

**ANALISIS KINERJA PROSES PENGERINGAN BIJI KAKAO  
MENGUNAKAN *BED DRYER* BERBASIS *HYBRID* TUNGKU  
BIOMASSA DENGAN PEMANAS LISTRIK**

**(SKRIPSI)**

**Oleh**

**BAGUS DITA RENALDI**

**NPM 2115021040**



**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2025**

**ANALISIS KINERJA PROSES PENDINGINAN BIJI KAKAO  
MENGUNAKAN *BED DRYER* BERBASIS *HYBRID* TUNGKU  
BIOMASSA DENGAN PEMANAS LISTRIK**

**Oleh**

**BAGUS DITA RENALDI**

**NPM 2115021040**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar**

**SARJANA TEKNIK**

**Jurusan Teknik Mesin**

**Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
TAHUN 2025**

## ABSTRAK

### ANALISIS KINERJA PROSES PENGERINGAN BIJI KAKAO MENGUNAKAN *BED DRYER* BERBASIS *HYBRID* TUNGKU BIOMASSA DENGAN PEMANAS LISTRIK

OLEH

BAGUS DITA RENALDI

Pengeringan *hybrid* yang digunakan dalam penelitian berasal dari sumber pemanas energi listrik dengan memanfaatkan potensi air dari pembangkit listrik tenaga *microhidro* (PLTMH), dan tungku biomassa untuk memanfaatkan kayu-kayu biomassa yang melimpah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis unjuk kerja dari mesin pengering, efisiensi pengeringan biji kakao dengan metode pengeringan *hybrid*, tungku biomassa dan *heater* listrik. Metode yang diterapkan dalam penelitian ini meliputi pengukuran suhu udara masuk dan keluar, kecepatan aliran udara, berat massa biji kakao, kadar air akhir biji kakao, untuk menganalisis data digunakan perhitungan yang mencakup energi masuk ( $Q_{in}$ ), energi yang diserap ( $Q_{out}$ ), dan energi yang hilang ( $Q_{loss}$ ) persamaan termodinamika. Energi yang masuk sebesar 26.469,9 kJ lebih besar karena suhu pengeringan yang tinggi, sedangkan energi yang diserap sebesar 6.534,1 kJ lebih kecil akibat sampel biji kakao yang dikeringkan sedikit dan adanya sisa panas yang tidak termanfaatkan dalam proses pengeringan. Energi panas yang hilang 19.935,8 kJ disebabkan oleh panas yang tidak sepenuhnya dimanfaatkan pengeringan. Energi panas keluar ruang pengering 9.266,4 kJ disebabkan panas keluar dari dinding-dinding saat pengeringan. Penelitian ini memberikan informasi penting untuk meningkatkan efisiensi pengeringan pada alat pengering tipe *bed dryer* untuk biji kakao serta memberikan kontribusi terhadap pengembangan metode pengeringan yang lebih optimal.

**Kata kunci :** Pengeringan, temperatur, biji kakao, konsumsi bahan bakar, efisiensi termal.

**ABSTRACT****PERFORMANCE ANALYSIS OF THE COCOA BEAN DRYING PROCESS  
USING A HYBRID BIOMASS FURNACE-BASED BED DRYER WITH AN  
ELECTRIC HEATER****BY****BAGUS DITA RENALDI**

*The hybrid drying method used in the study was derived from an electric energy heating source by utilizing the water potential of a microhydro power plant (PLTMH), and a biomass stove to utilize abundant biomass wood. This study aims to analyze the performance of the drying machine and the drying efficiency of cocoa beans using a hybrid drying method, a biomass stove, and an electric heater. The methods applied in this study include measuring the inlet and outlet air temperatures, air flow velocity, the mass weight of cocoa beans, and the final moisture content of cocoa beans. To analyze the data, calculations were used that included the input energy ( $Q_{in}$ ), absorbed energy ( $Q_{out}$ ), and lost energy ( $Q_{loss}$ ), using thermodynamic equations. The incoming energy was 26,469.9 kJ greater due to the high drying temperature, while the absorbed energy was 6,534.1 kJ smaller due to the small number of cocoa bean samples dried and the presence of residual heat that was not utilized in the drying process. The lost heat energy of 19,935.8 kJ was caused by heat that was not fully utilized during drying. The heat energy leaving the drying chamber was 9,266.4 kJ due to leaks in the walls during drying. This research provides important information to improve drying efficiency in bed dryer type drying equipment for cocoa beans and contributes to the development of more optimal drying methods.*

**Keywords:** *Drying, temperature, cocoa beans, fuel consumption, thermal efficiency.*

**Judul Penelitian** : ANALISIS KINERJA PROSES  
PENGERINGAN BIJI KAKAO  
MENGUNAKAN *BED DRYER* BERBASIS  
*HYBRID* TUNGKU BIOMASSA DENGAN  
PEMANAS LISTRIK

**Nama mahasiswa** : Bagus Dita Renaldi

**NPM** : 2115021040

**Jurusan** : S1-Teknik Mesin

**Fakultas** : Teknik



**Pembimbing I**

Dr. Harmen, S.T., M.T.

NIP. 196906202000031001

**Pembimbing II**

Hadi Prayitno, S.T., M.T.

NIP.198805142019031012

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Teknik Mesin**

**FT Unila,**

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

NIP. 197408162000121001

**Ketua Program Studi S1**

**Teknik Mesin,**

Dr. Ir. Martinus, S.T., M.Sc.

NIP.197908212003121003

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

**Ketua : Dr. Harmen, S.T., M.T.**

**Anggota Penguji : Hadi Prayitno, S.T., M.T.**

**Penguji Utama : Ahmad Yonanda, S.T., M.T.**



**2. Dekan Fakultas Teknik**



**Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.**

**NIP. 197509282001121002**

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 14 Oktober 2025**

**LEMBAR PERNYATAAN**

TUGAS AKHIR INI DIBUAT SENDIRI OLEH PENULIS DAN BUKAN DARI HASIL PLAGIAT SEBAGAIMANA DIATUR DALAM PASAL 36 PERATURAN AKADEMIK UNIVERSITAS LAMPUNG DENGAN PERTURAN REKTOR No. 13 TAHUN 2019.

Bandar Lampung, ~~21~~ Oktober 2025.

Pembuat Pernyataan,



**Bagus Dita Renaldi**

NPM. 2115021040

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>xiii</b>
<b>SANWANCA .....</b>	<b>xiv</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>xvi</b>
<b>I . PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	4
1.3    Tujuan Penelitian.....	5
1.4    Batasan Masalah.....	5
1.5    Manfaat Penelitian .....	6
1.6    Sistematika Penulisan .....	6
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>8</b>
2.1    Buah Kakao/coklat.....	8
2.2    Cengkeh .....	11
2.3    Buah Kopi.....	12
2.4    Pengeringan .....	13
2.5    Kadar air Bahan dalam Pengeringan.....	15
2.6    Sifat-sifat Udara basah.....	16



2.7	Jenis-jenis Alat Pengering .....	21
2.7.1	<i>Flat bed dryer</i> .....	21
2.7.2	<i>Tray dryer</i> .....	22
2.8	Elemen Pemanas .....	23
2.9	Tungku Pembakaran .....	24
2.10	Blower.....	25
2.10.1	Komponen-komponen blower.....	25
2.10.2	Jenis-jenis blower.....	26
2.11	Perpindahan Panas. ....	27
2.11.1	Konduksi.....	27
2.11.2	Konveksi.....	28
2.11.3	Radiasi.....	29
<b>III.</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>31</b>
3.1	Perancangan Alat.....	31
3.2	Proses Pembuatan Mesin Pengering Biji-bijian .....	32
3.2.1	Pembuatan rangka <i>bed dryer</i> .....	32
3.2.2	Pembuatan dinding pengering .....	33
3.2.3	Penempelan dinding pengering. ....	33
3.2.4	Finishing penempelan dinding <i>bed dryer</i> .....	34
3.2.5	Pada gambar 3.6 proses pembuatan dan penggabungan elemen <i>heater</i> dan tungku pembakaran pada mesin pengering <i>hybrid</i> .....	34
3.3	Waktu dan Tempat Penelitian .....	35
3.4	Alat dan Bahan .....	35
3.4.1	Alat pengering <i>hybrid</i> .....	35
3.4.2	Alat pengeringan <i>Heater</i> dan tungku .....	37

3.4.3	Blower .....	37
3.4.4	Rak loyang pengering.....	38
3.4.5	<i>Thermocouple</i> (alat pengukur suhu).....	38
3.4.6	Alat kelembapan udara ( <i>Termohygrometer</i> ) <i>Humdity</i> .....	39
3.4.7	<i>Termorecorder 12 channel temperature recorder datalogger</i> .....	39
3.4.8	Anemometer (Alat ukur <i>flow</i> udara pada blower).....	40
3.4.9	Timbangan digital.....	40
3.4.10	<i>Cerra Tester</i> .....	41
3.4.11	Tang <i>Ampere</i> .....	42
3.4.12	Buah kakao.....	42
3.5	Rancangan Penelitian.....	43
3.6	Prosedur Penelitian .....	45
3.6.1	Pengeringan menggunakan <i>heater</i> listrik.....	45
3.6.2	Pengeringan menggunakan sistem dengan tungku biomassa .....	46
3.7	Alur Penelitian.....	48
3.8	Prosedur Perhitungan dan Analisis .....	49
<b>V.</b>	<b>SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>83</b>
5.1	Simpulan.....	83
5.2	Saran .....	83
	<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>85</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Buah Kakao.....	8
Gambar 2.2 Syarat SNI Mutu Biji Kakao .....	10
Gambar 2.3 Cengkeh.....	11
Gambar 2.4 Biji Kopi.....	12
Gambar 2.5 Diagram Psikometrik.....	17
Gambar 2. 6 <i>Flat Bed Dryer</i> .....	21
Gambar 2.7 <i>Tray Dryer</i> .....	22
Gambar 2. 8 <i>Heater</i> .....	23
Gambar 3.1 <i>Finishing</i> penempelan dinding <i>bed dryer</i> .(solidworks isometric). ....	31
Gambar 3.2 Proses pembuatan rangka <i>bed dryer</i> . ....	32
Gambar 3.3 Pembuatan dinding pengering dari pelat 2.5 mm .....	33
Gambar 3.4 <i>Finishing</i> penempelan dinding <i>bed dryer</i> .....	33
Gambar 3.5 <i>Finishing</i> penempelan dinding <i>bed dryer</i> .....	34
Gambar 3.6 Proses pembuatan dan penggabungan elemen <i>heater</i> dan tungku ....	34
Gambar 3.7 Pengering <i>hybrid</i> tipe <i>bed dryer heater</i> dan tungku pembakaran kayu biomasa .....	35
Gambar 3.8 Tungku dan <i>Heater</i> .....	37
Gambar 3.9 Blower. ....	37
Gambar 3.10 Rak loyang pengering.....	38
Gambar 3.11 Termokopel.....	38
Gambar 3. 12 <i>Termohygrometer</i> .....	39
Gambar 3.13 <i>Termorecorder</i> .....	39
Gambar 3.14 Anemometer. ....	40
Gambar 3.15 Timbangan digital .....	40
Gambar 3.16 Alat kadar air CERRA <i>TESTER</i> .....	42
Gambar 3.17 Tang ampere.....	42

Gambar 3.18 Sampel Buah Kakao. ....	42
Gambar 3.19 Letak <i>Thermocouple</i> pengamatan temperatur proses pengeringan .	44
Gambar 3.20 Diagram alur penelitian.....	49

**DAFTAR TABEL**

Tabel 3.1 Waktu Alur Penelitian .....	35
Tabel 3.2 Spesifikasi Mesin Pengering <i>hybrid</i> .....	36

## HALAMAN PERSEMBAHAN



Dengan segala kerendahan hati,  
saya mempersembahkan karya sederhana ini  
sebagai ungkapan cinta, kasih sayang, dan rasa terima kasih saya

### *KARYA TULIS KU PERSEMBAHKAN KEPADA :*

Kepada Bapak Sumardi & Ibu Samiati tercinta yang senantiasa telah memberikan semangat dan do'a Yang selalu menyertai dalam diriku dalam keberhasilan kebahagiaan dan pengorbanan yang belum bisa terbalaskan.

Serta kakak Dedi & Nita, kakak Cici & Ageng, kakak Tri prayoga serta adik saya Cita ria Punda Rika terima kasih memberikan do'a dan dukungan, semangat yang diberikan selama ini.

Teman-teman seperjuangan Teknik Mesin  
Angkatan 2021, Almamater Tercinta, Universitas Lampung

Seluruh orang yang bertanya:  
Kapan S.kp Sempro Semhas hingga Wisuda?

## SANWANCA

*Assalamu'aliikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan hidayah-Nya, dan sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi ini dengan lancar dan tepat pada waktunya walaupun jauh dari kata yang sempurna. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan Program sarjana S1, dan juga salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana di Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Dalam menyelesaikan skripsi ini, tentunya penulis banyak mendapat masukan, semangat kritik dan saran, mendapatkan pengalaman dan pembelajaran dari berbagai pihak.

Ucapan terima kasih juga penulis tujukan kepada semua pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kesehatan dan kelancaran serta kekuatan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dan perkuliahan ini dengan baik.
2. Kedua Orang tua penulis Bapak Sumardi dan Ibu Samiati, Kakak, Adik, serta keluarga besar yang penulis cintai dan selalu memberikan doa, motivasi, semangat dari luar maupun didalam, serta menjalankan menyelesaikan program studi Teknik Mesin di Universitas Lampung.
3. Ibu Dr. Eng. Shirley Savetlana, S.T.,M.Met, selaku Dosen Pembimbing akademik yang telah membimbing dan membina penulis selama perkuliahan.
4. Bapak Dr. Harmen, S.T., M.T. selaku Pembimbing I yang telah membina selama perkuliahan dan membimbing dalam menyelesaikan skripsi.
5. Bapak Hadi Prayitno S.T., M.T. selaku Pembimbing II yang telah membina saya selama perkuliahan dan membimbing dalam menyelesaikan skripsi.

