

Sistem *Monitoring* dan Otomatisasi Proses Pemeraman Buah Pisang Berbasis *Internet Of Things* (IoT)

Muhamad Fahri¹, Erik Agustian Yulanda^{2*}

^{1,2}Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Pamulang; Jl. Raya Puspitek No.46, Buaran, Serpong, Kota Tangerang Selatan Provinsi Banten, 15310, Indonesia; Telp: (021) 7412566

Received: 01-08-2025
Accepted: 19-08-2025

Keywords:
Pemeraman Pisang;
IoT;
Sensor RGB;
Otomatisasi;
Blynk.

Correspondent Email:
dosen02636@unpam.ac.id

Abstrak. *Permintaan buah pisang matang sangat tinggi di sektor distribusi dan perdagangan, namun proses pemeraman di Indonesia masih banyak dilakukan secara manual yang kurang efisien dan berisiko menurunkan kualitas. Penelitian ini merancang sistem pemantauan dan otomatisasi pemeraman pisang berbasis Internet Of Things (IoT) untuk meningkatkan efisiensi dan kontrol. Sistem memanfaatkan mikrokontroler ESP32-S3 dan ESP32-CAM, sensor TCS34725 untuk klasifikasi tingkat kematangan berdasarkan nilai RGB, serta sensor DHT22 untuk menyesuaikan suhu dan kelembapan. Data ditampilkan secara real-time melalui LCD dan aplikasi Blynk untuk pemantauan jarak jauh. Sistem bekerja secara otomatis, termasuk dalam penyemprotan zat pematang etefon melalui pompa DC. Hasil menunjukkan sensor RGB berhasil memadukan perubahan warna pisang dari hijau ke kuning, dengan peningkatan nilai Red dari 79 ke 93, dan penurunan Green dari 105 ke 101 serta Blue dari 69 ke 56. Perubahan kematangan dari mentah ke setengah matang terjadi dalam 2,5 hari, dan mencapai matang pada hari keempat, dengan total durasi pemeraman 3,5 hari. Selama proses, rata-rata suhu 23,6°C dan kelembaban 88,1%. Secara keseluruhan, sistem ini terbukti efisien, akurat, dan berpotensi meningkatkan nilai ekonomi bagi petani dan pelaku usaha.*

Abstract. *The demand for ripe bananas is high in the distribution and trade sectors. However, in Indonesia, the ripening process is still largely manual, which is inefficient and may Reduce fruit quality. This study aims to design a Monitoring and automation system for the banana ripening process based on the Internet Of Things (IoT) to improve efficiency and control. The system utilizes the ESP32-S3 and ESP32-CAM microcontrollers, a TCS34725 color sensor to classify ripeness levels based on RGB values, and a DHT22 sensor to monitor temperature and humidity. Data is displayed in real time through an LCD and the Blynk application for remote Monitoring. The system operates automatically, including the spraying of the ripening agent (ethephon) via a DC pump. Test results show that the RGB sensor successfully tracks the color transition from Green to yellow, with Red values increasing from 79 to 93, Green decreasing from 105 to 101, and Blue from 69 to 56. The transition from unripe to semi-ripe occurRed within 2.5 days and reached full ripeness on the 4th day, with a total ripening duration of 3.5 days. During the process, the average temperature was 23.6°C and humidity 88.1%. Overall, the system is proven to be efficient, accurate, and has economic potential for farmers and businesses.*

1. PENDAHULUAN

Buah pisang merupakan salah satu komoditas pertanian yang memiliki nilai

ekonomi tinggi di indonesia dengan produksi 9 juta 335 ribu 232 ton tersebar ke seluruh wilayah pada tahun 2023 [1] [2]. Salah satu

jenis pisang tropis yang mudah ditemukan di Indonesia ialah pisang *Cavendish* atau biasa disebut pisang ambon [3].

Di Indonesia, proses pemeraman masih dilakukan secara manual, terutama oleh petani atau pedagang tradisional, menggunakan zat etefon[4]. Tantangan dari metode ini adalah menjaga kondisi lingkungan selama proses agar kualitas buah tidak rusak. Suhu dan kelembaban berpengaruh terhadap aktivitas enzim yang memecah pati menjadi gula, semakin rendah suhu, maka akan menghambat proses pematangan. Suhu optimal pemeraman adalah 18–25°C dengan kelembaban 85–95% [2] [5].

Dengan kemajuan teknologi *Internet Of Things* (IoT) membuka peluang otomatisasi di berbagai proses industri, termasuk sektor pertanian. Penggunaan Esp32-Cam dengan kamera OV2640 serta Esp32-S3 yang mendukung *Wi-Fi* dan *Bluetooth* memungkinkan pengambilan gambar visual dan pemantauan *real-time* [6] [7].

Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Berlian Bunga Sari, Weny Indah Kusumawati, Harianto, dan Musayyanah, *prototype* yang dibuat dapat membantu petani mempercepat pemeraman pisang menggunakan gas etilen. Sistem tersebut dilengkapi pengatur suhu, tekanan, dan kompresor, serta sensor *Pressure Transmitter* untuk mengukur tekanan gas, solenoid *valve* untuk aliran udara, dan DHT22 untuk memantau suhu. Informasi waktu, suhu, dan tekanan ditampilkan pada layar LCD [8].

Berdasarkan latar belakang di atas, maka penulis ingin membangun sistem *Monitoring* dan otomatisasi pemeraman buah pisang menggunakan sensor dan mikrokontroler berbasis *Internet Of Things* (IoT). Sistem ini akan mengintegrasikan ESP32-Cam untuk pemrosesan gambar visual, ESP32-S3 untuk memantau kondisi lingkungan, serta sensor warna TCS34725 dan sensor DHT22. Data ditampilkan pada LCD dan aplikasi Blynk secara *real-time*. Sistem juga dilengkapi dengan pompa motor DC 12V untuk menyemprotkan cairan etefon secara otomatis. Inovasi ini diharapkan meningkatkan efisiensi pemeraman, menjamin kualitas buah, dan memberikan manfaat ekonomi bagi petani serta pelaku usaha.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Proses Pemeraman Pisang

Proses pemeraman buah merupakan rangkaian perubahan fisiologis, biokimia dan sensorik yang terkoordinasi dengan baik serta diprogram secara genetik. Perubahan kompleks ini berhubungan langsung dengan karakteristik kualitas buah-buahan yang menentukan harga komoditas. Pematangan dipengaruhi oleh hormon, terutama etilen, faktor transkripsi, modifikasi epigenetik dan degradasi protein [9].

