

SKRIPSI

**PENINGKATAN KINERJA SISTEM PENGERING
BIJI KAKAO MENGGUNAKAN ESP32**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh :

I Made Arya Dharmana

NIM. 2115344013

**PROGRAM STUDI D4 TEKNIK OTOMASI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI BALI
2025**

ABSTRAK

Penelitian ini membahas perancangan dan implementasi sistem pengering biji kakao menggunakan ESP32 yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi proses pengeringan serta akurasi pemantauan. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali yang terhubung dengan sensor suhu dan kelembapan untuk memonitor kondisi pengeringan secara real-time. Data hasil pengukuran dikirimkan ke aplikasi berbasis Kodular yang memungkinkan pengguna melakukan pengendalian serta pemantauan jarak jauh melalui perangkat mobile. Proses pengeringan diatur secara otomatis dengan mengendalikan heater dan exhaust fan sesuai nilai ambang yang telah ditentukan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu mempercepat waktu pengeringan biji kakao hingga beberapa jam dibandingkan metode konvensional, serta meningkatkan efisiensi energi dengan pemutusan otomatis perangkat ketika kadar air biji kakao mencapai 7%. Dengan demikian, sistem pengering berbasis IoT ini dapat menjadi alternatif solusi dalam industri pengolahan kakao untuk meningkatkan kualitas hasil pengeringan sekaligus meminimalisir intervensi manual.

Kata kunci: Internet of Things (IoT), ESP32, Kodular, pengering biji kakao, otomasi

ABSTRACT

This study discusses the design and implementation of an Internet of Things (IoT)-based cocoa bean drying system aimed at improving drying efficiency and monitoring accuracy. The system utilizes an ESP32 microcontroller as the main controller, connected to temperature and humidity sensors to monitor the drying conditions in real time. Measurement data are transmitted to a Kodular-based application, allowing users to remotely control and monitor the system via mobile devices. The drying process is automatically regulated by controlling the heater and exhaust fan according to predefined threshold values. Experimental results show that the developed system is capable of accelerating the cocoa bean drying time by several hours compared to conventional methods, as well as improving energy efficiency through automatic shutdown when the cocoa bean moisture content reaches 7%. Therefore, this IoT-based drying system can serve as an alternative solution for the cocoa processing industry to enhance drying quality while minimizing manual intervention.

Keywords: *Internet of Things (IoT), ESP32, Kodular, cocoa bean dryer, automation*

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA SKRIPSI.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Penelitian Sebelumnya	4
2.2. Landasan Teori.....	5
2.2.1 Biji Kakao	5
2.2.2 Mikrokontroler ESP32	7
2.2.3 Iot (Internet of Things)	9
2.2.4 Sensor DHT22	11
2.2.5 Sensor Soil Moisture	12
2.2.6 LCD I2C	13
2.2.7 Modul Relay	15
2.2.8 Pemanas	17
2.2.9 Motor DC (Exhaust Fan)	18
2.2.10 Power Supply 12V	19
2.2.11 Step Down	21
2.2.12 Kodular	22
2.2.13 Sensor Thermocouple	23

BAB III METODE PENELITIAN	25
3.1. Rancangan Sistem	25
3.1.1 Rancangan Hardware	25
3.1.1.1 Rancangan Perangkat	25
3.1.1.2 Rancangan Box Panel	34
3.1.1.3 Rancangan Alat Pengering Biji Kakao	35
3.1.2 Rancangan Software	38
3.1.2.1 Rancangan Database	38
3.1.2.2 Rancangan Aplikasi	39
3.2 Pembuatan Alat	42
3.2.1 Langkah Pembuatan Alat	42
3.2.1 Alat dan Bahan	42
3.3 Pengujian Akurasi Alat	43
3.4 Analisis Hasil Penelitian	44
3.5 Hasil yang Diharapkan	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	46
4.1 Hasil Implementasi Sistem	46
4.1.1 Implementasi Hardware	46
4.1.2 Implementasi Software	48
4.1.2.1 Implementasi Program Arduino IDE	49
4.1.2.2 Implementasi Database	56
4.1.2.2 Implementasi Program Kodular	57
4.2 Hasil Pengujian Sistem	60
4.2.1 Pengujian Alat	60
4.2.1.1 Pengujian Mikrokontroler	60
4.2.1.2 Pengujian Relay	61
4.2.1.3 Pengujian Sensor DHT22.....	61
4.2.1.4 Pengujian LCD I2C 20x4	62
4.2.1.5 Pengujian Sensor Soil Moisture	62
4.2.2 Pengujian Aplikasi.....	63
4.2.3 Pengujian Penyimpanan Data	64
4.2.4 PengujianParameter-parameter yang Diamati	65
4.2.4.1 Pengujian Efektifitas Sensor Suhu	65
4.2.4.2 Pengujian Efektifitas Sensor Soil Moisture	71
4.2.4.3 Pengambilan Data Hasil Percobaan	74

