

Penerapan Transformasi Ruang Warna Hue Saturation Intensity (HSI) untuk Mendeteksi Kematangan Buah Tomat

Abitdavy Athallah Muhammad¹, Arvi Arkadia², Sheva NaufalRifqi³, Trianto⁴, Desta Sandya Prasvita⁵
Prodi S1 Informatika / Fakultas Ilmu Komputer
Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta

Jl. RS. Fatmawati Raya, Pd. Labu, Kec. Cilandak, Kota Depok, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 12450
davyabit@gmail.com¹, arvia@upnvj.ac.id², shevanaufalrifqi@gmail.com³, trianto@upnvj.ac.id⁴

Abstrak. Proses penentuan kematangan buah tomat dengan indera manusia masih terbilang sulit dan memakan waktu terutama untuk industri yang memproduksi tomat dalam jumlah besar. Penelitian ini mengusulkan sebuah solusi menggunakan pengolahan citra digital yang dapat digunakan untuk menentukan tingkat kematangan buah tomat dengan mentransformasi citra kedalam ruang warna HSI (hue, saturation, intensity). Model ruang warna HSI bekerja dengan cara memisah bagian intensitas warna yang dibawa (hue dan saturation) dalam warna citra. Pengujian dilakukan dengan menggunakan data sampel yang dipilih secara manual sebanyak 150 buah, terdiri dari 120 citra sampel latih dan 30 citra sampel uji yang dibagi merata untuk buah tomat matang, tomat setengah matang, dan tomat mentah mendapatkan hasil akurasi kesesuaian sebesar 83.33% dengan metode HSI.

Kata Kunci: Pengolahan Citra, Tomat, HIS, Deteksi Kematangan

1 Pendahuluan

Di Indonesia, tomat merupakan buah yang paling sering dikonsumsi, secara langsung maupun yang telah diolah. Semakin meningkatnya permintaan buah tomat, maka budidaya tanaman tomat harus dikembangkan. Pemeliharaan pada buah tomat yang jelek dapat merusak nilai gizi yang terkandung didalamnya yang selanjutnya mempengaruhi nilai ekonomis dari buah tomat.

Agar pembusukan buah tomat dapat diminimalisir, oleh karena itu produsen perlu pendeteksi kematangan buah secara akurat. Masa sekarang, kebanyakan produsen buah tomat menentukan kematangan buah dengan cara tradisional. Cara ini dilakukan dengan mengamati buah yang akan ditentukan tingkat kematangannya menggunakan pengamatan visual secara langsung. Cara tradisional sangat bergantung pada pihak yang melakukan pengecekan sehingga pada kondisi tertentu dapat menghasilkan hasil yang tidak benar. Hasil pengecekan kematangan buah tomat secara tradisional juga tidak begitu akurat.

Berkembangnya teknologi memunculkan komputer untuk mengidentifikasi kematangan buah tomat dari ciri warna yang dimilikinya. Cara komputerisasi ini menggunakan tangkapan visual, yaitu dengan memanfaatkan kamera untuk mendapatkan citra buah tomat dan kemudian citra tersebut diproses menggunakan machine learning. Pengolahan citra digital membantu manusia dalam mendeteksi kematangan buah tomat secara cepat. Dengan memanfaatkan ciri warna yang dimiliki buah tomat, tomat dapat dikategorikan menjadi matang, setengah matang dan mentah. Teknik pengolahan citra digital dalam mendeteksi warna kematangan yaitu transformasi ruang warna HSI.

Telah banyak penelitian yang memanfaatkan metode HSI dalam menentukan tingkat kematangan pada buah tertentu. Penelitian sebelumnya yang diuji cobakan pada buah manga harum manis memiliki akurasi sebesar 87% [1]. Telah dilakukan juga penelitian untuk mendeteksi kematangan pisang yang memiliki akurasi kesesuaian sebesar 85% [2] dan buah nanas yang memiliki akurasi kesesuaian sebesar 86.67% [3]. Dari hasil ketiga penelitian tersebut telah membuktikan bahwa model warna HSI adalah model yang ideal untuk mengolah citra digital berdasarkan dekripsi warna yang alami dan intuitif terhadap penglihatan mata manusia.