Sejak zaman dahulu, orang telah menggunakan beberapa metode untuk memeram buah pisang. Buah pisang kemudian disusun secara teratur di dalam wadah tersebut dan ditutup rapat menggunakan penutup berupa kendi guna menghambat pertukaran udara dengan lingkungan sekitar. Pedagang dan petani pisang sering menggunakan karbit untuk memeramkan pisang untuk mempercepat proses pematangan. Selanjutnya, metode kimia untuk mematangkan pisang dilakukan dengan merendam buah pisang ke dalam larutan yang mengandung zat etefon [4].

2.2. Zat Pengatur Tumbuh (ZPT)

Etefon adalah zat pengatur tumbuh yang umum digunakan untuk meningkatkan warna buah, gugurnya daun, serta pematangan dan produksi buah. Penggunaan etefon bervariasi berdasarkan spesies tanaman, konsentrasi, dan waktu aplikasi. Penelitian ini menggunakan produk Ichipon 480 SL yang mengandung etefon [3].



Gambar 1. Ichipon 480 SL

2.3. Internet Of Things

Internet Of Things (IoT) yang merujuk pada objek fisik atau perangkat, serta *Internet* yang berperan dalam menyediakan konektivitas dan pengelolaan komunikasi antar perangkat. IoT memungkinkan pengendalian perangkat jarak jauh, berbagi data dan otomatisasi operasi melalui konektivitas antarmesin dengan menggunakan alamat IP sebagai identitas unik setiap perangkat. Sensor pada perangkat mendukung pengumpulan dan pemrosesan informasi, memungkinkan interaksi dan komunikasi yang efisien antar perangkat tanpa intervensi pengguna [10] [11].

2.4. Aplikasi Blynk

Blynk merupakan *platform* berbasis iOS dan *Android* untuk mengendalikan modul seperti *Arduino* dan *Raspberry Pi* secara daring melalui *Wi-Fi*. Terdiri dari tiga komponen utama yaitu perangkat lunak Blynk yang menyediakan widget untuk proyek IoT, server sebagai penghubung komunikasi antara *smartphone* dan mikrokontroler, serta pustaka Blynk untuk komunikasi yang efisien. Aplikasi ini menawarkan berbagai *widget* untuk pengendalian perangkat dan dapat digunakan dalam sistem *monitoring* IoT, seperti memantau kematangan pisang melalui suhu dan kelembaban [11].

2.5. Sistem Monitoring dan Otomatisasi

Monitoring adalah cara untuk mengamati dan memahami perkembangan dari waktu ke waktu. Dengan *monitoring* yang baik, kita bisa tahu apakah kita mendekati tujuan atau tidak. Sistem pemantauan dirancang untuk mengumpulkan data dari berbagai sumber. Pada proses pemeraman pisang, sistem ini membantu memantau kondisi secara *real-time* melalui *smartphone*, dengan data yang dikirim dan ditampilkan di aplikasi Blynk [12][13].

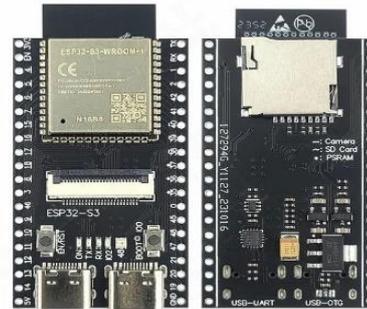
Otomatisasi adalah teknologi yang menjalankan langkah-langkah tanpa campur tangan manusia, menggunakan program dan sistem pengontrol. Umumnya dapat didefinisikan sebagai integrasi antara mekanika, kelistrikan, dan komputer [14].

2.6. Komponen Utama

2.6.1. Mikrokontroler ESP32 S3

Mikrokontroler ESP32-S3 merupakan *chip* SoC (*System on Chip*) yang diproduksi

oleh *Espressif Systems*. ESP32-S3 merupakan pengembangan terbaru dari *chip* ESP32 yang memiliki kapasitas penyimpanan dan pengolahan data yang lebih tinggi, mendukung *Bluetooth* 5.0, dan meningkatkan keamanan melalui tanda tangan digital dan enkripsi AES-XTS pada memori *flash* [15].



Gambar 2. Mikrokontroler ESP32 S3

2.6.2. Modul ESP32-CAM

Esp32-Cam ialah mikrokontroler dengan kamera OV2640 yang mendukung pemantauan *real-time*. Perangkat ini memiliki fitur *Wi-Fi*, *Bluetooth*, dan slot *microSD*, cocok untuk aplikasi IoT seperti CCTV dan deteksi wajah. Pemrograman dilakukan lewat *Arduino IDE* melalui *board downloader*. CH340 berfungsi sebagai konverter USB ke *port* serial untuk komunikasi. ESP32-CAM dapat terhubung ke jaringan *Wi-Fi* dan memiliki halaman *web* yang disediakan [16] [14].



Gambar 3. Modul ESP32-Cam

2.6.3. Sensor TCS34725

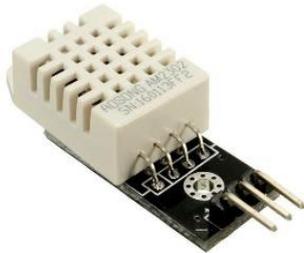
Sensor TCS34725 mendeteksi dan mengukur spektrum warna. Sensor ini memiliki filter inframerah terintegrasi (*on-chip IR blocking*) yang diposisikan pada fotodetektor warna, memungkinkan pengukuran warna yang lebih akurat. Sensor ini dapat di aplikasikan untuk pemantauan proses industri dan perangkat diagnosis bidang kesehatan [17].



