pada dasarnya prinsip kerja dari alat penukar kalor yaitu memindahkan panas dari dua fluida pada temperatur berbeda di mana transfer panas dapat dilakukan secara langsung ataupun tidak langsung.

a. Secara kontak langsung

Panas yang dipindahkan antara fluida panas dan dingin melalui permukaan kontak langsung berarti tidak ada dinding antara kedua fluida. Transfer panas yang terjadi yaitu melalui interfase / penghubung antara kedua fluida. Contoh : aliran steam pada kontak langsung yaitu 2 zat cair yang

immiscible (tidak dapat bercampur), gas-liquid, dan partikel padat-kombinasi fluida.

b. Secara kontak tak langsung

Perpindahan panas terjadi antara fluida panas dan dingin melalui dinding pemisah. Dalam sistem ini, kedua fluida akan mengalir. (Paduana.2012)

2.5 Shell and Tube Heat Exchanger

Jenis ini merupakan jenis yang paling banyak digunakan dalam industri perminyakan. Alat ini terdiri dari sebuah *shell* (tabung/slinder besar) dimana didalamnya terdapat suatu *bundle* (berkas) pipa dengan diameter yang *relative* kecil. Satu jenis fluida mengalir didalam pipa-pipa sedangkan fluida lainnya mengalir dibagian luar pipa tetapi masih didalam *shell*. Alat penukar panas *shell* dan *tube* terdiri atas suatu bundel pipa yang dihubungkan secara parallel dan ditempatkan dalam sebuah pipa mantel (*Shell*). Fluida yang satu mengalir di dalam bundel pipa, sedangkan fluida yang lain mengalir di luar pipa pada arah yang sama, berlawanan, atau bersilangan. Kedua ujung pipa tersebut dilas pada penunjang pipa yang menempel pada *Shell*. Untuk meningkatkan efisiensi pertukaran panas, biasanya pada alat penukar panas *Shell* dan *Tube* dipasang sekat (*baffle*). Ini bertujuan untuk membuat turbulensi aliran fluida dan menambah waktu tinggal (*residence time*), namun pemasangan sekat akan memperbesar *pressure drop* operasi dan menambah beban kerja pompa, sehingga laju alir fluida yang dipertukarkan panasnya harus diatur. Ada beberapa fitur desain termal yang akan diperhitungkan saat merancang tabung di *shell* dan penukar panas tabung. Ini termasuk:

a. Diameter pipa : Untuk mengurangi masalah fouling dan pembersihan, diameter tabung yang lebih besar dapat digunakan. Jadi untuk menentukan diameter tabung, ruang yang tersedia, biaya dan sifat fouling dari cairan harus dipertimbangkan.

b. Ketebalan tabung: Ketebalan dinding tabung biasanya ditentukan untuk memastikan:

- Ada ruang yang cukup untuk korosi
- Getaran aliran-diinduksi memiliki ketahanan
- Kekuatan Axial

Kadang-kadang ketebalan dinding ditentukan oleh perbedaan tekanan maksimum di dinding.

c. Panjang tabung : penukar panas biasanya lebih murah ketika mereka memiliki diameter *shell* yang lebih kecil dan panjang tabung panjang. Dengan demikian, biasanya ada tujuan untuk membuat penukar panas sekecil mungkin. Namun, ada banyak keterbatasan untuk ini, termasuk ruang yang tersedia di mana akan digunakan dan kebutuhan untuk memastikan bahwa ada tabung tersedia dalam panjang yang dua kali panjang yang dibutuhkan (sehingga tabung dapat ditarik dan diganti).

d. Tabung *pitch* : ketika mendesain tabung, lebih baik untuk memastikan bahwa tabung *pitch* (yaitu jarak pusat-pusat tabung sebelah) tidak kurang dari 1,25 kali diameter luar tabung

Shell and tube Heat Exchanger terdiri dari serangkaian tabung. Satu set dari tabung berisi cairan yang harus dipanaskan atau didinginkan. Cairan kedua berjalan lebih dari tabung yang sedang dipanaskan atau didinginkan sehingga dapat menyediakan panas atau menyerap panas yang dibutuhkan. (Kern, 1984)

2.6 Heat Transfer

Heat transfer adalah perpindahan panas yang terjadi karena adanya perbedaan temperatur pada suhu sistem. Perpindahan panas dapat terjadi secara konduksi, konveksi, dan radiasi. (Cengel.2003)

2.6.1 Konveksi

Pada perpindahan panas secara konveksi, peran media berupa fluida sangat mempengaruhi besarnya panas yang diterima oleh suatu material yang mengalami kontak langsung dengan fluida. Besarnya temperatur permukaan material yang berkontak langsung dengan fluida secara numerik dapat ditulis. (Incropera.1986)

$$Q = h.A.\Delta T \quad (2.1)$$

Dimana:

Q = Kalor (W)

ΔT = Selisih temperatur (K)

H = Koefisien perpindahan panas (W/m^2K)

A = Luas penampang (m^2)

Pada alat penukar kalor yang memiliki N buah *tube* maka persamaan diatas menjadi :

$$Q = U \cdot N \cdot \pi \cdot D \cdot L \cdot \Delta T_{lmtd} \quad (2.2)$$

Dimana:

N = Jumlah *Tube*

U = Koefisien perpindahan panas menyeluruh (W/m^2K)

D = Diameter *Tube* (m)

L = Panjang *Tube* (m)

ΔT_{lmtd} = Beda temperatur rata-rata logaritmik

2.6.2 Konveksi Alamliah

Konveksi alamiah atau konveksi bebas adalah pergerakan fluida lebih disebabkan akibat adanya gaya apung (*bouyancy*) fluida. *Bouyancy* menyebabkan adanya gradien densitas dalam fluida yang berhubungan langsung dengan gaya badan / berat fluida. Untuk menghitung konveksi bebas dapat di hitung dengan *Grashof number* :

$$Gr_L = \frac{g\beta(T_w - T_\infty)L^3}{\nu^2} \quad (2.3)$$

Dimana :

Gr_L = Angka Grashof

g = Percepatan gravitasi (m/s^2) = 9,81 m/s^2

β = Koeffisien muai volume = $1/T_f (K^{-1})$

ν = Viskositas kinematik fluida (m^2/s)