6. Bapak Ahmad Yonanda S.T., M.T. selaku Dosen Pembahas yang telah membimbing selama perkuliahan dan membina dalam menyelesaikan skripsi.
7. Bapak Agus Sugiri , S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Bina Desa yang telah memberikan arahan, semangat dan membina selama perkuliahan.
8. Seluruh Dosen-dosen di Teknik Mesin Universitas Lampung yang telah menjadi guru dan mengajarkan pengetahuan dasar kepada penulis.
9. Seluruh Staf tenaga pendidikan di Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
10. Gunawan, Hamim, Santri adi, Rizki, Anggita sebagai kerabat yang telah membantu dan menemani dalam penyelesaian skripsi.
11. Grup Rencang-rencang 12 wong, Adi, Vikky, Falah, Bayu, Tegar, Robet, Alfarndi gembul, Prima, Wahyu, Ilham, yang telah menemani dalam penyelesaian skripsi.
12. Sahabat seluruh keluarga besar Teknik Mesin angkatan 2021 yang telah membantu memberikan semangat dan mendoakan kelancaran selama perkuliahan.
13. Terakhir, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada saya Bagus Dita Renaldi dengan NPM 2115021040 yang telah menyusun dan menulis skripsi ini hingga selesai. Terima kasih telah berhasil dalam mewujudkan impian kuliah di Teknik Mesin selama 4 tahun, hingga mendapatkan gelar sarjana S1. Terima kasih banyak telah mempercayai diri sendiri.



## RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Bagus Dita Renaldi, lahir pada tanggal 09 juni 2002 di Kota Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung, merupakan anak keempat dari lima bersaudara dari Ibu Samiati dan Bapak Sumardi. Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN I Sidosari hingga ditahun 2015, kemudian melanjutkan pendidikan tingkat menengah pertama di SMP N 3 Natar selesai pada tahun 2018, dan melanjutkan pendidikan tingkat menengah kejuruan Jurusan Teknik Kendaraan Ringan (TKR) di SMK 2 Mei Bandar Lampung lulus pada tahun 2021.

Pada tahun 2021, penulis melanjutkan studi S1 Teknik Mesin di Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN. Selama proses perkuliahan penulis aktif didalam tergabung Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) dan UKM Kerohanian sebagai Anggota periode tahun 2023/2024. Selanjutnya penulis mengikuti proses magang salah satu Perusahaan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) tahun 2024 di PTPN I , Sumatera Selatan dengan judul laporan “ **Analisis Peformansi Mesin *Open Top Roller (Otr)* Terhadap Proses Penggulungan Dan Putaran Pada Pengolahan Teh Hijau (*Green Tea*) Di Pt. Perkebunan Nusantara I Pagar Alam**”.

Serta penulis merupakan alumni Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM) dan Program Kopetensi Kampus Merdeka (PKKM) yang diselenggarakan selama 4 bulan, di Desa Pesawaran Indah, Kecamatan Way Ratai. Pada tahun 2025 penulis menyelesaikan program studi S1 Teknik Mesin 2025 dengan judul skripsi “**Analisis Kinerja Proses Pengeringan Biji Kakao Menggunakan *Bed Dryer* Berbasis *Hybrid* Tungku Biomassa Dengan Pemanas Listrik**” di bawah bimbingan Bapak Dr. Harmen, S.T., M.T. Bapak Hadi Prayitno, S.T., M.T. serta Bapak Ahmad Yonanda, S.T., M.T. sebagai dosen pembahas.

## **I . PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kakao dengan wilayah yang sangat luas, termasuk provinsi Lampung. Di Kabupaten Pesawaran, kegiatan pertanian khususnya perkebunan kakao menjadi komoditas penting bagi perekonomian lokal dan mata pencaharian petani. Praktik pengeringan di lapangan sering menghadapi berbagai kendala, antara lain cuaca yang tidak menentu, ketergantungan pada pengeringan terik matahari yang memerlukan area luas dan waktu lama, serta keterbatasan teknologi pada tingkat petani kecil. Masalah tersebut dapat menyebabkan biji kakao memiliki kadar air yang tidak merata, kerusakan kualitas pada biji kakao serta potensi penurunan nilai jual. Biji kakao dikeringkan biasanya petani kakao menggunakan sinar matahari langsung atau dipanggang hingga kering sehingga mengeluarkan aroma dan rasa yang khas pada biji kakao (Antriyandarti dkk., 2024). Produksi biji kakao provinsi lampung tahun 2023 mencapai 49.544 ton biji kakao kering sumber (Collins dkk., 2024).

Pesawaran Indah adalah sebuah desa di Kecamatan Wai Ratai, Kabupaten Pesawaran Lampung, Provinsi Lampung, Indonesia. Desa Pesawaran Indah adalah merupakan Desa berkembang luas wilayah Pesawaran indah adalah ± 24.261,14 Ha, terdiri dari 6 dusun. Mata pencaharian sebagian besar masyarakat Pesawaran Indah adalah sebagai buruh petani banyak lahan seperti pertanian kopi, kakao, cengkeh, pala dan padi dan pertanian lainnya. karena lokasinya yang berada di perbukitan gunung Ratai. Berdasarkan data sumber dari Badan pusat statistik Kabupaten Pesawaran Lampung (BPSKP) rata-rata produksi kakao selama lima tahun terakhir (2020-2025), terdapat sentra produksi kakao di daerah Pesawaran yang memberikan kontribusi hingga

126,68 ton kakao/biji coklat kering. Solusi pada proses pengeringan menggunakan dua perlakuan energi, perlakuan pertama memanfaatkan potensi dengan *heater* energi Listrik dari Pembangkit listrik tenaga microhidro (PLTMH). Dan perlakuan kedua dari tungku biomassa untuk memanfaatkan kayu-kayu biomassa yang melimpah di Desa Pesawaran Indah.

Pengeringan adalah proses menghilangkan air dari suatu bahan menggunakan energi panas untuk menguapkannya, yang umumnya bertujuan untuk memperpanjang umur simpan produk. Pengeringan berperan penting menentukan pada kualitas bahan yang dikeringkan pengeringan adalah penurunan kadar air yang ada pada biji kakao hingga memenuhi batas sehingga siap untuk diolah atau dijual dan bahkan digiling untuk disimpan agar aman dalam waktu yang lama, pengeringan lebih cepat juga bisa mempengaruhi hasil akhir pada biji kakao yang dikeringkan oleh karena itu pengeringan biji kakao tidak boleh lebih dari 70°C (Sidabariba dkk., 2023).

Pengeringan buatan seperti mesin pengering merupakan metode yang ekonomis karena memanfaatkan energi dan terbarukan (Wahida dkk., 2023) pengeringan biji kakao yang masih menggunakan cara tradisional yang menyebabkan tidak efisien dan kesulitan di kala musim hujan datang menurut (Annisa dkk., 2025) petani tidak menjemur hasil pertaniannya di bawah sinar matahari. Tapi tidak cukup dikeringkan 2 di ruangan dengan suhu ruangan sangat rendah. Hal ini dilakukan karena jika biji kakao tidak segera dijemur atau dibiarkan menumpuk di suatu tempat maka akan menimbulkan putih-putih jamur dan pembusukan pada biji kakao, Meski waktu pengeringannya lebih lama sekitar penjemuran 5 - 8 jam per hari dengan intensitas cahaya matahari sedang sampai penuh (Laga dkk., 2025) bisa dibutuhkan waktu antara 5 hingga 7 hari agar menurunkan kadar air biji kakao sampai mencapai kisaran 7-8% menurut (Arnianti dkk., 2025). Hingga dua kali lipat pengeringan manual bisa membuat kotor pada bahan hal ini tetap dilakukan pada petani kebun. Beberapa hal tersebut mengakibatkan permasalahan pada kualitas produk kakao yang dirasa masih kurang baik (Muttalib dkk., 2024).

Berdasarkan penelitian (Arnianti dkk., 2025) sumber energi panas dari tungku agar menurunkan kadar air biji kakao sampai mencapai kisaran 7-8% kadar air menggunakan mesin pengering *tipe flat bed dryer* pengeringan buatan yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan mesin pengering tipe *flatbed dryer*. Pengeringan ini terjadi penguapan air dari bahan ke udara karena perbedaan kandungan dari uap air antara udara dengan bahan yang akan dikeringkan. Penyebab pengeringan ini terjadi perpindahan dari lingkungan ke panas karena uap air ke permukaan bahan. Di dalam massa (air) terjadi perpindahan yang mengakibatkan penguapan pada proses awal. Penggunaan mesin pengering dapat mempercepat waktu pengeringan serta membuat petani tidak lagi menggantungkan proses pengolahan biji kopi terhadap kondisi cuaca sehingga meningkatkan produktivitas dan efisiensi pengeringan biji kopi (Widianoro & Fauzi, 2021).

Pengeringan *Hybird* merupakan dua jenis perbedaan dari mesin yang menggabungkan dari 2 sumber daya yang berbeda menjadi 1 sistem agar mesin atau alat dapat dengan menghemat biaya. Contohnya pada mesin pengering *hybrid* ini terbagi dengan sistem dari *heater* dari tenaga Listrik, dan pemanas tungku dari energi yang dihasilkan tungku pembakaran kayu. Pada rumah pengering *hybrid* tipe rak atau *bed dryer* menjadi Solusi untuk meningkatkan kualitas pada biji yang dikeringkan pada alat pengeringan ini dengan sistem yang memanfaatkan energi listrik dan energi panas dari tungku pembakaran.

Sebagai bagian dari program Bina Desa selama empat bulan di Desa Pesawaran Indah, kami para mahasiswa PKK, berupaya mencari solusi dan menggali potensi desa untuk membantu masyarakat, khususnya selama musim penghujan. Terutama proses permasalahan pengeringan hasil pertanian Suatu bentuk upaya untuk mengatasi permasalahan pengeringan, pengeringan ini membantu Masyarakat untuk mempermudah masyarakat di desa Pesawaran Indah ketika pengeringan di masa panen dan meningkatkan hasil kualitas hasil panen mengurangi ketergantungan cuaca dan hemat waktu dan tenaga. Pada pembuatan mesin pengering ini diharapkan untuk dapat memberikan suatu

kemajuan di bidang Teknik mesin. Mesin pengering buatan mahasiswa KKN PKKMB Bina Desa Pesawaran Indah yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan mesin pengering tipe *bed dryer* dengan sistem *Hybrid* untuk memanfaatkan potensi listrik dari Pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) dan kayu bakar yang melimpah untuk pengeringan pada biji-bijian seperti kakao dan lain-lain.

Penelitian ini berfokus analisis kinerja mesin pengeringan pada metode *termal* yang mengandalkan elemen pemanas untuk menguapkan kandungan air dan massa bahan dalam biji kakao yang dihasilkan pada mesin pengering ini lebih efektif dari listrik, tungku atau *hybrid* pada 3 proses yaitu *Hybrid* dan menggunakan tungku biomassa dan *heater* dengan sistem bisa bongkar pasang. Dimana pada tungku ini uap panas yang disebarkan menggunakan blower sebagai alat yang digunakan mendorong uap panas yang ada di tungku(*furnance*) masuk ke *bed dryer*. Pada *heater* ini dari *blower* aliran udara memiliki peranan penting dalam suatu proses pengeringan karena dibutuhkan perpindahan energi guna membawa dan menguapkan air yang terkandung dalam bahan (Anis dkk., 2024). Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kesimpulan yang berharga bagi masyarakat, industri dan komunitas ilmiah dalam meningkatkan penggunaan teknologi ini dan mempromosikan energi terbarukan dalam proses pengeringan. Dengan demikian, penelitian ini menjadi sangat penting karena berkontribusi pada pengembangan teknologi yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan serta dapat memberikan manfaat ekonomi yang signifikan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian pengeringan biji kakao ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kinerja mesin pengering kakao dalam menurunkan massa bahan dan kadar air biji kakao.
2. Berapa besar efisiensi energi panas yang dihasilkan oleh mesin pengering kakao dengan pengujian energi listrik, tungku biomassa, dan *hybrid*.

3. Bagaimana pengaruh suhu pengeringan terhadap waktu pengeringan dan kualitas akhir pengeringan biji kakao yang dihasilkan.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian analisis proses pengeringan pada mesin pengering (*drying machine*) untuk kakao dengan tipe *bed dryer* berbasis *hybrid* tungku dan *heater* adalah sebagai berikut ini.

1. Menganalisis parameter-parameter unjuk kerja dari mesin pengering pengeringan tungku biomassa, *heater* listrik, dan *hybrid*,
2. Membandingkan hasil akhir pengeringan dengan tungku biomassa, *heater* listrik dan *hybrid*.

### 1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang terdapat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini menggunakan mesin pengering hasil pertanian tipe *bed dryer* dengan *heater* listrik 2000 watt dan tungku pembakaran dengan bahan bakar biomassa kayu jati.
2. Penelitian ini pengambilan data dilakukan di kampus tepatnya di hanggar karena listrik dari turbin PLTMH sama program PKKMB Bina desa, yang ada di Desa Pesawaran Indah, pada musim kemarau tidak banyak debit air jadi energi dari microhidro ini tidak cukup untuk menghidupkan mesin pengering pada musim kemarau ini.
3. Tempat pengering yang digunakan di mesin pengering ini menggunakan rumah pengering *Hybrid* tipe *box dryer* rak susun.
4. Pada penelitian ini hanya menggunakan 1 rak dari 8 rak tersedia,
5. Bahan pengujian biji kakao hanya 5 kg.
6. Perhitungan kadar air dengan alat *CERA TESTER*.
7. Blower adalah sebagai pemasok udara ke ruang pengering

8. Penelitian dilakukan belum pada kapasitas maksimum.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian mesin pengering alat yang dijadikan sebagai salah satu solusi permasalahan para petani Desa Pesawaran indah dalam proses pengeringan hasil pertanian.
2. Manfaat penelitian dan pembuatan mesin pengering memanfaatkan potensi listrik dari PLTMH.
3. Manfaat dari penelitian pengeringan kakao ini memanfaatkan kayu-kayu biomassa untuk pengeringan.
4. Alat ini sangat membantu petani untuk pengeringan hasil-hasil pertanian biji-bijian kakao, cengkeh, kopi.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika dari penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### **I. PENDAHULUAN**

Pada Bab I ini menguraikan latar belakang masalah secara jelas, tujuan dilaksanakannya penelitian ini, batasan masalah yang diberikan agar hasil penelitian lebih terarah, pada manfaat penelitian ini juga berguna untuk pengering ke depannya, dan sistematika penulisan berupa format dan contoh yang dipakai pada penulisan laporan penelitian ini.

