

Klasifikasi Tingkat Kematangan Pisang Menggunakan Segmentasi HSV dan Aturan Berbasis Nilai Hue

Arizal Anshori¹, Reni Rahmadewi²

^{1,2} Program Studi Teknik Elektro, Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang
^{1,2} Jl. HS.Ronggo Waluyo Puseurjaya, Telukjambe Timur, Karawang 41361, Indonesia

¹2210631160030@student.unsika.ac.id
²reni.rahmadewi@ft.unsika.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 23-11-2025
revisi : 01-12-2025
diterima : 25-12-2025
dipublish : 31-12-2025

ABSTRAK

Penelitian ini merancang sistem klasifikasi tingkat kematangan buah pisang menggunakan segmentasi warna ruang HSV dan aturan berbasis nilai rata-rata *Hue*. Sistem dikembangkan menggunakan *software* MATLAB untuk memproses tahapan input citra, pra-pemrosesan, segmentasi, operasi morfologi, hingga klasifikasi akhir. Dataset yang digunakan terdiri dari 30 citra pisang, yang mencakup 10 citra belum matang, 10 citra matang, dan 10 citra terlalu matang. Tahap pra-pemrosesan dilakukan melalui penyesuaian ukuran (*resize*) dan konversi ruang warna RGB ke HSV agar informasi warna lebih stabil terhadap intensitas pencahayaan. Hasil segmentasi awal kemudian diperbaiki menggunakan operasi morfologi (*opening*, *closing*, dan *filling*) untuk menghilangkan *noise* dan menambal celah, sebelum dianalisis melalui perhitungan rata-rata nilai *Hue* objek untuk menentukan kategori kematangan. Hasil pengujian menunjukkan tingkat keberhasilan klasifikasi mencapai 100% pada seluruh dataset. Pendekatan *rule-based* berbasis rata-rata *Hue* mampu membedakan ketiga kelas kematangan secara efektif dan konsisten karena pemisahan area objek dari latar belakang berhasil dilakukan dengan sangat jelas. Meskipun masih memiliki keterbatasan pada kondisi variasi pencahayaan ekstrem atau bercak warna kulit yang tidak merata, sistem ini terbukti akurat. Secara keseluruhan, metode ini menawarkan solusi estimasi kematangan pisang yang lebih sederhana dan ringan secara komputasi dibandingkan dengan pendekatan *machine learning*.

Kata kunci : kematangan pisang; operasi morfologi; pengolahan citra digital; ruang warna HSV; segmentasi warna

PENDAHULUAN

Pisang (*Musa Paradisiaca*) adalah tanaman buah yang kaya akan sumber vitamin, mineral dan karbohidrat. Buah ini sangat memasyarakat karena dapat dikonsumsi kapan saja dan di segala tingkatan usia dari bayi hingga orang tua. Buah pisang memasok kebutuhan tidak hanya pasar dalam negeri, tetapi juga pasar internasional. Oleh karena itu, mutu buah pisang harus selalu dijaga (Yanti et al., n.d.). Pemanenan buah pisang sangat berpengaruh terhadap mutu dari buah pisang tersebut. Oleh karena itu tingkat ketuaan panen sangat erat kaitannya dengan jangkauan pemasaran dan tujuan penggunaan buah. Umumnya para petani pisang menggunakan cara manual dalam mengklasifikasikan kematangan buah pisang. Faktor kelelahan para petani pisang bisa berakibat pada hasil pengklasifikasian yang kurang akurat (Adenugraha et al., 2022). Hal ini dikarenakan penentuan tersebut dilakukan secara subjektif oleh petani pisang (Yanuar Putu Wiharja, 2014), (Limin et al., 2019).

Salah satu tantangan dalam deteksi warna adalah pemilihan model ruang warna yang tepat. Secara default, banyak gambar digital direpresentasikan dalam ruang warna RGB (*Red, Green, Blue*) (Erza et al., 2022). Namun, pada praktiknya, ruang warna RGB seringkali kurang efektif untuk proses segmentasi berdasarkan warna, terutama karena ketiga komponen warnanya saling bergantung pada intensitas cahaya (Putri et al., 2018). Oleh karena itu, ruang warna HSV (*Hue, Saturation, Value*) lebih banyak digunakan pada kasus deteksi warna, karena mampu memisahkan informasi warna (*hue*) dari tingkat kejenuhan (*saturation*) dan kecerahan (*value*).

Pemisahan ini memudahkan proses *thresholding* untuk menentukan batas nilai yang digunakan dalam mendeteksi suatu warna tertentu (Agustus et al., 2025), (Irawati, 2026).

Metode *thresholding* dalam ruang warna HSV dilakukan dengan menentukan batas bawah (*lower bound*) dan batas atas (*upper bound*) nilai HSV untuk setiap warna yang ingin dideteksi (Agustus et al., 2025). Untuk meningkatkan kualitas segmentasi, metode HSV umumnya dikombinasikan dengan operasi morfologi seperti *opening*, *closing*, dan *filling* yang berguna untuk menghilangkan *noise*, menutup celah, serta menyempurnakan bentuk objek. Pendekatan ini sangat sesuai digunakan untuk menganalisis objek seperti pisang yang mengalami perubahan warna bertahap dari hijau, kuning, hingga coklat. Di sisi lain, beberapa penelitian sebelumnya menerapkan pendekatan *machine learning* maupun *deep learning*, namun metode tersebut membutuhkan dataset besar, komputasi tinggi, dan proses pelatihan yang tidak selalu efisien (Sintiya et al., 2025), (Nisa et al., 2020). Pendekatan *rule-based* berbasis nilai *Hue* menawarkan alternatif yang lebih cepat, sederhana, dan mudah direplikasi untuk aplikasi klasifikasi kematangan buah (Marpaung et al., 2025).

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem pendeteksi tingkat kematangan pisang berbasis segmentasi warna dalam ruang HSV. Proses klasifikasi dilakukan dengan memanfaatkan analisis nilai rata-rata komponen *Hue* pada area objek hasil segmentasi sebagaimana pendekatan yang dikemukakan oleh (Limin et al., 2019).

Selain itu, penelitian ini juga mengevaluasi kinerja sistem menggunakan 30 citra pisang dengan variasi kondisi visual yang berbeda untuk mengukur tingkat konsistensi dan akurasi metode.