L = Panjang Karakteristik (m)

T_w = Temperatur permukaan (K)

T_∞ = Temperatur lingkungan (K)

Koefisien perpindahan panas konveksi bebas rata-rata untuk berbagai situasi dapat dinyatakan dalam bentuk fungsi:

$$Nu_L = \frac{hL}{k} = \frac{4}{3} \left(\frac{Gr_L}{4} \right)^{1/4} g(Pr) \quad (2.4)$$

Dimana :

Nu_L = Angka Nusselt

Gr_L = Angka Grashof

g = Percepatan gravitasi (m/s²) = 9,81 m/s²

L = Panjang Karakteristik (m)

h = Koefisien perpindahan panas (W/m²K)

k = Konduktivitas termal (W/m K)

Pr = Angka Prandtl

Pada saat proses pengeringan, akan berlangsung beberapa proses yaitu:

- a. Proses perpindahan massa, proses perpindahan massa uap air atau pengalihan kelembapan dari permukaan bahan sekeliling udara.
- b. Proses perpindahan panas, akibat penambahan (perpindahan) energi panas terjadilah proses penguapan air dari dalam bahan ke permukaan bahan atau proses perubahan fasa cair menjadi fasa uap.

Kedua proses tersebut diatas dilakukan dengan cara menurunkan kelembapan relatif udara dengan mengalirkan udara panas disekeliling bahan sehingga tekanan uap air bahan lebih besar dari tekanan uap air di udara sekeliling bahan yang di keringkan.

Perbedaan tekanan inilah menyebabkan terjadinya aliran uap air dari bahan keudara luar. Untuk meningkatkan perbedaan tekanan udara antara permukaan bahan dengan udara sekelilingnya dapat dilakukan dengan memanaskan udara yang dihembuskan ke bahan. Makin panas udara yang dihembuskan mengelilingi bahan, maka banyak pula uap air yang dapat di tarik oleh udara panas pengering. Energi panas yang berasal dari hasil pembakaran menyebabkan naiknya temperatur ruang pembakaran. Karena adanya perbedaan temperatur antara ruang pembakaran dengan lemari pengering, maka terjadi perpindahan panas konveksi alamiah didalam alat pengering.

Udara panas di dalam lemari pengering mempunyai densitas yang lebih kecil dari udara panas diruang pembakaran, sehingga terjadi aliran udara. Untuk menganalisa distribusi temperatur dan laju perpindahan panas pada alat pengeringan, diperlukan neraca energi disamping analisis dinamika fluida dan analisi lapisan batas yang terjadi.

Setelah kita melakukan analisa neraca energi terhadap sistem aliran itu,

dan kita tentukan pengaruh aliran itu terhadap beda temperatur dalam fluida maka distribusi temperatur dan laju perpindahan panas dari permukaan yang dipanaskan ke fluida yang ada di atasnya dapat diketahui. Keseimbangan energi panas dapat dilihat dalam rumusan berikut:

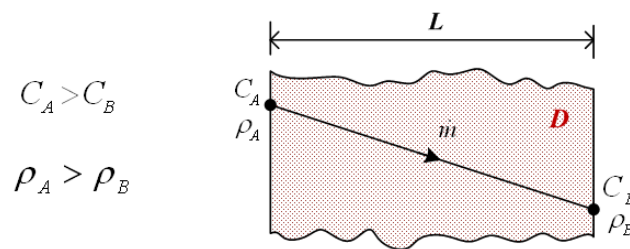
2.7 Perpindahan Massa (*Mass Transfer*)

Perpindahan massa (*mass transfer*) dapat dianalogikan dengan perpindahan panas. Massa yang berpindah (biasa disebut berdifusi) dapat dianggap sebagai panas dan tempat massa berdifusi akan disebut medium. Tidak seperti perpindahan panas, perpindahan massa hanya dibagi atas perpindahan massa konduksi dan perpindahan panas konveksi, dengan kata lain tidak ada perpindahan massa radiasi. Perpindahan massa terjadi karena adanya perbedaan konsentrasi pada suatu medium. Proses perpindahan massa dan biasa disebut difusi massa (*mass diffusion*) sangat mirip dengan proses perpindahan panas, jika pada perpindahan panas dapat dijelaskan dengan hukum Fourier dimana perbedaan temperature sebagai gaya pendorong (*driving force*), maka perpindahan massa dijelaskan dengan hukum Fick dengan perbedaan konsentrasi sebagai gaya pendorong.

2.7.1 Perpindahan Massa Konduksi

Pada permukaan plat yang masing-masing mempunyai temperatur konstan yang berbeda, permukaan A dan permukaan B, seperti yang

ditampilkan pada gambar 2.3, perpindahan panas akan terjadi dari permukaan yang bertemperatur lebih rendah. Hal yang sama akan terjadi pada plat yang mempunyai konsentrasi yang berbeda pada masing-masing permukaannya. Perpindahan massa akan terjadi dari permukaan yang mempunyai konsentrasi tinggi ke permukaan yang mempunyai konsentrasi lebih rendah, maka perpindahan massa dapat dihitung dengan menggunakan hukum difusi Fick atau biasa disebut *Fick's Law of Diffusion*



Gambar 2.3 Perpindahan Massa Konduksi

2.7.2 Perpindahan Massa Konveksi

Persamaan perpindahan massa akibat adanya aliran mediumnya (perpindahan massa konveksi) dapat dirumuskan dengan menggunakan hukum kekekalan massa.

