



Jurnal Politeknik Caltex Riau

<https://jurnal.pcr.ac.id/index.php/elementer>

| ISSN: 2460 – 5263 (online) | ISSN: 2443 – 4167 (print)

Alat Pengering Biji Kakao Berbasis *Internet of Things* (IoT)

Cyntia Widiyanti^{1*} Irfan Al Ghazani¹ Tia Febri Ananda¹

¹Jurusan Teknologi Industri, Politeknik Caltex Riau, Pekanbaru, 28265, Indonesia

cyntia@pcr.ac.id

*Corresponding Author: cyntia@pcr.ac.id

Abstrak

Indonesia merupakan salah satu negara dengan kakao sebagai komoditas perkebunan unggulan. Biji kakao yang baik adalah yang memiliki kadar air berkisar 60% dan akan menurun hingga 6-7% setelah dikeringkan. Pengeringan biji kakao dengan cara alami (penjemuran) memakan waktu kurang lebih 3-4 hari menggunakan sinar matahari dalam kondisi cerah, sedangkan pada musim penghujan pengeringan akan memakan waktu yang lebih lama. Hal ini yang melatarbelakangi pembuatan alat pengering biji kakao ini. Alat ini dilengkapi dengan teknologi Internet of Things (IoT) sehingga kinerja alat dapat dimonitoring melalui smartphone, menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler, elemen pemanas sebagai sumber panas, load cell untuk mengetahui kadar air pada biji kakao berdasarkan data berat yang terukur serta Thermocouple MAX 6675 untuk monitoring suhu. Fitur Internet of Things pada alat ini akan dapat menampilkan hasil pengukuran suhu dan durasi pengeringan pada alat pengering kakao. Berdasarkan hasil implementasi alat dan pengujian yang dilakukan maka alat pengering telah mampu melakukan pengeringan biji kakao lebih cepat dengan berdasarkan kadar air yang tersisa (berat), jika dibandingkan dengan proses pengeringan secara konvensional yang menghabiskan waktu 6 hari. Alat pengering juga telah mampu menstabilkan suhu (55 - 65 °C) ruangan pengering secara otomatis, memberikan hasil monitoring suhu dan waktu melalui aplikasi blynkserta pada LCD.

Kata kunci: Kakao, nternet of Things, ESP32, Thermocouple MAX6675, Load Cell

Abstract

Indonesia is one of the countries with cocoa as a leading plantation commodity. Good cocoa beans have a water content of around 60% and will decrease to 6-7% after drying. Drying cocoa beans using a natural method (drying) takes approximately 3-4 days using sunlight in sunny conditions, while in the rainy season drying will take longer. This is the background for making this cocoa bean dryer. This tool is equipped with Internet of Things (IoT) technology so that the tool's performance can be monitored via smartphone, using an ESP32 as a microcontroller, a heating element as a heat source, a load cell to determine the water content in cocoa beans based on measured weight data and a MAX 6675 thermocouple for monitoring temperature. The

Internet of Things feature on this tool will be able to display the results of temperature measurements and drying duration on the cocoa dryer. Based on the results of the tool implementation and tests carried out, the dryer has been able to dry cocoa beans more quickly based on the remaining water content (weight), when compared to the conventional drying process which takes 6 days. The dryer is also able to stabilize the temperature (55 - 65°C) of the drying room automatically, providing temperature and time monitoring results via the blynk application and on the LCD.

Keywords: *Cacao, Internet of Things, ESP32, Thermocouple AX6675, Loadcell*

1. Pendahuluan

Kakao (*Theobroma cacao L*) merupakan salah satu komoditas tanaman perkebunan yang berperan dalam meningkatkan pendapatan negara. Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kakao terbesar di dunia. Luas area tanaman kakao Indonesia tahun 2021 mengalami penurunan dibandingkan tahun 2020 menjadi 1,44 Ha.

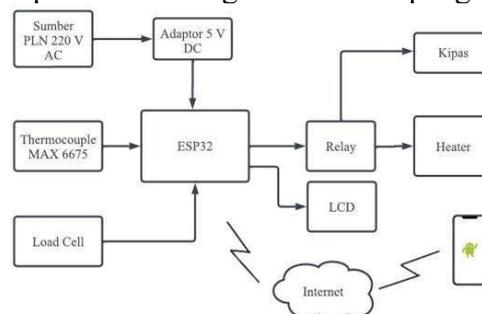
Proses pengeringan biji kakao sangat penting untuk menghasilkan biji kakao yang kering yang berkualitas baik, terutama dalam hal fisik, cita rasa dan aroma serta berperan dalam rasa yang kelat dan pahit. Proses pengeringan bertujuan untuk mengurangi kadar air dari biji kakao dari 60% menjadi 6-7%. Pengeringan kakao secara tradisional biasanya masih melalui penjemuran dibawah sinar matahari, namun cara ini tentu saja memakan waktu yang cukup lama dan lokasi yang luas. Pada dasarnya selain menggunakan teknik pengeringan dibawah sinar matahari, telah terdapat suatu alat yang mampu melakukan pengeringan biji kakao, namun alat pengering yang telah ada masih banyak memanfaatkan bahan bakar minyak, hal ini jelas tidak efektif karena minyak tanah merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui dan selain itu asap yang dihasilkan juga mempengaruhi kualitas biji kakao tersebut (Elkolind, 2018).