Gambar 4. Sensor TCS34725

2.6.4. Sensor DHT22

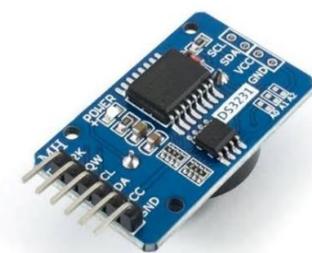
DHT-22 merupakan sensor suhu dan kelembaban dengan rentang pengukuran yang luas. Sensor ini menghasilkan keluaran berupa sinyal digital dan dilengkapi dengan mekanisme kalibrasi presisi serta kompensasi suhu ruang yang akurat. Proses tersebut dilakukan dengan memanfaatkan nilai koefisien yang telah disimpan dalam memori OTP (*One-Time Programmable*) internal [18].



Gambar 5. Sensor DHT22

2.6.5. Modul RTC

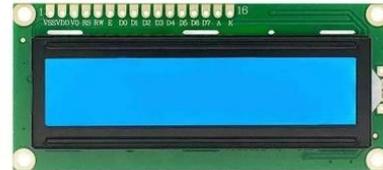
Real Time Clock (RTC) adalah *chip* elektronik yang menghitung dan mencatat waktu dengan akurat, dari detik hingga tahun. *Chip* ini sering ditemukan di *motherboard* komputer dekat *chip* BIOS dan dilengkapi baterai internal untuk menjaga waktu saat perangkat mati. RTC menggunakan osilator berbasis kristal untuk ketepatan waktu. Modul di lengkapi baterai CR2032 3V sebagai cadangan saat daya utama mati [19].



Gambar 6. Modul RTC

2.6.6. LCD

LCD (*Liquid Crystal Display*) jenis layar yang menggunakan kristal cair untuk menampilkan informasi. Teknologi ini digunakan di perangkat seperti televisi, kalkulator dan monitor komputer untuk menampilkan data berupa simbol, huruf dan angka [20].



Gambar 7. LCD

2.6.7. Pompa Motor DC

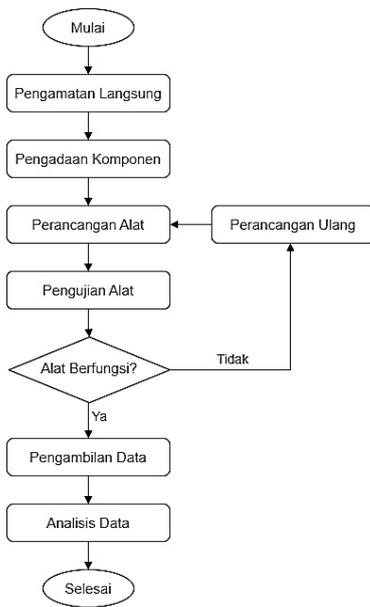
Pompa ialah perangkat yang memindahkan cairan dari satu tempat ke tempat lain menggunakan energi listrik. Pompa ini praktis, efisien, tidak memerlukan priming manual, dan hanya membutuhkan konsumsi daya antara 6V hingga 12V dan kurang lebih 0,5-0,7A saat memompa air dan jika pompa air tanpa beban hanya 0,18 A [17].



Gambar 8. Pompa Motor DC

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk mengevaluasi kinerja sistem *monitoring* dan otomatisasi penyemprotan pada proses pemeraman buah pisang berbasis *Internet Of Things* (IoT).



Gambar 9. Flowchart Perencanaan Penelitian

Tahapan dirancang secara sistematis seperti ditunjukkan pada Gambar 9. dimulai dari observasi lapangan untuk memahami kebutuhan dan spesifikasi alat. Setelah itu, dilakukan pengadaan komponen, perancangan perangkat keras dan lunak, serta pengujian fungsionalitas. Jika belum berfungsi, alat dirancang ulang hingga berfungsi dengan baik. Selanjutnya dilakukan pengambilan dan analisis data untuk mengevaluasi efektivitas sistem dalam mendukung proses pemeraman pisang.

3.1. Klasifikasi Kematangan

Klasifikasi kematangan buah pisang dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan perhitungan jarak Euclidean antara nilai RGB yang dibaca oleh sensor warna TCS34725 dengan nilai RGB referensi dari masing-masing kategori kematangan. Rumus yang digunakan untuk menghitung jarak Euclidean sebagai berikut.

$$d = \sqrt{(R1 - R2)^2 + (G1 - G2)^2 + (B1 - B2)^2} \quad (1)$$

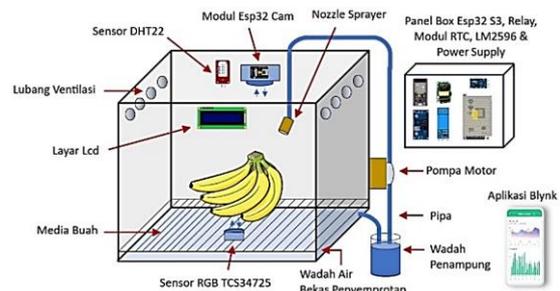
Ket.

- $R1, G1, B1$ adalah nilai RGB aktual
- $R2, G2, B2$ adalah nilai RGB penentuan
- d adalah jarak Euclidean antara kedua titik RGB

Nilai d terkecil menunjukkan kemiripan warna yang paling mendekati salah satu kategori referensi dan digunakan untuk menentukan status kematangan pisang.

3.2. Desain Alat

Desain prototipe pada Gambar 10. dibuat di *Microsoft Word* untuk mempermudah perancangan. ESP32-CAM dipasang di atas untuk memantau secara visual dan sensor DHT22 memantau suhu dan kelembapan, sementara *nozzle* menyemprotkan cairan etefon secara merata. Sensor TCS34725 dipasang di bawah untuk mendeteksi buah pisang dan warna kulitnya serta mengaktifkan pompa. LCD 16x2 di depan menampilkan data *real-time*, di kedua samping terdapat ventilasi menjaga sirkulasi udara dan air sisa disalurkan ke wadah untuk disirkulasi ulang di bawah. Seluruh komponen pendukung diletakkan di panel belakang, dan sistem dipantau dan dikendalikan melalui aplikasi Blynk.



