

Analisis Konsumsi Energi Listrik pada Mesin Pengering Cabai dengan Variasi Suhu

Muammar Khadapi Arif Nasution¹, Illa Aryeni¹, Handri Toar^{2*}, Muhammad Jaka Wimbang Wicaksono³, Sumantri K Risandriya¹, Wasdoni Alfi¹, Widya Rika Puspita¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Prodi Teknologi Rekayasa Elektronika, Politeknik Negeri Batam, Batam, Indonesia

²Jurusan Teknik Elektro, Prodi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi, Politeknik Negeri Batam, Batam, Indonesia

³Jurusan Teknik Elektro, Prodi Teknik Instrumentasi, Politeknik Negeri Batam, Batam, Indonesia

*Email: toar@polibatam.ac.id

Received on 20-03-2025 | Revised on 11-04-2025 | Accepted on 25-06-2025

Abstract— Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsumsi dan efisiensi energi Listrik pada mesin pengering cabai dengan variasi suhu dalam durasi waktu 8, 10, 12, 14 dan 16 jam. Hasil pengujian mengindikasikan bahwa adanya peningkatan suhu dan durasi pengeringan sebanding dengan konsumsi energi. Pada suhu 50°C, energi yang digunakan meningkat dari 2,88 kWh dalam durasi 8 jam menjadi 5,77 kWh dalam durasi 16 jam, sedangkan pada suhu 70°C, konsumsi energi mencapai 7,77 kWh dalam durasi 12 jam. Efisiensi energi tertinggi sebesar 8,06% diperoleh pada suhu 50°C selama 16 jam. Laju pengeringan juga meningkat seiring suhu dan waktu dengan nilai tertinggi 1,06 gram/menit pada suhu 70°C selama 12 jam. Namun, kombinasi suhu dan durasi tinggi dapat menyebabkan tekstur cabai menjadi terlalu kering atau keras, serta meningkatkan biaya energi hingga Rp11.655. Oleh karena itu, pemilihan suhu dan waktu pengeringan harus diatur secara tepat untuk mencapai efisiensi, kualitas, dan kecepatan pengeringan yang optimal.

Keyword: Konsumsi energi listrik, Pengeringan cabai, Waktu.

Abstract— This study aims to analyze energy consumption and efficiency in chili drying machines with temperature variations in duration of 8, 10, 12, 14 and 16 hours. The results show that increasing temperature and drying duration are proportional to energy consumption. At a temperature of 50°C, the energy used increases from 2.88 kWh for 8 hours to 5.77 kWh for 16 hours, while at a temperature of 70°C, energy consumption reaches 7.77 kWh for 12 hours. The highest energy efficiency of 8.06% was obtained at a temperature of 50°C for 16 hours. The drying rate also increased with temperature and time, with the highest value of 1.06 grams/minute at a temperature of 70°C for 12 hours. However, the combination of high temperature and duration can cause the chili texture to become too dry or hard, and increase energy costs by up to IDR 11,655. Therefore, the selection of drying temperature and time must be set appropriately to achieve optimal efficiency, quality and drying speed.

Keywords: Electrical energy consumption, Drying chili, Time.

I. PENDAHULUAN

CABAI merah (*Capsicum annuum L.*) menjadi salah satu jenis sayuran penting bernilai ekonomi tinggi yang banyak digunakan dalam berbagai masakan di banyak negara termasuk Indonesia [1]. Selain memberikan rasa dan warna merah yang dapat meningkatkan selera makan, cabai merah juga dapat memenuhi kebutuhan masyarakat akan rasa pedas dalam masakan [2]. Cabai merah memiliki berbagai kandungan gizi yang bermanfaat seperti kalori, protein, lemak, karbohidrat, kalsium, vitamin A, dan vitamin B1 [3].

Cabai merah mudah mengalami perubahan metabolisme karena sangat rentan terhadap kerusakan seperti proses pembusukan yang disebabkan oleh kandungan air yang tinggi yaitu sekitar 80% - 90% [4]. Upaya penyelamatan yang bisa dilakukan untuk mengantisipasi pembusukan pada cabai merah adalah dengan menurunkan kadar air melalui proses pengeringan [5].

Dalam teknologi pangan, pengeringan menjadi salah satu upaya yang dilakukan untuk mengawetkan atau memperpanjang umur simpan produk pangan [3]. Terdapat dua cara pengeringan yaitu dengan cara alami dan buatan. Penggunaan energi panas dari radiasi matahari merupakan metode pengeringan alami yang banyak digunakan, sedangkan pengeringan buatan merupakan metode pengeringan yang menggunakan media atau alat pengering dengan melibatkan penyediaan panas buatan atau aliran udara panas. Pengeringan alami memiliki beberapa kekurangan, seperti membutuhkan area yang luas dan tidak steril, rentan terhadap kontaminasi, membutuhkan waktu yang lama, serta hasil pengeringan yang tidak merata [6]. Sementara itu, pengeringan dengan cara buatan memiliki beberapa keuntungan, yaitu tidak membutuhkan area yang luas, proses pengeringan berlangsung dengan waktu yang cepat, suhu yang dapat diatur atau dikontrol, serta tidak terpengaruhi oleh kondisi cuaca [7].

Pengeringan dengan cara buatan sudah dilakukan pada penelitian sebelumnya. Seperti pada penelitian [8], pengeringan dilakukan dengan metode *hybrid* menggunakan energi dari sumber matahari melalui penggunaan solar kolektor dan bahan bakar gas. Pada penelitian [9] pengeringan biji kakao dengan *cabinet dryer*. Pada penelitian [10] alat pengering gabah dengan sistem *rotary dryer*. Penelitian [11] pengeringan biji kopi menggunakan drum dengan mengatur waktu sesuai yang ditentukan. Pada penelitian [12] mesin pengering cengkeh berbasis arduino menggunakan elemen pemanas listrik yang dapat dikontrol otomatis. Pada penelitian [13] rancang bangun pengering belimbing yang dapat mengendalikan pemanas agar suhu tetap stabil. Selain itu, penerapan kontrol PID dalam sistem pengeringan buatan dapat menghasilkan efisiensi penghematan energi hingga 30% [14],[15].

Analisis konsumsi energi pada mesin pengering buatan sangat penting untuk meningkatkan dan mengurangi biaya operasional efisiensi energi [16],[17]. Menurut data Kementerian ESDM bahwa penggunaan listrik per kapita di Indonesia terus meningkat [18], penyebab dari hal tersebut adalah penggunaan listrik yang berlebihan dan tidak efisien, sehingga dapat menimbulkan konsekuensi finansial yang dapat merugikan. Oleh sebab itu, untuk menggunakan listrik secara efisien, pengawasan dan pengaturan harus dilakukan untuk mengurangi pemakaian listrik yang berlebihan.

