

JEEE: Journal of Educational Engineering and Environment

Sistem Pengeringan Buah Kopi Robusta Gombongsari Dengan Metode Hot Air Drying Berbasis IoT

Aryo Bima Pamungkas^a, Charis Fathul Hadi^b, Widhi Winata Sakti^c

^a Mahasiswa Teknik Elektro, Universitas PGRI Banyuwangi, Kertosari, Banyuwangi, Jawa Timur

^{b,c} Dosen Teknik Elektro, University of PGRI Banyuwangi, Kertosari, Banyuwangi, Jawa Timur

* Corresponding E-mail: aryobima37489@gmail.com

Abstract: This study discusses a hot air drying system for Robusta coffee cherries from Gombongsari, addressing issues that disrupt traditional sun-drying processes, such as unpredictable rainfall, vulnerability to pests, and overnight storage that causes reabsorption of moisture in the dried coffee. An experimental method was employed to determine the optimal drying temperature for coffee cherries that preserves their characteristics and flavor profile. Comparative results from the hot air drying system for Robusta coffee cherries showed moisture content reductions of 25.2%, 30.27%, 37.37%, 25.10%, 30%, and 37%. The application of hot air drying influenced the final weight, moisture content levels, and average error rate of 1%. Drying was conducted over 5 hours with initial coffee weights of 300g and 500g, at temperatures starting from 45°C. For 300g batches: 45°C yielded 25.2% moisture content, 55°C yielded 30.27%, and 65°C yielded 37.37%. For 500g batches: 45°C yielded 25.10% moisture content, 55°C yielded 30%, and 65°C yielded 37%. The optimal drying condition was achieved with a 300g batch at 65°C, resulting in 37.37% moisture content reduction and a final weight of 187.9 grams.

Keywords: Robusta coffee cherries; hot air drying; moisture content

Pendahuluan

Kopi pertama kali diperkenalkan di Indonesia pada abad ke-17 yang dibawa oleh VOC (*Vereenigde Oostindische Compagnie* atau Perusahaan Hindia Timur Belanda). Bibit kopi yang dibawa adalah jenis Arabika yang kemudian pertama kali ditanam di Batavia (Jakarta) pada awal tahun 1696. Upaya awal ini ternyata membuahkan hasil, dan pada tahun 1711 bangsa Eropa mulai melakukan ekspor kopi dari Jawa ke negaranya. Pada abad 18 [1] kopi bagi masyarakat Banyuwangi merupakan komoditas utama yang sudah dikembangkan secara turun-temurun. Kopi dikelola oleh perkebunan swasta dan perkebunan rakyat. Luas perkebunan swasta seluas 5.445,15 hektar sementara perkebunan rakyat seluas 5.138 hektar, dan terpusat di Kecamatan Kalibaru dan Kecamatan Kalipuro. Bagi masyarakat di kedua kecamatan tersebut, tanaman kopi merupakan sumber pendapatan yang mendukung kebutuhan hidup sehari-hari. Mengingat potensi perkembangan kopi di Banyuwangi yang besar [2]. Pada tahun 2024, harga kopi mengalami lonjakan, terutama pada jenis kopi robusta. Berdasarkan informasi yang dikumpulkan oleh para petani, pada tahun 2025, harga kopi robusta diperkirakan akan naik sebesar 25% dibandingkan dengan harga rata-rata tahun 2024. Ini berarti ada peluang harga kopi robusta dengan kualitas terendah (asalan) akan mencapai Rp 100.000 per kg tahun depan [3]. Adapun faktor yang mempengaruhi hasil panen kopi seperti curah hujan yang tak menentu dan pemanasan global, sehingga proses pengeringan pun terganggu. Proses pengeringan bertujuan untuk menurunkan jumlah air dalam biji kopi. Pengeringan tradisional memanfaatkan sinar matahari dengan suhu antara 45°C sampai 50°C, sehingga kadar air maksimum menjadi 12,5%. Setelah proses pengeringan selesai, kulit dan daging buah kopi dapat dengan mudah dihilangkan dan dipisahkan dari bijinya. Prosedur ini menghasilkan kompleksitas dan variasi rasa yang *fruity* pada kopi. Proses pengeringan memiliki beberapa metode, metode pertama adalah mengeringkan langsung di bawah sinar matahari dengan menambahkan alas agar kopi tidak bersentuhan langsung dengan tanah, dan metode kedua adalah memanfaatkan rumah kaca sebagai tempat pengeringan kopi, di mana atap dan dinding terbuat dari plastik UV untuk memanfaatkan energi dari sinar matahari [4]. Cara yang ketiga adalah dengan memanfaatkan alat atau mesin pengering biji kopi yang menggunakan mikrokontroler. Pada alat ini, diterapkan sistem pengeringan udara panas, yang memanfaatkan elemen pemanas untuk