4.2.4.4 Pengamatan Kinerja Heater dan Exhaust Fan	76
4.2.4.5 Pengamatan Kinerja Sistem Pengeringan	78
4.3 Pembahasan Hasil Implementasi dan Pengujian	80
4.3.1 Analisa Efektifitas Sensor Suhu	80
4.3.2 Analisa Efektifitas Sensor Soil Moisture.....	81
4.3.3 Analisa Pengambilan Data Hasil Percobaan.....	81
4.3.4 Analisa Pengamatan Kinerja Heater dan Kinerja Exhasut Fan	83
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	84
5.1 Kesimpulan	84
5.2 Saran	85
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Biji Kakao.....	6
Gambar 2.2 ESP32	8
Gambar 2.3 Konsep IoT	10
Gambar 2.4 Sensor DHT22	11
Gambar 2.5 Sensor Soil Moisture	13
Gambar 2.6 LCD 16 x 4	13
Gambar 2.7 Modul I2C.....	14
Gambar 2.8 Modul Relay	16
Gambar 2.9 Pemanas	17
Gambar 2.10 Exhaust Fan	19
Gambar 2.11 Power Supply 12V	20
Gambar 2.12 Step Down	21
Gambar 2.13 Kodular	23
Gambar 2.13 Sensor Thermocouple	24
Gambar 3.1 Blok Diagram Perancangan Perangkat Mikrokontroler	26
Gambar 3.2 Wiring Diagram Rangkaian Daya	28
Gambar 3.3 Wiring Diagram Rangkaian Kontrol	28
Gambar 3.4 Wiring Diagram Perancangan Perangkat Mikrokontroler.....	29
Gambar 3.5 Flowchart System	33
Gambar 3.6 Rancangan Box Panel	34
Gambar 3.7 Rancangan Alat Pengering Biji Kakao	35
Gambar 3.8 Tampak Dalam Alat Pengering Biji Kakao	36
Gambar 3.9 Tampak Bawah Alat Pengering Biji Kakao.....	37
Gambar 3.10 Rancangan Database Pada Firebase.....	38
Gambar 3.11 Rancangan Tampilan Awal Aplikasi	39
Gambar 3.12 Rancangan Tampilan Utama Aplikasi	40
Gambar 3.13 Rancangan Tampilan Data Aplikasi	41
Gambar 4.1 Tampak Depan Alat Pengering Biji Kakao	46
Gambar 4.2 Tampak Dalam Bagian Atas Alat Pengering Biji Kakao	47
Gambar 4.3 Tampak Dalam Bagian Bawah Alat Pengering Biji Kakao.....	47
Gambar 4.4 Panel Box Komponen	48
Gambar 4.5 Library pada ESP32	49