Adapun tujuan penelitian ini untuk mengimplementasikan metode HIS dalam menentukan kematangan pada buah tomat. Penelitian ini akan mengukur akurasi kesesuaian berdasarkan fitur warna HSI yang dimiliki buah tomat.

Diharapkan penelitian ini dapat membantu masyarakat khususnya produsen buah tomat dalam menentukan tomat yang telah masak.

2 Tinjauan Pustaka

2.1 Citra

Citra merupakan suatu imitasi atau objek yang tercipta dari himpunan antara garis, bidang, warna dan titik yang biasanya merupakan objek fisik atau gambar. Sebuah citra merepresentasikan informasi yang dimilikinya agar indera penglihatan dapat menangkap dan memahami informasi objek sesuai dengan hasil yang diinginkan. Karakteristik yang dimiliki citra yang membuat beda antara data teks adalah citra mengandung data yang berlimpah. Informasi yang terkandung pada citra dapat dibagi menjadi data dasar dan abstrak.

Data dasar merupakan jenis informasi yang tidak memerlukan pengetahuan khusus dan dapat diolah secara langsung. Informasi ini terdiri dari warna, bentuk dan tekstur yang dimiliki oleh citra. Sedangkan data abstrak informasi yang memerlukan teknik khusus dalam mengolah data tersebut. Contohnya adalah ekspresi wajah manusia yang mencerminkan perasaan seseorang (senang, marah, takut, sedih, dll).

2.2 Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra digital ialah teknik atau metode untuk mendapatkan informasi tertentu dari citra hasil tangkapan kamera dengan dimanipulasi untuk mendapatkan data citra. Proses pengolahan citra memiliki ciri data masukan dan keluarannya berupa citra. Secara umum pengolahan citra digital dapat dikatakan sebagai pengolahan gambar yang disesuaikan dengan kebutuhan sehingga mendapatkan citra yang diinginkan.

2.3 Model Warna RGB

RGB (Red, Green, Blue) ialah ruang warna yang dapat ditangkap indera penglihatan manusia dan merupakan warna yang sering digunakan untuk menghasilkan citra, ruang warna ini terdiri dari tiga warna primer yaitu merah, hijau, dan biru. Setiap piksel dalam citra merupakan kombinasi warna RGB. Ruang warna RGB didasari pada teori bahwa mata manusia peka terhadap cahaya dengan panjang gelombang 630 nm (merah), 530 nm (hijau), dan 450 nm (biru).

2.4 Transformasi Ruang Warna HSI

Walaupun model warna RGB bagus untuk merepresentasikan informasi warna, tetapi model warna ini memiliki kendala ketika merepresentasikan warna yang tidak ada dalam ruang warnanya. Karena hal tersebut, dalam pemrosesan citra kurang baik bila menggunakan model warna RGB. Untuk aplikasi pemrosesan citra yang melakukan pengenalan objek akan lebih mudah jika objek diidentifikasi menggunakan perbedaan nilai hue-nya dengan memberi batasan nilai tertentu dari nilai hue pada objek.

Model ruang warna HSI ialah sistem ruang warna yang mirip dengan kinerja mata manusia. HSI bekerja dengan cara mengkombinasikan warna ataupun grayscale yang terkandung dalam citra. Ruang warna ini memiliki tiga dimensi ruang yaitu Hue (H) yang terdiri dari warna dasar seperti merah, biru, kuning dan campuran dari warna-warna tersebut, Saturation (S) yang merupakan tingkat ketajaman yang dimiliki warna pada hue dan Intensity (I) yang digunakan untuk memberi pencahayaan pada hue dan saturasi. Ruang warna HSI dinilai lebih alami dan intuitif yang sesuai dengan penglihatan mata manusia. Untuk dapat mentransformasikan warna RGB ke dalam ruang warna HSI dapat menggunakan perhitungan berikut:

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

$$H (\text{hue}) \quad H = \begin{cases} \theta & \text{jika } B \leq G \\ 360 - \theta & \text{jika } B > G \end{cases} \quad (2) \quad (2)$$

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

$$I (\text{Intensity}) \quad I = \frac{1}{3}(R + G + B) \quad (4) \quad (4)$$

Untuk mengetahui tingkat akurasi kebenaran pada sistem digunakan rumus berikut:

$$Akurasi = \frac{\text{Jumlah Nilai Kebenaran}}{\text{Jumlah Sampel}} \times 100\% \quad (5)$$

2.5 Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill)

Tomat merupakan tumbuhan yang memiliki siklus hidup yang singkat. Walaupun tanaman tomat berumur pendek tetapi tanaman ini memiliki banyak manfaat bagi tubuh dikarenakan buah tomat mineral ,vitamin, dan serat alami serta protein yang dibutuhkan oleh tubuh. Agar dapat memperoleh khasiat dari buah tomat secara maksimal maka buah tomat haruslah dimakan ketika telah matang sempurna. Buah tomat yang ranum dapat dilihat berdasarkan warnanya. Buah tomat mempunyai tiga warna untuk menentukan buah tersebut masuk kedalam kategori matang ketika memiliki warna merah, setengah matang ketika memiliki warna kuning atau mentah ketika memiliki warna hijau.



Gambar. 1. Citra Tomat pada bagian kiri merupakan Tomat Matang, Citra Tomat bagian tengah merupakan Tomat Setengah Matang dan Citra Tomat bagian kanan merupakan Tomat Mentah