2.8 Perhitungan Kadar Air

Kadar air kopra yang telah dikeringkan dapat dihitung melalui beberapa tahapan berikut ini:

a. Berat air kopra awal (W_i)

Untuk mengetahui berat air kopra awal dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$W_i = W_{kb} \times K_i \quad (2.5)$$

Dimana:

W_i = Berat air kopra awal (kg)

K_i = Kadar air kopra awal (%)

W_{kb} = Berat kopra basah hasil panen (kg)

b. Berat kopra dengan kadar air 0%

Untuk mengetahui berat kopra dengan kadar air 0% dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$W_{ko} = W_{kb} - W_i \quad (2.6)$$

Dimana:

W_{ko} = Berat kopra dengan kadar air 0% (kg)

W_i = Berat air awal kopra (%)

W_{kb} = Berat kopra basah hasil panen (kg)

c. Kadar air kopra kering (K_f)

Untuk mengetahui kadar air kopra kering dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$K_f = \frac{[W_{kk} - W_{ko}]}{W_{kk}} \times 100\% \quad (2.7)$$

Dimana:

K_f = Kadar air kopra kering (%)

W_{kk} = Berat kopra kering (kg)

W_{ko} = Berat kopra dengan kadar air 0 % (kg)

2.9 Perhitungan Kalor Yang Dibutuhkan Dalam Proses Pengeringan Kopra

Kebutuhan kalor selama proses pengeringan dapat dihitung melalui tahapan berikut ini:

2.9.1 Energi Pemanasan Kopra (Q_h)

Energi pemanasan kopra (Q_h) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan yaitu sebagai berikut:

$$Q_h = W_{kb} \times Cp_{kopra} \times (T_d - T_a) \quad (2.8)$$

Dimana:

W_{kb} = Berat kopra basah hasil panen (kg)

T_d = Temperatur pengeringan (°C)

T_a = Temperatur awal kopra (°C)

Cp_{kopra} = Panas spesifik kopra (kJ/kg. °C)

2.9.2 Energi Pemanasan Air Kopra (Q_w)

Energi pemanasan air kopra (Q_w) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan yaitu sebagai berikut:

$$Q_w = W_i \times Cp_{air} \times (T_d - T_a) \quad (2.9)$$

Dimana:

W_i = Berat air kopra awal (kg)

T_d = Temperatur pengeringan (°C)

T_a = Temperatur awal kopra (°C)

Cp_{air} = Panas spesifik air (kJ/kg. °C)

2.9.3 Energi Penguapan Air Kopra (Q_l)

Energi penguapan air kopra (Q_l) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan yaitu sebagai berikut:

$$Q_l = W_r \times h_{fg} \quad (2.10)$$

Dimana:

W_r = Berat air yang diuapkan (kg)

h_{fg} = Panas laten penguapan air (kJ/kg)

Berat air yang diuapkan selama proses pengeringan (W_r) dapat dihitung sebagai berikut :

$$W_r = W_i - W_f \quad (2.11)$$

Dimana W_f adalah berat air total kopra akhir dari proses pengeringan.

2.9.4 Laju Aliran Konveksi Di Dalam Ruang Pengering (Q_{kv})

Laju aliran konveksi di dalam ruang pengering dapat dihitung melalui sistematika sebagai berikut :

Sifat – sifat uap dievaluasi pada temperatur rata –rata didalam ruang pengering,

$$T_f = \frac{T_w - T_\infty}{2} \quad (2.12)$$

Hasil perkalian angka Grashof-Pradtl dengan persamaan,

$$Gr_d Pr = \frac{g\beta (T_w - T_\infty)d^3}{\nu^2} \cdot Pr \quad (2.13)$$

Koefisien perpindahan kalor dihitung dengan persamaan,

$$Nu_d = C (Gr_d \cdot Pr)^m \quad (2.14)$$

$$h = \frac{k Nu_d}{d} \quad (2.15)$$

Perpindahan kalor konveksi, dihitung dengan persamaan,

$$Q_{kv} = h \cdot A \cdot (T_w - T_\infty) \quad (2.16)$$

Dimana,

T_w = Temperatur permukaan ($^{\circ}\text{C}$)

T_∞ = Temperatur pengeringan ($^{\circ}\text{C}$)

Gr_d = Angka Grashof

Pr = Angka Prandtl

Nu_d = Angka Nusselt

g = Percepatan gravitasi (m/s^2) = $9,81 \text{ m/s}^2$

β = Koeffisien muai volume = $1/Tf (K^{-1})$

d = Diameter pipa (m)

ν = Viskositas Kinematik (m^2/s)

h = Koeffisien perpindahan panas (W/m^2K)

k = Konduktivitas termal ($W/m K$)

A = Luas Penampang (m^2)

2.9.5 Energi Yang Hilang Dari Dinding Ruang Pengering (Q_{lw})

Energi yang hilang dari dinding ruang pengering (Q_{lw}), dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q_{lw} = U \times A \times \Delta T_{menyeluruh} \quad (2.17)$$

Untuk koefisien perpindahan panas menyeluruh (U)

$$U = \frac{1}{\frac{\Delta x_w}{k_w} + \frac{\Delta x_r}{k_r}} \quad (2.18)$$

Dimana,

U = Koeffisien perpindahan kalor menyeluruh ($W/m \cdot ^\circ C$)

k_w = Koeffisien perpindahan kalor konduksi plat ($W/m \cdot ^\circ C$)

k_r = Koeffisien perpindahan kalor konduksi isolasi ($W/m \cdot ^\circ C$)

A = Luas penampang (m^2)

Δx_w = Tebal plat (m)

Δx_r = Tebal lapisan isolasi (m)

2.9.6 Total Kalor Yang Dibutuhkan Untuk Proses Pengeringan (Q_{total})

Total kalor yang dibutuhkan untuk proses pengeringan kopra dengan dapat dihitung sebagai berikut:

$$Q_{total} = Q_h + Q_w + Q_l + Q_{kv} + Q_{lw} \quad (2.19)$$

Dimana :

Q_h = Energi Pemanasan Kopra (kJ)

Q_w = Energi Pemanasan Air Kopra (kJ)

Q_l = Energi Penguapan Air Kopra (kJ)

Q_{kv} = Laju Aliran Energi Konveksi Di Dalam Ruang Pengering (kJ)

Q_{lw} = Energi Yang Hilang Dari Dinding Ruang Pengering

2.10 Perhitungan Kebutuhan Bahan Bakar yang Digunakan

Kebutuhan bahan bakar selama proses pengeringan kopra diperoleh dengan persamaan berikut :

$$\text{Kebutuhan Bahan Bakar} = \frac{Q_{total}}{LHV_{kb}} \quad (2.20)$$

Dimana :

LHV_{kb} = Nilai Kalor Bakar Untuk Kayu Bakar

2.11 *Computational Fluid Dynamics (CFD)*

Computational Fluid Dynamics (CFD) merupakan program komputer perangkat lunak untuk memprediksi dan menganalisis secara kuantitatif aliran fluida, perpindahan panas, transpor fenomena dan reaksi kimia (Al-Kindi.2015). Analisis aliran fluida dalam suatu sistem dengan CFD merupakan analisis numerik dengan kontrol volume sebagai elemen dari integrasi persamaan-persamaan, yang terdiri dari persamaan keseimbangan massa, momentum dan energi (Versteeg and Malalasekera, 1995).