Beberapa peneliti telah melakukan analisis konsumsi energi pada pengeringan produk pertanian dan produk makanan antara lain analisis energi dan eksperiensi sistem pengeringan surya rumput laut merah [19], konsumsi energi spesifik pada pengeringan ini yaitu 2,62 kWh/kg dengan variasi suhu 35°C dan 60°C dan efisiensi eksperiensi bervariasi yaitu 1% dan 93%. Demikian pula pada penelitian [19] efisiensi energi pada alat pengeringan daun seledri yang menggunakan kontrol suhu dan kelembaban udara. Pengeringan dengan kontrol suhu dan kelembaban dapat meningkatkan efisiensi energi, dengan suhu 70°C selama 60 menit memiliki efisiensi energi 90,7% dan suhu 40°C selama 60 menit memiliki efisiensi energi 51,1%. Pengeringan dengan suhu yang berbeda juga dapat memberikan pengaruh terhadap kualitas cabai rawit (*Capsicum frutescens L.*), termasuk susut bobot, kadar air, kandungan vitamin C, tekstur, dan warnanya [20].

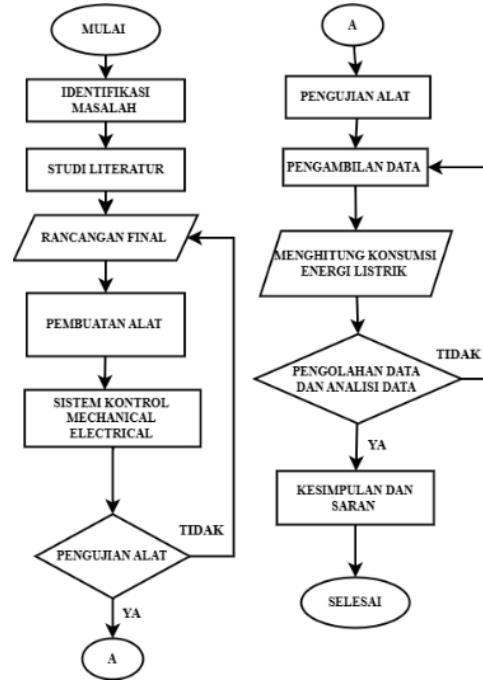
Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsumsi energi listrik pada mesin pengering cabai dengan variasi suhu 50°C, 60°C dan 70°C dengan durasi waktu 8 sampai 16 jam. Dengan mengetahui konsumsi energi listrik pada mesin pengering cabai, maka kita dapat mengetahui pemakaian energi dan besaran biaya yang dikeluarkan selama proses pengeringan dengan mesin pengering cabai.

II. METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk menganalisis konsumsi energi listrik pada mesin pengering cabai berdasarkan parameter suhu, waktu, daya, dan konsumsi energi, serta biaya konsumsi energi listrik.

A. Tahapan Penelitian

Penelitian ini meliputi identifikasi masalah, studi literatur, perancangan sistem, pembuatan sistem, serta pengujian dan pengambilan data. Pada tahap ini peneliti menggunakan parameter suhu, waktu, daya, dan konsumsi energi, serta biaya konsumsi energi listrik yang digunakan. Tahapan penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan penelitian

B. Persiapan Sampel

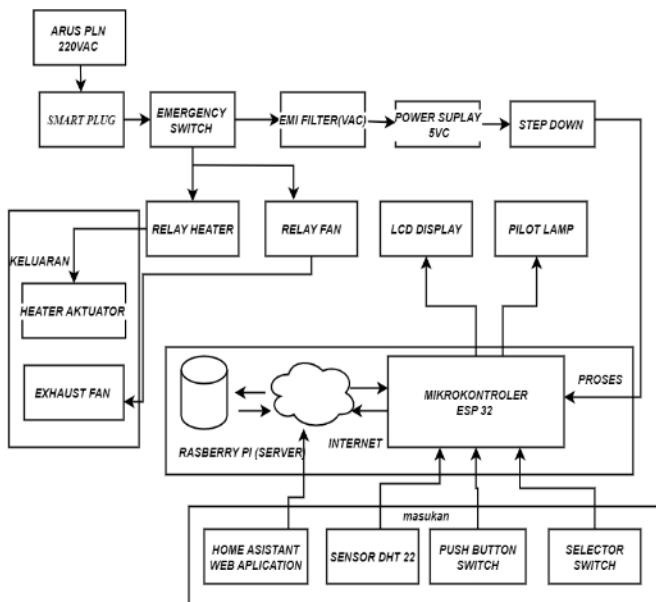
Penelitian ini menggunakan sampel cabai merah sebanyak 12 kg, dengan setiap pengujian menggunakan sekitar 1000 gram (1 kg). Proses pengujian dimulai dengan menyiapkan cabai, kemudian penyortiran dilakukan untuk memisahkan cabai yang rusak sebelum tahap pengeringan. Cabai dibersihkan dari kotoran dan dikeringkan untuk mengurangi kadar airnya. Pengeringan cabai dilakukan dengan variasi suhu yakni 50°C, 60°C, dan 70°C, dengan masing-masing pengujian suhu dalam durasi waktu 8, 10, 12, 14 dan 16 jam. Cabai ditempatkan pada rak pengering di dalam ruang mesin pengering. Sebelum memulai proses pengeringan, seluruh sistem mesin pengering harus dipastikan berfungsi dengan baik. Selanjutnya, tombol daya diaktifkan, suhu dan waktu pengeringan disesuaikan dengan kebutuhan, dan pengontrolan PID dilakukan untuk mencapai suhu yang stabil. Selama proses pengeringan, dilakukan analisis terhadap laju pengeringan, konsumsi energi, dan efisiensi energi.

C. Desain Mesin Pengering Cabai

1) Desain Sistem

Sistem dirancang untuk dapat memonitoring konsumsi energi listrik yang digunakan pada saat proses pengeringan cabai. Diagram sistem ditunjukkan pada Gambar 2. Sistem ini dilengkapi dengan *heater* sebagai pemanas dalam proses pengeringan, *fan* digunakan sebagai penstabil panas yang dihasilkan oleh *heater*, *relay* digunakan untuk mengontrol

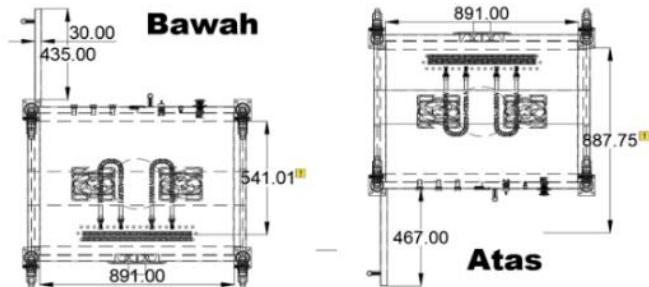
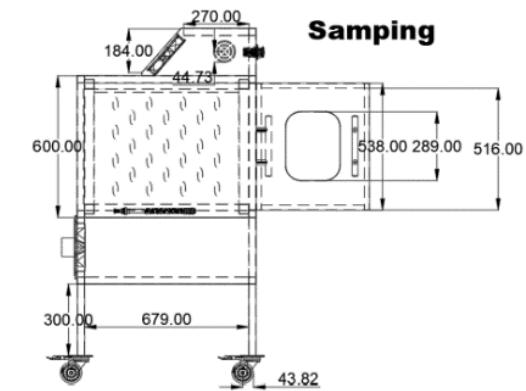
heater actuator, dan *relay fan* digunakan untuk mengontrol *exhaust fan*. Sensor DHT22 sebagai pembacaan suhu dan kelembaban yang dapat dimonitoring melalui *LCD display*. Pada *LCD display* dapat dilihat langsung besaran suhu proses pengeringan. *Smart plug* digunakan untuk memonitoring energi yang digunakan selama proses pengeringan. Seluruh sistem ini dapat diakses menggunakan aplikasi *home assistant* untuk memungkinkan pemantauan dan kontrol jarak jauh.