3 Metodologi

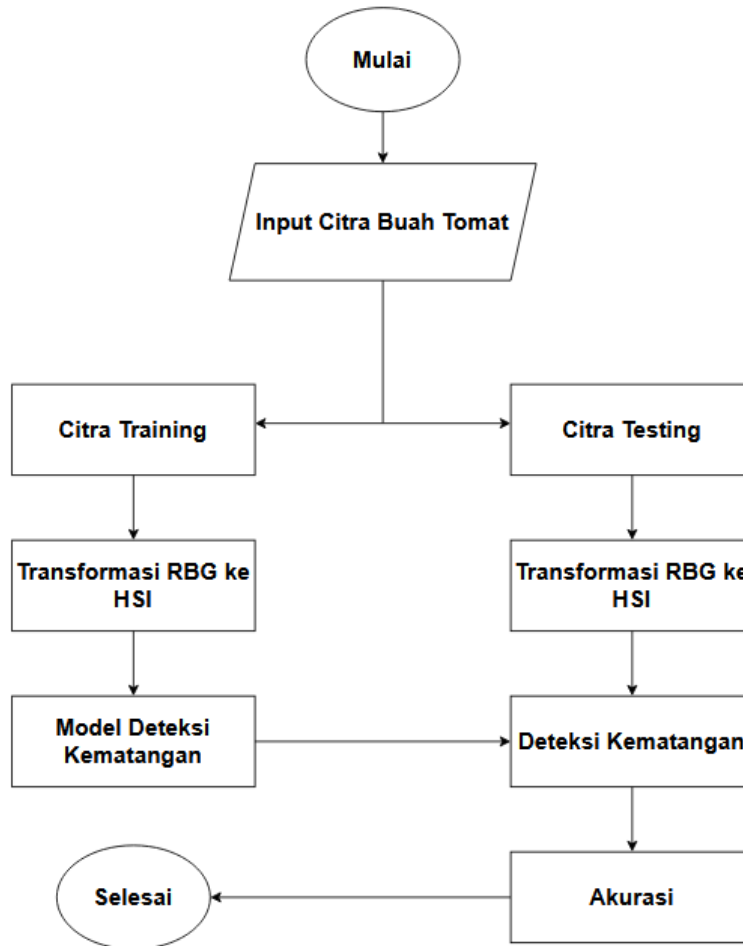
3.1 Pengumpulan Data

Data yang didapat merupakan kumpulan citra buah tomat yang diambil dari situs open dataset kaggle.com yang kemudian akan diekstrak ciri warnanya. Dataset ini berisi 150 citra dari buah tomat yang terdiri dari 50 citra tomat matang, 50 citra tomat setengah matang dan 50 citra tomat mentah yang telah dipilih secara manual. Dari data citra tersebut akan dibagi untuk sampel latih sebanyak 40 dan sampel uji sebanyak 10 untuk citra tomat matang, setengah matang dan mentah. Pembagian citra untuk sampel latih dan uji dilakukan dengan manual berdasarkan tingkat kematangannya. Citra-citra tersebut kemudian akan ditransformasi ke dalam ruang warna HSI (hue,

saturation, intensity). Citra sampel latih dipakai dalam penerapan model deteksi kematangan. Sedangkan citra sampel uji sebagai pengujian model.

3.2 Diagram Alir

Metode yang diusulkan untuk mendeteksi tingkat kematangan berdasarkan fitur warna yang dimiliki buah tomat melalui transformasi ruang warna HSI dijelaskan dalam Gambar 2.



Gambar. 2. Diagram Alir proses deteksi kematangan pada buah tomat.

Diagram alir di atas merupakan gambaran dari langkah-langkah penerapan transformasi ruang warna dari RGB menjadi HIS pada citra buah tomat. Bermula dari input dataset yang berisi kumpulan citra buah tomat dengan tingkat kematangan matang, setengah matang dan mentah yang kemudian dibagi menjadi kelompok citra training dan testing. Tiap kelompok tersebut kemudian ditransformasi dari ruang warna RGB menjadi HIS. Kelompok citra training untuk penerapan model deteksi kematangan dan kelompok citra testing untuk pengujian model agar mendapat nilai akurasi dari deteksi tingkat kematangan pada buah tomat.

4 Hasil dan Pembahasan

Tahap pelatihan sistem dalam penelitian ini dilakukan dengan memproses 120 buah citra berekstensi *.jpg yang terdiri dari 40 citra tomat yang memiliki tingkat kematangan matang, setengah matang, dan mentah. Dari 120 citra tersebut akan dilakukan proses transformasi ruang warna dari RGB menjadi HIS. Proses transformasi ruang warna dilakukan untuk mendapatkan nilai atribut yang dimiliki ruang warna HSI. Nilai dari masing-masing atribut

kemudian akan dihitung besaran rerata untuk nilai H (hue), nilai S (saturation), dan nilai I (intensity) pada tiap tingkat kematangan buah tomat. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan nilai range optimal dipakat dalam menentukan buah tomat yang cukup umur. Pada Tabel 1 dijelaskan range nilai untuk atribut H, S, dan I untuk tiap tingkat buah tomat yang cukup umur.

Tabel 1. Range Kematangan Buah Tomat.

	Range			Range			Range		Kategori
H	19.00936	32.57299	S	0.528908	0.926796	I	0.134587	0.412116	Tomat
H	37.1765	58.75908	S	0.616185	0.964616	I	0.361289	0.54108	Matang
H	34.39732	82.86747	S	0.378208	0.912426	I	0.213424	0.613825	Tomat Setengah Matang

Tahap selanjutnya adalah menguji keakuratan hasil deteksi kematangan buah tomat berdasarkan nilai range atribut ruang warna HSI yang telah terbentuk. Jumlah citra yang digunakan dalam tahap pengujian deteksi kematangan sebanyak 30 citra yang terdiri dari 10 citra tomat matang, 10 citra tomat setengah matang, dan 10 citra tomat mentah dengan ekstensi *.jpg. Dari 30 citra tersebut akan mengalami proses transformasi ruang warna RGB menjadi HSI yang kemudian diambil nilai rerata dari atribut H, S, dan I.

