

SKRIPSI

**SISTEM KONTROL DAN *MONITORING* ALAT
PENGERING BIJI KOPI OTOMATIS MENGGUNAKAN
ESP32 DAN TEKNOLOGI *INTERNET OF THINGS (IOT)***



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh :

Putu Adi Purwanto

NIM. 2115344035

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

ABSTRAK

Pengeringan merupakan salah satu tahap krusial dalam proses pascapanen biji kopi karena berpengaruh langsung terhadap mutu, kestabilan penyimpanan, dan nilai jual produk. Proses pengeringan secara konvensional masih banyak digunakan, namun metode ini kurang mampu menjaga kestabilan suhu dan durasi secara konsisten. Untuk menjawab permasalahan tersebut, penelitian ini mengembangkan sebuah alat pengering biji kopi otomatis berbasis mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan teknologi *Internet of Things (IoT)*.

Sistem dirancang agar mampu mengatur dan menjaga suhu pengeringan secara otomatis dalam rentang 45–55°C menggunakan elemen pemanas yang dikendalikan melalui relay. Selain itu, alat ini memungkinkan pengguna untuk mengatur durasi pengeringan melalui aplikasi yang terhubung dengan platform Firebase, serta memantau suhu secara *real-time* dari jarak jauh. Informasi proses pengeringan ditampilkan melalui layar TFT, dan data suhu yang terekam secara berkala dikirimkan secara otomatis ke *Google Spreadsheet* untuk keperluan dokumentasi dan analisis. Pengujian dilakukan dengan beberapa variasi durasi waktu untuk menentukan waktu pengeringan yang ideal agar kadar air biji kopi mencapai 12%, yang diukur secara manual menggunakan alat pengukur kadar air sesuai standar SNI. Hasil menunjukkan bahwa sistem bekerja secara stabil dalam menjaga suhu sesuai rentang yang ditentukan dan menjalankan proses pengeringan sesuai pengaturan waktu, serta memudahkan *monitoring* dan pencatatan data secara digital dan terintegrasi.

Kata Kunci : ESP32, *Internet of Things (IoT)*, pengering kopi otomatis, *monitoring* suhu, *Google Spreadsheet*, durasi pengeringan.

ABSTRACT

Drying is one of the most crucial stages in the post-harvest process of coffee beans, as it directly affects the quality, storage stability, and market value of the final product. Conventional drying methods are still widely used, yet they often fail to maintain consistent temperature and drying duration. To address this issue, this research developed an automatic coffee bean dryer system based on the ESP32 microcontroller, integrated with Internet of Things (IoT) technology.

The system is designed to regulate and maintain the drying temperature automatically within the range of 45–55°C using a heating element controlled by a relay. Additionally, users can set the drying duration through an application connected to the Firebase platform and monitor the temperature in real-time remotely. Drying process information is displayed on a TFT screen, while temperature data is automatically recorded and sent to Google Spreadsheet for documentation and analysis purposes. The testing was conducted using several variations of drying duration to determine the optimal time required to reduce the coffee bean moisture content to 12%, which was measured manually using a moisture tester in accordance with Indonesian National Standards (SNI). The results showed that the system operated reliably in maintaining the target temperature range and executing the drying process as scheduled, while also providing integrated and accessible monitoring and data logging capabilities.

Keywords: *ESP32, Internet of Things (IoT), automatic coffee dryer, temperature monitoring, Google Spreadsheet, drying duration.*

DAFTAR ISI

ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Penelitian Sebelumnya	5
2.2. Landasan Teori	7
2.2.1 Pengeringan Biji Kopi	7
2.2.2 Pengaturan Waktu Pengeringan Otomatis	7
2.2.3 Sistem Kontrol Suhu Dalam Pengeringan	8
2.2.4 Proses Pascapanen Kopi	8
2.2.5 Flutter	11
2.2.6 Internet Of Things	11
2.2.6 ESP32	12
2.2.7 Sensor DS18B20	13
2.2.8 Heater	14
2.2.9 Blower	14
2.2.10 Kipas Dc	15
2.2.11 Relay	15
2.2.12 Motor Dc	16
2.2.13 LCD TFT (Liquid Crystal Display Thin Film Transistor)	17
2.2.14 Power supply	17
2.2.15 MCB	18
2.2.16 Perhitungan Daya Pada Sistem	19
2.2.17 Modul Step Down	20
BAB III METODE PENELITIAN	21

