

**Perancangan Mesin Fermentasi Kopi Kapasitas 100 KG dengan
Metode VDI 2222 untuk Mendukung Hilirisasi Pertanian Jawa Barat**

Tugas Akhir

Disusun sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan pendidikan Sarjana Diploma IV

Bidang Kajian:

Machine Design

Oleh:

Muhammad Taufik Rudianto

221421041



PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA PERANCANGAN MANUFAKTUR

JURUSAN TEKNIK PERANCANGAN MANUFAKTUR

POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG

2025

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang Berjudul

**Perancangan Mesin Fermentasi Kopi Kapasitas 100 KG Dengan Metode VDI 2222
untuk Mendukung Hilirisasi Pertanian Jawa Barat**

Oleh:

Muhammad Taufik Rudianto

221421041

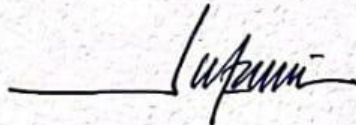
Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program pendidikan
Sarjana Terapan (Diploma IV)

Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 30 Juli 2025

Disetujui,

Pembimbing

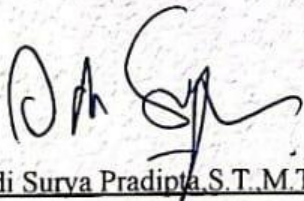


Bustami Ibrahim. SST., M.T.

NIP. 197609022003121001

Disahkan,

Penguji I



Adi Surva Pradipta. S.T., M.T.

NIP. 199107252022031004

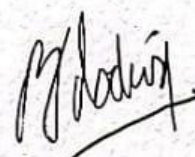
Penguji II



Ade Ramdan. SST., MT

NIP. 198008092008101001

Penguji III



Ir. Bolo Dwiartomo. M.Sc.

NIP. 19681030199512101

PERNYATAAN ORISINALITAS

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

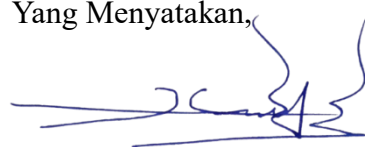
Nama : Muhammad Taufik Rudianto
NIM : 221421041
Jurusan : Teknik Perancangan Manufaktur
Program Studi : Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Perancangan Mesin Fermentasi Kopi Kapasitas 100 Kg Dengan Metode VDI 2222 untuk Mendukung Hilirisasi Pertanian Jawa Barat

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan Pembimbing tugas akhir.
2. Dalam tugas akhir ini, tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang 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 saling, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti 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.

Dibuat : Bandung
Pada Tanggal : 30 - Juli - 2025
Yang Menyatakan,



Muhammad Taufik Rudianto
NIM. 221421041

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

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

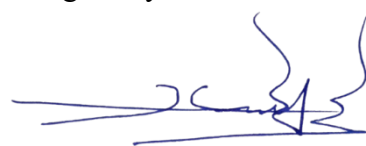
Nama : Muhammad Taufik Rudianto
NIM : 221421041
Jurusan : Teknik Perancangan Manufaktur
Program Studi : Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Perancangan Mesin Fermentasi Kopi Kapasitas 100 Kg Dengan Metode VDI 2222 untuk Mendukung Hilirisasi Pertanian Jawa Barat

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, Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulsi/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat : Bandung
Pada Tanggal : 30 – Juli - 2025
Yang Menyatakan,



Muhammad Taufik Rudianto
NIM. 221421041

MOTO PRIBADI

“Bertumbuh seperti bambu yang menguatkan segala dasar kehidupan, sebelum tinggi tanpa ada kekuatan.”

“Menitik karir dengan sebuah asa dengan kesalahan sebagai pembelajaran, mengawali dengan ketekunan untuk menjawab semua tantangan kehidupan.”

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk Keluarga saya, khususnya orang tuas saya. Dan seleruh teman saya, sahabat saya yang menyertai setiap perjuangan menyelesaikan tugas akhir ini.

TERIMAKASIH.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah, Tuhan seluruh alam. Hanya kepada-Nya kami memuji, memohon pertolongan, dan memohon ampunan. Kami berlindung kepada-Nya dari nafsu diri dan kejahatan amalan kami. Sesungguhnya kami percaya, segala sesuatu yang bersumber pada-Nya, tidak ada yang menyesatkan, dan barang siapa yang tersesat dari jalan-Nya, maka dia sendiri yang keluar dari jalan-Nya. Aku Bersaksi bahwa tiada Tuhan yang berhak disembah selain Allah SWT, yang tiada sekutu bagi-Nya. Dan aku bersaksi bahwa Nabi Muhammad adlah benar-benar Hamba-Nya dan Rasul-Nya.