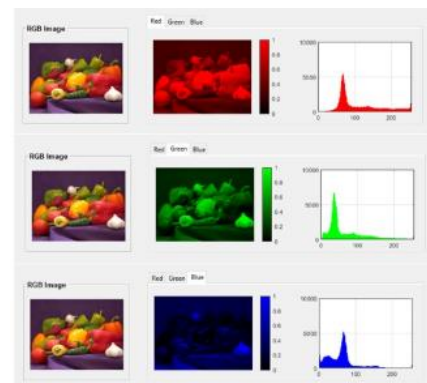
Kebaruan penelitian ini terletak pada penggabungan segmentasi berbasis *thresholding* HSV tiga kanal (*Hue*, *Saturation*, *Value*) dengan penyempurnaan *mask* biner melalui tiga tahap operasi morfologi (*opening*, *closing*, dan *filling*) secara berurutan, yang kemudian diikuti dengan klasifikasi *rule-based* menggunakan nilai rata-rata *Hue* ke dalam tiga kelas kematangan. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya menggunakan ruang warna HSV hanya sebagai fitur ekstraksi tanpa penyempurnaan morfologi bertahap, atau yang mengandalkan pendekatan *machine learning* yang membutuhkan dataset besar dan biaya komputasi tinggi, penelitian ini menawarkan *pipeline* pengolahan citra yang ringan, transparan, dan mudah direplikasi tanpa proses pelatihan model, sekaligus menunjukkan efektivitasnya pada dataset pisang tiga kelas kematangan (belum matang, matang, dan terlalu matang).

TEORI

Pengolahan Citra Digital

Pemrosesan dan pengolahan citra adalah metode untuk melakukan beberapa operasi pada gambar, untuk mendapatkan gambar yang disempurnakan atau untuk mengekstrak beberapa informasi yang berguna di dalamnya. Merupakan jenis pemrosesan sinyal di mana input adalah gambar dan output dapat berupa gambar atau karakteristik / fitur yang terkait dengan gambar itu. Saat ini, pemrosesan gambar

adalah salah satu teknologi yang berkembang pesat dan membentuk area penelitian inti dalam disiplin ilmu teknik dan ilmu computer (Arnita et al., 2022).



Gambar 1. Contoh Pengolahan Citra Digital
Citra Digital

Citra digital adalah penggambaran matematis dari gambar dua dimensi. Nilai numerik yang dituju pada umumnya merupakan nilai biner 8-bit. Nilai biner ini disimpan pada elemen citra yang sering disebut dengan pixel. Citra digital berisi piksel dengan jumlah garis dan bagian yang layak. Piksel adalah komponen gambar terkecil dari gambar yang terkomputerisasi. Piksel disimpan dalam memori PC sebagai peta raster, yang merupakan tampilan dua dimensi dari tipe angka. Merupakan komponen gambar terkecil dari gambar yang terkomputerisasi (Dalimunthe, 2021).

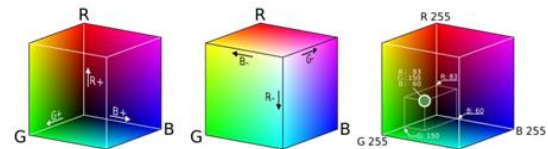
Citra digital sangat populer pada masa kini yang biasanya juga disebut dengan gambar. Banyak alat elektronik yang dibuat khusus untuk menghasilkan citra digital. Contohnya adalah *scanner*, kamera digital, mikroskop digital, *fingerprint reader*, kamera pemantau, dan lain sebagainya. Kualitas citra yang dihasilkan oleh alat-alat tersebut tidak sama, hal tersebut dikarenakan penyesuaian hasil gambar terhadap

kebutuhan. Citra digital dapat diolah dengan bantuan perangkat lunak (*software*) tertentu untuk mengubah atau memanipulasi citra agar memiliki kualitas yang lebih baik. Contohnya adalah *Adobe Photoshop* dan *GIMP (GNU Image Manipulation Program)* menyajikan beragam fitur untuk memanipulasi citra digital (Arnita et al., 2022).



Gambar 2. Contoh media citra digital

1. Citra biner adalah citra yang memiliki 2 warna saja, yaitu hitam dan putih. Jika direpresentasikan dengan nilai biner 8-bit adalah warna hitam bernilai 0000 0000, dan putih bernilai 1111 1111. biasa ditampilkan dengan nilai normalisasi 0 dan 1, atau decimal 0 dan 255.
2. Citra keabuan adalah citra yang memiliki derajat keabuan sebanyak 256 warna. Dimulai dengan warna terkecilnya yaitu hitam, dan warna terbesarnya adalah putih.
3. Citra berwarna RGB adalah citra yang memiliki 3 level warna direpresentasikan dengan resolusi citra 3 dimensi. Pada citra digital level kedua digunakan untuk menyimpan warna R (*red*/merah), level kedua digunakan untuk menyimpan warna G (*green*/hijau), dan level ketiga digunakan untuk menyimpan warna B (*blue*/biru).



Gambar 3. Ruang Warna RGB

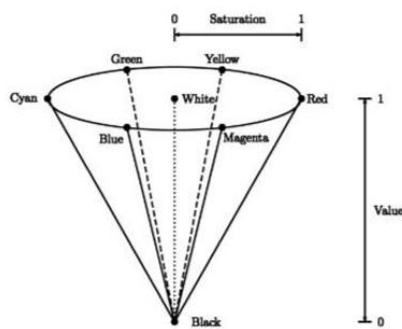
Pengolahan Citra

Menurut kamus besar Bahasa Indonesia (KBBI), pengolahan adalah suatu cara atau proses mengusahakan sesuatu supaya menjadi lain atau menjadi lebih sempurna. Sedangkan citra menurut KBBI berarti rupa atau gambar, dalam hal ini adalah gambar yang diperoleh menggunakan sistem visual. Maka pengolahan citra adalah pemrosesan citra, khususnya dengan menggunakan komputer menjadi citra yang kualitasnya lebih baik. Pengolahan citra bertujuan memperbaiki kualitas citra agar mudah diinterpretasikan oleh manusia atau mesin. Masukan berupa citra, namun citra hasil keluaran mempunyai kualitas yang jauh lebih baik dari pada citra masukannya (Dalimunthe, 2021).

Ruang Warna HSV

HSV (*hue, saturation, value*) merupakan salah satu sistem warna yang digunakan manusia dalam memilih warna. Sistem ini dinilai lebih dekat daripada sistem RGB dalam mendeksripsikan sensasi warna oleh mata. Model warna HSV mendefinisikan warna dalam terminologi *Hue*, *Saturation* dan *Value*. *Hue* menyatakan warna sebenarnya, seperti merah, violet, dan kuning. *Hue* digunakan untuk membedakan warna-warna dan menentukan 10 kemerahan (*redness*), kehijauan (*greenness*), dsb, dari cahaya. *Hue* berasosiasi dengan panjang gelombang cahaya. *Saturation* menyatakan tingkat

kemurnian suatu warna, yaitu mengindikasikan seberapa banyak warna putih diberikan pada warna. *Value* adalah atribut yang menyatakan banyaknya cahaya yang diterima oleh mata tanpa memperdulikan warna (Dalimunthe, 2021).