3.1	Rancangan Sistem.....	21
3.1.1	Rancangan Hardware	21
3.1.2	Rancangan Software.....	28
3.2	Pembuatan Alat.....	30
3.2.1	Langkah Pembuatan Alat.....	30
3.2.2	Alat Dan Bahan	31
3.3	Analisa Hasil Penelitian.....	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		34
4.1	Hasil Implementasi Sistem	34
4.1.1	Implementasi Hardware	35
4.1.2	Implementasi Software.....	36
4.2	Hasil Pengujian Sistem	45
4.2.1	Pengujian Alat	45
4.2.2	Pengujian Aplikasi.....	48
4.2.3	Pengujian penyimpanan data.....	48
4.2.4	Pengujian Parameter Yang Diamati.....	49
4.3	Pembahasan Hasil Implementasi Dan Pengujian.....	54
4.3.1	Analisa Pengujian Pengeringan Dengan Berat 1000 G.....	54
4.3.2	Analisa Pengujian Pengeringan Dengan Berat 2000 g.....	56
4.3.3	Perbandingan Hasil Pengeringan Berat 1000 G Dan 2000 G.....	59
4.3.4	Evaluasi Kinerja Sistem	60
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		61
5.1.	Kesimpulan.....	61
5.2.	Saran	61
DAFTAR PUSTAKA.....		
LAMPIRAN.....		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Aplikasi Flutter	11
Gambar 2. 2 Ilustrasi <i>Internet of Things</i>	12
Gambar 2. 3 Mikrokontroler ESP32	12
Gambar 2. 4 Sensor DS18B20	13
Gambar 2. 5 <i>Heater</i>	14
Gambar 2. 6 <i>Blower</i>	15
Gambar 2. 7 Kipas Dc 12V	15
Gambar 2. 8 Modul Relay	16
Gambar 2. 9 Dinamo Wiper	17
Gambar 2. 10 LCD TFT	17
Gambar 2. 11 Power supply	18
Gambar 2. 12 Mcb (Miniature Circuit Breaker)	19
Gambar 2. 13 Modul Step Down	20
Gambar 3. 1 Blok Diagram Rancangan Alat (sumber pribadi).....	21
Gambar 3. 2 diagram alur sistem (sumber pribadi)	23
Gambar 3. 3 Wiring Diagram Alat (sumber pribadi)	25
Gambar 3. 4 Desain mekanisme pengaduk biji kopi (sumber pribadi)	26
Gambar 3. 5 Tampilan Tampak Depan dan tampak atas (sumber pribadi).....	27
Gambar 3. 6 Tampilan Tampak Samping Kiri & Samping Kanan (sumber pribadi).....	27
Gambar 3. 7 Tampilan Firebase (sumber pribadi)	28
Gambar 3. 8 Tampilan Spreadsheet (sumber pribadi)	29
Gambar 3. 9 Tampilan aplikasi (sumber pribadi)	29
Gambar 3. 10 Alur Pembuatan Alat (sumber pribadi)	30
Gambar 4. 1 Tampilan Tampak depan & Tampak belakang	34
Gambar 4. 2 Tampilan samping kiri & dan samping kanan	35
Gambar 4. 3 gambar kontrol hardware kendali sistem	36
Gambar 4. 4 library yang digunakan pada ESP32	37
Gambar 4. 5 Program Inisialisasi Koneksi WiFi dan Autentikasi Firebase pada ESP32	37
Gambar 4. 6 inisialisasi pin pada program ESP32.....	38
Gambar 4. 7 Fungsi setup() dan Konfigurasi Awal Sistem.....	39
Gambar 4. 8 Fungsi Pengiriman Data Suhu ke Firebase	39
Gambar 4. 9 Fungsi Pengiriman Log ke Google Sheets.....	40
Gambar 4. 10 Program Logic Pengendalian Relay Berdasarkan Suhu dan Durasi	41
Gambar 4. 11 program button emergency / reset dan pengendalian buzzer	42
Gambar 4. 12 program tampilan LCD TFT	42
Gambar 4. 13 implementasi firebase dan google spreadsheet	43
Gambar 4. 14 gambar aplikasi antar muka	45
Gambar 4. 15 pengujian esp dengan program komunikasi serial monitor	46
Gambar 4. 16 Tampilan pengujian sensor DS18B20.....	47
Gambar 4. 17 gambar pengujian relay berdasarkan indikator	47
Gambar 4. 18 Tampilan aplikasi flutter yang digunakan	48
Gambar 4. 19 gambar data hasil pengujian yang tercatat pada spreadsheet.....	49