Atas petunjuk dan pertolongan-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul: “ Perancangan Mesin Fermentasi Kopi dengan Kapasitas 100 kg untuk Mendukung Hilirisasi Pertanian di Jawa Barat.”

Tugas akhir ini dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (Diploma-IV) pada program Studi Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur (TRPM) di Politeknik Manufaktur Bandung.

Terselesaikannya tugas akhir ini, tidak terlepas dari bantuan banyaknya pihak, sehingga pada kesempatan ini, dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil, baik secara langsung, maupun tidak langsung, dalam penyusunan tugas akhir ini hingga selesai. Terimakasih kepada semua pihak yang mendukung proses penyelesaian tugas akhir ini, khususnya yang saya hormati:

1. Direktur Politeknik Manufaktur Bandung, Bapak Darma Firmansyah Undayat, S.ST., M.T.
2. Ketua Jurusan Teknik Perancangan Manufaktur, Bapak Bustami Ibrahim, S.ST., M.T.
3. Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur, Ibu Dinny Indrian, S.Tr.T., M.T.
4. Pembimbing Tugas Akhir penulis, Bapak Bustami Ibrahim, S.ST., M.T.

5. Para Penguji sidang Tugas Akhir, Bapak Adi Surya Pradipta, S.T., M.T., Bapak Ade Ramdan, SST., MT., dan Bapak Ir. Bolo Dwiartomo. M.Sc.
6. Wali Dosen kelas Penulis Ibu Ayunisa Fitriani Jilan, S.T., M.T
7. Seluruh Dosen dan Staff di Jurusan Teknik Perancangan Manufaktur yang sudah banyak memberikan ilmu pengetahuan dan pengalaman yang insya Allah akan dimanfaatkan oleh penulis dalam kepentingan semuanya.
8. Seluruh panitia Tugas Akhir yang sudah membuat, mengatur, dan menyelesaikan kegiatan Tugas Akhir.
9. Teristimewa kepada orang tua penulis, Mamah dan Bapak yang sudah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menyelesaikan pendidikan ini. Penulis menyadari setiap perjuangan kalian tidaklah mudah. Namun, izinkan penulis untuk memberikan kebanggaan kepada kalian, bahwa anakmu bisa menyelesaikan pendidikan ini. Dan berikanlah waktu bagi penulis, untuk membahagiakan kalian semua.
10. Seluruh teman-teman seperjuangan penulis, DEC, DEB, dan DEA angkatan. Terimakasih atas segalanya.
11. Serta seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

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

Bandung, 30 Juli 2025

Penulis

Muhammad Taufik Rudianto

ABSTRAK

Pengolahan biji kopi adalah proses yang paling penting dalam menghasilkan biji kopi berkualitas. Salah satu proses yang menentukan dalam menghasilkan rasa adalah proses fermentasi kopi. Proses fermentasi saat ini biasanya dilakukan dalam sebuah plastik besar yang diikat kuat ke atas udara. Hal tersebut bertujuan untuk memberikan waktu terjadinya pertumbuhan bakteri sehingga menghasilkan profil rasa baru pada kopi. Tetapi, penggunaan plastik pada proses fermentasi sangatlah kurang optimal, hal tersebut dikarenakan karakter plastik yang tipis mengakibatkan suhu pada proses fermentasi sulit untuk diatur. Suhu yang melebihi 40°C akan menyebabkan proses fermentasi berjalan semakin cepat, sehingga mengakibatkan hasil kopi berasa lebih asam. Selain itu, penggunaan kantong plastik beresiko mengalami kebocoran yang dapat menyebabkan proses fermentasi gagal. Dengan dilakukannya proses perancangan alat fermentasi kopi yang berpedoman pada konsep perancangan VDI 2222 akan menghasilkan rancangan alat fermentasi yang dapat menjaga suhu proses fermentasi dengan baik. Alat fermentasi kopi ini dirancang untuk tahan terhadap tekanan proses fermentasi sebesar 0.5 MPa, berkapasitas maksimum 100 kg ceri kopi, dilengkapi dengan sistem pengaduk otomatis dan menggunakan material stainless steel sebagai material standar untuk makanan dan tahan terhadap korosi. Alat fermentasi kopi ini akan dilengkapi dengan berbagai macam sensor diantaranya, sensor pengukur tekanan yang dapat berjalan secara otomatis untuk menghindari terjadinya ledakan, sensor pengukur suhu sebagai indikator proses fermentasi. Dengan dilakukannya perancangan alat fermentasi kopi diharapkan industri pengolahan kopi dapat terus berkembang dan kopi Indonesia dapat bersaing dengan kopi dunia.

