

Klasifikasi Tingkat Kematangan Daun Herbal Pucuk Merah Menggunakan Metode HSI

Bobby Setiadi¹, Nurcahyo Budi Nugroho², Rina Mahyuni³

^{1,2,3} Sistem Informasi, STMIK Triguna Dharma

Email: ¹bobysetiadi363@gmail.com, ²nurcahyobn@gmail.com, ³rinamahyuni14@gmail.com

Email Penulis Korespondensi: bobysetiadi363@gmail.com

Abstrak

Pengolahan citra digital telah menjadi salah satu metode yang efektif dalam analisis dan klasifikasi kualitas daun herbal, termasuk daun Pucuk Merah (*Syzygium myrtifolium*). Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tingkat kematangan daun Pucuk Merah menggunakan transformasi ruang warna HSI (*Hue, Saturation, Intensity*). Daun Pucuk Merah memiliki variasi warna yang mencerminkan tingkat kematangannya, sehingga metode pengolahan citra berbasis HSI dapat digunakan untuk menganalisis karakteristik visual daun secara lebih akurat. Proses penelitian melibatkan tahapan seperti akuisisi citra, pra-pengolahan untuk mengurangi noise, transformasi ke ruang warna HSI, dan ekstraksi fitur warna utama. Hasil dari analisis menunjukkan bahwa parameter *hue* mampu mengklasifikasikan tingkat kematangan daun dengan akurasi yang tinggi. Metode ini memberikan alternatif non-destruktif yang efisien untuk penentuan kualitas dan kematangan daun herbal Pucuk Merah, yang potensial diaplikasikan pada bidang pertanian presisi dan pengelolaan tanaman herbal.

Kata Kunci: Daun Pucuk Merah, Pengelolaan Citra, Deteksi Kematangan Daun herbal HSI, Transformasi Ruang Warna HSI

Abstract

Digital image processing has become one of the effective methods in analyzing and classifying the quality of herbal leaves, including Pucuk Merah (*Syzygium myrtifolium*) leaves. This study aims to identify the maturity level of Pucuk Merah leaves using HSI (*Hue, Saturation, Intensity*) color space transformation. Pucuk Merah leaves have color variations that reflect their maturity level, so HSI-based image processing methods can be used to analyze the visual characteristics of leaves more accurately. The research process involves stages such as image acquisition, pre-processing to reduce noise, transformation to HSI color space, and extraction of key color features. The results of the analysis show that the hue parameter is able to classify the maturity level of leaves with high accuracy. This method provides an efficient non-destructive alternative for determining the quality and maturity of Pucuk Merah herbal leaves, which has the potential to be applied in the fields of precision agriculture and herbal plant management

Keywords: Red Shoot Leaf, Image Management, HSI Herbal Leaf Maturity Detection, HSI Color Space Transformation

1. PENDAHULUAN

Kualitas daun teh yang digunakan dalam proses produksi sangat menentukan mutu akhir dari produk teh itu sendiri. Di Indonesia, sebagai salah satu negara pengekspor teh terbesar di dunia, penentuan tingkat kematangan pucuk daun teh menjadi aspek krusial dalam menjamin kualitas hasil panen. Namun, hingga saat ini sebagian besar petani masih melakukan penilaian kematangan daun teh secara manual dengan mengandalkan pengamatan visual langsung. Pendekatan konvensional ini sangat bergantung pada pengalaman dan persepsi individu, sehingga sering kali menghasilkan keputusan yang tidak konsisten, kurang akurat, dan rentan terhadap kesalahan. Ketidaktepatan dalam penentuan waktu pemetikan dapat mengakibatkan kerusakan pada daun teh, khususnya Pucuk Merah, yang berdampak langsung terhadap penurunan mutu dan nilai ekonomi.