Gambar 2. Desain sistem

2) Desain Mekanik

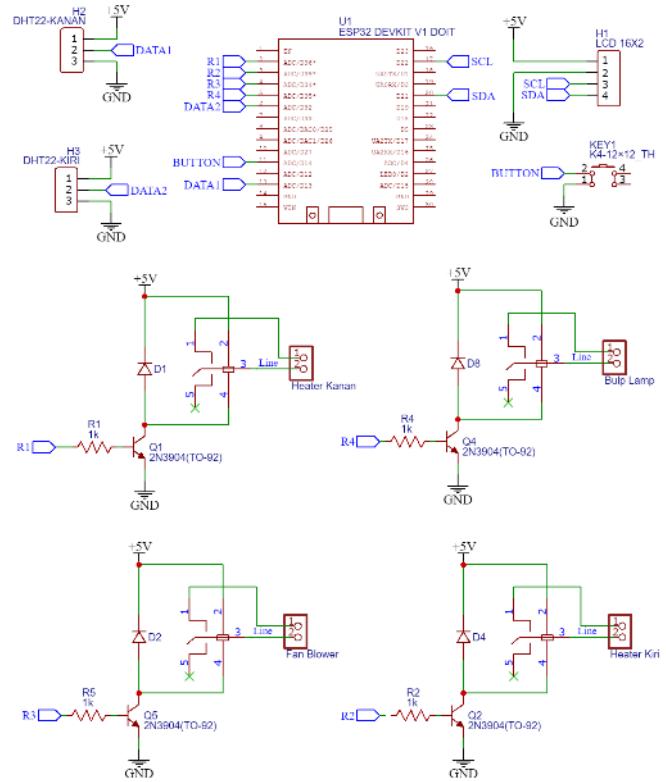
Desain mekanik dirancang berbentuk seperti kubus dengan ukuran 930 x 630 x 600 mm. Dinding pada mesin pengering cabai ini berbahan dasar plat aluminium. Penggunaan bahan aluminium dikarenakan sifat bahannya yang memiliki ketahanan yang baik untuk penyimpanan sensor dan komponen lainnya. Mesin berbentuk seperti kubus ini memiliki roda untuk memudahkan perpindahan ke berbagai tempat dimana cabai diproses. Struktur terdiri dari ruang komponen elektrikal sebagai tempat komponen elektrikal, ruang pengering utama yang dapat diakses melalui pintu depan, sehingga memudahkan untuk meletakkan dan mengambil cabai. Desain mekanik mesin pengering cabai ditunjukkan pada Gambar 3.



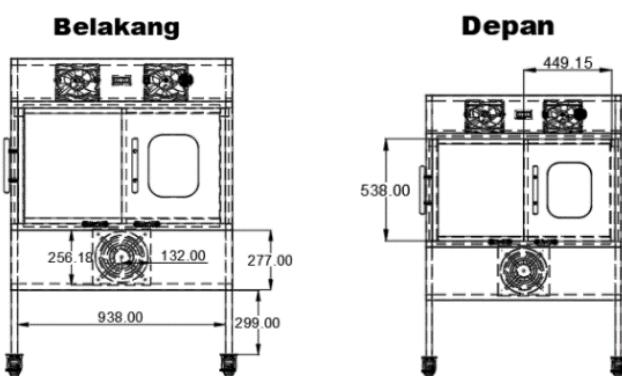
Gambar 3. Desain mekanik

3) Desain Elektrikal

Terdapat beberapa komponen yang saling terhubung untuk membentuk suatu sistem rangkaian elektrikal. Sistem elektrikal pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Desain elektrikal



Sistem ini dilengkapi dengan dua sensor suhu DHT22 yang terpasang di sisi kiri dan kanan ruang pengering untuk memantau suhu udara secara langsung. Data suhu yang diperoleh dari kedua sensor ini dikirim ke mikrokontroler ESP32, yang kemudian mengontrol suhu ruang pengering secara otomatis. *Heater* dipasang di samping dinding ruang pengering dan menyalurkan panas melalui saluran udara untuk menjaga suhu sesuai dengan parameter yang diinginkan. Mikrokontroler ESP32, sensor, dan *relay* disuplai oleh sumber daya 5V DC 3A, sementara *heater* dan *fan blower* beroperasi menggunakan AC 220V yang dikontrol melalui *relay*. Sistem ini juga dilengkapi dengan *push button start* manual yang terdapat pada panel kontrol untuk memulai proses pengendalian suhu. Dengan sistem ini, pengeringan cabai dapat dilakukan secara otomatis dengan suhu yang terjaga stabil sepanjang proses pengeringan.

TABEL 1
SPESIFIKASI HARDWARE ELEKTRIK

No	Parameter	Spesifikasi
1	Tegangan	220Volt
2	Total Arus	2.94 Ampere
3	Mikrokontroler	ESP32 tegangan operasional 3.3 V, fungsi: kendali sensor dan relay
4	Modul <i>relay</i>	1-Channel Relay 5 V, kapasitas 10 A 250 V AC, untuk kontrol <i>heater</i> dan kipas
3	<i>Fan blower</i>	Ukuran Tabung 10 Inch Bobokan 25.7 x 25.7 Cm Daya 55 Watt Voltage 220V/AC Air Volume 936.7 Cmh Air Flow 5.7 M/s Speed 2300 Rpm Baling-Baling 7 Daun
4	<i>Heater</i>	Tipe Elemen Pemanas Tubular Tegangan 220V/AC Daya 500 Watt Panjang 360 mm Diameter 10 mm
5	Dimensi mesin	Panjang total 930 mm Lebar total 630 mm Tinggi 600 mm Bahan rangka besi hollow Bahan dinding plat <i>aluminium</i>
6	LCD Display	Tegangan operasional 5v dc, ukuran fisis 80 mm x 36 mm, konsumsi daya 0.2 watt
7	DHT22	Tegangan operasional 3,3 v – 6.0 v dc Operating range humidity 0-100 % RH; temperature -40-80 Celsius, Accuracy humidity +/- 2 % RH (Max +/- 5 % RH); temperature
8	Lampu Oven	Power konsumsi 5Watt