Berdasarkan permasalahan diatas maka dirancang Alat Pengering Biji Kakao Berbasis IoT (*Internet of Things*) guna membantu dan lebih mempermudah proses pengeringan biji kakao dengan memanfaatkan tegangan listrik sebagai sumber panas dan dilengkapi dengan fitur monitoring suhu yang terhubung melalui internet sehingga dapat dimonitoring melalui aplikasi pada *smartphone*.

2. Metode

2.1 Blok Diagram

Gambar 1 merupakan blok diagram dari alat pengering biji kakao.



Gambar 1 Blok Diagram

2.2 Perancangan Software

Gambar 2 merupakan perancangan *software*, sedangkan gambar 3 merupakan hasil tampilan *interface* dari alat pengering biji kakao

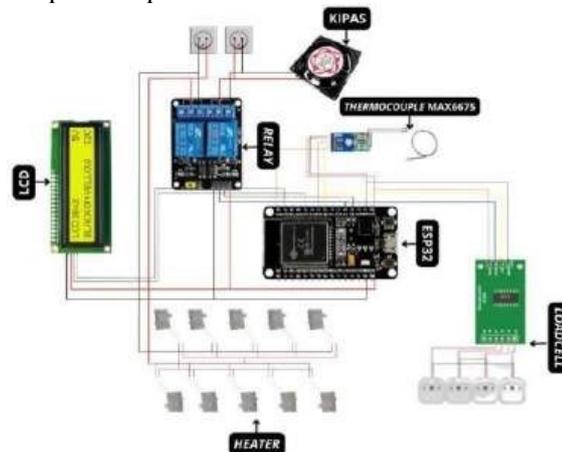
Gambar 2 Perancangan Sistem



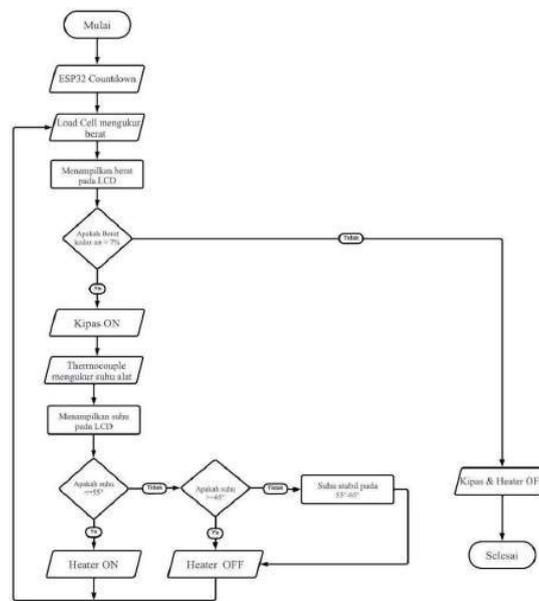
Gambar 3 Interface dari ESP32

2.3 Perancangan Hardware

Gambar 4 merupakan rangkaian skematik dari sistem yang dirancang. Gambar 5 merupakan *Flowchart* perancangan alat, dimulai ketika sistem *ON* yang membuat tegangan mengalir ke mikrokontroler. Saat mikrokontroler mulai bekerja maka ESP32 akan mulai melakukan perhitungan, dan *Loadcell* akan mengukur berat dan ditampilkan pada LCD. Selanjutnya masuk pada kondisi apakah berat kadar air $> 7\%$, jika iya kipas akan *ON*, selanjutnya *Thermocouple* MAX 6675 juga akan hidup dan melakukan monitoring suhu yang akan ditampilkan pada aplikasi *Blynk* dan LCD. Lalu, masuk pada kondisi dimana apabila nilai pengukuran suhu yang dibaca oleh *Thermocouple* MAX 6675 ≤ 55 maka *Heater* akan otomatis *ON*, jika tidak maka system akan membaca apakah suhu ≥ 65 , jika iya maka *Heater* akan *OFF*, jika tidak maka system mengindikasikan suhu pada range yang stabil yaitu $55 - 65$. Saat kondisi berat kadar air *Loadcell* $< 7\%$ akan menyebabkan kipas maupun *Heater* otomatis mati keseluruhan.

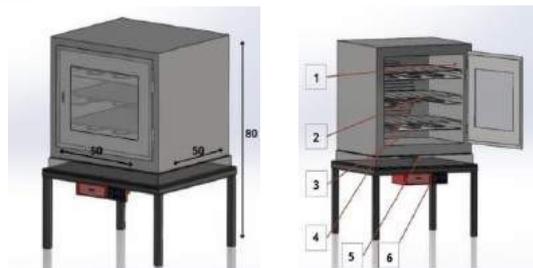


Gambar 4 Rangkaian Skematik



Gambar 5 Flowchart Perancangan

2.4 Perancangan Mekanik



Gambar 6 Perancangan Mekanik

Gambar 6 merupakan rancangan mekanik dari alat pengering biji kakao ini. Dari gambar tersebut dapat diketahui beberapa bagian seperti berikut:

1. Thermocouple MAX6675
2. Rak Kakao
3. Heater
4. Kipas/Fan
5. Loadcell
6. Box Komponen (ESP32, Motor Shield, ThermocoupleMAX6675, Modul HX711, Relay, dan LCD)

Berdasarkan desain diatas ukuran alat yang akan digunakan 50 cm x 50 cm x 80 cm dengan kapasitas biji kakao pada saat pengeringan \pm 3 kg dengan tiap raknya 1 kg. Untuk ukuran raknya sendiri 44 cm x 44 cm berjumlah 3 buah.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Perancangan

Hasil perancangan yang telah dibuat dan didesain sesuai dengan yang diharapkan. Komponen-komponen alat tersebut sebagian diletakkan di dalam panel *Box*, sensor *Thermocouple*, kipas dan elemen pemanas di letakkan didalam bagian alat pengering sedangkan *Loadcell* beradadibawah kerangka alat pengering untuk dapat mengukur berat dari biji kakao yang diproses.

Pada gambar 8 merupakan tampilan akhir dari alat pengering biji kakao berbasis *Internet of*

Things. Dari gambar tersebut dapat dilihat posisi peletakan dari setiap komponen sensor, panel *Box*, *Heater*, dan Kipas. Berikut Tabel 1 yang merupakan penjelasan dari posisi komponen *Hardware* dari Gambar 7.

Tabel 1 Komponen *Hardware*

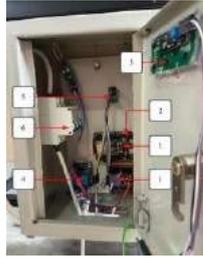
Kode	Komponen	Keterangan
A	Sensor <i>Thermocouple</i> <i>MAX6675</i>	Berfungsi untuk melakukan pengukuran suhu pada ruangan dalam alat pengering. Jika nilai suhu pada oven menunjukkan angka lebih dari 65°C maka elemen pemanas akan <i>OFF</i> .
B	<i>Loadcell</i>	Berfungsi sebagai komponen yang menentukan kadar air kakao berdasarkan berat yang terukur. Data dari <i>loadcell</i> akan ditampilkan pada LCD.
C	<i>Panel Box</i>	Berfungsi untuk peletakan ESP32, Motor <i>Shield</i> , <i>Thermocouple</i> <i>MAX6675</i> , Modul HX711, Relay dan LCD. Hal ini dilakukan untuk mengantisipasi kontak langsung komponen terhadap cahaya matahari dan air yang nantinya dapat menimbulkan kemungkinan kerusakan pada komponen.
D	Kipas	Berfungsi untuk menyebarkan udara panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas ke seluruh ruangan pada oven agar suhu di dalam oven stabil.
E	Elemen pemanas	Berfungsi sebagai sumber panas pada oven. Saat oven dihidupkan, elemen pemanas akan dipanaskan oleh listrik. Panas yang dihasilkan akan memenuhi suhu yang diperlukan oleh oven.



Gambar 7 Tampilan Alat Pengering

Dari gambar 8 dapat dilihat beberapa komponen yang melekat pada *Panel Box* dan diletakkan di bagian bawah kerangka alat pengering. Terdapat beberapa komponen yang melekat, diantaranya:

1. ESP32
2. Motor *Shield*
3. LCD
4. *Relay*
5. HX711
6. Saklar sumber tegangan

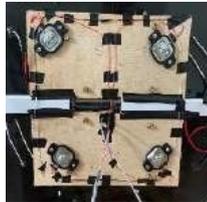


Gambar 8 Tampilan Panel Box



Gambar 9 Tampilan dalam Alat Pengering

Gambar 9 merupakan tampilan dalam dari alat pengering, dimana terdapat 10 elemen pemanas yang tersebar di bagian dinding alat pengering, 3 buah rak untuk biji kakao dan 1 kipas yang berada pada dinding bagian belakang alat pengering. Keseluruhan elemen pemanas telah di hubungkan secara paralel dan akan terhubung ke *Relay*. Penggunaan kipas pada alat pengering ini bertujuan untuk menyebarkan udara panas yang dikeluarkan oleh elemen pemanas sehingga mempercepat proses pengeringan. Sumber tegangan dari elemen pemanas dan kipas ini bersumber dari tegangan PLN langsung. Namun, kinerja dari elemen pemanas dan kipas ini tetap dikontrol secara otomatis oleh ESP32.

Gambar 10 Tampilan *Loadcell*

Tampilan dari sensor *Loadcell* dapat dilihat pada gambar 10, dimana terdapat 4 buah sensor *Loadcell* yang di hubungkan secara paralel dan akan terhubung ke modul HX711. Sensor *Loadcell* akan mengukur berat dari biji kakao, kemudian informasi tersebut akan ditampilkan pada display LCD di panel *box*. Sebelumnya *Loadcell* yang digunakan sudah dikalibrasi sehingga berat yang diukur hanyalah berat dari biji kakao yang diletakkan pada alat pengering.