Gambar 4. Representasi sistem warna HSV

Transformasi RGB ke HSV

Untuk mentransformasi dari RGB ke HSV. Diasumsikan koordinat-koordinat R, G, B [0,1] adalah berurutan merah, hijau, biru dalam ruang warna RGB, dengan *max* adalah nilai maksimum dari nilai *red*, *green*, *blue*, dan *min* adalah nilai minimum dari nilai *red*, *green*, *blue*. Berikut rumus konversi RGB ke HSV (Dalimunthe, 2021).

$$H = \tan\left(\frac{3(G-B)}{(R-G)+(R-B)}\right) \quad (1)$$

$$S = 1 - \frac{\min(R,G,B)}{V} \quad (2)$$

$$V = \frac{R+G+B}{3} \quad (3)$$

Hue adalah warna sebenarnya, seperti merah, violet, dan kuning yang digunakan untuk menentukan kemerahan kehijauan dan sebagainya. *Saturation* merupakan kemurnian warna, *Value* adalah kecerahan warna yang didalamnya terdapat nilai rentang 0-100 %. Jika *value* bernilai 0 maka warnanya akan menjadi hitam, semakin

besar nilai *value* maka semakin cerah dan hadirnya variasi warna baru (Irawati, 2026).

Konversi RGB (*red*, *green*, *blue*) ke HSV (*Hue*, *Saturation*, *Value*) dilakukan dengan persamaan standar:

$$H = \begin{cases} 60^\circ \times \frac{G-B}{\Delta} & \text{Jika } Max = R \\ 60^\circ \times \left(2 + \frac{B-R}{\Delta}\right) & \text{Jika } Max = G \\ 60^\circ \times \left(2 + \frac{R-G}{\Delta}\right) & \text{Jika } Max = B \end{cases} \quad (4)$$

$$S = \begin{cases} 0 & \\ \frac{\Delta}{Max} \times 100\% & \end{cases} \quad (5)$$

$$V = Max \quad (6)$$

Segmentasi Citra

Proses segmentasi citra merupakan suatu proses membagi suatu citra menjadi beberapa wilayah yang berbeda. Teknik pada segmentasi citra terbagi menjadi *dividing image space* dan *clustering feature space*. Teknik yang pertama yaitu proses segmentasi dengan membagi citra menjadi beberapa bagian untuk mengetahui batasannya, sedangkan teknik yang kedua yaitu dengan memberi index terhadap warna tiap piksel yang menunjukkan bagian dalam suatu segmentasi (Utami et al., 2017).

Thresholding

Thresholding atau ambang batas merupakan sebuah pendekatan segmentasi yang melibatkan operator transformasi intensitas, yaitu level keabuan (*gray-level*). *Thresholding* dapat digunakan dalam gambar yang terang pada latar belakang/*background* yang gelap, yang mana nilai intensitas (*gray-level*) piksel dalam gambar tersebut dapat dikelompokkan menjadi dua nilai dominan. Beberapa model yang sering digunakan

yaitu *Bi-level Threshoding*, *Multilevel Thresholding*, dan *Entropy-Based Thresholding* (Sintiya et al., 2025).

Deteksi Tepi

Deteksi tepi mengandung banyak informasi tentang berbagai wilayah dalam suatu gambar. Fitur-fitur ini biasanya disebut sebagai fitur lokal, karena mereka diekstraksi dari properti lokal saja. Tepi pada dasarnya membatasi antara dua wilayah yang berbeda. Deteksi tepi berfungsi untuk memperoleh tepi objek. Deteksi tepi memanfaatkan perubahan nilai intensitas yang drastis pada batas dua area. Umumnya, deteksi tepi menggunakan dua macam detektor, yaitu detektor baris (H_y) dan detektor kolom (H_x). Beberapa contoh yang tergolong jenis ini adalah operator *Roberts*, *Prewitt*, *Sobel*, dan *Frei-Chen* (Arnita et al., 2022).

Deteksi Kontur

Kontur adalah kurva tertutup yang menghubungkan titik-titik dalam gambar dengan warna atau intensitas yang sama. Karena didasarkan pada intensitas piksel, kinerjanya lebih baik dengan gambar biner, terutama dengan latar belakang hitam dan objek putih. Kontur mendeteksi sosok tertutup tidak seperti deteksi tepi di mana hanya batas objek yang digariskan. Oleh karena itu, kontur dapat divisualisasikan sebagai hubungan tepi untuk membentuk suatu objek. Kontur dapat diterapkan pada beberapa deteksi objek sesuai dengan ukuran dan intensitas, memotong objek, dan sebagainya. Kontur banyak digunakan dalam topologi serta aplikasi medis (Arnita et al., 2022).

Operasi Morfologi

Morfologi adalah teknik pengolahan citra digital dengan menggunakan bentuk obyek sebagai pedoman dalam pengolahan. Nilai dari setiap piksel dalam citra digital hasil diperoleh melalui proses perbandingan antara piksel yang bersesuaian pada citra digital masukan dengan piksel tetangganya.

Operasi morfologi bergantung pada urutan kemunculan dari piksel, tidak memperhatikan nilai *numeric* dari piksel sehingga teknik morfologi sesuai apabila digunakan untuk melakukan pengolahan *binary image* dan *grayscale image*.

Operasi morfologi standar yang biasa dilakukan adalah proses erosi dan dilasi. Dilasi adalah proses penambahan piksel pada batas dari suatu obyek pada citra digital masukan, sedangkan erosi adalah proses pengurangan piksel pada batas dari suatu obyek. Jumlah piksel yang ditambahkan atau yang dikurangkan dari batas obyek pada citra digital masukan tergantung pada ukuran dan bentuk dari *structuring element* yang digunakan (Umam & Negara, 2016), (Arnita et al., 2022).

Opening

Opening merupakan kombinasi dari proses erosi yang dilanjutkan dengan dilasi, menggunakan elemen terstruktur yang sama untuk kedua tahapan. Pada tahap erosi, piksel latar depan di sekitar tepi akan dihilangkan. Setelah itu, proses dilasi dilakukan untuk mengembalikan ukuran piksel yang tersisa ke bentuk semula. Secara umum, teknik opening digunakan untuk mengurangi *noise* yang muncul sebagai bagian dari latar depan citra (Arief, 2014).

