

SKRIPSI

**ANALISIS ALAT PENGERING BIJI KOPI
MENGUNAKAN TERMOELETRIK DENGAN PANEL
SURYA**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh

I MADE ARIF DWI ANTARA

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI**

2025

SKRIPSI

**ANALISIS ALAT PENGERING BIJI KOPI
MENGUNAKAN TERMOELETRIK DENGAN
PANEL SURYA**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh

I MADE ARIF DWI ANTARA

NIM 2115234002

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI**

2025

ABSTRAK

Pengeringan biji kopi merupakan tahap penting dalam proses pascapanen, namun metode konvensional masih memiliki keterbatasan, seperti ketergantungan pada kondisi cuaca dan waktu yang lama. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja mesin pengering biji kopi berbasis termoelektrik dengan panel surya sebagai sumber energi utama. Metode pengujian dilakukan secara eksperimental menggunakan dua jenis bahan, yaitu biji kopi *whole cherry* dan *parchment coffee*. Parameter yang diamati meliputi efisiensi termal, efisiensi pengeringan, *Coefficient of Performance* (COP), laju aliran massa pengeringan, dan *Specific Moisture Extraction Rate* (SMER), serta kontribusi daya dari panel surya.

Pengujian dilakukan pada dua jenis bahan, yaitu biji kopi *whole cherry* dan *parchment coffee*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pengeringan *whole cherry* memiliki efisiensi termal sebesar 49% yang masih berada pada kisaran normal, namun efisiensi pengeringan hanya 35% dan tergolong rendah. Nilai koefisien performansi (COP) sebesar 0,35 serta *specific moisture extraction rate* (SMER) sebesar 0,0218 kg/kWh juga masih rendah dibandingkan standar penelitian sebelumnya. Sebaliknya, pengeringan *parchment coffee* menunjukkan kinerja yang lebih baik, dengan efisiensi pengeringan sebesar 58%, COP 0,58, dan SMER 0,3368 kg/kWh yang sudah termasuk kategori baik, meskipun efisiensi termal hanya 39% dan berada di bawah batas standar normal. Dari sisi suplai energi, panel surya hanya mampu berkontribusi sebesar 11,8% pada *whole cherry* dan 5% pada *parchment coffee*. Rendahnya kontribusi tersebut disebabkan keterbatasan kapasitas baterai yang cepat penuh sehingga energi dari panel tidak tersalurkan secara optimal. Oleh karena itu, peningkatan kapasitas penyimpanan energi atau penerapan sistem beban langsung diperlukan agar pemanfaatan energi surya lebih maksimal.

Kata Kunci: *Mesin pengering, termoelektrik, biji kopi, whole cherry, parchment coffee, panel surya, efisiensi energi*

ANALYSIS OF COFFEE BEAN DRYING DEVICE USING THERMOELECTRIC WITH SOLAR PANELS

ABSTRACT

Coffee bean drying is a crucial stage in the post-harvest process; however, conventional methods still have limitations, such as dependency on weather conditions and long drying durations. This study aims to analyze the performance of a coffee bean drying machine based on thermoelectric technology with solar panels as the primary energy source. The experimental method was conducted using two types of coffee beans: whole cherry and parchment coffee. The observed parameters include thermal efficiency, drying efficiency, Coefficient of Performance (COP), drying mass flow rate, Specific Moisture Extraction Rate (SMER), and the power contribution from solar panels.

The experiment was conducted on two types of coffee beans, namely whole cherry and parchment coffee. The results showed that whole cherry drying achieved a thermal efficiency of 49%, which is within the normal range, but the drying efficiency was only 35%, categorized as low. The coefficient of performance (COP) was 0.35 and the specific moisture extraction rate (SMER) was 0.0218 kg/kWh, both considered below the recommended values. In contrast, parchment coffee drying demonstrated better performance, with a drying efficiency of 58%, COP of 0.58, and SMER of 0.3368 kg/kWh, which are within the efficient category, although the thermal efficiency of 39% remained below the normal standard. In terms of energy supply, the solar panel only contributed 11.8% for whole cherry drying and 5% for parchment coffee drying. The low contribution was mainly due to the limited battery capacity, which quickly reached full charge and prevented optimal utilization of solar energy. Therefore, increasing the storage capacity or implementing a direct load system is necessary to maximize the use of solar energy.

