

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN MESIN PENGERING BIJI KOPI
MENGUNAKAN TEKNOLOGI REFRIGERASI
TERMOELEKTRIK TENAGA SURYA**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh :

I MADE ANDI SURYAWAN
NIM 2115234022

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI
2025**

ABSTRAK

Proses pengeringan merupakan tahap krusial dalam pengolahan pascapanen biji kopi karena berpengaruh langsung terhadap kualitas hasil akhir. Pengeringan secara konvensional dengan penjemuran matahari masih banyak digunakan, namun sangat bergantung pada cuaca dan berisiko menurunkan kualitas biji akibat kontaminasi debu, jamur, dan bakteri. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun mesin pengering biji kopi berbasis termoelektrik dengan pemanfaatan panel surya sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan.

Perancangan alat ini melibatkan komponen utama berupa empat modul Peltier TEC1-12706 sebagai pemanas, panel surya berkapasitas 100 Wp, baterai 12V sebagai penyimpan energi, serta sistem kontrol berbasis mikrokontroler Arduino Uno. Dimensi alat dirancang sebesar 640 x 540 x 410 mm dengan dilengkapi sensor suhu dan kelembapan (DHT22 dan DS18B20) serta fan DC untuk menjaga sirkulasi udara. Energi listrik dari panel surya dialirkan melalui sistem off-grid untuk mengoperasikan seluruh rangkaian pengering.

Hasil dari rancang bangun menunjukkan bahwa alat ini mampu mendistribusikan panas secara merata dan mempertahankan suhu pengeringan dalam kisaran optimal, sehingga mempercepat proses penurunan kadar air pada biji kopi. Alat ini diharapkan dapat menjadi solusi alternatif pengeringan yang efisien, hemat energi, dan dapat diterapkan di wilayah terpencil yang belum terjangkau jaringan listrik PLN.

Kata kunci: *Mesin pengering kopi, termoelektrik, panel surya, energi terbarukan, Arduino Uno*

DESIGN OF A COFFEE BEAN DRYING MACHINE USING SOLAR THERMOELECTRIC REFRIGERATION TECHNOLOGY

ABSTRACT

The drying process is a crucial stage in post-harvest coffee bean processing, as it directly affects the final quality of the product. Conventional drying methods using sunlight are still widely used but are highly dependent on weather conditions and pose a risk of reduced quality due to contamination from dust, mold, and bacteria. Therefore, this study aims to design and develop a coffee bean dryer based on thermoelectric technology utilizing solar panels as an environmentally friendly alternative energy source.

The design of this device includes four TEC1-12706 Peltier modules as heating elements, a 100 Wp solar panel, a 12V battery for energy storage, and a control system based on an Arduino Uno microcontroller. The dryer is constructed with dimensions of 640 x 540 x 410 mm and equipped with temperature and humidity sensors (DHT22 and DS18B20) as well as a DC fan for air circulation. Electrical energy from the solar panel is delivered through an off-grid system to power the entire drying circuit.

The results of the design and development show that the device is capable of distributing heat evenly and maintaining optimal drying temperatures, thereby accelerating the moisture reduction process in coffee beans. This tool is expected to serve as an efficient, energy-saving, and practical alternative drying solution, especially for remote areas that are not connected to the national power grid.

Keywords: Coffee drying machine, thermoelectric, solar panel, renewable energy, Arduino Uno.

DAFTAR ISI

Sampul	i
Halaman Judul.....	ii
Lembar Pengesahan	iii
Lembar Persetujuan.....	iv
Surat Pernyataan Bebas Plagiat.....	v
Ucapan Terima Kasih.....	vi
Abstrak	vii
<i>Abstract</i>	viii
Kata Pengantar	ix
Daftar Isi.....	x
Daftar Tabel	xiv
Daftar Gambar.....	xv
Daftar Lampiran	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.4.1 Tujuan umum.....	3
1.4.2 Tujuan khusus.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.5.1 Bagi penulis	4
1.5.2 Bagi Politeknik Negeri Bali.....	4
1.5.3 Bagi masyarakat.....	5
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 Kopi.....	6
2.1.1 Jenis-jenis biji kopi.....	6
2.1.2 Manfaat kopi.....	7