Closing

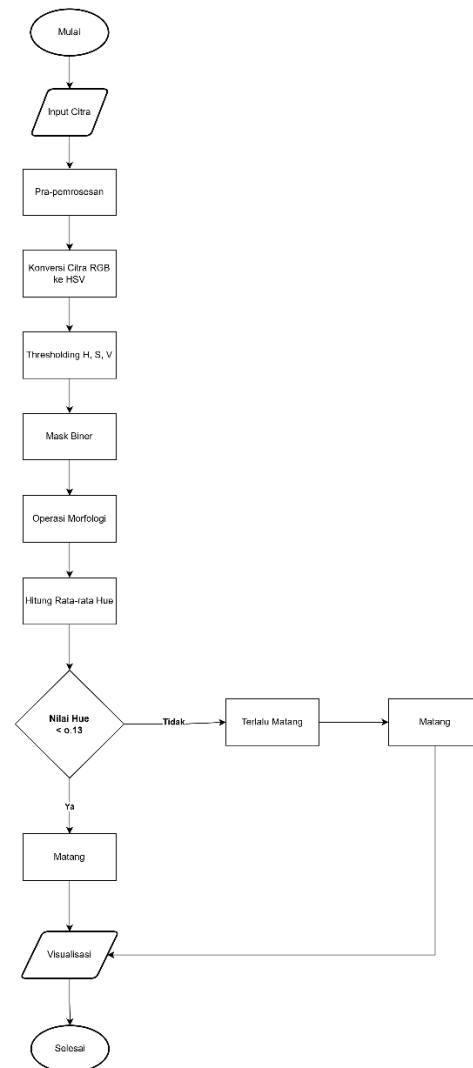
Closing merupakan gabungan dari proses dilasi yang diikuti oleh erosi, dengan menggunakan elemen terstruktur yang sama untuk kedua tahap. Teknik ini berfungsi untuk merapikan kontur objek latar depan. Operator *closing* juga membantu menyambungkan celah-celah sempit serta menghilangkan lubang-lubang kecil yang terdapat pada objek (Arief, 2014).

Filling

Operasi *filling* merupakan teknik morfologi yang digunakan untuk mengisi area kosong (*hole*) di dalam objek hasil segmentasi citra biner. *Hole* didefinisikan sebagai piksel latar belakang yang sepenuhnya dikelilingi oleh piksel objek. Proses ini bertujuan untuk menghasilkan objek yang utuh dan *solid* sehingga analisis fitur, seperti perhitungan rata-rata nilai warna, dapat dilakukan secara lebih akurat dan representatif terhadap keseluruhan area objek (Umam & Negara, 2016).

METODOLOGI

Metode penelitian ini dirancang untuk melakukan estimasi tingkat kematangan pisang menggunakan teknik pengolahan citra digital berbasis ruang warna HSV dan klasifikasi *rule-based*. Tahapan penelitian disusun secara sistematis mulai dari penyusunan dataset, pra-pemrosesan citra, konversi ruang warna, segmentasi, operasi morfologi, hingga analisis *Hue* untuk menentukan kategori kematangan.



Gambar 5. Diagram Alir Metode Penelitian
Input Citra

Pada penginputan citra, digunakan dataset citra yang telah diakuisisi sebelumnya. Dataset diakuisisi dari buah pisang yang memiliki tingkat kematangan yang berbeda-beda. Dataset yang diperoleh sebanyak 30 citra.

Pra-pemrosesan Citra

Tahap awal dilakukan dengan membaca citra menggunakan fungsi *imread*. Citra kemudian diubah ukurannya menjadi 256×256 piksel untuk menstandarkan dimensi. Pra-pemrosesan dilakukan agar seluruh citra memiliki format yang seragam, sehingga proses segmentasi dan analisis berikutnya dapat berjalan stabil dan konsisten.

Tahapan Pra-pemrosesan:

- Membaca citra: *imread()*
- Menyeragamkan dimensi: *imresize()*
- Menyiapkan citra untuk konversi warna

Konversi Citra RGB ke HSV

Citra yang telah melalui tahap pra-pemrosesan selanjutnya ditransformasikan dari ruang warna RGB ke ruang warna HSV menggunakan fungsi *rgb2hsv*. Pemilihan ruang warna HSV didasarkan pada kemampuannya dalam memisahkan informasi warna murni (*Hue*) dari komponen kecerahan (*Value*), sehingga lebih stabil terhadap variasi pencahayaan. Pada penelitian ini, komponen *Hue* dimanfaatkan sebagai parameter utama karena merepresentasikan warna dominan dari objek pisang yang menjadi dasar dalam proses analisis kematangan.

Segmentasi Berbasis Warna

Proses segmentasi dilakukan dengan menerapkan nilai ambang (*thresholding*) pada setiap kanal dalam ruang warna HSV. Tahapan ini bertujuan untuk mengekstraksi area objek pisang dengan memisahkannya dari latar belakang citra. Nilai ambang yang digunakan meliputi komponen *Hue* pada rentang 0,10 – 0,20, *Saturation* pada rentang 0,2 – 1,0, serta *Value* pada rentang 0,2 – 1,0. Setiap piksel dievaluasi

berdasarkan ketiga parameter tersebut, apabila nilai *H*, *S*, dan *V* berada dalam batas yang telah ditentukan, maka piksel tersebut diklasifikasikan sebagai bagian dari objek (*mask* = 1). Sebaliknya, piksel yang tidak memenuhi kriteria akan dianggap sebagai latar belakang (*mask* = 0). Tahap ini menghasilkan citra biner awal yang masih berpotensi mengandung gangguan berupa *noise* maupun lubang kecil pada area objek.

Operasi Morfologi

Untuk menyempurnakan hasil segmentasi, dilakukan operasi morfologi sebagai langkah perbaikan *mask* biner. Tahapan ini membantu menghilangkan *noise*, menutup celah antar piksel objek, dan membuat bentuk objek lebih *solid*.

Operasi yang dilakukan:

1. *imopen (disk 3)*: Menghilangkan *noise* kecil di sekitar objek tanpa merusak bentuk utama.
2. *imclose (disk 10)*: Menutup celah dan bagian objek yang terputus sehingga bentuk pisang lebih utuh.
3. *imfill ('holes')*: Mengisi area kosong di dalam objek yang seharusnya merupakan bagian pisang.

Setelah operasi morfologi, *mask* biner menjadi lebih rapi, halus, dan siap digunakan untuk analisis lebih lanjut.