Salah satu solusi potensial untuk mengatasi permasalahan ini adalah penerapan sistem otomatis berbasis pengolahan citra digital. Dengan pendekatan ini, diharapkan sistem mampu melakukan deteksi dan klasifikasi tingkat kematangan daun teh secara otomatis, cepat, dan akurat.

beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem serupa pada berbagai komoditas. Studi oleh Anwar et al. (2020) mengembangkan sistem pendeteksi kematangan buah mangga dengan metode HSI dan mencapai akurasi sebesar 87% dalam membedakan tingkat kematangan buah.[1] Penelitian lain oleh Sari et al. (2021) juga menggunakan pendekatan serupa untuk menentukan waktu panen optimal buah mangga, dengan hasil akurasi, presisi, dan recall mencapai 80%.[2]

Pada studi yang berbeda, pendekatan HSV digunakan oleh Andika et al. (2022) untuk mendeteksi kematangan kulit pisang menggunakan Raspberry Pi, meskipun tingkat keberhasilannya masih relatif rendah dengan rata-rata 55%.[3] Penelitian oleh Prasetyo et al. (2023) berhasil mengidentifikasi kematangan buah alpukat dengan akurasi tinggi mencapai 96,67% menggunakan transformasi ruang warna HSI, meskipun terdapat tantangan terkait pencahayaan lingkungan yang bervariasi.[4]

Lebih spesifik pada daun teh, studi oleh Rachman et al. (2021) menerapkan metode deep learning dengan arsitektur VGGNet19 dan ResNet50 untuk klasifikasi kematangan daun teh, dengan hasil akurasi tinggi mencapai 97,5%, membuktikan efektivitas CNN untuk tugas klasifikasi berbasis citra[5]

Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan sistem pendeteksi tingkat kematangan pucuk daun teh berbasis pengolahan citra digital dengan memanfaatkan transformasi ruang warna HSI. Sistem ini diharapkan mampu membedakan tingkat kematangan daun teh secara akurat dan efisien, serta dapat dijadikan sebagai prototipe awal bagi pengembangan aplikasi deteksi kematangan berbasis komputer untuk mendukung petani dalam pengambilan keputusan pemetikan yang lebih tepat.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Dalam metode penelitian pada Klasifikasi Tingkat Kematangan Daun Herbal Pucuk Merah menggunakan metode HSI , yaitu pengumpulan data daun sebagai nilai acuan pada peneliain.

a) Teknik Pengumpulan Data (Data Collecting)

Dalam melakukan pengumpulan data, peneliti melakukan observasi pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan cara pengambilan citra menggunakan kamera pada perangkat smartphone diperoleh data daun herbal pucuk merah Matang,Setengah Matang, Mentah.

b) b. Studi Kepustakaan (Study of Literature)

Tabel 1 Data Daun Pucuk Merah (Matang,Setengah Matang,Mentah)

No	Foto	Nama File	Keterangan
1		Sampel Daun1.JPG	Sampel daun herbal Pucuk Merah matang
2		Sampel Daun4.JPG	Sampel daun herbal Pucuk Merah belum matang
3		Sampel Daun7.JPG	Sampel daun herbal Pucuk Merah setengah matang

2.2 Studi Pustaka

Peneliti melakukan studi pustaka untuk menambah pengetahuan dan untuk mencari beberapa referensi yang dapat mendukung proses penelitian. Referensi yang dimaksud berupa teori – teori yang bersumber dari buku – buku, artikel website, dan jurnal nasional yang terkait dengan Hue, Saturation, and Intensity (HSI).[6]

2.3 Pengolahan Citra

Pengolahan Citra merupakan proses dalam mengolah dan menganalisis citra yang banyak melibatkan persepsi visual. Dalam proses ini ada ciri dan informasi keluaran yang berbentuk citra. Secara umum pengolahan citra adalah ilmu memanipulasii sebuah gambar secara digital, dimana objek dapat berbentuk 2 dimensi atau dapat berbentuk 3 dimensi[7]

2.3 Segmentasi Citra

Segmentasi citra merupakan tahap yang krusial dalam pengolahan citra digital. Proses segmen tasi umumnya digunakan dalam klasifikasi gambar dan deteksi objek. Tujuan dari segmentasi citra adalah untuk memperoleh pemisahan yang jelas antara latar depan dan latar belakang, atau mengelompokkan piksel-piksel dalam wilayah berdasarkan kesamaan warna atau bentuk. Proses segmentasi citra membantu mengurangi kompleksitas gambar saat dilakukan pemrosesan lanjutan. Dengan memisahkannya menjadi segmen, analisis citra dapat dilakukan dengan lebih mudah, cepat, dan efisien[8]

2.4 Jenis Citra

Citra merujuk pada suatu representasi, gambaran, atau imitasi dari suatu objek. Ada dua tipe citra yang dibedakan berdasarkan sinyal yang membentuknya, yaitu citra digital dan citra analog.