2.1.3	Karakteristik biji kopi	8
2.2	Termoelektrik	9
2.2.1	Efek <i>seebeck</i>	10
2.2.2	Efek <i>peltier</i>	10
2.2.3	Prinsip kerja termoelektrik	11
2.3	Panel Surya	12
2.3.1	Prinsip kerja panel surya	12
2.3.2	Komponen pembangkit listrik tenaga surya	17
2.4	Pengertian Pengeringan	19
2.5	Menghitung Energi Pengeringan Biji Kopi	33
2.6	Menentukan Jumlah Modul Peltier	35
2.7	Menghitung Kinerja Mesin Pengering	36
2.7.1	Efisiensi Termal (η_t)	36
2.7.2	Efisiensi Pengeringan (η_p)	37
2.7.3	Coefficient of Performance	38
2.7.4	Menghitung Laju Aliran Massa Pengeringan	38
2.7.5	<i>Specific moisture extraction rate</i> (SMER)	38
2.8	Menghitung Jumlah Panel Surya Yang Dibutuhkan	39
2.8.1	Menghitung SCC yang digunakan	39
2.8.2	Menghitung baterai yang digunakan	40
BAB III METODE PENELITIAN		41
3.1	Jenis Penelitian	41
3.1.1	Desain atau pemodelan	41
3.1.2	Cara kerja mesin pengering biji kopi	43
3.1.3	Skematik sistem dan penempatan mesin pengering ukur	43
3.1.4	Skematik wiring kontrol	46
3.2	Alur Penelitian	47
3.3	Lokasi Dan Waktu Penelitian	48
3.3.1	Lokasi penelitian	48
3.3.2	Waktu penelitian	48
3.4	Penentuan Sumber Data	49

3.5	Sumber Daya Penelitian	49
3.5.1	Alat yang digunakan dalam perancangan	49
3.5.2	Bahan yang digunakan dalam perancangan	49
3.6	Instrumen Penelitian	50
3.7	Prosedur Penelitian	52
BAB IV HASIL PEMBAHASAN		54
4.1	Hasil Desain	54
4.2	Menentukan Dimensi Mesin Pengering Biji Kopi	54
4.2.1	Menentukan dimensi rak pengering	54
4.2.2	Menentukan dimensi heatsink	55
4.2.3	Menentukan tinggi box pengering	55
4.2.3	Menentukan lebar box pengering	56
4.2.4	Menentukan panjang box pengering	56
4.3	Menghitung Kebutuhan Energi Pengeringan Biji Kopi	57
4.4	Menghitung Jumlah Termoelektrik Yang Diperlukan	60
4.4.1	Efisiensi termal (η_t)	61
4.4.2	Efisiensi pengeringan (η_p)	62
4.4.3	Coefficient of performance	63
4.5	Menghitung Jumlah Panel Surya Yang Diperlukan	63
4.5.1	Menghitung kapasitas SCC	64
4.5.2	Menghitung kapasitas baterai	64
4.6	Proses Pembuatan Mesin Pengering Biji Kopi	65
4.6.1	Pembuatan box pengering bijikopi	65
4.6.2	Perakitan panel surya	77
4.7	Hasil Jadi Mesin Pengering Biji Kopi Dan Tenaga Surya	79
4.7.1	Hasil perakitan mesin pengering biji kopi	80
4.7.2	Hasil perakitan pembangkit listrik tenaga surya	81
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		82
5.1	Kesimpulan	82
5.2	Saran	82