Langkah selanjutnya yang perlu dilakukan adalah mengecek hasil deteksi kematangan citra buah tomat berdasarkan tingkat kematangan buah. Nilai rerata minimal dan maksimal dari atribut H (hue), S (saturation), dan I (intensity) dapat digunakan dalam mendeteksi buah tomat yang ranum dari warna kulit dengan mencocokkan nilai atribut HSI yang dimiliki citra sampel uji kedalam data range nilai atribut HSI citra sampel latih. Jika nilai atribut citra sampel uji berada dalam range nilai atribut citra sampel latih, maka kematangan buah tomat dapat ditentukan. Setelah itu dilakukan pengecekan hasil deteksi citra buah tomat berdasarkan tingkat kematangannya secara manual. Hal ini dilakukan untuk mendeteksi kesalahan pada saat mendeteksi tingkat kematangan buah tomat. Tabel hasil deteksi buah tomat yang telah matang berdasarkan warna kulitnya dengan memanfaatkan atribut yang dimiliki oleh ruang warna HSI (hue, saturation, intensity) dijelaskan pada Tabel 2, 3 dan 4.

Tabel 2. Hasil Deteksi Kematangan Buah Tomat Matang

No	Sampel Tomat	Komputerisasi									
		Hasil Perhitungan			Range Warna			Fase Kematangan		Keterangan	
		H	S	I	H	S	I	Manual	Komputer		
1	Tomat Matang	21.2699	0.72193	0.37456	19.00936 - 32.572994	0.52890784 - 0.9267963	0.13458732 - 0.41211584	Matang	Matang	Sesuai	-
2		28.0249	0.70468	0.40571					Matang	Sesuai	-
3		39.954	0.84923	0.26681					Mentah	-	Nilai H Tidak Memenuhi Range
4		26.0241	0.80717	0.32115					Matang	Sesuai	-
5		25.9043	0.82932	0.29942					Matang	Sesuai	-
6		25.7957	0.75163	0.20282					Matang	Sesuai	-
7		24.4617	0.80797	0.32025					Matang	Sesuai	-
8		20.5691	0.64381	0.25697					Matang	Sesuai	-
9		21.5403	0.85644	0.2997					Matang	Sesuai	-
10		27.0547	0.71618	0.28082					Matang	Sesuai	-

Dijelaskan dalam Tabel.2 bahwa nilai H dari buah tomat memiliki rentang nilai rata-rata diantara 20 hingga 30 dengan nilai tertinggi pada nilai 39.954. Dengan nilai tersebut bahwa nilai H tidak dikategorikan sebagai buah matang karena nilai H tersebut memiliki nilai range tertinggi yang mana range untuk buah tomat yang matang berkisar antara 20 hingga 30. Oleh karena itu nilai tersebut dikategorikan sebagai nilai H pada range buah tomat yang setengah matang. Pada Tabel.3 nilai H pada buah tomat yang setengah matang berkisar antara 40 hingga 50, sedangkan nilai pada tingkatan nilai S berkisar antara 0 hingga 0,94. Nilai yang melebihi rentang nilai pada tingkat nilai S dari citra buah tomat tidak dapat teridentifikasi dikarenakan nilai S telah melebihi nilai range yang telah ditentukan. Begitu pula dengan rentang nilai I yang berkisar antara 0 hingga 0,5. Citra yang memiliki nilai I yang melebihi batas range tersebut tidak dapat teridentifikasi apakah buah tersebut matang, setengah matang atau busuk.

No	Sampel Tomat	Komputerisasi										
		Hasil Perhitungan			Range Warna			Fase Kematangan		Keterangan		
		H	S	I	H	S	I	Manual	Komputer			
11	Tomat Setengah Matang	49.2871	0.75533	0.46588	37.176495 - 58.759083	0.6161851 - 0.96461624	0.36128944 - 0.54107976	Manual	Komputer	Setengah Matang	Sesuai	-
12		43.3816	0.82197	0.44687						Setengah Matang	Sesuai	-
13		52.1772	0.94515	0.43449						Setengah Matang	Sesuai	-
14		52.087	0.94177	0.94177						Setengah Matang	Sesuai	-
15		49.7169	0.96725	0.40931						Tidak Teridentifikasi	-	Nilai S Tidak Memenuhi Range
16		45.4352	0.93805	0.39346						Setengah Matang	Sesuai	-
17		47.1718	0.95997	0.40516						Setengah Matang	Sesuai	-
18		49.9785	0.93353	0.41568						Setengah Matang	Sesuai	-
19		50.9564	0.9664	0.42731						Tidak Teridentifikasi	-	Nilai S Tidak Memenuhi Range
20		48.7944	0.94865	0.41361						Setengah Matang	Sesuai	-