Kata Kunci: Kopi, Ceri Kopi, Fermentasi Kopi, VDI 2222, Alat Fermentasi

ABSTRACT

Coffee bean processing is one of the most critical stages in producing high-quality coffee. One of the key processes that determines the final flavor is coffee fermentation. Currently, this process is commonly carried out using large, tightly sealed plastic bags to allow the growth of bacteria that contribute to the development of unique flavor profiles. However, plastic materials are suboptimal due to their thin nature, which makes it difficult to control fermentation temperature. When the temperature exceeds 40°C, fermentation accelerates excessively, resulting in coffee with a sour taste. In addition, plastic bags are prone to leakage, which can lead to fermentation failure. Therefore, a design of a coffee fermentation device based on the VDI 2222 design methodology is proposed to control temperature within the fermentation vessel. This device is designed to withstand fermentation pressure up to 0.5 MPa, with a maximum capacity of 100 kg of coffee cherries. It is equipped with an automatic stirring system and made of food-grade stainless steel. The device also incorporates various sensors, including a pressure sensor to automatically prevent explosions and a temperature sensor to monitor the fermentation process. With this design, it is expected that coffee processing industries can improve their fermentation practices, thereby enhancing the competitiveness of Indonesian coffee in the global market.

Keywords: coffee, coffee cherries, coffee fermentation, VDI 2222, fermentation device

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI).....	iii
MOTO PRIBADI	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv
LAMPIRAN	xvi
DAFTAR SINGKATAN.....	xvii
DAFTAR SIMBOL	xviii
BAB I PENDAHULUAN	I-1
I.1 Latar Belakang.....	I-1
I.2 Rumusan Masalah.....	I-5
I.3 Ruang Lingkup	I-5
I.4 Tujuan	I-6
I.5 Manfaat.....	I-6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
II.1 Perkebunan Kopi	II-1
II.2 Proses Pengolahan Kopi.....	II-2
II.2.1 Pengertian dan Sejarah Kopi	II-2
II.2.2 Jenis Kopi	II-2

II.2.3 Proses Pengolahan Kopi	II-3
II.3 Proses Fermentasi Kopi.....	II-6
II.3.1 Fermentasi	II-6
II.3.2 Fermentasi kopi	II-7
II.4 Fermentor	II-9
II.4.1 Definisi	II-9
II.4.2. Fungsi Komponen.....	II-10
II.4.3 Pemodelan	II-11
II.5 <i>Pressure Vessel</i> (Bejana Tekan).....	II-12
II.5.1 Dimensi <i>Pressure Vessel</i>	II-13
II.5.2 Ketebalan <i>Pressure Vessel</i>	II-13
II.5.3 Kepala <i>Pressure Vessel</i>	II-14
II.6 <i>Water Jacket</i>	II-15
II.6.1 Produksi Panas Akibat Proses Metabolik Proses Fermentasi.....	II-17
II.6.2 Proses perpindahan panas secara konduksi	II-18
II.6.3 Perpindahan Panas Secara Konveksi.....	II-18
II.6.4 Bilangan Reynolds.....	II-19
II.6.5 Bilangan Prandtl	II-20
II.7 Pengadukan (Agitator)	II-21
II.7.1 Daya Mixing Akibat Jenis Aliran Fluida.	II-21
II.7.2 Daya Berdasarkan Kemampuan Putar Poros.	II-22
II.8 Aerasi.....	II-23
II.9 Studi Penelitian Terdahulu	II-24
BAB III PERANCANGAN MESIN FERMENTASI KOPI	III-1
III.1. Identifikasi Permasalahan.....	III-4

III.2. Daftar Tuntutan	III-8
III.3. Konsep Rancangan.....	III-9
III.4. Konsep Terpilih.....	III-38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	IV-1
IV.1 Perhitungan Rancangan.....	IV-1
IV.1.1 Tabung fermentasi	IV-1
IV.1.2 Water Jacketed	IV-14
IV.1.3 Sistem Aerasi	IV-23
IV.1.4 Sistem Agitator	IV-24
IV.2 Konsep Rancangan.....	IV-32
IV.3 Pengembangan Rancangan.....	IV-33
IV.4 Rancangan Awal	IV-35
IV.5. Evaluasi Teknis Rancangan.....	IV-37
IV.5.1 Analisis <i>Vessel</i>	IV-37
IV.5.1.1 Analisis Material <i>Vessel</i>	IV-37
IV.5.2 Analisis Poros	IV-51
IV.6. Evaluasi Ekonomis Rancangan	IV-72
IV.7. Perbaikan Rancangan	IV-77
IV.8. Rancangan Akhir	IV-78
IV.9. Finalisasi Detail Rancangan.....	IV-79
IV.10. Drawing Rancangan	IV-79
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	V-1
V.1 Kesimpulan.....	V-1
V.2 Saran	V-2
DAFTAR PUSTAKA	xx

