

Perancangan Prototype Sistem Pengering Kopi Dengan Metode Research and Development (RND) Berbasis Internet of Things (IOT)

I Gusti Ayu Yunita Sukma, Sirojul Hadi, Kurniadin Abdul Latif, Husain, Raisul Azhar

Universitas Bumigora, Mataram, Indonesia

Correspondence : e-mail: gustiayu0627@gmail.com

Abstrak

Perkembangan teknologi berbasis Internet of Things (IoT) dan memanfaatkan energi dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dapat memberikan solusi inovatif dalam pengeringan biji kopi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem pengeringan biji kopi menggunakan Internet of Things dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Sistem ini juga dapat memantau suhu dan kelembaban didalam ruangan pengering biji kopi secara real-time melalui website yang berfungsi untuk meningkatkan efisiensi waktu pengeringan serta mengatasi keterbatasan metode pengeringan tradisional yang sangat bergantung pada kondisi cuaca. Metode penelitian menggunakan metode *Research and Development (R&D)* dan menggunakan model Borg and Gall. Sistem ini dirancang menggunakan sensor suhu dan kelembaban yaitu (DHT22) serta sensor tegangan untuk menstabilkan daya listrik dan menggunakan mikrokontroler (ESP32), output yang di keluarkan yaitu lampu pemanas dan exhaust fan. Hasil dalam penelitian ini adalah memonitoring nilai suhu dan kelembaban yang diatur suhu 30°C, dan kelembaban 50%. Hasil monitoring yang telah diperoleh selama 7 hari kurang lebih. Sistem ini juga mampu dapat melihat suhu dan kelembaban tanpa harus mengecek Kembali, dengan memanfaatkan energi dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) jadi *prototype* ini memberikan Solusi berkelanjutan yang lebih efisien untuk pengeringan kopi, mengatasi keterbatasan pada cuaca dan juga mendukung pemantauan jarak jauh melalui website.

Kata kunci: *Internet of Things*, Pengering Kopi, PLTS.

Abstract

Development of Internet of Things (IoT) based technology and utilizing energy from Solar Power Plants can provide innovative solutions in drying coffee beans. This study aims to design and develop a coffee bean drying system using the Internet of Things and Solar Power Plants. This system can also monitor the temperature and humidity in the coffee bean drying room in real-time via a website that functions to increase the efficiency of drying time and overcome the limitations of traditional drying methods that are highly dependent on weather conditions. The research method uses the Research and Development (R&D) method and uses the Borg and Gall model. This system is designed using temperature and humidity sensor, namely (DHT22) and a voltage sensor to stabilize the electric power and uses a microcontroller (ESP32), the output is a heating lamp and exhaust fan. The results of this study are monitoring the temperature and humidity values set at 30 °C, and 50% humidity. The monitoring results that have been obtained for approximately 7 days. This system is also able to see the temperature and humidity without having to check it again, by utilizing energy from the Solar Power Plant so this prototype provides a more efficient sustainable solution for drying coffee, overcoming weather limitations and also supporting remote monitoring via the website.

Keywords: *Internet of Things, Coffee Dryer, Solar Power Plant*

1. Pendahuluan

Pada negara tropis memiliki beberapa tanaman yang dibudidayakan misalnya tanaman kopi [1]. Petani masih mengaplikasikan proses pengeringan tradisional. Proses ini menggunakan sinar Cahaya matahari menjadi Listrik sebagai medianya serta mempunyai kelebihan dapat menghemat energi, berkurangnya resiko kehancuran kimiawi terhadap pengusutan kandungan air, pemerataan penguapan air pada biji kopi. Tetapi proses ini mempunyai kekurangan juga yaitu Ketika memasuki musim hujan,

proses pengeringan dibutuhkan kurang lebih 2 minggu, sehingga berdampak pada proses pengeringan [2]. sebagai kebutuhan penting [2].

Berdasarkan hal tersebut petani saat ini masih kesusahan dengan teknologi yang masih tradisional untuk pengeringan kopi dan bisa mengakibatkan ruang pengeringan tidak konsisten terutama di suhu dan kelembaban ruangnya, petani pun tidak bisa memantau ruangan tersebut dari jarak jauh [3]. Melihat dari akibat gagal produksi yang akan terjadi dari penjelasan diatas, peneliti hendak merancang sistem pengering dengan metode *Research and Development* berbasis Internet of Things). Penelitian ini bertujuan untuk membuat prototype sistem pengeringan kopi menggunakan metode Research and Development berbasis IoT, menggunakan sensor DHT22 untuk memonitoring suhu dan kelembaban dalam ruangan serta sensor tegangan untuk mengecek data tegangan yang stabil.

Hasil penelitian menurut Teknologi penanganan pascapanen pengeringan kopi di Indonesia maka suhu yang di rekomendasikan sekitar 30 - 60°C dengan nilai kelembaban berkisaran +60% (didalam ruangan pengeringan) [4]. Serta ada tujuan lain dari rancangan ini adalah mempercepat proses pengeringan biji kopi sehingga waktu bisa digunakan secara efektif serta terhindar dari serangan hama sepanjang pengeringan, dan menggunakan baterai pada saat hujan dan malam hari sehingga kopi tetap terjaga juga bisa digunakan tanpa tergantung cuaca, dengan memanaskan biji kopi di dalam satu tempat yang dibuat berbentuk kubah transparan (dome) terbuat dari material seperti plastic UV yang memungkinkan sinar matahari masuk.