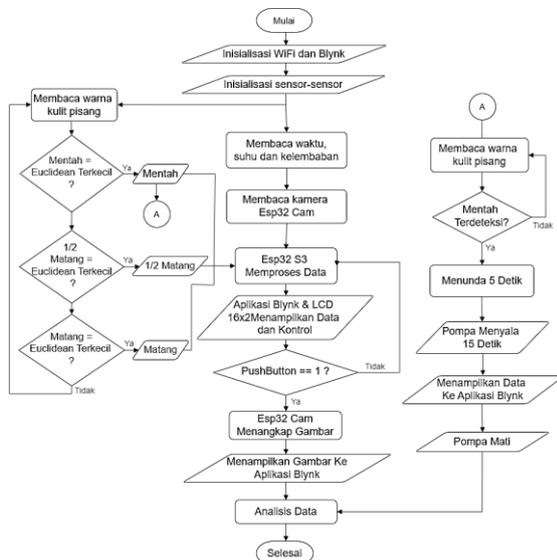
Gambar 10. Desain Alat

3.3. Alur Kerja Alat

Sistem kerja alat pada Gambar 11. yang dirancang mengikuti serangkaian tahapan yang dimulai dari inisialisasi sensor hingga analisis data. Sistem dimulai dengan inisialisasi *Wi-Fi*, koneksi Blynk, serta sensor warna, kamera, suhu, dan kelembapan. Sensor TCS34725 membaca warna kulit pisang untuk menentukan tingkat kematangan dan mendeteksi keberadaannya. Jika terdeteksi pisang mentah, ESP32 S3 mengaktifkan pompa motor DC selama 15 detik sebelum interval 5 detik.

Sistem juga menggunakan ESP32-CAM untuk mengambil gambar pisang yang dapat dikontrol melalui aplikasi Blynk. Data suhu, kelembapan, dan waktu ditampilkan secara *real-time* di LCD dan aplikasi Blynk, lalu dianalisis untuk memahami kondisi lingkungan

dan kematangan pisang. Proses ini berjalan secara berulang sesuai siklus yang ditentukan.



Gambar 11. Alur Sistem Kerja Alat

3.4. Data dan Analisis

3.4.1. Sumber Data

Sumber data dalam penelitian ini berupa buah pisang ambon yang digunakan sebagai objek uji coba sistem. Jumlah sampel yang digunakan yaitu satu buah pisang dengan tingkat kematangan awal mentah. Pemilihan sampel dilakukan secara purposive, yaitu memilih buah dengan kondisi kulit hijau merata, tanpa bercak hitam.

3.4.2. Teknik Pengambilan Data

Pegambilan data dilakukan setiap 30 menit sekali sejak awal pemeraman (mentah) sampai terjadi perubahan warna pada kulit pisang (matang). Data di catat otomatis dengan menggunakan *microSD* secara *real-time*. Parameter yang dicatat meliputi suhu ($^{\circ}\text{C}$), kelembapan (%), nilai RGB warna kulit pisang, nilai jarak Euclidean pada pisang serta tanggal dan waktu.

3.4.3. Validasi Data RGB

Prosedur validasi data warna dilakukan dengan membandingkan nilai RGB kulit pisang ambon dan pisang uli menggunakan sensor warna TCS34725. Sampel yang digunakan berupa satu sisir pisang ambon dan satu sisir pisang uli pada tiga tingkat kematangan, yaitu mentah, setengah matang, dan matang. Pengukuran dilakukan dengan menjaga jarak

sensor dan pencahayaan tetap konstan untuk menghindari variasi pembacaan. Nilai *Red*, *Green* dan *Blue* diambil pada posisi kulit pisang yang sama, kemudian data disimpan.

3.4.4. Analisis Data

Data yang terkumpul dianalisis untuk mengevaluasi kinerja sistem klasifikasi kematangan dengan beberapa langkah. Pertama, dilakukan perhitungan jarak Euclidean antara nilai RGB aktual dan nilai referensi untuk menentukan kategori kematangan (mentah, setengah matang, atau matang). Selanjutnya, dibuat grafik perubahan warna RGB, suhu, dan kelembapan terhadap waktu untuk memantau tren pemeraman.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Validasi Data RGB

Setelah melakukan pengujian, Tabel 2. nilai RGB pisang ambon di sesuaikan dengan pisang uli terlebih dahulu, sehingga data dari sensor TCS34725 valid sebagai acuan klasifikasi kematangan.



Gambar 12. Tingkat Kematangan Pisang Ambon



Gambar 13. Tingkat Kematangan Pisang Uli

Tabel 1. Hasil Validasi Data RGB

Tingkat Kematangan	Nilai RGB					
	Pisang Ambon			Pisang Uli		
	R	G	B	R	G	B
Mentah	80	105	67	80	103	68
Setengah Matang	89	105	57	86	104	58
Matang	97	102	50	95	100	53

Tabel 1. diketahui sampel warna pisang ambon dan pisang uli mengikuti pola kematangan, dari hijau saat mentah hingga kuning cerah saat matang. Pada pisang mentah, warna hijau dominan. Saat setengah matang, warna mulai kekuningan. Pada kondisi matang,

pisang uli dan pisang ambon menunjukkan warna kuning cerah, ditandai dengan meningkatnya nilai *Red* (R) serta penurunan nilai *Green* (G) dan *Blue* (B). Sensor TCS34725 terbukti mampu membedakan setiap tingkat kematangan secara konsisten, meskipun terdapat sedikit perbedaan nilai RGB. Hal ini menunjukkan bahwa sensor tersebut valid dalam merepresentasikan karakteristik visual pisang sesuai kondisi alaminya.

4.2 Hasil Perancangan Alat

4.2.1. Hasil perancangan perangkat keras

Hasil perancangan perangkat keras pada sistem *monitoring* dan otomatisasi pemeraman buah pisang berbasis *Internet Of Things* (IoT).