1. Citra Analog Citra Analog adalah gambar yang terbentuk melalui sinyal analog yang memiliki sifat berkelanjutan secara terusmenerus. Citra analog dihasilkan melalui penggunaan alat akuisisi citra analog, seperti mata manusia dan kamera analog.
2. Citra Digital Citra Digital merupakan jenis citra yang terbentuk melalui penggunaan sinyal digital yang memiliki sifat diskrit. Citra Digital terbentuk melalui proses pengubahan citra kontinu menjadi bentuk digital.t[9]

2.4 Ruang Warna

Ruang warna mendefinisikan suatu warna berdasarkan kanal warna, ruang warna penting dalam citra sebab dapat diekstraksi nilainya menjadi informasi yang bermanfaat.

a. Ruang Warna RGB

RGB adalah suatu sistem warna yang menggunakan tiga saluran warna, yaitu merah, hijau, dan biru, untuk mendefinisikan berbagai warna. Ketiga warna tersebut dinamakan warna dasar, karena campuran dari ketiga warna tersebut dapat menghasilkan warna lain. Citra warna RGB adalah model warna yang mengacu pada konsep penambahan intensitas cahaya primer, yaitu Merah (Red), Hijau (Green), dan Biru (Blue)

Dalam citra warna ini, setiap piksel memiliki komponen warna yang terdiri dari merah (Red), hijau (Green) dan biru (Blue). Masing-masing warna memiliki jarak 0 – 255. Gambar warna ini terdiri dari tiga matriks atau tiga kanal warna yang merepresentasikan nilai-nilai merah, hijau, dan biru untuk setiap pikselnya [9]. Nilai-nilai tersebut mengikuti persamaan-persamaan di bawah ini :

Dimana:

R = Nilai piksel red

G = Nilai piksel green

B = Nilai piksel blue

r = Nilai normalisasi piksel red

g = Nilai normalisasi piksel green

b = Nilai normalisasi piksel blue

b. Ruang Warna HSI

Transformasi Ruang Warna HIS adalah suatu metode yang digunakan untuk mengubah representasi warna dari RGB (Red, Green, dan Blue) menjadi representasi warna HIS (Hue, Saturation, Intensity). Model HIS menjadi sarana yang optimal dalam mengembangkan algoritma pengolahan citra berdasarkan penggambaran warna yang alami dan intuitif bagi pengembang, manusia, dan pengguna. Hal ini dikarenakan model ruang warna HIS memiliki kesamaan dengan cara kerja mata manusia [11].

Ruang warna HIS terdiri dari tiga dimensi, yaitu Hue (H), Saturation (S), dan Intensity (I). Hue menggambarkan warna dasar seperti merah, kuning, hijau, dan biru, atau kombinasi warna-warna tersebut. Saturation mengindikasikan kecerahan warna pada hue tersebut. Sedangkan Intensity mencerminkan tingkat pencahayaan pada hue dan saturasi tersebut. Komponen RGB dari citra berwarna dapat diubah ke dalam model warna HIS dengan asumsi bahwa komponen RGB telah dinormalisasi [9]. Proses mengubah nilai warna dari model warna RGB ke model warna HIS dilakukan dengan menerapkan rumus berikut ini.

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{(R - G) + (R + B)}{2\sqrt{(R + G)^2 + (R + B)(G + B)}} \right\}$$

Dimana: θ = Teta

R = Nilai normalisasi piksel red

G = Nilai normalisasi piksel green

B = Nilai normalisasi piksel blue

Hitung H (Hue)

$$H = \begin{cases} \theta & \text{Jika } B < G \\ 360 - \theta & \text{Jika } B \geq G \end{cases}$$

H = Hue

θ = Teta

B = Nilai normalisasi piksel blue

G = Nilai normalisasi piksel green

Hitung S (Saturation)

$$s = 1 - \frac{3}{(R + G + B)} \min(R+G+B)$$

Dimana:

S = Saturation

R = Nilai normalisasi piksel red

G = Nilai normalisasi piksel green

B = Nilai normalisasi piksel blue

Hitung I (Intensity)

$$I = \frac{1}{3} (R+G+B)$$

Dimana:

I = Intensity

R = Nilai normalisasi piksel red

G = Nilai normalisasi piksel green

B = Nilai normalisasi piksel blue

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

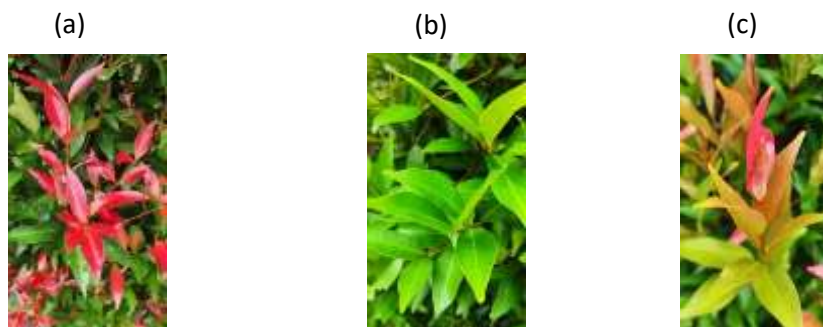
3.1 Metode Ruang Warna HIS

Metode yang digunakan dalam pengolahan Citra Digital untuk mendeteksi tingkat kematangan buah kurma adalah melalui transformasi ruang warna HSI. Penelitian ini dimulai dengan memasukkan gambar buah kurma sebagai input, kemudian melakukan pemilihan citra acuan dan uji. Selanjutnya, dilakukan perhitungan nilai RGB dan transformasi HSI. Berikut kerangka kerja dari ruang warna HSI :



Gambar 1 Krangka Metode Transformasi Ruang Warna HSI

- Citra Acuan & Uji
Citra yang digunakan adalah seluruh gambar dari daun herbal Pucuk Merah yang didapat dari proses pengumpulan data.
- Mencari Nilai RGB
Sebelum mentransformasikan gambar Daun Pucuk Merah ke metode HSI , Terlebih dahulu menentukan nilai RGB dari masing-masing citra acuan Daun Pucuk Merah yang diperoleh.



R	181
G	165
B	162

R	158
G	164
B	172

R	178
G	168
B	158

Gambar 2 Nilai RGB Citra Acuan Daun Pucuk Merah Matang, Mentah, Setengah Matang

c. Menghitung Nilai Transformasi Ruang Warna HSI

Untuk memperoleh nilai ruang warna HSI maka dilakukan proses konversi nilai RGB ke ruang warna HSI.

Sebagai contoh perhitungan menggunakan gambar 3.2

a) Menghitung Nilai HSI Daun Pucuk Merah Matang

- Daun Pucuk Merah Matang

H (Hue)

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2} [(R - G) + (R - B)]}{\sqrt{[(R - G)^2 + (R - B)(G - B)] \frac{1}{2}}} \right\}$$

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2} [(181 - 165) + (181 - 162)]}{\sqrt{[(181 - 165)^2 + (181 - 162)(165 - 162)] \frac{1}{2}}} \right\}$$

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2} [(16) + (19)]}{\sqrt{[(16)^2 + (19)(3)] \frac{1}{2}}} \right\}$$

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2} [35]}{\sqrt{[(35) - (57)] \frac{1}{2}}} \right\}$$

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2} [35]}{\sqrt{[(92)] \frac{1}{2}}} \right\}$$

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{17,5}{46} \right\}$$

$$H = \cos^{-1} \{0,380\}$$

$$H = 67^{\circ}$$

S (Saturation)

$$s = 1 - \frac{3}{(R + G + B)} \min (R+G+B)$$

$$s = 1 - \frac{3}{(181 + 165 + 162)} \min (181+165+162)$$

$$s = 1 - \frac{3}{(508)} \min (162)$$

$$s = 1 - \frac{486}{508}$$

$$s = 1 - 0,9566 = 0,0434$$

$$s = 0,0434 \times 100$$

$$s = 4,33$$

I (Intencity)

$$I = \frac{1}{3} (R+G+B)$$

$$I = \frac{1}{3} (181+165+162)$$

$$I = \frac{1}{3} (508)$$

$$I = 169$$

- Daun Pucuk Merah Mentah

H (Hue)

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2} [(R - G) + (R - B)]}{\sqrt{[(R - G)^2 + (R - B)(G - B)] \frac{1}{2}}} \right\}$$

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2} [(169 - 175) + (169 - 158)]}{\sqrt{[(169 - 175)^2 + (169 - 158)(175 - 158)] \frac{1}{2}}} \right\}$$

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2} [(-6) + (11)]}{\sqrt{[(-6 + (11)(17)] \frac{1}{2}}} \right\}$$

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2} [5]}{\sqrt{[(5) + (187)] \frac{1}{2}}} \right\}$$

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{[(5)]}{\sqrt{192}} \right\}$$