#### **II. TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini berisikan landasan teori yang menunjang pada penelitian dan merupakan isi teori-teori dasar yang menjelaskan tentang meliputi: Buah coklat, pengertian pengering, kelembapan udara, jenis-jenis pengeringan, macam-macam alat pengering, perpindahan panas, efisiensi termal.

### III. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab III ini berisikan lokasi tempat dan waktu penelitian yang telah dilakukan serta alur tahapan pelaksanaan penelitian ini.

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisikan tentang data hasil analisis proses pengeringan pada mesin pengering dan pembahasan analisis data-data yang telah didapatkan pada setelah pengujian.

### V. SIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dan saran yang dapat diambil atau diberikan berdasarkan hasil penelitian ini..



## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Buah Kakao/coklat



(a) Buah kakao.

(b) Biji kakao.

Gambar 2.1 buah kakao

Sumber : (Harini dkk., 2021).

Kakao (*Theobroma cacao*) adalah salah satu komoditas perkebunan unggulan Indonesia yang dapat diolah menjadi produk kakao dan cokelat dengan kandungan antioksidan alami. Biji kakao mengandung senyawa polifenol yang berperan sebagai antioksidan. Polifenol golongan flavonoid terutama katekin dan epikatekin adalah komponen utama dalam biji kakao menurut (Maryanto dkk,2015). Biji yang dihasilkan merupakan produk olahan dengan nama yang sangat terkenal yaitu cokelat. Biji kakao adalah bahan utama pembuatan bubuk kakao (cokelat). Bubuk kakao merupakan bahan baku makanan yang sangat disukai terutama anak-anak. Karakter rasa cokelat adalah gurih dengan aroma yang khas sehingga disukai banyak orang khususnya anak-anak dan remaja (Indah & Farhanandi, 2022).

Buah kakao yang tumbuh dalam bentuk polong lojong yang besar seperti gambar 2.1 (a), buah biasanya berwarna hijau saat buah masih muda dan berubah menjadi kuning, oranye, dan ada yang merah saat masak atau matang. Setiap polong mengandung biji-biji kakao, yang dikelilingi oleh pulp manis. Biji coklat inilah yang menjadi bahan dasar dalam produksi pembuatan cokelat. Proses untuk menghasilkan cokelat dari biji kakao dimulai dengan memanen buahnya, lalu mengeluarkan biji dari polong dan membiarkannya fermentasi seperti gambar (b). Setelah proses fermentasi, biji dikeringkan dan dipanggang, sehingga mengeluarkan aroma dan rasa yang khas. Kadar air biji kakao setelah dipanen masih tinggi yaitu sekitar 50% - 60% menurut (Djamalu Y, 2020), dan Kadar air kakao berdasarkan standar nasional indonesia adalah *max* 7,5 % sumber BSN SNI 2323:2008.

Buah kakao tidak hanya terkenal karena perannya dalam industri makanan, tetapi juga karena nilai ekonomis dan sosialnya. Budidaya kakao memberikan sumber penghidupan bagi jutaan petani di negara berkembang. Menurut (Cherie dkk., 2023) Suhu yang tepat dalam proses pengeringan biji kakao pasca fermentasi sangat penting untuk meningkatkan kualitas dan kualitas biji kakao kering. Suhu pengeringan yang terlalu tinggi dapat mempengaruhi durasi proses pengeringan, sedangkan suhu yang terlalu rendah dapat menurunkan mutu dan kandungan biji kakao, sehingga berdampak negatif pada kualitas produk di pasar ekspor. Saat ini, sebagian besar petani kakao di Indonesia masih menggunakan metode pengeringan manual dengan menjemur biji kakao di bawah sinar matahari langsung, yang menjadi kendala terutama saat musim hujan. Ada 2 proses pengeringan kakao:

1. Pengeringan sinar matahari alami:

Biji kakao yang telah difermentasi dijemur di atas balai-balai bambu atau tikar di tempat terbuka dan luas dengan sinar matahari. Tinggi Tumpukan Ketinggian tumpukan biji kakao tidak boleh lebih dari 3 lapis saat penjemuran untuk memastikan sirkulasi udara dan

pengeringan yang merata. Lama Dapat memakan waktu sekitar 5 hari penjemuran kakao petani menjemur sinar matahari tergantung intensitas sinar matahari. Proses pengeringan kakao yang baik adalah pengeringan hingga kadar air dari 80-70% mencapai standar SNI di bawah 7,5% (Badan Standardisasi Nasional SNI 2323:2008, 2017). Dilakukan dengan meminimalkan jamur dan mempertahankan kualitas aroma khas kakao. Metode yang umum adalah pengeringan matahari (alami) dengan bantuan balai bambu atau alas.

2. Pengeringan menggunakan mesin :

Menggunakan mesin seperti kabinet *dryer* atau oven. kontrol Suhu, Suhu pengeringan dapat dikontrol secara elektronik, temperatur ideal 50°C hingga 60°C, untuk mendapatkan hasil yang optimal. Kombinasi dengan Energi Surya, energi listrik atau tungku pembakaran, Metode ini dapat dikombinasikan dengan energi matahari untuk pengeringan yang lebih efisien dan berkelanjutan. Lama pengeringan dengan mesin memakan waktu yang begitu singkat dan efektif Ketika pengeringan Proses pengeringan kakao yang baik adalah pengeringan hingga kadar air dari 80-70% mencapai standar SNI di bawah 7,5% (Badan Standardisasi Nasional SNI 2323:2008, 2017) seperti gambar 2.2, dilakukan dengan meminimalkan jamur dan mempertahankan kualitas aroma khas kakao.

<u>No</u>	<b>Parameter</b>	<b>Satuan</b>	<b>Persyaratan</b>
1	Serangga hidup	-	Tidak ada
2	Kadar air (b/b)	%	<u>Maks 7,5</u>
3	Biji berbau asap & berbau asing	-	Tidak ada
4	Kadar benda asing (b/b)	%	Tidak ada
5	Kadar biji pecah (b/b)	%	<u>Maks. 2</u>

Gambar 2.2 Syarat SNI mutu biji kakao

Sumber : (Badan Standardisasi Nasional SNI 2323:2008, 2017).

## 2.2 Cengkeh



(a) Cengkeh basah.

(b) Cengkeh kering.

Gambar 2.3 cengkeh

Sumber : (Dharmawan, 2024).

Cengkeh atau cengkih, cengkeh yaitu bahasa latin dari (*Syzygium aromaticum*) merupakan tanaman rempah-rempah yang sejak dari dulu sudah ada di Indonesia bahkan dari zaman penjajahan pada zaman dulu, yang saat ini cengkih ini menjadi campuran makanan-makanan ataupun minuman dan obat-obatan tradisional. Proses pengolahan bunga cengkeh basah gambar 2.3 (a) Pohon cengkeh sampai mendapatkan bunga cengkeh yang kering melalui beberapa tahap, yaitu: perontokan bunga (pemisahan gagang dan bunga), pemeraman, pengeringan dan sortasi. Bunga cengkeh dipanen pada waktu beberapa bunga dalam satu rangkaian bunga sudah berwarna kemerahan seperti gambar (b). Setelah panen dilakukan pemisahan dari bunga dengan tangkainya yang biasa dilakukan dengan tangan secara manual (Nurdjannah, 2024).

Bahkan sekarang ini digunakan pabrik industri-industri sebagai campuran bahan rokok, tanaman yang bisa dimanfaatkan terutama dari bunga dan tangkainya selain itu daun cengkih ini bisa digunakan untuk pembuatan cairan minyak untuk pengobatan tradisional pada kegunaan cengkih ini dan kemudian berkembang di industri untuk dibuat campuran pada kosmetik dan Minyak cengkih sebagai bahan parfum atau pewangi dengan kadar air kering untuk parfum cengkih sesuai standar SNI 06-2387-2006, kadar kering yaitu sebesar 5,41% kadar air kering pada cengkih. Pada cengkih ini mempunyai

aroma dan rasa yang sangat khas pada kalangan Masyarakat dan disenangi banyak orang dan untuk harga di sekarang ini Bungan cengkih melambung tinggi untuk 1 kilogram cengkih bisa mencapai 80 ribu perkilo di daerah Pesawaran Lampung

### 2.3 Buah Kopi



(a) Buah kopi basah.

(b) Biji kopi kering.

Gambar 2.4 biji kopi

Sumber : (Maulidina dkk., 2022).

Kopi Bahasa inggrisnya *coffee* adalah salah satu tanaman Perkebunan petani yang menjadi sumber penghasilan rakyat dan indutri juga dapat menjadi sumber peningkatan devisa negara melalui ekspor biji kopi dari mentah maupun olahan dari biji kopi. Pengolahan sederhana ataupun modern dengan mesin buah kopi basah gambar 2.4 (a) ini melalui penjemuran hingga kering selanjutnya biji kopi ini ditumbuk hingga terpisah dengan cangkang kopi, dan masuk ke pengeringan kopi disangrai hingga kopi mengeluarkan aroma yang khas terlihat pada gambar (b) dan kadar air pada kopi sampai max 12,5 kadar air sumber SNI 01-2907:2008. Kemudian biji kopi yang sudah disangrai masuk ke penggilingan biji hingga halus menjadi bubuk kopi yang sangat lembut. Indonesia adalah negara produsen biji kopi terbesar keempat di dunia setelah Brasil, Vietnam dan Kolombia dengan produksi rata-rata sekitar 700 ribu ton per tahun atau sekitar 9% dari produksi kopi dunia menurut (Maulidina dkk., 2022). Dan produksi kopi

terbesar di dunia adalah negara Brazil yang memproduksi kopi dengan jumlah sangat besar.

## **2.4 Pengeringan**

Menurut (Brilliantiana dkk., 2022) Pengeringan adalah suatu cara untuk mengeluarkan atau menghilangkan sebagian besar air dari bahan dengan menggunakan energi panas. Pengeluaran air dari bahan dilakukan sampai kadar air keseimbangan dengan lingkungan tertentu dimana jamur, enzim, mikroorganisme, dan serangga yang dapat merusak menjadi tidak aktif. mempunyai pengertian yaitu aplikasi pemanasan melalui kondisi yang teratur, sehingga dapat menghilangkan sebagian besar air dalam suatu bahan dengan cara diuapkan. Proses penghilangan udara dari suatu bahan melalui pengeringan memiliki operasi satuan yang berbeda dengan dehidrasi. Dehidrasi bertujuan menurunkan aktivitas udara dalam bahan dengan mengeluarkan jumlah udara yang lebih banyak, sehingga dapat memperpanjang umur simpan produk pangan. Pengeringan yang berarti menghilangkan air dari suatu bahan, proses pengeringan berlaku apabila bahan yang dikeringkan akan kehilangan sebagian atau keseluruhan air ada pada kandungan didalamnya. Proses utama dalam pengeringan adalah penguapan, yaitu ketika udara yang terkandung dalam bahan berubah menjadi uap. Penguapan terjadi saat panas diberikan pada bahan tersebut, yang dapat berasal dari berbagai sumber seperti kayu bakar, pemanas listrik, gas, arang, atau batu pemanas.

Adapun tujuan pengeringan yaitu adalah sebagai berikut ini:

1. Mencegah pembusukan dan kerusakan
2. Meningkatkan kualitas produk
3. Mengurangi kadar air
4. Meningkatkan produk dapat disimpan lebih lama
5. Mengurangi bobot dan biaya pengangkutan
6. Dan mempermudah pengolahan lanjutan.