Dari hasil pengolahan citra pada buah tomat disimpulkan pada penelitian ini bahwa nilai H,S,dan I pada tingkat kematangan memiliki rentang nilai yang berbeda. Seperti buah tomat yang telah matang memiliki rentang nilai H pada range nilai 20 hingga 30, untuk nilai S memiliki rentang nilai pada range 0,6 hingga 0,85, dan untuk nilai I memiliki rentang nilai pada range 0 hingga 0,4. Pada buah tomat yang setengah matang, untuk nilai H memiliki rentang nilai berkisar antara 40 hingga 60, untuk nilai S berkisar antara 0,7 hingga 0,94, dan untuk nilai I memiliki nilai berkisar antara 0 hingga 0,45. Sedangkan pada buah tomat yang mentah nilai H memiliki rentang nilai antara 40 hingga 70, untuk nilai S memiliki rentang nilai antara 0 hingga 0,66, dan untuk nilai I memiliki rentang nilai antara 0 hingga 0,62.

Tabel 4. Hasil Deteksi Kematangan Buah Tomat Mentah

No	Sampel Tomat	Komputerisasi										
		Hasil Perhitungan			Range Warna			Fase Kematangan		Keterangan		
		H	S	I	H	S	I	Manual	Komputer			
21	Tomat Mentah	67.2906	0.40673	0.63972	34.39732 - 82.86747	0.37820813 - 0.9124262	0.21342424 - 0.61382484	Manual	Komputer	Tidak Teridentifikasi	-	Nilai I Tidak Memenuhi Range
22		61.4158	0.58252	0.54793						Mentah	Sesuai	-
23		69.0084	0.6971	0.46664						Mentah	Sesuai	-
24		61.5089	0.66319	0.42434						Mentah	Sesuai	-
25		65.2422	0.58933	0.53366						Mentah	Sesuai	-
26		69.7072	0.46874	0.61979						Tidak Teridentifikasi	-	Nilai I Tidak Memenuhi Range
27		66.7337	0.59675	0.56838						Mentah	Sesuai	-
28		68.6036	0.56104	0.49707						Mentah	Sesuai	-
29		54.46	0.38952	0.43298						Mentah	Sesuai	-
30		43.1238	0.51687	0.43078						Mentah	Sesuai	-

Berdasarkan data dari ketiga tabel di atas, nilai range untuk buah tomat matang berkisar antara nilai H = 19.00936 - 32.572994, nilai S = 0.52890784 - 0.9267963, dan nilai I = 0.13458732 - 0.41211584. Nilai range untuk buah tomat setengah matang berkisar antara nilai H = 37.176495 - 58.759083, nilai S = 0.6161851 - 0.96461624, dan nilai I = 0.36128944 - 0.54107976. Dan untuk nilai range buah tomat mentah berkisar antara nilai H = 34.39732 - 82.86747, nilai S = 0.37820813 - 0.9124262, dan nilai I = 0.21342424 - 0.61382484.

Pengujian sistem deteksi kematangan buah tomat telah dilakukan dengan memproses 30 citra buah tomat yang dibagi menjadi 10 citra tomat matang, 10 citra tomat setengah matang, dan 10 citra tomat mentah dengan ekstensi *.jpg. Dari hasil pengujian citra sampel uji didapatkan akurasi untuk buah tomat matang mencapai sebesar 90% dari 10 citra tomat matang yang terbaca, 9 citra terdeteksi dengan benar dan 1 citra terdeteksi dengan salah. Untuk pengujian buah tomat setengah matang mencapai akurasi sebesar 80% dari 10 citra tomat setengah matang yang terbaca, 8 citra terdeteksi dengan benar dan 2 citra terdeteksi dengan salah. Sedangkan untuk pengujian buah tomat mentah mencapai akurasi sebesar 80% dari 10 citra tomat mentah, 8 citra terdeteksi dengan benar dan 2 citra terdeteksi dengan salah. Untuk keseluruhan akurasi pengujian mendapat presentase yang tinggi yaitu sebesar 83.33% dengan 25 citra terdeteksi dengan benar dan 5 citra terdeteksi dengan salah.