Analisis Hue dan Klasifikasi Kematangan

Setelah citra biner hasil segmentasi diperoleh, komponen *Hue* (*H*) pada ruang warna HSV diekstraksi untuk dianalisis lebih lanjut. Perhitungan dilakukan secara selektif hanya pada piksel yang teridentifikasi sebagai bagian dari objek pisang (*mask* = 1), sehingga nilai yang diperoleh

merepresentasikan karakteristik warna dominan objek tanpa dipengaruhi oleh latar belakang. Selanjutnya, nilai rata-rata (mean) *Hue* dihitung dan digunakan sebagai parameter kuantitatif dalam proses penentuan tingkat kematangan pisang.

Tabel 1. Klasifikasi Berdasarkan Hue

Nilai Rata-rata Hue	Kategori Kematangan
> 0.17	Belum Matang (hijau/kuning muda)
< 0.13	Matang (kuning)
0.13 – 0.17	Terlalu Matang (coklat)

Visualisasi

Pada tahap klasifikasi, sistem menampilkan citra asli yang dilengkapi dengan visualisasi batas objek hasil segmentasi. Batas tersebut diperoleh menggunakan fungsi *bwboundaries*, yang mengekstraksi koordinat kontur dari objek pada citra biner. Kontur kemudian ditampilkan secara *overlay* pada citra asli sehingga area objek pisang dapat teridentifikasi secara visual dengan lebih jelas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan estimasi tingkat kematangan buah pisang dengan memanfaatkan perubahan warna pada ruang warna HSV. Proses penentuan tingkat kematangan dilakukan melalui serangkaian tahapan analisis menggunakan *software* MATLAB. Tahapan tersebut meliputi, segmentasi berbasis warna, penerapan operasi morfologi, perhitungan nilai rata-rata *Hue*, proses klasifikasi tingkat kematangan, serta visualisasi hasil akhir. Pada penelitian ini digunakan tiga kategori kematangan pisang, yaitu pisang mentah, pisang matang, dan

pisang terlalu matang. Berikut contoh tingkat kematangan buah pisang yang digunakan dalam penelitian kali ini.

Tabel 2. Kategori Tingkat Kematangan Buah Pisang

Tingkat Kematangan	Gambar	Jumlah
Belum Matang		10
Matang		10
Terlalu Matang		10

Pra-pemrosesan Citra

Tahap *resize* dilakukan sebagai bagian dari proses pra-pemrosesan untuk menyeragamkan dimensi citra masukan. Seperti diperlihatkan pada Tabel 3, citra pisang yang awalnya memiliki resolusi bervariasi diubah ukurannya menggunakan fungsi *imresize* pada MATLAB sehingga diperoleh ukuran tetap sebesar 256 × 256 piksel. Standarisasi dimensi ini bertujuan untuk menjaga konsistensi pada proses pengolahan citra selanjutnya, khususnya pada tahap segmentasi dan ekstraksi fitur warna, sehingga hasil analisis menjadi lebih stabil dan terkontrol.

Secara visual, citra hasil perubahan ukuran tidak menunjukkan deformasi atau distorsi yang berarti pada objek utama, yaitu pisang. Perbandingan antara citra sebelum dan sesudah proses *resize* sebagaimana ditampilkan pada Tabel 3 memperlihatkan bahwa karakteristik bentuk dan proporsi objek tetap terjaga dengan baik.

Tabel 3. Hasil Proses *Resize* Citra

Tingkat Kematangan	Hasil Pra-pemrosesan Citra	
Belum Matang		
Matang		
Terlalu Matang		

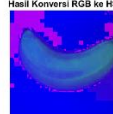
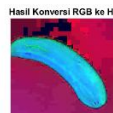
Konversi Ruang Warna RGB ke HSV

Transformasi citra dari ruang warna RGB ke ruang warna HSV dilakukan sebagai tahapan penting dalam proses analisis tingkat kematangan pisang. Pada ruang warna RGB, komponen warna masih dipengaruhi oleh intensitas pencahayaan sehingga kurang ideal untuk proses segmentasi berbasis warna. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, citra dikonversi menggunakan fungsi *rgb2hsv* sehingga informasi warna murni (*Hue*) dapat dipisahkan dari komponen kecerahan (*Value*) dan tingkat kejenuhan (*Saturation*). Hasil konversi sebagaimana ditampilkan pada Tabel 4 memperlihatkan perubahan representasi warna yang lebih terstruktur dan kontras pada area objek pisang.

Citra hasil transformasi menunjukkan distribusi nilai *Hue* yang merepresentasikan karakteristik warna dominan objek dalam bentuk numerik. Representasi ini memberikan keuntungan pada tahap *thresholding* berikutnya karena komponen *Hue* relatif lebih stabil terhadap variasi intensitas cahaya dibandingkan representasi RGB. Dengan demikian,

konversi ke ruang warna HSV berkontribusi signifikan dalam meningkatkan akurasi deteksi warna kulit pisang serta meminimalkan pengaruh faktor eksternal, seperti perbedaan pencahayaan dan efek refleksi cahaya pada permukaan objek.

Tabel 4. Hasil Konversi Ruang Warna RGB ke HSV

Tingkat Kematangan	Hasil Konversi Citra	
Belum Matang		
Matang		
Terlalu Matang		

Segmentasi Warna

Segmentasi berbasis *thresholding* pada komponen *Hue*, *Saturation*, dan *Value* menunjukkan kemampuan yang efektif dalam memisahkan objek pisang dari latar belakang citra. Citra biner (*mask*) yang dihasilkan memperlihatkan bahwa piksel dengan nilai *Hue* pada rentang 0,10 – 0,20 serta nilai *Saturation* dan *Value* di atas 0,2 teridentifikasi secara konsisten sebagai bagian dari objek pisang.

Tabel 5. Hasil Segmentasi berbasis Thresholding

Tingkat Kematangan	Hasil Segmentasi Berdasarkan Warna	
Belum Matang		
Matang		

Terlalu Matang



Citra hasil segmentasi menunjukkan pemisahan yang cukup jelas antara area objek pisang dan latar belakang citra berdasarkan karakteristik warna kulitnya. Temuan ini menunjukkan bahwa pemanfaatan ruang warna HSV memberikan kinerja yang lebih andal dalam proses ekstraksi objek. Pemisahan komponen warna murni (*Hue*) dari unsur kecerahan dan kejenuhan memungkinkan sistem menjadi lebih stabil terhadap variasi intensitas pencahayaan, yang umumnya menjadi keterbatasan pada pendekatan berbasis ruang warna RGB.

