

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT Precision Agriculture Indonesia (PAG) untuk tahapan perancangan, perakitan, pengujian sistem, serta pengambilan data, dan dilanjutkan di UPA Teknologi Informasi dan Komunikasi, Universitas Jember untuk pengolahan serta analisis data. Waktu pelaksanaan penelitian berlangsung pada bulan Maret 2026 hingga Juni 2026.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah kopi (*Coffea* sp.) dengan variasi massa 100 gram dan 1.000 gram sebagai sampel pengujian pada sistem pengering inframerah berbasis *Fuzzy Logic*.

3.2.2 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.1 Alat yang digunakan

No	Nama Alat	Fungsi
1	ESP32 DevKit V1	Mikrokontroler utama yang mengolah data sensor, menjalankan algoritma <i>Fuzzy Logic</i> , serta mengendalikan aktuator.
2	Sensor DHT22 (2 buah)	Mengukur suhu dan kelembaban ruang pengering sebagai masukan sistem kontrol.
3	Modul RTC DS3231	Menyediakan informasi tanggal dan waktu secara <i>real-time</i> selama proses pengeringan.
4	Relay Module 2 Channel	Mengendalikan ON/OFF lampu inframerah (pemanas) dan kipas sesuai keputusan sistem <i>Fuzzy Logic</i> .
5	Lampu Inframerah PIYU OEM (IR 5000), 220 V AC, 600 W	Sebagai sumber panas pada proses pengeringan buah kopi.
6	Blower (<i>Exhaust</i>) NRT-PRO 2 Inci, 220 V AC, 1 A, 3.000 RPM	Membantu sirkulasi udara serta mempercepat penguapan kadar air selama proses pengeringan.
7	Catu Daya (<i>Power Supply</i>) 5 V 3 A	Menyuplai daya untuk ESP32, sensor, RTC, dan relay.
8	ThingSpeak	Platform <i>Internet of Things</i> (IoT) untuk monitoring suhu, kelembaban, serta status relay secara <i>real-time</i> .

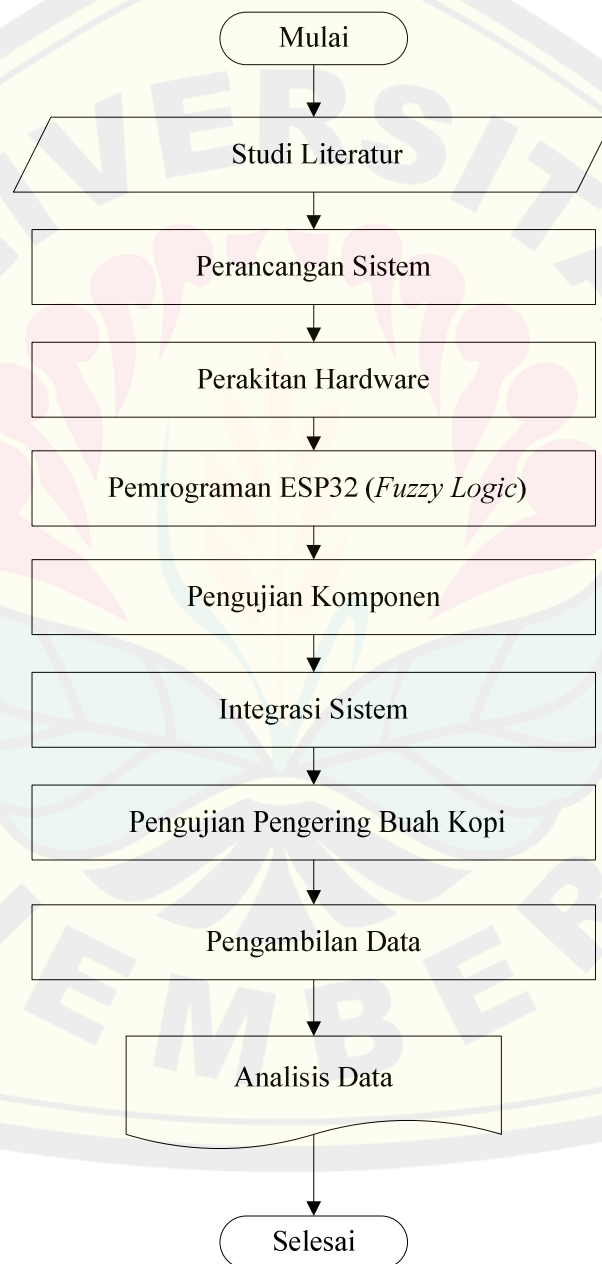
Tabel 3.2 Alat yang digunakan (lanjutan)

9	Arduino IDE	Digunakan untuk menulis, mengompilasi, dan mengunggah program ke ESP32.
10	Laptop	Digunakan untuk pemrograman, monitoring Serial Monitor, pengambilan data, dan analisis hasil penelitian.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Diagram Alir Penelitian

Gambar 3.1 adalah diagram alir dalam penelitian ini.



Gambar 3.1 Flowchat prosedur penelitian

3.3.2 Penjelasan Flowchart

Berikut merupakan penjelasan flowchart penelitian ini.

1. Studi Literatur

Tahap ini dilakukan dengan mengumpulkan referensi dari jurnal, buku, dan penelitian terdahulu mengenai pengering inframerah, *Artificial Intelligence*, *Fuzzy Logic*, *Internet of Things* (IoT), dan proses pengeringan buah kopi sebagai dasar penelitian.