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{[(2,5)]}{\sqrt{96}} \right\}$$

$$H = \cos^{-1} \{0,0260\}$$

$$H = 88$$

S (Saturation)

$$S = 1 - \frac{3}{(R + G + B)} \min (R+G+B)$$

$$S = 1 - \frac{3}{(169 + 175 + 158)} \min (169)$$

$$S = 1 - \frac{3}{(502)} \min (169)$$

$$S = 1 - \frac{507}{(502)}$$

$$S = 1 - 1,009$$

$$S = 1,009 \times 100$$

$$S = 100$$

I (Intencity)

$$I = \frac{1}{3} (R+G+B)$$

$$I = \frac{1}{3} (169+175+158)$$

$$I = \frac{1}{3} (502)$$

$$I = 167$$

- Daun Pucuk Merah Setengah Matang

H (Hue)

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2} [(R - G) + (R - B)]}{\sqrt{[(R - G)^2 + (R - B)(G - B)] \frac{1}{2}}} \right\}$$

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2} [(183 - 177) + (183 - 162)]}{\sqrt{[(183 - 177)^2 + (183 - 162)(183 - 162)] \frac{1}{2}}} \right\}$$

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2} [(6) + (21)]}{\sqrt{[(6)^2 + (21)(21)] \frac{1}{2}}} \right\}$$

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2} [(27)]}{\sqrt{[(12)^2 + (441)] \frac{1}{2}}} \right\}$$

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2} [(27)]}{\sqrt{(453) \frac{1}{2}}} \right\}$$

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{13,5}{228} \right\}$$

$$H = \cos^{-1}\{0,0592\}$$

$$H = 86$$

S (Saturation)

$$S = 1 - \frac{3}{(R + G + B)} \min (R+G+B)$$

$$S = 1 - \frac{3}{(183 + 177 + 162)} \min (162)$$

$$S = 1 - \frac{3}{(522)} \min (162)$$

$$S = 1 - \frac{486}{(522)}$$

$$S = 1 - 0,931$$

$$S = 0,069 \times 100$$

$$S = 6,9$$

I (Intencity)

$$I = \frac{1}{3} (R+G+B)$$

$$I = \frac{1}{3} (183+177+162)$$

$$I = \frac{1}{3} (522)$$

$$I = 174$$

d. Menentukan nilai acuan tingkat kematangan daun herbal Pucuk Merah

Setelah menghitung nilai HSI pada setiap citra acuan daun Pucuk Merah selanjutnya adalah menentukan rentang nilai kematangan yang dijadikan patokan dalam menentukan tingkat kematangan daun Pucuk Merah.

Maka dapat ditentukan nilai minimal dan maksimal HSI setiap katagori-kategori yang akan dijadikan sebagai nilai acuan kematangan daun herbal Pucuk Merah. Berikut hasil nilai minimal dan maksimal untuk setiap katagori tersebut:

1. Matang

H	57
S	4
I	169

H	75
S	8
I	172

H	67
S	95
I	173

Maka diperoleh kisaran angka-angka berikut ini yang dapat dijadikan sebagai nilai acuan untuk mengetahui banyaknya daun Pucuk Merah Matang :

Nilai Hue : 67 - 108
 Nilai Saturation : 4 - 10
 Nilai Intensity : 170 – 180

2.Mentah

H	88
S	6
I	167

H	53
S	9
I	174

H	88
S	15
I	157

Maka diperoleh kisaran angka-angka berikut ini yang dapat dijadikan sebagai nilai acuan untuk mengetahui banyaknya daun Pucuk Merah Mentah :

Nilai Hue : 53 - 88
 Nilai Saturation : 6 – 15
 Nilai Intensity : 157 – 174

3.Setengah Matang

H	41
S	6
I	174

H	87
S	11
I	166

H	45
S	5
I	168

Maka diperoleh kisaran angka-angka berikut ini yang dapat dijadikan sebagai nilai acuan untuk mengetahui banyaknya daun Pucuk Merah yang setengah matang :

Nilai Hue : 41 - 87
Nilai Saturation : 5 - 11
Nilai Intensity : 166 - 174

e. Kondisi matang daun pucuk merah



H	92
S	9
I	173

Berdasarkan rentang nilai acuan Daun Pucuk Merah yang telah ditetapkan pada prosedur sebelumnya, dapat dikatakan bahwa gambar uji yang di lakukan adalah daun Pucuk Merah tersebut dalam kondisi matang.

