

**Perancangan *Hybrid Coffee Drying Machine* guna Meningkatkan  
Kualitas dan Kuantitas *Greenbean* Kopi Berdasarkan Metode VDI  
2222**

**Tugas Akhir**

Disusun sebagai salah satu syarat untuk  
menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

**Bidang Kajian**

*Machine Design*

Oleh:

M. Rayyan Kamal Saputra

221421017



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA PERANCANGAN MANUFAKTUR  
JURUSAN TEKNIK PERANCANGAN MANUFAKTUR  
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG  
2025**

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

**Perancangan *Hybrid Coffee Drying* guna Meningkatkan Kualitas dan Kuantitas *Greenbean* Kopi Berdasarkan Metode VDI 2222**

Oleh:

M. Rayyan Kamal Saputra

221421017

Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV)

Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 05 Agustus, 2025

Disetujui,

Pembimbing 1

**Bustami Ibrahim, SS.T., MT**

**NIP. 197609022003121001**

Disahkan,

Penguji 1

Penguji 2

Penguji 3

**Reka Ardi Pravoga, S.T., M.T.**

**199402072024061001**

**Riky Adhianto ST., MT**

**198506162014041002**

**Ir. Bolo Dwiartomo, M.Sc.**

**19681030199512101**

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

**Perancangan *Hybrid Coffee Drying* guna Meningkatkan Kualitas dan Kuantitas *Greenbean* Kopi Berdasarkan Metode VDI 2222**

Oleh:

M. Rayyan Kamal Saputra

221421017

Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV)  
Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 05 Agustus, 2025

Disetujui,

Pembimbing 1

**Bustami Ibrahim, SS.T., MT**

**NIP. 197609022003121001**

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : M. Rayyan Kamal Saputra  
NIM : 221421017  
Jurusan : Teknik Perancangan Manufaktur  
Program Studi : Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur  
Jenjang Studi : Diploma IV  
Jenis Karya : Tugas Akhir  
Judul Karya : Perancangan *Hybrid Coffee Drying Machine* guna Meningkatkan Kualitias dan Kuantitas *Greenbean* Kopi Berdasarkan Metode VDI 2222

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para Pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut di atas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Bandung, 5 Agustus 2025

M. Rayyan Kamal Saputra  
NIM 221421017

## PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : M. Rayyan Kamal Saputra  
NIM : 221421017  
Jurusan : Teknik Perancangan Manufaktur  
Program Studi : Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur  
Jenjang Studi : Diploma IV  
Jenis Karya : Tugas Akhir  
Judul Karya : Perancangan *Hybrid Coffee Drying Machine*  
guna Meningkatkan Kualitas dan Kuantitas  
*Greenbean* Kopi Berdasarkan Metode VDI 2222

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaannya berada di bawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Bandung, 5 Agustus 2025  
Yang Menyatakan,

M. Rayyan Kamal Saputra  
NIM 221421017

## **MOTO PRIBADI**

Jadilah Cahaya dalam setiap langkah yang dilalui dan jangan mudah menyerah meskipun berjalan perlahan.

Tugas akhir ini saya dedikasikan untuk membantu petani dan pengolah kopi di Indonesia guna meningkatkan kualitas untuk bersaing di kancah dunia.

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah yang hanya kepada-Nya kami memuji, memohon pertolongan, dan mohon ampunan. Kami berlindung kepada-Nya dari kekejian diri dan kejahatan amalan kami. Barang siapa yang diberi petunjuk oleh Allah maka tidak ada yang dapat menyesatkan, dan barang siapa yang tersesat dari jalan-Nya maka tidak ada yang dapat memberinya petunjuk. Dan aku bersaksi bahwa tiada sembah yang berhak disembah melainkan Allah saja, yang tiada sekutu bagi-Nya. Dan aku bersaksi bahwa Muhammad adalah hamba-Nya dan Rasul-Nya.

Atas petunjuk dan pertolongan-Nya, Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul: “Perancangan *Hybrid Coffee Drying Machine* guna Meningkatkan Kualitas dan Kuantitas *Greenbean* Kopi Berdasarkan Metode VDI 2222”. Tugas akhir dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (Diploma-IV) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur di Politeknik Manufaktur Bandung.

Terselesaikannya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Direktur Politeknik Manufaktur Bandung, Bapak Darma Firmansyah Undayat, SS. ST., M.T.
2. Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur, Ibu Dinny Indrian S.Tr., MT.
3. Pembimbing 1 tugas akhir, Bapak Bustami Ibrahim, SST., M.T., IPM.  
yang telah sabar dan penuh keikhlasan membantu, membimbing dan memberikan motivasi pada penulis hingga bisa bertahan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Teman – teman kelas yang banyak memberikan bantuan serta semangat.
5. Wali Dosen, Bapak Dadan Heryada Wigenaputra, S.T., M.T.
6. Seluruh Dosen Penguji sidang tugas akhir
7. Segenap Panitia tugas akhir

8. Kedua Orang Tua dan segenap Keluarga penulis yang selalu mendoakan kemudahan penyusunan tugas akhir ini.
9. Petani dan semua orang yang telah membantu penulis mengambil data dan melakukan ujicoba pengolahan pascapanen kopi

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya dan semoga bermanfaat bagi kita semua. Aamiiiiin Ya Robbal Alamin.