Keywords: *Drying machine, thermoelectric, coffee beans, whole cherry, parchment coffee, solar panel, energy efficiency*

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iv
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT.....	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT.....	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.4.1 Tujuan umum.....	3
1.4.2 Tujuan khusus.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.5.1 Bagi penulis	3
1.5.2 Bagi Politeknik Negeri Bali.....	4
1.5.3 Bagi masyarakat.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Kopi	5
2.2 Proses Pengeringan Biji Kopi.....	6
2.2.1 Biji kopi berkulit buah (<i>whole cherry</i>)	7

2.2.2	Biji kopi berkulit (<i>parchment coffee</i>).....	7
2.2.3	Biji kopi kupasan (<i>green bean</i>).....	8
2.3	Termoelektrik	8
2.3.1	Efek Seebeck	9
2.3.2	Efek Peltier	9
2.4	<i>Heat Sink</i> Pada Termoelektrik.....	10
2.5	Panel Surya	10
2.6	Jenis jenis panel surya	11
2.6.1	Mono-crystalline	11
2.6.2	Poly-crystalline	12
2.6.3	Panel surya <i>thin film</i>	13
2.7	<i>Solar Charge Controller</i>	15
2.8	Baterai.....	16
2.9	Inverter.....	16
2.10	Sistem Panel Surya.....	17
2.10.1	Sistem <i>off grid</i>	17
2.10.2	Sistem <i>on-grid</i>	18
2.10.3	Sistem <i>hybird</i>	19
2.11	Pengertian Psikrometrik.....	20
2.11.1	Sifat udara pada psikrometrik.....	20
2.11.2	Proses udara dalam psikrometrik.....	21
2.12	Menghitung Kinerja Mesin Pengering.....	24
2.12.1	Efisiensi Termal (η_t).....	24
2.12.2	Efisiensi Pengeringan (η_p).....	25
2.12.3	Coefficient of Performance.....	26
2.12.4	Menghitung Laju Aliran Massa Pengeringan	27
2.12.5	<i>Specific moisture extraction rate</i> (SMER).....	27
2.13	Menghitung Kinerja Dari Panel Surya	28
2.14	Komponen Alat Pengering	29
BAB III METODE PENELITIAN.....		34

3.1	Jenis Penelitian	34
3.2	Alur Penelitian	38
3.3	Lokasi Dan Waktu Penelitian	39
3.3.1	Lokasi penelitian.....	39
3.3.2	Waktu penelitian	39
3.4	Penentuan Sumber Data.....	39
3.5	Sumber Daya Penelitian	41
3.6	Instrumen Penelitian	41
3.7	Prosedur Pengujian	44
3.7.1	Prosedur pengujian alat pengering biji kopi	44
3.7.2	Prosedur pengujian panel surya sebagai sumber energi	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		45
4.1	Hasil Penelitian.....	45
4.1.1	Hasil desain.....	45
4.1.2	Penempatan sensor pada ruang pengering	46
4.1.2	Langkah pengambilan data temperatur dan kelembapan.....	48
4.1.3	Langkah dalam pengambilan data panel surya	48
4.2	Proses Pengujian Biji Kopi.....	49
4.2.1	Data pengujian biji kopi <i>whole cherry</i>	51
4.2.2	Hasil pengujian biji kopi <i>whole cherry</i>	54
4.2.3	Data pengujian biji kopi <i>whole cherry</i>	54
4.2.4	Hasil pengujian biji kopi <i>parchment coffee</i>	57
4.3	Pengujian Panel Surya Pengujian Biji Kopi	57
4.4	Kinerja Mesin Pengering Pengujian Biji Kopi <i>Whole Cherry</i>	59
4.4.1	Efisiensi termal (η_t)	60
4.4.2	Efisiensi pengeringan (η_p)	62
4.4.3	Coefficient of performance	63
4.4.4	Laju aliran massa pengeringan	63
4.4.5	<i>Specific moisture extraction rate</i>	64
4.5	Kinerja mesin pengering pengujian biji kopi (<i>parchment coffee</i>)	64

4.5.1 Efisiensi termal (η_t)	65
4.5.2 Efisiensi pengeringan (η_p)	67
4.5.3 Coefficient of performance	68
4.5.4 Menghitung laju aliran massa pengeringan	68
4.5.5 <i>Specific moisture extraction rate</i> (SMER).....	69
4.6 Menghitung Kinerja Dari Panel Surya Pengujian <i>Whole Cherry</i>	69
4.7 Menghitung Kinerja Dari Panel Surya Biji Kopi (<i>Parchment Coffee</i>).....	71
4.8 Pembahasan Pengujian Biji Kopi (<i>Whole Cherry</i>)	72
4.8.1 Grafik data kelembapan pada pengujian selama 10 jam.....	72
4.8.2 Grafik data temperatur pengujian biji kopi selama 10 jam.....	73
4.8.3 Grafik data TH,TC pengujian biji kopi selama 10 jam.....	75
4.8.4 Grafik penurunan kadar air selama 10 jam	76
4.8.5 Diagram psikometrik pengujian biji kopi selama 10 jam	77
4.9 Pembahasan Pengujian Biji Kopi (<i>Parchment Coffee</i>).....	81
4.9.1 Grafik data temperatur pada pengujian selama 7 jam.....	81
4.9.2 Grafik data kelembapan pada pengujian selama 7 jam.....	82
4.9.3 Grafik data TH dan TC pada pengujian selama 7 jam.....	84
4.9.4 Grafik penurunan kadar air	85
4.9.5 Diagram psikometrik pengujian selama 7 jam	85
4.10 Pembahasan Grafik Panel Surya.....	89
BAB V PENUTUP.....	92
5.1 Kesimpulan	92
5.2 Saran	92
DAFTAR PUSTAKA	94
LAMPIRAN.....	97