Laju pengeringan merupakan jumlah udara yang menguap dalam satuan waktu atau perubahan kadar udara dalam bahan selama periode tertentu. Laju pengeringan yang tinggi didapatkan dari besarnya suhu dan kelembaban relatif tertentu dengan kecepatan aliran udara pada permukaan bahan yang cukup sehingga proses perpindahan panas dari udara ke bahan berlangsung baik. Laju pengeringan dapat ditemukan melalui persamaan (2.1) :

$$W_a = \frac{m_o - m_1}{T_p} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

$W_a$  = Laju pengeringan

$m_o$  = Massa air dalam bahan

$m_1$  = Massa bahan produk dalam kering

$T_p$  = Waktu pengeringan

Melakukan perhitungan efisiensi termal pengeringan menggunakan persamaan:

$$Q_{serap} = (massa_{awal} - massa_{akhir}) \times hfg \text{ (tabel A4 termo)} \dots \dots \dots (2.2)$$

$$Q_{in} = \dot{m} \times Cp \times \Delta T (T_{ambient} - T_{ruang}) \dots \dots \dots (2.3)$$

$$\eta_k = \left( \frac{Q_{serap}}{Q_{in}} \right) \times 100\% \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana:

$\eta_k$  = Efisiensi pengeringan (%)

$Q_{serap}$  = Q penguapan air dari bahan (Kj/s)

$Q_{in}$  = Q energi panas masuk (Kj/s)

Menghitung panas yang hilang selama proses pengeringan ( $Q_{loss}$ ) persamaan (2.5) .

$$Q_{loss} = Q_{in} - Q_{serap} \dots \dots \dots (2.5)$$

Menghitung Nilai *heat loss* (kehilangan panas) persamaan (2.6):

$$Heat\ loss = \frac{Q_{loss}}{Q_{in}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.6)$$

## 2.5 Kadar air Bahan dalam Pengeringan

Kadar air adalah jumlah udara yang terkandung dalam suatu bahan. Kadar air menunjukkan banyaknya udara per satuan berat bahan. Terdapat dua metode untuk mengukur kadar air, yaitu berdasarkan basis kering (dry basis) dan basis basah (wet basis). Pada penentuan kadar air hasil pertanian, umumnya digunakan metode basis basah. Kadar air suatu bahan biasanya dinyatakan dalam persentase berat terhadap bahan basah, misalnya dalam gram untuk air setiap 100 gram bahan, dan disebut kadar air massa basah atau basis basah. Kadar air basis basah dapat diteapkan dengan persamaan (2.7) berikut ini:

$$Ka = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100\% \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana :

Ka = kadar air basis basah(%)

W1 = massa awal basah(Kg)

W2 = Massa Akhir kering(Kg)

Sementara untuk perhitungan penurunan pada kadar air tiap jam dapat dihitung dengan persamaan (2.8) berikut:

$$\text{Penurunan kadar air tiap jam}(\%) = \frac{W_t - W_k}{W_0} \times 100\% \dots \dots \dots (2.8).$$

Dimana :

Wt = massa diwaktu tertentu(kg)

Wk = massa pada kondisi seimbang(kg)

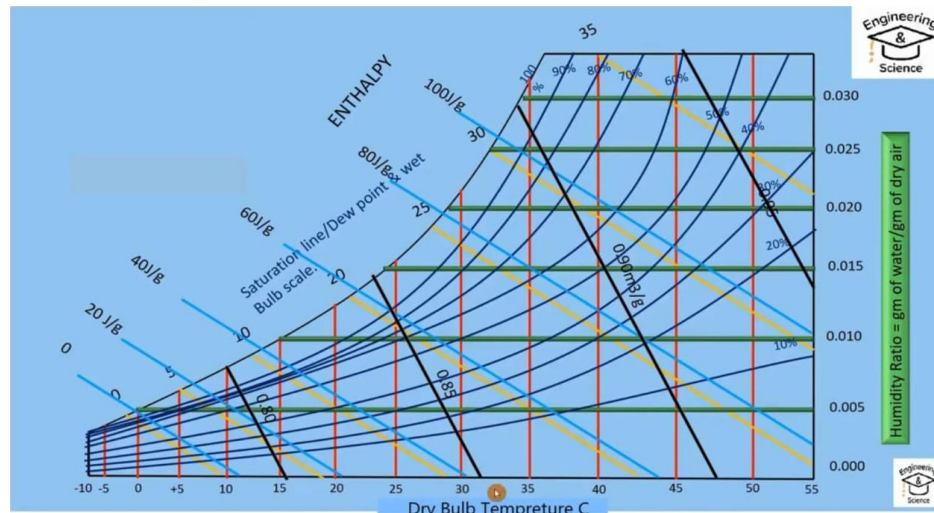
Wo = massa awal kandungan air(kg)



## 2.6 Sifat-sifat Udara basah

Kelembapan udara adalah ukuran kadar air yang berada dalam bentuk gas di udara. Kelembapan udara merujuk pada jumlah uap air yang terkandung dalam udara. Ketika kandungan uap air tinggi, kelembapan juga dianggap tinggi. Jumlah uap air di udara sangat dipengaruhi oleh suhu. Pada suhu yang lebih rendah, udara membutuhkan lebih sedikit uap air untuk mencapai kondisi jenuh. Ilmu yang mempelajari udara beserta sifat-sifatnya disebut psikrometri. Psikrometri juga mencakup kajian tentang sifat termodinamika udara lembap. Secara umum, ilmu ini digunakan untuk menggambarkan dan menganalisis perubahan sifat termal serta karakteristik dalam proses dan siklus sistem pengkondisian udara.

Dalam mempengaruhi kelembapan udara di suatu tempat yaitu, suhu, kualitas dan kuantitas penyinaran, pergerakan angin, tekanan udara, vegetasi, dan ketersediaan air tanah di daerah tersebut. Kelembapan udara dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu kelembapan udara absolut dan kelembapan udara relatif. Kelembapan udara absolut mengacu pada jumlah uap air yang terkandung dalam satu kilogram udara, biasanya dinyatakan dalam satuan gram per kilogram (g/kg). Selain itu, kelembapan absolut juga dapat dihitung berdasarkan volume udara, dengan satuan gram per meter kubik ( $\text{g/m}^3$ ). Kelembapan relatif udara (*Relative Humidity* atau RH) adalah perbandingan antara tekanan uap air aktual pada suhu tertentu dengan tekanan uap air jenuh pada suhu yang sama. RH dipengaruhi oleh suhu udara di dalam lingkungan, seperti rumah tanaman, serta oleh laju perpindahan uap air dari tanaman atau tanah ke udara. Perpindahan ini terjadi akibat perbedaan tekanan uap antara sumber uap air dan udara sekitarnya.



Gambar 2.5 Diagram psikometrik  
Sumber : Wahyudi dkk., 2020

Gambar 2.5 diagram diatas psikometrik juga dapat mempelajari tentang sifat termodinamika udara basa. Secara umum digunakan untuk mengilustrasikan dan menganalisa perubahan sifat termal dan karakteristik dari proses dan siklus sistem penyegaran udara. Komposisi dari udara kering berbeda-beda tergantung dari letak geografis dan perubahan waktu ke waktu. Dalam psikrometrik juag dapat mengetahui beberapa karakteristik udara antara lain, Temperatur udara kering, *temperature* udara basah, kelembapan relatif, volume spesifik, dan kelembapan spesifik (Wahyudi dkk., 2020).

1. Temperatur bola kering (*Dry-bulb temperature,  $T_{db}$* ) Temperatur bola kering adalah suhu udara yang diukur dengan termometer biasa tanpa pengaruh kelembaban. Ini merupakan temperatur udara aktual dan menjadi acuan utama dalam banyak perhitungan termodinamika.
2. Temperatur bola basah (*Wet-bulb temperature,  $T_{wb}$* ) Temperatur bola basah adalah suhu terendah yang bisa dicapai oleh udara melalui evaporasi air pada tekanan konstan. Diukur dengan membasahi kain pada ujung termometer dan mengalirkannya udara. Selisih antara

temperatur bola kering dan bola basah menunjukkan tingkat kelembaban udara. Semakin besar selisihnya, semakin kering udaranya.

3. Kelembaban relatif (*Relative humidity*, RH) Kelembaban relatif adalah perbandingan antara kandungan uap air yang terdapat di udara dengan jumlah maksimum uap air yang dapat ditahan udara pada suhu tertentu, dinyatakan dalam persen (%).
4. Volume spesifik (*Specific volume*,  $v$ ) *Specific volume* adalah volume udara lembab per satuan massa udara kering, biasanya dinyatakan dalam  $m^3 / kg$  udara kering. Ini mencerminkan seberapa besar ruang yang dibutuhkan oleh satu kilogram udara kering, termasuk kandungan uap airnya. *Specific volume* meningkat seiring naiknya suhu dan kelembaban.
5. Kelembaban mutlak ( kelembaban spesifik,  $\omega$ ) juga dikenal sebagai *humidity ratio*, adalah massa uap air per satuan massa udara kering ( $kg$  uap air /  $kg$  udara kering). Ini menunjukkan seberapa banyak uap air yang terkandung dalam udara.
6. *Enthalpy* ( $h$ ) adalah total energi panas dalam udara lembab, biasanya dinyatakan dalam  $kJ/kg$  udara kering. *Enthalpy* mencakup panas sensibel (karena suhu) dan panas laten (karena uap air).

Menurut (ASHRAE 2005), rumus dari Tekanan uap jenuh pada temperatur  $T$  ( $^{\circ}C$ ) dapat dilihat pada persamaan (2.9) di bawah ini:

$$P_{ws} = 0,6108 \times \exp \left( \frac{17,27 \times T}{T+237,3} \right) \dots \dots \dots (2.9)$$

Keterangan:

$P_{ws}$  = tekanan uap jenuh pada  $T$  (kPa)

$T$  = temperatur ( $^{\circ}C$ )

Menurut (Cengel dkk., 2019), rumus dari Tekanan uap air aktual dari  $T_{wb}$  dapat dilihat pada persamaan (2.10) di bawah ini

$$P_w = P_{ws}(T_{wb}) - \gamma(T_{db} - T_{wb}) \dots \dots \dots (2.10)$$

Keterangan:

- $p_{ws}$  = tekanan parsial uap air dalam udara (kPa)  
 $p_{ws}(T_{wb})$  = tekanan uap jenuh pada temperatur bola basah (kPa)  
 $T_{db}$  = temperatur bola kering (°C)  
 $T_{wb}$  = temperatur bola basah (°C)  
 $\gamma$  = konstanta psikrometrik (kPa/°C)

Menurut (ASHRAE Fundamentals., 2017), rumus dari kelembaban relatif dapat dilihat pada persamaan (2.11) di bawah ini :

$$\phi = \frac{P_w}{p_{ws}} \dots \dots \dots (2.11)$$

Keterangan:

- $\phi$  = Kelembaban relatif (%)  
 $p_w$  = tekanan parsial uap air dalam udara (kPa)  
 $p_{ws}(p_{wb})$  = tekanan uap jenuh pada temperatur bola basah (kPa).

Menurut (ASHRAE Fundamentals., 2017), rumus dari kelembaban mutlak dapat dilihat pada persamaan (2.12) di bawah ini :

$$\omega = 0,622 \cdot \frac{p_w}{p - p_w} \dots \dots \dots (2.12)$$

Keterangan:

- $\omega$  = Kelembaban mutlak (g/m<sup>2</sup>)  
 $p_w$  = Tekanan parsial uap air dalam udara (kPa)  
 $p_{ws}(p_{wb})$  = Tekanan uap jenuh pada temperatur bola basah (kPa)

0,622 = Rasio massa molekul air.

Menurut (Cengel dkk., 2019), rumus dari entalpi udara dapat dilihat pada persamaan (2.13) di bawah ini :

$$h = C_p \cdot T + \omega \cdot (h_v + C_{pv} \cdot T_{db}) \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan:

h = Entalpi udara  
 $c_p$  = Kalor jenis udara kering (kJ/(kg·K))  
 T = Suhu udara (K atau °C)  
 $\omega$  = Rasio kelembaban (g/m<sup>2</sup>)  
 $h_v$  = Panas penguapan uap air  
 $p_v$  = Kalor jenis uap air.

Menurut (Cengel dkk., 2019), rumus dari volume spesifik dapat dilihat pada persamaan (2.14) di bawah ini :

$$U = \frac{0,287 \cdot (T_{db} + 273)}{p - P_w} \cdot (1 + 1,607 \cdot \omega) \dots\dots\dots(2.14)$$

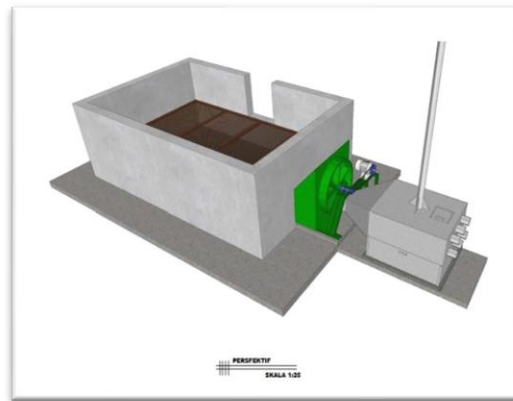
Keterangan :

U = volume spesifik udara lembab (m<sup>3</sup>/kg udara kering)  
 $T_{db}$  = temperature udara kering (°C)  
 P = tekanan atmosfer (kPa)  
 $p_w$  = tekanan parsial uap air (kPa)  
 $\omega$  = Rasio kelembaban (g/m<sup>2</sup>)

## 2.7 Jenis-jenis Alat Pengering

Pada dikehidupan sehari-hari ada berbagai banyak macam-jenis alat pengering yang sering kita jumpai yaitu gambar berikut ini:

### 2.7.1 *Flat bed dryer*

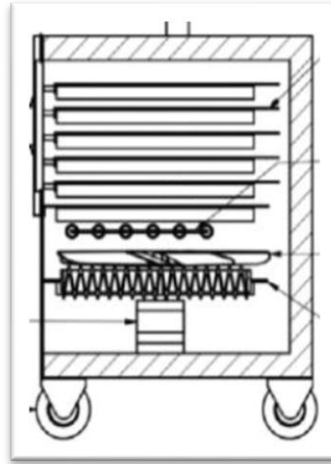


Gambar 2.6 *Flat bed dryer*

Sumber : (Mangera, 2023).

Gambar 2.6 diatas Pengering sistem “*flat bed*” yang digunakan adalah model “*box*” atau kotak yang dikenal juga sebagai FBD (*Flat Bed Dryer*)(parjono dkk.,2023). Mesin pengering *flat bed dryer* menggunakan prinsip kerja *forced convection* dimana aliran udara panas didorong secara paksa oleh blower, Semakin tinggi suhu udara pengering maka proses pengeringan makin singkat dan biaya pengeringan. Pada proses pengeringan ini memanfaatkan kipas atau blower untuk mengalirkan udara panas secara merata ke seluruh permukaan bahan didalam box, sehingga kelembaban dalam bahan berkurang secara bertahap. Alat ini pengering tipe *bed dryer* ini paling banyak yang digunakan petani di Indonesia, Alat pengering jenis ini memiliki beberapa keunggulan antara lain biaya operasional yang murah, mudah untuk dioperasikan, perawatan yang sederhana dan harga relatif terjangkau.