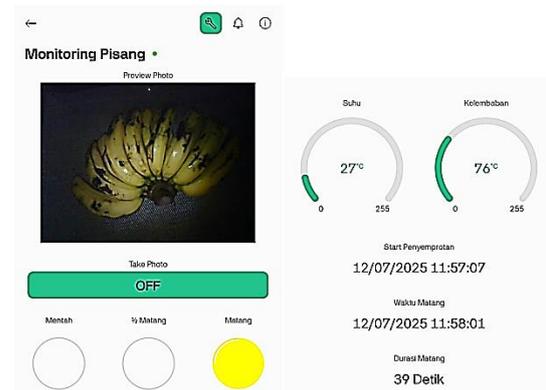


Gambar 14. Hasil Perancangan Perangkat Keras

Gambar 14. ditunjukkan hasil rancangan perangkat keras, alat ini berupa kotak tertutup berbahan akrilik transparan dengan ketebalan 2 mm dan ukuran 45 cm × 35 cm × 45 cm. Di dalam kotak terdapat sensor DHT22 digunakan untuk memantau parameter suhu dan kelembapan lingkungan, kamera Esp32-Cam untuk dokumentasi visual, serta sensor TCS34725 untuk mendeteksi warna buah sebagai indikator kematangan. Alat ini juga dilengkapi lubang ventilasi untuk sirkulasi udara dan LCD 16x2 sebagai tampilan data suhu, kelembapan, dan waktu. Proses pematangan dipercepat dengan penyemprotan cairan etefon sebanyak 55 ml oleh sprayer otomatis yang bekerja satu kali di awal proses. Berat total alat kurang lebih 3 kg sehingga mudah dipindahkan dan digunakan secara portabel.

4.2.2. Hasil Perancangan Aplikasi Blynk

Hasil perancangan aplikasi blynk pada sistem *monitoring* dan otomatisasi pemeraman buah pisang berbasis *Internet Of Things* (IoT).



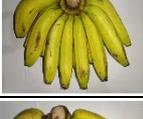
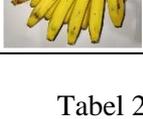
Gambar 15. Hasil Perancangan Aplikasi Blynk

Gambar 15. ditunjukkan hasil perancangan perangkat lunak, sistem ini menggunakan aplikasi *mobile* untuk memantau kondisi pemeraman buah pisang secara *real-time*. Dalam tampilan utama aplikasi, pengguna dapat melihat foto hasil pemantauan dari kamera Esp32-Cam yang ditampilkan di bagian "*Preview Photo*". Di bawahnya terdapat tombol "*Take Photo*" untuk pengguna menangkap gambar terbaru dengan manual. Visualisasi status kematangan buah disajikan dalam tiga kategori utama, yaitu Mentah, Setengah Matang, dan Matang, yang ditentukan berdasarkan klasifikasi warna buah yang diambil dari sensor TCS34725. Selain itu, aplikasi juga menunjukkan data suhu dan kelembapan secara *real-time* dengan nilai aktual, contohnya suhu 28 °C dan kelembapan 89%. Informasi tambahan yang tampil meliputi waktu penyemprotan awal (*Start Penyemprotan*), waktu ketika buah telah matang (*Waktu Matang*), serta durasi pemeraman (*Durasi Matang*). Data ini disusun untuk mempermudah pengguna dalam memantau keseluruhan proses dengan cara yang efektif dan efisien.

4.3 Pengambilan Data RGB

Pengukuran nilai RGB kulit pisang ambon dilakukan pada lima tingkat kematangan dengan 10 kali pengambilan data pada tiap tingkat. Nilai R, G dan B pada Tabel 2. merupakan rata-rata hasil pengukuran menggunakan sensor TCS34725 dengan jarak dan pencahayaan yang dijaga konstan.

Tabel 2. Hasil Pengambilan Data RGB

Gambar	Tingkat Kematangan	Nilai RGB		
		R	G	B
	Mentah	80	105	67
	Hampir Setengah Matang	86	108	55
	Setengah Matang	89	105	57
	Hampir Matang	92	105	52
	Matang	97	102	50

Tabel 2. pada kondisi mentah, nilai RGB menunjukkan R = 80, G = 105, dan B = 67, dengan dominasi warna hijau yang tinggi sehingga mencerminkan kulit pisang yang masih hijau. Pada tahap hampir setengah matang, nilai R meningkat menjadi 86, G naik menjadi 108, sedangkan B menurun ke 55, yang menunjukkan adanya pergeseran warna ke arah kuning kehijauan. Selanjutnya, pada kondisi setengah matang, nilai R kembali naik menjadi 89, G sedikit menurun menjadi 105, dan B meningkat tipis menjadi 57, menandakan berkurangnya warna hijau dan mulai munculnya rona kuning. Pada tahap hampir matang, nilai R naik ke 92, G tetap pada 105, dan B turun menjadi 52, sehingga kulit pisang tampak semakin kuning pekat. Terakhir, pada kondisi matang, nilai R mencapai 97, G menurun menjadi 102, dan B semakin turun menjadi 50, menunjukkan dominasi warna kuning pekat yang menjadi ciri khas pisang matang sepenuhnya.

4.4 Penentuan Klasifikasi Kematangan

Penentuan klasifikasi dilakukan dengan menggunakan rentang rata-rata data RGB pada lima tingkat kematangan pisang sebagaimana data yang sudah di dapat pada bagian 4.3, yaitu rentang mentah hingga hampir setengah matang untuk kategori mentah, hampir setengah matang hingga hampir matang untuk kategori setengah

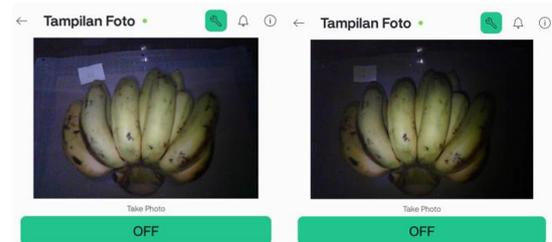
matang, dan hampir matang hingga matang untuk kategori matang. Maka nilai RGB referensi pada Tabel 3. berikut.

Tabel 3. Hasil penentuan data RGB

Tingkat Kematangan	Nilai RGB Referensi		
	R	G	B
Mentah	83	106	61
Setengah Matang	88	106	55
Matang	94	103	51

4.5 Pengujian Latency Foto Blynk

Pengujian dilakukan dengan menempatkan kamera ESP32-CAM pada bagian atas kotak uji, tepat menghadap ke bawah agar dapat menangkap objek secara maksimal.