DAFTAR PUSTAKA	84
LAMPIRAN.....	86

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi panel surya monocrystalin.....	15
Tabel 2. 2 spesifikasi panel surya polycrystalin	16
Tabel 2. 3 Spesifikasi panel surya thin film photovoltaic	17
Tabel 2. 4 Spesifikasi scc	23
Tabel 2. 5 Spesifikasi baterai	24
Tabel 2. 6 Spesifikasi thermoelectric TEC-12706	24
Tabel 2. 7 Spesifikasi arduino uno ATmega328.....	26
Tabel 2. 8 Spesifikasi LCD 16x2	27
Tabel 2. 9 Spesifikasi module I2C	28
Tabel 2. 10 Spesifikasi relay	28
Tabel 2. 11 Spesifikasi sensor DHT22.....	29
Tabel 2. 12 Spesifikasi fan DC 12 V.....	30
Tabel 2. 13 Spesifikasi transformator adjustable	31
Tabel 2. 14 Spesifikasi pasta termal.....	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Biji kopi.....	6
Gambar 2. 2 Proses termoelektrik mengubah energi panas menjadi energi listrik. 10	
Gambar 2. 3 Proses termoelektrik mengubah energi listrik menjadi energi panas. 11	
Gambar 2. 4 Struktur termoelektrik	11
Gambar 2. 5 Panel surya	12
Gambar 2. 6 Skema PLTS sistem off-grid.....	14
Gambar 2. 7 Jenis panel surya monocrystalline.....	14
Gambar 2. 8 Jenis panel surya polycrystalline.....	15
Gambar 2. 9 Jenis panel surya thin film photo vaic.....	16
Gambar 2. 10 Modul Panel Surya.....	17
Gambar 2. 11 Inverter	18
Gambar 2. 12 Baterai	18
Gambar 2. 13 Solar charge controller	19
Gambar 2. 14 Pengering Hybrid Efek Cerobong.....	21
Gambar 2. 15 Modul panel surya.....	22
Gambar 2. 16 Panel Kontrol	23
Gambar 2. 17 Baterai	23
Gambar 2. 18 Thermoelectric TEC1-12706.....	24
Gambar 2. 19 Heatsink.....	25
Gambar 2. 20 Mikrokontroler pada arduino uno R3 ATmega328	26
Gambar 2. 21 LCD 16x2.....	27
Gambar 2. 22 Module I2C	27
Gambar 2. 23 Relay.....	28
Gambar 2. 24 Sensor DHT-22	29
Gambar 2. 25 Fan DC 12 v 90 mm	29
Gambar 2. 26 Sensor DS18B20	30
Gambar 2. 27 Transformator step down	31
Gambar 2. 28 Pasta termal	31

Gambar 2. 29 Kabel	32
Gambar 2. 30 Papan breadboard	32
Gambar 2. 31 A (tampak depan) B (tampak belakang)	33
Gambar 3. 1 Mesin pengering biji kopi dengan panel surya	42
Gambar 3. 2 (A) Tampak depan dan (B) Tampak belakang	42
Gambar 3. 3 Siklus aliran udara	44
Gambar 3. 4 Penempatan komponen	44
Gambar 3. 5 Termocouple.....	50
Gambar 3. 6 Clamp meter digital	51
Gambar 3. 7 Stopwatch	51
Gambar 3. 8 Mesin pengering pengukur kadar air.....	51
Gambar 4. 1 (A) tampak depan (B) tampak belakang	54
Gambar 4. 2 (A) tampak depan (B) tampak belakang	57
Gambar 4. 3 Pengukuran pada PU dan pemotongan PU	66
Gambar 4. 4 Hasil pemotongan PU.....	66
Gambar 4. 5 Membuat ukuran dan melubangi fan pada PU	66
Gambar 4. 6 Meratakan PU dan membuat lubang termoelektrik	67
Gambar 4. 7 PU yang telah dilubangi dan diampelas dilapisi aluminium foil	67
Gambar 4. 8 Heatsink pada bagian atas dan cold sink berada di posisi bawah	67
Gambar 4. 9 Melepaskan lapisan aluminium pada PU	68
Gambar 4. 10 Melepaskan lapisan aluminium pada PU	68
Gambar 4. 11 Merakit box pengering	69
Gambar 4. 12 Melubangi PU menempatkan untuk akrilik	69
Gambar 4. 13 Membuat tempat engsel pintu dan pemasangan engsel	69
Gambar 4. 14 Pemasangan pintu.....	70
Gambar 4. 15 Menentukan ukuran akrilik dan memotong akrilik	70
Gambar 4. 16 Memotong besi untuk membuat rak biji kopi	71
Gambar 4. 17 Merakit rak pengering	71
Gambar 4. 18 Melakukan pengeboran dan meripet rak	71
Gambar 4. 19 Rak pengering yang sudah jadi	72
Gambar 4. 20 Memasang rel untuk rak pengering biji kopi	72

