E-ISSN : 2988-1986
https://ejournal.cahayailmubangsa.institute/index.php/kohesi
Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek
Volume 10 No 3 Tahun 2025

ALAT PENDETEKSI KEMATANGAN BUAH PEPAYA

Fauzan Hanif[1], Irwansyah[2], Wahyuni Eka Sari[3]

[1, 2, 3] Teknologi Informasi, Teknologi Rekayasa Komputer, Politeknik Negeri Samarinda
Jl Cipto Mangunkusumo Kampus Gunung Lipan , Kec. Samarinda Seberang, Kota Samarinda
Email : fauzanhnf2@gmail.com, irwansyah@polnes.ac.id, wahyunisari52@gmail.com

Abstract

Manually determining papaya ripeness is often inaccurate due to subjectivity, differences in perception, and lighting. These errors can lead to papaya being harvested too early or too late, reducing quality and market value. This study designed a ripeness detection tool based on Arduino Nano and TCS34725 color sensor to classify papaya into unripe, semi-ripe, and ripe. From 15 samples, the success rate reached 86.67% (unripe and ripe 100%, semi-ripe 60%), with errors in semi-ripe due to similarity in RGB values. Adjustment of RGB value limits and classification logic improved system performance. This tool has the potential to be used for automatic sorting and can be adapted to other fruits.

Keywords: *ripeness detection, TCS34725 color sensor, agribusiness, RGB value, papaya.*

Abstrak

kematangan pepaya secara manual sering tidak akurat akibat subjektivitas, perbedaan persepsi, dan pencahayaan. Kesalahan ini dapat membuat pepaya dipanen terlalu dini atau terlambat, menurunkan kualitas dan nilai jual. Penelitian ini merancang alat pendeteksi kematangan berbasis Arduino Nano dan sensor warna TCS34725 untuk mengklasifikasikan pepaya menjadi mentah, setengah matang, dan matang. Dari 15 sampel, tingkat keberhasilan mencapai 86,67% (mentah dan matang 100%, setengah matang 60%), dengan kesalahan pada setengah matang akibat kemiripan nilai RGB. Penyesuaian batas nilai RGB dan logika klasifikasi meningkatkan kinerja sistem. Alat ini berpotensi digunakan untuk sortir otomatis dan dapat disesuaikan untuk buah lain.

Kata kunci: Deteksi kematangan, sensor warna TCS34725, agribisnis, nilai RGB, pepaya.

Article History
Received: Agustus 2025
Reviewed: Agustus 2025
Published: Agustus 2025

Plagiarism Checker No 235
Prefix DOI : 10.8734/Kohesi.v1i2.365
Copyright : Author
Publish by : Kohesi

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

PENDAHULUAN

Dalam sektor pertanian dan agribisnis, penentuan waktu panen buah merupakan faktor penting untuk menjaga kualitas, rasa, dan nilai jual produk. Pepaya, sebagai salah satu komoditas buah tropis unggulan Indonesia, memiliki tingkat kematangan yang sangat mempengaruhi penerimaan pasar. Metode konvensional yang umum digunakan, seperti pengamatan visual terhadap warna kulit, aroma, dan tekstur, bersifat subjektif dan rentan menimbulkan kesalahan, terutama pada skala produksi besar atau kondisi pencahayaan yang bervariasi[1].

Menurut Food and Agriculture Organization (FAO), sekitar 14% hasil panen global hilang setiap tahun akibat penanganan pascapanen yang tidak tepat, termasuk kesalahan dalam menentukan kematangan buah. Di Indonesia, kerugian ekonomi pada komoditas pepaya dapat mencapai 20–30% akibat panen yang terlalu dini atau terlambat (FAO, 2023). Hal ini menunjukkan perlunya teknologi yang lebih objektif dan akurat dalam mendeteksi kematangan buah[2].