Gambar 16. Hasil tampilan foto dalam kondisi terang dan gelap

Tabel 4. Data *latency* foto pada aplikasi Blynk

Status Foto	Kondisi Terang		Kondisi Gelap	
	Waktu Respon (ms)	Status Foto	Waktu Respon (ms)	Status Foto
Terkirim	1933	Terkirim	1040	Terkirim
Terkirim	3958	Terkirim	2991	Terkirim
Terkirim	2013	Terkirim	3030	Terkirim
Terkirim	5957	Terkirim	4017	Terkirim
Terkirim	990	Terkirim	2051	Terkirim
Terkirim	1966	Terkirim	3949	Terkirim
Terkirim	3916	Terkirim	946	Terkirim
Terkirim	2030	Terkirim	1010	Terkirim
Terkirim	1080	Terkirim	4050	Terkirim
Terkirim	7044	Terkirim	1975	Terkirim
Rata-rata	3088,7		3088,7	

Tabel 4. hasil pengujian latency foto pada aplikasi Blynk menunjukkan bahwa, pada kondisi terang seluruh foto berhasil terkirim dengan waktu respon yang bervariasi dengan rata-rata waktu respon pada kondisi terang adalah 3088,7 ms. Sedangkan pada kondisi gelap, cenderung lebih cepat dan stabil dengan

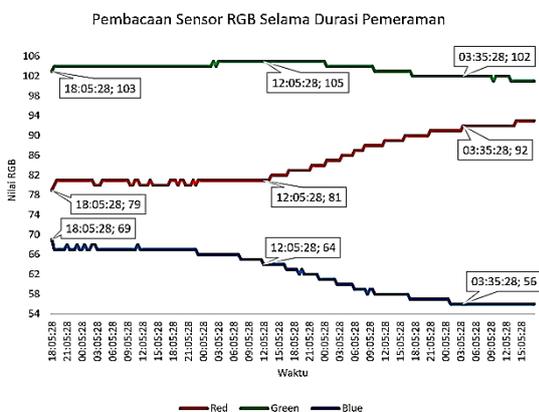
waktu rata-rata 2505,9 ms. Dari hasil rata-rata, waktu respon pada kondisi gelap lebih cepat dibandingkan kondisi terang. Hal ini disebabkan oleh gambar terang yang mengandung lebih banyak detail, yang mengharuskan pemrosesan yang lebih lama. Aspek lain seperti stabilitas jaringan dan besar file juga dapat mempengaruhi hasil yang didapat.

4.6 Pengujian Monitoring RGB

Hasil pengujian *Monitoring RGB* untuk mengamati perubahan warna buah dalam pemeraman pisang berbasis *Internet Of Things (IoT)* pada Tabel 5. berikut.

Tabel 5. Hasil pengujian perubahan warna RGB selama pemeraman

Hari Ke-	Tanggal	Jam	Pembacaan sensor RGB didalam kotak pemeraman			Euclidean Mentah	Euclidean $\frac{1}{2}$ Matang	Euclidean Matang	Klasifikasi Kematangan
			R	G	B				
1	18/06/25	18:05	79	103	69	9,43	16,91	23,43	Mentah
	19/06/25	00:05	81	104	67	6,63	14,04	20,64	Mentah
	19/06/25	06:05	81	104	67	6,63	14,04	20,64	Mentah
	19/06/25	12:05	80	104	67	7,00	14,56	21,28	Mentah
2	19/06/25	18:05	81	104	67	6,63	14,04	20,64	Mentah
	20/06/25	00:05	81	104	66	5,74	13,19	19,87	Mentah
	20/06/25	12:05	81	105	64	5,48	13,08	18,49	Mentah
	20/06/25	06:05	81	105	66	3,74	11,45	19,95	Mentah
3	20/06/25	12:05	81	105	64	1,41	7,28	18,49	Mentah
	21/06/25	00:05	84	105	61	3,00	6,16	14,28	Mentah
	21/06/25	05:05	86	104	60	3,74	5,74	12,77	Mentah
	21/06/25	05:35	86	104	60	4,90	4,58	12,08	Mentah
	21/06/25	06:05	87	104	59	7,35	4,36	10,68	Setengah Matang
4	21/06/25	12:05	89	103	58	9,00	4,90	8,60	Setengah Matang
	21/06/25	18:05	90	102	57	9,80	5,39	7,28	Setengah Matang
	22/06/25	00:05	91	102	57	10,25	5,10	6,78	Setengah Matang
	22/06/25	03:05	91	102	56	11,05	5,74	5,92	Setengah Matang
	22/06/25	03:35	92	102	56	11,05	5,74	5,48	Matang
	22/06/25	04:05	92	102	56	11,05	5,74	5,48	Matang
	22/06/25	06:05	92	102	56	11,05	5,74	5,48	Matang
22/06/25	12:05	92	102	56	11,05	5,74	5,48	Matang	
	22/06/25	17:05	93	101	56	12,25	7,14	5,48	Matang



Gambar 17. Grafik pembacaan RGB selama durasi pemeraman

Gambar 17. memperlihatkan perubahan nilai RGB selama proses pemeraman pisang. Nilai R (*Red*) meningkat dari 79 menjadi 91, menunjukkan semakin dominannya warna merah pada kulit pisang seiring bertambahnya kematangan. Nilai G (*Green*) menurun dari 105 menjadi 101, menandakan memudarnya warna hijau khas pisang mentah. Nilai B (*Blue*) juga menurun dari 69 menjadi 57, meskipun penurunannya tidak sebesar nilai R. Dari segi waktu, nilai RGB relatif stabil dari hari pertama hingga hari kedua pukul 12:05, di mana nilai R tercatat 81, G sebesar 105 dan B sebesar 64. Setelah waktu tersebut, terjadi peningkatan signifikan pada nilai R dan penurunan pada nilai B, yang menandakan transisi dari fase setengah

matang ke matang. Pada hari keempat sekitar pukul 03:35, nilai R mencapai 92, G sebesar 102, dan B sebesar 56, yang menunjukkan kondisi matang. Pola ini membuktikan bahwa sensor TCS34725 mampu memantau perubahan warna kulit pisang secara bertahap dan konsisten sesuai tingkat kematangan. Pengujian dimulai pada pukul 18:05 di hari pertama, dan berdasarkan hasil pengukuran nilai RGB, pisang mencapai kondisi matang pada sekitar hari keempat pukul 03:35. Dengan demikian,

durasi pemeraman yang diperlukan hingga pisang mencapai kematangan penuh kurang lebih 3,5 hari.