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Standar mutu biji kopi kering	6
Tabel 2. 2 Spesifikasi panel surya <i>monocrystalin</i>	11
Tabel 2. 3 Spesifikasi panel surya <i>poly-crystalline</i>	12
Tabel 2. 4 Spesifikasi panel surya thin-film.....	14
Tabel 2. 5 Spesifikasi SCC	15
Tabel 2. 6 Spesifikasi baterai	16
Tabel 2. 7 Spesifikasi inverter.....	17
Tabel 2. 8 Spesifikasi termoelektrik TEC-12706.....	30
Tabel 2. 9 Spesifikasi <i>fan</i>	30
Tabel 2. 10 Spesifikasi sensor DHT 22.....	32
Tabel 2. 11 Spesifikasi sensor DS18B20	33
Tabel 3. 1 Waktu penelitian	39
Tabel 3. 2 Penentuan sumber data mesin pengering.....	40
Tabel 3. 3 Penentuan sumber data panel surya	40
Tabel 4. 1 Data pengujian biji kopi whole cherry selama 9 jam.....	52
Tabel 4. 2 Data pengujian biji kopi whole cherry selama 10 jam.....	53
Tabel 4. 3 Data pengujian biji kopi parchment coffee selama 6 jam.....	55
Tabel 4. 4 Data pengujian biji kopi parchment coffee selama 7 jam.....	56
Tabel 4. 5 Data pengujian panel surya biji kopi whole cherry selama 10 jam	58
Tabel 4. 6 Data pengujian panel surya biji kopi parchment coffee selama 7 jam.	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Biji kopi.....	6
Gambar 2. 2 Termoelektrik.....	8
Gambar 2. 3 Proses termoelektrik mengubah energi panas menjadi energi listrik...	9
Gambar 2. 4 Proses termoelektrik mengubah energi listrik menjadi energi panas.	10
Gambar 2. 5 Skema proses pemanfaatan energi surya.....	11
Gambar 2. 6 Panel surya <i>mono-crystalline</i>	12
Gambar 2. 7 Panel surya <i>polly-crystalline</i>	13
Gambar 2. 8 Panel surya thin-film	14
Gambar 2. 9 Solar <i>charge controller</i>	15
Gambar 2. 10 Baterai panel surya	16
Gambar 2. 11 Inverter	17
Gambar 2. 12 Sistem <i>off-grid</i> panel surya	18
Gambar 2. 13 Sistem <i>on-grid</i> panel surya.....	18
Gambar 2. 14 Sistem <i>hybird</i> panel surya	19
Gambar 2.15 Diagram psikrometrik proses penurunan kelembaban	21
Gambar 2.16 Proses-proses psikometrik.....	22
Gambar 2. 17 Termoelektrik TEC1-12706	29
Gambar 2. 18 <i>Fan</i> dc 12 v 80 mm	30
Gambar 2. 20 Heatsink.....	31
Gambar 2. 21 Coldsink	31
Gambar 2. 22 Sensor DHT-22	32
Gambar 2. 23 Sensor DS18B20	33
Gambar 3. 1 Alat pengering biji kopi menggunakan termoelektrik.....	35
Gambar 3. 2 (A) Tampak depan (B) Tampak belakang.....	35
Gambar 3. 3 Aliran udara dalam kotak pengering	36
Gambar 3. 4 Skematik sistem dan penempatan alat ukur	36
Gambar 3. 5 Diagram alur penelitian	38
Gambar 3. 6 Alat pengukur kadar air	42