Gambar 4. 20 grafik menentukan waktu pengeringan optimal (1000g)	55
Gambar 4. 21 grafik penurunan kadar air rata-rata per jam (1000 g)	56
Gambar 4. 22 grafik menentukan waktu pengeringan optimal (2000g)	58
Gambar 4. 23 grafik penurunan kadar air rata-rata per jam (2000 g)	59

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Inisialisasi Pin Komponen Pada Pin ESP32	25
Tabel 3. 2 Inisialisasi Pin Komponen Pada Output Relay	26
Tabel 3. 3 Alat-alat yang digunakan	31
Tabel 3. 4 Bahan / Komponen.....	31
Tabel 3. 5 Bahan / Komponen Alat.....	32
Tabel 3. 6 software yang digunakan	32
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Waktu Pengeringan Biji Kopi dengan Berat 1000 Gram....	50
Tabel 4. 2 Penurunan Kadar Air Biji Kopi per Jam dengan Berat Awal 1000 Gram.....	51
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Waktu Pengeringan Biji Kopi dengan Berat 2000 Gram.....	52
Tabel 4. 4 penurunan Kadar Air Biji Kopi per Jam dengan Berat Awal 2000 Gram.....	53

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kopi merupakan salah satu komoditas unggulan di Kabupaten Tabanan, khususnya di Kecamatan Pupuan, Provinsi Bali. Komoditas ini memiliki peran penting dalam perekonomian daerah, terutama bagi para petani dan pelaku usaha kopi. Berdasarkan data produksi kopi di Kabupaten Tabanan, terjadi fluktuasi hasil panen dalam tiga tahun terakhir. Pada tahun 2021, produksi kopi tercatat sebesar 5.588 ton, meningkat menjadi 5.708 ton pada tahun 2022. Namun, pada tahun 2023, produksi mengalami penurunan cukup signifikan menjadi 5.062 ton [1].

Kecamatan Pupuan merupakan wilayah dengan kontribusi terbesar dalam produksi kopi di Kabupaten Tabanan, yakni 21,33% dari total produksi. Namun, wilayah ini juga menghadapi tantangan besar, terutama akibat tingginya curah hujan pada tahun 2023 [2]. Curah hujan yang berlebihan dapat berdampak negatif pada tanaman kopi, seperti meningkatkan risiko serangan jamur, karat daun, serta membusuknya buah kopi sebelum panen. Selain itu, kelembaban tinggi akibat curah hujan juga berdampak pada proses pascapanen, khususnya dalam pengeringan biji kopi yang masih mengandalkan metode konvensional seperti penjemuran.

Masalah pengeringan tidak hanya terjadi saat musim hujan. Pada musim kemarau sekalipun, metode pengeringan manual dengan penjemuran matahari pada jumlah besar, seperti berton-ton biji kopi, sering kali menghasilkan tingkat kekeringan yang tidak merata. Biji kopi di bagian atas atau pinggir tumpukan cenderung lebih cepat kering, sementara bagian tengah atau bawah masih memiliki kadar air tinggi [3]. Ketidakmerataan ini dapat menurunkan mutu kopi karena sebagian biji berisiko mengalami pertumbuhan jamur atau penurunan cita rasa.