DAFTAR GAMBAR

Gambar II-1 Struktur Buah Kopi[15]	II-4
Gambar II-2 Proses Pengolahan Kopi[15].....	II-5
Gambar II-3 Parameter Proses Fermentasi[18]	II-7
Gambar II-4 Proses Fermentasi[19]	II-8
Gambar II-5 Subfungsi Bioreaktor[19]	II-10
Gambar II-6 Macam-macam model Bioreaktor[19].....	II-11
Gambar II-7 Ilustrasi Bejana[25].....	II-12
Gambar II-8. Bentuk Kepala Vessel	II-14
Gambar II-9 Perpindahan Panas Konduksi[19].....	II-16
Gambar II-10 Perpindahan Panas Konveksi[19]	II-16
Gambar II-11. Jenis water Jacketed.....	II-17
Gambar II-12 Proses Pengadukan[19].....	II-21
Gambar III-1 Metode Perancangan VDI 222 Fase Merencana dan Mengonsep.....	III-2
Gambar III-2 Metode Perancangan VDI 2222 Fase Merancang	III-3
Gambar III-3 Metode Perancangan VDI 2222 Fase Dokumentasi.....	III-3
Gambar III-4 Flowchart Proses Pengolahan Kopi.....	III-4
Gambar III-5 Proses Fermentasi awal sebelum terjadi reaksi	III-5
Gambar III-6 Proses fermentasi setelah terjadi reaksi.....	III-5
Gambar III-7 Proses Pengolahan Cold Fermentation.....	III-6
Gambar III-8 Black Box Diagram	III-9
Gambar III-9 Glass Box Diagram	III-10
Gambar III-10 Diagram Fungsi	III-10
Gambar III-11 Diagram Morfologi.....	III-27
Gambar III-12 Variasi Konsep 1	III-28
Gambar III-13 Variasi Konsep 2.....	III-31
Gambar III-14 Variasi Konsep 3.....	III-34
Gambar III-15 Variasi Konsep Terpilih	III-38
Gambar IV-1 Grafik Pertumbuhan Mikroba.....	IV-6

Gambar IV-2 Drum Fermentasi	IV-9
Gambar IV-3 Pressure Gauge	IV-9
Gambar IV-4 Sensor Tekanan.....	IV-11
Gambar IV-5 Pressure Gauge	IV-12
Gambar IV-6 Bentuk Kepala Tabung	IV-13
Gambar IV-7 Tabel Nilai Faktor M	IV-14
Gambar IV-8 Model Waterjacket yang digunakan	IV-15
Gambar IV-9 RTD Sensor	IV-23
Gambar IV-10 Sparger.....	IV-24
Gambar IV-11 Motor listrik Bologna	IV-29
Gambar IV-12 Reducer Motor.....	IV-30
Gambar IV-13 Konsep Rancangan	IV-32
Gambar IV-14 Pandangan Depan Rancangan Awal	IV-35
Gambar IV-15 Kondisi di Dalam Tabung Fermentasi	IV-36
Gambar III-16 Tahapan Proses Evaluasi Material.....	IV-37
Gambar IV-17 Preload proses Meshing analisis.....	IV-47
Gambar IV-18 Displacement Vessel.....	IV-48
Gambar IV-19 Tegangan yang terjadi pada vessel	IV-48
Gambar IV-20 Regangan yang terjadi pada vessel.....	IV-49
Gambar IV-21 Safety Factor Vessel.....	IV-50
Gambar IV-22 Komponen Agitator Mesin Fermentasi Kopi	IV-51
Gambar IV-23 DBB Agitator.....	IV-52
Gambar IV-24 Pembagian Potongan DBB	IV-54
Gambar IV-25 DBB Section 1	IV-55
Gambar IV-26 DBB Section 2	IV-57
Gambar IV-27 DBB Section 3	IV-59
Gambar IV-28 Hasil Analisis Poros Menggunakan Md Solid.....	IV-62
Gambar IV-29 Nilai Displacement poros	IV-67
Gambar IV-30 Nilai Tegangan Pada Poros.....	IV-67
Gambar IV-31 Faktor of Safety Rancangan Poros	IV-68
Gambar IV-32 Nilai Displacement Rangka Mesin.....	IV-69