JEEE: Journal of Educational Engineering and Environment

menaikkan suhu ruangan hingga mencapai tingkat tertentu. Selain itu, *blower* digunakan untuk mendistribusikan panas secara merata serta terdapat kontrol untuk menjaga agar suhu ruangan tetap stabil [5]. Proses pengeringan biji kopi bertujuan utama untuk mengurangi kadar air dalam biji kopi. Dengan mengeringkan biji kopi, kualitasnya tetap terjaga selama penyimpanan di gudang. Metode pengeringan juga sering digunakan untuk mengawetkan buah-buahan dan rempah-rempah. Pengeringan melibatkan penghantaran panas dan massa secara bersamaan [6]. Faktor yang mengganggu proses penjemuran kopi adalah curah hujan yang tidak menentu, rentan terkena hama, dan penyimpanan pada malam hari. Penyimpanan ini membuat kopi yang sudah dijemur dapat menyerap kembali kelembaban, sehingga memperlambat proses penjemuran. Penjemuran kopi secara konvensional memerlukan waktu sekitar 7 hari, terutama setelah panen natural dengan sinar matahari yang cukup [7]. Pengeringan dengan udara panas adalah proses yang rumit yang melibatkan transportasi massa dan energi dalam suatu sistem yang menyerap kelembaban dan menyusut. Beberapa variabel penting dalam proses ini adalah suhu udara, kelembaban relatif, kecepatan udara, dan ketebalan objek yang dikeringkan [8].

Sistem *monitoring* pada alat pengering menggunakan ESP8266 yang diimplementasikan ke IoT (*Internet of Things*) cukup menarik dan bermanfaat. Secara garis besar, proyek ini memungkinkan pengguna dapat memantau suhu pada alat pengering (misalnya, pengering pakaian atau pengering hasil pertanian) dari jarak jauh melalui antarmuka berbasis *web* atau aplikasi [9]. Kontrol stabil suhu menggunakan metode ON OFF dengan histeresis. Metode ini menghidupkan aktuator saat suhu di bawah *setpoint* dan mematikannya saat suhu di atas *setpoint*. Histeresis penting untuk mencegah fluktuasi kecil yang bisa menyebabkan aktuator terlalu sering beralih, yang dapat merusak komponen [10]. Pemanfaatan sistem pengeringan buah kopi dengan sistem mikrokontroler dapat mengurangi permasalahan lahan untuk penjemuran dan juga curah hujan yang dapat memperlambat proses produksi.



Gambar 1. Proses penjemuran kopi

Buah kopi robusta dapat dipanen setelah berumur 10-11 bulan. Kadar air pada buah kopi sekitar 60%-70% pengeringan buah bertujuan untuk mengurangi kadar air, pengeringan dapat dibedakan menjadi dua yaitu cara mekanis (mesin pengering) dan tradisional (penjemuran memanfaatkan sinar matahari). Saat proses pengeringan buah kopi, bisa dilakukan kombinasi antara cara mekanis dan tradisional. Karakteristik kopi robusta sendiri memiliki *body* yang tebal dan rasa *bitterness* yang cukup kuat [11].

Positive Temperature Coefficient (PTC), adalah pemanasan suhu konstan mengadopsi komponen pemanas keramik PTC yang terdiri dari bahan keramik khusus. Karena keuntungan tak tertandingi dari komponen pemanas tradisional seperti pemanasan suhu konstan [12].

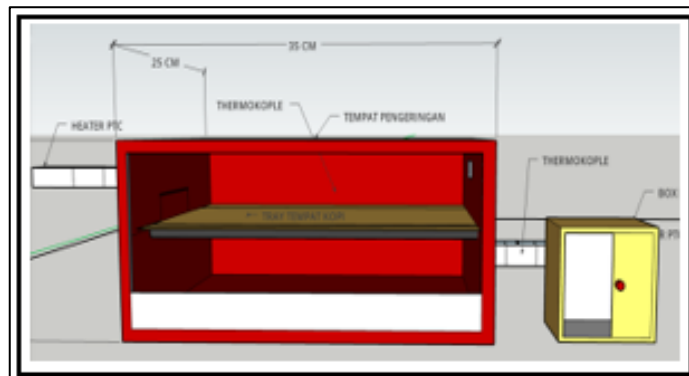


Gambar 2. *Positive Temperatur Coefficient*

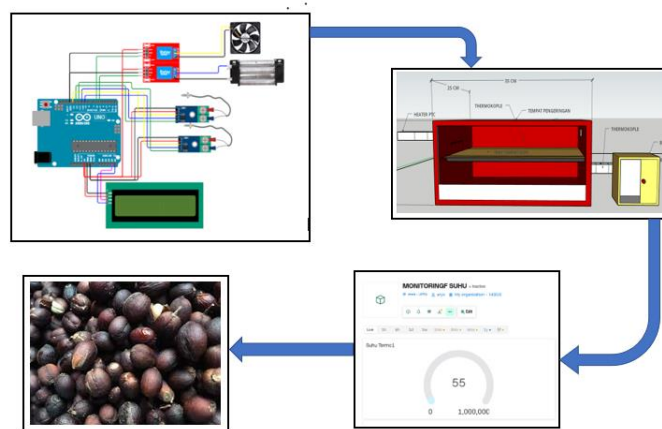
JEEE: Journal of Educational Engineering and Environment