Di wilayah Pupuan, metode pascapanen yang umum digunakan adalah metode *natural*, yaitu biji kopi dijemur bersama kulit buah hingga kadar air turun menjadi kurang dari 12%. Proses ini biasanya memakan waktu sekitar 2–3 minggu, membutuhkan lahan jemur yang luas, serta tenaga kerja tambahan untuk membolak-balik biji agar pengeringan lebih merata. Setelah itu, dilakukan pengupasan kulit kering (*dry hulling*). Namun, pada beberapa kondisi, biji kopi yang telah dikupas masih memiliki kadar air yang bervariasi, sehingga diperlukan proses pengeringan lanjutan hingga mencapai kadar air sekitar 12% agar aman untuk penyimpanan [4]. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini

menggunakan biji kopi dengan kadar air awal sekitar 28%, yang mewakili situasi umum biji kopi setelah pengupasan pada metode natural di wilayah tersebut.

Oleh karena itu, diperlukan inovasi dalam sistem pengeringan kopi yang lebih efisien, tidak bergantung pada cuaca, dan mampu menghasilkan tingkat kekeringan yang merata. Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah penggunaan alat pengering kopi otomatis berbasis ESP32 yang dilengkapi dengan sistem pengadukan dan pengontrol suhu secara real-time. Dengan adanya sistem kontrol dan monitoring berbasis Internet of Things (IoT), petani dapat memantau dan mengatur proses pengeringan, dengan hasil kadar air akhir yang merata, sehingga kualitas dan nilai jual biji kopi dapat meningkat.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan yang akan diteliti dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

- 1 Bagaimana merancang sistem kontrol dan *monitoring* pada alat pengering biji kopi otomatis menggunakan ESP32 dan *Internet of Things (IoT)* untuk mengatasi ketidakmerataan pengeringan metode *natural*, sehingga proses lebih efisien dan tidak bergantung pada cuaca?
- 2 Bagaimana implementasi sensor DS18B20 dan sistem pengaturan waktu berbasis aplikasi *IoT* dapat digunakan untuk mengontrol dan memantau tingkat kekeringan biji kopi secara otomatis?
- 3 Seberapa efektifkah pengaturan durasi waktu pengeringan digunakan sebagai acuan untuk menentukan bahwa biji kopi telah mencapai tingkat kekeringan yang optimal dalam sistem pengering otomatis?

1.3. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, batasan ruang lingkup difokuskan pada:

1. Sistem pengering biji kopi menggunakan metode tabung dengan poros berputar untuk pemerataan panas dan pengeringan yang optimal.
2. Tingkat kekeringan biji kopi ditentukan berdasarkan durasi waktu pengeringan yang dapat diatur melalui aplikasi berbasis Internet of Things (IoT).
3. Sistem *monitoring* dan kontrol menggunakan ESP32 dan teknologi *IoT* untuk memantau suhu secara *real-time* serta mengatur waktu pengeringan melalui aplikasi.
4. Penelitian hanya berfokus pada pengeringan biji kopi skala kecil (kapasitas 2 kg) dan tidak membahas aspek roasting atau penyimpanan setelah pengeringan.

5. Penelitian difokuskan pada pengeringan biji kopi yang kadar airnya tidak merata setelah proses pengeringan metode *natural*.
6. Rentang suhu pengeringan dibatasi pada kisaran 45–55 °C sesuai referensi yang tersedia.
7. Sistem ini hanya dapat dioperasikan dengan koneksi Wi-Fi dan menggunakan aplikasi *Edrybean* sebagai media kontrol.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah yang telah dijelaskan, tujuan pembuatan alat ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat merancang dan mengembangkan sistem pengering biji kopi otomatis berbasis ESP32 dan *IoT* agar proses pengeringan lebih efisien dan tidak bergantung pada kondisi cuaca.
2. Menguji efektivitas sensor DS18B20 dalam sistem pengering otomatis untuk memantau suhu selama proses pengeringan biji kopi.
3. Menganalisis efektivitas penggunaan durasi waktu pengeringan yang dapat disesuaikan melalui aplikasi sebagai acuan dalam menentukan tingkat kekeringan biji kopi secara optimal.