Gambar 4.6 Pengaturan Wifi ESP32 dan Firebase.....	49
Gambar 4.7 Pengaturan Pin pada ESP32	50
Gambar 4.8 Program Void Kontrol pada ESP32.....	52
Gambar 4.9 Program Void Setup pada ESP32.....	53
Gambar 4.10 Program Void Loop pada ESP32.....	55
Gambar 4.11 Realtime Database pada Firebase	56
Gambar 4.12 Blok Kode Halaman Pertama	57
Gambar 4.13 Blok Kode Halaman Kedua	58
Gambar 4.14 Blok Kode Pengambilan Data Dari Firebase.....	58
Gambar 4.15 Blok Kode Monitoring.....	59
Gambar 4.16 Blok Kode Tampilan Halaman Data.....	59
Gambar 4.17 Pengujian Mikrokontroler ESP32 DevKitC V4	60
Gambar 4.18 Program Pengujian Mikrokontroler	60
Gambar 4.19 Tampilan LED pada Mikrokontroler Menyala	61
Gambar 4.20 Pengujian Relay 2 Channel.....	61
Gambar 4.21 Pengujian Sensor DHT22	61
Gambar 4.22 Pengujian LCD I2C 20X4	62
Gambar 4.23 Pengujian Sensor Soil Moisture	62
Gambar 4.24 Halaman Awal Aplikasi.....	63
Gambar 4.25 Halaman Monitoring dan Data pada Aplikasi	63
Gambar 4.26 Pengujian Penyimpanan Data pada Firebase.....	64
Gambar 4.27 Pengujian Penyimpanan Data pada Kodular	64
Gambar 4.28 Pengujian Efektifitas Thermocouple di dalam Alat Menggunakan Thermometer (1)	66
Gambar 4.29 Pengujian Efektifitas Thermocouple di dalam Alat Menggunakan Thermometer (2)	66
Gambar 4.30 Pengujian Efektifitas Thermocouple di dalam Alat Menggunakan Thermometer (3)	66
Gambar 4.31 Pengujian Efektifitas Thermocouple di dalam Alat Menggunakan Thermometer (4)	67
Gambar 4.32 Pengujian Efektifitas Thermocouple di dalam Alat Menggunakan Thermometer (5)	67
Gambar 4.33 Pengujian Efektifitas DHT22 di luar Alat Menggunakan Thermometer (1)	69

Gambar 4.34 Pengujian Efektifitas DHT22 di luar Alat Menggunakan Thermometer (2)	69
Gambar 4.35 Pengujian Efektifitas DHT22 di luar Alat Menggunakan Thermometer (3)	69
Gambar 4.36 Pengujian Efektifitas DHT22 di luar Alat Menggunakan Thermometer (4)	70
Gambar 4.37 Pengujian Efektifitas DHT22 di luar Alat Menggunakan Thermometer (5)	70
Gambar 4.38 Pengujian Efektifitas Sensor Soil Moisture Menggunakan Moisture meter (1).....	72
Gambar 4.39 Pengujian Efektifitas Sensor Soil Moisture Menggunakan Moisture meter (2).....	72
Gambar 4.40 Pengujian Efektifitas Sensor Soil Moisture Menggunakan Moisture meter (3).....	72
Gambar 4.41 Pengujian Efektifitas Sensor Soil Moisture Menggunakan Moisture meter (4).....	73
Gambar 4.42 Pengujian Efektifitas Sensor Soil Moisture Menggunakan Moisture meter (5).....	73
Gambar 4.43 (A)Kondisi Awal Sensor (B) Kondisi Awal Biji Kakao (C) Kondisi Akhir Sensor (D) Kondisi Akhir Kakao (1).....	74
Gambar 4.44 (A)Kondisi Awal Sensor (B) Kondisi Awal Biji Kakao (C) Kondisi Akhir Sensor (D) Kondisi Akhir Kakao (2).....	74
Gambar 4.45 (A)Kondisi Awal Sensor (B) Kondisi Awal Biji Kakao (C) Kondisi Akhir Sensor (D) Kondisi Akhir Kakao (3).....	75
Gambar 4.46 (A)Kondisi Awal Sensor (B) Kondisi Awal Biji Kakao (C) Kondisi Akhir Sensor (D) Kondisi Akhir Kakao (4).....	75
Gambar 4.47 (A)Kondisi Awal Sensor (B) Kondisi Awal Biji Kakao (C) Kondisi Akhir Sensor (D) Kondisi Akhir Kakao (5).....	75
Gambar 4.48 Pengamatan Kinerja Heater dan Kinerja Exhaust Fan (1).....	76
Gambar 4.49 Pengamatan Kinerja Heater dan Kinerja Exhaust Fan (2).....	76
Gambar 4.50 Pengamatan Kinerja Heater dan Kinerja Exhaust Fan (3).....	77
Gambar 4.51 Pengamatan Kinerja Heater dan Kinerja Exhaust Fan (4).....	77
Gambar 4.52 Pengamatan Kinerja Heater dan Kinerja Exhaust Fan (5).....	77
Gambar 4.53 Pengamatan Kinerja Sistem Pengeringan (1)	78
Gambar 4.54 Pengamatan Kinerja Sistem Pengeringan (2)	78
Gambar 4.55 Pengamatan Kinerja Sistem Pengeringan (3)	79
Gambar 4.56 Pengamatan Kinerja Sistem Pengeringan (4)	79