Perkembangan teknologi sensor dan mikrokontroler memberikan solusi potensial untuk permasalahan tersebut. Salah satunya adalah penggunaan sensor warna TCS34725 yang mampu membaca nilai RGB (Red, Green, Blue) dari kulit buah sebagai indikator kematangan [3]. Data yang diperoleh kemudian diproses oleh mikrokontroler Arduino Nano untuk mengklasifikasikan pepaya menjadi tiga kategori: mentah, setengah matang, dan matang.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan alat pendeteksi kematangan pepaya berbasis Arduino Nano dan sensor warna TCS34725, serta menguji tingkat akurasinya dalam kondisi terkontrol. Dengan adanya sistem ini, diharapkan proses sortir dan penentuan waktu panen dapat dilakukan secara lebih cepat, konsisten, dan mengurangi kerugian pascapanen.

TINJAUAN PUSTAKA

Arduino Nano

Arduino Nano adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega328P yang berukuran ringkas dan hemat daya, sehingga cocok untuk aplikasi portabel. Papan ini memiliki 14 pin digital, 8 pin analog, dan mendukung komunikasi I2C serta UART. Arduino Nano diprogram menggunakan Arduino IDE dengan bahasa C/C++ yang disederhanakan [4].

Sensor Warna TCS34725

Sensor TCS34725 memiliki photodiode untuk mendeteksi komponen warna merah (R), hijau (G), biru (B), dan transparan (clear). Sensor ini dilengkapi white LED internal untuk memberikan pencahayaan stabil, sehingga pembacaan warna menjadi akurat pada berbagai kondisi pencahayaan. Komunikasi dilakukan menggunakan protokol I2C [5].

TCA9548A Multiplexer

TCA9548A merupakan I2C multiplexer yang memungkinkan koneksi hingga 8 perangkat I2C dengan alamat yang sama pada satu mikrokontroler. Komponen ini digunakan untuk menghubungkan beberapa sensor warna secara bersamaan tanpa konflik alamat.

Motor Servo Continuous 360°

Motor servo tipe continuous rotation dapat berputar penuh searah atau berlawanan jarum jam, dan digunakan untuk memutar dudukan buah saat pengambilan data. Posisi dan kecepatan putar dikendalikan menggunakan sinyal PWM dari Arduino [6].

LCD 16x2 I2C

Limit switch digunakan sebagai saklar mekanik untuk mendeteksi keberadaan objek atau batas pergerakan. Dalam sistem ini, limit switch berfungsi untuk mendeteksi posisi buah sebelum dilakukan pengukuran warna [8].

METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahap pertama adalah perancangan sistem, yang meliputi pembuatan diagram blok, desain rangkaian, serta pemilihan komponen utama seperti Arduino Nano, sensor warna TCS34725, LCD, dan catu daya. Selanjutnya dilakukan pembuatan perangkat keras dengan merakit Arduino Nano, sensor TCS34725, LCD, serta pemasangan seluruh komponen ke dalam casing atau housing yang telah dirancang.

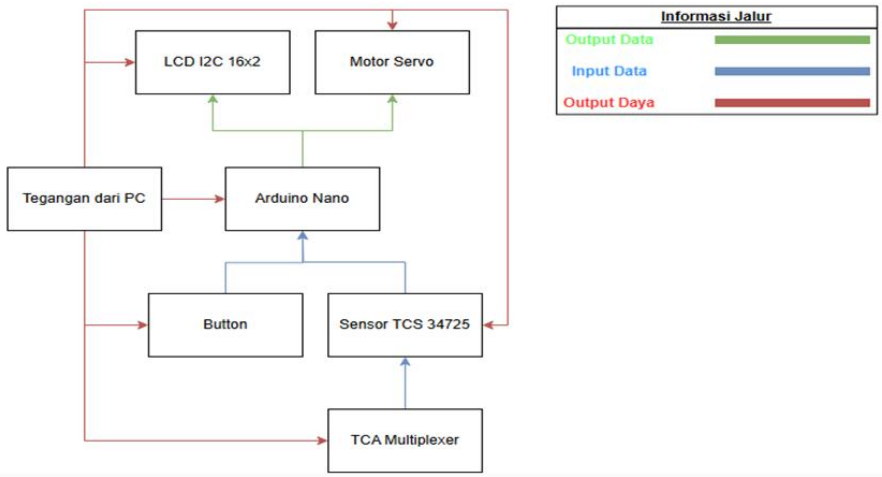
Tahap berikutnya adalah pembuatan perangkat lunak menggunakan Arduino IDE untuk membaca nilai RGB dari sensor dan mengklasifikasikan tingkat kematangan pepaya. Program dilengkapi algoritma yang membagi hasil pengukuran menjadi tiga kategori, yaitu mentah, setengah matang, dan matang.