Gambar 4. 21 Pemasangan rak pengering biji kopi	72
Gambar 4. 22 Pemasangan akrilik pada pintu box pengering.....	73
Gambar 4. 23 Membuatudukan termoelektrik	73
Gambar 4. 24 Mengisolasi PU	73
Gambar 4. 25 Melubangi pintu panel tempat LCD <i>display</i>	74
Gambar 4. 26 Merakit jalur kabel control Arduino, relay dan upside down	74
Gambar 4. 27 Setting tegangan dan memasang LCD	74
Gambar 4. 28 Memasang fan dan menyambung kabel dengan cara di solder.....	75
Gambar 4. 29 Pemasangan sensor DHT 22	75
Gambar 4. 30 Mengaplikasikan pasta termal pada termoelektrik.....	76
Gambar 4. 31 Memasang termoelektrik dan menyambung kabel termoelektrik ..	76
Gambar 4. 32 memasang sensor DS18B20.....	76
Gambar 4. 33 Pemasangan rangkaian pada panel.....	77
Gambar 4. 34 Merakit panel surya	77
Gambar 4. 35 Merakit kabel dengan konektor.....	78
Gambar 4. 36 Memasang SCC.....	78
Gambar 4. 37 Merakit inverter pada box panel.....	78
Gambar 4. 38 Pemasangan baterai	79
Gambar 4. 39 Hasil akhir alat pengering dan panel surya	79
Gambar 4. 40 Tampak depan	80
Gambar 4. 41 Tampak belakang	80
Gambar 4. 42 Hasil perakitan panel surya	81

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. <i>Operties of saturated water</i>	86
Lampiran 2. 3D mesin pengering dan ukurannya	87
Lampiran 3. Pintu mesin pengering dan ukurannya.....	88
Lampiran 4. Rak pengering dan ukurannya	89
Lampiran 5. Taktakan termoelektrik dan ukurannya	90
Lampiran 6. <i>Fan</i> dan ukurannya	91
Lampiran 7. Termoelektrik, <i>heat sink</i> dan <i>cold sink</i>	92
Lampiran 8. Panel kontrol dan ukurannya	93
Lampiran 9. Potongan mesin pengering.....	94
Lampiran 10. Lembar bimbingan pembimbing 1	95
Lampiran 11. Lembar bimbingan pembimbing 2	96
Lampiran 12. Hasil pengeringan biji kopi selama 10 jam	97
Lampiran 13. Data temperatur dan kelembapan pengujian whole cherry 10 jam	98
Lampiran 14. Diagram psikometrik pengeringan selama 7 jam whole chery....	102
Lampiran 15. <i>Codingan</i> arduino	104
Lampiran 16. Rancangan anggaran biaya pembuatan mesin pengering	109

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kopi merupakan salah satu minuman paling favorit di dunia. Bagi sebagian orang kopi bukan hanya minuman biasa. Akan tetapi kopi merupakan minuman yang diandalkan untuk menemani aktivitas sehari-hari dalam menambah energi dan fokus, hingga dapat menahan kantuk. Dan pada umumnya kopi terdiri dari beberapa jenis diantaranya: kopi robusta, arabika, dan liberika. Salah satu kopi yang banyak ditemukan atau dilestarikan di Indonesia adalah jenis kopi robusta, jenis kopi ini banyak dilestarikan di daerah Lampung di Pulau Jawa, Bali dan Nusa Tenggara. Untuk menjaga kualitas kopi tentu perlu dilakukan pengeringan pada biji kopi. Dimana pengeringan biji kopi ini harus dilakukan dengan rata-rata temperatur dari 45°C- 50°C karena untuk mendapatkan kandungan kadar air yang baik pada biji kopi yaitu 12,5% sesuai dengan permentan No. 52 tahun 2012 dan SNI biji kopi 01-2907-2008. Standarisasi kandungan kadar air biji kopi internasional yang ditetapkan oleh organisasi International Coffee Organization (ICO) maksimalnya yaitu 12,5%.

Pengeringan biji kopi yang sering ditemui khususnya di wilayah-wilayah Indonesia masih banyak yang hanya mengandalkan system konvensional dengan cara menjemur biji kopi dibawah terik matahari. Akan tetapi cara ini memiliki banyak kendala dan kekurangan diantaranya yaitu; yang pertama pengeringan dengan cara menjemur kopi memerlukan sinar matahari yang cukup untuk melakukan pengeringan dengan cepat. Sedangkan di Indonesia memiliki musim hujan yang cukup panjang dari bulan oktober sampai dengan bulan maret. Yang kedua yaitu membutuhkan banyak tenaga untuk melakukan penjemuran dan pengangkatan kembali. Yang ketiga yaitu terkontaminasi debu jamur dan bakteri jika penjemuran dilakukan pada saat mendung dan kekurangan sinar matahari, jamur dan bakteri akan mudah berkembang. Untuk mengurangi masalah atau kendala pada proses pengeringan kopi, maka diperlukan suatu mesin pengering