PTC memiliki sensitivitas suhu yang tinggi dan banyak diaplikasikan ke dalam peralatan elektronik. Suhu yang dapat dihasilkan oleh PTC berkisar 60°C - 250°C dengan kebutuhan daya listrik sebesar 12V dan arus sebesar 20A, penggunaan termistor PTC dalam penelitian ini dikarenakan ada beberapa kelebihan dibanding *heater* lainnya dikarenakan *heater* ini lebih hemat energi [13]. Meskipun penelitian sistem pengering kopi berbasis IoT telah banyak dilakukan sebagian besar masih menggunakan elemen pemanas konvensional yang boros daya. Penelitian ini mengisi gap tersebut dengan mengintegrasikan pemanas keramik PTC yang lebih hemat energi dikombinasikan dengan metode *hot air drying* untuk buah kopi robusta khas Gombongsari.

Metode



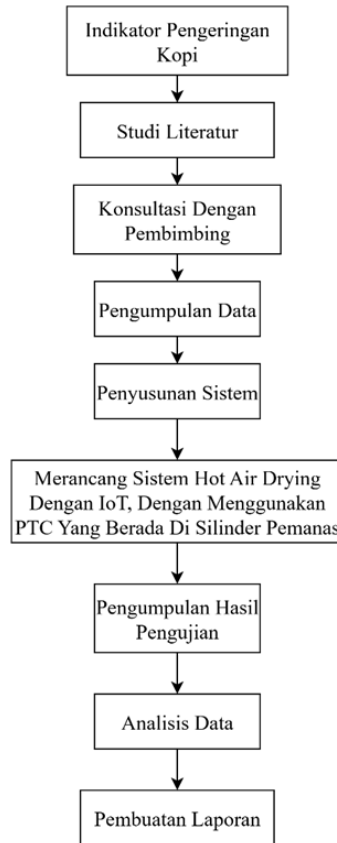
Gambar 3. Desain *prototype*



Gambar 4. Desain *prototype* pengeringan buah kopi

Gambar di atas menjelaskan sistem pengeringan buah kopi berbasis teknologi yang terintegrasi dengan *Internet of Things* (IoT). Alat pengering buah kopi yang telah dirancang akan mengatur proses pengeringan secara terkontrol, memastikan suhu, waktu, dan berat buah kopi dapat diatur dan dipantau secara presisi. Seluruh parameter penting seperti suhu, waktu, dan berat hasil pengeringan akan dimonitor secara *real-time* melalui sistem IoT. Proses ini dimulai dari penentuan indikator pengeringan kopi, yaitu identifikasi parameter-parameter penting yang harus dicapai agar kopi dapat dikatakan kering secara optimal. Setelah indikator ditentukan, langkah berikutnya adalah melakukan studi literatur untuk memperoleh landasan teori dan referensi terkait teknologi pengeringan kopi, sistem *hot air drying*, serta penerapan iot dalam proses pengeringan.

JEEE: Journal of Educational Engineering and Environment



Gambar 5. Alur penelitian

Setelah data terkumpul, tahap berikutnya adalah penyusunan sistem, pada tahap ini, peneliti mulai merancang struktur dan alur kerja sistem pengeringan kopi, baik dari sisi perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*). Proses ini dilanjutkan dengan tahap inti, yaitu merancang alat pengeringan kopi dengan sistem *hot air drying* yang terintegrasi dengan IoT. Pada tahap ini, alat dirancang agar dapat memantau dan mengendalikan proses pengeringan secara otomatis dan *real-time* melalui koneksi internet. Adapun teknik analisa data untuk mengetahui kinerja teknologi maka dilakukan beberapa aspek yang diukur meliputi :

Analisis Pengeringan

1. Laju pengeringan buah kopi
2. Pengukuran kadar air awal dan akhir buah kopi menggunakan *moisture meter*.
3. Durasi pengeringan dicatat dari waktu alat mulai hingga mencapai kadar air target (misalnya 12%).