Bandung, 05 Agustus, 2025

M. Rayyan Kamal Saputra  
NIM 221421017

## ABSTRAK

Saat ini proses pengeringan kopi banyak dilakukan secara konvensional dengan mengandalkan sinar matahari, proses ini murah dan mudah dilakukan tetapi sangat bergantung pada kondisi cuaca. Sedangkan, saat ini kondisi iklim semakin memburuk dan tidak stabil sehingga proses pengeringan kopi kerap kali tidak optimal. Penjemuran yang tidak optimal ini membuat kopi rentan untuk terserang jamur dan mengalami proses pembusukan berlebih. Diperlukan peran teknologi tepat guna yang mampu menjaga konsistensi pengeringan namun mudah dan murah untuk dioperasikan. *hybrid coffee drying machine* merupakan mesin pengering yang memiliki fungsi merekayasa kondisi lingkungan guna menghasilkan suhu dan kelembaban ideal dengan proses merencana yang mengacu pada metodologi perancangan VDI 2222. *Hybrid coffee drying machine* dirancang untuk memiliki kapasitas penampungan sebesar 500 Kg buah kopi, dilengkapi sistem pemanas yang memanfaatkan gas alam sebagai sumber energi, material yang dapat menyerap panas matahari, *circulated fan* yang membantu mendistribusikan udara, dan sistem pengaturan suhu serta kelembaban untuk menciptakan kondisi ideal dalam proses pengeringan buah kopi. Dengan suhu pengeringan sebesar 40 derajat celcius, *hybrid coffee drying machine* ini mampu mengeringkan buah kopi dalam durasi 79 jam, jauh lebih cepat 70% dibandingkan pengeringan konvensional. Sehingga, proses pengeringan kopi yang saat ini kerap kali terganggu oleh kondisi cuaca tidak menentu dapat teratasi. Penggunaan *hybrid coffee drying machine* ini pun dapat meningkatkan kapasitas produksi dalam satu periode masa panen dan mengurangi kebutuhan akan lahan pengeringan yang besar.

**Kata kunci:** Kopi, Pengeringan Kopi, Metode VDI 2222.

## **ABSTRACT**

*Currently, coffee drying processes are mostly carried out conventionally by relying on sunlight. This method is inexpensive and easy to perform but is highly dependent on weather conditions. Meanwhile, the climate situation is worsening and becoming increasingly unstable, resulting in drying processes that are often suboptimal. Such inadequate drying makes coffee beans susceptible to mold attacks and excessive spoilage. Therefore, there is a need for appropriate technology capable of maintaining drying consistency while remaining easy and affordable to operate. The hybrid coffee drying machine is a drying system designed to engineer environmental conditions in order to achieve ideal temperature and humidity, developed based on the VDI 2222 design methodology. This machine is designed to have a holding capacity of 500 kg of coffee cherries, equipped with a heating system that utilizes natural gas as an energy source, materials capable of absorbing solar heat, a circulated fan that helps distribute air, and a temperature and humidity control system to create optimal drying conditions for the coffee cherries. With a drying temperature of 40 degrees Celsius, the hybrid coffee drying machine is capable of drying coffee cherries within 79 hours, which is 70% faster than conventional drying methods. Thus, the drying process, which is often disrupted by unpredictable weather conditions, can be effectively addressed. The use of this machine can also increase production capacity within a single harvest period and reduce the need for large drying areas.*

**Keywords:** *Coffee, Coffee Drying, VDI 2222 Method.*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI) .....	iv
MOTO PRIBADI .....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK .....	xiv
DAFTAR ISI .....	xvi
DAFTAR GAMBAR .....	xx
DAFTAR TABEL .....	xvii
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN 01 .....	xix
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN PERHITUNGAN 02 .....	xxi
BAB I .....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	3
I.3 Batasan Masalah .....	3
I.4 Tujuan .....	4
I.5 Manfaat .....	4
I.6 Sistematika Penulisan .....	5
BAB II.....	1
II.1 Studi penelitian terdahulu.....	1
II.2 Kopi .....	2
II.2.1 Metode Pascapanen Kopi.....	4
II.2.2 <i>Greenbean</i> Kopi .....	4
II.3 Fermentasi Kopi .....	6
II.4 Pengeringan Kopi .....	7
II.5 Mekanisme Pengeringan .....	9
II.6 Peranan Teknologi dalam Pengolahan Pascapanen Kopi .....	10