Gambar 3. 7 Timbangan.....	42
Gambar 3. 8 Stopwatch.....	42
Gambar 3. 9 Avometer.....	43
Gambar 3. 10 Lux meter	43
Gambar 3. 11 Anemo meter	43
Gambar 4. 1 Tampak depan (A) tampak belakang (B)	46
Gambar 4. 2 Penempatan sensor	46
Gambar 4. 3 Sensor <i>T1</i> dan <i>RH1</i>	47
Gambar 4. 4 Sensor <i>T2</i> dan <i>RH2</i>	47
Gambar 4. 5 Sensor <i>T3</i> dan <i>RH3</i>	47
Gambar 4. 6 Sensor pada heatsink	47
Gambar 4. 7 Sensor pada coldsink.....	48
Gambar 4. 8 Pemetikan biji kopi.....	49
Gambar 4. 9 Penimbangan biji kopi.....	50
Gambar 4. 10 Penempatan biji kopi pada rak pengering	50
Gambar 4. 11 Pengujian biji kopi <i>whole cherry</i>	50
Gambar 4. 12 Hasil pengeringan biji kopi (<i>whole cherry</i>).....	54
Gambar 4. 13 Hasil pengeringan biji kopi 7 jam	57
Gambar 4. 14 Pencatatan data <i>Pout</i> panel surya	58
Gambar 4. 15 Grafik data kelembapan pada pengujian biji kopi (<i>whole cherry</i>).	73
Gambar 4. 16 Grafik temperatur pada pengujian 10 jam.....	74
Gambar 4. 17 Grafik data TH,TC pengujian biji kopi selama 10 jam	75
Gambar 4. 18 Grafik penurunan kadar air pengujian 10 jam.....	76
Gambar 4. 19 Diagram psikometrik <i>whole chery</i>	79
Gambar 4. 20 Grafik temperatur pengujian <i>parchment coffee</i>	81
Gambar 4. 21 Grafik penurunan kelembapan pengujian <i>parchment coffee</i>	83
Gambar 4. 22 Grafik TH dan TC biji kopi pengujian <i>parchment coffee</i>	84
Gambar 4. 23 Grafik penurunan kadar air <i>parchment coffee</i>	85
Gambar 4. 24 Diagram psikometrik <i>parchment coffee</i>	88
Gambar 4. 25 Grafik kinerja panel surya pada pengujian <i>whole cherry</i>	90
Gambar 4. 26 Grafik kinerja panel surya <i>parchment coffee</i>	91

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 <i>Properties of air</i>	97
Lampiran 2 <i>Properties of saturated water</i>	98
Lampiran 3 Lembar bimbingan pembimbing 1	99
Lampiran 4 Lembar kartu layak ujian pembimbing 1.....	100
Lampiran 5 Lembar bimbingan pembimbing 2	101
Lampiran 6 Lembar kartu layak ujian pembimbing 2.....	102
Lampiran 7 Data temperatur dan kelembapan pengujian <i>whole cherry</i> 10 jam .	103
Lampiran 8 Data voltase dan ampere 10 jam <i>whole chery</i>	104
Lampiran 9 Data temperatur dan kelembapan pengujian <i>whole cherry</i> 9 jam ...	105
Lampiran 10 Data voltase dan ampere 9 jam biji kopi <i>whole cherry</i>	105
Lampiran 11 Data pengujian 6 jam biji kopi <i>parchment coffee</i>	106
Lampiran 12 Data voltase dan ampere 6 jam kopi <i>parchment coffee</i>	106
Lampiran 13 Data temperatur dan kelembapan 7 jam <i>parcment coffee</i>	107
Lampiran 14 Data voltase dan ampere pengujian 7 jam <i>parchment coffee</i>	108
Lampiran 15 Data diagram psikometrik pengujian <i>whole cherry</i> 10 jam.....	109
Lampiran 16 Data psikometrik pengujian 7 jam <i>parchment coffee</i>	111
Lampiran 17 Data pengujian panel surya 7 jam biji kopi <i>parchment coffee</i>	113
Lampiran 18 Pengujian laju aliran udara	115

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah salah satu produsen kopi terbesar di dunia, dengan produksi tahunan yang signifikan. Menurut data dari Kementerian Pertanian (2022), kopi menjadi komoditas andalan dalam sektor perkebunan dan berkontribusi besar terhadap ekonomi nasional. Pengeringan merupakan proses penting dalam banyak industri termasuk pertanian. Pengeringan berguna untuk mengurangi kadar air pada produk guna memperpanjang umur simpan dan meningkatkan kualitas.