1.5. Manfaat penelitian

Penelitian ini memiliki manfaat yang terbagi ke dalam dua kategori, yaitu:

1. Manfaat akademik
 - a. Dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi modern di bidang sistem pengeringan otomatis menggunakan mikrokontroler dan teknologi *IoT*.
 - b. Menjadi referensi bagi penelitian serupa terkait pengeringan bahan pangan, khususnya biji kopi, dengan pendekatan modern dan efisien.
2. Manfaat Aplikatif
 - a. Memberikan solusi praktis bagi petani dan pelaku usaha kecil menengah (UKM) dalam mengeringkan biji kopi secara efisien, terutama di daerah dengan kondisi cuaca yang tidak menentu.
 - b. Meningkatkan kualitas dan keseragaman hasil pengeringan biji kopi, sehingga produk memiliki nilai jual lebih tinggi di pasaran.

- c. Mengurangi waktu dan tenaga yang diperlukan dalam proses pengeringan dengan menggunakan sistem otomatis berbasis teknologi *IoT*.
- d. Meningkatkan produktivitas dan efisiensi proses pengeringan pada skala kecil hingga menengah tanpa memerlukan investasi yang besar

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian alat pengering biji kopi otomatis berbasis ESP32 dan *Internet of Things (IoT)*, maka dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. Sistem pengering otomatis berhasil dirancang menggunakan ESP32 sebagai pusat kendali, dilengkapi dengan sensor suhu DS18B20, pengatur waktu, pengadukan otomatis, dan sistem *monitoring* berbasis *IoT*. Sistem dapat dikendalikan jarak jauh serta bekerja secara mandiri tanpa bergantung pada kondisi cuaca.
2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa untuk berat 1000 gram dengan kadar air awal 28%, kadar air ideal sebesar 12% tercapai dalam waktu 240 menit. Sedangkan pada berat 2000 gram, waktu pengeringan optimal adalah 300 menit. Hal ini menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja secara konsisten meskipun beban ditingkatkan.
3. Penurunan kadar air berlangsung secara bertahap, dengan laju paling cepat pada jam pertama, kemudian melambat seiring waktu. Penurunan awal yang signifikan ini disebabkan oleh kombinasi beberapa faktor, yaitu: kadar air permukaan biji yang masih tinggi, bahan tabung pengering yang terbuat dari stainless steel dengan konduktivitas panas tinggi, serta adanya sistem pengadukan otomatis yang menjaga pemerataan suhu dan aliran udara di dalam tabung.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian sistem pengering biji kopi otomatis, terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan acuan untuk pengembangan sistem lebih lanjut:

1. Menambahkan sensor kadar air digital untuk meningkatkan akurasi penentuan titik akhir pengeringan, sehingga sistem dapat menghentikan proses secara otomatis tanpa hanya bergantung pada durasi waktu.
2. Mengintegrasikan fitur pengaturan waktu secara fisik. Saat ini pengaturan waktu hanya dapat dilakukan melalui aplikasi *IoT*, sehingga disarankan untuk menambahkan tombol fisik atau keypad sebagai alternatif pengaturan manual

langsung pada perangkat agar dapat dioperasikan baik secara lokal maupun jarak jauh.

3. Mengembangkan kapasitas alat. Untuk penerapan pada skala produksi yang lebih besar, disarankan dilakukan pengujian lanjutan dengan kapasitas lebih tinggi guna mengetahui batas kinerja sistem.
4. Menambahkan fitur monitoring konsumsi daya listrik secara real-time agar pengguna dapat memantau penggunaan energi selama proses pengeringan. Data ini dapat digunakan untuk evaluasi efisiensi energi dan perencanaan biaya operasional.