II.6.1	Peranan Mesin Pengering dalam Proses Pascapanen.....	11
II.7	Perhitungan 01 Menggunakan Pendekatan Perpindahan Kalor .....	12
II.8	Perpindahan Kalor.....	13
II.8.1	Konduksi .....	13
II.8.2	Konveksi .....	13
II.8.3	Radiasi.....	14
II.9	Mekanika Fluida dan Perpindahan Panas.....	14
II.9.1	Persamaan Bernoulli .....	15
II.9.2	Bilangan Reynolds .....	15
II.9.3	Bilangan Prandtl (Pr).....	16
II.9.4	Bilangan Nusselt (Nu).....	16
II.9.5	Koefisien Perpindahan Panas (h) .....	17
II.9.6	<i>Heat Flux</i> .....	17
II.9.7	Korelasi bilangan Re, Pr, Nu, dan h.....	18
II.10	Termodinamika .....	19
II.10.1	Laju Energi Total.....	19
II.11	Perhitungan 02 Menggunakan Pendekatan Perpindahan Massa.....	19
II.11.1	Diagram Psikometri.....	19
II.11.2	Menghitung Kapasitas dan Kebutuhan <i>Tray</i> .....	21
II.11.3	Menghitung Kebutuhan Kalor Air yang Diuapkan .....	21
II.11.5	Bilangan Prandtl .....	23
II.11.6	Bilangan Nusselt.....	23
II.11.7	Bilangan Schmidt.....	23
II.11.8	Bilangan Sherwood (Chilton-Colburn Analogy).....	24
II.11.9	Menghitung Koefisien Perpindahan Massa Konveksi .....	24
II.11.10	Laju Evaporasi.....	25
II.11.11	Durasi Pengeringan dalam Kondisi Konveksi.....	25
II.11.12	Laju Pengeringan Radiasi dan Pengaruh terhadap Durasi Pengeringan.....	26

II.11.13	Total Durasi Pengeringan Kombinasi antara Konveksi dan Radiasi 27	
II.11.14	Durasi dan kebutuhan daya <i>fan</i> .....	27
II.11.15	Kebutuhan Gas LPG dalam Satu Massa Pengeringan.....	30
II.12	Pemilihan Material.....	31
II.13	Tinjauan Mesin .....	31
II.13.1	Rangka dan Geometri .....	32
II.12.2	Material penghantar panas.....	33
II.12.4	Tray.....	35
II.12.5	Sistem pemanas .....	35
II.12.6	Sumber pemanas.....	36
II.12.7	Blower .....	36
II.12.8	Sensor .....	37
II.13	Metode Perancangan VDI 2222.....	37
BAB III	.....	1
III.1	Metode Penelitian .....	1
III.2	Merencana.....	2
III.2.1	Identifikasi Masalah.....	2
III.3	Observasi dan Pengumpulan Data .....	3
III.3.1	Observasi Penulis .....	3
III.3.2	Pengumpulan Data .....	4
III.4	Daftar Tuntutan.....	6
III.5	Mengonsep.....	8
III.5.1	Menentukan Fungsi dan Sub Fungsi.....	8
III.5.3	Menentukan Sub Fungsi.....	9
1.	Sub Fungsi Rangka & Geometri.....	10
2.	Sub Fungsi Penyimpanan.....	10
3.	Sub Fungsi Pemanas Utama .....	10
4.	Sub Fungsi Pemanas Sekunder.....	11
5.	Sub Fungsi Sirkulasi Udara .....	11

6.	Sub Fungsi Isolator .....	11
III.6	Mencari Alternatif Solusi.....	12
1.	Rangka & Geometri.....	12
2.	Penyimpanan.....	13
3.	Pemanas Utama.....	14
4.	Pemanas Sekunder .....	15
5.	Sirkulasi Udara .....	16
6.	Isolator .....	17
III.7	Menggabungkan dan Memilih Alternatif Solusi.....	18
III.8	Mengembangkan Variasi Konsep .....	18
1.	Varian Konsep 1.....	19
2.	Varian Konsep 2.....	21
3.	Varian Konsep 3.....	23
III.8	Mengevaluasi Kriteria Teknis dan Ekonomis .....	25
III.9	Memilih Varian Konsep .....	26
BAB IV	.....	1
IV.1	Merancang .....	1
IV.1.1	Menghitung Kapasitas dan Dimensi Mesin .....	1
IV.1	Menghitung Nilai Kalor yang akan Diupakan.....	4
IV.2	Menghitung Perpindahan Panas Konveksi per Satuan Luas ( <i>heat flux</i> )... 4	4
IV.3	Menghitung Perpindahan Panas Radiasi per Satuan Luas ( <i>heat flux</i> )..... 8	8
IV.4	Menghitung Total Perpindahan Panas per Satuan Luas ( <i>heat flux</i> )..... 9	9
IV.5	Menghitung Laju Energi yang Masuk ke dalam Sistem .....	9
IV.6	Menghitung Estimasi Durasi Pengeringan .....	10
IV.7	Implementasi terhadap Rancangan.....	11
IV.7.1	Rangka.....	12
IV.7.2	<i>Exhaust Fan</i> .....	14
IV.7.4	<i>Tray</i> .....	16
IV.7.4	<i>Burner</i> .....	20