Laju Pengeringan

Laju pengeringan bahan dapat bervariasi tergantung bahan dan proses pengeringan yang digunakan, kenaikan suhu dapat menentukan laju penguapan air pada bahan saat pengeringan. Dengan mengetahui jumlah uap air yang dikeluarkan dari bahan, maka laju perpindahan air dapat dihitung

1. Data suhu dicatat setiap *interval* waktu .
2. Data diplot dalam grafik suhu dan kelembaban terhadap waktu.
3. Dihitung rata-rata, simpangan baku, dan fluktuasi (*range*) suhu

$$LP = \frac{Mu}{t} \quad (1)$$

Dimana:

LP = Laju pengeringan (kg/jam)

Mu = Jumlah massa air yang diuapkan (kg/jam)

JEEE: Journal of Educational Engineering and Environment

t = Lama pengeringan (jam)-

Kadar Air

Kadar air yang terkandung dalam produk dinyatakan dalam dua cara, yaitu basis basah dan basis kering. Kadar air basis basah dapat didefinisikan sebagai perbandingan massa air dengan massa total produk. Secara matematika kadar air basis basah ditulis sebagai berikut:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{(B-A)-(C-A)}{B-A} \times 100 \quad (2)$$

Keterangan :

B-A= berat awal sampel

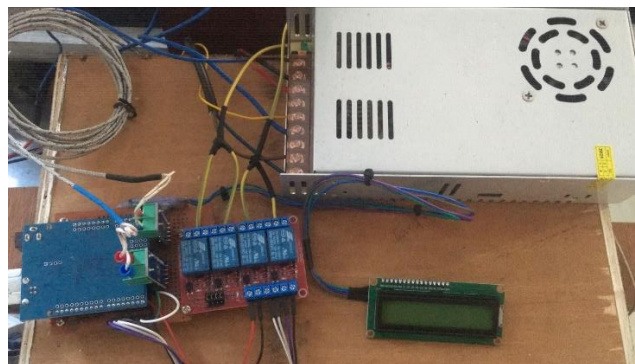
C-A= berat akhir sampel

Rumus presentase erorr

$$\text{Error\%} = \frac{\text{Nilai Teramati}-\text{Nilai Akurat}}{\text{Nilai Akurat}} \times 100\% \quad (3)$$

Hasil dan Pembahasan

Perancangan sistem pengeringan buah kopi terdiri dari sebuah box kayu dengan ukuran panjang 35cm lebar 25cm dan tinggi 30cm, yang dilengkapi dengan pemanas PTC 12v sebanyak 2 buah, kipas DC 12v, sensor *thermocouple* tipe-k, *power supply* 12v, *relay* 5v 4 channel dan Arduino Uno. Dimulai dari menghubungkan *power supply* 12v pada *relay* untuk dihubungkan pada pemanas PTC dan kipas DC untuk kontrolnya.



Gambar 6. Sistem Kontrol Pengeringan

Sistem kontrol pengeringan buah kopi menggunakan *hardware* berupa sensor *thermocouple* tipe-k, LCD 16X2, modul *relay* dan arduino uno sedangkan perangkat lunak menggunakan *software* arduino ide untuk pembuatan koding program. Perancangan sistem pengeringan dengan menghubungkan setiap komponen.

JEEE: Journal of Educational Engineering and Environment

```
// Tampilkan suhu di LCD
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Kontrol: ");
lcd.print(tempKontrol);
lcd.print("C");

lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Heater : ");
lcd.print(tempHeater);
lcd.print("C");

// Kontrol suhu
if (tempKontrol < 45) {
  digitalWrite(relayHeater1, HIGH);
  digitalWrite(relayHeater2, HIGH);
  digitalWrite(relayFan1, HIGH);
  digitalWrite(relayFan2, HIGH);
} else {
  digitalWrite(relayHeater1, LOW);
  digitalWrite(relayHeater2, LOW);
  digitalWrite(relayFan1, LOW);
  digitalWrite(relayFan2, LOW);
}
```

Gambar 7. Program Kontrol Pengeringan

Program di atas adalah sebuah kode Arduino untuk mengukur dan menampilkan suhu dari dua sensor *thermocouple* tipe K menggunakan modul MAX6675 dengan tampilan LCD I2C serta mengendalikan empat *relay* yang mengatur dua elemen pemanas (*heater*) dan dua kipas (*fan*). Pada bagian awal, program menginisialisasi komunikasi dengan LCD I2C dan sensor *thermocouple*, serta menentukan pin-pin yang digunakan untuk *relay*. Pada fungsi *setup*, LCD diinisialisasi dan menampilkan tulisan " *thermocouple* K" selama dua detik, lalu serial komunikasi juga diaktifkan supaya data suhu bisa dikirim ke komputer.

```
// This function is called every time the Virtual Pin 0 state changes
BLYNK_WRITE(V0)
{
  // Set incoming value from pin V0 to a variable
  int value = param.asInt();

  // Update state
  Blynk.virtualWrite(V1, value);
}

// This function is called every time the device is connected to the B
BLYNK_CONNECTED()
{
  // Change Web Link Button message to "Congratulations!"
  Blynk.setProperty(V3, "offImageUrl", "https://static-image.nyc3.cdn.
  Blynk.setProperty(V3, "onImageUrl", "https://static-image.nyc3.cdn.
  Blynk.setProperty(V3, "url", "https://docs.blynk.io/en/getting-start
}

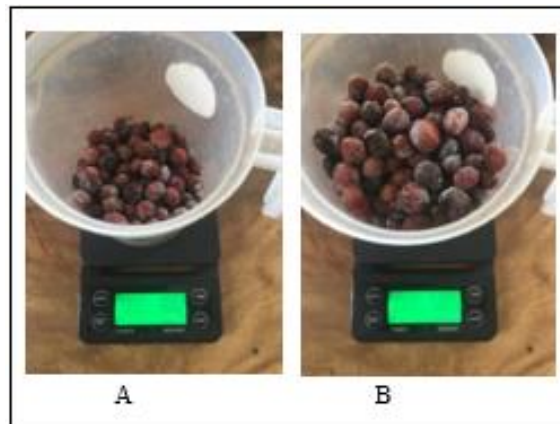
// This function sends Arduino's uptime every second to Virtual Pin 2.
void myTimerEvent()
{
  // You can send any value at any time.
  // Please don't send more than 10 values per second.
  Blynk.virtualWrite(V2, millis() / 1000);
}
```