Tahap pengujian sistem dilakukan dengan mengambil data RGB dari 15 sampel pepaya dengan tingkat kematangan berbeda. Data tersebut diklasifikasikan menggunakan metode jarak Euclidean yang membandingkan nilai sampel dengan nilai referensi setiap kategori kematangan.

Setelah uji awal, dilakukan kalibrasi dan perbaikan dengan menyesuaikan batas nilai RGB berdasarkan hasil pengujian sebelumnya. Tahap ini bertujuan meningkatkan akurasi sistem sebelum dilakukan pengujian ulang:

1. Diagram Blok

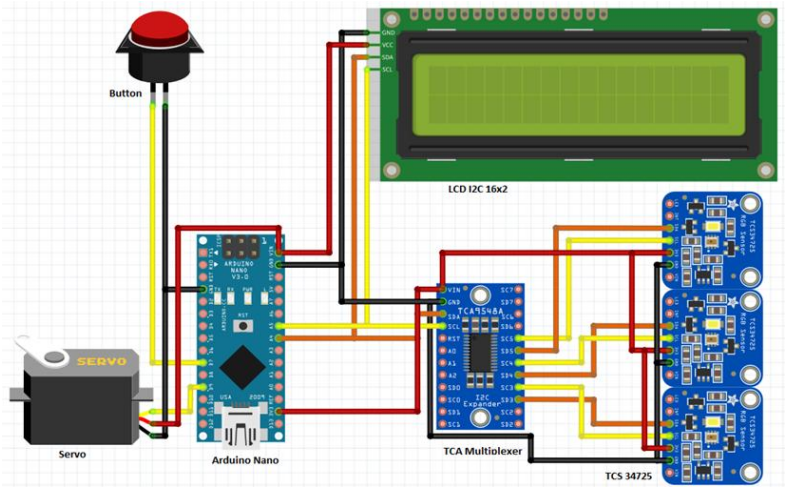
Diagram Blok dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok Perangkat Keras

2. Diagram Perangkat Keras

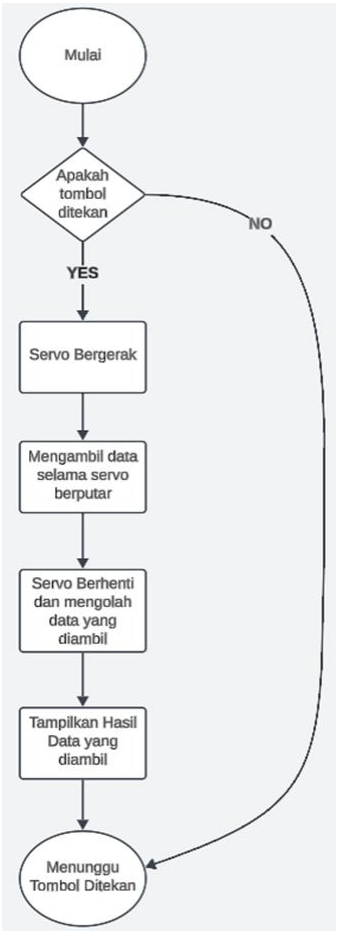
Skematik Rangkaian dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Skematik Rangkaian