Gambar IV-33 Nilai Tegangan Rangka Mesin	IV-70
Gambar IV-34 Nilai Factor of Safety Rancangan Rangka Mesin	IV-71
Gambar IV-35 Rumus Mencari Diameter awal Deep Drawing 16.....	IV-73
Gambar IV-36 Rumus Mencari Diameter awal Deep Drawing 2.....	IV-74
Gambar IV-37 Rumus Mencari Diameter awal Deep Drawing 15.....	IV-75
Gambar IV-38 Rancangan Mesin Fermentasi Kopi Tampak Depan	IV-78
Gambar IV-39 Rancangan Mesin Fermentasi Kopi Kondisi Dalam Tabung	IV-79

DAFTAR TABEL

Tabel II-1 Studi Penelitian Terdahulu.....	II-24
Tabel III-1 Daftar Tuntutan.....	III-8
Tabel III-2 Alternatif Fungsi.....	III-11
Tabel III-3 Spesifikasi Variasi Konsep 1.....	III-29
Tabel III-4 Spesifikasi Variasi Konsep 2.....	III-32
Tabel III-5 Spesifikasi Variasi Konsep 3.....	III-35
Tabel III-6 Penilaian Variasi Konsep.....	III-37
Tabel IV-1 Pertumbuhan Konsentrasi Mikroba.....	IV-5
Tabel IV-2 Pertumbuhan Mikroba LAB.....	IV-8
Tabel IV-3 Laju Produksi Panas Mikroba.....	IV-17
Tabel IV-4 Dimensi Water Jacketed.....	IV-22
Tabel IV-5 Pengembangan Rancangan.....	IV-33
Tabel IV-6 Daftar Tuntutan Material.....	IV-38
Tabel IV-7 Hasil Analisa Material SS304.....	IV-40
Tabel IV-8 Hasil Analisis Material SS316L.....	IV-41
Tabel IV-9 Hasil Analisis Material HDPE.....	IV-42
Tabel IV-10 Hasil Analisis Material PP.....	IV-43
Tabel IV-11 Hasil Analisis Kondisi Material.....	IV-44
Tabel IV-12 Data pendukung analisis vessel.....	IV-45
Tabel IV-13 Data Pendukung analisis Poros.....	IV-63
Tabel IV-14 Hasil Analisis Rancangan.....	IV-77
Tabel IV-15 Hasil Perhitungan Biaya Mesin.....	IV-77

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Diri

Lampiran 2 Pertumbuhan Industri Kopi

Lampiran 3 Technical Properties

Lampiran 4 Rincian Anggaran Biaya Pembuatan Mesin

Lampiran 5 Gambar Kerja

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
ICO	<i>International Coffee Organization</i>
BPS	Badan Pusat Statistik
PBN	Perkebunan Besar Negara
PBS	Perkebunan Besar Swasta
SSF	<i>Solid State Fermentation</i>
CFU	<i>Coloni Forming Unit</i>

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
CO ₂	Carbon dioksida	Mol
O	Oksigen	Mol
N	Nitrogen	Mol
H	Hidrogen	Mol
CH ₄	Metana	Mol
<i>t</i>	Ketebalan Minimum	Mm/inc
<i>P</i>	Tekanan Internal	Mpa/psi
<i>R</i>	Jari-jari Dalam Tabung	Mm/inc
<i>S</i>	Allowable Stress Material	Mpa/psi
<i>E</i>	Efisiensi Sambungan Las	
<i>L</i>	Radius Mahkota	
<i>M</i>	Faktor Proporsi Kepala	
<i>r_Q</i>	Laju Keseluruhan Produksi Panas Proses Metabolik	J/jam
<i>Y_{QX}</i>	Panas Akibat Reaksi Pertumbuhan	J/kg.jam
<i>m_Q</i>	Koefisien Produksi Panas	J/kg.jam
<i>X</i>	Jumlah Biomassa	J/kg.jam
<i>Q_{konduksi}</i>	Banyaknya Kalor Pada Proses Konduksi	W
<i>h_{material}</i>	Konduktivitas Termal Material	W/m.K
<i>T</i>	Suhu	°C/°K
<i>Q_{konveksi}</i>	Banyaknya Kalor Pada Proses Konveksi	W
<i>h_{air}</i>	Koefisien Termal Air	W/m.k
<i>R_e</i>	Bilangan Reynods	
<i>ρ</i>	Densitas	Kg/m ³
<i>v</i>	Kecepatan Aliran	m/s
<i>μ</i>	Viskositas	Pa.s
<i>Pr</i>	Bilangan Prandtl	