Keuntungan menggunakan CFD antara lain (Xia dan Sun 2002):

1. Memberikan pemahaman rinci tentang distribusi aliran, kekurangan berat, pindah panas dan massa, pemisahan partikulat dan lain-lain sehingga dapat memberikan perencanaan rancang bangun yang lebih baik
2. Memungkinkan untuk mengevaluasi perubahan geometrik dengan sedikit waktu dan biaya.
3. Dapat menjawab banyaknya pertanyaan “bagaimana kalau” dalam waktu singkat.
4. Mengurangi masalah peningkatan skala karena model berdasarkan dari fisika dasar dan skala yang independen
5. Sangat berguna dalam kondisi simulasi dimana tidak mungkin untuk mengambil pengukuran inci, seperti suhu tinggi atau lingkungan yang berbahaya dalam oven.

6. Dapat mengetahui akar penyebab bukan hanya efek saat evaluasi masalah dalam perencanaan.

Pada prinsipnya, ada tiga tahap yang harus dilakukan untuk menggunakan CFD, yaitu sebelum proses, saat proses, dan setelah proses (Shaw 1992).

1. Tahap 1 adalah tahap sebelum proses. Semua proses yang dilakukan sebelum proses masuk pada langkah sebelum proses. Masalah pada langkah ini antara lain *thinking*, *meshing*, dan pembuatan suatu model komputasi atau model perhitungan. Sebelum simulasi dilakukan, terlebih dahulu memikirkan tentang fisik dari masalah yang akan dihadapi. Pada tahap *thinking*, analisis harus tentang masalah tersebut. Tahap *meshing* menciptakan bentuk domain masalah yang akan di analisis. Hal ini biasanya dilakukan dengan program *computer aided design* (CAD). Dimungkinkan untuk mengimpor data yang dihasilkan oleh program CAD ke CFD. Kemudian domain masalah dibagi-bagi menjadi beberapa sel, disebut juga volume dan elemen. Kebanyakan paket CFD memiliki program untuk melakukan *meshing* dan menentukan bentuk secara bersamaan. Kecanggihan CFD antara lain : mendefinisikan *grid points*, dan juga volume dan elemen, mendefinisikan batas-batas geometri, menerapkan kondisi batas, menentukan kondisi awal, pengaturan sifat fisik fluida dan pengaturan parameter kontrol numerik.
2. Tahap 2 adalah tahap saat pengolahan, tahap ini melibatkan komputer memecahkan persamaan matematika aliran fluida. Setelah *meshing*

selesai, nilai-nilai model input harus ditetapkan dan kemudian CFD dapat memecahkan persamaan untuk setiap sel hingga suatu konvergensi yang bisa diterima dicapai. Proses ini membutuhkan komputer untuk memecahkan ribuan persamaan. Persamaan diintegrasikan dan kondisi batas yang diterapkan persamaan ini. Proses ini membutuhkan waktu yang lama tergantung banyaknya *mesh* yang dibuat.

3. Tahap 3 adalah tahap setelah pengolahan, tahap ini mengevaluasi data hasil CFD. Model yang telah diselesaikan oleh CFD dapat dianalisis dengan numerik dan grafis. CFD dapat membuat visualisasi dari yang sederhana grafik 2-D hingga gambar 3-D. Salah satu syarat terbesar dalam pengeringan adalah keseragaman kadar air akhir dari produk pertanian. Arah dari aliran fluida sangat mempengaruhi efisiensi dan keseragaman kadar air akhir. Keseragaman akan diperoleh bila distribusi panas dari fluida tersebar dengan merata dan udara pengering dapat dibimbing dengan tepat dalam pengering (Margaris dan Ghiaus 2005). Pengering tipe rak salah satu pengering konvektif yang sangat penting, dimana media udara yang digunakan berasal dari udara panas dari sisa pembakaran biomassa. Hampir semua produk pertanian dapat dikeringkan dengan pengering tipe rak. Secara umum, pengering tipe rak masuk kelompok pengering *batch* dan *semi-batch* (Kiranoudis *et al* 1997). Udara panas dalam ruang pengering akan melewati setiap rak, rak yang dekat dengan inlet udara panas akan lebih banyak menerima panas dibandingkan dengan bagian rak yang dekat dengan outlet ruang

pengering. Untuk mendapatkan efisiensi tinggi dalam pengeringan, hal yang perlu diperhatikan adalah suhu udara, kecepatan fluida, dan distribusi fluida dalam ruang pengering (Amanlou dan Zomorodian 2010). Dengan menggunakan CFD, pembuatan ruang pengering (geometri) dapat dengan mudah dilakukan dengan hemat biaya dan waktu agar keseragaman dalam ruang pengering tercapai.

Menggunakan CFD untuk memprediksi aliran dan kecepatan udara selama pengeringan sudah banyak dilakukan. Mathioulakis et al. (1998) menggunakan CFD untuk pengering tipe rak skala industri, hasil yang didapatkan bahwa derajat kekeringan dari buah tergantung pada posisinya di dalam pengering.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Pelaksanaan tugas akhir ini dilakukan di Usaha Koperasi Bersama Kopra Putih Sonia Kabupaten Pringsewu Provinsi Lampung dan Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung pada bulan November 2015 sampai Maret 2016.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam proses penelitian adalah :

1. Termokopel

Termokopel ini digunakan untuk mengukur suhu yang berada didalam ruang alat pengering kopra. Spesifikasi termokopel ini adalah sebagai berikut:

Nama	: Termokopel Digital Tipe K
Temperature Range	: -50 °C ~ 1300 °C
Ukuran	: 105 x 70 x 23 mm
Berat	: 200 gram
Sumber Daya	: 1 buah baterai 9V