Gambar 8. Program Monitoring IoT

Program di atas adalah contoh sederhana penggunaan *platform Blynk* dengan modul ESP8266 untuk mengirim dan menerima data secara nirkabel melalui WiFi. Program ini menghubungkan perangkat ke jaringan WiFi dengan SSID dan *password* yang sudah ditentukan, kemudian memulai koneksi dengan *server Blynk* menggunakan token otentikasi untuk template tertentu. Fungsi utama yang berjalan adalah membaca perubahan pada pin virtual V0 dan mengirim nilai tersebut ke pin virtual V1, sehingga data bisa dikontrol dan *dimonitor* secara *realtime* melalui aplikasi *Blynk*. Jenis biji kopi yang akan diuji adalah jenis biji Kopi Robusta dengan percobaan pertama adalah seberat 300 gram pada gambar A dan percobaan kedua

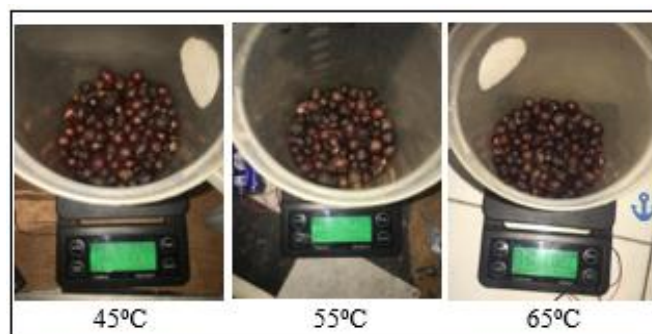
JEEE: Journal of Educational Engineering and Environment

seberat 500 gram pada gambar B yang mana pada setiap pengujian pengeringan dilakukan selama 5 jam pengeringan yang diamati pada setiap jam nya.



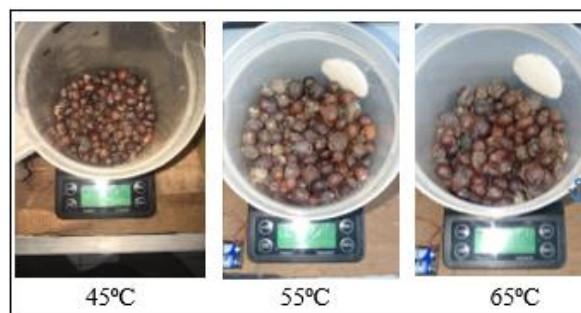
Gambar 9. Buah kopi sebelum dikeringkan

Setelah proses pengeringan buah kopi robusta seberat 300 gram dilakukan dengan waktu pengeringan 5 jam maka pada suhu 45°C menghasilkan kadar air yang berkurang sebesar 25,20% dengan berat akhir 224,4 gram, pada suhu 55°C menghasilkan kadar air yang berkurang sebesar 30,27% dengan berat akhir 209,2 gram, & pada suhu 65°C menghasilkan kadar air yang berkurang 37,37% dengan berat akhir 187,9 gram dapat gambar berikut:



Gambar 9. Hasil pengeringan berat 300 gram

Pada proses pengeringan buah kopi robusta untuk berat 500 gram dilakukan dengan 5 jam pengeringan, suhu 45°C menghasilkan kadar air yang berkurang sebesar 25.1% dengan berat akhir 374,5 gram, suhu 55°C menghasilkan kadar air yang hilang sebesar 30% dengan berat akhir 350g, & pada suhu 65°C menghasilkan kadar air yang berkurang sebesar 37% dengan berat akhir kopi 315g, maka dapat dilihat hasil proses pengeringan untuk berat 500g pada gambar sebagai berikut.