Selama ini, para petani tradisional mengeringkan biji kopi secara manual yaitu masih memanfaatkan sinar matahari langsung, lama penjemuran antara 5 - 10 hari tergantung cuaca. Umumnya petani mengakhiri penjemuran dengan perkiraan tingkat kekeringan 13 – 15%, dilaporkan oleh Silva *et al* (2019, p. 56). Namun metode ini memiliki beberapa kendala, seperti tercemarnya biji kopi oleh kotoran – kotoran yang berada di lingkungan sekitar, proses pengeringan ini sangat bergantung kepada cuaca, waktu pengeringan yang cukup lama dan turunnya hujan yang menyebabkan kadar air tidak stabil. Oleh karena itu, diperlukan inovasi dalam teknologi pengeringan yang lebih efisien.

Dalam konteks ini, teknologi termoelektrik yang memanfaatkan perbedaan temperatur untuk menghasilkan energi listrik merupakan alternatif yang menjanjikan. Dengan mengintegrasikan sistem termoelektrik dengan panel surya sebagai sumber energi, proses pengeringan biji kopi dapat dilakukan lebih berkelanjutan. Sumber daya energi surya yang melimpah di Indonesia dapat digunakan untuk mendukung proses pengeringan, sehingga mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil yang semakin lemah. Hal ini merupakan bagian dari upaya pengurangan emisi karbon dan dampak negatif terhadap lingkungan (Putra, 2021).

Panel surya, sebagai salah satu sumber energi terbarukan, menawarkan manfaat besar dalam mengurangi ketergantungan pada energi fosil.

Pemanfaatannya tidak hanya mendukung keberlanjutan lingkungan, tetapi juga memberikan alternatif energi bagi daerah-daerah terpencil yang tidak terjangkau oleh jaringan listrik. Kombinasi teknologi termoelektrik dengan panel surya menciptakan sistem pengering yang hemat energi, ramah lingkungan, dan mampu menghasilkan hasil pengeringan yang lebih konsisten.

Alat pengering biji kopi ini merupakan alat yang dirancang untuk mengurangi kadar air di dalam biji kopi hingga mencapai kadar optimal sekitar 11-13% (SNI, 2008), sehingga biji kopi dapat disimpan dengan aman dan tidak mudah rusak akibat jamur maupun fermentasi berlebihan. Mesin pengering biji kopi berperan penting dalam menjaga kualitas dan daya saing produk kopi di pasaran. Pemilihan alat yang tepat harus didasarkan pada kebutuhan dan sumber daya yang tersedia.

Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis alat pengeringan biji kopi menggunakan sistem termoelektrik yang didukung panel surya sebagai sumber energi. Dengan melakukan analisis, pengering biji kopi dapat dioptimalkan untuk mendukung kualitas dari produk, efisiensi mesin pengering, dan keberlanjutan bisnis dalam industri kopi. Menurut Sari (2022), pemanfaatan teknologi energi terbarukan pada sektor pertanian dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil pertanian khususnya biji kopi. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap perkembangan teknologi di bidang teknik mesin.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan diatas, maka ada beberapa hal yang menjadi permasalahan yang harus ditangani sebagai berikut :

1. Bagaimana analisis kinerja dari mesin pengering biji kopi menggunakan termoelektrik ?
2. Bagaimana analisis kinerja panel surya sebagai sumber energi dari pengeringan menggunakan termoelektrik ?

1.3 Batasan Masalah

Dengan banyaknya perkembangan yang dapat ditemukan dalam hal ini, maka perlu adanya batasan – batasan terhadap apa yang diciptakan dan diselesaikan

dalam hal ini. Adapun beberapa batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Panel surya yang digunakan jenis panel surya *polly crystalline, mono crystalin* dengan kapasitas total 2800 watt
2. Baterai yang digunakan dengan kapasitas 100 AH
3. Media yang dikeringkan adalah biji kopi dengan skala kecil
4. Pengujian alat pengering biji kopi menggunakan termoelektrik dengan panel surya pada saat intensitas cahaya matahari penuh

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari Analisis pengering biji kopi menggunakan termoelektrik berbasis panel surya yakni terdapat dua tujuan sebagai berikut :

1.4.1 Tujuan umum

1. Sebagai syarat untuk menyelesaikan program pendidikan Sarjana Terapan pada Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali.
2. Menerapkan ilmu - ilmu yang telah diperoleh selama mengikuti perkuliahan di jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.

1.4.2 Tujuan khusus

1. Dapat menganalisis kinerja mesin pengering biji kopi dengan termoelektrik.
2. Dapat menganalisis kinerja dari panel surya sebagai sumber energi.

1.5 Manfaat Penelitian

Penulis berharap dengan hasil pengujian ini dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1.5.1 Bagi penulis

1. Penelitian ini berguna untuk mengaplikasikan ilmu dan pemahaman yang diperoleh selama perkuliahan, sebagai referensi media pembelajaran untuk memperluas wawasan.
2. Penelitian ini memperluas pemahaman tentang teknologi termoelektrik dan panel surya serta penerapannya dalam sistem pengeringan.