3.2 Pengujian Alat

3.2.1 Pengujian Akurasi Data Sensor Thermocouple

Perhitungan akurasi data sensor *Thermocouple* dilakukan dengan 10 *sample data* pengujian sensor *Thermocouple* kemudian dibandingkan dengan data pembacaan suhu dengan *Thermometer* standar (data validator). Data akurasi data sensor dapat dilihat pada tabel 2. Berdasarkan data diatas didapatkan nilai yang dihasilkan oleh sensor *Thermocouple* dimana nilai yang terukur telah mendekati hasil yang didapatkan oleh alat pengukur suhu *Thermometer*. Dari data pada table 2, dapat diketahui persentase keakurasian dari nilai suhu yang terukur tersebut menggunakan persamaan:

$$\% \text{ Akurasi} = 100 - \left(\left| \frac{XX_n - Y_n}{XX_n} \right| \times 100 \right)$$

$$\% \text{ Akurasi} = 100 - \left(\left| \frac{31.00^\circ\text{C} - 30.00^\circ\text{C}}{31.00^\circ\text{C}} \right| \times 100 \right)$$

$$\% \text{ Akurasi} = 96.77 \%$$

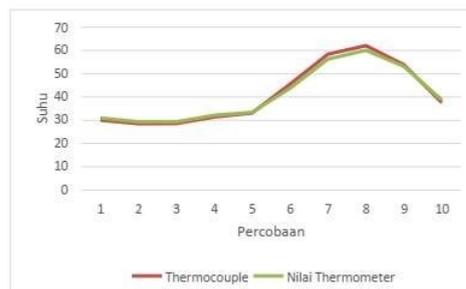
Keterangan:

X_n = Nilai alat *Thermometer*

Y_n = Nilai sensor *Thermocouple*

Tabel 2 Data Akurasi Sensor *Thermocouple*

Percobaan Ke -	Nilai <i>Thermocouple</i>	Nilai <i>Thermometer</i>	Akurasi (%)
1	30.00°C	31.00°C	96,77
2	28.48°C	29.28°C	97,26
3	28.55°C	29.27°C	97,54
4	31.38°C	32.11°C	97,72
5	33.02°C	33.39°C	98,89
6	45.49°C	43.69°C	95,88
7	58.34°C	56.21°C	96,21
8	62.03°C	59.97°C	96,56
9	53.84°C	53.10°C	98,60
10	37.55°C	38.67°C	97,10



Gambar 11 Grafik Akurasi Sensor *Thermocouple*

Dapat dilihat dari gambar 11, grafik keakurasian nilai suhu berdasarkan data pada tabel 2. Dimana dari percobaan yang telah dilakukan tercatat 10 nilai keakurasian pembacaan sensor yang sudah sangat baik dengan rata-rata persentase akurasi dari keseluruhan nilai suhu yang terukur tersebut didapatkan dari persamaan:

$$\% \text{ Akurasi Keseluruhan} = \frac{\text{Jumlah Keakurasian}}{\text{Jumlah Percobaan}}$$

$$= \frac{974.09}{10}$$

$$= 97.4\%$$

Dari persamaan di atas dapat diketahui persentase akurasi dari perbandingan sensor *Thermocouple* dan alat *thermometer* adalah 97,4 %. Selain itu, berdasarkan data tersebut dapat dianalisis hasil nilai suhu yang terukur sesuai dengan yang diharapkan.



Gambar 12 Proses Pengambilan Data Akurasi Sensor *Thermocouple*

Tampilan data pada aplikasi *blynk* dapat dilihat pada gambar 12.

3.2.2 Pengujian Terhadap Keakurasian Sensor Loadcell

Pada pengujian akurasi sensor *Loadcell*, maka diambil 10 *sample* percobaan yang mana hasil pembacaan berat oleh sensor *Loadcell* dibandingkan dengan pembacaan nilai berat oleh alat timbangan standar.

Tabel 3 Keakurasian Sensor *Loadcell*

Percobaan	Nilai <i>Loadcell</i> (Kg)	Nilai Timbangan (kg)	Akurasi (%)
1	2.64	2.75	96.00
2	6.24	6.51	95.86
3	3.82	4.08	93.63
4	4.16	3.94	94.42
5	5.87	5.70	97.02
6	5.06	4.82	95.02
7	3.41	3.53	96.60
8	3.82	3.96	96.47
9	4.61	4.72	97.67
10	2.94	3.07	95.77

Jika dilihat data pada tabel 3 terdapat nilai berat yang dihasilkan oleh sensor *Loadcell* yang dibandingkan dengan pengukuran timbangan pada 10 kali pengujian. Berdasarkan data di atas didapatkan nilai yang dibaca oleh sensor *Thermocouple* dimana nilai yang terukur telah mendekati hasil yang didapatkan oleh alat timbangan. Dari data di atas pula, dapat diketahui persentase keakurasian dari berat yang terukur tersebut menggunakan persamaan:

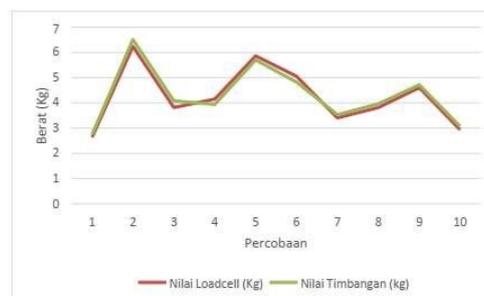
$$\% \text{ Akurasi} = 100 - \left(\left| \frac{XXn - Yn}{XXn} \right| \times 100 \right)$$

$$\% \text{ Akurasi} = 100 - \left(\left| \frac{2.75 - 2.64}{2.75} \right| \times 100 \right)$$

$$\% \text{ Akurasi} = 96 \%$$

Keterangan:

Xn = Nilai alat timbangan Yn = Nilai sensor *Loadcell*



Gambar 13 Grafik Akurasi Sensor *Loadcell*

Dari Gambar 13 diketahui grafik keakurasian sensor *Loadcell* berdasarkan data pada tabel 3. Dimana dari percobaan yang telah dilakukan tercatat 10 nilai keakurasian pembacaan sensor yang sudah sangat baik dengan rata-rata persentase akurasi dari keseluruhan berat yang terukur tersebut didapatkan dari persamaan:

$$\% \text{ Akurasi Keseluruhan} = \frac{\text{Jumlah Keakurasian}}{\text{Jumlah Percobaan}}$$

$$= \frac{958.46}{10}$$

$$= 95.84\%$$

Dari persamaan di atas dapat diketahui persentase akurasi dari perbandingan sensor *Loadcell* dan timbangan adalah 95.8% (gambar 14). Selain itu, berdasarkan data tersebut dapat dianalisis hasil nilai suhu yang terukur sesuai dengan yang diharapkan.

Gambar 14 Data Akurasi Sensor *Loadcell*

3.2.3 Pengujian Kinerja Relay Berdasarkan Suhu yang Terukur

Pada pengujian ini dilakukan percobaan untuk melihat bagaimana kinerja dari *Relay* yang terhubung dengan elemen pemanas berdasarkan nilai suhu yang terukur pada sensor *Thermocouple*. Untuk pengujian ini dilakukan dengan beberapa kali percobaan untuk dapat melihat perbedaan pembacaan sensor *Thermocouple*.

Berdasarkan data pembacaan pada tabel 4, dapat diketahui bahwa sensor *Thermocouple* telah mampu mendeteksi suhu diberbagai kondisi. Lalu, respon alat berdasarkan data yang terukur pada sensor *Thermocouple* telah tepat dimana *relay* 1 yang terhubung dengan elemen pemanas akan dalam kondisi *ON* apabila suhu yang terdeteksi $< 55^{\circ}\text{C}$ dan akan *OFF* apabila suhu yang terdeteksi $> 65^{\circ}\text{C}$ seperti terlihat pada gambar 15.

Gambar 15 Kinerja *Relay* Berdasarkan Suhu

3.2.4 Pengujian Efisiensi Proses Pengeringan

Pada proses pengeringan ini dilakukan dengan menggunakan total 3 Kg biji kakao dengan masing-masing rak berisi 1 kg biji kakao. Biji kakao yang sudah dibersihkan memiliki kadar air 60% dari berat totalnya sehingga proses pengeringan ini dilakukan untuk dapat mengurangi kadar air dari biji kakao sehingga hanya tersisa 7% dari total kadar air awal.

1. Pengujian pengeringan per-jam

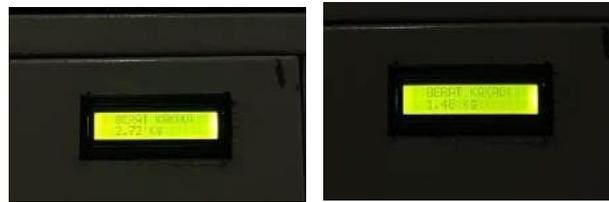
Pada pengujian ini dilakukan percobaan untuk melihat penurunan kadar air pada biji kakao berdasarkan berat total pada proses pengeringan tiap jam-nya. Percobaan ini dilakukan pada 8 jam pengeringan.

Tabel 4 Data Pengujian Pengeringan per-Jam

Waktu	Pengukuran berat (Kg)	Jumlah penurunan berat (Kg)
1 jam	2.72	0.28
2 jam	2.45	0.27
3 jam	2.16	0.29
4 jam	1.97	0.19
5 jam	1.81	0.16
6 jam	1.67	0.14
7 jam	1.57	0.10
8 jam	1.48	0.09

Dari hasil percobaan ini dapat diketahui bahwa setiap jam nya terjadi penurunan berat kakao meskipun penurunannya berbeda-beda. Perbedaan angka penurunan berat kakao ini disebabkan oleh kinerja heater yang bergantung pada pendeteksian suhu oleh *Thermocouple* dimana range suhu stabil untuk pengeringan biji kakao ini pada range suhu $55^{\circ}\text{C} - 65^{\circ}\text{C}$. Selain itu, kondisi dari biji kakao juga mempengaruhi dimana saat pengeringan dimulai kondisi biji kakao masih memiliki lendir dipermukaannya sehingga akan sangat mudah untuk melakukan pengeringan dan

menurunkan kadar air biji kakao namun dijam selanjutnya kadar air yang tersisa berada di dalam biji kakao sehingga sedikit membutuhkan waktu yang lama untuk dapat menurunkan kadar airnya. Data pada tabel 4 didapat dari hasil pengujian seperti pada gambar 16.