3. Flowchart

Flowchart dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Flowchart

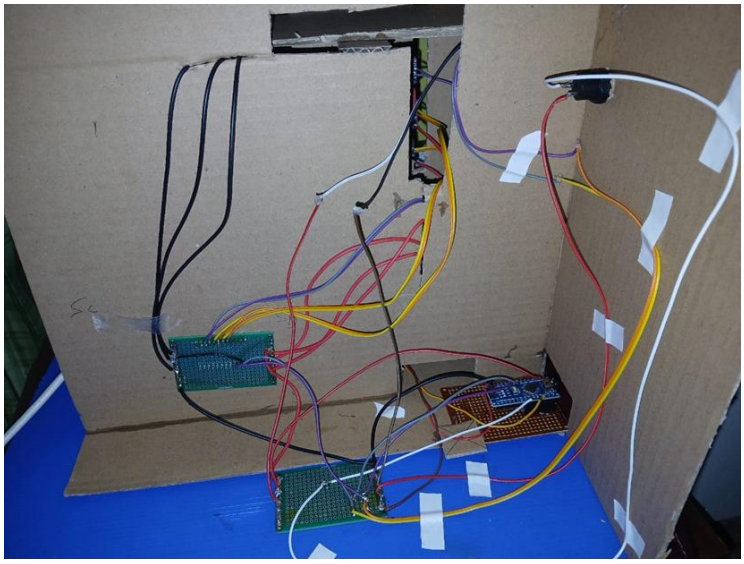
Flowchart pada Gambar 3 menggambarkan alur kerja sistem pendeteksi kematangan buah pepaya berbasis sensor warna TCS34725 yang dirancang untuk bekerja secara otomatis dan berulang. Proses dimulai dari kondisi awal ketika sistem melakukan pengecekan status tombol (button). Tombol ini berfungsi sebagai pemicu utama untuk memulai proses pengukuran. Apabila tombol belum ditekan, sistem tetap berada dalam keadaan idle dan terus memantau input hingga menerima sinyal penekanan tombol dari pengguna. Setelah tombol ditekan, Arduino Nano sebagai pusat kendali mengirimkan perintah kepada motor servo untuk bergerak memposisikan buah pepaya pada area deteksi. Pada tahap ini, sensor TCS34725 mulai melakukan pembacaan nilai warna kulit buah dalam format RGB, yang diambil secara berkesinambungan selama pergerakan servo berlangsung untuk memastikan akurasi pengambilan data.

Ketika pergerakan motor servo selesai, sistem menghentikan pergerakan dan memasuki tahap pemrosesan data. Nilai RGB yang terkumpul dianalisis menggunakan metode jarak Euclidean untuk menentukan kedekatannya dengan nilai referensi pada setiap kategori kematangan, yaitu mentah, setengah matang, dan matang. Hasil dari proses klasifikasi ini kemudian dikirimkan ke LCD I2C 16x2 untuk ditampilkan kepada pengguna secara langsung. Setelah hasil ditampilkan, sistem secara otomatis kembali ke tahap awal untuk menunggu penekanan tombol berikutnya, sehingga proses dapat diulang kapan saja sesuai kebutuhan. Alur ini dirancang agar sistem mampu melakukan deteksi secara efisien, konsisten, dan mudah dioperasikan oleh pengguna tanpa memerlukan pengaturan ulang yang rumit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

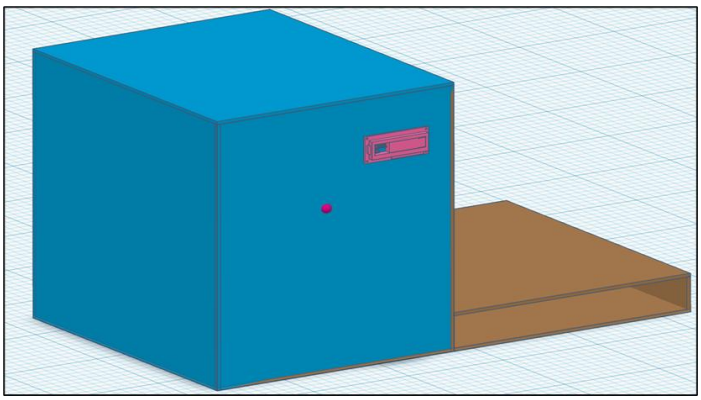
Hasil pembuatan hardware

Gambar 4 menunjukkan rangkaian papan PCB yang telah dirancang untuk menghubungkan semua komponen elektronik utama.



Gambar 4. Rangkaian Papan PCB

Gambar 5 memperlihatkan desain 3D dari sistem yang telah dirakit secara keseluruhan. Pada desain tersebut terlihat komponen utama berupa Kardus dan sensor



Gambar 5. Desain 3D

Hasil pengujian Alat

Pengujian dilakukan terhadap 15 sampel pepaya (5 mentah, 5 setengah matang, dan 5 matang) menggunakan sensor warna TCS34725. Sensor membaca nilai RGB kulit pepaya, kemudian hasilnya diklasifikasikan menggunakan metode jarak Euclidean terhadap nilai referensi tiap kategori kematangan.