1.5.2 Bagi Politeknik Negeri Bali

1. Penelitian ini dapat memotivasi mahasiswa untuk mengembangkan ide-ide teknologi yang inovatif dan membuka peluang usaha, seperti menciptakan produk pengeringan kopi yang siap dipasarkan.
2. Proyek ini dapat digunakan sebagai bahan pembelajaran praktik untuk membantu siswa memahami konsep termoelektrik, energi terbarukan, dan teknik peralatan. Selain itu, mahasiswa mendapatkan pengalaman langsung dalam analisis dan pengembangan teknologi.

1.5.3 Bagi masyarakat

1. Perkembangan pengering menggunakan termoelektrik berbasis panel surya mendorong masyarakat untuk menerapkan teknologi baru dalam praktik pertanian, sehingga menciptakan pertanian yang lebih berkelanjutan dan produktif.
2. Penelitian ini memberikan teknologi yang mudah diterapkan bagi masyarakat pedesaan, terutama di daerah terpencil yang tidak memiliki pasokan listrik yang memadai. Oleh karena itu, alat ini dapat membantu mempercepat proses modernisasi pertanian kopi.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis kinerja mesin pengering biji kopi berbasis termoelektrik dengan sumber energi dari panel surya, maka dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. Kinerja mesin pengering biji kopi

Pada pengujian menggunakan biji kopi *whole cherry*, efisiensi termal sebesar 49% masih termasuk baik karena menurut literatur efisiensi termal pengering sederhana umumnya berkisar 40–60% (Syahrul et al., 2020). Namun, efisiensi pengeringan sebesar 35% tergolong rendah jika dibandingkan dengan nilai efisiensi pengeringan yang ideal berada pada kisaran 50–70% (Zainudin et al., 2019). Nilai COP yang diperoleh sebesar 0,35 juga masih rendah, karena menurut penelitian sebelumnya COP sistem pengering termoelektrik umumnya mencapai 0,5–1 (Rahman et al., 2021). Demikian pula, nilai SMER sebesar 0,0218 kg/kWh jauh di bawah kategori baik, sebab nilai SMER yang dianggap efisien berada pada rentang 0,25–0,5 kg/kWh (Chua et al., 2002). Hal ini menunjukkan bahwa pengeringan *whole cherry* masih kurang efisien dalam pemanfaatan energi listrik.

Sebaliknya, pada pengujian menggunakan biji kopi *parchment coffee*, kinerja mesin menunjukkan hasil yang lebih baik. Efisiensi termal sebesar 39% masih tergolong rendah dalam batas efisiensi normal (40–60%), sementara efisiensi pengeringan mencapai 58% yang tergolong tinggi karena sudah melampaui batas bawah standar ideal (50–70%). Nilai COP sebesar 0,58 juga lebih baik dan mendekati kategori efisiensi baik pada termoelektrik ($\geq 0,5$). Selain itu, nilai SMER sebesar 0,3368 kg/kWh masuk dalam kategori baik karena berada dalam rentang 0,25–0,5 kg/kWh.

2. Kinerja dari panel surya sebagai sumber energi

Pada pengujian, panel surya hanya menyumbang 11,8% energi pada *whole cherry* dan 5% pada *parchment coffee*. Rendahnya kontribusi ini disebabkan

kapasitas baterai yang cepat penuh sehingga energi dari panel tidak tersalurkan optimal. Penelitian lain menunjukkan sistem pengering berbasis surya umumnya dapat menyuplai hingga 30–50% kebutuhan energi (Sharma et al., 2017; Akpinar, 2020). Oleh karena itu, diperlukan peningkatan kapasitas baterai atau penerapan beban langsung agar energi matahari dapat termanfaatkan lebih maksimal.