(a) (b)

Gambar 16 Tampilan Hasil Pengujian

- (a) Selama 1 jam
(b) Selama 8 jam

2. Pengujian Hasil Pengeringan Per-Rak

Pada pengujian ini dilakukan percobaan untuk melihat penurunan kadar air pada biji kakao berdasarkan berat totalnya pada proses pengeringan tiap jam-nya di masing- masing rak. Alat pengering ini terdiri dari 3 rak (atas, tengah, bawah), masing-masing rak akan berisikan 1 Kg (1000 gr) biji kakao. Percobaan ini dilakukan untuk melihat perbedaan penurunan berat kakao pada masing- masing rak.

Tabel 5 Data Pengujian Pengeringan per-Rak

Waktu	Pengukuran berat		
	Rak 1 (gr)	Rak 2 (gr)	Rak 3 (gr)
1 jam	909	907	904
3 jam	723	717	720
5 jam	606	601	603
7 jam	525	524	521

Dari hasil pengeringan yang dilakukan, berdasarkan data pada tabel 5 maka dapat dilihat terdapat beberapa perbedaan berat pada setiap raknya. Perbedaan hasil pada tiap rak ini dapat dipengaruhi oleh posisi dari 10 Heater. Dikarenakan pada bagian atas hanya terdapat 2 Heater, dibagian samping terdapat masing-masing 2 Heater dan pada bagian bawah terdapat 4 heater sehingga hal ini membuat biji kakao yang berada pada bagian bawah cenderung sedikit lebih cepat dalam melakukan pengeringan, dibandingkan rak yang paling atas. Namun dari data yang di dapat perbedaan dari masing masing rak tidak terlalu jauh dengan rata-rata perbedaan nilai berat sebesar 2.08 gram. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan kipas pada alat pengering telah mampu menstabilkan dan meratakan suhu di dalam alat pengering sehingga tidak ada rak berisi kakao yang terlalu kering ataupun terlalu basah (gambar 17).



(a)

(b)

(c)

Gambar 17 Percobaan 1 Jam Pertama

- (a) Rak 1
(b) Rak 2
(c) Rak 3

3. Pengujian pengeringan selama 8 jam

Pada pengujian ini dilakukan percobaan untuk melihat penurunan kadar air pada biji kakao selama durasi waktu pengeringan 8 jam. Disetiap percobaan pengeringan menggunakan jumlah berat biji kakao yang sama yaitu 3 Kg. Percobaan ini dilakukan untuk melihat apakah pengeringan telah

dapat dilakukan secara maksimal pada durasi waktu pengeringan 8 jam atau berapa kadar air yang tersisa saat telah dilakukan pengeringan selama 8 jam sekaligus melihat perbedaan hasil berat biji kakao di setiap rak.

Dari hasil percobaan yang dilakukan dimana pengeringan diproses selama 8 jam dengan berat awal 3 Kg maka berdasarkan data yang didapat pada Tabel 6 diketahui pengeringan belum mencapai sisa kadar air 7% dimana pada percobaan pertama didapatkan berat akhir sebesar 1490 Kg yang diindikasikan memiliki kadar air 10% dan pada percobaan kedua didapatkan berat akhir sebesar 1482Kg yang diindikasikan memiliki kadar air 9.6% sepertiterlihat pada tabel 6. Lalu, jika dilihat dari hasil berat pada masing-masing rak juga tidak terlalu jauh sehingga sesuai dengan analisis pada pengujian sebelumnya dimana kipas yang digunakan telah mampu menstabilkan dan menyebarkan panas dengan baik ke seluruh bagian alat pengering.

Tabel 6 Data Pengujian Pengeringan Selama 8 Jam

Percobaan ke -	Berat biji kakao (Kg)	Kadar air (%)	Berat per-rak (gr)
			505
1	1.49	10%	495
			490
2	1.48	9.6%	489
			494

4. Pengujian Pengeringan Hingga Mencapai Kadar Air 6-7%

Pada pengujian ini dilakukan percobaan untuk melihat berapa durasi real yang dibutuhkan alat untuk dapat melakukan pengeringan biji kakao hingga menurunkan kadar air pada biji kakao menjadi 6 - 7%. Sebelum melakukan pengeringan maka perlu diketahui terlebih dahulu berat akhir yang harusnya di capai saat biji kakao mengandung air sebesar 6 - 7%. Untuk mengetahui berat tersebut digunakan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Kadar air yang dihilangkan} &= \text{Kadar air awal} - \text{Kadar air akhir} \\ &= 60\% - 7\% \\ &= 53\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Akhir} &= \text{Berat awal} \times \left(1 - \frac{\text{Kadar air yang dihilangkan}}{100}\right) \\ \text{Berat Akhir} &= 3 \text{ Kg} \times \left(1 - \frac{53}{100}\right) \\ \text{Berat Akhir} &= 1.41 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan dapat diketahui secara teori pengeringan yang dilakukan dengan menggunakan 3 Kg biji kakao harus mencapai berat akhir sebesar 1.41 Kg yang diindikasikan bahwa berat tersebut mengandung sisa kadar air sebesar 7% dari total kadar air awal sebesar 60%.