khusus untuk melakukan pengeringan dengan cara mengurangi kandungan air pada biji kopi tanpa mengeluarkan tenaga yang banyak yaitu menggunakan sistem *heating humidifier*, keunggulan sistem ini dengan pengeringan konvensional yaitu dapat melakukan pengontrolan temperatur mengatur kelembapan, menghemat tenaga, dan lebih higienis (Religius Heryanto, 2024).

Dalam perancangan ini penulis menggunakan termoelektrik sebagai alat pengering biji kopi. Alasan penulis memilih termoelektrik sebagai alat pengering yaitu termoelektrik merupakan alat yang ramah lingkungan. Keunggulan dari termoelektrik ini adalah ukurannya yang tidak terlalu besar dan ringan, (Irwin Bizzy 2022). Cara kerja termoelektrik yaitu, jika termoelektrik menyerap panas dari suatu benda akan menghasilkan energi listrik dan sebaliknya jika termoelektrik mendapatkan arus listrik maka termoelektrik akan menghasilkan perbedaan temperatur sisi panas dan sisi dingin. Sisi dingin dari termoelektrik dapat dimanfaatkan sebagai mesin pengering pendinginan makanan ataupun minuman yang ramah lingkungan. Sedangkan sisi panas yang dihasilkan dari termoelektrik dapat dimanfaatkan sebagai pengering hasil pertanian seperti biji kopi dan lainnya. Pengeringan biji kopi kali ini yang memanfaatkan yaitu sisi panas dari termoelektrik. Termoelektrik juga berfungsi sebagai *dehumidifier* atau sebagai penurun kelembapan yang terkandung pada biji kopi. Untuk penyalur energi listrik pada mesin pengering ini, penulis menggunakan panel surya sebagai sumber energi listriknya.

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan alat yang mampu mengubah energi matahari menjadi energi listrik (Anhar, Aulia Syahbanna, dkk. 2017). Alasan memilih pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yaitu dapat diaplikasikan di daerah terpencil, dimana di daerah tersebut belum terdapat sumber listrik dari PLN. Keunggulan utama pada pengaplikasian panel surya ini adalah meningkatkan efisiensi energi, mengurangi emisi gas rumah kaca terhadap iklim global. Panel surya ini memanfaatkan sinar matahari untuk menghasilkan energi listrik, proses perubahan energi matahari ke energi listrik yaitu proses photovoltaic. Pada penelitian ini sumber energi listrik yang dihasilkan dari panel surya berfungsi untuk menyalur energi listrik ke mesin pengering biji kopi.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dibahas berdasarkan judul Rancang Bangun Mesin Pengering Biji Kopi Dengan Menggunakan Teknologi Refrigerasi Termoelektrik Tenaga Surya sebagai berikut :

1. Bagaimana rancangan mesin pengering biji kopi menggunakan teknologi refrigerasi termoelektrik tenaga surya
2. Bagaimana konstruksi mesin pengering biji kopi menggunakan teknologi refrigerasi termoelektrik tenaga surya dengan kapasitas 1 kg

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini bertujuan untuk memastikan bahwa pengembangan mesin pengering dapat diselesaikan dengan efisien serta sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Berikut adalah batasan masalah yang menjadi acuan dalam perancangan mesin pengering yaitu :

1. Mesin pengering biji kopi ini akan menggunakan beberapa panel surya, masing-masing panel berkapasitas 100 Wp dengan intensitas sinar matahari penuh.
2. Arus pembangkit listrik yang akan digunakan ke seluruh sistem akan langsung didistribusikan dari baterai melewati inverter dan melewati power suplay hanya menggunakan arus listrik DC 12 V.

1.4 Tujuan Penelitian

Terdapat dua tujuan dalam penelitian ini yaitu tujuan umum dan tujuan khusus penelitian ini mencakup beberapa hal sebagai berikut:

1.4.1 Tujuan umum

Adapun tujuan umum pada penelitian proposal skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengimplementasikan ilmu yang didapat pada saat melakukan praktikum dan teori yang diberikan pada saat perkuliahan di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.