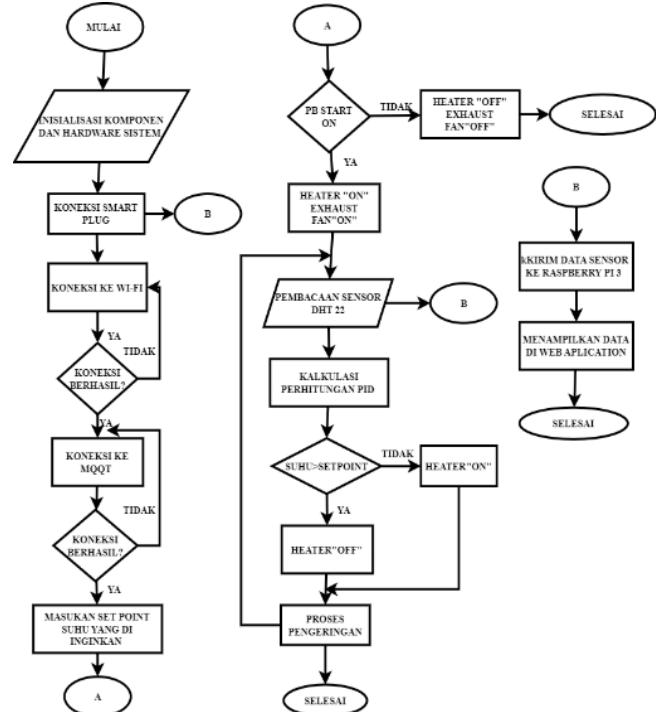
Setiap komponen dalam sistem ini tidak hanya memiliki fungsi spesifik dalam menunjang proses pengeringan, tetapi juga dipilih dengan mempertimbangkan aspek teknis seperti kebutuhan daya, tingkat akurasi, serta daya tahan terhadap kondisi operasional. Untuk mendeskripsikan secara lebih jelas mengenai karakteristik teknis dari setiap komponen

yang digunakan, rincian spesifikasi *hardware* mesin pengering cabai disajikan pada Tabel 1.

Mesin pengering cabai ini bekerja pada tegangan 220 Volt dengan total arus sekitar 2,94 ampere. Mikrokontroler ESP32 digunakan sebagai pusat kendali untuk membaca sensor suhu dan kelembaban DHT22, serta mengatur kinerja *aktuuator* melalui modul relay 5V. Sistem pemanas menggunakan elemen *heater* tubular berdaya 500 watt, dan sirkulasi udara didukung oleh kipas berdiameter 10 inci dengan daya 55Watt dan kecepatan 2300rpm. Untuk menampilkan data suhu dan kelembaban, digunakan LCD display 5V dengan konsumsi daya rendah. Mesin ini juga dilengkapi dengan lampu oven berdaya 5Watt yang berfungsi sebagai pencahaayaan tambahan selama proses pengeringan. Mesin memiliki ukuran 930 x 630 x 600mm dengan struktur kuat menggunakan rangka besi *hollow* dan dinding dari plat aluminium untuk membantu menjaga kestabilan suhu selama proses pengeringan berlangsung.

4) Diagram Alir Sistem

Diagram alir sistem secara keseluruhan dimulai dengan mengaktifkan perangkat keras dan komponen. Diagram alir sistem ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram alir sistem

Sistem terhubung ke *smart plug* untuk mengontrol daya dan memastikan koneksi Wi-Fi dan MQTT. Setelah itu, pengguna memasukkan *setpoint* yang diinginkan. Jika koneksi berhasil maka sistem akan mengaktifkan kontrol PID untuk mengatur suhu pengeringan. Jika tidak berhasil maka *heater* dan *fan* akan mati. Sensor akan membaca suhu secara berkala, kemudian sistem menggunakan algoritma PID untuk menghitung dan menyesuaikan perbedaan suhu agar menjaga suhu sesuai dengan *set point*. Selanjutnya data

dari sensor dikirim ke Raspberry Pi dan ditampilkan dalam aplikasi web untuk pengawasan tambahan.

D. Parameter Penelitian

1) Efisiensi Energi

Efisiensi energi adalah perbandingan energi yang digunakan untuk memanaskan udara pengering dengan energi yang digunakan untuk menguapkan kandungan air dari bahan yang dikeringkan [21]. Efisiensi energi dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Efisiensi energi} = Q_{\text{out}}/Q_{\text{in}} \times 100\% \quad (1)$$

keterangan:

Q_{in} = energi listrik yang digunakan (kj)

Q_{out} = energi output (kj)

2) Konsumsi Energi Listrik

Konsumsi energi listrik adalah besaran energi yang dimanfaatkan oleh peralatan listrik, dinyatakan dalam satuan *Watt Hour* [21], ditulis menggunakan persamaan berikut:

$$W = P \times t \quad (2)$$

Keterangan:

W = energi listrik (kWh)

P = daya listrik (watt)

t = waktu (hour)

3) Laju Pengeringan

Laju pengeringan adalah upaya dimana jumlah kadar air dalam suatu bahan turun secara berkala [22]. Laju pengeringan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$W\alpha = \frac{m_0 - m_1}{T_p} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

$W\alpha$ = laju pengeringan

m_0 = massa air dalam bahan (gram)

m_1 = massa bahan produk kering (gram)

T_p = waktu pengeringan (menit)

4) Biaya Konsumsi Energi Listrik

Biaya konsumsi adalah jumlah biaya berdasarkan banyaknya energi listrik yang digunakan dikalikan dengan tarif listrik per kWh [23]. Perhitungan biaya konsumsi energi listrik dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Biaya konsumsi energi} = \text{daya (kWh)} \times \text{waktu (jam)} \times \text{tarif listrik per kWh} \quad (4)$$

Keterangan:

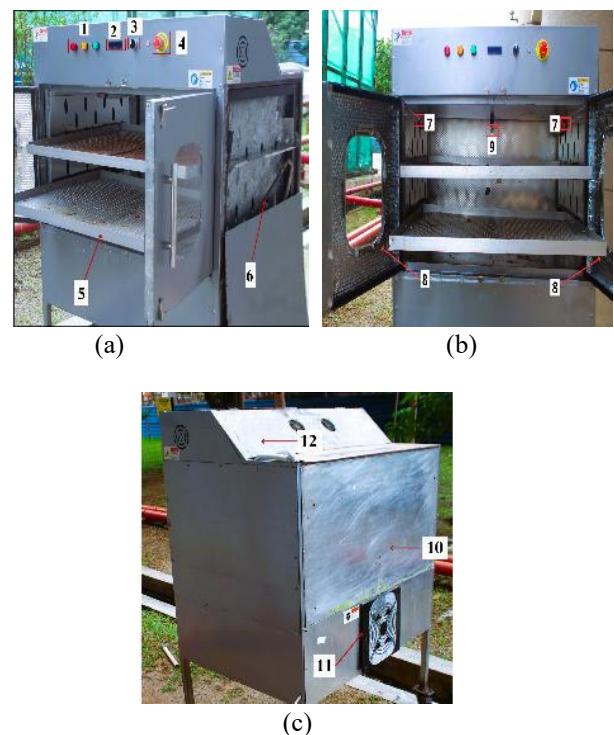
Daya = konsumsi daya listrik (kWh), jika daya dalam watt (W), maka dibagi dengan 1.000 untuk mengonversinya menjadi kWh.

Waktu = durasi penggunaan mesin pengering (jam)
Tarif listrik per kWh = biaya yang digunakan x tarif listrik (misalnya Rp1.500 per kWh).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pembuatan Mesin Pengering Cabai

Mesin pengering cabai ini mengimplementasikan algoritma kontrol PID untuk menjaga suhu tetap stabil selama proses pengeringan. Hasil pembuatan mesin pengeringan cabai ditunjukkan pada Gambar 6.