4.7 Pengujian Monitoring Suhu dan Kelembapan

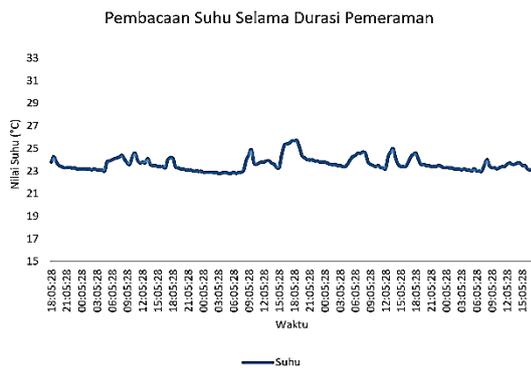
Hasil pengujian suhu dan kelembapan untuk mengamati perubahan suhu dan kelembapan dalam pemeraman pisang berbasis *Internet Of Things* (IoT) pada Tabel 6. berikut.

Tabel 6. Hasil pengujian suhu dan kelembapan selama durasi pemeraman

Hari Ke-	Tanggal	Jam	Pembacaan sensor DHT22 didalam kotak pemeraman	
			Suhu (°C)	Kelembapan (%)
1	18/06/25	18:05	23,6	94
	19/06/25	00:05	23,2	91
	19/06/25	06:05	23,9	93
	19/06/25	12:05	23,7	90
2	19/06/25	18:05	24,2	91
	20/06/25	00:05	23	89
	20/06/25	06:05	22,8	89
	20/06/25	12:05	23,8	80
3	20/06/25	18:05	25,7	91
	21/06/25	00:05	23,8	91
	21/06/25	06:05	24,3	94
	21/06/25	12:05	23,3	81
4	21/06/25	18:05	24,5	93
	22/06/25	00:05	23,3	91
	22/06/25	06:05	23,2	92
	22/06/25	12:05	23,4	76
	22/06/25	17:05	23,1	73
Rata-rata			23,6	88,1

Gambar 18. berdasarkan data pemantauan, suhu lingkungan menunjukkan perubahan yang cukup bervariasi, dengan rentang suhu antara 22,8 °C hingga 25,7 °C dengan rata-rata 23,6°C. Kenaikan suhu cenderung terjadi pada pagi menjelang siang hari, sementara penurunan suhu dominan pada malam hingga dini hari. Fluktuasi ini menunjukkan respon lingkungan terhadap siklus harian, yang dapat mempengaruhi kestabilan sistem *Monitoring*. Selain itu, penggunaan AC yang tidak stabil juga menjadi faktor utama yang menyebabkan naik turunnya suhu secara tidak seragam. Tidak terdapat lonjakan suhu ekstrem, yang menunjukkan bahwa perangkat *Monitoring* berjalan pada kondisi lingkungan yang relatif terkendali.

Gambar 19. berdasarkan data pemantauan, Nilai kelembapan menunjukkan tren penurunan bertahap selama proses pemeraman, dari nilai awal 94 % menjadi 73 %. Penurunan ini tampak fluktuatif dan cenderung terjadi saat suhu naik atau terjadi saat AC dimatikan yang menyebabkan udara menjadi lebih kering. Sebaliknya, saat AC dinyalakan, kelembapan cenderung stabil atau sedikit naik karena kondisi udara yang lebih sejuk. Meskipun rata-rata kelembapan tetap berada pada angka tinggi, yaitu 88,1%, perubahan kondisi lingkungan yang kurang stabil ini tetap menjadi faktor yang perlu diperhatikan selama proses pemeraman berlangsung.



Gambar 18. Grafik Pembacaan suhu selama durasi pemeraman



Gambar 19. Grafik pembacaan kelembapan selama durasi pemeraman

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan evaluasi Sistem *Monitoring* dan Otomatisasi Proses Pemeraman Buah Pisang berbasis *Internet Of Things* (IoT), diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

- Pembacaan RGB selama pemeraman, nilai *Red* (R) naik dari 79 ke 93, *Green* (G) turun dari 105 ke 101, dan *Blue* (B) turun dari 69 ke 56. Pola ini menunjukkan perubahan warna pisang dari mentah ke matang dan sensor RGB TCS34725 berhasil mendeteksi perubahan warna ini dengan akurat dan bertahap.
- Perubahan tingkat kematangan buah pisang dari mentah ke setengah matang terdeteksi pada pukul 06:05:28 di hari ketiga dan berlanjut menjadi matang pada pukul 04:05:28 di hari keempat. Dengan pengujian awal dimulai pada pukul 18:05:28 pada hari kesatu, maka

durasi pemeraman yang dibutuhkan hingga pisang matang adalah $\pm 3,5$ hari.