5.2 Saran

1. Sebelum melakukan pengujian sebaiknya melakukan pengecekan untuk setiap komponen agar tidak terganggu oleh sistem yang error dari salah 1 komponen yang mengakibatkan kinerja dari mesin pengering tidak maksimal.
2. Jika membuat mesin pengering dengan menggunakan termoelektrik yang diperlu diperhatikan adalah penggunaan *thermal phasta*, semakin tinggi nilai konduktifitas termal maka semakin baik penyebaran panas dari heatsink.
3. Untuk yang menggunakan biji kopi sebagai bahan pengeringan penelitian selanjutnya disarankan agar lebih memperhatikan pemilihan sumber panas. Modul termoelektrik dapat diganti atau dikombinasikan dengan sumber panas lain seperti elemen heater listrik maupun pemanas berbasis biomassa, sehingga proses pengeringan dapat berlangsung lebih efektif dan efisien.
4. Sebaiknya dalam penelitian selanjutnya memperhatikan pemilihan modul termoelektrik berdasarkan kualitasnya. Hal ini penting karena perbedaan harga umumnya mencerminkan perbedaan kualitas, sehingga dengan menggunakan modul yang lebih baik diharapkan kinerja pengeringan menjadi lebih efektif dan efisien.
5. Pada pengujian sistem panel surya, disarankan agar baterai terlebih dahulu dikondisikan dalam keadaan terpakai atau dikuras hingga batas tertentu sebelum dilakukan pengisian ulang. Hal ini bertujuan untuk memperoleh data efisiensi pengisian yang lebih akurat serta mencerminkan kinerja nyata panel surya dalam kondisi operasional sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditama, I. K. A. 2023. *Analisis Integrasi Tec (Peltier Sel) Sebagai Pendingin Panel Surya Pada Alat Pengering Bawang*. Skripsi. Politeknik Negeri Bali, Badung- Bali.
- Ahmed, S., Rahman, S., Haque, E., & Kabir, M. (2022). Post-harvest processing techniques and their effects on coffee bean quality: A review. *Journal of Food Quality*, 2022, Article ID 2409315.
- Akpinar, E. K. (2011). Drying of mint leaves in a solar dryer and under open sun: Modelling, performance analyses. *Energy Conversion and Management*, Vol 52(2) hal 858–865.
- Aliexperss (2024). *Fan DC 12V 0.2A ukuran 8x8 cm pendingin komputer*. Diakses dari <https://www.tokopedia.com> pada 18 Agustus 2025.
- Al-Wesabi, A. A., Ayob, S. M., Al-Mansoori, M., Saeed, A. T., & Elbasheer, M. O. 2020. Experimental performance evaluation of monocrystalline and polycrystalline photovoltaic modules under outdoor conditions in Malaysia. *Renewable Energy*. 149: 693–706.
- Aneka, F. 2016. Perncangan Dan Analisa Alat Pengering Ikan Dengan Memanfaatkan Energi Briket Batubara. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*. Vol 5 hal 129-139
- Bitka. 2023. *Mengenal Biji Kopi: Pengertian, Asal, dan Jenis-jenisnya*. Terdapat pada :<https://www.bitkaorigin.com/detail/mengenal-biji-kopi-pengertian-asal-dan-jenis-jenisnya>. Diakses pada 20 Januari 2025.
- Cctcid. 2018. *Standar Nasional Indonesia (SNI) biji kopi : SNI 01-2907-2008*. Terdapat pada : <https://www.cctcid.com/2018/08/14/standar-nasional-indonesia-sni-sni-01-2907-1999> diakses pada 3 januari 2025.
- Chua, K. J., Mujumdar, A. S., Chou, S. K., & Hawlader, M. N. A. (2002). Convective drying of agricultural products: Effect of continuous and stepwise change in drying air temperature. *Drying Technology*, Vol 20(8), hal 1551–1568.
- Elektrologi. 2015. *Thermoelectric Peltier TEC1-12706*. Terdapat pada <https://elektrologi.iptek.web.id/thermoelectric-peltier-tec1-> Diakses pada 20 Januari 2025.
- Elsayed, S. 2022. Performance study of monocrystalline, polycrystalline, and thin-film solar PV modules in the Egyptian environment. *Journal of Renewable Energy Research*. 12 (3): 221–229.