Tabel 7 Data Pengujian Pengeringan Kadar Air 6 - 7%

Percobaan	Berat Akhir (Kg)	Kadar air (%)	Berat Per-rak (Kg)	Durasi
			0.49	
1	1.42	7.3%	0.47	08 : 32 : 16
			0.46	
			0.48	
2	1.38	6%	0.45	08 : 41 : 38
			0.43	

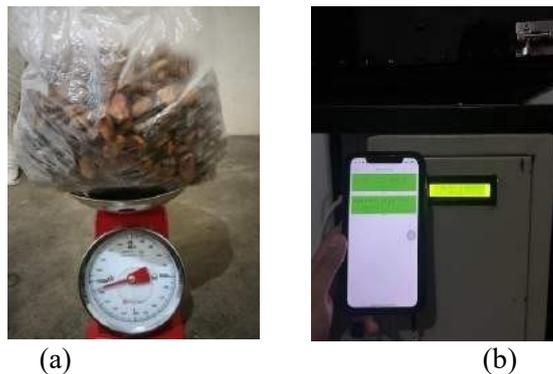
Berdasarkan data yang didapatkan pada tabel 7 maka dapat dilihat bahwa untuk mendapatkan kakao dengan kadar air mencapai $\pm 6 - 7\%$ dengan berat awal kakao 3 Kg maka perlu dilakukan pengeringan selama 8 jam 32 menit hingga 8 jam 41 menit.

Pada tahap ini dilakukan juga pengujian lama pengeringan biji kakao secara konvensional dan dibandingkan dengan durasi pengeringan biji kakao menggunakan alat pengering. Pada pengujian, masing-masing metode pengeringan menggunakan berat awal kakao yang sama yaitu 3 Kg. Tampilan biji kakao sebelum dan sesudah proses pengeringan secara konvensional dapat dilihat pada gambar 18.



(a) (b)
Gambar 18. Tampilan Biji Kakao
(a) Sebelum dikeringkan
(b) Setelah dikeringkan

Pada proses pengeringan konvensional dilakukan dengan menggunakan sinar matahari langsung, dimana proses ini dilakukan di udara terbuka sedangkan dengan alat pengering dilakukan proses pengeringan dengan sumber panas langsung dari listrik dan tidak terpapar langsung oleh udara terbuka.



(a) (b)
Gambar 19 Berat Akhir Pengeringan
(a) Konvensional (b) Alat Pengering

Berdasarkan gambar 19 dapat dilihat berat akhir dari biji kakao yang awalnya sama-sama memiliki berat 3 kg, untuk proses pengeringan dengan cara konvensional biji kakao berhasil mencapai kondisi kering dengan berat akhir

1.44 kg yang indikasi kadar air tersisa yaitu 8% dan menghabiskan waktu pengeringan selama \pm 6 hari sedangkan untuk pengeringan menggunakan alat pengering berhasil mencapai kondisi kering dengan berat akhir 1.38 Kg yang diindikasikan kadar air tersisa yaitu 6% dan menghabiskan waktu pengeringan selama 8 jam

41 menit. Dari hasil perbandingan kedua metode pengeringan ini maka dapat dipastikan bahwa proses pengeringan menggunakan alat pengering dapat jauh lebih cepat dan efisien dibandingkan dengan metode pengeringan secara konvensional.

3.3 Pengujian Konsumsi Daya

Untuk dapat mengetahui konsumsi biaya listrik dari proses pengeringan biji kakao menggunakan alat pengering ini maka perlu dilakukan perhitungan dari daya yang digunakan masing-masing komponen pada alat terlebih dahulu.

Tabel 8 Konsumsi Daya pada Alat

Komponen	Daya yang dikeluarkan (watt)
ESP32	1.25
<i>Thermocouple</i> MAX6675	0.025
Modul HX711 <i>Loadcell</i>	0.05
<i>Relay</i> 5V	0.5
Elemen Pemanas (<i>Heater</i>)	400
Kipas AC 220 V	63.8