Keterangan gambar:

- | | |
|---------------------|---------------------|
| 1. Lampu Indikator | 7. DHT22 |
| 2. LCD Display | 8. Pintu Oven |
| 3. Saklar Switch | 9. Lampu Oven |
| 4. Emergency Button | 10. Box Pengeringan |
| 5. Rak Pengering | 11. Fan |
| 6. Heater | 12. Box Elektrikal |

Gambar 6. Mesin pengering cabai, (a) Tampak samping, (b) Tampak depan, (c) Tampak belakang

Mesin pengering cabai dilengkapi berbagai komponen untuk menunjang proses pengeringan yang aman dan efisien. Lampu indikator memberikan informasi status mesin, baik saat *standby*, dalam proses pengeringan, maupun saat tombol darurat ditekan. Layar LCD *display* menampilkan informasi suhu dan kelembaban serta kontrol PID, sementara saklar *switch* digunakan untuk menyalaikan dan mematikan mesin. *Emergency button* berfungsi sebagai tindakan keamanan jika terjadi masalah. Cabai diletakkan di rak pengering dalam *box* pengeringan yang tertutup rapat oleh pintu oven untuk menjaga isolasi suhu. Proses pemanasan udara di dalam mesin dilakukan oleh *heater*, sedangkan sensor DHT22 mengukur suhu dan kelembaban untuk menjaga kualitas pengeringan. Lampu oven

membantu memantau proses pengeringan secara visual. Terdapat juga ventilasi untuk mendorong udara panas dari ruang pengeringan ke ruang oven. Semua rangkaian listrik terlindungi di dalam box elektrikal, sehingga aman dari cuaca, air, dan risiko korsleting.

B. Pengujian Mesin Pengering Cabai

1) Pengujian Suhu dan Waktu Pengeringan Terhadap Daya

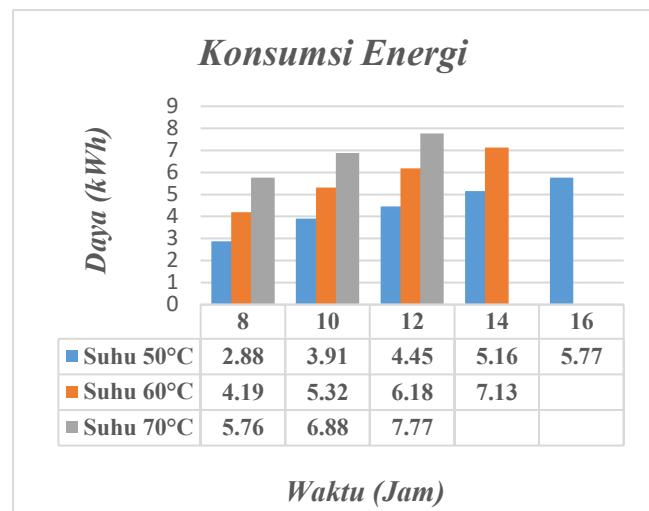
Proses pengujian pengeringan cabai menggunakan kontrol *PID* yang bervariasi untuk mengoptimalkan dan menstabilkan suhu dalam proses pengeringan cabai. Dalam penelitian ini, 12 kg cabai digunakan dengan berat rata-rata 1000 gram. Laju pengeringan diatur selama 8, 10, 12, 14 dan 16 jam, dan diuji pada suhu 50 °C, 60 °C, dan 70 °C untuk mengetahui bagaimana suhu dan waktu pengeringan mempengaruhi jumlah energi yang dikonsumsi selama proses pengeringan. Berdasarkan persamaan (2) maka di peroleh hasil pada Tabel II.

TABEL II
PENGARUH SUHU DAN WAKTU TERHADAP DAYA

Suhu (°C)	Waktu (jam)	Konsumsi Energi (kWh)
50	8	2,88
	10	3,91
	12	4,45
	14	5,16
	16	5,77
60	8	4,19
	10	5,32
	12	6,18
	14	7,13
70	8	5,76
	10	6,88
	12	7,77

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada suhu 50°C konsumsi energi meningkat dari 2,88 kWh pada waktu 8 jam menjadi 3,91 kWh pada 10 jam, dan 4,45 kWh pada 12 jam. Pada durasi yang lebih panjang, konsumsi energi pada suhu 50°C tercatat sebesar 5,16 kWh untuk waktu 14 jam dan meningkat menjadi 5,77 kWh pada 16 jam. Data serupa dengan suhu 60°C, konsumsi energi naik 4,19 kWh dengan waktu 8 jam menjadi 5,23 kWh pada 10 jam dan 6,18 kWh pada 12 jam, dengan peningkatan lebih lanjut menjadi 7,13 kWh pada durasi 14 jam. Perbedaan suhu 70°C dengan durasi waktu yang berbeda juga sama akan terus meningkat seiring bertambahnya lama waktu pengeringan. Terlihat bahwa konsumsi energi meningkat dengan baik dengan kenaikan suhu maupun durasi waktu. Penelitian ini menunjukkan bahwa waktu dan suhu meningkat pada pengeringan yang digunakan, maka konsumsi energi yang dibutuhkan akan semakin besar. Hasil penelitian ini relevan dengan penelitian [24] yang menekankan pentingnya pengaturan suhu rendah dan waktu lama (LTLT) untuk

mencapai efisiensi pengeringan yang optimal tanpa meningkatkan konsumsi energi secara berlebihan. Grafik konsumsi energi ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik pengaruh suhu dan waktu terhadap daya

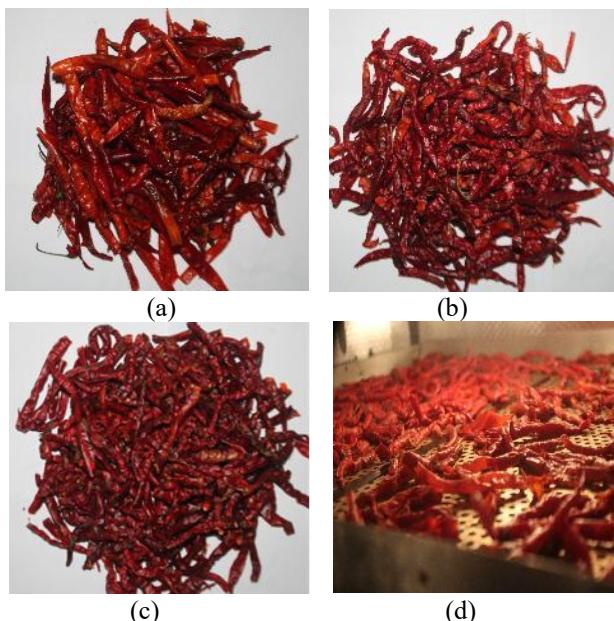
2) Pengujian Laju Pengeringan

Proses pengujian laju pengeringan diperlukan untuk mengetahui jumlah kadar air yang dapat dikurangi selama proses pengeringan. Dengan menghitung laju pengeringan dapat memahami seberapa cepat kandungan air atau kelembaban suatu bahan berkurang selama proses pengeringan pada kondisi tertentu, seperti suhu dan waktu dalam proses pengeringan. Berdasarkan persamaan (3) maka diperolah data pada Tabel III.