Operasi Morfologi

Tabel 6. Hasil Perbaikan *Mask* Menggunakan Operasi Morfologi

Tingkat Kematangan	Hasil Operasi Morfologi	
Belum Matang		
Matang		
Terlalu Matang		

Citra *mask* awal hasil segmentasi masih memperlihatkan adanya gangguan berupa *noise* dalam bentuk piksel-piksel kecil serta celah pada permukaan objek. Untuk meningkatkan kualitas segmentasi, diterapkan serangkaian operasi morfologi

secara bertahap, yaitu *imopen*, *imclose*, dan *imfill*. Operasi *imopen* dengan elemen struktur berbentuk *disk* berukuran 3 piksel efektif dalam mengeliminasi *noise* berukuran kecil di sekitar objek. Selanjutnya, *imclose* dengan *disk* berukuran 10 piksel berfungsi untuk menutup celah antar piksel serta menyatukan bagian objek yang tersegmentasi secara terpisah. Tahap akhir, yaitu *imfill* dengan parameter '*holes*', digunakan untuk mengisi area kosong di dalam objek sehingga *mask* menjadi lebih solid dan merepresentasikan bentuk pisang secara lebih utuh.

Tahap ini berperan penting untuk memastikan bahwa perhitungan nilai *Hue* dilakukan pada area objek yang sebenarnya, bukan pada *noise* atau *background*.

Analisis Nilai Hue

Nilai rata-rata komponen *Hue* dimanfaatkan sebagai parameter utama dalam menentukan tingkat kematangan pisang. Berdasarkan hasil pengamatan, citra dengan dominasi warna hijau menunjukkan nilai *Hue* yang relatif lebih tinggi. Seiring dengan proses pematangan, nilai tersebut cenderung mengalami penurunan ketika warna kulit pisang berubah menjadi kuning, dan mencapai nilai yang lebih rendah pada kondisi terlalu matang atau mulai membusuk.

Aturan klasifikasi berbasis nilai *Hue* yang diterapkan, yakni $Hue > 0,17$ untuk kategori belum matang, $0,13 - 0,17$ untuk kategori terlalu matang, dan $Hue < 0,13$ untuk kategori matang, menunjukkan kemampuan yang memadai dalam membedakan masing-masing kategori kematangan. Hal ini mengindikasikan bahwa

parameter *Hue* dapat digunakan sebagai indikator kuantitatif yang representatif dalam proses estimasi tingkat kematangan pisang berbasis pengolahan citra digital. Untuk meningkatkan transparansi hasil analisis, nilai rata-rata *Hue* dari 30 citra dataset disajikan pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Nilai Rata-rata Hue Seluruh Citra Dataset

No	Nilai Rata-rata Hue	Citra Asli	Hasil Klasifikasi
1	0,1821	Belum Matang	Belum Matang
2	0,1913	Belum Matang	Belum Matang
3	0,1933	Belum Matang	Belum Matang
4	0,1877	Belum Matang	Belum Matang
5	0,1953	Belum Matang	Belum Matang
6	0,1933	Belum Matang	Belum Matang
7	0,1834	Belum Matang	Belum Matang
8	0,1760	Belum Matang	Belum Matang
9	0,1912	Belum Matang	Belum Matang
10	0,1933	Belum Matang	Belum Matang
11	0,1128	Matang	Matang
12	0,1120	Matang	Matang
13	0,1140	Matang	Matang
14	0,1132	Matang	Matang
15	0,1170	Matang	Matang
16	0,1127	Matang	Matang
17	0,1170	Matang	Matang
18	0,1218	Matang	Matang
19	0,1283	Matang	Matang
20	0,1188	Matang	Matang
21	0,1349	Terlalu Matang	Terlalu Matang
22	0,1520	Terlalu Matang	Terlalu Matang
23	0,1424	Terlalu Matang	Terlalu Matang
24	0,1410	Terlalu Matang	Terlalu Matang
25	0,1328	Terlalu Matang	Terlalu Matang
26	0,1394	Terlalu Matang	Terlalu Matang
27	0,1424	Terlalu Matang	Terlalu Matang
28	0,1414	Terlalu Matang	Terlalu Matang

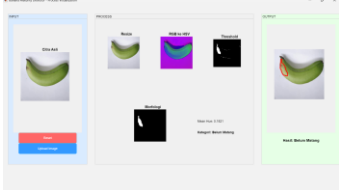
29	0,1460	Terlalu Matang	Terlalu Matang
30	0,1339	Terlalu Matang	Terlalu Matang

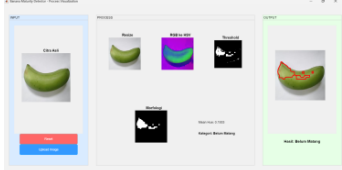
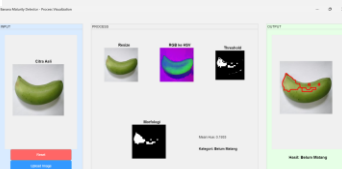
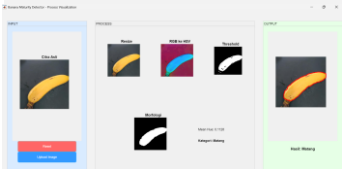
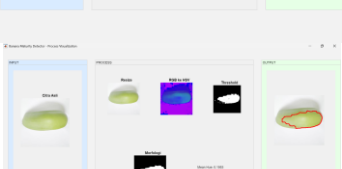
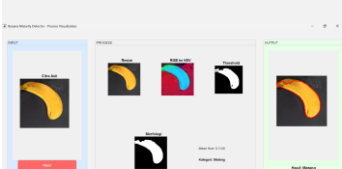
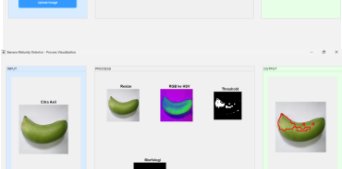
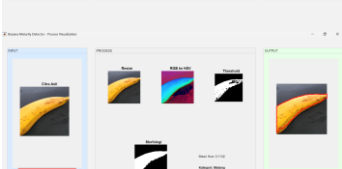
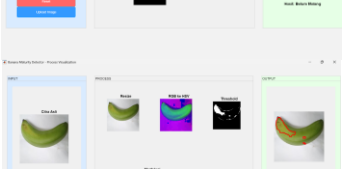
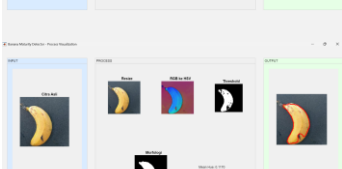
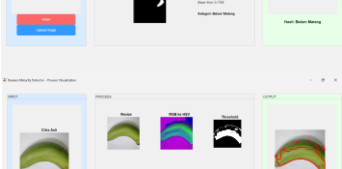
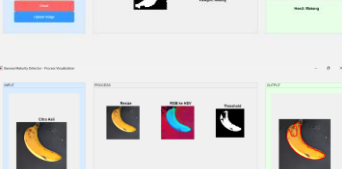
Pengujian Klasifikasi Tingkat Kematangan Pisang