Gambar 4.57 Pengamatan Kinerja Sistem Pengeringan (5)	79
Gambar 4.58 Grafik Pengambilan Data Hasil Percobaan	82

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi DHT22	12
Tabel 2.2 Spesifikasi LCD I2C	14
Tabel 3.1 Keterangan Wiring Diagram	29
Tabel 3.2 Inisialisasi Pin Komponen pada Pin ESP32	32
Tabel 3.3 Inisialisasi Pin Komponen pada Pin Relay.....	32
Tabel 3.4 Alat-alat Keperluan	42
Tabel 3.5 Bahan Konponen Mikrokontroler	42
Tabel 3.6 Bahan Alat Pengering Biji Kakao	43
Tabel 3.7 Bahan Perangkat Lunak Yang Digunakan	43
Tabel 3.8 Pengujian Sensor Suhu Dalam	43
Tabel 3.9 Pengujian Sensor Suhu Luar	44
Tabel 3.10 Pengujian Sensor <i>Soil Moisture</i>	44
Tabel 3.11 Pengambilan Data Hasil Percobaan	44
Tabel 3.12 Pengamatan Kinerja <i>Heater</i> dan Kinerja <i>Exhaust Fan</i>	45
Tabel 3.13 Pengamatan Kinerja Sistem Pengeringan.....	45
Tabel 4.1 Pengujian Efektifitas Sensor Suhu Dalam.....	65
Tabel 4.2 Pengujian Efektifitas Sensor Suhu Luar.....	68
Tabel 4.3 Pengujian Efektifitas Sensor <i>Soil Moisture</i>	71
Tabel 4.4 Pengambilan Data Hasil Percobaan	74
Tabel 4.5 Pengamatan Kinerja Heater dan Kinerja Exhaust Fan	76
Tabel 4.6 Pengamatan Kinerja Sistem Pengeringan.....	78

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Biji Kakao merupakan salah satu komoditas perkebunan yang memiliki prospek menjanjikan di Indonesia. Pada tahun 2020, Indonesia tercatat sebagai produsen kakao terbesar ketiga di dunia dengan produksi mencapai 659,7 ribu ton, di mana sekitar 75% di antaranya berasal dari Pulau Sulawesi[1]. Salah satu produk olahan utama dari biji kakao adalah kakao, yang mengandung berbagai nutrisi seperti lemak ($\pm 31\%$), karbohidrat ($\pm 14\%$), dan protein ($\pm 9\%$)[2]. Namun sebelum dapat diolah menjadi kakao, biji kakao harus melalui proses fermentasi dan pengeringan untuk mengurangi kadar air dan menghasilkan cita rasa serta aroma yang khas.