IV.8	Mengavaluasi Kinerja Teknis dan Ekonomi.....	20
IV.9	Mendefinisikan Evaluasi .....	21
IV.9.1	Rangka.....	21
IV.9.2	<i>Cover</i> .....	23
IV.9.3	<i>Burner</i> .....	24
IV.10	Penyelesaian.....	25
IV.10.1	Rancangan Final .....	25
IV.10.2	Rangka.....	27
IV.10.2.1	Simulasi Kekuatan Rangka .....	29
IV.10.3	<i>Fan</i> .....	32
IV.10.3.1	Simulasi Aliran Udara .....	33
IV.10.4	<i>Tray</i> .....	38
IV.10.5	Material Penghantar Panas .....	40
IV.10.6	<i>Burner</i> .....	41
IV.10.7	Perhitungan Rancangan Final.....	41
BAB V	.....	1
V.	Kesimpulan.....	1
DAFTAR PUSTAKA	.....	xxiv

## DAFTAR GAMBAR

Gambar I. 1	Tabel Konsumsi & Produksi Kopi Tahunan.....	1
Gambar I. 2	Pengeringan Kopi Konvensional .....	2
Gambar I. 3	Perkiraan Kenaikan Jumlah Konsumsi Kopi [5] .....	2
Gambar II. 1	Fermentasi Aerob selama Pengeringan [12].....	6
Gambar II. 2	Contoh luaran grafik Psikometri pada suhu 50 derajat celcius dengan RH 45%.....	20
Gambar II. 3	Diagram Psikometri.....	21
Gambar II. 4	Klasifikasi bentuk ruang pengeringan [18] .....	32

Gambar II. 5 Macam - macam geometri media pengeringan [18].....	33
gambar II. 6 Tray [19].....	35
Gambar II. 7 Sumber Api.....	36
Gambar II. 8 Sensor .....	37
Gambar II. 9 Metode VDI 2222 .....	38
Gambar II. 10 Skema Pengerjaan.....	1
Gambar III. 1 <i>Glassbox &amp; Blackbox</i> .....	9
Gambar III. 2 Varian Konsep 1 .....	19
Gambar III. 3 Konsep Kerja Varian 1 .....	19
Gambar III. 4 Konsep Kerja Varian 2 .....	21
Gambar III. 5 Varian Konsep 2 .....	21
Gambar III. 6 Varian Konsep 3 .....	23
Gambar III. 7 Konsep Kerja Varian 3 .....	23
Gambar IV. 1 Gambaran aliran laminar dan turbulensi [22].....	5
Gambar IV. 2 Tampak Depan Mesin.....	11
Gambar IV. 3 Tampak Isometri.....	12
Gambar IV. 4 Tampak Depan.....	12
Gambar IV. 5 Tampak Samping .....	13

Gambar IV. 6 Tampak Isometri .....	13
Gambar IV. 7 <i>Exhaust Fan 12 Inch</i> [25].....	14
Gambar IV. 8 <i>Tuffak SK 1 CC table</i> .....	16
Gambar IV. 9 Pemasangan <i>Tray</i> .....	17
Gambar IV. 10 <i>Tray &amp; Mounting Tray</i> .....	17
Gambar IV. 11 <i>Free Ball Bearing</i> .....	18
Gambar IV. 12 Tampak Isometri <i>Tray</i> .....	18
Gambar IV. 13 Ukuran <i>Tray</i> .....	19
Gambar IV. 14 Tampak Isometri .....	25
Gambar IV. 15 Konsep Kerja Rancangan Final .....	25
Gambar IV. 16 <i>Assembly Rangka Final</i> .....	27
Gambar IV. 17 <i>Mass Properties tray</i> .....	30
Gambar IV. 18 <i>Fix Support</i> .....	30
Gambar IV. 19 Tumpuan Gaya.....	31
Gambar IV. 20 Hasil Simulasi.....	31
Gambar IV. 21 <i>Exhaust Fan 12 Inch</i> [25].....	33
Gambar IV. 22 Pembuatan <i>Modelling</i> sederhana .....	34
Gambar IV. 23 Simulasi Aliran Udara .....	36
Gambar IV. 24 Perubahan Komponen Pengarah Angin.....	37
Gambar IV. 25 Hasil Evaluasi Simulasi .....	37
Gambar IV. 26 Pemasangan <i>Tray</i> .....	38
Gambar IV. 27 <i>Tray &amp; Mounting Tray</i> .....	38
Gambar IV. 28 <i>Free Ball Bearing</i> .....	39
Gambar IV. 29 Dimensi <i>Free Ball Bearing</i> .....	39
Gambar IV. 30 Tampak Isometri <i>Tray</i> .....	39
Gambar IV. 31 <i>Tuffak SK 1 CC table</i> .....	40
Gambar IV. 32 <i>Polidoro Tubular Burner</i> .....	41
Gambar IV. 33 Gambaran aliran laminar dan turbulensi [22].....	43
Gambar IV. 34 Tabel Psikometri 01 .....	44
Gambar IV. 35 Geometri saluran <i>ducting</i> .....	45
Gambar IV. 36 Karakteristik aliran berdasarkan nilai $Re$ .....	45
Gambar IV. 37 Persamaan bilangan Nusselt berdasarkan kondisi .....	47