### 2.7.2 *Tray dryer*

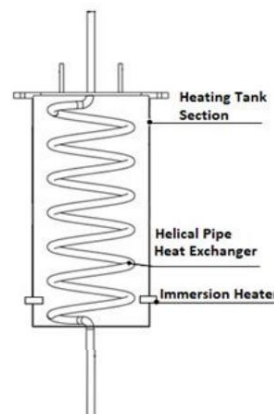


Gambar 2.7 *Tray dryer*  
Sumber : (Hadi dkk, 2019).

Gambar 2.7 Mesin pengering tipe *Tray Dryer/Cabinet Dryer* ini merupakan alat pengering yang bertingkat dengan menggunakan udara panas dalam ruang tertutup (Hadi dkk., 2019). Alat ini bekerja dengan cara mengalirkan udara panas melalui lapisan bahan yang ditempatkan di atas *tray* atau nampan pada rak-rak di dalam ruang pengering. Prinsip kerjanya adalah pengeringan melalui konveksi udara panas. Arah aliran udara panas di pengering bisa dari atas ke bawah dan juga dari bawah ke atas, sesuai dengan ukuran bahannya yang akan dieringkan. Alat pengering dengan tipe *tray dryer* adalah alat pengering yang menggunakan udara panas dalam ruang tertutup untuk mengeringkan bahan baku makanan, rempah-rempah, obat-obatan dan bahan lainnya. Alat pengering ini mempunyai karakteristik dengan susunan rak-rak yang tertutup dan bertekanan suhu panas yang tinggi untuk pengeringan.

## 2.8 Elemen Pemanas

Elemen *heater* adalah alat atau perangkat yaitu digunakan untuk mengubah energi listrik menjadi energi panas. Proses pemanasan terjadi saat arus listrik mengalir melalui konduktor seperti gambar 2.8, yang menyebabkan elektron atau pembawa muatan bertabrakan dengan atom atau ion konduktor. Tumbukan ini menghasilkan gesekan pada tingkat atom, yang dialami sebagai panas. Menurut (Pulungan & putra., 2020) Elemen panas atau pemanas adalah suatu elemen yang mampu memberikan panas. Dimana panas yang dihasilkan berasal dari pita atau kawat resistan yang dialiri listrik pada kedua titik, dan dilapisi isolator yang mampu menghantarkan panas dengan baik sehingga aman digunakan.



Gambar 2.8 *heater*

Sumber : (Juarsa dkk.,2024).

Pada pengeringan biji kakao dengan energi listrik yang berasal dari proses pengeringan maka dapat diitung dengan persamaan (2.15) sebagai berikut:

$$P = V \cdot I \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana :

$P$  = Daya listrik (watt)



$V$  = Tegangan (Volt)

$I$  = Arus listrik (Ampere)

## 2.9 Tungku Pembakaran

Tungku pembakaran adalah tempat atau wadah yang menghasilkan panas melalui proses pembakaran bahan bakar dari kayu, arang, gas dan lain-lain. Prinsip dasar tungku adalah sebagai sarana proses pembakaran bahan bakar. Proses pembakaran merupakan reaksi kimia antara bahan bakar dan oksigen. Dalam proses ini, penting untuk mengukur suhu jumlah bahan bakar dan oksigen (diwakili oleh laju aliran udara) secara tepat agar pembakaran berjalan mendekati sempurna. Hal lain yang perlu diperhatikan adalah efisiensi panas yang dihasilkan pada tungku. Selanjutnya perlu juga dipertimbangkan masalah biaya yang murah, dan kemudahan operasi dan pemeliharaan tungku. Tungku pembakaran berfungsi sebagai ruang pembakaran kayu maupun sekam padi sebagai sumber utama panas. Jika terjadi pembakaran kayu ataupun sekam padi atau bara kayu, maka pipa-pipa yang ada di dalam tungku mengalami pemanasan dan uap panas ini akan dihisap oleh blower untuk diteruskan ke bak pengering ataupun di mesin pengering dengan tipe *bed dryer*.

Energi yang berasal dari proses pembakaran maka dapat dihitung dengan persamaan (2.16) menurut (Satria dkk., 2021) sebagai berikut:

$$E = m \cdot LHV \dots \dots \dots (2.16)$$

Dimana :

$m$  = konsumsi bahan bakar (kg)

$LHV$  = *Low Heating Value* (kJ/kg)

## 2.10 Blower

Blower merupakan mesin atau alat yang digunakan untuk menaikkan atau memperbesar tekanan udara atau gas lebih tinggi dari tekanan atmosfer yang akan dialirkan dalam suatu ruangan tertentu. Blower juga digunakan sebagai alat penghisapan, pemvakuman dan pemindah udara atau gas tertentu. Blower mempunyai beragam fungsi secara umum di antaranya yaitu sebagai pendingin udara, penyegar udara, ventilasi (*exhaust fan*), pada pengering (umumnya memakai komponen penghasil panas). Blower adalah mesin atau alat yang berfungsi untuk meningkatkan atau memperbesar tekanan udara atau gas yang akan dialirkan ke suatu ruangan tertentu, serta dapat digunakan untuk menghisap atau melakukan pemvakuman udara atau gas tertentu. Biasanya blower digunakan untuk mensirkulasikan gas-gas tertentu didalam suatu ruangan(Santoso dkk., 2022).

### 2.10.1 Komponen-komponen blower

Berikut ini komponen-komponen utama blower menurut (Santoso dkk.,2022) meliputi, air inlet, air *outlet*, impeller, rumah blower, dan bantalan-bantalan.

- a. Air *inlet* Air inlet merupakan salah satu komponen blower yang berfungsi sebagai tempat masuknya udara ke dalam blower sebelum masuk ke tahap proses berikutnya.
- b. Air *Outlet*, Merupakan salah satu komponen blower yang berfungsi sebagai saluran keluarnya udara dari dalam blower setelah melewati proses kerja di dalamnya..
- c. Impeller dan sudu sudu Impeller dan sudu sudu merupakan bagian dari komponen blower yang berfungsi memutar udara yang masuk ke dalam blower dari air inlet yang melewati berbagai proses untuk menuju ke air *outlet*.
- d. Rumah blower, Rumah blower adalah bagian luar blower yang melindungi seluruh komponen blower yang berada didalam rumah

blower, bagian komponen rumah blower ini tidak boleh ada kebocoran sedikitpun agar kinerja blower berjalan dengan lancar.

- e. Bantalan-bantalan merupakan bagian dari komponen blower yang berfungsi menahan getaran selama proses pemutaran udara yang melewati impeller dan sudu-sudu, sehingga mencegah terjadinya kejadian akibat kecepatan tinggi.

#### 2.10.2 Jenis-jenis blower

Berikut ini jenis-jenis blower diklarifikasi menjadi macam blower 2 yaitu:

- a. Blower sentrifugal

Blower sentrifugal adalah jenis blower yang mempunyai dua arah yaitu arah x dan y, pertama yaitu arah fluida saat memasuki blower dan yang kedua saat keluar dari blower (Asrofi dkk., 2022). Blower sentrifugal memiliki komponen yang disebut sudu yang merekat pada impeller. Sudu ini berfungsi menghisap fluida dari sisi isap dan mendorongnya ke arah sentrifugal atau sisi buang, dengan tujuan mengubah atau memberikan energi kinetik pada fluida kerja.

- b. Blower aksial

Blower aksial merupakan jenis blower yang arah aliran udaranya hanya satu arah. Blower aksial juga dikenal sebagai kipas baling-baling, yaitu jenis perangkat mekanis yang dirancang untuk menggerakkan udara atau gas sejajar dengan poros kipas. Istilah "aksial" mengacu pada arah aliran udara, yaitu sepanjang sumbu impeler atau bilah kipas.

Selain data yang tertera pada tabel rancangan hasil pengujian adapun perhitungan untuk mencari nilai laju aliran massa udara ( $\dot{m}$ ) menggunakan persamaan ( 2.17) sebagai berikut:

$$\dot{m} = \rho \cdot V \cdot A \dots \dots \dots (2.17)$$

Dimana :

- $\dot{m}$  = laju aliran massa (kg/s)  
 $\rho$  = massa jenis udara (kg/m<sup>3</sup>)  
 $V$  = kecepatan udara (m/s)  
 $A$  = luas penampang (m<sup>2</sup>).

## 2.11 Perpindahan Panas.

Perpindahan panas atau perpindahan kalor disebut juga *heat transfer* yaitu perpindahan energi panas dari satu tempat ke tempat lainya karena adanya perbedaan temperatur. Perpindahan panas bisa diartikan Bergeraknya energi dari tempat awal ke tempat lainnya akibat dari perbedaan suhu antara area-area tersebut (Susanto dkk., 2024). Perpindahan panas adalah proses di mana energi panas berpindah dari satu benda atau medium ke benda lain yang memiliki suhu lebih rendah. Proses ini terjadi secara alami karena adanya perbedaan suhu dan berlangsung sampai kedua benda atau medium tersebut mencapai keseimbangan termal (suhu yang sama).

Adapun tiga jenis utama perpindahan panas dibedakan tiga cara yaitu:

### 2.11.1 Konduksi

Konduksi merupakan proses ketika panas berpindah dari daerah yang bertemperatur tinggi ke daerah yang bertemperatur lebih rendah di dalam satu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium. medium yang berlainan, yang bersinggungan secara langsung. Dalam aliran panas konduksi, perpindahan panas terjadi karena hubungan molekul secara langsung tanpa adanya perpindahan molekul yang cukup besar. Perpindahan melalui zat tanpa disertai perpindahan partikel. Konduksi biasanya terjadi pada benda padat Konduksi adalah satu-satunya mekanisme yang mana

panas dapat mengalir pada zat padat yang tidak tembus cahaya. Konduksi penting juga dalam fluida, tetapi di dalam medium yang bukan padat (Cengel dkk., 2019).

Berikut ini adalah arah perpindahan panas pada konduksi dinding mesin pengering menggunakan persamaan (2.18) sebagai berikut :

$$\dot{Q}_{\text{konduksi}} = KA \frac{\Delta T}{x} \dots\dots\dots (2.18).$$

Keterangan :

$\dot{Q}_{\text{cond}}$	= laju perpindahan panas konduksi (Watt)
K	= konduktivitas termal bahan (W/m.K)
A	= luas penampang perpindahan panas ( $m^2$ )
$\Delta T$	= perubahan temperatur suhu pada penampang (K)
X	= perubahan jarak arah aliran panas (m)

Pada tanda negatif didalam persamaan untuk menjamin bahwa perpindahan panas dalam pada arah x positif adalah sebuah nilai positif.

#### 2.11.2 Konveksi

Perpindahan panas konveksi merupakan proses transfer energi panas melalui pergerakan fluida partikel-partikel (cairan atau gas) dari satu tempat ke tempat lain. Pada konveksi, Energi yang berpindah dengan menaikkan suhu partikel-partikel fluida yang berbatasan dan meningkatkan energi dalam partikel-partikel tersebut, panas berpindah karena adanya perbedaan suhu yang menyebabkan perubahan densitas dalam fluida, sehingga fluida panas yang lebih ringan bergerak naik dan fluida dingin yang lebih berat bergerak turun. Proses ini membentuk sirkulasi alami yang terus berlangsung sampai suhu dalam fluida merata persamaan (2.19):

$$\dot{Q}_{conv} = hA(T_s - T_f) \dots \dots \dots (2.19).$$

Keterangan :

$\dot{Q}_{conv}$	= laju perpindahan panas dengan cara konveksi (Watt)
A	= Luas permukaan penampang ( $m^2$ )
$T_s$	= Temperatur permukaan (K)
$T_f$	= Temperatur lingkungan (K)
h	= Koefisien perpindahan panas secara konveksi ( $W/m^2 \cdot K$ ).

Parameter yang mempengaruhi perubahan panas secara konveksi meliputi luas permukaan (A), konduktivitas termal fluida (k), kecepatan fluida (V), kerapatan ( $\rho$ ), viskositas ( $\mu$ ), jenis panas (Cp), serta faktor tambahan yang berkaitan dengan metode pemanasan, seperti apakah suhu dinding seragam atau berubah-ubah. Material adalah bahan yang sering digunakan dalam pembuatan produk dan oleh manusia, seperti kaca, plastik, tembaga, stainless steel, dan aluminium, yang masing-masing memiliki konduktivitas termal berbeda-beda..

### 2.11.3 Radiasi

Perpindahan panas radiasi adalah perpindahan panas yang terjadi tanpa melalui zat perantara proses transfer energi panas melalui gelombang elektromagnetik. Tidak seperti konduksi dan konveksi, radiasi tidak memerlukan medium (seperti udara atau air) untuk berpindah, sehingga panas dapat berpindah melalui ruang hampa. Inilah sebabnya sinar matahari dapat mencapai Bumi meskipun melewati ruang hampa di luar angkasa. Radiasi berlangsung karena foton-foton dan temperatur yang dipancarkan pada suatu permukaan ke segala arah yang mengandung gelombang elektromagnetik. Setiap benda memiliki pancaran radiasi yang

berbeda berdasarkan temperatur dan sifat permukaan benda itu sendiri. Radiasi dapat dipantulkan, diserap, dan diteruskan pada suatu medium (Cengel dkk., 2019) persamaan (2.20) berikut:

$$\dot{Q} = eA\sigma(T_S^4 - T_{Sur}^4) \dots \dots \dots (2.20).$$

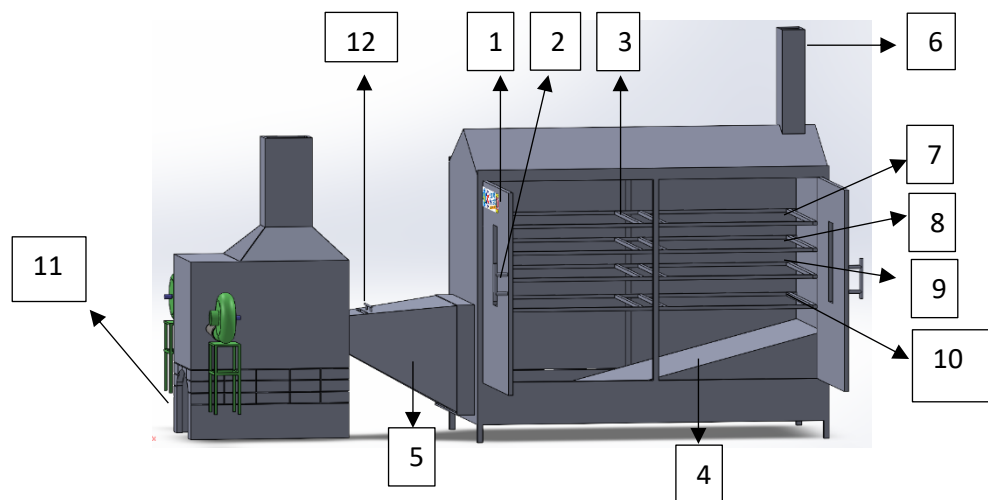
Keterangan :

- $\dot{Q}$  = laju perpindahan panas dengan cara radiasi (Watt)
- $e$  = Efisiensi permukaan kelabu
- $A$  = luas penampang (m<sup>2</sup>)
- $\sigma$  = konstanta dimensional ( $0,174 \times 10^{-8} \text{ BTU/h } ft^2 \text{ } ^\circ C$ )
- $T_1$  = temperatur benda kelabu (K)
- $T_2$  = temperatur benda hitam yang mengelilinginya (K).