Gambar 3.1 Termokopel

2. Copra Moisture Meter

Copra Moisture Meter ini digunakan untuk mengetahui kadar air yang terdapat didalam kopra. Spesifikasi *Copra Moisture Meter* ini adalah sebagai berikut:

Nama : *Digital Moisture Meter*

Measuring Range : 0 % - 40 %

Sensitivity : 0,1 %

Accuracy : 0,2 %

Measure Time : 1 sample per minute

Berat : 1 kg

Ukuran : 125 x 150 x 210 mm

Sumber Daya : 4 buah baterai



Gambar 3.2 *Copra Moisture Meter*

3. *Anemometer*

Anemometer ini digunakan untuk mengukur kecepatan udara yang masuk kedalam alat pengering kopra. Spesifikasi *Anemometer* ini adalah sebagai berikut:

Nama	: Lutron AM-4200 <i>Anemometer</i>
<i>Measurement</i>	: m/s, km/h, ft/min, knots
Ukuran	: 180 x 73 x 23 mm
Berat	: 381 gram
Sumber Daya	: 1 buah baterai 9V



Gambar 3.3 *Anemometer*

4. Alat Pengering Kopra

Alat Pengering Kopra ini adalah milik Usaha Koperasi Bersama Kopra Putih Sonia Kabupaten Pringsewu. Alat ini memiliki dimensi panjang 270 cm, lebar 180, dan tinggi 180 cm dengan kapasitas pengeringan sebesar 800 buah kelapa.



Gambar 3.4 Alat Pengering Kopra milik Usaha Koperasi Bersama Kopra Putih Sonia Kabupaten Pringsewu

5. Komputer

Komputer yang digunakan minimal bisa menjalankan software SolidWork Flow Simulation dengan lancar. Berikut minimum spesifikasinya adalah

- a. Minimal RAM 4GB (Disarankan minimal 8GB)
- b. Minimal OS Windows 7 32bit (Diatas versi SW2014 minimal 64bit)
- c. Minimal Processor Intel or AMD with SSE2 support (Disarankan diatas core i3)
- e. Minimal memiliki *VGA Card Onboard* 1GB



Gambar 3.5 Komputer (<http://computersystem8.blogspot.co.id>)

6. Software Computational Fluid Dynamics (CFD)

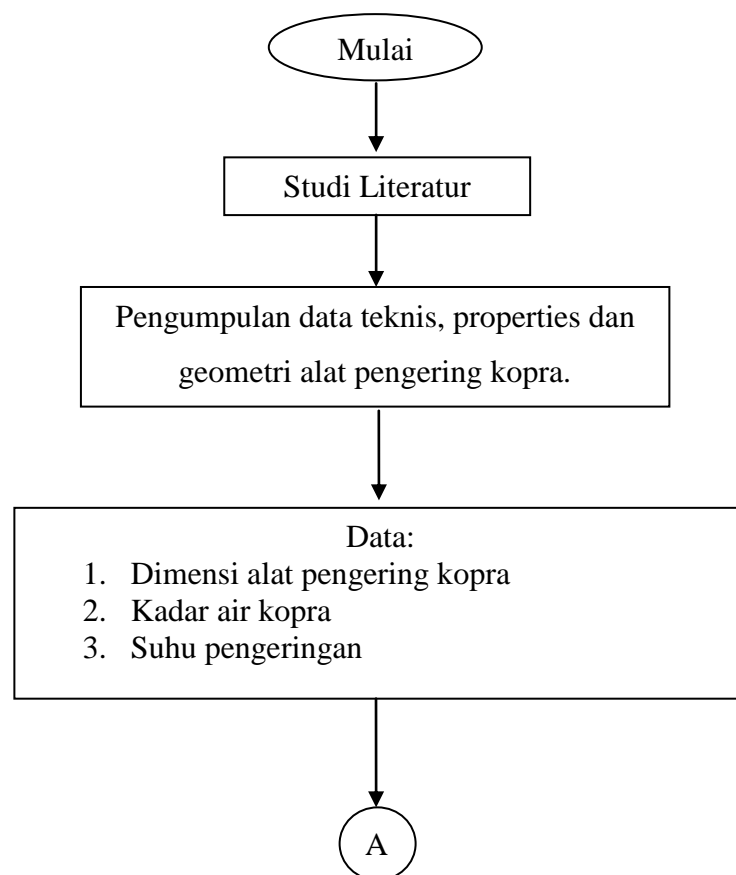
Software CFD yang digunakan adalah *SolidWork Flow Simulation 2014*.