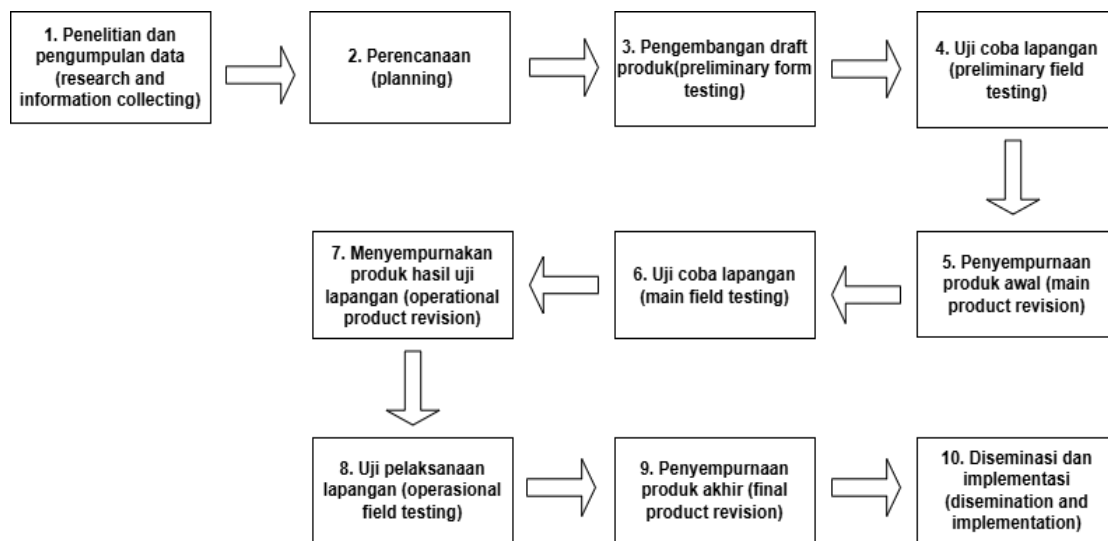
Pada penelitian terdahulu Afriani & Hadi (2019) memaparkan bahwa terdapat suatu pengembangan server yang digunakan dalam sistem pengeringan biji kopi. Pada pengembangan dari sistem tersebut menggunakan perancangan beberapa sensor diantaranya motor *driver*, *Arduino*, suhu, dan hujan [5]. Pengeringan dari biji kopi dapat dipermudah melalui penggunaan sensor tersebut. Melalui prototype yang dikembangkan tersebut akan memberikan sistem otomatisasi terhadap kondisi yang didasarkan pada kelembaban, cuaca, dan lain-lain yang merupakan pengembangan dari sensor tersebut [6]. Selanjutnya penelitian Nurbaeti, dkk. (2021) memaparkan dalam mendeteksi biji kopi dapat digunakan melalui sensor ultrasonik [7]. Selanjutnya pengukuran kelembaban serta suhu tersebut dapat menggunakan alat DHT22. Kemudian pada penelitian Thareq (2023) menyebutkan implementasi terkait dengan penggunaan metode IoT serta PID dapat dilakukan melalui pengeringan biji kopi [8].

Melalui permasalahan pada penelitian, peneliti tertarik untuk mengembangkan prototype sistem pengering biji kopi berbasis IoT yang memanfaatkan pembangkit Listrik tenaga surya ini memiliki tujuan untuk memonitoring suhu dan kelembaban yang ada di ruangan pengeringan biji kopi dan memberikan kemudahan dalam proses monitoring melalui website secara real-time [9]. Maka dari itu diperlukan sistem pengeringan kopi berbasis *Internet of Things* yang dapat memanfaatkan PLTS dari cahaya matahari menjadi Listrik, dan memonitoringnya melalui website [10]. Photovoltaic itu merupakan teknologi yang dapat mengubah cahaya matahari menjadi Listrik melalui fenomena fisika yang terjadi pada solar cel [11]. Sistem energi yang menggunakan PLTS ini sangat ramah lingkungan dan tidak ada polusi, serta PLTS ini sangat di sarankan digunakan karena wilayah Indonesia yang terkenal dengan daerah yang tropis akan sangat mudah mendapatkan cahaya matahari [12].

Melalui pemaparan diatas, penulis mengambil judul “Perancangan Prototype Sistem Pengering Kopi Dengan Metode *Research and Development* (RND) Berbasis *Internet of Things* (IOT)”. Tujuan dari penelitian ialah mengembangkan sistem pengering biji kopi menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berbasis *Internet of Things* (IOT).

2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan metode RND (*Research and Development*). Metode RND *Research and Development* merupakan suatu pendekatan yang bertujuan untuk mengembangkan dan menghasilkan produk tertentu serta untuk menguji keefektifan produk dalam menyelesaikan permasalahan yang ada di lapangan [13]. Metode ini merupakan tahapan sistematis yang dimulai dari kajian literatur dan perencanaan, dilanjutkan pengembangan prototipe, uji coba awal, revisi, uji coba lapangan, hingga penerapan produk akhir. Model ini memastikan prototipe sistem pengering kopi yang dihasilkan tidak hanya inovatif, tetapi juga terbukti efektif dan layak digunakan di lapangan melalui serangkaian validasi dan pengujian lapangan [14]. Pelaksanaan dari penelitian dilakukan di Jl. Santong Barat RT1 No.1, Desa Santong, Kecamatan Kayangan, Kabupaten Lombok Utara, Nusa Tenggara Barat. 83353 . Tempat penelitian ini dipilih karena Desa Santong merupakan Desa yang mempunyai kebun kopi yang luas dan menjadi salah satu produksi kopi yang terkenal. Tetapi desa ini masih mengalami kendala dengan pengeringannya masih menggunakan metode tradisional dan kendalanya pada saat cuaca tidak stabil. Model pengembangan yang dilakukan disajikan pada Gambar 1 berikut.



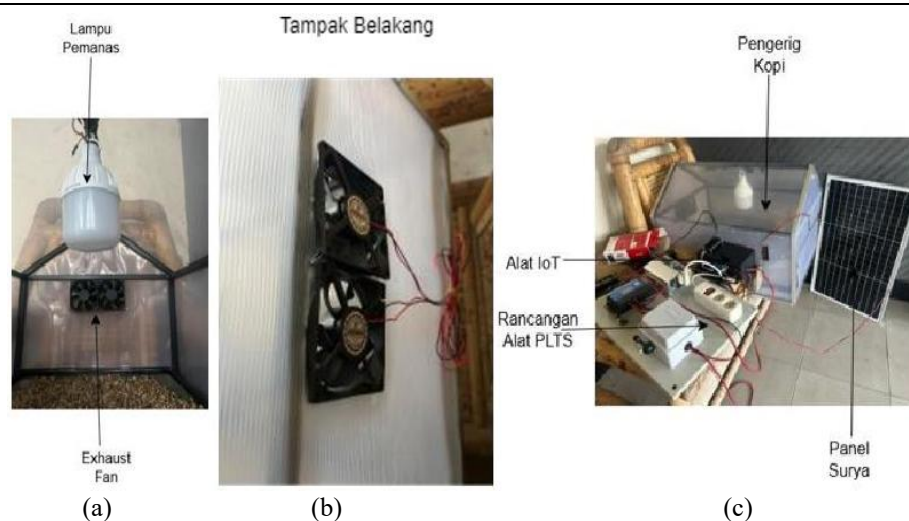
Gambar 1 Model Penelitian dan Pengembangan