Proses pengeringan tradisional yang paling umum dilakukan oleh petani adalah dengan penjemuran di bawah sinar matahari selama $\pm 5-7$ hari[3] hingga kadar air turun mencapai standar 7–8% sesuai dengan SNI 2323-2008[4]. Pengeringan ini sangat bergantung pada kondisi cuaca dan hanya bisa dilakukan pada pagi hingga sore hari, sehingga kurang efisien terutama bagi petani dengan lahan terbatas. Selain itu, penentuan kadar air sering dilakukan secara manual, sehingga akurasi pengeringan rendah dan menyebabkan biji yang dipasarkan tidak memenuhi standar mutu, yang pada akhirnya berdampak pada harga jual.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mencoba mengatasi permasalahan ini. Salah satunya adalah penelitian oleh I Made Prema Rastama Bimantara (2024)[5], yang mengembangkan sistem pengering kakao menggunakan ESP32 (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor DHT22. Sistem tersebut berhasil mempercepat waktu pengeringan biji kakao hingga ± 3 jam 38 menit dibandingkan metode konvensional, dengan akurasi sensor suhu sebesar $\pm 0,018\%$ dan kelembapan $\pm 0,024\%$. Namun, sistem tersebut masih terbatas pada pengukuran di satu titik tetap.

Penelitian ini dilakukan untuk meningkatkan kinerja sistem pengering yang telah di buat sebelumnya, dengan menargetkan efisiensi sensor dan mempercepat waktu pengeringan yang menjadi lebih baik. Sistem yang akan saat ini dikembangkan menggunakan kombinasi sensor *thermocouple* dan DHT22 untuk menghasilkan data suhu yang lebih representatif, serta didukung oleh kontrol otomatis berbasis data *real-time* yang memungkinkan penyesuaian suhu dan kelembapan secara langsung.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah

- a. Bagaimana merancang sistem pengering biji kakao menggunakan ESP32 yang mampu meningkatkan efisiensi sensor dan mempercepat waktu pengeringan?
- b. Bagaimana meningkatkan kinerja sistem dalam hal efisiensi waktu dan akurasi pengeringan dibandingkan dengan sistem yang telah dikembangkan sebelumnya?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini tetap fokus pada upaya meningkatkan kinerja sistem pengeringan biji kakao menggunakan ESP32, beberapa batasan yang ditetapkan dalam penelitian ini adalah:

- a. Alat ini memiliki kapasitas maksimum 3 kg biji kakao basah dalam satu siklus pengeringan.
- b. Sistem monitoring mencakup suhu dalam ruang pengering, suhu lingkungan sekitar alat, kelembapan biji kakao, serta waktu operasional alat.
- c. Pengoperasian sistem monitoring dan pengontrolan alat pengering bergantung pada koneksi internet untuk mengirim dan menerima data secara real-time.
- d. Akurasi sensor yang digunakan, yaitu sensor suhu *Thermocouple*, DHT22 dan sensor kelembapan *Soil Moisture*, dibatasi pada spesifikasi dan rentang pengukuran yang sesuai untuk proses pengeringan biji kakao.
- e. Lama waktu pengeringan bergantung pada kondisi awal biji kakao (kadar air awal), suhu pengeringan, serta efisiensi alat dalam mempertahankan suhu yang optimal.
- f. Sistem kontrol pada alat pengering dibatasi pada kemampuannya untuk mengatur dan mempertahankan suhu serta kelembapan sesuai parameter yang ditentukan guna meningkatkan efisiensi pengeringan.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disusun, tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pengering biji kakao menggunakan ESP32 yang mampu meningkatkan efisiensi sensor dan mempercepat waktu pengeringan.
- b. Untuk mengukur dan menganalisis peningkatan kinerja sistem pengering biji kakao dalam hal efisiensi waktu dan akurasi sensor dibandingkan dengan sistem yang telah dikembangkan sebelumnya.