Gambar 10. Hasil pengeringan berat 500 gram

JEEE: Journal of Educational Engineering and Environment

Tabel 1. Pengukuran tegangan dan arus heater PTC

Waktu (jam)	Tegangan Input (V)	Arus Pemanas (A)	Daya (Watt)	Kipas on/off
0	12	20	240	ON
1	12	20	240	ON
2	12	20	240	ON
3	12	20	240	ON
4	12	20	240	ON
5	12	20	240	ON

Tabel di atas menampilkan data arus dan tegangan pada saat heater PTC digunakan pada alat pengeringan buah kopi selama 5 jam sepanjang periode pengamatan, tegangan input yang diberikan sebesar 12V dengan arus PTC yang konstan pada 20A untuk satu buah PTC, pada seluruh interval waktu, status PTC tetap berada dalam kondisi menyala (ON), yang menunjukkan bahwa sistem pengeringan berjalan secara konstan.

Tabel 2. Hasil Pembacaan sensor thermocouple tipe-k berat 300 gram pada suhu 45°C

Waktu (jam)	Suhu setpoint (°C)	Suhu aktual (°C)	Suhu PTC (°C)	Status relay pemanas	Status relay kipas
1	45	45.5	104.5	OFF	OFF
2	45	45.25	101.7	OFF	OFF
3	45	45	86.5	ON	ON
4	45	44.75	83.7	ON	ON
5	45	45.75	74.5	OFF	OFF

Tabel 3. Hasil Pembacaan sensor thermocouple tipe-k berat 300 gram pada suhu 55°C

Waktu (jam)	Suhu setpoint (°C)	Suhu aktual (°C)	Suhu PTC (°C)	Status relay pemanas	Status relay kipas
1	55	50	103	OFF	OFF
2	55	54.5	107	OFF	OFF
3	55	55.5	104	ON	ON
4	55	55	102	ON	ON
5	55	55.2	102	OFF	OFF

Tabel 1. Hasil Pembacaan sensor thermocouple tipe-k berat 300 gram pada suhu 65°C

Waktu (jam)	Suhu setpoint (°C)	Suhu aktual (°C)	Suhu PTC (°C)	Status relay pemanas	Status relay kipas
1	65	55	102	ON	ON
2	65	63.7	113	ON	ON
3	65	65.5	111	OFF	OFF
4	65	64.5	95	ON	ON
5	65	65	102	OFF	OFF

JEEE: Journal of Educational Engineering and Environment

Tabel 2. Hasil Pembacaan sensor *thermocouple* tipe-k berat 500 gram pada suhu 45°C

Waktu (jam)	Suhu <i>setpoint</i> (°C)	Suhu aktual (°C)	Suhu PTC (°C)	Status <i>relay</i> Pemanas
1	45	44.3	107	ON
2	45	45.4	102.3	OFF
3	45	45	101	ON
4	45	44.7	95.3	ON
5	45	45.2	84.5	OFF

Tabel 6. Hasil Pembacaan sensor *thermocouple* tipe-k berat 500 gram pada suhu 55°C

Waktu (jam)	Suhu <i>setpoint</i> (°C)	Suhu aktual (°C)	Suhu PTC (°C)	Status <i>relay</i> Pemanas	Status <i>relay</i> kipas
1	55	48.3	104.2	ON	ON
2	55	55	101.6	ON	ON
3	55	55.3	110	OFF	OFF
4	55	55	103	ON	ON
5	55	55.2	101	OFF	OFF

Tabel 3. Hasil Pembacaan sensor *thermocouple* tipe-k berat 500 gram pada suhu 65°C

Waktu (jam)	Suhu <i>setpoint</i> (°C)	Suhu aktual (°C)	Suhu PTC (°C)	Status <i>relay</i> pemanas	Status <i>relay</i> Kipas
1	65	52.4	101	ON	ON
2	65	62	108	ON	ON
3	65	65.5	115	OFF	OFF
4	65	64.5	94	ON	ON
5	65	65.2	105	OFF	OFF

Hasil tabel- tabel di atas menunjukkan bahwa ketika suhu aktual belum mencapai *setpoint*, sistem otomatis mengaktifkan pemanas dan kipas untuk meningkatkan suhu di ruang pengering. Jika suhu aktual mendekati atau telah mencapai *setpoint*, pemanas dan kipas dimatikan guna mempertahankan suhu tetap stabil serta mencegah *overheating*, sehingga tercipta proses pengeringan yang efisien tanpa menurunkan kualitas buah kopi. Pola ON/OFF pada status heater dan kipas menunjukkan bahwa prinsip pengendalian yang digunakan adalah kontrol otomatis berbasis relai dengan mode histeresis sederhana, memungkinkan respon cepat dan akurat sesuai kondisi aktual suhu ruang pengering. Suhu *setpoint* yang telah diatur pada sistem kontrol, serta suhu aktual yang terbaca oleh sensor IoT berbasis *thermocouple*. Data ini merupakan bagian penting dari validasi kinerja sistem pengering otomatis berbasis mikrokontroler dan IoT dalam mempertahankan kondisi suhu yang stabil dan terkendali selama proses pengeringan berlangsung.