Alat Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) disini mengambil energi dari sinar matahari dan mengubahnya ke energi listrik yang berfungsi untuk mengoperasikan sistem pengeringan secara ramah lingkungan, termasuk fan dan lampu pemanas [15]. Pada saat siang hari panel surya dapat dimanfaatkan karena mengambil energi sinar matahari secara keseluruhan tapi di malam hari energi matahari yang tadi di serap oleh panek akan disimpan kedalam baterai untuk memastikan sistem tetap berjalan [16]. Pengukuran suhu dan kelembabann ini untuk memantau kondisi lingkungan yang ada dalam ruang pengeringan dan dikirimkan data tersebut ke mikrokontroler dan di mikrokontroler akan menerima data suhu dan kelembaban dari sensor dan diproses untuk menentukan kapan fan dan lampu perlu di aktifkan [17]. Mikrikontroler akan membandingkan suhu dan kelembaban berdasarkan ambang batas yang sudah di tentukan dalam pemrograman saat mentransfer data ke mikrokontroler. Sistem ini dilengkapi dengan Internet of Things yang dimana dapat untuk memonitoring suhu dan kelembaban ini menggunakan website [18]. Data suhu dan kelembaban dengan ambang batas yang sudah di tetapkan akan terlihat di halaman website dapat diatur atau mengubah pengaturan jika perlu.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengembangan Draft Produk

Alat pengering kopi ini akan di rancang sesuai dengan sistem yang terintegrasi yaitu seperti, ruang pengering, sensor, alat IoT, dan PLTS, yaitu:

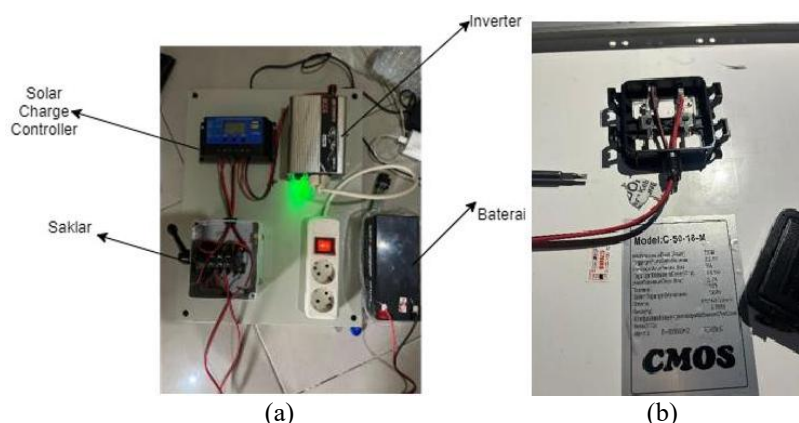


Gambar 2 Prototype Alat Pengeringan Kopi (a) Tampak Depan, (b) Tampak Belakang, (c) Tampak Keseluruhan

Hasil perancangan alat pengeringan tampak dari dalam disajikan pada Gambar 2a berikut dibawah ini terlihat beberapa alat untuk membantu dalam proses pengeringan seperti lampu pemanas untuk sumber panas utama dan *exhaust fan* untuk mengeluarkan udara lembab pada alat pengering, kolaborasi antara dua alat ini dapat membantu proses pengeringan berjalan dengan cepat dan stabil sehingga biji kopi dapat kering sesuai dengan yang diinginkan yang bertujuan untuk menurunkan kadar air pada biji kopi sampai mencapai tingkat suhu dan kelembaban yang optimal pada umumnya sekitar antara 10-12%. Dengan kadar air yang optimal maka biji kopi dapat disimpan dalam waktu yang lama tanpa terserang jamur atau busuk, selain itu juga dapat mendapatkan cita rasa kopi dan aroma biji kopi yang factor utama dalam penilaian mutu kopi.

Pada bagian belakang alat pengeringan (Gambar 2b) di lengkapi dengan *exhaust fan* yang fungsinya untuk mengeluarkan udara panas dan kelembaban dari dalam alat pengeringan menuju keluar, yang berfungsi mengurangi kelembaban secara optimal dan dapat menjadi penyebab pada efisiensi pengeringan biji kopi. Tapi kelebihan panas dalam ruang pengeringan juga dapat merusak biji kopi, misalnya rasa yang berubah, warna dan bau kopi. Oleh karena itu fungsi exhaust fan untuk menjaga suhu dan kelembaban didalam alat pengeringan.

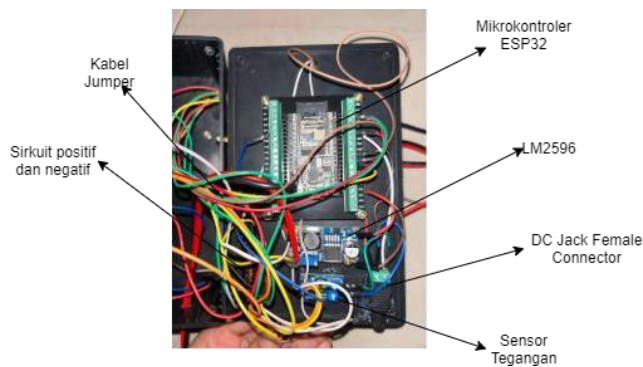
Hasil perancangan PLTS dibawah ini mencakup pada semua komponen utama dalam proses pengeringan biji kopi seperti, panel surya, solar charge, inverter, baterai dan saklar. Semua komponen ini saling terintegrasi dengan kebutuhan satu sama lain yang akan berjalan dengan terkontrol dan efisien. Teknologi ini dimana dapat terhubung pada energi terbarukan yaitu pada panel surya dengan teknologi otomatisasi *Internet of Things* untuk pengendalian suhu dan kelembaban dalam alat pengeringan kopi. Sistem ini dapat membantu *exhaust fan* dan lampu dalam membantu proses pengeringan secara optimal.



Gambar 3 Prototype Alat Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) (a) Perancangan Panel Surya, (b) Perancangan Solar Charge Controller dan Inverter

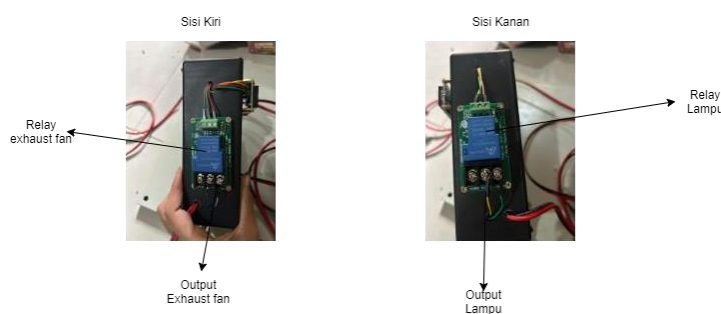
Hasil perancangan panel surya dalam sistem pengeringan kopi (Gambar 3a) yang dimana harus memilih panel surya yang sesuai dengan kebutuhan daya alat pengeringan. Panel surya ini berfungsi untuk menangkap cahaya matahari dan di ubah menjadi energi Listrik yang akan berfungsi untuk alat-alat didalam ruang pengeringan, misalnya lampu, exhaust fan dan sistem Internet of Things lainnya. Panel surya ini juga biasanya di didirikan di daerah tropis karena memanfaatkan sinar matahari dan sangat ramah lingkungan tidak seperti menghasilkan polusi dan memberikan dampak negative pada lingkungan. Hal ini dapat membantu sistem pengeringan yang berkelanjutan dan semakin membutuhkan pendekatan teknologi yang hijau dan hemat energi. Panel surya ini dipasang diluar ruangan pengeringan agar dapat mendapatkan sinar matahari dan tahan atas kondisi cuaca.