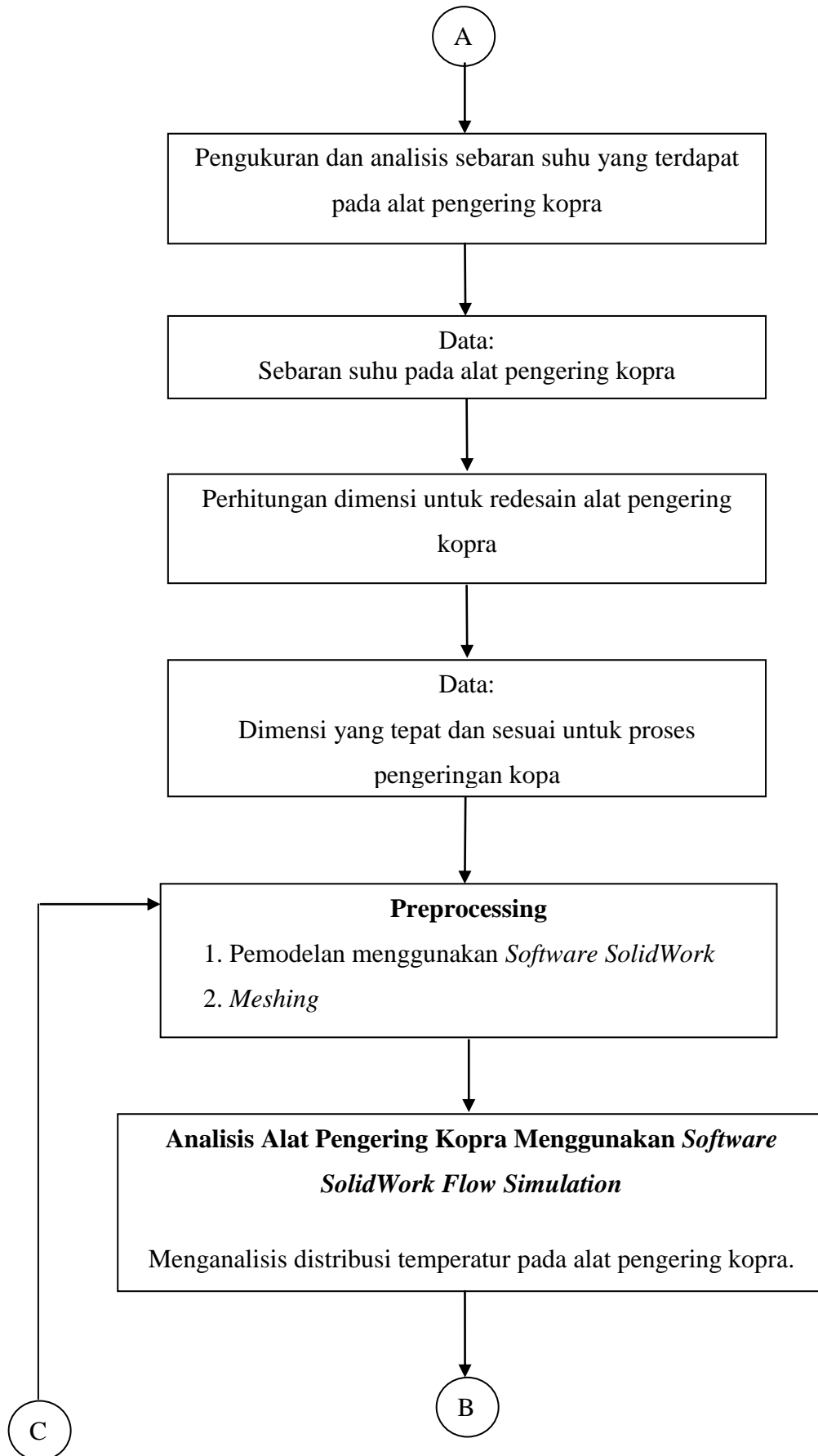


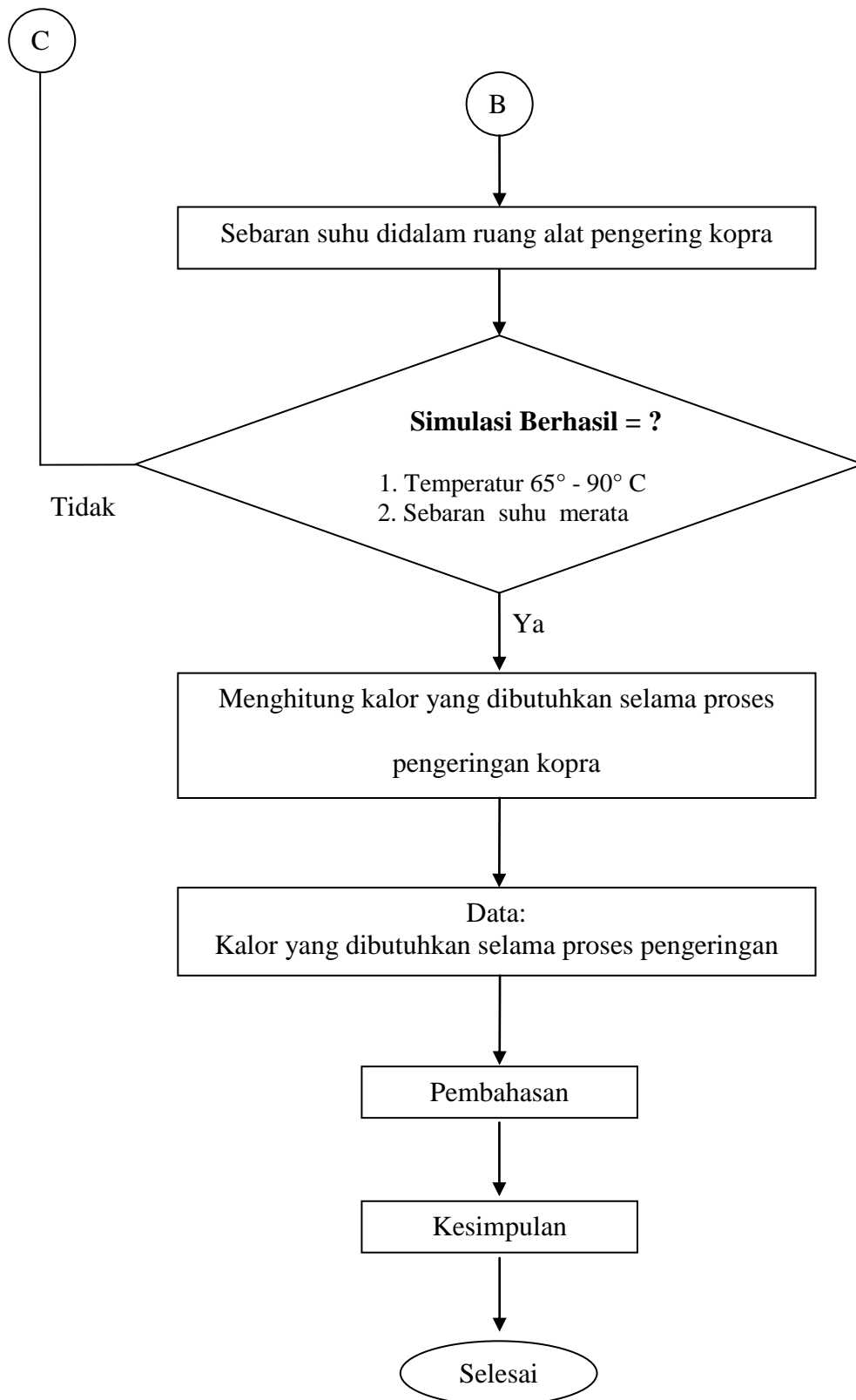
Gambar 3.6 *Software Computational Fluid Dynamics (CFD)*

(www.solidxperts.com)

3.3 Diagram Alir Penelitian







Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Pada penelitian ini akan dilakukan perhitungan dan analisis proses akhir pengeringan pada alat pengering kopra yang terdapat di Usaha Koperasi Bersama Kopra Putih Sonia Kabupaten Pringsewu Provinsi Lampung.