5 Kesimpulan

5.1 Simpulan

Dengan pengujian terhadap buah tomat dan penerapan model HSI diperoleh kesimpulan seperti berikut ini :

1. Pengujian citra sampel uji mendapat akurasi sebesar 90% untuk tomat matang, 80% untuk tomat setengah matang dan 80% untuk tomat mentah.
2. Nilai keseluruhan keberhasilan sistem untuk mendeteksi tingkat kematangan buah pada tomat mendapatkan nilai sebesar 83.33%.

5.2 Saran

Beberapa saran dalam pengembangan metode yang digunakan pada penelitian berikutnya agar semakin baik yaitu:

1. Melakukan segmentasi citra terlebih dahulu agar hanya citra tomat yang terhitung pada saat perhitungan nilai Hue, Saturasi dan Intensity.
2. Melakukan pengenalan objek pada buah tomat sehingga sistem dapat mengenali apakah citra buah termasuk kedalam buah tomat atau bukan karena penelitian ini tidak membandingkan bentuk buah dan hanya mengukur warna kematangan yang dimiliki buah tomat.
3. Memberi sistem deteksi penyakit pada buah tomat sehingga sistem dapat menilai apakah tomat tersebut sehat dan layak dimakan atau tidak.

6 Daftar Pustaka

- [1] Edha, Hendryanto dkk. 2020. "Penerapan Metode Transformasi Ruang Warna Hue Saturation Intensity (HSI) untuk Mendeteksi Kematangan Buah Mangga Harum Manis" dalam Jurnal Komputer dan Aplikasi Volume 8 (hlm. 1-10). Tanjung Pura.
- [2] Indarto dan Murinto. 2017. "Deteksi Kematangan Buah Pisang Berdasarkan Fitur Warna Citra Kulit Pisang Menggunakan Metode Transformasi Ruang Warna HSI". Yogyakarta.
- [3] Lustini, Apriyanti dkk. 2019. "Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Nanas Menggunakan Ruang Warna Red – Green – Blue dan Hue - Saturation – Intensity". Palembang.
- [4] Rahmadewi, Reni dkk. 2019. "Pendeteksian Kematangan Buah Jeruk Dengan Fitur Citra Kulit Buah Menggunakan Transformasi Ruang Warna HSV". Karawang.
- [5] Febryanto. 2020. "Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Tomat dengan Pemberian Pupuk Plant Catalyst 2006 dan Pemangkasan Tunas Air". Pekanbaru.
- [6] Aprilisa, Shinta dan Sukemi. 2019. "Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Tomat Berdasarkan Fitur Warna Menggunakan K-Nearest Neighbor". Palembang.
- [7] Wandu, Dede dan Fauziah Nur Hayati. 2021. "Deteksi Kelayuan Pada Bungan Mawar dengan Metode Transformasi Ruang Warna Hue Saturation Intensity (HSI) dan Hue Saturation Value (HSV)". Jakarta.
- [8] Sakir dkk. 2020. "Penerapan Metode Transformasi Ruang Warna HSI untuk Mendeteksi Tingkat Kematangan Buah Pisang Berdasarkan Fitur Warna Citra Kulit Pisang". Sulawesi Tenggara.
- [9] Muhammad Arief. "Klasifikasi Kematangan Buah Jeruk Berdasarkan Fitur Warna Menggunakan Metode SVM". Sidoarjo.
- [10] Bangun, Perkasa dkk. "Pengolahan Citra Untuk Identifikasi Kematangan Buah Jeruk Dengan Menggunakan Metode Backpropagation Berdasarkan Nilai HSV". Sumatera Utara.