Hasil perancangan *solar charge controller* dan *inverter* (Gambar 3b) bertujuan untuk menciptakan penggunaan energi yang terkontrol atau optimal, solar charge ini gunanya untuk mencegah terjadinya overcharging pada baterai Ketika baterai menerima muatan Listrik yang berlebihan dan dapat menyebabkan kerusakan maka *solar charge* ini akan mengontrol pengurangan muatan masuk Listrik yang akan mengakibatkan terjadinya kebakaran. Inverter disini fungsinya untuk mengalirkan atau mengconvert dari tegangan DC(Arus Searah) menjadi tegangan AC(Arus Bolak-Balik) agar dapat di perlukan untuk mengoperasikan komponen- komponen tertentu dalam proses pengeringan, peran inverter ini juga sangat penting karena dapat juga untuk memanfaatkan kebutuhan rumah tangga yang sesuai dengan tegangan yang dihasilkan.



Gambar 4 Hasil Perancangan Alat IoT Tampak Dalam

Pada hasil perancangan alat IoT disajikan pada Gambar 4 terlihat komponen elektronik yang saling berhubungan sesuai dengan kebutuhan masing-masing komponen yang digunakan untuk mengontrol sistem pengeringan kopi. Terdapat ESP32 dibagian Tengah Sistem yang bertujuan sebagai pusat kontrol utama dalam mengelola data dan mentransferkannya ke masing-masing komponen yang sudah terintegrasi didalam kode program yang sudah dibuat sebelumnya. Sistem ini dimulai dalam mengumpulkan nilai atau data dari sensor-sensor yang akan dipakai dalam proses pengeringan kopi, serta sensor-sensor ini akan memantau beberapa parameter didalam proses pengeringan kopi seperti, suhu dan kelembaban serta tegangan. Setelah menerima data dari sensor, ESP32 akan memberikan intruksi Langkah selanjutnya dalam proses pengeringan kopi. Salah satu komponen ESP32 yaitu LCD berfungsi untuk menampilkan informasi terkait dengan kondisi sistem secara langsung kepada pengguna. Selain itu juga ESP32 mengontrol relay yang berfungsi untuk menghidup dan mematikan seperti lampu dan exhaust fan. Secara keseluruhan sistem ini dapat membantu sistem pengeringan biji kopi merupakan contoh nyata penerapan teknologi didalam industri pertanian untuk meningkatkan efisiensi dalam pengeringan agar mendapatkan hasil yang lebih baik.



Gambar 5 Hasil Perancangan Alat IoT Tampak Kiri dan Kanan

Pada perancangan IoT yang ditinjau dari tampak kiri dan kanan terlihat pada gambar dibawah ini yang dimana masing-masing relay memiliki output yang berbeda, yang fungsinya untuk mengendalikan output seperti kipas dan lampu. Relay ini juga dapat mengaktifkan dan mematikan perangkat yang terhubung sesuai dengan perintah yang telah dikirimkan oleh mikrokontroler ESP32. Sebagai pusat kendali, mikrokontroler ESP32 mengirimkan data pada relay untuk menjaga lingkungan pengering, seperti suhu dan kelembaban. Berdasarkan Keputusan yang diterima kemudian ESP32 memberikan intruksi untuk menjaga kondisi ruang pengeringan agar efektif.



Gambar 6 Tampilan Website

Hasil rancangan website memaparkan pada bagian atas halaman terdapat judul utama yang menekankan fungsi monitoring secara real-time untuk meningkatkan kualitas kopi. Tampilan menunjukkan data suhu dan kelembaban menggunakan satuan, suhu menggunakan celcius, kelembaban menggunakan persentase, dan tegangan menggunakan volt. Waktu dan tanggal pembaruan ditampilkan di bagian Tengah atas untuk menampilkan data up-to-date. Tombol “Repeat..!” di bagian bawah digunakan untuk memuat ulang data atau memperbarui informasi.

3.2 Uji Coba Lapangan

Pada proses ini komputer atau laptop mengirim kode program atau intruksi data ke mikrokontroler menggunakan kabel USB sesuai menjalankan fungsi yang dibutuhkan. Proses transfer ini menggunakan protocol komunikasi serial, yang dimana kode program di compile dulu agar tidak ada kesalahan lalu dikirimkan ke mikrokontroler. Setelah data di kirimkan mikrokontroler akan menjalankan fungsi pengendalian perangkat keras, seperti sensor, relay, LCD dan lain-lain.

Selanjutnya pada pengujian sensor DHT22 dilakukan dengan pemeriksaan perangkat keras, yang dimana sensor ini diperiksa secara fisik agar tidak ada kerusakan, kemudian dihubungkan ke mikrokontroler ESP32 menggunakan koneksi kabel dan dihubungkan juga ke komputer untuk mentransfer data. Salah satu pin yang ada di sensor DHT22 di pasangkan ke mikrokontroler dan sisanya *Ground* dan *Vcc* dihubungkan ke 5V ke sumber daya yang sesuai, Setelah itu mengecek pada kode program apakah sudah mendownload Pustaka “DHT sensor Library” dan kode program lainnya untuk membaca data sensor. Setelah perangkat lunak dan keras siap, akan dilakukan pengujian dasar untuk melihat data dari sensor dapat terbaca dengan benar atau tidak. Dalam pengujian ini akan terlihat data suhu dan kelembaban yang dihasilkan sensor dapat terlihat pada serial monitor Arduino. Hasil pengamatan pengujian suhu dan kelembaban (DHT22) yang di bandingkan dengan thermometer untuk suhu dan hygrometer untuk kelembaban (Digital), dengan melakukan pengukuran sebanyak 20 kali di peroleh ketelitian pada pengukuran suhu sebesar 89% dan kelembaban udara sebesar 99.5 %. Hasil yang telah di peroleh dari hasil perhitungan digunakan untuk penulisan program agar hasil deteksi sensor lebih presisi dalam melakukan pengukuran.