Tabel 1. Nilai RGB Hasil Pengujian

Kategori Aktual	R (Merah)	G (Hijau)	B (Biru)	Klasifikasi	Akurasi(%)
Setengah Matang	175	141	56	Matang	
Setengah Matang	174	132	53	Matang	
Setengah Matang	167	148	55	Tidak Dikenal	0%
Setengah Matang	166	138	54	Matang	
Setengah Matang	158	135	52	Matang	
Mentah	52	70	32	Mentah	
Mentah	57	78	35	Mentah	
Mentah	52	69	32	Mentah	100%
Mentah	48	64	29	Mentah	
Mentah	50	66	30	Mentah	
Matang	164	131	51	Matang	
Matang	167	134	52	Matang	
Matang	180	142	54	Matang	80%
Matang	194	138	100	Tidak Dikenal	
Matang	168	134	52	Matang	

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem deteksi mampu mengidentifikasi pepaya kategori matang dengan akurasi **80%** (4 dari 5 sampel terdeteksi benar). Rentang nilai RGB yang digunakan cukup sesuai dengan karakteristik warna pepaya matang (jingga–oranye pekat), meskipun terjadi satu kasus salah klasifikasi yang diduga disebabkan oleh variasi warna kulit di luar rentang yang ditetapkan, perbedaan tingkat kematangan dalam kategori, atau faktor pencahayaan dan kondisi permukaan kulit.

Pada kategori mentah, akurasi mencapai **100%** dengan seluruh sampel terdeteksi tepat. Hal ini menunjukkan bahwa rentang nilai RGB untuk kategori mentah telah terdefinisi dengan baik, dengan warna kulit hijau pekat yang mudah dibedakan dari kategori lain dan minim tumpang tindih nilai RGB.

Sebaliknya, kategori setengah matang memiliki kinerja terendah dengan akurasi **0%**, di mana seluruh sampel terdeteksi sebagai matang. Kondisi ini mengindikasikan adanya tumpang tindih rentang RGB dengan kategori matang atau batas kategori yang terlalu sempit. Warna kulit setengah matang (hijau kekuningan–oranye muda) yang berada di antara dua kategori utama membuatnya rentan salah klasifikasi, ditambah potensi pengaruh pencahayaan dan sudut pengambilan data.

Secara keseluruhan, tingkat keberhasilan deteksi adalah **60%** (9 dari 15 sampel). Berdasarkan analisis nilai RGB, kategori matang cenderung memiliki nilai R lebih tinggi, sementara G dan B menurun seiring kematangan. Nilai RGB kategori mentah dan matang berbeda signifikan, sedangkan setengah matang berada di antara keduanya. Untuk meningkatkan akurasi, disarankan kalibrasi batas nilai RGB setiap kategori dan penerapan algoritma toleransi adaptif untuk meminimalkan kesalahan klasifikasi.

Tabel 2. Nilai RGB Setelah Kalibrasi

Kategori Aktual	R (Merah)	G (Hijau)	B (Biru)	Klasifikasi	Akurasi(%)
Mentah	58	78	54	Mentah	
Mentah	58	79	54	Mentah	
Mentah	57	76	33	Mentah	100%
Mentah	51	68	29	Mentah	
Mentah	58	77	34	Mentah	
Setengah Matang	95	111	44	Setengah Matang	
Setengah Matang	90	104	42	Setengah Matang	
Setengah Matang	82	100	41	Mentah	60%
Setengah Matang	89	102	42	Mentah	
Setengah Matang	86	98	41	Setengah Matang	
Matang	268	169	71	Matang	
Matang	229	147	59	Matang	
Matang	217	139	57	Matang	100%
Matang	267	167	72	Matang	
Matang	277	174	72	Matang	

Pada pengujian kedua, performa sistem mengalami peningkatan signifikan dengan tingkat keberhasilan **86,67%** dari 15 sampel. Kategori mentah dan matang menunjukkan akurasi **100%**, menandakan bahwa rentang nilai RGB untuk kedua kategori telah terdefinisi dengan baik dan bebas dari tumpang tindih.