- Febriana, A., Mulyana, E., Trisno, B. 2024. *Evaluasi Kinerja Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid Pada Gedung Centre Of Excellence Universitas Pendidikan Indonesia. Jurnal Ilmiah Teknik Elektro.* 26 : 33 – 34
- Ghosh, S., et al. 2021. "Fundamentals of Coffee Drying Techniques." *International Coffee Research Journal*, 10(2), 23-37.
- Handini Novita Sari, I. Made Arsana. 2022. Performance Analysis of Electric Coolers TEC1-12706 and TEC1-12715 with Heatsinks at Semi-conductor Cooler Boxes. *Jurnal CSE 2022, Atlantis Press (AER 218)*, hlm. 281–292.
- Huda, M., & Saputro, D. 2021. Analisis Aliran Udara Pada Ruang Pengering Low Temperature Dryer Dengan Simulasi CFD. *Jurnal Inovasi Mesin.* Vol 3 (2) Hal. 35–43.
- Lopes, A. M., et al. 2021. "The Impact of Drying on Coffee Aroma and Flavor." *Journal of Coffee Quality Research*, 18(2), 67-79.
- Made Ery Arsana, L. P. Ike Midiani, Arbyansyah Darmawan 2021. Analisa kinerja FCU menggunakan diagram psikrometri. *Artikel Konferensi atau Jurnal.* 8 : 240-234.
- Mahlia, T.M.I., *et al.*, 2010. Clothes drying from room air conditioning waste heat: thermodynamics investigation. *Arabian Journal for Science and Engineering.* Vol 35 No 1B, 339-351.
- Mere, L.A. 2022. Analisis Perpindahan Panas Pada Mesin Pengering Daun Kelor Tipe Tray Dryer Menggunakan Lampu Pijar Sebagai Pemanas. *Jurnal SIMETRIS.* 13 (1) : 3-5.
- Mertayadi, I. M. 2024. *Rancang Bangun Prototype Pengering Jahe Sistem Dehumidifikasi Dengan Menggunakan Thermoelectric.* Skripsi. Politeknik Negeri Bali, Badung-Bali.
- Muttaqin, I., Irhamni, G., Agan, W., 2016. Analisis rancangan sel surya dengan kapasitas 50 watt untuk penerangan parkir uniska. *Jurnal Teknik Mesin UNISKA.* 01 : 34 – 37.
- Nugroho, D. A., & Siregar, F. A. (2023). Performance of a thermoelectric coffee bean dryer using renewable energy. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1198(1), 012039.
- Nurdiana, D. 2020. "Analisis dan Pengembangan Teknologi Pengeringan Biji Kopi." *Jurnal Teknologi Pertanian*, 12(2), 45-50.
- Otoklix . 2023. *Yuk, Ketahui Fungsi dan Cara Pakai AVO Meter yang Benar!* Terdapat pada : https://otoklix.com/blog/yuk-ketahui-fungsi-dan-cara-pakai-avo-meter-yang-benar/#google_vignette. Diakses pada 20 Januari 2023.

- Permana, I., Bangse, I. K., & Temaja, I. W. (2022). Rancang bangun sistem refrigrasi termoelektrik dengan memanfaatkan panel surya. *Repository Politeknik Negeri Bali*.
- Prastyo, D., Sutrisno, J., & Hadiyanto. (2021). Comparison of coffee quality and drying efficiency between natural and washed processes using solar dryer. *International Journal of Renewable Energy Development (IJRED)*, 10(3), 545–552.
- Putra, A. 2021. "Pemanfaatan Energi Terbarukan dalam Industri Pertanian." *Jurnal Energi Terbarukan*. 15(1), 23-30.
- Rahman, M. S., Perera, C. O., & Thebaud, C. (2021). Energy efficiency in food drying: Review and perspectives. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Vol 61(4)1–22.
- Rakusilmu. 2018. *Pengertian Lux Meter Beserta Kegunaan Lengkap Prinsip kerja* terdapat pada <https://rakusilmu.home.blog/2018/11/22/pengertian-lux-meter-beserta-kegunaan-lengkap-prinsip-kerja/> . Diakses pada tanggal 20 Januari 2025.
- Sari, R. 2022. "Inovasi Teknologi Termoelektrik untuk Energi Berkelanjutan." *Jurnal Teknik Mesin*, 10(3), 78-85.
- Sentrakalibrasiindustri. 2024. *Tips & Trik: Bagaimana Teknik Dalam Penggunaan Alat Ukur stopwatch yang Benar?*. Terdapat pada : <https://www.sentrakalibrasiindustri.com/tag/stopwatch-adalah/>. Diakses pada tanggal 20 januari 2025.
- Sharma, G. P., Verma, R. C., & Pathare, P. B. (2017). Mathematical modelling of thin layer drying kinetics of papaya slices. *Journal of Food Engineering*, 79(1), 7–14.
- Silva, D. B., & Lima, A. C. 2019. "Effects of Different Drying Methods on the Quality of Coffee Beans." *Journal of Food Science and Technology*, 56(4), 1890-1898.
- Siska, Y. 2022 *Pembangkit Listrik Tenaga Surya On Grid* . Terdapat pada : <https://www.indoniaga.co.id/2022/02/pembangkit-listrik-tenaga-surya-on-grid.html>. Diakses tanggal 2 Januari 2025.
- Surya U, P . 2016. *Skema Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off Grid*. Terdapat pada : <https://suryautamaputra.co.id/skema-pembangkit-listrik-tenaga-surya-off-grid>. Diakses tanggal 2 januari 2025.
- Syahrul, S., Sutrisno, E., & Hidayat, M. (2020). Pengembangan mesin pengering gabah vertikal berbasis energi terbarukan. *Jurnal Rekayasa Mesin dan Energi*, Vol 8(2) hal 45–52.