1.5 Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat dari diadakannya penelitian ini, yaitu :

1. Menghasilkan data dan analisis yang dapat menjadi referensi dalam penelitian terkait optimasi sistem pengeringan berbasis teknologi.
2. Mendukung pengembangan teknologi pengolahan biji kakao yang lebih modern dan efisien.
3. Memberikan solusi inovatif bagi petani dan pelaku industri kakao untuk meningkatkan efisiensi proses pengeringan biji kakao.
4. Mengurangi ketergantungan terhadap kondisi cuaca dengan sistem pengeringan berbasis kontrol otomatis.
5. Membantu petani dalam mendapatkan informasi *real-time* mengenai suhu dan kelembapan biji kakao selama proses pengeringan, sehingga menghasilkan biji kakao dengan kadar air sesuai standar.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan di atas, maka dapat disimpulkan dalam penelitian ini yaitu:

- a. Sistem pengering biji kakao menggunakan ESP32 berhasil dirancang dan diimplementasikan secara fungsional. Sistem ini menggunakan aplikasi Kodular sebagai antarmuka untuk melakukan pengendalian dan pemantauan proses pengeringan secara otomatis dan *real-time*. Perangkat dilengkapi dengan sensor suhu dan sensor kelembapan (*soil moisture*) yang terintegrasi, serta dikendalikan oleh sistem logika berbasis pemrograman. *Heater* akan menyala secara otomatis saat suhu di bawah 60°C, dan *exhaust fan* akan aktif saat suhu mencapai atau melebihi 60°C. Proses pengeringan dihentikan secara otomatis ketika kadar air biji kakao telah mencapai $\leq 7\%$, yang ditandai dengan tidak aktifnya kedua lampu indikator.
- b. Kinerja sistem pengering menunjukkan hasil yang optimal dan sesuai dengan spesifikasi yang telah dirancang. Berdasarkan lima kali pengujian, sistem mampu menurunkan kadar air awal biji kakao dari rata-rata 57,6% menjadi sekitar 5–7% dengan waktu pengeringan rata-rata selama 153 menit atau setara dengan 2 jam 33 menit. Efektivitas sensor yang digunakan juga menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi, yaitu sebesar 0,016% untuk sensor suhu dalam, 0,036% untuk sensor suhu luar, dan 0,012% untuk sensor kelembapan tanah (*soil moisture*). Hasil tersebut membuktikan bahwa sistem mampu bekerja secara andal dan konsisten dalam mengontrol proses pengeringan biji kakao secara otomatis. Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya oleh I Made Prema Rastama Bimantara (2024), penelitian tersebut berhasil mempercepat proses pengeringan hingga ± 3 jam 38 menit dibandingkan metode konvensional, dengan akurasi sensor suhu sebesar $\pm 0,018\%$ dan kelembapan sebesar $\pm 0,024\%$. Sementara itu, sistem dalam penelitian ini mampu menyelesaikan pengeringan hanya dalam waktu rata-rata 2 jam 33 menit dengan akurasi sensor yang lebih tinggi, yaitu sensor suhu sebesar 0,016% dan kelembapan sebesar $\pm 0,012\%$. Hal ini menunjukkan bahwa inovasi yang diterapkan dalam sistem ini mampu memberikan peningkatan performa baik dari segi efisiensi waktu maupun ketepatan pengukuran.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan untuk pengembangan selanjutnya, penulis menyampaikan beberapa saran, antara lain:

- a. Ke depannya, alat pengering dapat dilengkapi notifikasi otomatis melalui WhatsApp atau email agar pengguna tetap mendapat informasi tanpa harus memantau aplikasi secara terus-menerus.
- b. Desain alat diharapkan dapat dikembangkan menjadi portabel sehingga lebih fleksibel digunakan di berbagai lokasi, termasuk area pedesaan atau perkebunan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] 'Berita BISIP - Kakao Indonesia: Produksi, Tantangan dan Peluang'. Accessed: Jan. 29, 2025. [Online]. Available: <https://bisip.bsip.pertanian.go.id/berita/kakao-indonesia-produksi-tantangan-dan-peluang>
- [2] D. Herdhiansyah and A. Asriani, 'KAJIAN PROSES PENGOLAHAN KAKAO BATANGAN (CHOCOLATE BAR) DI PT XYZ DI KOTA KENDARI - SULAWESI TENGGARA', *Agritech*, vol. 24, no. 1, p. 28, Jun. 2022, doi: 10.30595/agritech.v24i1.9736.
- [3] C. M. Erawati and S. A. Soeparto, *Pengolahan Kakao dan Perdaganganannya*. Penerbit Andi, 2024.
- [4] N. M. A. S. Singapurwa *et al.*, 'PERBAIKAN PENANGANAN PASCA PANEN KAKAO BAGI PETANI DI DESA ASAHDUREN KECAMATAN PEKUTATAN KABUPATEN JEMBRANA, BALI', *Jurnal Abdi Insani*, vol. 11, no. 1, pp. 21–29, Jan. 2024, doi: 10.29303/abdiinsani.v11i1.1129.
- [5] D. Oleh, 'Proposal Skripsi ini telah Melalui Bimbingan dan Disetujui untuk Diseminarkan pada Seminar Proposal Skripsi di Program Studi D4 Teknik Otomasi Jurusan Teknik Elektro - Politeknik Negeri Bali', 2024.
- [6] I Gede Indra Suandiardana Mahadipa, I Gede Juliana Eka Putra, and Putu Trisna Hady Permana, 'PERANCANGAN ALAT PENGERING BIJI KAKAO BERBASIS ARDUINO BERTENAGA SOLAR PANELS', *JUTIK*, vol. 9, no. 4, Aug. 2023, doi: 10.36002/jutik.v9i4.2547.
- [7] '(PDF) Rancang Bangun Alat Pengering Biji Kakao dengan Pengendalian Kelembapan dan Suhu Berbasis Arduino Mega 2560', *ResearchGate*, Oct. 2024, doi: 10.24036/jtein.v3i1.224.
- [8] Muhammad Amin Stambuk, 'RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI PENGERING BIJI KAKAO BERBASIS IOT', 2021.
- [9] B. W. Farhanandi and N. K. Indah, 'Karakteristik Morfologi dan Anatomi Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.) yang Tumbuh pada Ketinggian Berbeda', *LenteraBio*, vol. 11, no. 2, pp. 310–325, Feb. 2022, doi: 10.26740/lenterabio.v11n2.p310-325.
- [10] P. Sari, E. Utari, and Y. Praptiningsih, 'KARAKTERISTIK KIMIA-SENSORI DAN STABILITAS POLIFENOL MINUMAN KAKAO-REMPAH', *Jurnal Agroteknologi*, vol. 09, no. 01, 2015.
- [11] A. Wagyaana, 'Prototipe Modul Praktik untuk Pengembangan Aplikasi Internet of Things (IoT)', *Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, vol. 8, no. 2, pp. 238–247, Dec. 2019.
- [12] M. N. Nizam, Haris Yuana, and Zunita Wulansari, 'MIKROKONTROLER ESP 32 SEBAGAI ALAT MONITORING PINTU BERBASIS WEB', *jati*, vol. 6, no. 2, pp. 767–772, Oct. 2022, doi: 10.36040/jati.v6i2.5713.
- [13] D. Hidayat and I. Sari, 'MONITORING SUHU DAN KELEMBAPAN Menggunakan ESP32 (IoT)', *JURNAL TEKNOLOGI DAN ILMU KOMPUTER PRIMA (JUTIKOMP)*, vol. 4, no. 1, Art. no. 1, Apr. 2021, doi: 10.34012/jutikomp.v4i1.1676.
- [14] 'BAB 2 DASAR TEORI - Repository IT Telkom Purwokerto - Penelusuran Google'. Accessed: Feb. 05, 2025. [Online]. [EFXilLuDIRP0ze6BgYIARABGAqSBwMxLjGgB_IB&sclient=gws-wiz-serp](https://www.google.com/search?q=EFXilLuDIRP0ze6BgYIARABGAqSBwMxLjGgB_IB&sclient=gws-wiz-serp)
- [15] B. Diwangkara and C. Bella, 'RANCANG BANGUN UJI VOLUME AIR PADA BUAH COKLAT KERING MENGGUNAKAN ARDUINO', vol. 2, 2022.
- [16] B. T. Anggara and M. F. Rohmah, 'SISTEM PENGUKUR KELEMBAPAN TANAH PERTANIAN DAN PENYIRAMAN OTOMATIS BERBASIS INTERNET OF THNGS (IoT)', 2018.