TABEL III LAJU PENGERINGAN				
Suhu (°C)	Waktu (jam)	Sebelum (gram)	Sesudah (gram)	Laju pengeringan (gram/menit)
50	8	999	650	0,72
	10	1001	550	0,75
	12	1001	450	0,77
	14	1001	340	0,78
	16	1000	235	0,80
	8	1000	600	0,83
	10	1000	403	0,99
	12	1001	370	0,88
	14	1000	237	0,90
	8	1000	403	1,24
60	10	1001	310	1,15
	12	1003	240	1,06

Berdasarkan Tabel III menunjukkan laju pengeringan cabai pada suhu 50°C, 60°C, dan 70°C dengan waktu pengeringan selama 8, 10, 12, 14, dan 16 jam. Selisih laju pengeringan pada suhu yang sama dipengaruhi oleh lama waktu pengeringan. Dengan lama waktu pengeringan maka laju pengeringan akan meningkat. Pada suhu 50°C, penurunan berat cabai terjadi secara bertahap dengan laju pengeringan yang relatif rendah berkisar antara 0,72 hingga 0,80

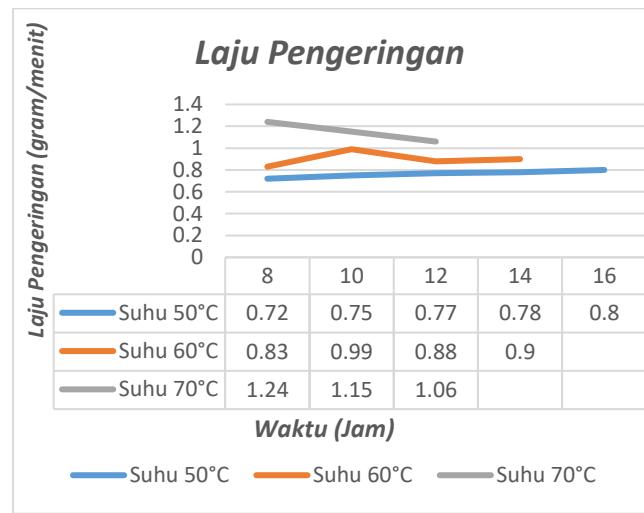
gram/menit. Hal ini menunjukkan bahwa suhu 50°C kurang efektif untuk mengurangi kadar air cabai secara signifikan dalam waktu singkat. Pada suhu 60°C, pengurangan berat cabai menjadi lebih signifikan, terutama pada durasi 10 dan 12 jam, dimana berat akhir cabai hanya tersisa 403 gram dan 370 gram dari sekitar 1000 gram awalnya. Laju pengeringan juga meningkat, mencapai 0,99 gram/menit pada 10 jam dan 0,88 gram/menit pada 12 jam, hal ini menunjukkan bahwa suhu ini lebih efektif dalam proses pengeringan. Suhu 70°C menghasilkan penurunan berat cabai yang sangat signifikan, dengan berat akhir mencapai 310 gram setelah 10 jam, dan 240 gram setelah 12 jam, serta laju pengeringan yang cukup tinggi mencapai 1,24 gram/menit pada 8 jam. Hal ini menunjukkan bahwa suhu 70°C sangat efektif untuk mengurangi kadar air cabai dalam waktu yang lebih singkat, tetapi juga bisa berbahaya jika suhu terlalu tinggi menyebabkan tekstur cabai menjadi terlalu kering atau bahkan menjadi keras. Hasil ini relevan dengan penelitian [25] yang menegaskan bahwa pentingnya pengaturan suhu dan durasi yang tepat untuk mencapai efisiensi energi optimal dalam pengeringan cabai merah. Gambar 8 merupakan hasil proses pengeringan cabai dengan mesin pengeringan cabai.



Gambar 8. Hasil Pengeringan Cabai: (a) Pengeringan 50°C durasi 10 jam, (b) Pengeringan 60°C durasi 14 jam, (c) Pengeringan 70°C durasi 12 jam, (d) Cabai dalam proses pengeringan.

Gambar 8 ini mengilustrasikan perbedaan signifikan dalam tekstur dan warna cabai selama proses pengeringan. Pada fase awal, cabai segar menunjukkan warna merah cerah dan memiliki kandungan air yang tinggi. Namun, selama proses pengeringan, cabai mengalami penurunan dan perubahan warna menjadi merah tua, yang mengindikasikan penurunan kadar air. Untuk memperpanjang masa penyimpanan cabai, suhu pengeringan yang lebih tinggi (60°C dan 70°C) menghasilkan penurunan kadar air yang lebih besar. Meski begitu, suhu dan waktu pengeringan harus diatur dengan tepat agar tidak merusak kualitas cabai dan tetap mempertahankan tekstur, warna, serta kandungan nutrisi

yang diinginkan dalam produk akhir. Hasil penelitian ini relevan dengan penelitian yang dilaksanakan [24], yang mana menunjukkan bahwa suhu pengeringan yang lebih tinggi akan mempercepat pengeringan. Grafik laju pengeringan ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik laju pengeringan

C. Analisis Perhitungan

Pengujian ini dilakukan dengan mencari perhitungan efisiensi energi, konsumsi energi (kWh), dan biaya konsumsi energi. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan efisiensi energi yang optimal dalam proses pengeringan.

1) Biaya Konsumsi Energi

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui biaya konsumsi energi listrik yang digunakan selama proses pengeringan cabai. Berdasarkan persamaan (4) maka diperoleh biaya konsumsi energi yang dapat dilihat pada Tabel IV.

Proses pengeringan cabai hingga mencapai tingkat kekeringan yang diinginkan bervariasi dalam hal kecepatan dan efisiensi energi. Dengan tarif listrik Rp 1.500/kWh, pengeringan tercepat dapat dicapai pada suhu 70°C selama 12 jam, yang mengonsumsi 7,77 kWh dengan biaya Rp 11.655. Pilihan lain pada suhu 60°C selama 14 jam, dengan konsumsi 7,30 kWh dan biaya Rp 10.695 ini sangat cocok bagi yang mencari keseimbangan antara kecepatan dan efisiensi biaya. Alternatif yang lebih hemat adalah pada suhu 50°C selama 16 jam, yang mengonsumsi 5,77 kWh dengan biaya Rp 8,655. Pilihan ini sangat efisien dalam hal biaya, meskipun membutuhkan waktu yang lebih lama, sehingga cocok bagi pengguna yang lebih mengutamakan efisiensi biaya daripada kecepatan. Hal ini sejalan dengan penelitian [26], menunjukkan bahwa suhu dan waktu pengeringan mempengaruhi laju pengeringan serta konsumsi energi, yang pada akhirnya mempengaruhi biaya total dari proses pengeringan cabai.