2. Perancangan Sistem

Pada tahap ini dirancang sistem pengering inframerah yang terdiri dari ESP32, sensor DHT22, modul RTC DS3231, relay, lampu inframerah, blower, dan platform ThingSpeak sebagai sistem monitoring.

3. Perancangan Program

Program dibuat menggunakan Arduino IDE yang meliputi pembacaan sensor, algoritma *Fuzzy Logic*, pengendalian relay pemanas dan blower, serta pengiriman data ke ThingSpeak melalui jaringan WiFi.

4. Perakitan Sistem

Seluruh komponen dirangkai sesuai dengan desain sehingga membentuk sistem pengering inframerah yang siap diuji.

5. Pengujian Komponen

Masing-masing komponen seperti sensor DHT22, RTC DS3231, relay, WiFi ESP32, dan ThingSpeak diuji untuk memastikan seluruh perangkat bekerja dengan baik.

6. Integrasi Sistem

Setelah semua komponen berfungsi dengan baik, perangkat keras dan perangkat lunak digabungkan menjadi satu sistem kontrol pengering otomatis.

7. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan dengan mengeringkan buah kopi (*Coffea* sp.) menggunakan variasi massa sampel 100 gram dan 1.000 gram. Variasi massa ini diterapkan sebagai dasar pengujian variasi beban, di mana sampel 100 gram berfungsi sebagai pengujian beban minimal dan sampel 1.000 gram mewakili

pengujian beban skala yang lebih besar. Penggunaan dua tingkat beban yang berbeda ini bertujuan untuk menguji keandalan algoritma *Fuzzy Logic* dalam merespons perubahan dinamika beban termal dan laju penguapan air yang bervariasi.

8. Pengambilan Data

Data suhu ruang pengering, kelembapan relatif (*Relative Humidity*/RH), waktu pengeringan, serta status kendali *relay* pemanas dan *blower* dicatat secara *real-time* selama proses pengujian. Seluruh data tersebut ditampilkan pada *Serial Monitor* dan disimpan ke platform *ThingSpeak*.

9. Analisis Hasil

Data hasil pengujian dianalisis untuk mengetahui kemampuan sistem dalam menjaga suhu pengering, kestabilan proses pengeringan, serta kinerja metode *Fuzzy Logic* dan monitoring IoT.

10. Kesimpulan

Tahap terakhir adalah menarik kesimpulan berdasarkan hasil pengujian untuk menjawab rumusan masalah serta memberikan saran pengembangan sistem pada penelitian selanjutnya. Proses dimulai sebagai tahap awal sistem atau penelitian.

3.4 Metode Analisis

3.4.1 Analisis Suhu Pengering

Pengukuran suhu dilakukan menggunakan dua sensor DHT22 yang ditempatkan pada ruang pengering. Nilai suhu yang digunakan sebagai variabel kontrol merupakan rata-rata dari kedua sensor. Analisis dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mempertahankan suhu pengering pada rentang 40–60°C selama proses pengeringan.

Rata-rata suhu dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$T_{avg} = \frac{T_1 + T_2}{2} \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan:

T_{avg} = suhu rata-rata (°C)

T_1 = suhu sensor 1 (°C)

T_2 = suhu sensor 2 (°C)

3.4.2 Analisis Kelembaban

Pengukuran kelembaban dilakukan menggunakan dua sensor DHT22 yang ditempatkan pada ruang pengering. Nilai kelembaban yang digunakan sebagai masukan sistem merupakan rata-rata pembacaan kedua sensor. Sistem dirancang untuk bekerja pada rentang kelembaban 15–60 %RH. Analisis dilakukan untuk mengetahui perubahan kelembaban selama proses pengeringan.

Persamaan yang digunakan adalah

$$RH_{avg} = \frac{RH_1 + RH_2}{2} \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan:

RH_{avg} = kelembaban rata-rata (%)

RH_1 = kelembaban sensor 1 (%)

RH_2 = kelembaban sensor 2 (%)

3.4.3 Analisis Susut Bobot

Pengujian susut bobot dilakukan untuk mengetahui besarnya pengurangan massa buah kopi (*Coffea* sp.) akibat proses penguapan air selama dikeringkan dengan sistem pengering inframerah berbasis *Fuzzy Logic*. Massa awal dan massa akhir buah kopi diukur menggunakan timbangan digital.

Persentase susut bobot dihitung menggunakan Persamaan (3.4).

$$SB = \frac{W_0 - W_t}{W_0} \times 100\% \dots\dots\dots (3.4)$$

Keterangan:

SB = Susut bobot (%)

W_0 = Berat awal buah kopi (g)

W_t = Berat akhir buah kopi setelah pengeringan (g)

3.4.4 Analisis Kadar Air

Pengukuran kadar air dilakukan menggunakan *moisture meter* Kett PM-600. Sebelum pengukuran dilakukan, alat dinyalakan dan diatur pada kode komoditas 65 yang merupakan pengaturan standar alat untuk komoditas buah kopi (*Coffea* sp.). Sampel buah kopi hasil pengeringan dimasukkan ke dalam *sample cup* sesuai volume standar, kemudian dituangkan ke dalam corong pengukur pada alat.

Selanjutnya, tombol *Measure* (MEA) ditekan hingga nilai kadar air ditampilkan pada layar LCD dalam satuan persen (%). Pengukuran pada setiap sampel dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan (*triplo*), kemudian hasilnya dirata-ratakan untuk memperoleh nilai kadar air yang presisi dan representatif.