Perhitungan dan analisis ini dilakukan setelah proses pencungkilan daging buah kelapa dari tempurungnya dimana kadar air telah menurun dari 35% menjadi 7% dan dilanjutkan proses pengeringan didalam alat selama 48 jam. Setelah didapatkan hasil perhitungannya lalu membuat rancangan alat pengering kopra ini dengan *software Computational Fluid Dynamics (CFD)* yaitu menggunakan *software Solidwork Flow Simulation* untuk mendapatkan simulasi dari perpindahan panas dan distribusi temperatur dari aliran panas yang terjadi didalam alat pengering tersebut agar didapat sebuah rancangan alat pengering kopra yang lebih optimal dalam proses pengeringannya.

Adapun langkah-langkah yang akan dilakukan peneliti guna memenuhi tujuan penelitian dan penyelesaian rumusan masalah adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Pada penelitian ini dilakukan studi literatur untuk memahami teori dasar mengenai perhitungan termal, proses pengeringan kopra, dan perancangan alat pengering kopra. Adapun literatur tersebut diperoleh dari sumber buku, internet, jurnal-jurnal ilmiah, dan penelitian sebelumnya.

2. Pengumpulan Data-Data Pendukung

Pengumpulan data-data pendukung analisis berupa data teknis, properties, dan geometris dari alat pengering kopra milik Usaha Koperasi Bersama Kopra Putih Sonia Kabupaten Pringsewu.

3. Pengukuran dan Analisis Alat Pengering Kopra

Pada tahap ini dilakukan pengukuran dan analisis sebaran suhu yang terjadi pada alat pengering kopra milik Usaha Koperasi Bersama Kopra Putih Sonia Kabupaten Pringsewu.

4. Perhitungan Dimensi Alat Pengering Kopra

Pada tahap ini dilakukan perhitungan dimensi untuk redesain alat pengering kopra sehingga di dapatkan desain alat pengering yang lebih optimal dalam pengeringannya.

5. *Preprocessing*

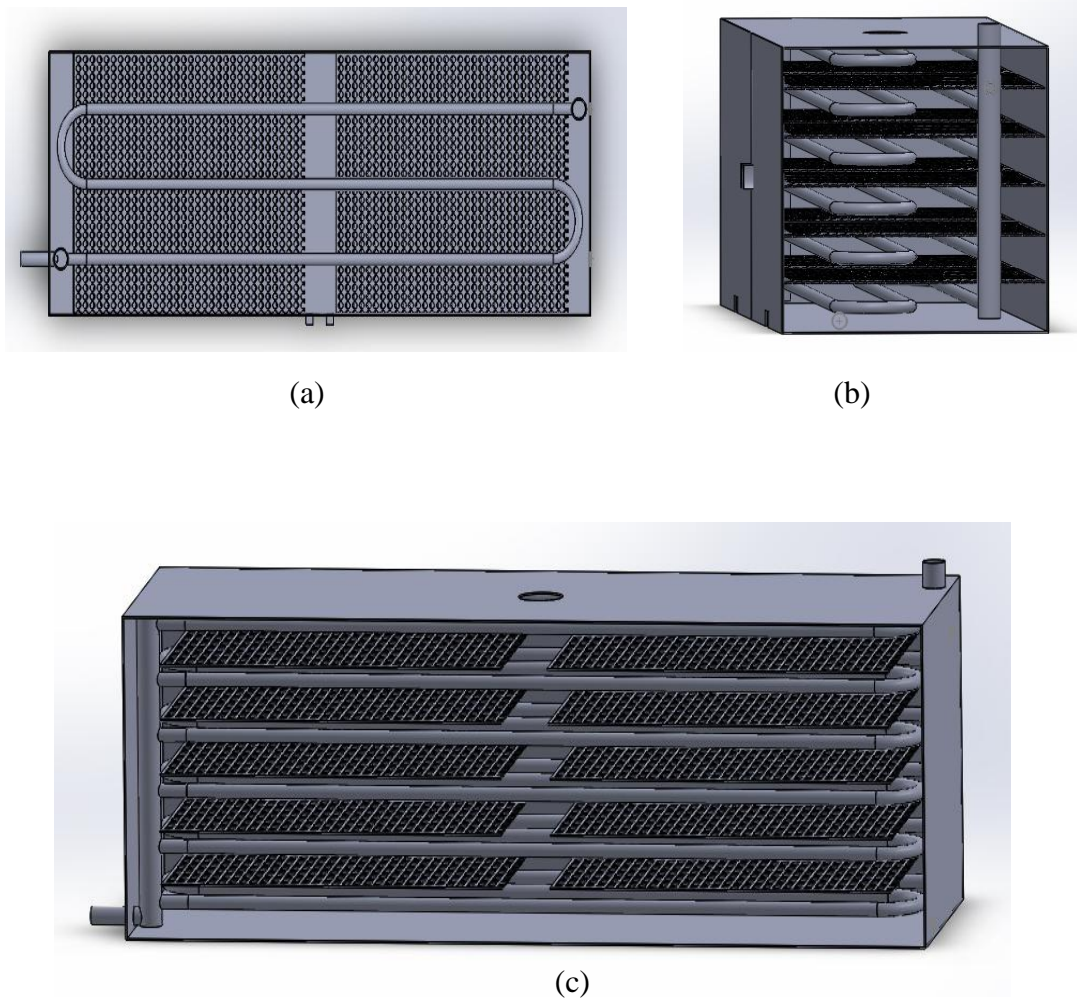
Pada tahap ini dilakukan pembuatan gambar rancangan dari alat pengering kopra yang dapat dilihat pada gambar 3.7. Proses *preprocessing* terbagi menjadi dua tahapan sebagai berikut:

a. Pemodelan

Tahapan pemodelan dapat dilakukan menggunakan *software SolidWork* kemudian dilanjutkan pada jendela simulasi *SolidWork Flow Simulation*.

b. *Meshing*

Tahapan *meshing* dilakukan pada komponen-komponen yang akan dianalisis dengan otomatis menggunakan *software SolidWork Flow Simulation*.