TABEL IV
BIAYA KONSUMSI ENERGI (RUPIAH)

Suhu (°C)	Waktu (jam)	Sebelum (gram)	Sesudah (gram)	Konsumsi Energi (kWh)	Biaya (Rp)
50	8	999	650	2,88	4,320
	10	1001	550	3,91	5,865
	12	1001	450	4,45	6,675
	14	1001	340	5,16	7,740
	16	1000	235	5,77	8,655
60	8	1000	600	4,19	6,285
	10	1000	403	5,32	7,980
	12	1001	370	6,18	9,270
	14	1000	237	7,13	10,695
	8	1000	403	5,76	8,640
70	10	1001	310	6,88	10,320
	12	1003	240	7,77	11,655

2) Efisiensi Energi

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui efisiensi energi dengan menghitung perbandingan antara energi panas pada proses pengeringan cabai dan total energi yang digunakan pada proses pengeringan cabai. Berdasarkan persamaan (1) maka didapatkan data hasil efisiensi energi pada Tabel V.

TABEL V
EFESIENSI ENERGI

Suhu (°C)	Waktu (jam)	Sebelum (gram)	Sesudah (gram)	Konsumsi Energi (kWh)	Efisiensi Energi (%)
50	8	999	650	2,88	7,62
	10	1001	550	3,91	7,24
	12	1001	450	4,45	7,80
	14	1001	340	5,16	7,84
	16	1000	235	5,77	8,06
60	8	1000	600	4,19	5,99
	10	1000	403	5,32	7,05
	12	1001	370	6,18	6,39
	14	1000	237	7,13	6,56
70	8	1000	403	5,76	6,50
	10	1001	310	6,88	6,31
	12	1003	240	7,77	6,15

Data pengujian menunjukkan bahwa suhu dan durasi pengeringan sangat memengaruhi efisiensi energi. Pada suhu 50°C selama 12 jam, efisiensi energi tertinggi sebesar 7,80%, diikuti oleh efisiensi sebesar 7,84% selama 14 jam. Namun, pada waktu 16 jam, efisiensi energi kembali naik menjadi 8,06%, tetapi peningkatan ini hanya sedikit lebih besar daripada sebelumnya. Ketika suhu dinaikkan menjadi 60°C, efisiensi energi menurun dibandingkan dengan suhu 50°C. Pada suhu ini, efisiensi tertinggi dicapai pada durasi 12 jam dengan nilai 6,39%, kemudian meningkat sedikit menjadi 6,56% pada durasi 14 jam, namun kembali turun

menjadi 5,89% pada durasi 16 jam. Penurunan ini menunjukkan bahwa peningkatan durasi pada suhu 60°C kurang efektif dan efisiensi yang dihasilkan tetap lebih rendah dibandingkan suhu 50°C. Pada suhu 70°C, penurunan efisiensi semakin terlihat, dimana efisiensi tertinggi hanya mencapai 6,50% pada durasi 8 jam, kemudian menurun menjadi 6,31% pada durasi 10 jam, dan terus turun menjadi 6,15% pada durasi 12 jam. Suhu 70°C menghasilkan konsumsi energi yang semakin besar tanpa peningkatan signifikan dalam efisiensi energi. Secara keseluruhan, meskipun suhu yang lebih tinggi biasanya diharapkan mempercepat proses pengeringan, data menunjukkan bahwa peningkatan suhu dari 50°C ke 60°C dan 70°C justru mengurangi efisiensi energi karena konsumsi energi yang lebih besar tanpa penurunan berat yang signifikan. Hasil penelitian ini relevan dengan penelitian [27], menyatakan bahwa pada suhu di atas 60°C, laju penguapan air mulai jenuh sehingga peningkatan suhu tidak lagi efektif dan justru menyebabkan penurunan efisiensi energi. Nilai efisiensi energi mesin pengering berada pada kisaran 5,99% hingga 8,06%, menunjukkan bahwa kinerjanya masih kurang optimal. Hal ini diduga akibat tidak adanya isolasi termal dan sistem sirkulasi udara, sehingga panas banyak terbuang dan uap air terperangkap. Temuan hasil ini juga didukung oleh penelitian [28] yang menyebutkan bahwa efisiensi sistem tanpa isolasi biasanya di bawah 10%. Meskipun suhu tinggi digunakan, penurunan berat cabai tidak signifikan, sehingga energi banyak terbuang. Dengan demikian, suhu 50°C selama dengan durasi 12 hingga 14 jam terbukti paling efisien dalam penggunaan energi.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini mengindikasikan bahwa suhu dan durasi pengeringan berpengaruh terhadap berbagai aspek krusial dalam proses pengeringan cabai seperti konsumsi daya, laju pengeringan, biaya konsumsi energi, dan efisiensi energi. Suhu yang lebih tinggi mempercepat proses pengeringan tetapi meningkatkan konsumsi energi dan menurunkan efisiensi. Pada suhu 50°C dengan durasi 16 jam, diperoleh efisiensi tertinggi sebesar 8,06% dengan konsumsi energi sebesar 5,77 kWh dan biaya Rp 8,655, menjadikannya pengaturan yang paling ekonomis dari segi biaya, meskipun membutuhkan waktu yang lebih lama. Sementara itu, pada suhu 60°C dengan durasi 14 jam, konsumsi energi mencapai 7,13 kWh dengan biaya Rp 10,695, menawarkan keseimbangan antara kecepatan dan efisiensi biaya. Di sisi lain, pengeringan pada suhu 70°C selama 12 jam membutuhkan biaya energi Rp 11,655 dengan konsumsi energi 7,77 kWh, menghasilkan proses pengeringan yang lebih cepat tetapi dengan biaya lebih tinggi. Dengan demikian, pemilihan suhu dan waktu pengeringan perlu disesuaikan dengan kebutuhan, seperti kecepatan, efisiensi energi, atau biaya, agar proses pengeringan cabai lebih optimal. Namun, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan, salah satunya adalah penggunaan energi yang masih bergantung pada listrik konvensional. Ketergantungan ini dapat memengaruhi efisiensi biaya, terutama jika durasi pengeringan cukup panjang. Untuk penelitian selanjutnya,

disarankan untuk memanfaatkan energi listrik dari panel surya sebagai sumber energi alternatif. Penggunaan energi surya berpotensi menekan biaya konsumsi energi dan menjadi solusi yang lebih efisien serta ramah lingkungan dalam proses pengeringan cabai.