Tabel 4. Pengukuran kadar air buah kopi

Berat Kopi Awal (gram)	Suhu <i>Set-point</i>	Berat Kopi Akhir (gram)	Kadar Air
300	45 C	224.4	25.20%
300	55 C	209.2	30.27%
300	65 C	187.9	37.37%
300	45 C	374.5	25.10%
300	55 C	350	30.00%
300	65 C	315	37.00%

JEEE: Journal of Educational Engineering and Environment

Tabel di atas menunjukkan data hasil pengeringan kopi dengan variasi berat awal dan suhu *setpoint* yang berbeda. Terlihat bahwa suhu yang lebih tinggi (65°C) penurunan kadar air perjam cenderung lebih besar dibanding suhu 45 °C dan 55 °C pada berat kopi yang sama, yang mengindikasikan proses pengeringan berlangsung lebih cepat, disisi kanan tabel tercantumkan berat kopi akhir dan kadar air yang menunjukkan bahwa kombinasi suhu *setpoint* dan berat awal mempengaruhi seberapa jauh kadar air dapat diturunkan, dimana pada penelitian ini suhu 65°C menghasilkan kadar air yang mendekati nilai standar kadar air pada pengeringan buah kopi.

Tabel 5. Analisa Perbandingan Laju Pengeringan

Perlakuan	Masa air yang hilang (Gram)	Waktu pengeringan (Jam)	Laju pengeringan (Gram/Jam)
Metode <i>hot air drying</i> 45°C 300 gram	75.6	5	15.12
Metode <i>hot air drying</i> 55°C 300 gram	90.8	5	18.16
Metode <i>hot air drying</i> 65°C 300 gram	112.1	5	22.42
Metode <i>hot air drying</i> 45°C 500 gram	125.5	5	25.1
Metode <i>hot air drying</i> 55°C 500 gram	150	5	30
Metode <i>hot air drying</i> 65°C 500 gram	185	5	37

Analisa perbandingan laju pengeringan kopi berdasarkan beberapa metode dan perlakuan yang berbeda, dilihat dari massa air yang hilang, waktu pengeringan, serta laju pengeringan dalam satuan gram per jam. Hasil menunjukkan bahwa metode *hot air drying* memiliki laju pengeringan yang jauh lebih tinggi dibandingkan metode *hybrid* dan metode konvensional. Pada berat sampel 300 gram, peningkatan suhu dari 45°C hingga 65°C menyebabkan massa air yang hilang meningkat dari 75,6 gram menjadi 112,1 gram, dengan laju pengeringan naik dari 15,12 gram/jam menjadi 22,42 gram/jam. Pola serupa juga terlihat pada sampel 500 gram, di mana laju pengeringan meningkat signifikan seiring kenaikan suhu, yaitu dari 25,1 gram/jam pada 45°C hingga mencapai nilai tertinggi 37 gram/jam pada suhu 65°C [14].

Tabel 6 .Perhitungan nilai *error* sensor pada suhu 45°C

No	Suhu Acuan	Suhu Sensor	Error (%)
1	45	45.5	1.11%
2	45	45.25	0.56%
3	45	45	0.00%
4	44	44.75	1.70%
5	45	45.75	1.67%

Tabel 7. Perhitungan nilai *error* sensor pada suhu 55°C

No	Suhu Acuan	Suhu Sensor	Error (%)
1	50	50.2	0.40%
2	54	54.5	0.93%
3	55	55.5	0.91%
4	55	55	0.00%
5	55	55.25	0.45%

JEEE: Journal of Educational Engineering and Environment

Tabel 8. Perhitungan nilai *error* sensor pada suhu 65°C

No	Suhu Acuan	Suhu Sensor	Error (%)
1	55	55.5	0.91%
2	63	63.7	1.11%
3	65	65.5	0.77%
4	64	64.5	0.78%
5	65	65,2	0.31%

Tabel-tabel di atas menunjukkan nilai *error* suhu yang terbaca pada *dashboard* IoT yang terhubung pada *thermocouple* dengan dibandingkan nilai pembacaannya dengan termometer analog yang diukur nilai *error* pada setiap jam selama 5 jam pada masing masing sampel.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian sistem pengeringan buah kopi robusta Gombengsari dengan metode *hot air drying* berbasis *Internet of Things* (IoT). Perancangan sistem pengeringan buah kopi Gombengsari pada masa pengujian berjalan dengan baik. Proses pengeringan pada suhu yang lebih tinggi (65°C) menghasilkan pengeringan yang lebih baik dibandingkan dengan suhu 45°C dan 55°C untuk kedua variasi berat bahan, yaitu 300 gram dan 500 gram, dan juga alat yang dikembangkan mampu mengontrol suhu sesuai dengan *set point* yang ditentukan dengan akurasi $\pm 1^\circ\text{C}$. Terintegrasi sensor *thermocouple* tipe-K dan mikrokontroler Arduino Uno memungkinkan pengendalian suhu yang stabil selama proses pengeringan. Berat buah kopi memiliki pengaruh signifikan terhadap durasi pengeringan. Bahan 500 gram membutuhkan waktu lebih lama mencapai kadar air target dibandingkan 300 gram pada suhu yang sama, dan juga suhu pengeringan 65°C lebih efektif untuk mencapai kadar air yang diinginkan, dikarenakan massa dan suhu awal yang lebih tinggi. Sistem ini mampu menjaga kestabilan suhu dengan fluktuasi kecil, integrasi modul ESP8266 memungkinkan *monitoring* suhu secara *real-time* melalui perangkat *mobile* yang terhubung dengan *web blink*, sehingga pengguna dapat memantau proses pengeringan dari jarak jauh tanpa harus memantaunya secara langsung.