- Monitoring* suhu dan kelembapan selama pemeraman menunjukkan rentang suhu $22,8^{\circ}\text{C}$ – $25,7^{\circ}\text{C}$ dengan rata-rata $23,6^{\circ}\text{C}$ dan kelembapan 73%–94% dengan rata-rata 88,1%. Fluktuasi dipengaruhi oleh siklus harian dan penggunaan AC ruangan yang tidak stabil.
- Sistem memiliki kelebihan berupa deteksi warna yang akurat dan pemantauan suhu serta kelembapan secara *real-time*, namun masih terdapat kekurangan seperti fluktuasi data akibat ketidakstabilan suhu ruangan dan belum adanya cadangan daya.
- Pengembangan selanjutnya dapat dilakukan dengan peningkatan akurasi melalui *object detection*, penambahan penyimpanan data historis, serta penggunaan cadangan daya seperti baterai agar sistem tetap stabil saat listrik padam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Tuhan yang Maha Esa dan semua pihak yang telah memberikan bimbingan, dukungan, dan doa selama proses penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- B. P. Statistik, “Produksi Tanaman Buah-buahan, 2021-2023,” <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/NjIjMg==/produksi-tanaman-buah-buahan.html>. Accessed: Jul. 30, 2025. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/NjIjMg==/produksi-tanaman-buah-buahan.html>
- D. Triardianto *et al.*, “Agrosaintifika : Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Pengaruh Suhu Terhadap Parameter Fisik Pisang Kepok (*Musa acuminata*) Selama Penyimpanan,” *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, vol. 5, no. 1, 2022.
- Addelia Shakilla, Siti Asmaniyah Madiyani, and Maria Ulfah, “Domestikasi Tanaman Jombang (*Taraxacum Officinale*) Melalui Perlakuan Zat Pengatur Tumbuh Untuk Memperoleh Benih Berkualitas Baik,” *Folium: Jurnal Ilmu Pertanian*, vol. 5, no. 2, pp. 69–79, 2021, doi: <https://doi.org/10.33474/folium.v5i2.13103>.
- N. Haruna, D. Rahmi, and A. Mudaffar, “Pengaruh Konsentrasi Zat Etefon Terhadap

- Pematangan Buah Pisang Kepok (Musa Paradisiaca L.),” *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, vol. 12, no. 1, 2024.
- [5] Dinas Pertanian dan Pangan, “Teknik Pemeraman Buah Pisang Berwarna Kuning Sempurna,” <https://pertanian.jogjakota.go.id/detail/index/19061>. Accessed: Jul. 30, 2025. [Online]. Available: <https://pertanian.jogjakota.go.id/detail/index/19061>
- [6] Rio Wahyudi and Edidas, “Perancangan Dan Pembuatan Sistem Keamanan Rumah Berbasis *Internet Of Things* Menggunakan ESP32-CAM,” *Jurnal Pendidikan Tambusai*, vol. 6, no. 1, pp. 1135–1141, 2022.
- [7] S. Viola Widyasari, M. Ihsan Muttaqin, T. Putri Ananda, and A. Stefanie, “Implementasi *Internet Of Things* Pada Sistem *Monitoring* Kematangan Buah Pepaya California Dengan Metode Deep Learning,” *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, vol. 7, no. 3, 2023.
- [8] Berlian Bunga Sari, Weny Indah Kusumawati, Harianto, and Musayyanah, “Prototipe Otomasi Pemantauan Suhu Dan Pemberian Tekanan Gas Pada Pemeraman Pisang Cavendish,” *Jurnal Multinetics*, vol. 10, no. 1, May 2024.
- [9] Ferdiansyah, Anis Nurya, Junita, Evril Yolanda, Fajar, and Tessa Nurul Shahira, “Pemeraman Buah Pisang dan Pepaya dengan Beberapa Perlakuan Khusus,” *Journal of Applied Science and Tecnology of Agriculture*, vol. 1, Mar. 2024.
- [10] A. Selay *et al.*, “*Internet Of Things*,” *Jurnal Karimah Tauhid*, vol. 1, 2022.
- [11] Yeol Tambing, Muhlis Muhallim, and Rinto Suppa, “Prototype Sistem Kontrol Lampu Berbasis *Internet Of Things* (IoT) Menggunakan NODEMCU,” *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 1, Jan. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i1.3702.
- [12] A. A. Poetra *et al.*, “Prototipe Sistem *Monitoring* Ketinggian Air Pada Tangki Berbasis *Internet Of Things*,” *Sigma Teknika*, vol. 6, no. 1, pp. 97–108, 2023.
- [13] A. Fauzi, R. Aisuwarya, and R. Aisuwarya, “Sistem Kendali Jarak Jauh dan *Monitoring* Penggunaan Listrik pada Pompa Air melalui Smartphone,” *JITCE (Journal of Information Technology and Computer Engineering)*, vol. 4, no. 01, pp. 32–39, Mar. 2020, doi: 10.25077/jitce.4.01.32-39.2020.
- [14] R. Setyawan and H. Istiqlaliyah, “Aplikasi Sistem Otomasi Vacuum Frying Pada Alat Penggoreng Keripik Serbaguna,” *Seminar Nasional Inovasi Teknologi*.
- [15] Bustos Jiménez and Fernando, “Lectura de códigos 2D empleando una cámara de un Arduino ,” Universidad de Valladolid, 2024. Accessed: Jul. 30, 2025. [Online]. Available: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/70794?locale-attribute=es>
- [16] A. Ipanhar, T. K. Wijaya, and P. Gunoto, “Perancangan Sistem *Monitoring* Pintu Otomatis Berbasis IOT Menggunakan ESP32-CAM,” *Sigma Teknika*, vol. 5, no. 2, pp. 333–350, Nov. 2022.
- [17] M. Dianing Utami and A. Ajulian Zahra dan Sudjadi, “Perancangan Dan Analisa Kinerja Sistem Akuisisi Data Sensor TCS34725 Dan Pengelihan Pompa Motor DC Pada Alat Pencampur Warna,” *TRANSIENT*, vol. 9, no. 3, pp. 2685–0206, 2020, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient>
- [18] H. Suryantoro, “Prototipe Dehumidifier untuk *Monitoring* Kelembaban Laboratorium Biomedis Menggunakan Sensor DHT22 dan Peltier TEC1-12706 Berbasis Arduino,” *INDONESIAN JOURNAL OF LABORATORY*, Oct. 2023.
- [19] M. Rijaluddin Tahfiz, A. Azis, N. Nurdiana, J. Teknik Elektro Universitas PGRI Palembang, P. A. Jl Jend Yani Lrg Gotong Royong, and U. Palembang, “Perancangan Sistem Penggerak Panel Surya pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Mobile Berbasis Arduino,” *ELECTRICIAN - Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 17, no. 2, 2023.
- [20] D. Agus Riyanto, E. Pranita, N. Faqih Ardiantoro, M. Jari Nurman Sahputra, S. Fatimah, and A. Wahyudi, “Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis IoT Menggunakan Node MCU ESP8266,” *ELECTRICIAN - Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 19, no. 2, 2025, doi: <https://doi.org/10.23960/elc.v19n2.2786>.