- [17] A. D. Subekti, I. K. Somawirata, and M. I. Ashari, 'ALAT PENIMBANG BIJI-BIJIAN OTOMATIS MENGGUNAKAN SPEECH RECOGNITION DENGAN BLUETOOTH BERBASIS ANDROID', *Magnetika: Jurnal Mahasiswa Teknik Elektro*, vol. 7, no. 2, Art. no. 2, Dec. 2023.
- [18] 'Electronic module display LCD 16x4 5V yellow green backlit - Cablematic'. Accessed: Feb. 05, 2025. [Online]. Available: <https://cablematic.com/en/products/electronic-module-display-lcd-16x4-5v-yellow-green-backlit-AO022/>
- [19] H. Suryantoro and A. Budiyanto, 'PROTOTYPE SISTEM MONITORING LEVEL AIR BERBASIS LABVIEW & ARDUINO SEBAGAI SARANA PENDUKUNG PRAKTIKUM INSTRUMENTASI SISTEM KENDALI', vol. 1.
- [20] P. Rahmiati, G. Firdaus, and N. Fathorrahman, 'Implementasi Sistem Bluetooth menggunakan Android dan Arduino untuk Kendali Peralatan Elektronik', *ELKOMIKA*, vol. 2, no. 1, p. 1, Jan. 2015, doi: 10.26760/elkomika.v2i1.1.
- [21] M. Yahya and D. Erwanto, 'Design of Temperature and Humidity Control Systems in Quail Puppies Cages Using Fuzzy Logic Method', *jeeeu*, vol. 4, no. 1, pp. 42–56, Apr. 2020, doi: 10.21070/jeeeu.v4i1.310.
- [22] L. Kamelia, 'Rancang Bangun Sistem Exhaust Fan Otomatis Menggunakan Sensor Light Dependent Resistor (LDR)', Jan. 2017, Accessed: Feb. 05, 2025. [Online]. Available: https://www.academia.edu/81350179/Rancang_Bangun_Sistem_Exhaust_Fan_Otomatis_Menggunakan_Sensor_Light_Dependent_Resistor_LDR_
- [23] S. Rajput, F. Zahid, F. H. Dahri, N. A. Assar, and I. A. Channa, 'High-Voltage Power Supply: Design Considerations and Optimization Techniques', *ICCK Trans. Sens. Commun. Control*, vol. 2, no. 1, pp. 1–10, Feb. 2025, doi: 10.62762/TSCC.2024.741277.
- [24] S. Saadatmand, P. Shamsi, and M. Ferdowsi, 'The Voltage Regulation of a Buck Converter Using a Neural Network Predictive Controller', Feb. 06, 2020, *arXiv*: arXiv:2002.02544. doi: 10.48550/arXiv.2002.02544.
- [25] 'What is the Kodular story? - Discuss', Kodular Community. Accessed: Aug. 13, 2025. [Online]. Available: https://community.kodular.io/t/what-is-the-kodular-story/16955?utm_source=chatgpt.com
- [26] U. Kholifah and N. Imansari, 'PELATIHAN MEMBANGUN APLIKASI MOBILE MENGGUNAKAN KODULAR UNTUK SISWA SMPN 1 SELOREJO', *ag. abdimas. galuh. jurnal. pengabdian. kepada. masy.*, vol. 4, no. 1, p. 549, Mar. 2022, doi: 10.25157/ag.v4i1.7259.
- [27] M. Kamal, 'RANCANG BANGUN PENGGUNAAN SENSOR THERMOCOUPLE PADA ALAT PENYANGRAI BIJI COKLAT SECARA OTOMATIS BERBASIS ARDUINO UNO', 2023.
- [28] 'What Exactly is Cold Junction Compensation? How Does It Relate to the Use of Thermocouples as Temper'. Accessed: Aug. 13, 2025. [Online]. Available: <https://www.advancedenergy.com/en-us/about/news/blog/what-exactly-is-cold-junction-compensation-how-does-it-relate-to-the-use-of-thermocouples-as-temper/>