Hasil pengujian pada sensor tegangan memaparkan perbandingan tegangan dari mikrokontroller dan panel surya dalam berbagai waktu dan kondisi cuaca sepanjang hari pada table 4.3 diatas. Pada kolom waktu pengamatan disana di tampilkan waktu pengamatan dimulai dari jam 10.15 sampai 17.45 sore. Nilai tegangan pada mikrokontroller mendapat nilai 13,47 V sampai dengan 14.05 V, sedangkan nilai tegangan pada panel surya mendapat nilai 13.06 V sampai 21.13 V, hasil tegangan panel surya sedang berada dibawah dinar matahari. Pada kolom rata-rata tegangan efektif tersebut dihitung dari tegangan mikrokontroller ditambah dengan tegangan panel surya dan dibagi dengan 2 maka akan didapatkan nilai rata-rata efektifnya. Rata-rata nilai tertinggi pada pukul 13.15 yang bernilai 17,59 V dan nilai terendah pada pukul 17.45 sebesar 13,57 V. Rata-rata tegangan ini akan efektif jika pada siang hari dan menurun pada saat sore hari, sesuai dengan cahaya matahari.

Selanjutnya pada pengujian PLTS dilakukan melalui beberapa pengujian, meliputi: pada pengujian besar arus dan tegangan dari panel surya dilakukan untuk mengukur arus dan tegangan pada panel surya. Nilai dari arus dan tegangan ini bervariasi karena tergantung dengan intensitas dari cahaya matahari dan kondisi cuaca pada saat pengujian. Pada pukul jam 08.00 – 08.30 pagi nilai arus masih rendah bernilai (0.14 – 1.40 A) dengan tegangan yang masih rendah yaitu (12.58-13.03 V). Saat kondisi cuaca cerah dari jam 09.00 sampai pada siang hari arus dan tegangan meningkat secara bertahap dan memiliki puncak tegangan sebesar 21.03 V pada pukul 11.30 siang dan arusnya 1.40 A.

Pengujian pada inverter ini dilakukan untuk memastikan bahwa kualitas inverter masih sangat baik dan tidak ada kerusakan fisik dan dapat mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC) sesuai spesifikasinya. Pengujian beban yang perlu di cermati adalah nilai tegangan dan arus yang terdapat pada beban USB DC Jack dan Cas HP. Pengujian beban ini perlu dilakukan dengan tujuan untuk membuat inverter dapat bekerja secara optimal, dimana inverter mampu menopang beban sebesar 500 W.

Pada pengujian solar charger controller dilakukan waktu pengamatan dari pukul 08.00 pagi sampai dengan 17.00 sore. Pengamatan ini bertujuan untuk mengetahui seberapa panel surya dapat memasukan energi ke baterai aki. Pada pagi hari didapatkan tegangan senilai 12.58-13.33 V, sedangkan pada baterai aki meningkat yang awalnya 11.40 V naik sampai 12.49 V. Ketika sudah memsuki pada siang hari tegangan pada panel surya meningkat sampai 21.03 V. Tetapi tegangan aki tetap stabil pada 13.03-14.76 karena pengisiannya di kendalikan oleh solar charger controller.

Pengujian ini merupakan bagian penting dalam proses pengeringan secara otomatis karena sistem ini di rancang untuk menjaga keseimbangan suhu dan kelembaban didalam ruangan pengering agar menghasilkan biji kopi yang berkualitas.


```
// Logika kontrol relay
if (h > 60 || t < 30) {
  digitalWrite(lamp, HIGH);
  digitalWrite(fan, HIGH);
  Serial.println("lampu dan fan ON");
} else {
  digitalWrite(lamp, LOW);
  digitalWrite(fan, LOW);
  Serial.println("lampu dan fan OFF");
}
```

Gambar 7 Kodingan Pengujian Relay

Pada Gambar diatas menunjukkan bahwa control relay disini menggunakan kodingan Arduino. Program disini menunjukkan bahwa lampu dan kipas memiliki nilai kelembaban (h) dan suhu (t) yang dimana jika kelembaban lebih dari 60% dan suhu kurang dari 30°C, maka lampu dan exhaust menyala, sedangkan jika kondisi sebaliknya tidak terpenuhi maka lampu dan exhaust fan tidak menyala. Nilai set point sensor DHT22 yaitu 30°C untuk suhu dan 50% untuk kelembaban, soil moisture sensor 50% dan sensor tegangan 3v dan 13v. Pengujian ini diambil berdasarkan 5-10 detik dan berdasarkan pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa Ketika suhu lebih dari 30°C status exhaust fan dalam kondisi ON kemudian Ketika suhu kurang dari 30°C exhaust fan dalam kondisi off tergantung dari kelembabannya kurang dari 50%. Lampu dalam keadaan OFF Ketika suhu diatas 30°C dan nilai kelembaban dibawah 50%, Ketika kelembaban lebih dari 50% dan suhu dengan nilai kurang dari 30°C maka lampu pemanas akan OFF.

Pengujian LCD dimulai dengan memeriksa perangkat keras untuk memastikan bahwa LCD tidak mengalami kerusakan fisik. Pemeriksaan ini mencakup tentang

```
int suhu = t, kelembaban = h;
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("P.KOPI V:");
lcd.print(teganganSensor, 2);
lcd.print("V");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("T:");
lcd.print(suhu);
lcd.print("C RH:");
lcd.print(kelembaban);
lcd.print("%");
delay(50);
```

Gambar 8 Kode Program Pengujian LCD

Pada Gambar diatas menunjukkan kode pemrograman variabel suhu, kelembaban dan tegangan yang akan ditampilkan pada layer LCD. Variabel suhu dan kelembaban ini di tampilkan pada baris kedua dalam layer LCD, sedangkan judul dan sensor tegangan ini ditampilkan pada baris awal pada LCD. Fungsi dari *SetCursor* ini yaitu untuk menentukan posisi awal data yang akan ditampilkan pada layer LCD.



Gambar 9 Hasil Pengujian Pada LCD

Pada Gambar diatas menunjukkan tampilan layer LCD ini digunakan untuk menampilkan data pada sistem pengeringan kopi, tetapi pada layer LCD diatas hanya menampilkan setengah teks yaitu “PENGGER” atau “PENGKERINGAN” jadi tampilan LCD ini belum sepenuhnya berhasil. Pada Baris dibawahnya terdapat nilai suhu yaitu “T : 34” dan “R :”(yang harusnya pada R itu ada nilai Kelembaban tetapi tidak terlihat).

3.3 Penyempurnaan Produk Awal

Penyempurnaan terkait produk dilakukan berdasarkan hasil uji lapangan evaluasi pengujian pada perangkat lunak dan perangkat keras diatas, mellaui pengujian pada mikrontoler ESP32, pengujian pada sensor DHT22, pengujian sensor tegangan, uji otomatisasi, pengujian ulang pada LCD.

3.4 Uji Coba Lapangan

Pengujian berat pengeringan kopi adalah proses ini dilakukan pengecekan berat kopi sebelum melakukan pengeringan dan sesudah melakukan pengeringan. Biji kopi ini ditimbang untuk mengetahui berat awalnya biji kopi, selanjutnya akan di keringkan pada suhu sekitar 30 – 50 °C.