C_p	Kalor Jenis Material	J/kg.K
K	Konduktivitas Termal	W/m.K
D	Diameter tempat	m
P_o	Power Number	
F_a	Gaya dorong pengaduk	N
C_D	Coefisien Drag	
A	Luas area	m^2

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara penghasil kopi terbesar ke-2 di kawasan Asia dan Oceania[1]. Hal tersebut dipengaruhi oleh letak geografis Indonesia yang berada di kawasan tropis serta kondisi geologi Indonesia berupa pegunungan. Berdasarkan laporan *International Coffee Organization* (ICO) jumlah ekspor kopi Indonesia pada bulan Februari 2024 mencapai 325.488 kantong, dengan berat masing-masing kantong sebesar 60 kg. Nilai ekspor tersebut dibandingkan dengan jumlah ekspor kopi pada bulan Februari tahun 2023 mengalami penurunan sebesar 45%. Pada bulan Februari 2023 Indonesia mampu mengekspor kopi sebanyak 595.005 kantong[2]. Menurunnya jumlah ekspor kopi Indonesia tersebut dapat dipengaruhi oleh berbagai macam faktor seperti jumlah produksi dalam negeri, faktor iklim dan cuaca, faktor kualitas pengolahan dan faktor kualitas kopi.

Perlu kita ketahui, saat ini industri kopi Indonesia masih bertopang pada produksi kopi yang berasal dari perkebunan rakyat. Berdasarkan laporan Badan Pusat Statistik Indonesia (BPS) produksi kopi dari perkebunan rakyat mencapai 770,99 ribu ton[3]. Selain itu, berdasarkan laporan BPS Jawa Barat yang berjudul “Provinsi Jawa Barat dalam angka 2024” menyampaikan bahwa produksi kopi di Jawa Barat pada tahun 2023 mencapai 22.619 Ton, dengan daerah produksi kopi tertinggi berada di Bandung[4]. Kita telah mengetahui bahwa area Bandung Raya merupakan dataran tinggi, sehingga banyaknya kopi yang diproduksi merupakan kopi berjenis arabika. Namun, tingginya produksi kopi perkebunan rakyat tidak diimbangi dengan peningkatan kemampuan pengolahan kopi oleh petani. Proses pengolahan kopi yang panjang mengakibatkan banyak petani yang tidak mau untuk mengolah kopi secara mandiri. Hal tersebut akan berdampak pada produktivitas kopi Indonesia apabila tidak ada solusi untuk mengatasinya.

Dalam proses pengolahan kopi, terdapat berbagai tahapan proses yang perlu dilakukan. Tahapan tersebut meliputi proses pemetikan ceri kopi, pencucian ceri kopi, perambangan ceri kopi, fermentasi biji atau ceri kopi, dan pengeringan biji atau ceri kopi. Banyak sekali metode pengolahan kopi yang perlu diketahui oleh petani. Proses umum yang sering dilakukan oleh processor kopi adalah proses *natural*, *honey*, *full wash*, dan *wine*. Keberagaman proses tersebut menentukan kualitas kopi, khususnya pada profil rasa kopi. Dari setiap metode pengolahan kopi, tahapan proses yang paling menentukan dalam menjaga kualitas kopi adalah proses fermentasi dan pengeringan kopi.

Saat ini terdapat dua metode fermentasi yang dapat dilakukan. Metode fermentasi pertama yaitu ketika kopi berbentuk ceri kopi atau kopi yang masih memiliki kulit terluarnya. Metode kedua yaitu pada saat biji kopi telah terkelupas dari kulitnya, sehingga menyisakan biji kopi dan lendir pelindungnya (*mucilage*). Setiap hasil proses fermentasi dapat mempengaruhi terhadap cita rasa kopi yang dihasilkan[5],[6]. Hal tersebut dikarenakan setiap metode fermentasi dapat mempengaruhi senyawa *volatile* dan kandungan bioaktif pada kopi[7]. Senyawa tersebut merupakan struktur pembangun pada aroma dan rasa yang dimiliki oleh kopi. keberagaman senyawa *volatile* pada kopi memberikan respon sensorik yang berbeda pada saat kopi diminum[8], sehingga dapat meningkatkan kenikmatan dalam secangkir kopi.