REFERENSI

- [1] H. Fadhilatunnur, Subarna, Z. Murtadho, and T. Muhandri, "Pengeringan Cabai Merah (*Capsicum annuum L.*) dengan Kombinasi Oven Microwave dan Kipas Angin," *J. Mutu Pangan Indones. J. Food Qual.*, vol. 9, no. 1, pp. 26–35, Jun. 2022, doi: 10.29244/jmpf.2022.9.1.26.
- [2] M. Tahir, "Pengaruh Lama Pengeringan Cabai Katokkon (*Capsicum Annum L*) Dan Karakteristik Bubuk Cabai Serta Abon Cabai Yang Dihasilkan." Universitas Hasanuddin, 2022.
- [3] M. R. Ramadhan, D. R. Erika, and A. Dahlia, "Pengaruh Berbagai Metode Pengeringan Terhadap Fisikokimia Bubuk Cabai: Studi Pustaka," *J. Sains dan Teknol. Pangan*, vol. 9, no. 5, 2024.
- [4] E. F. SARI, "Mutu Fisik Cabai Rawit (*Capsicum frutescens L.*) Segar dengan Jenis Pengemasan Berbeda Selama Penyimpanan Suhu Rendah." Fakultas Teknologi Pertanian.
- [5] I. W. Ayu, H. T. Siswanto, and N. D. Lestari, "Sosialisasi pasca panen bawang merah pada petani dataran tinggi Kabupaten Sumbawa," *J. Pengemb. Masy. Lokal*, vol. 6, no. 1, pp. 117–124, 2023.
- [6] M. K. Evania, "Kajian Optimasi Kondisi Proses Berbagai Metode Pengeringan Pada Rimpang (Jahe, Kunyit Dan Temulawak)." Unika Soegijapranata Semarang, 2022.
- [7] S. Abdussamad, S. A. Hulukati, and A. Husain, "Otomatisasi Pengering Padi Berbasis Arduino Uno," *J. Electr.*, vol. 11, no. 01, pp. 13–19, Mar. 2022, doi: 10.37195/electrichsan.v11i01.84.
- [8] R. A. Rahman, D. Rahmalina, A. Suwandi, N. Rachmawati, and A. K. Hubbansyah, "Implementasi teknologi rumah pengering hybrid untuk mendukung proses pengeringan ikan di Desa Terapung, Buton Tengah," *BERNAS J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 5, no. 1, pp. 1247–1255, 2024.
- [9] A. Santoso, P. T. Fadhilla, Y. Subaktih, and A. F. Desiana, "Kajian Pengeringan Alami Dan Mekanik Terhadap Karakteristik Biji Kakao Bulk: Study of Natural and Mechanical Drying to Characteristics of Bulk Cocoa Beans," *JOFE J. Food Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 32–41, 2024.
- [10] I. R. Imaduddin, M. H. Basri, And R. Jannah, "Rancang Bangun Mesin Rotary Dryer Gabah," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 11, no. 4, p. 822, 2023.
- [11] R. Baihaqi, "Pengendalian Motor AC 1 Phasa pada Pengering Biji Kopi Tipe Drum Dryer Berbasis PLC." universitas 17 agustus 1945 surabaya, 2021.
- [12] F. H. N. Yanuar ahmad and H. Hariri, "Perancangan Alat Pengering Cengkeh Berkapasitas 30 Kg Berbasis Arduino," *Teknobiz J. Ilm. Progr. Stud. Magister Tek. Mesin*, vol. 11, no. 2, pp. 122–128, 2021, doi: 10.35814/teknobiz.v11i2.2465.
- [13] M. Rafli, A. Mufti, and F. Heltha, "Rancang Bangun Pengendalian Suhu pada Alat Pengering Belimbing Wuluh dengan Menggunakan Pengendali PID (Proportional Integral Derivative)," *KITEKTRO J. Komputer, Inf. Teknol. dan Elektro*, vol. 6, no. 3, pp. 1–8, 2021.
- [14] T. Yang *et al.*, "Drying Temperature Precision Control System Based on Improved Neural Network PID Controller and Variable-Temperature Drying Experiment of Cantaloupe Slices," *Plants*, vol. 12, no. 12, p. 2257, Jun. 2023, doi: 10.3390/plants12122257.
- [15] E. O. Baldeón, W. F. Salas-Valerio, J. M. Vidaurre-Ruiz, and R. Comettant-Rabanal, "Convective Drying Kinetics of Yacon (*Smallanthus Sonchifolius Poepp. & Endl.*) Slabs and Evaluation of the Dryer Pid Temperature Control System," *Chil. J. Agric. Anim. Sci.*, vol. 40, no. 1, pp. 44–55, 2024.
- [16] D. M. Jose, R. B. Anggara, M. U. Wibisono, F. Hasibuan, and A. R. Hakim, *Mesin Dragwash dan Penggebek Karpet: Solusi Efisiensi dalam Pembersihan Modern*. LovRinz Publishing, 2024.
- [17] K. PURBA, "Sistem Kendali dalam Mesin Otomatis: Teknologi dan Aplikasinya," *Circ. Arch.*, vol. 1, no. 6, 2024.
- [18] B. K. Gowa, "Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Controlling Pemakaian Daya Listrik di Balai Pengembangan Penjaminan Mutu Pendidikan Vokasi Bidang Kelautan , Perikanan , Teknologi Informasi dan Komunikasi," vol. 3, no. 2, pp. 146–152, 2024.
- [19] N. Asiah, D. A. Sari, M. S. Triyastuti, and M. Djaeni, "Peralatan pengering pangan." Bintang Semesta Media, 2023.
- [20] L. Zhang, X. Yu, M. Arun S, and C. Zhou, "Effect of freeze-thaw pretreatment combined with variable temperature on infrared and convection drying of lotus root," *LWT*, vol. 154, p. 112804, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.lwt.2021.112804.
- [21] P. Setyadi, D. B. Rio, C. K. Setyawan, A. Tohir, and Fatuohman, "Perhitungan Efisiensi Energi Mesin Pengering Vakum pada Berbagai Temperatur (0,-5)°C dengan Kekavumahan 0,03 Atm," *Pros. Semin. Nas. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 202, pp. 19–29, 2021.
- [22] J. Website, "Jurnal Kajian Teknik Mesin Vol.8 No. 1 15," vol. 8, no. 1, pp. 15–21.
- [23] Q. A. Maulida, M. Z. Haq, D. M. H. Sihite, and P. H. Simanjutak, "Studi Biaya Pemakaian Listrik Pada Gedung C Politeknik Negeri Medan: Study Of The Cost Of Electricity Consumption In Building C Of The Medan State Polytechnic," *J. Ilm. Tenaga List.*, vol. 2, no. 2, pp. 70–75, 2023.
- [24] A. M. Irfan, A. Arimansyah, R. A Ramli, and L. Nunik, "Unjuk kerja pengering tenaga surya tipe efek rumah kaca untuk pengeringan cabai dengan perlakuan low temperature long time blanching," *J. Rona Tek. Pertan.*, vol. 13, no. 2, pp. 42–58, 2020.
- [25] V. C. Guntara, "Rancang Bangun Alat Penggiling dan Pengering Cabai Menggunakan ATMEGA 328," *J. Energy Electr. Eng.*, vol. 3, no. 1, 2021.
- [26] A. M. Irfan, L. Nunik, A. Arimansyah, and R. A Ramli, "Kinetika pengeringan cabai dengan perlakuan blansing suhu rendah-waktu lama," *J. Pendidik. Teknol. Pertan.*, vol. 10, no. 1, pp. 24–35, 2021.
- [27] U. Usman, A. Muchtar, U. Muhammad, and N. Lestari, "Purwarupa dan kinerja pengering gabah hybrid solar heating dan photovoltaic heater dengan sistem monitoring suhu," *J. Tek. Elektro*, vol. 12, no. 1, pp. 24–32, 2020.
- [28] K. N. Ifah, E. T. Wulansari, F. K. A. Anggraeni, and F. I. Septiviana, "Analisis Konsep Kelistrikan Dalam Penggunaan Beberapa Mesin Pengering Pertanian,"