Gambar 3.7 Rancangan Alat Pengering Kopra: (a) Tampak atas, (b) Tampak Samping, dan (c) Tampak depan.

6. Analysis

Pada tahapan ini data-data yang dimasukkan pada tahap *preprocessing* sebelumnya akan digunakan sebagai *input* dan *code* seperti *Boundary condition*, untuk membangun dan menyelesaikan sistem persamaan aljabar linier atau non linier dengan menggunakan persamaan perpindahan panas menggunakan *software SolidWork Flow Simulation* .

7. *Post-processing*

Menampilkan hasil akhir setelah penganalisan dengan *software SolidWork Flow Simulation* sehingga menampilkan data distribusi temperatur pada posisi bagian yang diinginkan dari alat pengering.

8. Pengolahan Data *Post-processing*

Pada pengolahan data post-processing dilakukan analisis data distribusi temperatur dari alat pengering berdasarkan hasil pemodelan serta optimasi bila diperlukan.

9. Perhitungan Kalor Yang Dibutuhkan Pada Proses Pengeringan

Pada tahap ini adalah melakukan perhitungan kebutuhan kalor selama proses pengeringan pada alat pengering kopra yang telah diredesain,

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan simulasi yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain :

1. Dari hasil simulasi CFD telah didapat desain yang sesuai agar sebaran suhu didalam ruangan alat pengering merata dengan dimensi alat pengering 540 cm x 180 cm x 180 cm, panjang pipa 134,4 m, diameter pipa 2,54 cm, dimensi rak 230 cm x 170 cm, jumlah rak 10 buah (5 tingkat), material dinding adalah seng dilapisi asbes, material pipa adalah tembaga, dan kapasitas total alat pengering adalah 1357 buah kelapa.
2. Dari hasil simulasi CFD telah didapat temperatur dari alat pengering kopra dengan suhu rata-rata pengeringan sebesar 74,41°C.
3. Temperatur yang tertinggi terdapat di bagian atas yaitu pada rak tingkat kelima dengan suhu rata-rata 79,38°C, dan yang terendah terdapat pada rak paling bawah yaitu rak tingkat pertama dengan suhu rata-rata 67,64°C hal ini terjadi karena udara panas yang terdapat dibagian dalam ruangan pengering bergerak alami keatas dan menuju keluar dari alat pengering tersebut.

4. Kalor yang dibutuhkan untuk proses pengeringan kopra pada proses akhir ini adalah sebesar 1.102.773,025 kJ.
5. Waktu yang dibutuhkan untuk satu kali proses pengeringan kopra pada proses akhir adalah selama \pm 10 jam dengan kebutuhan kayu bakar sebesar 324,345 kg.

5.2 Saran

Dari hasil analisis simulasi yang telah dilakukan maka dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut :

1. Agar hasil redesain alat yang telah dilakukan dapat dibuat benda nyatanya untuk dapat mengambil hasil pengujian eksperimentalnya dan juga dapat berguna bagi pengusaha kopra yang ada di Pringsewu untuk mendapatkan hasil yang optimal dalam setiap kali proses pengeringan kopra.
2. Agar dikaji lebih lanjut masalah jenis-jenis alat pengeringan kopra yang sudah ada selama ini, agar didapatkan model yang efisien dalam proses pembuatan kopra.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulillah, Kamaruddin. 2000. Pengeringan Industrial. Penerbit IPB Press. Edisi Terjemahan. Bogor.
- Al-Kindi, Hablinur. 2015. Analisis *Computational Fluid Dynamics (CFD)* Aliran Udara Panas Pada Pengering Tipe Rak Dengan Sumber Energi Gas Buang. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Amanlou Y, Zomorodian A. 2010. *Applying CFD for designing a new fruit cabinet dryer. Journal of Food Engineering.*
- Ashshiddieqy, Ahmad Q . 2010. “Perancangan dan Alat pengering kopra dengan tipe *cabinet dryer* untuk kapasitas 6 kg per-siklus”. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Banwatt, George. 1981. *Basic Food Microbiology*. Connecticut: The Avi Publishing Company, Inc.
- Bima Paduana. 2012. https://www.academia.edu/8315459/tugas_perpindahan_panas_makalah_heat_exchanger_alat_penukar_panas. Diakses pada tanggal 17 Mei 2015.
- Holman, Jp.1998. *Perpindahan Kalor*. Penerbit Erlangga. Edisi Keenam. Jakarta.
- Incropera, et al. 1986. *Fundamentals of Heat Transfer Sixth Edition*. Willey

Kiranoudis CT, Maroulis ZB, Marinos-Kouris D, Tsamparlis M. 1997. *Design of tray dryer for food dehydration. Journal of Food Engineering.*

MAPI. 2006. *Teknologi Minyak Kelapa.*

<http://www.scribd.com/doc/52404775/Proses-Pengolahan-Minyak-Kelapa#> Diakses pada tanggal 10 Mei 2015.

Margaris DP, Ghiaus AG. 2006. *Dried product quality improvemebr by air flowm manipulation in tray dryers. Journal of Food Engineering*

Mathioulakis E, Karathanos VT, Belessiotis VG. 1998. *Simulation of air movement in a dryer by computationalfluid dynamics: application for the drying of fruits. Journal of Food Engineering.*

Shaw CT. 1992. *Using Computational Fluid Dynamics.* Prentice Hall, New Jersey, USA

Sulaeman dan M. Rusyadi. 2013. *Analisa Efisiensi Rooftop Solar Copra Dryer Dengan Susunan Kolektor Secara Seri.* Institut Teknologi Padang.

Versteeg HK, W Malalasekera. 1995. *An Introduction to Computational Fluid Dynamics The Finite Volume Method, Longman Sc & Technical.* Malaysia.

Xia B, Sun DW. 2002. *Applications of computational fluid dynamics (CFD) in the food industry: a review. Computers and Electronics in Agriculture.*

Yunianto, Bambang dkk. 2014. *Pengembangan Disain Tungku Bahan Bakar Kayu Rendah Polusi Dengan Menggunakan Dinding Beton Semen.* Jurusan Teknik Mesin, Universitas Diponegoro.