2. Untuk memenuhi salah satu persyaratan akademik dalam menyelesaikan perkuliahan sarjana terapan program studi Teknologi Rekayasa Utilitas Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.

1.4.2 Tujuan khusus

Adapun tujuan khusus pada penelitian skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Mampu merancang mesin pengering biji kopi menggunakan teknologi refrigerasi termoelektrik tenaga surya
2. Mampu mengkonstruksi mesin pengering biji kopi menggunakan teknologi refrigerasi termoelektrik tenaga surya dengan kapasitas 1 kg

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari rancang bangun yang penulis lakukan dapat memperluas wawasan bagi penulis itu sendiri, guna mengembangkan pengeringan biji kopi menggunakan termoelekterik dengan panel surya.

1.5.1 Bagi penulis

1. Adapun manfaat bagi penulis yaitu sebagai sarana pengembangan ilmu-ilmu yang didapat selama mengikuti kuliah Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Utilitas di Politeknik Negeri Bali.
2. Manfaat bagi penulis penelitian ini dapat memperluas pengetahuan dan pemahaman tentang ilmu termoelektrikal dan panel surya.

1.5.2 Bagi Politeknik Negeri Bali

1. Mesin pengering ini dapat menjadi sarana yang bisa dikembangkan dikemudian hari di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali, dan juga bisa menjadi bahan ajar tambahan di Jurusan Teknik Mesin Prodi Teknologi Rekayasa Utilitas.
2. Pada rancang bangun mesin pegering biji kopi menggunakan teknologi refrigerasi termoelektrik tenaga surya ini, dapat dijadikan sebagai referensi dan juga media pembelajaran dalam hal menambah wawasan dan melakukan penyusunan penelitian skripsi kedepannya.

1.5.3 Bagi masyarakat

1. Pada rancang bangun mesin pengering biji kopi menggunakan teknologi refrigerasi termoelektrik tenaga surya ini dapat dikembangkan dan diterapkan di Masyarakat untuk menghemat biaya tagihan listrik
2. mesin pengering pengering biji kopi menggunakan teknologi refrigerasi termoelektrik tenaga surya ini dapat dioperasikan di Perkebunan kopi yang belum terdapat jaringan listrik dari PLN.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Sebelum membuat desain mesin pengering biji kopi menggunakan teknologi refrigerasi termoelektrik tenaga surya, dilakukan perhitungan untuk menentukan dimensi mesin pengering, jumlah termoelektrik dan jumlah panel surya yang diperlukan. Dalam pembuatan desain mesin pengering, penulis menggunakan inventor untuk membuat model 3 dimensi dari setiap part yang digunakan pada mesin pengering biji kopi seperti, desain *box* pengering, *box* panel, *fan*, termoelektrik, *heatsink*, dan *coldsink*. Dibawah ini merupakan kesimpulan yang dapat diangkat oleh penulis yaitu:

1. Rancangan mesin pengering biji kopi berhasil dibuat dengan memanfaatkan teknologi termoelektrik sebagai sumber panas dan panel surya sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan. Sistem ini dilengkapi dengan sensor suhu dan kelembapan (DHT22 dan DS18B20), fan DC, serta mikrokontroler Arduino Uno sebagai pusat pengontrol. Seluruh sistem dirancang dalam dimensi 640 mm x 540 mm x 410 mm, dengan sistem off-grid yang memungkinkan pengoperasian mandiri tanpa listrik PLN.
2. Konstruksi mesin pengering dengan kapasitas 1 kg biji kopi berhasil direalisasikan. Mesin ini mampu mendistribusikan panas secara merata di dalam ruang pengering, mempertahankan suhu optimal dalam rentang 45–50°C, serta menurunkan kadar air biji kopi sesuai standar SNI (12,5%) dalam waktu sekitar 10 jam. Dengan demikian, mesin ini terbukti efektif sebagai solusi alternatif pengeringan biji kopi, terutama untuk daerah yang belum terjangkau jaringan listrik.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil dari rancang bangun yang telah dilakukan, penulis memberikan beberapa saran untuk pengembangan lebih lanjut