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Perancangan Alat

Berikut ini gambar perancangan alat pengering atau *bed dryer* tampak depan dan tampak samping kita bisa lihat pada gambar 3.1 berikut ini:



Gambar 3.1 *Finishing* penempelan dinding *bed dryer*:(solidworks isometric).

Keterangan gambar :

1. Pintu
2. Pengunci pintu
3. Rangka
4. Ruang *plenum* (ruang kosong yang berbentuk miring berfungsi sebagai meratakan dan menyalurkan udara panas ke ruang pengering).
5. Tempat bongkar pasang pemanas *hybrid* (*heater* dan tungku)
6. Cerobong *Exhaust*



- |             |                                  |
|-------------|----------------------------------|
| 7. Rak 1,2  | 11. Ruang tungku biomassa        |
| 8. Rak 3,4  | 12. Lubang <i>heater</i> listrik |
| 9. Rak 5,6  |                                  |
| 10. Rak 7,8 |                                  |

### 3.2 Proses Pembuatan Mesin Pengering Biji-bijian

Adapun proses pembuatan mesin pengering ini selama 1 bulan, dan terdiri dari persiapan alat dan bahan untuk pembuatan mesin pengering *Hybrid* ini terdiri dari pembuatan rangka pengering, pembuatan pelat dinding pengering, penempelan plat dinding pengering, dan pembuatan tempat elemen pemanas tungku sampai *finishing*.

#### 3.2.1 Pembuatan rangka *bed dryer*

Pada gambar 3.2 proses pembuatan rangka *bed dryer* mesin pengering ini terbuat dari besi siku.



Gambar 3.2 Proses pembuatan rangka *bed dryer*.

### 3.2.2 Pembuatan dinding pengering

Pada gambar 3.3 proses ini pembuatan dinding dari pelat besi ukuran 2,5 mm dan di lapiasi oleh peredam busa di dalamnya.



Gambar 3.3 Pembuatan dinding pengering dari pelat 2.5 mm

### 3.2.3 Penempelan dinding pengering.

Pada gambar 3.4 proses penempelan dinding pengering pintu, atap pengering, dan dinding samping kanan dan kiri.



Gambar 3.4 *Finishing* penempelan dinding *bed dryer*

### 3.2.4 *Finishing* penempelan dinding *bed dryer*

Pada gambar 3.5 proses *finishing* pada penempelan dinding *bed dryer* mesin pengering.



Gambar 3.5 *Finishing* penempelan dinding *bed dryer*.

### 3.2.5 Pada gambar 3.6 proses pembuatan dan penggabungan elemen *heater* dan tungku pembakaran pada mesin pengering *hybrid*.



Gambar 3.6 Proses pembuatan dan penggabungan elemen *heater* dan tungku

### 3.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Adapun penelitian ini dilakukan di lokasi kampus tepatnya di hanggar di dekat Laboratorium jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung, Pada bulan September 2024 hingga Agustus 2025 terlihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 waktu alur penelitian

No	Kegiatan	Februari				Maret				April				Mei				Juni				agustus			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Perancangan alat																								
2	Pembuatan alat																								
3	Pengajuan judul																								
4	Seminar proposal																								
5	pengujian																								
6	Analisis data dan laporan																								
7	Penyelesaian laporan																								

### 3.4 Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini, terdapat alat utama serta alat pendukung yang digunakan. seperti pada gambar 3.7 di bawah ini:

#### 3.4.1 Alat pengering *hybrid*



Gambar 3.7 Pengering *hybrid tipe bed dryer heater* dan tungku pembakaran kayu biomasa

Adapun spesifikasi mesin pengering *Hybrid* ini adalah sebagai berikut ini tabel 3.2:

Tabel 3.2 spesifikasi mesin pengering *hybrid*.

Spesifikasi mesin pengering <i>hybrid</i>	
1. Tipe	: <i>Bed dryer</i>
2. Model	: Pengering tipe rak
3. Kapasitas	: 4 x 20 kg
4. Dimensi keseluruhan <i>bed dryer</i> (PxLxT)	: 200x100x150 cm
5. Rangka	: Besi siku
6. Dinding	: Besi plat
7. Jumlah pintu	: 4 pintu
8. Jumlah rak	: 4 rak
9. Jumlah Loyang	: 8 loyang
10. Lebar loyang/rak	: 85x130 cm
11. Jarak antar rak	: 20 cm
12. Blower /kipas	: 2 blower
13. Unit pemanas	: Heater
- <i>Heater</i>	: 2 <i>heater</i>
- daya <i>heater</i>	: 2000 watt
- energi	: listrik
- kabel	: 5 meter
- dimensi <i>heater</i>	: 50x50 cm
14. Unit pemanas	: Api Tungku pembakaran
1. Energi	: kayu bakar
2. Dimensi tungku (PxLxT)	: 90x60x170 cm

### 3.4.2 Alat pengeringan *Heater* dan tungku

Tempat elemen pemanas mesin pengering *hybrid* pada gambar 3.8 ada dua tempat elemen pemanas yang berbeda tungku dan *heater* listrik.



Gambar 3.8 Tungku dan *Heater*

### 3.4.3 Blower

Alat yang berfungsi untuk meningkatkan tekanan udara atau gas yang akan dialirkan ke dalam suatu ruangan, serta digunakan untuk menghisap atau memvakuum udara atau gas tertentu. Biasanya blower digunakan untuk mensirkulasikan gas-gas tertentu didalam suatu ruangan terlihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9 Blower.



#### 3.4.4 Rak loyang pengering

Rak-rak pengering bisa disebut juga loyang yang berfungsi sebagai wadah atau tempat untuk menampung bahan yang akan dikeringkan di dalam ruang pengeringan terlihat pada gambar 3.10.



Gambar 3.10 Rak loyang pengering.

#### 3.4.5 *Thermocouple* (alat pengukur suhu).

*Thermocouple* (termokopel) merupakan sensor suhu yang bekerja dengan cara mengukur suhu dari dua jenis logam konduktor yang berbeda dan disambungkan pada titik. Sambungan ini menimbulkan efek *thermoelektrik*, yaitu konversi langsung perbedaan suhu menjadi tegangan listrik, atau sebaliknya melalui terlihat pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 Termokopel.

#### 3.4.6 Alat kelembapan udara (*Termohygrometer*) *Humidity*

Pada gambar 3.12 adalah alat yang mengukur tingkat kelembapan udara atau kandungan air di suatu ruangan, alat ini dapat memberikan berupa kelembapan relative (persentase kelembapan di udara) maupun absolut (jumlah keduanya) sekaligus.



Gambar 3. 12 *Termohygrometer*

#### 3.4.7 *Termorecorder 12 channel temperature recorder datalogger*

*Data logger temperature* atau alat ukur suhu digunakan untuk mengukur dan mencatat kondisi lingkungan seperti *temperature*, alat ini memiliki tampilan digital pada fungsi sebagai alat ukur temperatur yang dapat direkam data sampling sebanyak 1 kali dengan keluaran data di excel secara otomatis terlihat pada gambar 3.13 dibawah ini.



Gambar 3.13 *termorecorder*



#### 3.4.8 *Anemometer* (Alat ukur *flow* udara pada blower)

Gambar 3.14 anemometer adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin. Alat ini bekerja dengan mendeteksi putaran baling-baling atau mangkuk yang berputar saat terkena tiupan angin pada kecepatan putaran tersebut kemudian dikoversi menjadi data kecepatan angin.



Gambar 3.14 *Anemometer*.

#### 3.4.9 Timbangan digital

Merupakan perangkat pengukuran yang digunakan untuk mengukur berat atau massa suatu benda. Pada gambar 3.15 Timbangan digital digunakan untuk mengukur berbagai jenis benda, mulai dari bahan makanan hingga barang dagangan dan sampel laboratorium.



Gambar 3.15 Timbangan digital

#### 3.4.10 Cerra *Tester*

Gambar 3.16 Cera/Cerra *Tester* adalah alat ukur kadar air manual (*grain moisture meter*) yang banyak dipakai untuk biji-bijian seperti kopi, cengkeh, dan kakao. beras. padi, jagung, kedelai, kacang dan bijian lainnya. Alat ini umumnya bekerja dengan memasukkan sampel ke sel uji, karena kualitasnya yang tidak diragukan lagi dari 40 tahun yang lalu alat ini laris dipakai untuk pengukuran *kadar air* biji bijian, alat ini dibuat di Indonesia. Langkah-langkah Penggunaan CERRA *Tester*:

##### 1. Menyiapkan Sampel dan menimbang sampel

Ambil sampel biji-bijian kakao/kopi yang akan diuji. Gunakan timbangan mini yang terintegrasi pada alat untuk menimbang berat sampel sesuai standar yang ditentukan.

##### 2. Memasukkan Sampel

Tuangkan sampel biji kakao yang sudah ditimbang ke dalam alat, lalu tutup rapat alatnya.

##### 3. Melakukan Pengukuran

Nyalakan alat dan operasikan meter analognya berwarna (merah & hitam) sesuai dengan tombol yang ada untuk membaca kadar air yang ditampilkan.

##### 4. Membaca Hasil

Hasil pengukuran kadar air kakao akan muncul pada meter *analog* tulisan (Biasa) pada di depan alat sebagai persentase kadar air yang didapat berapa % kadar air.



Gambar 3.16 Alat kadar air CERRA *TESTER*

#### 3.4.11 Tang Ampere.

Gambar 3.17 tang ampere digunakan untuk mengukur arus listrik atau tegangan listrik pada *heater* pengering dan blower pada saat pengeringan berlangsung.



Gambar 3.17 Tang ampere

#### 3.4.12 Buah kakao

Dan bahan sampel yang digunakan untuk pengujian pengeringan yaitu buah kakao yang diperoleh dari petani yang ada di Pesawaran indah terlihat pada gambar 3.18.



Gambar 3.18 Sampel buah kakao.

### 3.5 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan menggunakan rumah pengering tipe rak *hybrid* dengan dua pengujian yang berbeda, yaitu dengan mesin pengering menggunakan *heater* menggunakan listrik dan tungku pembakaran menggunakan kayu bakar biomassa dan *Hybrid* (kedua komponen hidup). Dengan rumah pengering pengeringannya *bed dryer*. Pengujian pertamanya yaitu menggunakan *heater* dan yang kedua menggunakan tungku pembakaran kayu bakar. Dengan pengambilan data suhu ruangan dengan alat *termorecorder* dan *termocuople* dan kelembapan udara dengan alat *hydrometer* alat *anemometer* untuk flow udara di blower. Dengan pengeringan kakao dengan rumah pengering *bed dryer*, parameter penelitian yang akan digunakan dengan analisis perbandingan energi pengeringan biji kakao pengering *hybrid* yang lebih efisiensi yang mana antara tungku pembakaran dan *heater* listrik 2000 watt.

Pada jumlah bahan yang akan digunakan untuk pengujian adalah kakao, pengujian ini dilakukan dengan pengamatan terhadap suhu dan kelembapan udara di dalam mesin yang dihasilkan pengeringan, dan lama pengeringan serta mengetahui karakteristik efisiensi pengeringan kakao dan kopi dari mesin pengering *hybrid*. Dan penurunan massa bahan dan kadar air pada kakao sebelum dan sesudah saat pengeringan. Dalam pelaksanaan penelitian ini dibutuhkan alat dan bahan sebagai berikut:

1. Rak pengering *bed dryer*.
2. 12 channel temperature recorder datalogger.
3. 8 termocouple type-K
4. Blower
5. Anemometer
6. Hygrometer
7. Timbangan digital.
8. Cerra tester (alat kadar air)



### 3.6 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Prosedur penelitian menggunakan sistem pengering *Hybrid* yaitu ada 2 (dua) pengujian berbeda yaitu :

#### 3.6.1 Pengeringan menggunakan *heater* listrik

1. Mempersiapkan kelengkapan seluruh alat dan bahan yang akan digunakan sebagai bahan penelitian. Melakukan kalibrasi pada alat ukur yang akan digunakan, seperti 8 *termocouple*, dan *hydrometer* alat pengukur kelembapan udara dan anemometer.
2. Mempersiapkan dan menghitung kapaisitas yang akan dikeringkan pada *bed dryer* alat pengeringan.
3. Mengkalibrasi *termocouple* dengan ke dalam air panas dan Memasang 8 titik *termocouple* (alat pengukur suhu ruangan) dan alat *hyrometer* (alat pengukur kelembapan udara) untuk mendapatkan data *temperature*.
4. Memasang *heater* ke dalam mesin dan memasang blower pada mesin pengering.
5. Menyiapkan bahan kopi atau kakao ke dalam loyang ke rak pengeringan
6. Selanjutnya tutup pintu hingga rapat.
7. Selanjutnya menancapkan ke terminal pada blower dan *heater* ke listrik hingga menyala.
8. Setelah menyala *heater* akan menghasilkan uap panas, dan blower akan menghasilkan menyemburkan udara ke *heater*.
9. Menunggu *temperature* pada 8 titik *termocouple*
10. Melakukan pengukuran setiap 60 menit sekali dalam rentang waktu 09:00-16:00 WIB untuk mendapatkan data temperatur

pada 8 titik *termocouple* dan *hydrometer* untuk mendapatkan kelembapan udara yang dihasilkan di dalam mesin pengering.