Gambar IV. 38 Gambar dari tabel difusivitas massa.....	48
Gambar IV. 39 Data Psikometri 01 .....	51
Gambar IV. 40 Data psikometri 02 .....	51
Gambar IV. 41 12 inch <i>fan</i> .....	58
Gambar IV. 42 4 inch <i>fan</i> .....	58
Gambar IV. 43 Perbandingan durasi pengeringan proses pascapanen natural.....	2

## DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Studi Penelitian terdahulu.....	1
Tabel II. 2 Gambaran Tanaman Kopi .....	3
Tabel II. 3 Greenbean Kopi Berdasarkan Proses Pascapanen .....	5
Tabel II. 4 Macam - Macam Proses Penjemuran Kopi .....	8
Tabel II. 5 Macam - Macam Teknologi Pascapanen Kopi .....	11
Tabel II. 6 Jenis Material Penghantar Panas .....	34
Tabel II. 7 Material Cover .....	34
Tabel II. 8 Jenis dari Pemanas Tambahan .....	35
Tabel II. 9 Pengarah Udara.....	36
Tabel II. 1 Studi Penelitian terdahulu.....	1
Tabel II. 2 Gambaran Tanaman Kopi .....	3
Tabel II. 3 Greenbean Kopi Berdasarkan Proses Pascapanen .....	5
Tabel II. 4 Macam - Macam Proses Penjemuran Kopi .....	8
Tabel II. 5 Macam - Macam Teknologi Pascapanen Kopi .....	11
Tabel II. 6 Jenis Material Penghantar Panas .....	34
Tabel II. 7 Material Cover .....	34
Tabel II. 8 Jenis dari Pemanas Tambahan .....	35
Tabel II. 9 Pengarah Udara.....	36
Tabel III. 1 Hasil Diskusi .....	4
Tabel III. 2 Dokumentasi Hasil Suvey .....	5
Tabel III. 3 Daftar Tuntutan .....	7
Tabel III. 4 Penjabaran Sub Fungsi .....	10
Tabel III. 5 Alternatif Sub Fungsi Rangka dan Geometri .....	12
Tabel III. 6 Alternatif Sub Fungsi Penyimpanan.....	13
Tabel III. 7 Alternatif Sub Fungsi Pemanas Utama.....	14
Tabel III. 8 Alternatif Sub Fungsi Pemanas Sekunder .....	15
Tabel III. 9 Alternatif Sub Fungsi Sirkulasi Udara .....	16
Tabel III. 10 Alternatif Sub Fungsi Isolator .....	17
Tabel III. 11 Penggabungan Alternatif Solusi .....	18

Tabel III. 12 Tabel Penilaian Teknis.....	25
Tabel III. 13 Tabel Penilaian Ekonomis .....	26
Tabel III. 14 Kesimpulan Penilaian Teknis & Ekonomis.....	26
Tabel IV. 1 Data Berat Kopi Kampung Pasir Angling .....	2
Tabel IV. 2 Massa Jenis Kopi Kampung Pasir Angling .....	2
Tabel IV. 3 Perbandingan pengeringan konvesional dan mekanis .....	10
Tabel IV. 4 Spesifikasi Rangka .....	14
Tabel IV. 5 Alasan Pemilihan <i>Burner</i> .....	20
Tabel IV. 6 Evaluasi kinerja teknis dan ekonomi .....	21
Tabel IV. 7 Rangka sekunder.....	23
Tabel IV. 8 <i>Cover</i> .....	24
Tabel IV. 9 Burner .....	24
Tabel IV. 10 Assembly Rangka Final .....	28
Tabel IV. 11 Tabel Keterangan .....	29
Tabel IV. 12 Tahapan Melakukan Simulasi Aliran.....	34

## DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN 01

$Q_{\text{Radiasi}}$  = Kalor Radiasi (Watt)

$\varepsilon$  = Emisivitas permukaan material (0 – 1)

$\sigma$  = Konstanta Stefan – Boltzmann ( $5,670 \cdot 10^{-8} \text{W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ )

$T_s$  = Suhu permukaan benda (K)

$T_{\infty}$  = Suhu permukaan lingkungan sekitar (K)

$m_{\text{air}}$  = massa zat (kg)

$L_v$  = kalor laten jenis gas ke cair (J/kg)

$P$  = tekanan statis (Pa)

$\rho$  = massa jenis fluida ( $\text{kg/m}^3$ )

$v$  = kecepatan aliran fluida (m/s)

$g$  = percepatan gravitasi ( $9.81 \text{ m/s}^2$ )

$h$  = ketinggian fluida dari titik referensi (meter)

$\frac{1}{2} \rho v^2$  = tekanan dinamis (energi kinetik (Pa))

$\rho gh$  = tekanan hidrostatis (energi potensial gravitasi (Pa))

$\rho$  = massa jenis udara ( $\text{Kg/m}^3$ )

$v$  = kecepatan aliran udara (m/s)

$L$  = Panjang saluran (m)

$\mu$  = viskositas dinamis udara (Pa. s)

$Pr$  = bilangan prandtl

$C_p$  = kalor jenis fluida pada tekanan konstan (J/Kg. K)

$k$  = konduktivitas termal fluida (W/m. k)