Proses fermentasi saat ini dilakukan dengan menggunakan kantong plastik atau drum plastik yang ditutup rapat. Salah satu contoh kasus yang saya dapatkan di Kampung Pasir Angling, Desa Suntenjaya, Kecamatan Lembang, Kabupaten Bandung Barat. Pasir angling adalah salah satu penghasil kopi Arabika di kawasan Bandung Utara. Saat ini proses fermentasi kopi yang mereka lakukan adalah dengan menggunakan media kantong plastik. Proses fermentasi tersebut dilakukan dengan cara kantong plastik tersebut diikat kuat ke atas udara untuk memicu pertumbuhan mikroorganisme yang dihasilkan oleh proses fermentasi kopi. Namun, penggunaan kantong plastik sebagai media fermentasi sangatlah kurang baik. Hal tersebut dikarenakan kontrol proses fermentasi yang sulit. Selain itu, penggunaan kantong plastik pada proses

fermentasi beresiko mengalami kegagalan. Pada proses fermentasi terjadi peningkatan pelepasan CO₂ yang dapat meningkatkan tekanan dalam plastik. Ketika batas elastisitas plastik tidak dapat menahan tekanan yang bertambah akan memicu terjadinya ledakan atau kebocoran kantong plastik, sehingga proses fermentasi beresiko mengalami kegagalan.

Pada proses fermentasi terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kualitas proses fermentasi. Pertama faktor yang perlu diperhatikan adalah suhu proses fermentasi dan waktu proses fermentasi[9]. Tinggi dan rendahnya suhu proses dapat mempengaruhi terhadap pertumbuhan mikroba yang mempengaruhi perubahan profil sensorik[10]. Faktor ke dua yang perlu diperhatikan adalah pemerataan proses fermentasi. Pemerataan proses tersebut perlu dilakukan untuk mencapai keseragaman bentuk dan warna fisik *green bean* setelah dikeringkan.

Dengan dasar tersebut perlu dilakukannya perubahan media fermentasi yang dapat mengoptimalkan proses fermentasi, sehingga dapat menghasilkan hasil fermentasi yang lebih baik. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan tabung fermentasi khusus. Penggunaan tabung fermentasi bertujuan untuk memudahkan dalam pengaturan suhu, kontrol waktu dan dan kontrol proses pengadukan. Sehingga hasil fermentasi akan jauh lebih baik dan seragam baik secara fisik maupun aroma kopi.

Saat ini tabung fermentasi telah terdapat di pasaran. Namun, tabung fermentasi tersebut masih berada pada kapasitas berkisar 50 – 80l. Perlu kita ketahui, bahwa petani pasir anging saat ini mampu memanen kopi sebanyak 1 ton dalam rentang 10 hari. Sehingga, rata-rata ceri kopi yang dapat diolah dalam seharusnya mencapai 100 kg. Dengan dasar tersebut penulis memutuskan untuk melakukan perancangan mesin fermentasi kopi dengan kapasitas 100 kg. Selain berdasar pada penyerapan kopi petani, proses fermentasi kopi memiliki waktu paling cepat adalah selama 72 jam atau 3 hari fermentasi. Hal tersebut akan berpengaruh pada jumlah kopi pada akhir proses pengolahan. Pada proses pengolahan kopi terjadi penyusutan sebanyak 60% - 70%.

Dengan demikian jika kita mengolah ceri sebanyak 100 kg, maka akan menghasilkan greenbean sebanyak 30 kg – 40 kg. Penyusutan yang besar tersebut yang menyebabkan kapasitas mesin fermentasi minimal sebanyak 100 kg. Jika dibawah kapasitas tersebut akan menyebabkan biaya investasi mesin yang berkepanjangan. Jika diatas kapasitas tersebut, akan menyebabkan biaya investasi mesin yang lebih mahal, sehingga akan memberatkan petani untuk mengakses mesin tersebut.

Tabung fermentasi yang tersedia saat ini tidak dilengkapi dengan proses pengadukan kopi, sehingga masih menggunakan proses manual untuk mencapai keseragaman hasil fermentasi. Selain itu, sistem kontrol yang dimiliki oleh tabung tersebut masih secara manual, belum dilengkapi dengan sistem indikator otomatis. Hal tersebut menyulitkan petani dalam proses kontrol proses fermentasi. Dengan keterbatasan tersebut yang menyebabkan hasil fermentasi kopi saat ini masih belum baik.

Terdapat salah satu jurnal yang telah mengembangkan mesin fermentasi kopi yaitu oleh Pusat Penelitian Kopi dan Kakao yang telah dilakukan pada tahun 2013[11]. Namun dalam penelitian tersebut masih memiliki kekurangan yaitu masih banyaknya biji cacat yang dihasilkan oleh proses fermentasi. Lalu, motor yang digunakan dalam proses fermentasi masih terlalu besar, sehingga perlu dilakukan pengkajian lebih dalam untuk menurunkan spesifikasi motor yang digunakan. Selain itu, terdapat permasalahan dalam perpindahan panas dalam termal jacket ke ruang fermentasi sehingga perlu untuk ditinjau kembali.