Table 1 Hasil Pengujian Berat Kopi

No	Berat awal	Waktu Pengeringan		
		5 hari	6 hari	7 hari
1	250gr	230gr	225gr	220gr
2	250gr	230gr	225gr	220gr
3	250gr	230gr	225gr	220gr
4	250gr	230gr	225gr	220gr

Melalui tabel tersebut diketahui pada proses ini pengujian kopi timbang terlebih dahulu yaitu seberat 250gr menggunakan waktu sekitar 5 hari – 7 hari, pengujian pertama yaitu 5 hari mendapatkan berat sekitar 230gr yang dimana kadar air biji kopi mencapai 8%, pengujian kedua dengan waktu 6 hari mendapatkan berat sekitar 225gr dan mendapatkan kadar air sebesar 4%, pengujian ketiga dengan waktu 7 hari mendapatkan berat sekitar 220gr dan mendapatkan kadar air yaitu 12%. Pengukuran ini didapatkan dengan menggunakan rumus *Kadar Air (%) Berat Awal–Berat Akhir X 100. Berat Awal*.

3.5 Penyempurnaan Produk Hasil Uji Lapangan

Pada pengujian ini dilakukan diatas adalah menguji berat pengeringan kopi dengan cara menimbang berat awal biji kopi dan dikeringkan sekitar waktu kurang lebih seminggu (7 hari). Nilai berat kopi yang belum dikeringkan senilai (250gr) dan setelah dilakukan pengeringan dengan suhu 30-50°C, hasil yang ditujukan berat kopi berkurang secara bertahap, contohnya pada waktu pengeringan 5 hari menjadi 210 gram, pada pengeringan 6 hari menjadi 200 gram, dan pada pengeringan 7 hari menjadi 180 gram. Dari hasil ini dikarenakan pengeluaran uap air pada biji kopi serta pengendalian suhu yang optimal.

3.6 Uji Pelaksanaan Lapangan

Pada pengujian pelaksanaan lapangan terbagi menjadi pengujian software yang disajikan pada Tabel 2 dan pengujian pembacaan data dari database *MySQL* disajikan pada tabel 3, yaitu:

Table 2 Hasil Uji *Software*

No	Data Temperature (°C)		Data Humidity (%)		Sensor Tegangan (V)	
	Serial Monitor Arduino IDE	Database MySQL	Serial Monitor Arduino IDE	Database MySQL	Serial Monitor Arduino IDE	Database MySQL
1	29.30°C	28.00°C	79.90%	79.90%	11.62	12
2	29.60°C	29.0°C	81.60%	81.60%	11.91	12
3	29.70°C	29.0°C	80.80%	80.80%	11.75	12
4	34.00°C	34.00°C	70.80%	70.80%	11.44	11
5	36.10°C	36.00°C	55.40%	55.40%	11.62	12
6	27.70°C	28.00°C	97.60%	97.60%	11.33	11
7	33.80°C	34.00°C	76.50%	76.50%	11.49	11

8	34.10°C	34.00°C	75.50%	75.50%	11.86	12
9	35.40°C	35.00°C	71.90%	72.00%	11.85	12
10	34.60°C	35.00°C	71.90%	72.00%	11.90	12
11	34.90°C	35.00°C	72.10%	72.00%	12.00	12
12	35.00°C	35.00°C	72.60%	73.00%	12.00	12
13	35.10°C	35.00°C	72.90%	73.00%	12.01	12
14	35.00°C	35.00°C	73.20%	73.00%	12.10	12
15	30.00°C	30.00°C	87.80%	88.00%	12.11	12
16	32.90°C	33.00°C	81.40%	81.00%	12.10	12
17	34.10°C	34.00°C	80.10%	80.00%	12.09	12
18	32.50°C	32.00°C	82.70%	83.00%	12.15	12
19	32.30°C	32.00°C	82.50%	82.00%	12.30	12
20	36.20°C	36.00°C	68.40%	68.00%	12.35	12

Data ini diambil per 5-10 detik, sehingga dapat dikatakan bahwa data yang dikirim ke MySQL sama dengan hasil dari pembacaan sensor.

Table 3 Hasil Pengujian *Database MySQL*

No	Data Temperature (°C)		Data Humidity (%)		Sensor Tegangan (V)	
	Website	Database MySQL	Website	Database MySQL	Website	Database MySQL
1	28.00°C	28.00°C	69.00%	69.00%	10.46	11
2	28.00°C	28.00°C	69.00%	69.00%	10.50	11
3	28.00°C	28.00°C	69.00%	69.00%	11.00	11
4	36.00°C	36.00°C	69.00%	69.00%	11.10	11
5	37.00°C	37.00°C	70.00%	70.00%	11.35	11
6	35.00°C	35.00°C	77.00%	77.00%	11.50	11
7	34.00°C	34.00°C	78.00%	78.00%	11.60	12
8	31.00°C	31.00°C	86.00%	86.00%	11.90	12
9	32.00°C	32.00°C	84.00%	84.00%	12.65	12
10	32.00°C	32.00°C	83.00%	83.00%	11.33	11
11	32.00°C	32.00°C	82.00%	82.00%	11.10	11
12	33.00°C	33.00°C	81.00%	81.00%	10.90	11
13	30.00°C	30.00°C	88.00%	88.00%	11.25	11
14	30.00°C	30.00°C	88.00%	88.00%	11.45	11
15	30.00°C	30.00°C	88.00%	88.00%	11.68	12
16	31.00°C	31.00°C	86.00%	86.00%	11.47	11
17	35.00°C	35.00°C	72.00%	72.00%	11.69	12
18	35.00°C	35.00°C	73.00%	73.00%	11.49	11
19	35.00°C	35.00°C	70.00%	70.00%	11.44	11
20	35.00°C	35.00°C	71.00%	71.00%	11.66	12

Pada pengujian tersebut dengan membandingkan data yang ditampilkan melalui website dengan data yang tersimpan di database *MySQL* dapat dikatakan bahwa kedua data tersebut bernilai sama. Data pada table diatas diambil pada 5-10 perdetiknya.

3.7 Penyempurnaan Produk Akhir

Pada hasil uji coba lapangan pada produk tahap akhir ini yang dimana terdapat beberapa uji coba yang perlu di perbaiki atau di sempurnakan agar dapat meningkatkan kinerja sistem pengeringan kopi ini. Pada pengujian pengiriman data ke database *MySQL*, di dapatkan ada beberapa perbedaan kecil data asuhu yang terbaca pada serial monitor dan yang tersimpan pada database dikarenakan nilai yang ada pada database membulatkan nilai yang ada pada serial monitor. Meskipun perbedaan ini masih bisa dipertimbangkan tetapi untuk sensor DHT22 akan lebih tepat jika dilakukan penyesuaian untuk meningkatkan keefektifan dalam pengukuran. Selain itu, bisa dilakukan Teknik validasi untuk menjaga kesalahan transferan data dari sensor ke database atau serial monitor.