$Nu$  = bilangan nusselt

$L$  = panjang permukaan (m)

$q''_{\text{konveksi}}$  = laju perpindahan panas konveksi per satuan luas ( $\text{W/m}^2$ )

$T_{\text{udara}}$  = suhu udara di sekitar permukaan (K atau °C)

$T_{\text{biji}}$  = suhu udara pada biji kopi (K atau °C)

$q''_{\text{solar,gain}}$  = kalor radiasi melewati permukaan benda (Watt)

$q''_{\text{solar,incident}}$  = kalor radiasi aktual matahari (Watt)

SHGC = persentase sinar dapat melewati suatu permukaan benda

$Q_{in}$  = laju energi total yang di transfer ke permukaan material (Watt)

$q''_{total} = q''_{konveksi} + q''_{radiasi}$

A = luas permukaan pengeringan ( $m^2$ )

## DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN PERHITUNGAN 02

$m_{tray}$  = Kemampuan *tray* menampung kopi (kg)

$m_{kopi/L}$  = massa kopi per liter (kg/L)

$n_{tray}$  = Jumlah *tray* yang dibutuhkan

kapasitas = kemampuan mesin menampung kopi (kg)

$m_w$  = massa kopi yang diuapkan (kg)

$m_c$  = massa kopi (kg)

$MC_2$  = kadar air awal 60%

$MC_1$  = kadar air akhir 12%

$Q_{laten}$  = kalor laten (J)

$\rho_{45}$  = Massa jenis udara pada (Kg/m<sup>3</sup>)

$v$  = Kecepatan aliran udara (m/s)

$$Dh = \frac{2 * (a * b)}{a + b}$$

$\mu_{40}$  = Viskositas dinamis uap pada suhu 40°C(kg/m. s)

$a$  = Panjang penampang saluran udara (m)

$Pr$  = bilangan prandtl

$C_{p45}$  = Kalor jenis fluida (J/Kg. K)

$\mu_{40}$  = Viskositas dinamis fluida pada suhu 40°C (Pa. s atau Kg/m. s)

$k_{40}$  = Konduktivitas termal fluida pada suhu 40°C (W/m. k))

$Nu$  = Bilangan Nusselt

$Re$  = Bilangan Reynolds

$Pr$  = Bilangan Prandtl

$D_{AB}$  = Difusivitas massa, tabel  $D_{H_2O-air}$  (m<sup>2</sup>/s)

$Sc$  = Bilangan Schmidt

$h_{mass}$  = Koefisien perpindahan panas (kg/s)

$Sh$  = Bilangan Sherwood

$L_{ruang,pengering}$  = Luas penampang pengeringan (m)

$\dot{m}_{penguapan.konveksi}$  = Laju penguapan konveksi (kg/s)

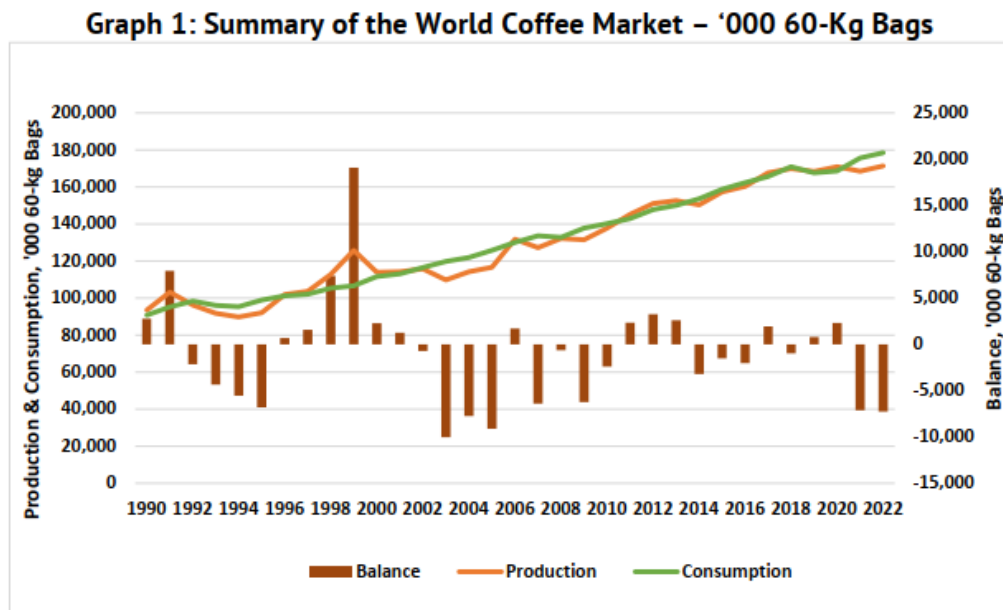
$A$  = Luas permukaan pengeringan (m<sup>2</sup>)