DAFTAR PUSTAKA

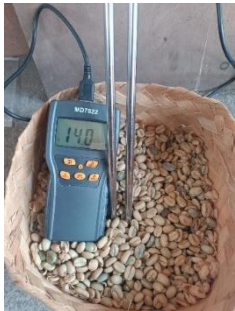
- [1] B. P. S. P. Bali, “Produksi Kopi Robusta Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Bali - Tabel Statistik.” Accessed: Aug. 14, 2025. [Online]. Available: <https://bali.bps.go.id/id/statistics-table/2/MzUwIzI=/produksi-kopi-robustamenurut-kabupaten-kota-di-provinsi-bali.html>
- [2] “Scribd,” Scribd. Accessed: Aug. 14, 2025. [Online]. Available: https://www.scribd.com/embeds/787638852/content?start_page=1&view_mode=scr
- [3] D. J. M. de Abreu, M. S. Lorenço, G. G. L. Machado, J. M. Silva, E. C. de Azevedo, and E. E. N. Carvalho, “Influence of Drying Methods on the Post-Harvest Quality of Coffee: Effects on Physicochemical, Sensory, and Microbiological Composition,” *Foods*, vol. 14, no. 9, p. 1463, Jan. 2025, doi: 10.3390/foods14091463.
- [4] “(PDF) Drying of hulled naturally processed coffee with high moisture content and its impacts on quality,” *ResearchGate*, Aug. 2025, doi: 10.5897/AJAR2016.10837.
- [5] B. S. Sihombing, Sumarno, I. O. Kirana, Poningsih, and Irawan, “Rancang Bangun Alat Pengering Biji Kopi Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno,” *STORAGE J. Ilm. Tek. Dan Ilmu Komput.*, vol. 1, no. 1, Art. no. 1, Feb. 2022, doi: 10.55123/storage.v1i1.155.
- [6] C. H. Febriyanti. M, “Rancang Bangun Sistem Pengering Biji Kopi Luwak Otomatis Berdasarkan Prakiraan Cuaca Secara Real Time,” skripsi, Institut Informatika dan Bisnis Darmajaya, 2022. doi: 10/BAB%20IV.pdf.
- [7] R. A. Prasetya, M. A. Irfa'i, and A. Samudra, “Rancang Bangun Alat Pengering Biji Kopi Menggunakan Pemanas Kompor Gas Lpg Dengan Model Roll,” vol. 5, 2020.
- [8] “Teknik Pengeringan Biji Kopi sebagai Faktor Potensi Diferensiasi Citarasa Kopi – Pusat Penelitian Kopi dan Kakao.” Accessed: Jan. 09, 2025. [Online]. Available: <https://iccri.net/teknik-pengeringan-biji-kopi-sebagai-faktor-potensi-diferensiasi-citarasa-kopi/>
- [9] B. P. S. I. P. Lampung, “Standar Mutu Biji Kopi SNI 01-2907-2008,” 2023, Accessed: Feb. 24, 2025. [Online]. Available: <https://repository.pertanian.go.id/handle/123456789/23036>
- [10] “(PDF) Drying Kinetics and Quality of Natural Coffee,” *ResearchGate*, Aug. 2025, doi: 10.13031/trans.56.9794.