Pada pengujian pembacaan data melalui website, pada hasil itu munjukan bahwa hasil yang sama ditunjukan pada website dan database yang tersimpan. Tetapi di perlukan lagi optimalisasi untuk pengurangan waktu dalam pengeriman data untuk meningkatkan transfer data, terlebih dengan data yang lebih besar, karena hal ini penting agar sistem tetap responsive dalam pengiriman data besar atau kondisi jaringan yang terbatas. Selain itu, sistem juga perlu di uji dengan kondisi lingkungan pada sensor suhu, kelembaban dan tegangan. Uji coba dalam keadaan nyata juga di perlukan seperti pada musim hujan atau musim kemarau agar dapat mengetahui tingkat sistem secara keseluruhan.

3.8 Dessiminasi dan Implementasi

Hasil dari pengujian keseluruhan sistem disajikan tabel dibawah ini.

Table 4 Hasil Pengujian Sistem

No	Waktu Pengujian	Sensor			PLTS		Output		Kondisi Cuaca
		A (°C)	B (%)	C (V)	D	E	F	G	
1	08.00	26.50	88.70	13.06	12.58	13.86	ON	ON	Cerah Berawan
2	08.30	31.60	74.30	13.35	12.03	13.50	ON	ON	Cerah Berawan
3	09.00	32.20	71.30	11.57	13.00	13.06	ON	ON	Cerah Berawan
4	09.30	32.60	69.60	11.84	13.97	13.20	ON	ON	Cerah Berawan
5	10.00	32.90	68.80	11.81	14.16	13.17	ON	ON	Cerah Berawan
6	10.30	33.00	68.40	11.70	14.22	13.37	ON	ON	Cerah Berawan
7	11.00	33.30	68.50	11.82	14.43	13.42	ON	ON	Cerah Berawan
8	11.30	33.70	71.50	11.96	14.03	13.08	ON	ON	Cerah Berawan
9	12.00	34.00	70.90	12.23	13.80	13.15	ON	ON	Cerah Berawan
10	12.30	33.40	70.00	12.50	13.20	13.18	ON	ON	Cerah Berawan
11	13.00	33.50	68.80	12.58	13.30	13.14	ON	ON	Cerah Berawan
12	13.30	33.20	68.90	12.46	13.26	13.40	ON	ON	Mendung
13	14.00	33.70	68.10	12.40	13.20	13.33	ON	ON	Cerah Berawan
14	14.30	33.30	70.70	12.33	13.27	13.30	ON	ON	Cerah
15	15.00	32.70	73.70	12.35	12.25	13.27	ON	ON	Mendung
16	15.30	32.30	75.70	11.96	12.57	13.33	ON	ON	Mendung
17	16.00	32.10	76.10	12.27	12.40	13.15	ON	ON	Mendung
18	16.30	31.70	76.90	11.99	12.47	13.17	ON	ON	Mendung
19	17.00	30.20	81.80	12.31	12.25	13.11	ON	ON	Mendung
20	17.30	30.70	79.40	13.22	12.58	11.86	ON	ON	Mendung

Pada tabel tersebut memaparkan data pada sensor suhu, kelembaban dan tegangan, memiliki output sistem kipas dan lampu serta kondisi cuaca pada saat pengujian. Waktu yang di tentukan dalam pengujian ini yaitu dari jam 08.00 pagi sampai 17.30 sore. Suhu (A) pada uji coba pertama dari pagi hari mendapatkan nilai (26,50°C) sampai sekitar jam 12.00 mendapatkan nilai (34,00°C), lalu menurun pada saat menjelang sore hari. Kelembaban (B) menunjukan penurunan yang awalnya nilai kelembaban (88.70%) sampai mendapatkan nilai (68.10%) pada jam 14.00, lalu naik Kembali hingga (81.80%) pada jam 17.00. Tegangan (C) ini relative stabil yaitu dalam rentang nilai 11-13V sepanjang waktu pengujian. Pengujian pada Panel Surya (D) mendapatkan nilai tegangan paling tinggi pada jam 11.00 siang bernilai (14.43V) dengan kondisi cuaca cerah berawan, sedangkan pada Baterai Aki (E) mendapatkan nilai paling tinggi sebesar (13.86) dengan kondisi cuaca cerah berawan pada jam 08.00 pagi. Pengujian keluaran sistem dengan status Lampu(F) dan exhaust fan (G) dari seluruh pengujian rata-rata nilai pada keluaran yaitu ON (aktif) dikarenakan tidak mencapai kelembaban kurang dari 60% atau tidak tergantung parameter lingkungan. Sebagian besar hasil pengamatan pada kondisi cuaca ini yaitu “cerah berawan”, “cerah” dan “mendung” lebih dominan pada saat sore hari.

Pada pengujian yang dilakukan ini ada kendala pada saat cuaca mendung karena panel surya tidak banyak menerima sinar matahari, jadi terjadilah pada jam 16.00 keseluruhan sistem mati dikarenakan penyimpanan baterainya sudah habis. Dapat disimpulkan pengujian keseluruhan sistem ini hanya dapat beroperasi selama 9 jam pada saat cuaca mendung, sedangkan pada cuaca cerah akan optimal tetapi pada saat memsuki sekitar jamm 19.00 malam tegangan baterai mulai menurun dan lagi mengalami sistem mati dikarenakan penyimpanan baterai sudah kosong jadi jika di totalkan maka dapat sekitar 15 jam pada saat cuaca cerah, maka akan di butuhkan baterai atau panel yang lebih besar.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang diambil dari hasil penelitian ialah perancangan prototype sistem pengeringan biji kopi yang telah dibuat memiliki tiga bagian yaitu masukan, pemrosesan dan output. Masukan di tentukan oleh hasil deteksi sensor DHT22 yang terdiri dari suhu dan kelembaban, sensor tegangan mengukur nilai tegangan yang akan di tampilkan pada website, pemrosesan data di jalankan oleh mikrokontroler NodeMCU ESP32 berfungsi untuk memberikan intruksi atau arahan untuk menjalankan sistem yang sudah dibuat dalam kode program Arduino IDE, kemudian outputnya berupa exhaust fan ini berfungsi untuk menghisap keluar udara lembab ataupun suhu yang tidak optimal didalam ruang pengering dan lampu pemanas ini berfungsi sebagai pembantu proses pengeringan kopi, keduanya dapat bekerja berdasarkan masukan dari sensor-sensor yang telah di program dan di kirimkan ke relay untuk menjalankan otomatisasi output exhaust fan dan lampu agar menyala atau mati dengan parameter yang di tampilkan berupa suhu, kelembaban dan tegangan. Sistem ini mampu memonitoring suhu, kelembaban dan tegangan secara berkala agar suhu bernilai stabil kisaran 30°C dan nilai kelembaban kisaran 50%, dengan dukungan energi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), sistem dapat beroperasi dalam keadaan cuaca yang tidak menentu termasuk saat hujan atau malam hari.