$Y_{95}$  = Rasio kelembaban, data psikometri pada 95%  
 $Y_{45}$  = Rasio kelembaban, data psikometri pada 45%  
 $t_{\text{konveksi}}$  = Durasi pengeringan kondisi sepenuhnya konveksi (jam)  
 $SHGC$  = *Solar Heat Gain Coefficient* Tuffak SK1 CC  
 $q_{\text{solar.gain}}$  = Kalor yang diberikan oleh sistem mesin (W)  
 $q''_{\text{solar.incident}}$  = Intensitas panas matahari per satuan luas ( $W/m^2$ )  
 $A_{\text{polikarbonat}}$  = Luas permukaan atap polikarbonat ( $m^2$ )  
 $h_{fg}$  = Panas laten penguapan (J/kg)  
 $\dot{V}_{\text{fan4inch}}$  = Kapasitas udara fan 4 inch ( $m^3 * \text{hours}$ )  
 $V_{\text{mesin}}$  = Volume mesin ( $m^3$ )  
 $V_{\text{tray}}$  = Volume tray ( $m^3$ )  
 $\Delta Y$  = Selisih rasio kelembaban udara ( $kg/m^3$ )  
 $P_{\text{fan4inch}}$  = 15 W \* 8 komponen = 120 W  
 $P_{\text{fan12inch}}$  = 65 W \* 3 komponen = 195 W  
 $n_{LPG01}$  = kebutuhan Gas LPG (kg)  
 $n_{LPG02}$  = kebutuhan Gas LPG (kg)  
 $Q_{\text{laten}}$  = kalor laten (J)  
 $HHV$  = *Higher Heating Value* LPG (J/kg)  
 $Q_{\text{radiasi}}$  =  $q_{\text{solar.gain}} * t_{\text{matahari}} * \eta$   
 $t_{\text{matahari}}$  = Durasi panas matahari (detik)  
 $\eta$  = Efisiensi (%)

# BAB I PENDAHULUAN

## I.1 Latar Belakang

Kopi merupakan salah satu komoditas yang memiliki nilai jual menjanjikan, kebutuhan kopi global pun dalam beberapa tahun kebelakang selalu mengalami peningkatan.



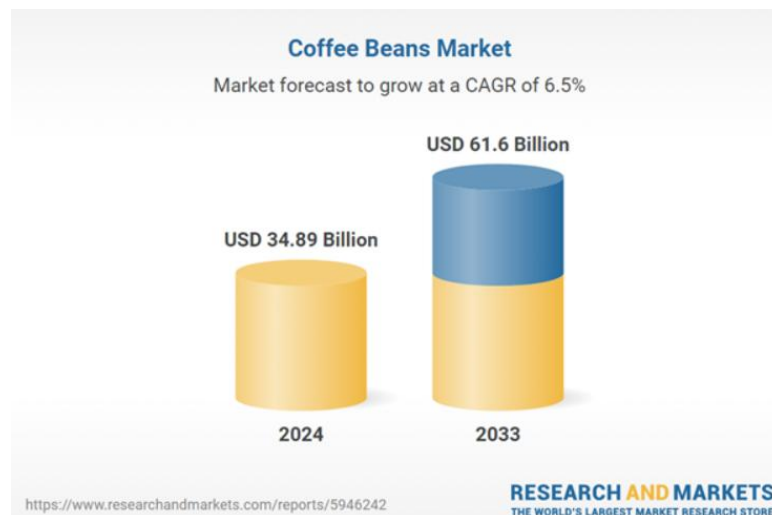
Gambar I. 1 Tabel Konsumsi & Produksi Kopi Tahunan

Indonesia di tahun 2024 merupakan negara produsen kopi nomor 5 di dunia dengan nilai total produksi sebesar 8.15 juta kantung atau 5% dari total produksi global kopi [1]. Sebanyak 96% hasil produksi kopi di Indonesia berasal dari petani berskala kecil. Dominasi ini menyebabkan tantangan dalam menghasilkan kopi dengan cita rasa dan kualitas yang konsisten. Mayoritas petani di Indonesia masih menggunakan metode pengolahan tradisional terutama dalam fase pengeringan, hal ini sangat berdampak pada hasil akhir olahan kopi karena perubahan cuaca yang terjadi dalam setiap *batch* olahan dapat menciptakan perubahan citarasa dan kualitas [2]. Pengeringan dibutuhkan waktu 2-4 minggu untuk biji kopi dapat mencapai tingkat kadar air dengan ketentuan tersebut [2].



Gambar I. 2 Pengeringan Kopi Konvensional

Tantangan petani dan pengolah kopi dalam melakukan pengeringan kopi yang baik adalah iklim yang tidak stabil. Perubahan cuaca ekstrim seperti *la Nina* berdampak pada kuantitas dan kualitas kopi yang dihasilkan [3]. Cuaca dan pola hujan yang sulit di prediksi ini membuat produksi kopi yang berasal dari Kawasan Asia dan Oceania di tahun 2023 mengalami penurunan produksi sebesar 4.7% [4], sedangkan kebutuhan pasar global akan kopi dengan kuantitas dan kualitas yang baik terus meningkat setiap tahunnya [4].