3.2 Implementasi Sistem

Berikut merupakan hasil dari tampilan antarmuka pada sistem aplikasi implementasi metode hue saturation intensity (HSI) untuk mendeteksi tingkat kematangan daun herbal Pucuk Merah yang telah dibangun yang terdiri dari beberapa bagian yaitu:

a. Halaman Utama

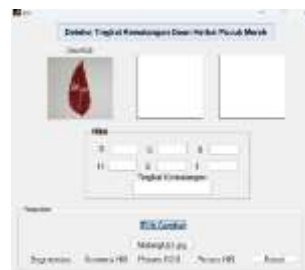
Halaman utama merupakan halaman atau form yang terdapat pada aplikasi pengolahan citra digital untuk mendeteksi tingkat kematangan Daun herbal Pucuk Merah. Berikut merupakan hasil dari tampilan antarmuka dari halaman utama merupakan hasil akhir dari tampilan yang selesai dibangun.



Gambar 2 Halaman Utama

b. Input Gambar

Pada bagian input gambar telah dapat memasukan gambar, menampilkan gambar yang dipilih, dan dapat menampilkan file gambar yang di pilih



Gambar 2 Input Gambar

c. Proses Segmentasi

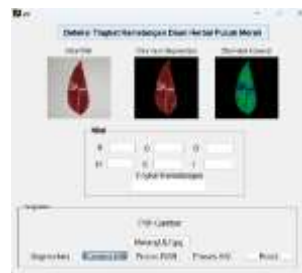
segmentasi gambar dapat melakukan segmentasi atau dapat menampilkan file sebelumnya dan menampilkan hasil proses pengkelompokan berdasarkan karakteristik.



Gambar 3 Proses Segmentasi

d. Proses Konversi HSI

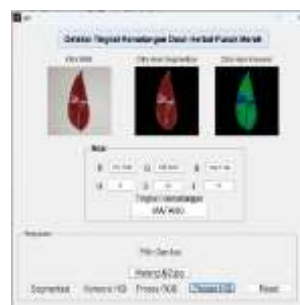
Konversi HSI gambar dapat melakukan konversi HSI dapat melakukan proses transformasi ruang warna HSI.



Gambar 4 Proses Konversi HSI

e. Proses RGB & HSI

RGB & HSI Dapat melakukan proses penghitungan nilai transformasi warna pada gambar dan dapat melakukan pendeteksian tingkat kematangan Daun herbal Pucuk Merah



Gambar 5 Proses RGB & HSI

f. Proses Reset

Reset dapat melakukan penghapusan data dan gambar.



Gambar 6 Proses Reset

4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian, dan berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan sebelumnya maka kesimpulannya yang didapat dari penelitian ini adalah:

Berdasarkan hasil penelitian, metode transformasi ruang warna HSI terbukti dapat digunakan secara efektif untuk mendeteksi tingkat kematangan Daun herbal Pucuk Merah. Proses deteksi dilakukan dengan menentukan nilai minimum dan maksimum dari komponen HSI (Hue, Saturation, Intensity) pada citra referensi sebagai nilai acuan. Dengan menggunakan nilai referensi tersebut, sistem mampu mengidentifikasi kematangan daun pada citra uji dengan tingkat