Daftar Pustaka

- [1] D. Hartatie, R. Z. Abdillah, and U. Fisdiana, "Pengaruh Pertumbuhan Tunas Hasil Rejuvinasi Batang Ganda dengan Perlakuan Satu Ruas dan Dua Ruas Hasil Clipping Terhadap Pertumbuhan Cabang Primer Kopi Robusta (*Coffea canephora* L.) The Effect of Shoot Growth Results from Double Stem Rejuvenation with Tr," pp. 268–278, 2024.
- [2] I. Noer Syamsiana, M. A. Wahyudi, T. U. Syamsuri, N. Nafisah, and A. D. W. Sumari, "Implementasi Sistem Monitoring Alat Pengering Biji Kopi Berbasis IoT (Internet of Things)," *Elposys J. Sist. Kelistrikan*, vol. 11, no. 1, pp. 62–67, 2024, doi: 10.33795/elposys.v11i1.4964.
- [3] Gatut Rubiono, Adi Mulyadi, and Edvin Cahyono, "Partisipasi Perguruan Tinggi Pada Kegiatan Hari Jadi Kelurahan Gombongsari Kabupaten Banyuwangi," *TEKIBA J. Teknol. dan Pengabd. Masy.*, vol. 3, no. 2, pp. 77–83, 2023, doi: 10.36526/tekiba.v3i2.3297.
- [4] E. R. Nainggolan, A. A. Sani, and I. Rosita, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Kekeruhan Air dan Suhu Aquarium Ikan Cupang Berbasis Web di Wayy_Betta," *Remik*, vol. 6, no. 4, pp. 624–633, 2022, doi: 10.33395/remik.v6i4.11526.
- [5] S. N. Afriani and I. Hadi, "Prototype Sistem Pengering Biji Kopi Otomatis Berbasis Web Server," *Semin. Nas. Inov. dan Apl. Teknol. di Ind.*, pp. 214–218, 2019.
- [6] K. Saleh, M. Akbar, and S. Pane, "Measuring Soil Moisture in Real-Time : Arduino Uno Based Tool Innovation," vol. 1, no. 1, pp. 37–43, 2025.
- [7] A. Nurbaeti, M. Kusumawardani, and H. Darmono, "Rancang Bangun Alat Pengering Biji Kopi Berbasis Internet Of Things," *J. Jartel J. Jar. Telekomun.*, vol. 11, no. 2, pp. 74–80, 2021, doi: 10.33795/jartel.v11i2.60.
- [8] A. Kurniawan, Raka Thareq Azis Pohan, and Indra Agustian, "Sistem Kendali Suhu Prototipe Mesin Pengering Biji Kopi Dengan Metode PID dan IOT Monitoring," *J. Amplif. J. Ilm. Bid. Tek. Elektro Dan Komput.*, vol. 13, no. 1, pp. 10–17, 2023, doi: 10.33369/jamplifier.v13i1.27437.
- [9] Murad, Sukmawaty, R. Sabani, Ansar, and H. Kurniawan, "Introduksi Ttg Pasca Panen Dan Pengolahan Kopi Pada," *J. Abdi*, vol. 2, no. 1, pp. 28–35, 2020.
- [10] Nurdin, I. S. Cebro, Azhar, and Hendrawati, "Design of Natural Convection Solar Dryer for Coffee Beans with Monitoring System Based on Internet of Things," *J. Polimesin*, vol. 20, no. 1, pp. 49–54, 2022.
- [11] T. Kristyadi and T. Afianto, "Optimasi Perencanaan PLTS Terpusat Di Wilayah Pulau Terluar," *J. Infotekmesin*, vol. 12, 2021, [Online]. Available: [http://eprints.itenas.ac.id/2306/%0Ahttp://eprints.itenas.ac.id/2306/1/Optimasi Perencanaan PLTS Terpusat Di Wilayah Pulau Terluar.pdf](http://eprints.itenas.ac.id/2306/%0Ahttp://eprints.itenas.ac.id/2306/1/Optimasi%20Perencanaan%20PLTS%20Terpusat%20Di%20Wilayah%20Pulau%20Terluar.pdf).
- [12] E. Mirnawati, A and D. Pertiwi, V, "Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Solusi Energi Terbarukan Rumah Tangga," *J. Edukasi Elektro*, vol. 03, no. 01, pp. 136–142, 2024, [Online]. Available: <https://www.academia.edu/download/104273894/19044.pdf>.
- [13] Z. Gustina, A. Husnayayin, and D. E. C. Dewi, "Tahap Model B&G," *Pendidik. dasar*, vol. 09, pp. 490–501, 2024, [Online]. Available: <https://journal.unpas.ac.id/index.php/pendas/article/view/19906/9859>.
- [14] A. Maydiantoro, "Research Model Development: Brief Literature Review," *J. Pengemb. Profesi Pendidik Indones.*, vol. 1, no. 2, pp. 29–35, 2021.

-
- [15] A. A. N. P. Redi, R. G. Widjaja, I. Agustono, M. Asrol, A. S. Budiman, and F. E. Gunawan, "A Review on The Application of Machine Learning To Predict The Battery State That Enables A Smart, Low-Cost, Self-Sufficient Drying And Storage System for Agricultural Purposes," *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, vol. 66, no. 1, pp. 340–350, 2022, doi: 10.1145/3557738.3557846.
 - [16] Galuh Prawestri Citra Handani, Binar Surya Gumilang, and Afidah Zuroida, "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk Suplai Daya Sistem Pemberian Pakan Ikan Otomatis," *Elposys J. Sist. Kelistrikan*, vol. 9, no. 3, pp. 183–187, 2023, doi: 10.33795/elposys.v9i3.655.
 - [17] D. T. Ma'arij and A. Yudhana, "Temperature and Humidity Monitoring System in Internet of Things-based Solar Dryer Dome," *Bul. Ilm. Sarj. Tek. Elektro*, vol. 5, no. 3, pp. 323–335, 2023, doi: 10.12928/biste.v5i3.8633.
 - [18] Fachrul Rizky Syaputra, "The Utilization of IoT in Real-time Temperature and Humidity Monitoring Using Microcontroller: A Literature Review," *J. Comput. Phys. Earth Sci.*, vol. 3, no. 2, pp. 65–73, 2023, doi: 10.63581/jocpes.v3i2.05.