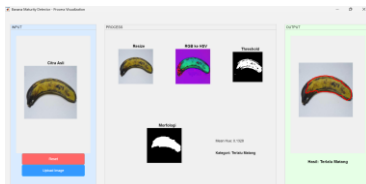
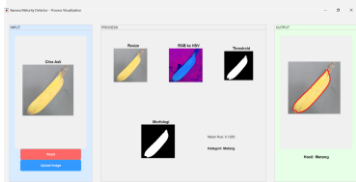
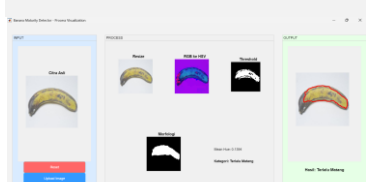
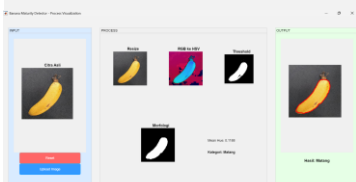
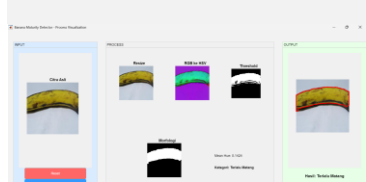
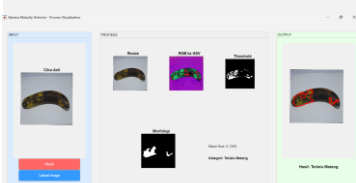
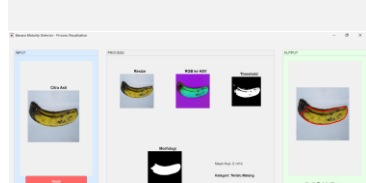
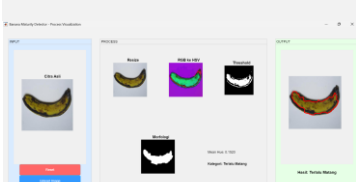
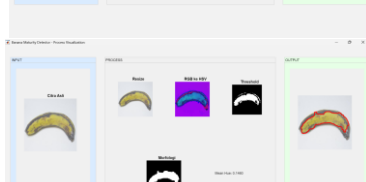
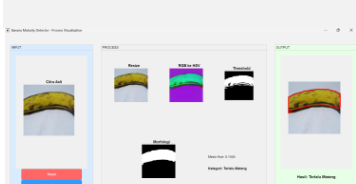
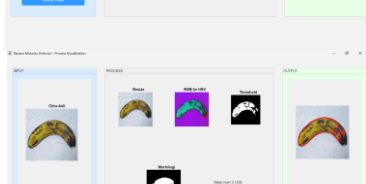
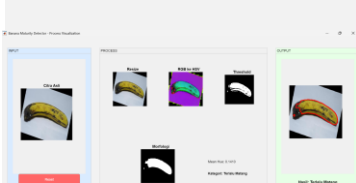
Pengujian dilakukan terhadap 30 citra pisang yang terdiri dari tiga kategori kematangan, yaitu 10 citra pisang belum matang (hijau), 10 citra pisang matang (kuning), dan 10 citra pisang terlalu matang (coklat). Setiap citra diproses melalui tahapan pra-pemrosesan, konversi RGB ke HSV, segmentasi berbasis *threshold*, operasi morfologi, serta analisis nilai rata-rata *Hue*.

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam mengidentifikasi perubahan warna kulit pisang yang terjadi secara fisiologis selama proses pematangan. Pada kondisi belum matang, sistem menunjukkan dominasi nilai *Hue* yang relatif lebih tinggi yang merepresentasikan warna hijau. Pada kondisi matang, distribusi nilai *Hue* berada pada rentang menengah yang mencerminkan warna kuning dominan. Sementara itu, pada kondisi terlalu matang, nilai *Hue* cenderung lebih rendah akibat munculnya warna coklat pada permukaan kulit pisang.

Tabel 8. Hasil Pengujian Klasifikasi Tingkat Kematangan

No	Gambar	Status
1		Berhasil

2		Berhasil	10		Berhasil
3		Berhasil	11		Berhasil
4		Berhasil	12		Berhasil
5		Berhasil	13		Berhasil
6		Berhasil	14		Berhasil
7		Berhasil	15		Berhasil
8		Berhasil	16		Berhasil
9		Berhasil	17		Berhasil

18		Berhasil	25		Berhasil
19		Berhasil	26		Berhasil
20		Berhasil	27		Berhasil
21		Berhasil	28		Berhasil
22		Berhasil	29		Berhasil
23		Berhasil	30		Berhasil
24		Berhasil			

Keberhasilan klasifikasi pada seluruh dataset menunjukkan bahwa pendekatan *rule-based* berbasis nilai rata-rata *Hue* mampu bekerja secara efektif. Namun demikian, metode ini masih memiliki keterbatasan pada kondisi variasi pencahayaan ekstrem atau ketika objek memiliki bercak warna yang tidak merata,

yang berpotensi mempengaruhi nilai rata-rata *Hue*.

Tabel 9. Persentase Keberhasilan Klasifikasi

Jumlah Citra	Berhasil	Gagal	Persentase
30	30	0	100%

Tabel 10. Confusion Matrix Hasil Klasifikasi

Tingkat Kematangan	Belum Matang	Matang	Terlalu Matang
Belum	10	0	0
Matang	0	10	0
Terlalu Matang	0	0	10

Tabel 10 menyajikan *confusion matrix* hasil klasifikasi terhadap 30 citra yang digunakan. Diagonal utama matriks menunjukkan jumlah prediksi yang benar untuk setiap kategori kematangan: 10 citra Belum Matang diklasifikasikan dengan benar sebagai Belum Matang, 10 citra Matang sebagai Matang, dan 10 citra Terlalu Matang sebagai Terlalu Matang. Seluruh elemen di luar diagonal bernilai 0, yang berarti tidak terdapat kesalahan klasifikasi (*false positive* maupun *false negative*) pada seluruh kelas. Hal ini mengonfirmasi bahwa sistem mencapai akurasi, *precision*, *recall*, dan *F1-score* sebesar 1,00 (100%) untuk setiap kelas kematangan pada dataset yang diuji.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem segmentasi warna HSV yang dirancang mampu mengestimasi tingkat kematangan pisang secara akurat dan konsisten pada terhadap 30 citra yang digunakan. Pendekatan ini menawarkan solusi yang sederhana, ringan secara komputasi, dan mudah direplikasi dibandingkan metode berbasis *machine learning* yang memerlukan proses pelatihan dan dataset dalam jumlah besar.

KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem klasifikasi tingkat kematangan buah pisang menggunakan teknik pengolahan citra digital yang didasarkan pada ruang warna HSV dan pendekatan *rule-based*. Eksperimen menunjukkan bahwa transformasi citra dari RGB ke HSV merupakan langkah krusial, ruang warna HSV secara efektif memisahkan informasi warna murni (*Hue*) dari pengaruh kecerahan (*Value*) dan kejenuhan (*Saturation*). Hal ini menjadi solusi atas kelemahan model RGB yang sangat bergantung pada intensitas cahaya, sehingga proses segmentasi objek pisang dari latar belakang menjadi jauh lebih stabil dan akurat. Melalui kombinasi *thresholding* dan operasi morfologi (*opening*, *closing*, *filling*), sistem terbukti mampu mengeliminasi *noise* dan menghasilkan *mask* objek yang *solid* untuk ekstraksi fitur warna.

Berdasarkan hasil pengujian terhadap 30 citra dataset yang mewakili tiga kategori kematangan (belum matang, matang, dan terlalu matang), sistem mencapai tingkat keberhasilan klasifikasi sebesar 100%. Keberhasilan ini didasarkan pada penalaran bahwa nilai rata-rata *Hue* secara linier merepresentasikan transisi warna kulit pisang; di mana *Hue* > 0,17 mengindikasikan pisang belum matang (hijau dominan), *Hue* < 0,14 untuk pisang matang (kuning), dan rentang 0,13 – 0,17 untuk fase terlalu matang (kecoklatan).

Secara Keseluruhan, pendekatan *rule-based* ini memberikan keuntungan berupa komputasi yang jauh lebih ringan, sederhana, dan mudah direplikasi tanpa memerlukan proses pelatihan dataset

berskala besar seperti pada metode *machine learning* atau *deep learning*. Walau demikian, dari hasil evaluasi dapat dinalar bahwa keandalan parameter *Hue* ini masih memiliki keterbatasan jika dihadapkan pada kondisi pencahayaan lingkungan yang sangat ekstrem atau pada objek buah dengan distribusi bercak warna yang sangat tidak merata, karena hal tersebut berpotensi mendistorsi perhitungan nilai rata-rata warna.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu Reni Rahmadewi atas arahan, masukan, serta bimbingannya dalam proses revisi sehingga naskah penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Adenugraha, S. P., Arinal, V., & Mulyana, D. I. (2022). Klasifikasi Kematangan Buah Pisang Ambon Menggunakan Metode KNN dan PCA Berdasarkan Citra RGB dan HSV. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 6(1), 9. <https://doi.org/10.30865/mib.v6i1.3287>
- Agustus, N., Akbar, Z., Suwondo, A., Ramadhan, R., Hasugian, A. H., Teknologi, S., Islam, U., Sumatera, N., Jl, A., Iskandar, W., Estate, M., Percut, K., Tuan, S., Serdang, K. D., & Utara, S. (2025). *Deteksi Warna Dasar Menggunakan Metode Thresholding HSV dengan OpenCV*. OpenCV menyediakan fungsi bawaan untuk konversi warna dari RGB ke HSV dan.
- Arief, Z. (2014). *SEGMENTASI OBJEK JANTUNG PADA CITRA X-RAY THORAX MENGGUNAKAN METODE TEMPLATE MATCHING MATCHING*.
- Arnita, A., Marpaung, F., Aulia, F., Suryani, N., & Nabila, R. C. (2022). *Computer Vision and Digital Image Processing*. www.pustakaaksara.co.id
- Dalimunthe, A. (2021). Deteksi Kematangan Buah Manggis Berdasarkan Fitur Warna Citra Kulit Menggunakan Metode Transformasi Ruang Warna HSV. *Program Studi Ilmu Komputer Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan*, 89.
- Erza, F., Fitriyah, H., & Setiawan, E. (2022). Sistem Object Tracking pada Quadcopter Menggunakan Segmentasi Citra dengan Deteksi Warna HSV dan Metode Regresi Linier Berbasis Raspberry Pi. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 9(7), 1733–1740. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2022976808>
- Irawati, O. (2026). *Analisis warna hsv menggunakan thresholding adaptif untuk menentukan kematangan buah mangga*. 10(1), 592–598.
- Limin, N. sularida, Sari, J. Y., & Purnama, I. P. N. (2019). Identifikasi Tingkat Kematangan Buah Pisang Menggunakan Metode Ekstraksi Ciri Statistik Pada Warna Kulit Buah. *Ultimatics : Jurnal Teknik Informatika*, 10(2), 98–102. <https://doi.org/10.31937/ti.v10i2.1004>
- Marpaung, P., Jannah, M., & Sinaga, B. (2025). *Implementasi Metode Thresholding Dalam Mengenali Bentuk Citra Buah Salak JURNAL MEDIA INFORMATIKA [JUMIN]*. 6(3), 2227–2235.
- Nisa, C., Puspaningrum, E. Y., & Maulana, H. (2020). *Penerapan Metode Convolutional Neural Network untuk*

Klasifikasi Penyakit Daun Apel pada Imbalanced Data. 1, 169–175.

Putri, A. S., Setyawan, G. E., & Tibyani. (2018). *Sistem Deteksi Warna pada Quadcopter Ar.Drone Menggunakan Metode Color Filtering Hue Saturation and Value (HSV). 2(9), 3202–3207.* <http://j-ptiik.ub.ac.id>

Sintiya, C., Gunawan, E., Marpaung, D. R., Fa, F. R., & Sinaga, F. M. (2025). Pengembangan Aplikasi Deteksi Kematangan Buah Pisang Berbasis Web Menggunakan Model CNN-LSTM. *Jurnal Sifo Mikroskil, 26(1), 1–20.* <https://doi.org/10.55601/jsm.v26i1.1500>

Umam, K., & Negara, B. S. (2016). *Deteksi Obyek Manusia Pada Basis Data Video Menggunakan Metode Background Subtraction Dan Operasi Morfologi. 2(2), 31–40.*

Utami, A. T. R. I., Informatika, P. S., Komunikasi, F., Informatika, D. A. N., & Surakarta, U. M. (2017). *Implementasi metode otsu thresholding untuk segmentasi citra daun.*

Yanti, R., Chan, F. R., & Ramadhanu, A. (n.d.). *Penerapan Image Processing untuk Identifikasi Jenis Pisang Emas dan Pisang Kapas Menggunakan Metode K-Means Clustering. 0738(4), 4938–4943.*

Yanuar Putu Wiharja, A. H. (2014). *Pemrosesan Citra Digital untuk Klasifikasi Mutu Buah Pisang Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan 1. 4(1).*