akurasi mencapai 78,125%, yaitu sebanyak 18 dari 25 citra uji berhasil terdeteksi dengan benar, sedangkan 7 citra lainnya atau sebesar 21,875% tidak terdeteksi. Selain akurat, metode ini juga lebih efisien karena tidak memerlukan waktu yang lama dalam proses identifikasi tingkat kematangan Daun herbal Pucuk Merah dibandingkan metode manual atau konvensional.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih disampaikan kepada Bapak Budi Hartono dan Ibu Julia Ningsih, selaku orangtua dari penulis. Tidak lupa juga terima kasih kepada Bapak Nurcahyo Budi Nugroho dan Ibu Rina Mahyuni, selaku dosen pembimbing, serta pihak-pihak yang telah mendukung dalam proses penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Edha, S. H. Sitorus, and U. Ristian, "Coding : Jurnal Komputer dan Aplikasi PENERAPAN METODE TRANSFORMASI RUANG WARNA HUE SATURATION INTENSITY (HSI) UNTUK MENDETEKSI KEMATANGAN BUAH MANGGA HARUM MANIS," 2020. Accessed: Oct. 28, 2024. [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jcskommipa/article/viewFile/39188/75676585066>
- [2] M. A. Syafi'i and F. M. D. Ahadi, "Klasifikasi Kematangan Pada Buah Mangga Garifta Merah dengan Transformasi Ruang Warna HSI," vol. 5, pp. 1–5, Dec. 2021.
- [3] A. Zarkasi *et al.*, "Sistem Deteksi Kematangan Buah Pisang Berdasarkan Warna Kulit Menggunakan Metode HSV." Accessed: Oct. 29, 2024. [Online]. Available: <http://generic.ilkom.unsri.ac.id/index.php/generic/article/view/178/135>
- [4] D. D. Arfika, I. Syafitri, and H. P. Pahutar, "SISTEM PENDETEKSI KEMATANGAN BUAH ALPUKAT DENGAN TRANSFORMASI RUANG WARNA HSI," Jul. 2024, doi: <https://doi.org/10.36040/jati.v8i4.10117>.
- [5] N. IBRAHIM *et al.*, "Klasifikasi Tingkat Kematangan Pucuk Daun Teh menggunakan Metode Convolutional Neural Network," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 10, no. 1, pp. 1–15, Jan. 2022, doi: 10.26760/elkomika.v10i1.162.
- [6] B. WAKTU PENGAMBILAN SAMPEL YANG BERBEDA Sunarti Cambaba, dan Pauline Destinugrainy Kasi, C. Palopo, and S. Selatan, "KARAKTERISTIK STOMATA DAUN PUCUK MERAH (*Syzygium oleana*)," *Cokroaminoto Journal of Biological Science*, vol. 4, no. 1, pp. 19–25, Feb. 2022, Accessed: Oct. 30, 2024. [Online]. Available: <https://science.e-journal.my.id/cjbs/article/view/95>
- [7] Y. F. Br Tarigan, K. Andriani, R. Rosnelly, and Wanayumini, "Implementasi Metode HSI pada Transformasi Ruang Warna Dalam Mendeteksi Kematangan Buah Mangga Udang," *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*, vol. 6, no. 4, p. 1, Oct. 2022, doi: 10.30865/mib.v6i4.4547.
- [8] K. A. Pratama, W. Priyo Atmaja, and V. Lusiana, "Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Kersen Menggunakan Citra HSI Dengan Metode K-Nearest Neighbor (KNN)," vol. 11, no. 1, Jan. 2022.
- [9] W. Gazali, H. Soeparno, and ; Jenny Ohliati, "Penerapan Metode Konvolusi (Wikaria Gazali; dkk) PENERAPAN METODE KONVOLUSI DALAM PENGOLAHAN CITRA DIGITAL," Jul. 2012.
- [10] D. Prasetyo, I. Muhimmah, and A. Kurniawardhani, "PENGOLAHAN CITRA PADA FOTO," Aug. 2018. Accessed: Nov. 11, 2024. [Online]. Available: <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/10492>
- [11] I. Muhimmah, F. Abriyani, and A. Kurniawardhani, "Deteksi Keriput pada Citra Wajah dengan Teknik Pengolahan Citra," Aug. 2018. Accessed: Nov. 15, 2024. [Online]. Available: <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/10216>
- [12] A. Athallah Muhammad, A. Arkadia, S. NaufalRifqi, and D. Sandya Prasvita, *Penerapan Transformasi Ruang Warna Hue Saturation Intensity (HSI) untuk Mendeteksi Kematangan Buah Tomat*. 2021. Accessed: Nov. 15, 2024. [Online]. Available: <https://conference.upnvj.ac.id/index.php/senamika/article/view/1780/1343>
- [13] Syukr, Rhenislawaty, S. Putriyana, S. Webisono, M. Syukri, and Dll, "Penerapan Metode Transformasi Ruang Warna HSI untuk Mendeteksi," vol. XIV, no. 3, pp. 243–254, 2020.
- [14] L. Setiyani, "Implementasi Cybersecurity pada Operasional Organisasi," Sep. 2021. Accessed: Nov. 18, 2024. [Online]. Available: <https://e-journal.rosma.ac.id/index.php/inotek/article/view/183>
- [15] "MATERI-4 Activity Diagram APSI - 2." Accessed: Nov. 18, 2024. [Online]. Available: <https://repository.unikom.ac.id/64681/1/MATERI%205%20%20-%20Activity%20Diagram.pdf>