Daftar Pustaka

- [1] Dinas Pertanian Kabupaten Buleleng, "Sejarah Perkembangan Kopi," distan.bulelengkab.go.id. Accessed: Jul. 17, 2025. [Online]. Available: <https://distan.bulelengkab.go.id/informasi/detail/berita/sejarah-perkembangan-kopi-44>
- [2] L. Aklimawati, D. Sumarno, and S. Wardani, "Potret Usaha Tani Kopi Rakyat di Banyuwangi," Mar. 2020.
- [3] R. Fajri, B. Lainnya, P. K. Kolombia, W. Benitez, and B. Kelas, "Dua Sisi Kenaikan Harga Kopi Tags: Festival Petik Kopi, Jurnal Kopi , Temanggung."
- [4] P. Adi Wicaksono, "Peningkatan Kualitas Kopi Pinangghil Melalui Penerapan Teknologi Pascapanen Green House," *Jurnal Pasopati*, vol. 4, no. 3, pp. 153–156, 2022, [Online]. Available: <http://ejournal2.undip.ac.id/index.php/pasopati>
- [5] R. Thareq, A. Pohan, I. Agustian, and A. Kurniawan, "Sistem Kendali Suhu Prototipe Mesin Pengering Biji Kopi Dengan Metode PID dan IOT Monitoring," *Jurnal Amplifier Mei*, vol. 13, May 2023.
- [6] I. Hidayat, S. A. Raharjo, A. M. Akbar, H. O. Unpapar, and L. P. Sanjaya, "Rancang Bangun Mesin Pengering Multiguna 5 Tray Berbasis Kontrol Arduino," vol. 8, no. 2, pp. 247–256, Oct. 2023.
- [7] R. Novianti et al., "Penanganan Pascapanen Kopi Robusta Baseh Terhadap Organisme Pengganggu Tanaman : Tinjauan (Post-Harvest Management of Robusta Baseh Coffee Against Plant Pests : Review)," *Jurnal Agritech*, vol. 16, no. 2, pp. 75–84, Oct. 2023, [Online]. Available: <http://agritech.unhas.ac.id/ojs/index.php/at>



JEEE: Journal of Educational Engineering and Environment

- [8] Bagus Caesar Muharam, "Sistem Pengering Anggur Berbasis Kolektor Surya dengan Pelacak Matahari dan Kontroler PID," vol. 9, no. 2, pp. 34–40, 2020.
- [9] B. E. Setyawan,) Indrastanti, and R. Widiarsari, "Iot Untuk Pengendali Lampu Menggunakan Arduino," *Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi (JUKANTI)*, vol. 6, no. 1, pp. 51–56, Apr. 2023.
- [10] Fahrizal Bahriawan, "Sistem Kendali Suhu Pada Proses Destilasi Pembuatan Bioetanol Dari Kulit Pisang," *Journal of Mechanical and Electrical Technology*, vol. 3, no. 1, pp. 16–22, Jan. 2024.
- [11] D. Budi et al., "Karakterisasi Kopi Bubuk Robusta (Coffea Canephora) Tulungrejo Terfermentasi Dengan Ragi Saccharomyces Cerevisiae," vol. 10, no. 2, pp. 129–138, Oct. 2020, doi: 10.31186/j.agroind.10.2.129-138.
- [12] A. Maylani, F. Agusti, and B. N. Diansari, "Waste Identification In The Production Process Ptc Ceramic Heating Element With Lean Manufacturing Approach At Cv. Sulis Keramik," pp. 527–533, Sep. 2024.
- [13] Alhidayatuddiniyah TW, "Pengujian Karakteristik Termistor Ptc Dengan Menggunakan Sensor Suhu Lm35," 2020.
- [14] Y. A. Wicaksono, W. Warji, T. Tamrin, and S. Kuncoro, "Pengeringan Kopi Robusta (Coffea canephora) Menggunakan Rumah Pengering Hybrid Tipe Rak," *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering*, vol. 2, no. 4, p. 495, Dec. 2023, doi: 10.23960/jabe.v2i4.8391.