- [11] IndraW, “Pemrosesan Kopi: Full Wash,” Kopabana Coffee Roaster. Accessed: July 15, 2025. [Online]. Available: <https://kopabana.com/pemrosesan-kopi-full-wash/>
- [12] “*Giling Basah*,” *Wikipedia*. Jan. 12, 2023. Accessed: Aug. 10, 2025. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Giling_Basah&oldid=1133124878
- [13] K. C. Media, “4 Metode Pengolahan Buah Kopi Pascapanen, dari Natural hingga Honey,” KOMPAS.com. Accessed: Jan. 25, 2025. [Online]. Available: <https://www.kompas.com/food/read/2021/12/24/190700675/4-metode-pengolahan-buah-kopi-pascapanen-dari-natural-hingga-honey>
- [14] najam, “Why Flutter is the Top Choice for Building IoT Apps in 2025?,” WPJournals. Accessed: July 05, 2025. [Online]. Available: <https://wpjournals.com/apps/why-flutter-is-top-choice-for-building-iot-apps/>
- [15] I. Prasetyo, “Apa itu Internet of Things? Pengertian, Cara Kerja, dan Contohnya,” S3 Informatika. Accessed: Jan. 26, 2025. [Online]. Available: <https://docif.telkomuniversity.ac.id/apa-itu-iot/>
- [16] J. Teel, “Introduction to the ESP32 – From Prototype to Production,” PREDICTABLE DESIGNS. Accessed: Jan. 27, 2025. [Online]. Available: <https://predictabledesigns.com/introduction-to-the-esp32-wifi-bluetooth-wireless-microcontroller/>
- [17] YOUR-NAME, “Sensor Suhu DS18B20,” Edukasi Elektronika | Electronics Engineering Solution and Education. Accessed: Jan. 27, 2025. [Online]. Available: <https://www.edukasielektronika.com/2020/09/sensor-suhu-ds18b20.html>
- [18] “perpindahan kalor energi dan massa pada heater | PPT.” Accessed: Feb. 01, 2025. [Online]. Available: https://www.slideshare.net/slideshow/perpindahan-kalor-energi-dan-massa-pada-heater/274331730?utm_source=chatgpt.com
- [19] admin, “Mengenal Blower dalam Industri: Definisi, Cara Kerja, dan Jenis-Jenisnya,” PT TENSOR. Accessed: Feb. 18, 2025. [Online]. Available: <https://pttensor.com/2024/06/21/mengenal-blower-dalam-industri-definisi-cara-kerja-dan-jenis-jenisnya/>
- [20] “Penjelasan Kipas Pendingin Kipas DC - Pengetahuan.” Accessed: Feb. 01, 2025. [Online]. Available: <https://id.cnamore.com/info/explanation-of-cooling-fan-dc-fan-94792370.html>

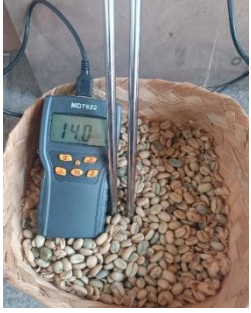
- [21] D. Kho, "Pengertian Relay dan Fungsi Relay," Teknik Elektronika. Accessed: Jan. 28, 2025. [Online]. Available: <https://teknikelektronika.com/pengertian-relay-fungsi-relay/>
- [22] D. Kho, "Pengertian Motor DC dan Prinsip Kerjanya," Teknik Elektronika. Accessed: Jan. 28, 2025. [Online]. Available: <https://teknikelektronika.com/pengertian-motor-dc-prinsip-kerja-dc-motor/>
- [23] "Sejarah Singkat dan Prinsip Kerja LCD TFT - Pengetahuan." Accessed: Jan. 29, 2025. [Online]. Available: <https://id.innoluxlcdpanel.com/info/brief-history-and-working-principle-of-tft-lcd-78068515.html>
- [24] Dee, "Le Professeur: Power Supply AC Matic," Le Professeur. Accessed: Jan. 31, 2025. [Online]. Available: <https://deerahman.blogspot.com/2012/02/power-supply-ac-matic.html>
- [25] K. C. Media, "MCB: Pengertian, Prinsip Kerja, Fungsi dan Jenisnya," KOMPAS.com. Accessed: Feb. 09, 2025. [Online]. Available: <https://www.kompas.com/skola/read/2022/08/16/193000769/mcb--pengertian-prinsip-kerja-fungsi-dan-jenisnya>
- [26] irpah, "Modul lm2596 : Pengertian, Skema Rangkaian & Datasheet," PRAKTEK OTODIDAK. Accessed: Feb. 01, 2025. [Online]. Available: <https://praktekotodidak.com/modul-stepdown-lm2596-skema-diagram-datasheet-vout-dan-penerapan/>
- [27] Sudden_Letterhead_48, "For Those Roasting on 5kg Roasters...," r/coffee_roasters. Accessed: July 16, 2025. [Online]. Available: https://www.reddit.com/r/coffee_roasters/comments/lx0kjj/for_those_roasting_on_5kg_roasters/

LAMPIRAN

Lampiran 1: kadar air akhir berat 1000g

Lampiran 2: Kadar air akhir berat 2000g

Lampiran 3: proses pembuatan alat