11. Menghitung jumlah massa berat awal-akhir pada sampel kakao, dan pengecekan kadar air di akhir pengeringan.
12. Mencatat hasil pada buku dan tabel yang telah ditentukan pada langkah ke 10-11.
13. Mengulangi langkah 10-12 sampai selesai.

### 3.6.2 Pengeringan menggunakan sistem dengan tungku biomassa

1. Mempersiapkan kelengkapan seluruh alat dan bahan yang akan digunakan sebagai bahan penelitian. Melakukan kalibrasi pada alat ukur yang akan digunakan, seperti 8 *termocouple*, dan *hydrometer* alat pengukur kelembapan udara dan alat pendukung lainnya seperti anemometer.
2. Mempersiapkan bahan yang akan dikeringkan pada *bed dryer* alat pengeringan.
3. Mengkalibrasi *termocouple* dengan kedalam air es batu dan Memasang 8 titik *termocouple* (alat pengukur suhu ruangan) dan alat *hydrometer* (alat pengukur kelembapan udara) untuk mendapatkan data *temperature*.
4. Menyiapkan biomassa kayu jati untuk bahan bakar dan memasang tungku pembakaran ke dalam mesin dan memasang blower pada mesin pengering.
5. Menyiapkan bahan kakao ke dalam loyang ke rak pengeringan
6. Selanjutnya tutup pintu hingga rapat.
7. Selanjutnya mencapkan ke terminal pada blower ke listrik hingga menyala.
8. Setelah menyala dan blower akan menghasikan menyemburkan udara bersih didalam tungku pembakaran.
9. Selanjutnya menghidupkan api dari tungku pembakaran sampai menghasilkan suhu uap panas, setelah tungku

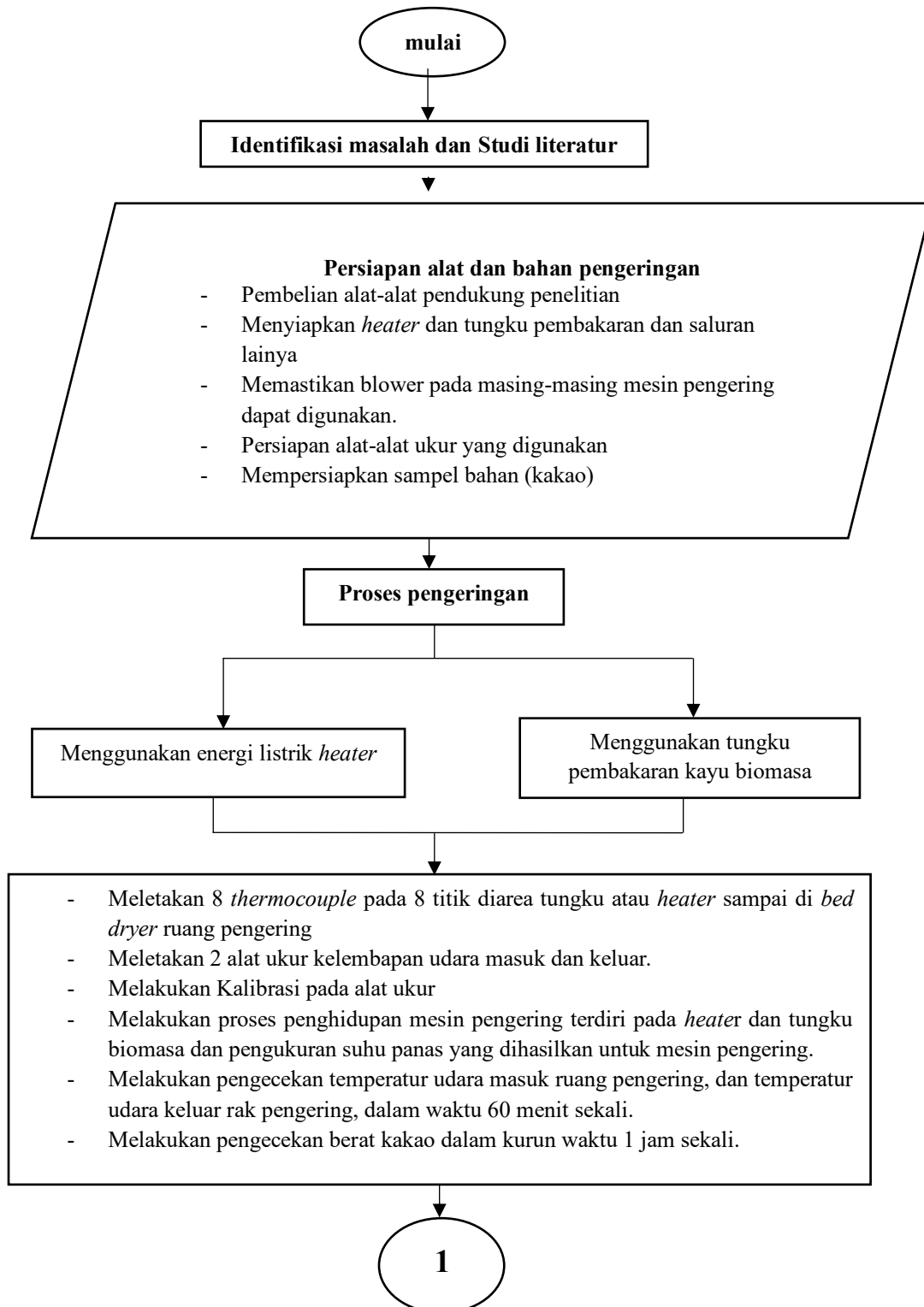
menghasikan uap panas blower akan menyemburkan udara dari ruang tungku dan membawa uap panas ke dalam *bed dryer*.

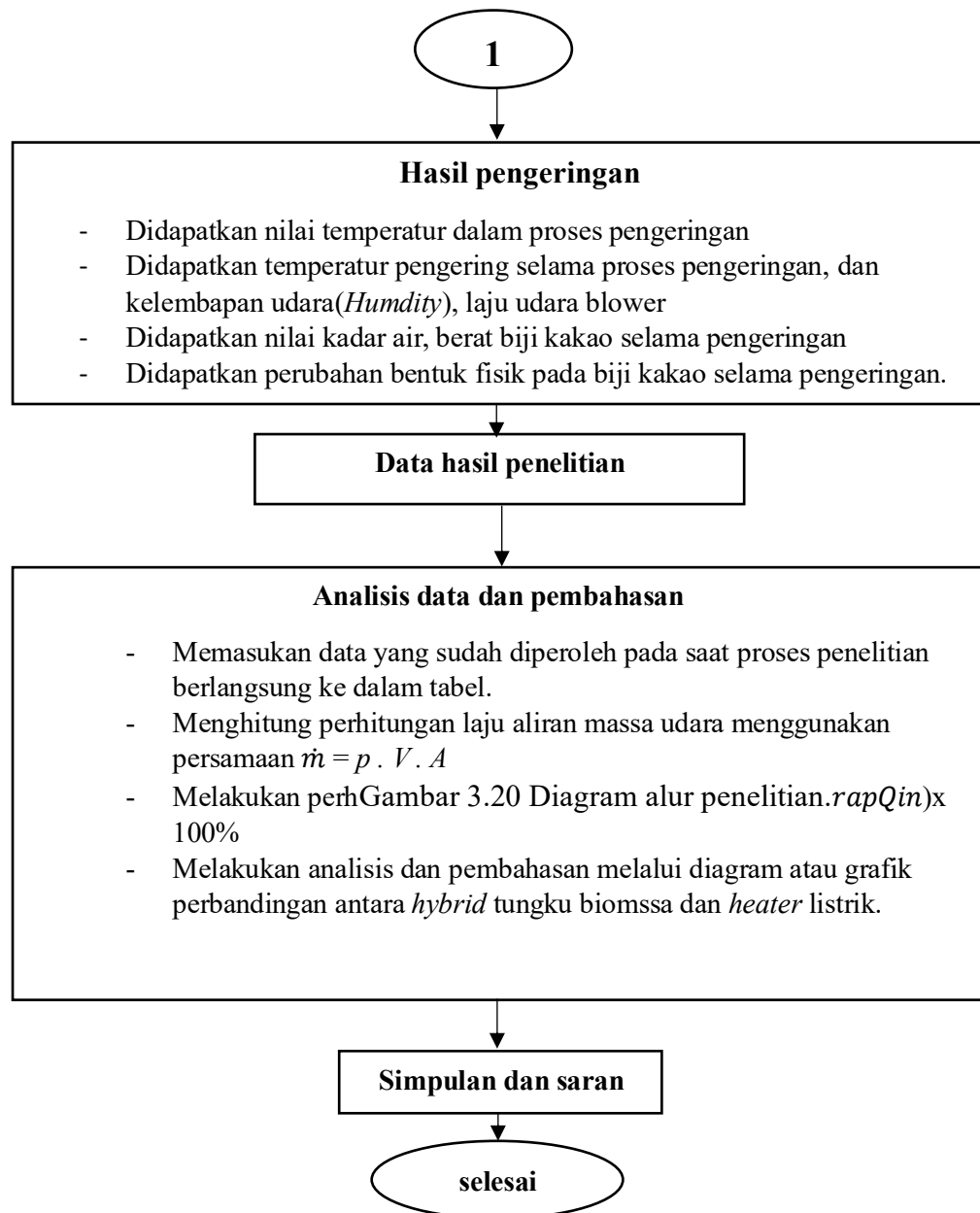
10. Menunggu *temperature* pada 8 titik *termocouple*
11. Melakukan pengukuran setiap 60 menit sekali dalam rentang waktu 09:00-16:00 WIB untuk mendapatkan data temperatur pada 8 titik *termocouple* dan *hydrometer* untuk mendapatkan kelembapan udara yang dihasilkan di dalam mesin pengering.
12. Menghitung jumlah massa berat massa awal-akhir pada sampel kakao. dan pengecekan kadar air di akhir pengeringan.
13. Mencatat hasil pada buku dan tabel yang telah ditentukan pada langkah ke 10-11.
14. Mengulangi langkah 11-13 sampai selesai.



### 3.7 Alur Penelitian

Berikut ini gambar 3.20 merupakan flowchart alur penelitian ini.





Gambar 3.20 Diagram alur penelitian

### 3.8 Prosedur Perhitungan dan Analisis

Tahapan-tahapan pengerjaan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tahap Persiapan Penelitian Pada tahap ini, dilakukan studi literatur dan pendalaman pemahaman sebagai dasar perencanaan konsep pengering berbasis *bed dryer*. Aktivitas ini mencakup penelaahan buku, sumber dari internet, serta jurnal-jurnal penelitian terbaru yang relevan.

2. Tahap Persiapan Alat dan Bahan Uji Pada tahap ini, dilakukan persiapan perangkat pengering berbasis *bed dryer*. Perangkat ini berfungsi sebagai pemanas udara yang akan dialirkan ke dalam ruang pengering untuk mendukung proses pengeringan biji kakao.
3. Tahap Pengumpulan Data Pada tahap ini, dilakukan pengambilan data menggunakan berbagai alat ukur, seperti termometer, timbangan digital, dan *stopwatch*. Data yang dikumpulkan meliputi suhu ruang pengering, distribusi suhu di dalam ruang pengering, perubahan pada saluran masuk dan keluar udara, durasi pengeringan, serta massa produk sebelum dan sesudah dikeringkan. Pengambilan data pada produk yang dikeringkan menggunakan *bed dryer*. Langkah ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja perangkat mesin pengering.
4. Tahap Analisis Data Perhitungan dilakukan berdasarkan data yang telah diperoleh, dengan mengacu pada prinsip-prinsip termodinamika yang relevan. Parameter-parameter yang digunakan dalam menghitung laju pengeringan meliputi suhu yang tercatat pada 8 titik termokopel yang dipasang pada alat pengering tipe *bed dryer*, laju aliran massa udara, suhu lingkungan (*ambient*), serta massa sampel biji kakao yang dikeringkan, dan kadar air akhir. Kemudian dilakukan perhitungan mencari nilai efisiensi menggunakan persamaan:  $\eta = \left( \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \right) \times 100\%$  dan untuk menghitung laju aliran massa udara, digunakan persamaan:  $m = \rho \cdot V \cdot A$ . Selanjutnya pada data-data yang sudah diperoleh dan sudah dilakukan metode perhitungan pada saat penelitian berlangsung akan dikonversikan ke dalam grafik atau diagram. Hasil perhitungan tersebut kemudian akan disajikan dalam bentuk grafik.
5. Tahap Pembuatan Laporan Pada tahap ini, semua hasil yang diperoleh dari tahapan sebelumnya disusun dalam bentuk laporan penelitian. Laporan tersebut dapat dipublikasikan di jurnal-jurnal ilmiah terakreditasi atau disampaikan dalam seminar-seminar yang relevan. Publikasi ini bertujuan untuk memperoleh masukan yang bermanfaat guna menyempurnakan penelitian di masa mendatang



## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Berdasarkan analisis yang dilakukan dalam penelitian ini mengenai pengeringan biji kakao menggunakan alat pengering tipe *bed dryer*, dapat disimpulkan beberapa hal berikut:

1. Parameter menunjukkan kinerja pada pengeringan biji kakao pada konsumsi bahan bakar tertinggi pada pengujian ketiga *hybrid* sebesar 490.705 kJ sebaliknya konsumsi bahan bakar terendah pada pengujian kedua tungku 431.757 kJ. Efisiensi termal pada pengeringan biji kakao efisiensi terendah pada pengujian tungku biomassa tercatat yaitu 23% pada pengujian pertama,. Untuk pengujian dengan energi pemanas listrik efisiensi tercatat tertinggi, 65% .
2. Pengujian sistem *hybrid* menunjukkan waktu pengeringan biji kakao 6 jam kombinasi tungku biomassa dan pemanas listrik menghasilkan panas yang lebih tinggi dan merata, sehingga proses pengeringan lebih cepat dan efisien. Pengeringan dengan tungku biomassa membutuhkan waktu sekitar 8 jam, cukup efektif dan ramah lingkungan karena memanfaatkan sumber kayu biomassa yang berlimpah, mengurangi ketergantungan listrik. Pengeringan menggunakan *heater* listrik memakan waktu 10 jam dan kurang optimal karena suhu sulit diatur secara tepat dan cenderung konstan pada suhunya, menyebabkan proses kurang maksimal serta biaya operasional lebih tinggi. Sistem *hybrid* menggabungkan keunggulan kedua sumber energi, mempercepat pengeringan dan mengurangi biaya.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, berikut adalah beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan sistem pengeringan biji kakao menggunakan alat pengering tipe *bed dryer*:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada jumlah bahan pengeringan dengan sesuai kapasitas mesin pengering ini.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang variasi pada rak-rak pengering pada alat pengering *bed dryer* ini.
3. Perlu penelitian lebih lanjut tentang pada kontrol atau kontrol sistem suhu *heater* dari energi listrik.
4. Penelitian mendatang dapat fokus pada penelitian analisis kualitas pada biji kakao setelah proses pengeringan termasuk perubahan warna, tekstur, dan kandungan nutrisi, untuk memastikan metode pengeringan yang optimal tanpa merusak mutu hasil akhir pada biji kakao.
5. Untuk penelitian lebih lanjut dapat fokus penelitian tentang variasi bukaan katup pada blower.
6. Pengaruh laju aliran udara terhadap laju pengeringan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anis U., Yedi G., Yazid, I I., Bosman, S. (2024). “Kajian Pengeringan Pada Pengering Tipe Rak Dengan Konveksi Panas Dari Pipa Yang Dialiri Air Panas Geothermal”. Bengkulu, *Vol. 5 No. 1., Journal of Physics*, Program Studi Teknologi Industri Pertanian., Journal Homepage <https://www.ejournal.unib.ac.id/index.php/nmj>.
- Annisa, N., Andi, Z, N., A. Arismanza., (2025).” Rancang Bangun Sistem Pengering Biji Kakao Berbasis Internet *Of Things* Di Desa Citta”. Sulawesi Selatan, *Vol. 2, No. 1.* Program Studi Teknik Informatika, Universitas Lamappapoleonro, Jurnal RISTER : Riset Sistem Cerdas, hlm. 13-17.
- Antriyandarti, E., Anisa, A, Z., Annisa F., Ester F, W., Maxima H., Nadia, A, A., (2024)., “Analisis Pengembangan Pertanian Dan Tranformasi Struktur Desa Bangri, Kecamatan Karangpandan, Kabupaten Karanganyar”. Surakarta, *Volume 1, Issue 1., Jurnal Ekonomi Pengembangan* <https://journal-iasssf.com/index.php/JEKOP>.
- Arnianti., Junaedy., Herlinah B., (2025).” Rancang Bangun Alat Pengering Biji Kakao Dengan Kendali Suhu Otomatis Berbasis Internet *Of Things (Iot)* Dan Android”. Makassar, Volume 20, Nomor 01, Jurnal Teknologi, Prodi Teknik Informatika, 8-12 <https://doi.org/10.47398/iltek.v20i01.175>
- ASHRAE. 2005-2017. *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). 2005. ASHRAE Standards: Standards for Natural and Mechanical Ventilation. Atlanta, GA.*

- Asrofi, M., Rosyadi. A. A., Sholahudin. I., Mulyadi. S., Setyawan. D. L., Duddin. A. I. (2022). “Analisis Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Blower Sentrifugal Type *Backward* Dengan *Honeycomb* Dan Tanpa *Honeycomb*”. Jember, *Vol.5 No.2, Desember 2022, Jurnal* STATOR Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember, 56-60.
- Brilliantina, A., Hermanuadi, D., Sari, E. K. N. (2022). “Analisis Pindah Panas pada Pengeringan Kulit Biji Kopi (Cascara) dengan Menggunakan Mesin Pengering Tipe *Flash Dryer\_Cum UV*”. Jember, *Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*, Politeknik Negeri Jember, 9-15.
- Cengel, Y. A. (2002). Heat Transfer.
- Cengel, A. Y., Boles, A. M., & Kanoglu, M. (2023). *Termodinamics AN Engineering Approach*. 10th Edition.
- Charie, D., Saputra E., Ifmalinda. (2023). “Pengaruh Suhu Pengeringan terhadap Mutu Kakao (*Theobroma cacao L.*) Varietas Klon BL 50 Pasca Fermentasi”. Padang, *vol.17, no.2 Jurnal* Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, 105-114.
- Collins, Sean P., Alan Storrow, Dandan Liu, Cathy A. Jenkins, Karen F. Miller, Christy Kampe, and Javed Butler. 2021. 167–86.
- Dewi, E., Yuliati. S., Julyantiya, R. T., Mentari, I. A., Putri A. O. (2021). “ Rancang Bangun Alat Tipe *Spray Dryer* Untuk Proses Pengeringan Susu Bubuk Berbasis Jagung Manis (*Zea mays saccharata*)”. Palembang, *Vol.12 No.03, Jurnal* Kinetika Politeknik Negeri Sriwijaya, 31-37.
- Dharmawan, I, B., (2024). “Isolasi Dan Analisis Gc/Ms Minyak Cengkeh Dari Bunga Cengkeh (*Syzigium Aromaticum*)”. Jurusan Pendidikan Kimia
- Djamalu, Y., & Antu, E. S. (2020). “Uji Kinerja Pengering Biji Kakao Type *Hybrid* Kapasitas 5kg”. Gorontalo. *Jurnal Seminar Nasional Teknologi, Sains dan Humaniora*, 109-115.



- Hadi, R. N., Meidinariasty, A., Purnamasari, I. (2019). “*Prototype Alat Pengering Tray Dryer Ditinjau Dari Pengaruh Temperatur Dan Waktu Terhadap Proses Pengeringan Mie Kering*”. Palembang, *Vol.10 No.03*, Politeknik Negeri Sriwijaya, *Jurnal Kinetika*, 25-28.
- Hariini, N., Desy, R., Desiana N,P., Fiki H., (2021). “Karakteristik Biji Kakao (*Theobroma Cacao* L.) Hasil Fermentasi Dengan Ukuran Wadah Berbeda”. Malang. *Jurnal Viabel Pertanian Vol. 15 No. 1*. Jurusan Teknologi Pangan. <https://ejournal.unisbablitar.ac.id/index.php/viabel>
- Indah, N. K & Farhanandi, B. W. (2022). “Karakteristik Morfologi dan Anatomi Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.) yang Tumbuh pada Ketinggian Berbed”. Surabaya, Vol.11 No.2, Journal UNESA Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Surabaya, 310-325.
- Juarsa, M., Dedy H., Arif A, B., Muhammad G, P., Putut H, S., (2024). “Komisioning Pemanas Listrik Pada Heating Tank Section Helical Pipe Heat Exchanger”. Tangerang Selatan. *Jurnal Teknologi Separasi*, Vol. 10, No. 1., 160-169 <http://jurnal.polinema.ac.id/index.php/distilat>
- Kusumo, H. (2020). “Sekilas tentang Standar Nasional Indonesia: Biji kopi; Biji kakao; dan Rumput laut”. Jakarta. Kepala bidang Pertanian, Pangan dan Kesehatan Pusat Perumusan Standar – BSN.
- Laga, A., Nur. L., S.Salengke., (2025).” Pengaruh Tingkat Kematangan Buah Terhadap Pembentukan Prekursor Aroma Pada Biji Kakao Klon S2 (Sulawesi 2) Varietas Trinitario”. Makassar. *Vol. 10, No. 3*. Program Studi Keteknikan Pertanian, Fakultas Pertanian.
- Mangera, Y., Ponadi, A., Andriyono. (2023). “Rancang Bangun Alat Pengering Biji-Bijian Sistem *Bed Dryer* dengan Tungku Pemanas Tak Langsung Kapasitas Dua Ton”. Merauke, Vol.13 (1), *Agricola Journal* Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Musamus, Merauke Indonesia, 34-41.

- Maryanto., Praptiningsih. Y., Utari. E., Sari. P. (2015). “Karakteristik Kimia-Sensori Dan Stabilitas Polifenol Minuman Cokelat-Rempah”. Jember, *Vol.9 No.01, Jurnal Agroteknologi Universitas Jember Jalan Kalimantan*, 54-66.
- Maulidina, I. W., Nugroho, A. T., Cahyono, B.E. (2022). “Klasifikasi Jenis Biji Kopi dengan Menggunakan Metode *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM)”. Jawa timur, *Vol.16 No.3*, 191-196.
- Muttalib, A. W., Hanifah. A., Sukmawaty., Ansar., Murad., Ince. S. S.,(2024).” Sosialisasi Proses Fermentasi Biji Kakao (*Theobroma Cacao L*) Guna Meningkatkan Kualitas Produk Di Desa Karang Sidemen Batukliang Utara Lombok Tengah”. Lombok Tengah. Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA 7(3) DOI : <https://doi.org/10.29303/jpmppi.v7i3.8912>
- NURDJANNAH, N. (2024). “Diversifikasi Penggunaan Cengkeh”. Bogor, *Vol.3 No.2*, 61-70.
- Parjono., Yusuf. M. A., Irawan. B. (2023). “Analisis Laju Pengeringan Gabah Pada Mesin Pengering Gabah Tipe Flat Bed Dryer Di Kampung Salor Indah Distrik Kurik Kabupaten Merauke”. Merauke, *Vol.5 No.2*, Musamus AE *Featuring Journal* Prodi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, UNMUS, 40-45.
- Prasmatiwi, F.E., Haryono, D., Gusti J, A.I. (2013). “Pendapatan Rumah Tangga Petani Kakao Di Desa Pesawaran Indah Kecamatan Padang Cermin Kabupaten Pesawaran”. Bandar Lampung, *Vol.1 No.4, Jurnal Fakultas Pertanian, Universitas Lampung*, 278-283.
- Pulungan, A. B & Putra. F. I. (2020). “Alat Pengering Biji Pinang Berbasis Arduino”. Padang, *Vol.6 No.1*, Jtev (*Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional*), Universitas Negeri Padang, 89-97.
- Santoso, D. T., Kardiman., Handoko. R. (2022). “ Analisis Efisiesni Blower Mesin Pengering Padi dengan Daya Penggerak 1000 RPM dan 818 RPM di CV

- Jasa Bhakti Karawang". Karawang, *Vol. 8, No.8, Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, Universitas Singaperbangsa Karawang, 214-221.
- Satria, M., alchalil1., Irwansyah. (2021).” Analisa Alat Pengering Tipe Bak Untuk Pengeringan Biji Kakao Berbahan Bakar Kayu Gamal Dengan Variasi Laju Bahan Bakar”. *Vol.5 No.2 Program Studi Teknik Mesin, Universitas Malikussaleh*. 39-43.
- Septiana, L M., Rusdi E., Fembriarti E, P., Sarno ., Otik N., Dedy M., (2021). “Penguatan Kelompok Tani Berbasis Produksi dan Agrowisata Kopi di Kecamatan Way Ratai, Kabupaten Pesawaran, Lampung”. Bandar Lampung. *Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat*. Vol 7 (1): 85–93.
- Sidabariba, N.W., Ainun, R. dan Saipul, B. .. 2017. “Uji Variasi Suhu Pengeringan Biji Kakao Dengan Alat Pengering Tipe Kabinet Terhadap Mutu Bubuk Kakao.” *Jurnal Rekayasa Pangan Dan Pertanian* 5(1):192.
- Situngkir, A M., (2022). ” Analisis Data Curah Hujan Sebagai Penyebab Banjir Di Gedong Tataan Lampung”. Lampung. *Jurnal Kelitbangan | Volume 10 No. 1*. 95-108 [jurnal.balitbangda.lampungprov.go.id/](http://jurnal.balitbangda.lampungprov.go.id/).
- Sudarti, & Yuliyantika. (2022). “Mekanisme Beberapa Mesin Pengering Pertanian”. *Jember, Vol 4 No 1, Jurnal Penelitian Fisika dan Terapannya, FKIP Universitas Jember*, 20-28.
- Susanto, H., Erwin., Asbanu, H., Chan, Y., Sugiyanto, D. (2024). "Studi Aplikasi Heat Transfer Menggunakan Sistem Penukar Panas *Tipe Shell & Tube* Di Industri Manufaktur". Jakarta Timur, *Vol.12 No.1, Maret 2024, Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 29-42.
- Wahida, B. N.N., Wiharyani. W., Baiq, R. H.,(2025)." Pengaruh Jenis dan Lama Pengeringan Terhadap Rendemen, Kadar Air, dan Mutu Mikrobiologi Cumi-Cumi (*Loligo sp.*) Utuh Kering". NTB, *Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian*, 7(1)., <https://doi.org/10.37631/agrotech.v7i1.1951>

- Wahyudi, R. Baharudin. Hidayati B. (2020). " Analisis Kelembaban Udara Pada Proses Dehumidifikasi Kentang Menggunakan Sistem Refrigerasi". Jambi, Vol.12 No.1, April 2020. Jurnal Austenit. 1-6
- Widiantoro H., & Fauzi, Z. N. (2021). "Perancangan Mesin Pengering Biji Kopi Semi Otomatis Kapasitas 25 kg". Bandung, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, 182-187.