Gambar I. 3 Perkiraan Kenaikan Jumlah Konsumsi Kopi [5]

Metode tradisional seperti penjemuran biji kopi dengan sinar matahari efektif dalam mengeringkan kopi namun beresiko membuat biji kopi terkontaminasi oleh polutan dan jamur serta sangat bergantung pada intensitas matahari sehingga kualitas dan kuantitas yang dibutuhkan oleh pasar dunia sulit dicapai [6].

Dalam menghadapi tantangan yang terjadi, *hybrid coffee drying machine* menawarkan solusi inovatif. Mesin ini mengintegrasikan sistem pemanas eksternal berbahan bakar gas yang dialirkan oleh *exhaust fan* (konveksi), dengan material penyerap panas matahari sebagai bagian terluar dari mesin untuk membantu meningkatkan suhu pada ruang pengeringan (radiasi), dengan pengembangan ini, diharapkan permasalahan dalam metode pengeringan kopi tradisional dapat teratasi mengingat kebutuhan akan kopi lokal yang terus meningkat setiap tahunnya.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan penjelasan latar belakang di atas, terdapat permasalahan yang perlu di kaji lebih mendalam. Dengan uraian sebagai berikut :

1. Bagaimana cara merekayasa kondisi lingkungan pengeringan yang ideal di dalam mesin?
2. Bagaimana cara menjaga kualitas dan konsistensi dari kopi yang di keringkan di dalam mesin?
3. Bagaimana cara menciptakan sistem kerja mesin yang efisien, mudah, dan aman dioperasikan oleh petani dan pengolah kopi?
4. Bagaimana mesin *hybrid coffee drying* dapat diaplikasikan di berbagai tempat di Indonesia?
5. Apakah dapat mengeringkan kopi sebanyak 500kg per siklus?

## **I.3 Batasan Masalah**

Bedasarkan rumusan masalah di atas, penulis menerapkan beberapa batasan masalah dalam penelitian yang dilakukan sebagai berikut :

1. Penelitian ini berfokus untuk menghasilkan rancangan mesin yang optimal dan efisien, tanpa memperhatikan kegagalan atau kebocoran sistem.
2. Perhitungan yang dilakukan berfokus pada proses pascapanen natural
3. Kelembaban awal udara sebelum masuk kedalam sistem mesin diasumsikan sebesar 45%.
4. Kelembaban akhir udara setelah keluar dari sistem mesin diasumsikan sebesar 95%.
5. Penulis tidak menggambarkan detail sistem elektrikal kontrol dari mesin.
6. Penulis tidak menggambarkan secara detail komponen gas beserta perangkat pendukungnya.
7. Data yang penulis himpun hanya berasal dari satu lokasi.

#### **I.4 Tujuan**

Dalam merancang mesin *Hybrid coffee drying* ini, penulis memiliki tujuan yang diuraikan sebagai berikut :

1. Menghasilkan rancangan mesin dengan kapasitas pengeringan mencapai 500 kg/*batch* pengeringan. Kapasitas 500 kg/*batch* ditinjau berdasarkan kapasitas satuan karung greenbean yang berkisar antara 60-100 kg/karung.
2. Dapat diaplikasikan secara modular untuk memudahkan proses pengiriman.
3. Mudah dan aman dioperasikan oleh petani dan pengolah kopi.
4. Meningkatkan efisiensi pengeringan kopi hingga 30% lebih cepat.
5. Menjaga konsistensi pada setiap batch kopi.

#### **I.5 Manfaat**

Dalam merancang mesin *Hybrid coffee drying* ini, penulis berharap mesin yang di rancang dapat bermanfaat seperti yang diuraikan sebagai berikut :

1. Menghasilkan rancangan mesin pengering yang inovatif dan berguna bagi petani dan pengolah kopi.
2. Menghasilkan rancangan mesin pengering yang dapat meningkatkan kuantitas dan kualitas kopi di Indonesia.

3. Menghasilkan rancangan mesin yang dapat dengan mudah di operasikan dan aman oleh petani dan pengolah kopi.

## **I.6 Sistematika Penulisan**

Untuk memberikan gambaran umum tentang isi penelitian ini, disajikan sistematika penulisan yang terdiri dari lima bab yang dilengkapi dengan daftar pustaka dan lampiran yang disusun sebagai berikut:

**BAB I PENDAHULUAN**, berisikan uraian mengenai latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika dari penelitian yang dilakukan.

**BAB II TINJAUAN PUSTAKA**, berisikan bahasan mengenai teori-teori pendukung untuk memecahkan rumusan masalah pada penelitian yang didasarkan pada hasil studi literatur.

**BAB III METODE PENYELESAIAN MASALAH**, berisikan langkah-langkah penyelesaian tugas akhir berupa gambaran umum sistem serta perancangan sistem.

**BAB IV PERHITUNGAN DAN ANALISA**, berisikan perhitungan dan analisa terkait parameter yang diperlukan dalam menjawab daftar tuntutan mesin.

**BAB V PENUTUP**, berisikan kesimpulan yang didapatkan sebagai jawaban dari rumusan masalah dan tujuan awal penelitian serta pemaparan mengenai kritik dan saran perbaikan maupun kajian lanjut dari penelitian yang telah dilakukan.