Kategori setengah matang memperoleh akurasi **60%**, dengan sebagian sampel salah terklasifikasi sebagai mentah. Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun telah dilakukan penyesuaian rentang RGB dan perbaikan algoritma, warna pepaya setengah matang (hijau kekuningan–oranye muda) masih memiliki kemiripan nilai RGB dengan kategori mentah, sehingga rentan salah klasifikasi.

Hasil ini membuktikan bahwa optimasi parameter RGB dan algoritma mampu meningkatkan akurasi, terutama pada kategori yang secara visual mudah dibedakan seperti mentah dan matang. Namun, untuk mencapai akurasi optimal pada kategori setengah matang, diperlukan penyesuaian lanjutan, misalnya penerapan metode klasifikasi tambahan atau integrasi sensor pendukung guna memperkuat pemisahan antar kategori.

Perbandingan antara pengujian pertama dan kedua menunjukkan bahwa parameter RGB untuk kategori mentah dan matang stabil di kedua tahap, sementara kategori setengah matang tetap menjadi tantangan utama. Penyesuaian batas nilai RGB serta penerapan algoritma yang lebih adaptif terbukti meningkatkan akurasi sistem dan membuatnya lebih andal dalam mengklasifikasikan tingkat kematangan pepaya. Hasil pengujian menunjukkan adanya hubungan signifikan antara nilai RGB kulit buah pepaya dan tingkat kematangan. Data dari pengujian awal dan revisi dirangkum pada tabel 3 berikut.

Tabel 3 Hasil pengujian

Kategori Kematangan	Rata-rata R (Awal)	Rata-rata G (Awal)	Rata-rata B (Awal)	Rata-rata R (Revisi)	Rata-rata G (Revisi)	Rata-rata B (Revisi)
Mentah	58	77	34	58	77	34
Setengah Matang	95	111	44	89	102	42
Matang	267	167	72	267	167	72

Revisi rentang nilai RGB pada kategori setengah matang meningkatkan akurasi deteksi dengan meminimalkan tumpang tindih nilai terhadap kategori matang. Tantangan utama selama pengujian adalah ketidakstabilan pembacaan akibat pencahayaan tidak merata dan kondisi permukaan kulit buah. Masalah ini diatasi dengan penggunaan LED putih internal pada sensor TCS34725, pembersihan sampel sebelum pengujian, serta pengaturan jarak sensor yang presisi. Algoritma kalibrasi adaptif dan perluasan rentang nilai RGB membantu mengakomodasi variasi warna akibat bercak atau noda, sementara pre-processing data mengabaikan nilai ekstrem untuk mengurangi kesalahan klasifikasi. Hasilnya, akurasi meningkat di semua kategori, terutama setengah matang, dan alat mampu memberikan hasil yang konsisten dengan keandalan tinggi untuk aplikasi lapangan.

Evaluasi Akurasi Alat Deteksi Kematangan Buah

Setiap buah diuji beberapa kali, dan nilai RGB yang diperoleh dihitung rata-ratanya untuk mendapatkan representasi warna yang stabil dari masing-masing kategori kematangan. Berdasarkan hasil pengamatan dan uji coba, ditetapkan nilai rata-rata RGB sebagai pusat kategori (centroid) untuk klasifikasi:

No	Kategori Kematangan	Rata-rata R	Rata-rata G	Rata-rata B
1	Mentah	58	77	34
2	Setengah Matang	89	102	42
3	Matang	267	167	72

Nilai-nilai ini kemudian digunakan sebagai acuan untuk menentukan seberapa dekat warna buah yang diuji dengan masing-masing kategori kematangan. Untuk mengukur kedekatan ini secara kuantitatif, digunakan metode jarak Euclidean. Untuk mengukur seberapa dekat nilai RGB suatu sampel terhadap kategori kematangan tertentu, digunakan metode jarak Euclidean. Rumusnya adalah sebagai berikut:

$$D = \sqrt{(R - R_c)^2 + (G - G_c)^2 + (B - B_c)^2}$$

Keterangan:

R, G, B = Nilai dari hasil pemmbacaan sensor

R_c, G_c, B_c = nilai RGB pusat Kategori

Sebagai contoh, buah dengan nilai RGB (132, 88, 51) akan memiliki jarak terhadap masing-masing kategori sebagai berikut:

Jarak ke Mentah:

$$\sqrt{(132 - 80)^2 + (88 - 120)^2 + (51 - 60)^2}$$

$$= \sqrt{(2704 + 1024 + 81)} \approx 62{,}94$$

Jarak Ke Setengah Matang:

$$\sqrt{((132 - 130)^2 + (88 - 90)^2 + (51 - 50)^2)}$$

$$= \sqrt{\sqrt{(4 + 4 + 1)}} \approx 2{,}45$$

Jarak Ke Matang:

$$\sqrt{((132 - 180)^2 + (88 - 60)^2 + (51 - 40)^2)}$$

$$= \sqrt{(2304 + 784 + 121)} \approx 60{,}41$$

Berdasarkan jarak terkecil, buah tersebut diklasifikasikan sebagai setengah matang. Untuk memastikan bahwa metode perhitungan jarak Euclidean ini memberikan hasil yang akurat dan sesuai

dengan pengamatan nyata, dilakukan tahap validasi hasil klasifikasi. Validasi hasil klasifikasi dilakukan dengan membandingkan output sistem berbasis metode jarak Euclidean terhadap hasil pengamatan visual. Pada pengujian pertama, dari total 30 sampel yang diuji, alat berhasil mengklasifikasikan 23 sampel dengan benar, menghasilkan tingkat pendeteksian sebesar 76%. Akurasi tinggi tercapai pada kategori pepaya mentah dan matang, namun seluruh sampel kategori setengah matang gagal dikenali dan diklasifikasikan sebagai matang. Hal ini menunjukkan bahwa alat mengalami kesulitan dalam membedakan kategori transisi, karena nilai RGB dari buah setengah matang cenderung tumpang tindih dengan kategori matang.

Setelah dilakukan penyesuaian terhadap rentang nilai RGB serta peningkatan pada algoritma klasifikasi, alat diuji kembali dengan sampel dan kondisi yang sama. Hasil pengujian kedua menunjukkan peningkatan signifikan, di mana seluruh sampel dari ketiga kategori berhasil terklasifikasi dengan tepat. Hal ini membuktikan bahwa metode berbasis jarak dapat diandalkan selama batas klasifikasinya dikalibrasi dengan cermat. Pendekatan ini juga memberikan dasar yang kuat untuk pengembangan lebih lanjut menuju sistem klasifikasi otomatis berbasis kecerdasan buatan yang mampu beradaptasi terhadap variasi warna dan karakteristik buahlearning di masa depan.

Penerapan sistem klasifikasi berbasis sensor ini dapat membantu petani dan pelaku agribisnis dalam menentukan tingkat kematangan buah secara lebih objektif dan efisien, sekaligus mengurangi ketergantungan pada penilaian manual yang bersifat subjektif.