1. Untuk meningkatkan kapasitas dan daya tahan alat, penggunaan sistem pendingin heatsink dan fan yang lebih besar atau efisien bisa menjadi opsi agar sisi dingin termoelektrik bekerja maksimal sebagai dehumidifier.
2. Penambahan sistem pemantauan berbasis IoT seperti modul WiFi untuk mengirim data suhu dan kelembapan secara real-time bisa dipertimbangkan untuk versi lanjutan, sehingga alat dapat dipantau jarak jauh.
3. Diharapkan ada pengembangan lanjutan dalam skala lebih besar, baik untuk kapasitas pengeringan maupun daya yang digunakan, agar mesin ini dapat diaplikasikan di skala industri kecil dan menengah.
4. Jika temperatur pada heatsink naik temperatur pada cold sink juga ikut naik maka sebaiknya menambahkan termoelektrik dengan memanfaatkan sisi dinginnya saja, dan sisi panas termoelektrik dibuang ke lingkungan tujuannya untuk memaksimalkan kondensasi pada mesin pengering
5. Perlu menambahkan PWM (pulse width modulation) untuk mengatur kecepatan putaran fan DC 12 V
6. Untuk mendapatkan COP yang lebih baik, sebaiknya menggunakan elemen pemanas sebagai pengering biji kopi

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, I., I. Nengah Ardita, and Achmad Wibolo. 2023. Pengembangan Mesin Pengering Rempah-Rempah Sistem Dehumidifikasi dan Pompa Kalor. Terdapat pada : <http://repository.pnb.ac.id/id/eprint/6803>. Diakses pada
- Anhar, A. S., Sara, I. D., & Siregar, R. H. (2017). Desain Prototype Sel Surya Terkonsentrasi Menggunakan Lensa Fresnel. *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, dan Elektro*, 2(3).
- Dewi Septiningtyas Hastuti. 2018. Kandungan Kafein Pada Kopi Dan Pengaruh Terhadap Tubuh. *Researchgate*. Vol.(1):1-3.
- Indra Adi Saputra. 2023. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Aplikasi Penggerak Mesin Freezer. Skripsi. Politeknik Negeri Pontianak, Kalimantan Barat.
- Irwin Bizzy. 2021. *Buku Ajar Modul Termoelektrik Teori dan Aplikasi*. Edisi 1 Palembang-Indonesia.
- Jayanegara, Rifqie, Samnur, Hidayat, Hasim S. 2023. Optimisasi Sumber Energi Listrik dari Mesin Pengering Rak Telur Menggunakan Modul Termoeltrikal Generator. *JESSI*. Vol. 4 (2): 64-69.
- Luluk Endahwati, A.A Rokhim dan S.Sutiyono. 2023. Pemanfaatan Energi panas menggunakan Termoelektrik Generator dengan Variasi Peltier. *Jurnal Flywheel*. Vol. 14 (1): 19-23.
- Marthen P. Sirappa, Religius Heryanto, dan Yesika R. Silitonga. 2024. Standarisasi Pengolahan Biji Kopi Berkualitas. Vol. 2 (1): 19.
- Mohamad Diki, Charis Fathul Hadi, Riska Fita Lestari, dan Rezki Nalandari. 2022. Pemanfaatan Termoelektrik Sebagai Sumber Energi Terbarukan. *Zetroem*. Vol. 4 (1): 23-25.
- Nofriadi. 2021. Sistem Penerangan Kolam Ikan Menggunakan Solar Panel. *Journal of Science and Social Research*. Vol. 4 (1): 43-48.
- Religius Heryanto, 2024. Standarisasi Pengolahan Biji Kopi Berkualitas. Vol. 2, 18-25.

- Sariman dan Nurjanna Fitriyani. 2021. Analisa Pemanfaatan Sollar Cell Monocrystalline Sebagai Sumber Energi Listrik Pada Pompa Air Arus Searah (DC) 12 Volt Berdaya 180 Watt. *Jurnal Syntax Admiration*. Vol. 2 (5):903-918.
- Syaiful Anwar, Ryanuargo, dan Sri Poernomo Sari. 2013. Generator Mini Dengan Prinsip Termoelektrikal Dari Uap Panas Kondensor Pada Sistem Pendingin. *Jurnal Rekayasa Elektrikal*. Vol. 10 (4):180-185.tanggal 25 desember 2024.
- Wijasa, Panji Gautama. 2021. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Sistem Off Grid Dengan Kapasitas 2 Kwp Pada Instalasi Menara Suar Bulukumba. Jakarta: Institut Teknologi Pln.