Berdasarkan informasi yang didapat dari salah satu *roastery coffee* yaitu Lajeng *Coffee* yang berada di Bukit Dago Barat, menyatakan bahwa kopi lokal masih belum mampu mengalahkan kopi impor. Hal tersebut dikarenakan profil sensorik yang dihasilkan oleh kopi lokal belum mampu menarik perhatian pecinta kopi. Saat ini terdapat salah satu petani kopi yaitu Saninten *Coffee* yang telah memulai melakukan fermentasi menggunakan tabung reaksi. Meskipun tabung fermentasi yang mereka punya memiliki keterbatasan, yaitu sistem fermentasi bersifat manual dan belum dilengkapi mekanisme pengadukan telah mampu memberikan dampak lebih terhadap

olahan kopi mereka. Saat ini, Perbedaan harga kopi hasil olahan saninten *coffee* dengan produsen lainnya cukup terlihat, yaitu 40% lebih mahal dibandingkan kopi dari produsen lainnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan tabun reaksi memiliki dampak ekonomis yang tinggi bagi penjualan seorang petani dan pengolah kopi.

Berdasarkan penjelasan di atas, perlu dilakukan perancangan mesin fermentasi kopi. Mesin yang dirancang harus memiliki kapasitas minimal 100 kg, dilengkapi dengan sistem pemanas otomatis, sistem kontrol otomatis dan mekanisme pengadukan otomatis, serta dilengkapi dengan indikator penunjang proses yaitu indikator pH, indikator kadar gula, dan indikator tekanan *vessel*. Dengan adanya rancangan tersebut, diharapkan dapat memberikan referensi rancangan dalam membuat mesin fermentasi untuk buah kopi.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan pada latar belakang di atas, maka terdapat permasalahan yang perlu untuk dilakukan pengkajian yang lebih mendalam. Rumusan masalah tersebut adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana rancangan mesin fermentasi untuk buah kopi dengan kapasitas mesin sebanyak 100 kg ceri kopi.
2. Bagaimana rancangan mekanisme pengadukan pada mesin fermentasi kopi.
3. Bagaimana mekanisme kontrol proses fermentasi, sehingga proses fermentasi dapat terkontrol dengan baik.

I.3 Ruang Lingkup

Berdasarkan perumusan permasalahan yang telah dijelaskan di atas, maka terdapat batasan dalam tugas akhir yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Tugas akhir ini berfokus pada perancangan mesin fermentasi kopi dengan memperhatikan peningkatan tekanan *vessel* yang terjadi, tanpa memperhatikan tekanan akibat proses aerasi dan agitasi.
2. Tugas akhir ini berfokus untuk menghasilkan rancangan mesin fermentasi kopi dengan memperhatikan material yang aman untuk makanan dan tahan korosi,

tanpa memperhatikan tingkat korosifitas akibat metode fermentasi yang digunakan.

3. Kontruksi rancangan mesin fermentasi dibuat dengan memperhatikan aspek ekonomis, sehingga mesin masih dapat terjangkau.
4. Tugas akhir ini berfokus pada perancangan agitator, tanpa memperhatikan proses fermentasi yang terjadi.
5. Tugas akhir ini hanya menyediakan rancangan komponen aerasi, tidak memperhatikan proses aerasi yang terjadi.
6. Perancangan water jacketed hanya mempertimbangkan perpindahan panas, tanpa memperhatikan peningkatan tekanan yang terjadi.
7. Tugas akhir ini tidak membahas proses elektrikal mesin, hanya menyediakan komponennya saja.

I.4 Tujuan

Berdasarkan perumusan permasalahan yang telah dijelaskan di atas, maka tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menghasilkan rancangan mesin fermentasi kopi yang memiliki kapasitas sebesar 100 kg ceri kopi dengan dilengkapi oleh sistem pemanas dan kontrol panas.
2. Menghasilkan rancangan mesin fermentasi kopi yang dilengkapi oleh mekanisme pengadukan untuk mencapai keseragaman hasil dan aman bagi operator.
3. Menghasilkan rancangan mesin fermentasi kopi yang dilengkapi oleh mekanisme kontrol

I.5 Manfaat

Berdasarkan tujuan yang telah disampaikan di atas, maka, tugas akhir ini akan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Meningkatkan kualitas biji kopi petani, sehingga mampu bersaing dengan produk kopi lainnya.
2. Meningkatkan perekonomian petani kopi.
3. Memberikan keterampilan tambahan kepada petani dalam mengolah kopi.