Analisa hasil

Hasil pengujian alat pendeteksi tingkat kematangan pepaya berbasis sensor warna TCS34725 menunjukkan peningkatan kinerja setelah dilakukan perbaikan sistem. Pada pengujian awal, alat mencapai akurasi total 60%, dengan keberhasilan tinggi pada kategori mentah (100%) dan matang (80%), namun gagal mengenali kategori setengah matang (0%) akibat tumpang tindih rentang nilai RGB dengan kategori matang. Setelah revisi rentang nilai RGB dan penerapan algoritma adaptif, akurasi keseluruhan meningkat menjadi 86,67%, dengan kategori mentah dan matang terdeteksi sempurna (100%) serta kategori setengah matang meningkat menjadi 60%. Analisis nilai rata-rata RGB menunjukkan perbedaan yang lebih jelas antar kategori setelah revisi, sehingga mengurangi kesalahan klasifikasi. Faktor pencahayaan, kondisi permukaan kulit buah, dan variasi warna menjadi tantangan utama, yang diatasi melalui penggunaan LED putih internal, pengaturan jarak sensor, kalibrasi ulang, dan pre-processing data. Validasi menggunakan metode jarak Euclidean membuktikan bahwa sistem mampu mengklasifikasikan pepaya secara lebih akurat setelah penyesuaian, menjadikannya solusi potensial untuk aplikasi agribisnis.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan, dan pengujian, alat pendeteksi kematangan pepaya berbasis sensor warna TCS34725 mampu mengklasifikasikan buah menjadi tiga kategori (mentah, setengah matang, matang) dengan akurasi total 86,67% pada pengujian terakhir. Kategori mentah dan matang menunjukkan akurasi sempurna (100%), sedangkan kategori setengah matang mencapai 60% akibat kemiripan nilai RGB dengan kategori mentah. Perbaikan melalui penyesuaian rentang RGB dan logika klasifikasi berhasil meningkatkan performa dibandingkan pengujian awal, sehingga alat ini berpotensi diterapkan pada proses sortir pepaya secara otomatis dan dikembangkan untuk komoditas lain. Untuk pengembangan lebih lanjut, pengujian dapat diperluas pada berbagai varietas dan kondisi lingkungan. Algoritma machine learning atau computer vision dapat diintegrasikan untuk meningkatkan akurasi, dan prototipe portabel dengan antarmuka yang mudah digunakan dapat dirancang agar lebih praktis. Penghubungan alat dengan sistem manajemen agribisnis berbasis IoT akan memungkinkan pemantauan real-time dan analisis historis. Selain itu, peningkatan ketahanan fisik alat terhadap kondisi lapangan serta penyesuaian parameter agar dapat digunakan pada buah lain seperti pisang, mangga, dan tomat juga menjadi langkah pengembangan yang potensial. Inovasi ini diharapkan mampu mendukung efisiensi dan keberlanjutan sektor agribisnis modern.

REFERENSI

[1] Z. Yunizar, “IDENTIFIKASI TAHAP KEMATANGAN BUAH PEPAYA BERDASARKAN WARNA MENGGUNAKAN METODE FUZZY 1),” 2019.

[2] A. Ridwan, J. Teknik Elektronika, P. Manufaktur Negeri Bangka Belitung Sungailiat, and B. Belitung, “RANCANG BANGUN ALAT PENYORTIR WARNA MENGGUNAKAN SENSOR WARNA TCS3200.”

[3] S. Melisa and A. Fauzi, “Penerapan Machine Learning Untuk Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Anggur (Vitis) Dengan Metode K-Nearest Neighbor,” 2022.

[4] R. Aprillia, S. R. Safitri, and I. Masruroh S, “ALAT PENDETEKSI KEMATANGAN BUAH BERBASIS ARDUINO,” *SPEKTRA: Jurnal Kajian Pendidikan Sains*, vol. 8, no. 1, 2022, doi: 10.32699/spektra.v8i1.232.

[5] M. Dianing Utami and A. Ajulian Zahra dan Sudjadi, “PERANCANGAN DAN ANALISA KINERJA SISTEM AKUISISI DATA SENSOR TCS34725 DAN PEGELIAN POMPA MOTOR DC PADA ALAT PENCAMPUR WARNA,” 2020. [Online]. Available: https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient

[6] Sujarwata, “Pengendali Motor Servo Berbasis Mikrokontroler Basic Stamp 2Sx Untuk Mengembangkan Sistem Robotika,” *Engineering and Sains Journal*, vol. V, 2013.

[7] M. Roghib, "Program LCD i2c," *Menara Ilmu Mikrokontroller Universitas Gajah Mada*, 2018.

[8] L. Wang, J. Pan, Y. Gao, B. Wang, K. Hong, and X. Chen, "Incipient fault diagnosis of limit switch based on a ARMA model," *Measurement (Lond)*, vol. 135, 2019, doi: 10.1016/j.measurement.2018.11.080.

[9] U. Mahanin Tyas, A. Apri Buckhari, P. Studi Pendidikan Teknologi Informasi, and P. Studi Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, "Implementasi Aplikasi Arduino Ide Pada Mata Kuliah Sistem Digital," *TEKNOS: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, vol. 1, no. 1, 2023.

[10] A. Knörig, R. Wettach, and J. Cohen, "Fritzing - A tool for advancing electronic prototyping for designers," in *Proceedings of the 3rd International Conference on Tangible and Embedded Interaction, TEI'09*, 2009. doi: 10.1145/1517664.1517735.