Dari detail data konsumsi daya komponen pada alat maka didapatkan total daya yang dibutuhkan tiap jam adalah sebesar 465.625 watt. Untuk menghitung konsumsi biaya yang dikeluarkan maka dapat menggunakan perhitungan berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya (per-jam)} &= \left(\frac{\text{Total Listrik}}{1000} \right) \times \text{Tarif per kWh} \\
 &= \left(\frac{465.625}{1000} \right) \times 1.444 \\
 &= 0.465 \times 1.444 \\
 &= \text{Rp. 672}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan tersebut, maka dapat diketahui jumlah daya yang dikeluarkan per jam sebesar 0.465 Watt dan dengan harga 1 KWH Rp. 1.444 maka untuk 1 jam proses pengeringan akan mengeluarkan biaya listrik sebesar Rp.672. Sehingga untuk mengeringkan biji kakao hingga mencapai kadar air 6 – 7% dengan perkiraan durasi ± 9 jam, maka dibutuhkan biaya pemakaian listrik sebesar Rp.6.051.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pembuatan alat serta pengujian yang dilakukan terhadap alat pengering biji kakao ini maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sensor *Thermocouple* berhasil mendeteksi nilai suhu pada alat pengering dengan akurasi yang mencapai 97,4%. Nilai ini menunjukkan bahwa alat pengering yang dibuat dapat membantu petani dalam memonitoring suhu pengeringan sehingga proses pengeringan lebih efisien.
2. Sensor *Loadcell* berhasil mendeteksi nilai berat kakao pada alat pengering dengan akurasi 95,8%, dengan membandingkan data pembacaan *Loadcell* dengan alat timbangan standar. Ini menunjukkan sistem ini dapat membantu petani untuk memastikan kadar air yang tersisa pada biji kakao berdasarkan berat akhir setelah proses pengeringan.
3. Berdasarkan pengujian berat pada masing-masing rak, terdapat perbedaan berat yang tidak terlalu jauh. Rata-rata selisih nilai berat sebesar 2.08 gram. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan kipas pada alat pengering telah mampu menstabilkan dan menyebarkan suhu di dalam alat pengering sehingga tidak ada rak berisi kakao yang terlalu kering ataupun terlalu basah.
4. Untuk dapat menurunkan kadar air biji kakao menjadi 6-7% dengan berat awal kakao 3 kg, maka perlu dilakukan proses pengeringan kurang lebih selama 8 - 9 jam.
5. Berdasarkan durasi pengeringan yang dilakukan dan berat akhir yang dihasilkannya maka dapat diketahui bahwa proses pengeringan biji kakao menggunakan alat pengering sudah sangat efisien dan membantu mempercepat proses pengeringan dengan durasi pengeringan hanya membutuhkan waktu 8-9 jam durasi pengeringan biji kakao menggunakan alat pengering. Pada pengujian, masing-masing metode pengeringan menggunakan berat awal kakao yang sama yaitu 3 Kg. Tampilan biji kakao sebelum dan sesudah proses pengeringan secara konvensional dapat dilihat pada gambar 18.

Daftar Pustaka

- [1] Nurbaeti, A., Kusumawardani, M., & Darmono, H. (2021). Rancang Bangun Alat Pengering Biji Kopi Berbasis Internet of Things. *Jurnal Jartel: Jurnal Jaringan Telekomunikasi*, 11(2), 74–80. <https://doi.org/10.33795/jartel.v11i2.60>
- [2] Osman, J. E. (2018). Rancang bangun oven pintar. *Proceeding 6th Applied Business and Engineering Conference, October*, 197–206.
- [3] Yultrisna, Y., Angraini, T., & Gani, O. F. (2017). Rancang Bangun Alat Pengeringan Cengkeh Dengan Sistem Peringatan Suara. *Elektron: Jurnal Ilmiah*, 9(2), 5–12. <https://doi.org/10.30630/eji.9.2.89>
- [4] Putri, M. S. and Taali, T. (2022). ‘Rancang Bangun Alat Pengering Biji Kakao dengan Pengendalian Kelembaban dan Suhu Berbasis Arduino Mega 2560’, *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 3(1), pp. 147– 157. doi: 10.24036/jtein. v3i1.224
- [5] Irsyad J., Robby. (2019) “Rancang Bangun Mesin Pengering Biji Kakao dengan Mekanisme Rotary.”. Repository Universitas Jember. Perpustakaan Universitas Jember. <https://repository.unej.ac.id/handle/123456789/99090>
- [6] Widnyana. K.D. (2022). “Alat Pengering Biji Kakao”. Repository Politenik Negeri Bali. https://repository.pnb.ac.id/3033/1/RAMA_36304_181534_4018_0012096806_0002037104_part.pdf
- [7] Amin. M. (2021) “Rancang Bangun Alat Pengering Biji Kakao Berbasis IoT Dengan Kendali Suhu Otomatis. Repository Politeknik ATI Makassar. <https://sisformik.atim.ac.id/media/filejudul/933Lap%20TA.pdf>
- [8] Wahyuni. R. T, Susianti. E. Saputra. D, Amirul. (2020). “Alat Pemasak Lendir (Depulper) dan Pengering Biji Kakao Berbasis Programmable Logic Controller (PLC)”. *Jurnal ELEMENTER. Politeknik Caltex Riau*. <https://doi.org/10.35143/elementer.v6i2.4431>.
- [9] Zamzami, Faresta. R. A., Agustina. S. N., Septiawan. A, Karisma. A. M. (2018). “Smart Cacao Fryer Berbasis Hybrid Sebagai Alat Pengering Biji Kakao Pada Kelompok Tani Tumbuh Subur”. *Pro Food (Jurnal ilmu dan Teknologi Pangan)* Vol. 4 No.2. <http://www.profood.unram.ac.id/index.php/profood> Vol 4 No. 2 November 2018 e-ISSN: 2443-3446
- [10] Karim. D. F. A., Ludong. D. P. M., Lengkey., L. C. Ch. E. (). “Uji Kinerja Alat Peningkat Biji Kakao (*Theobroma cacao* L.) Tioe Bak di PT. London Sumatera Indonesia, Tbk Pungkol Estate”. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/cocos/article/view/35704/33368>