

Klasifikasi Kematangan Buah Tomat Dengan Metode *Support Vector Machine*

Bagoes Maulana Alfaruq¹, Danang Erwanto², Iska Yanuartanti³

^{1,2,3}Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kediri

E-mail: ¹bagoesbbm@gmail.com, ²danangerwanto@uniska-kediri.ac.id,

³iska.yanuartanti@uniska-kediri.ac.id

Corresponden Author: danangerwanto@uniska-kediri.ac.id

Diterima Redaksi: 02 September 2023 Revisi Akhir: 20 Oktober 2023 Diterbitkan Online: 02 November 2023

Abstrak –Kematangan tomat memainkan peran penting dalam menentukan kualitas dan daya tahan produk tomat. Pada umumnya, klasifikasi kematangan tomat dilakukan secara visual oleh para ahli atau petani berdasarkan pengalaman mereka. Dalam penelitian ini, metode klasifikasi kematangan tomat berbasis citra digunakan dengan menerapkan fitur Gray-Level Co-occurrence Matrix (GLCM) dan momen warna, serta metode Support Vector Machine (SVM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa model SVM dengan fitur GLCM dan Momen Warna menghasilkan Accuration dan Precision sebesar 0,91, serta nilai recall dan F-Measure sebesar 0,92 akurasi sebesar 91.1%, yang termasuk dalam kategori baik. Beberapa kesalahan klasifikasi pada beberapa citra, yang disebabkan oleh dominansi warna yang tidak sesuai pada kategori yang seharusnya.

Kata Kunci — GLCM, momen warna, SVM, tomat

Abstract – The ripeness of tomatoes plays an important role in determining the quality and durability of tomato products. In general, the classification of tomato ripeness is done visually by experts or farmers based on their experience. In this study, an image-based tomato maturity classification method was used using the Gray-Level Co-occurrence Matrix (GLCM) feature and color moment, as well as the Support Vector Machine (SVM) method. The results showed that the SVM model with the GLCM and Moment of Color features produced an Accuration and Precision of 0.91, as well as a recall and F-Measure value of 0.92, an accuracy of 91.1%, which is included in the good category. Several misclassifications in several images, caused by color dominance that does not fit into the proper category.

Keywords — color moment, GLCM, SVM, tomato



1. PENDAHULUAN

Tomat (*Solanum lycopersicum*) adalah salah satu komoditas sayuran yang mempunyai nilai ekonomi tinggi dan banyak dikonsumsi oleh Masyarakat [1], [2]. Kematangan tomat memainkan peran penting dalam menentukan kualitas dan daya tahan produk tomat. Kematangan pada buah tomat dapat dilihat dari perubahan warna pada buah [3]. Semakin matang buah tomat komposisi warna merah lebih dominan daripada komposisi warna hijau pada kulit tomat. Pada umumnya, klasifikasi kematangan tomat dilakukan secara visual oleh para ahli atau petani berdasarkan pengalaman mereka. Namun, metode ini cenderung subjektif, tergantung pada penilaian individual, dan dapat memakan waktu yang lama untuk proses pemilahan yang besar. Oleh karena itu, penelitian dalam pengembangan metode klasifikasi kematangan tomat yang efektif dan akurat sangatlah penting.

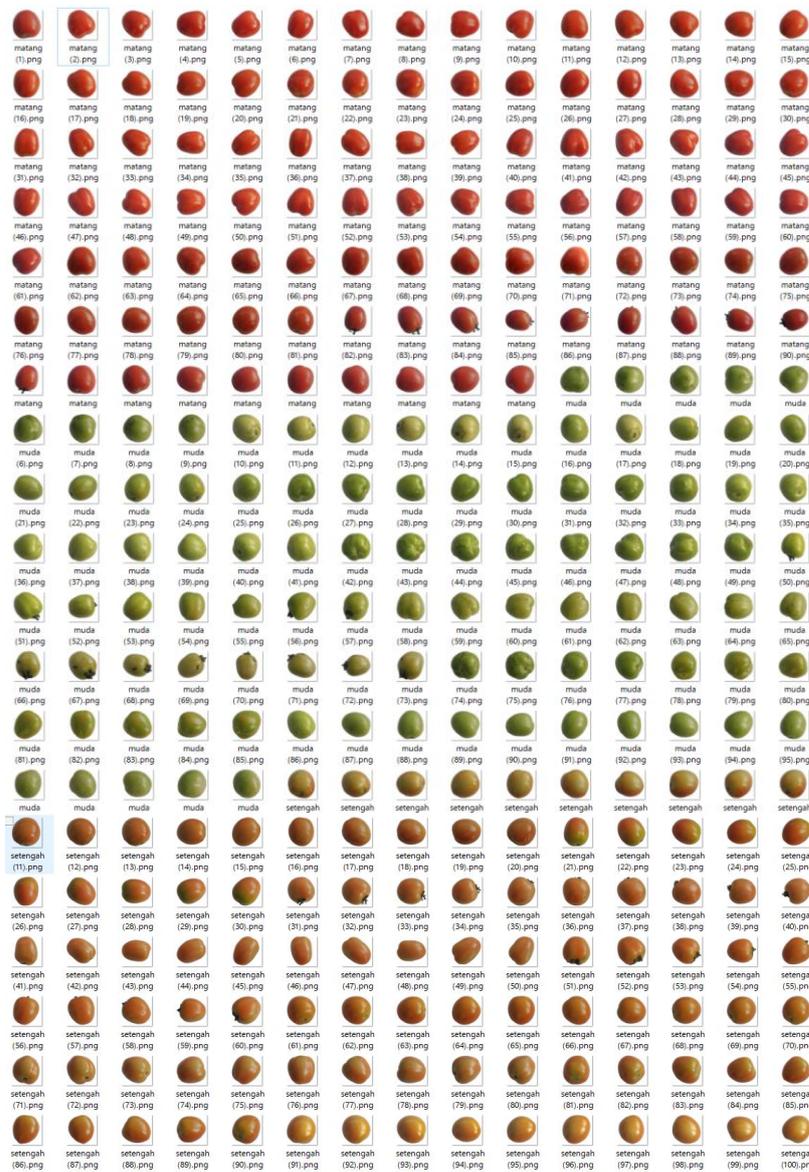
Dalam pengolahan citra digital, berbagai metode telah dikembangkan untuk menganalisis dan mengklasifikasikan objek berdasarkan fitur dari objek citra tersebut. Beberapa fitur dari citra yang dapat di ekstraksi berupa ekstraksi tekstur dan warna [4]. Klasifikasi kematangan buah tomat telah dilakukan diantaranya adalah dengan menghitung nilai rata-rata nilai RGB pada aplikasi pengukur kematangan buah tomat [5]. Selain itu klasifikasi kematangan buah tomat berdasarkan warnanya telah dilakukan dengan menggunakan algoritma Jaringan Syaraf Tiruan [6] oleh Humaira dkk. Disamping itu ada juga yang menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbor* [7], [8] untuk mengetahui tingkat kematangan buah tomat berdasarkan warnanya.

Pada penelitian ini klasifikasi kematangan buah tomat dilakukan dengan metode SVM (*Support Vector Machine*) berdasarkan ekstraksi tekstur dengan menerapkan metode *Gray-Level Co-occurrence Matrix* (GLCM)

dan ekstraksi warna dengan menerapkan metode Momen Warna (*Color Moment*). GLCM adalah metode statistik untuk mengekstrak fitur tekstur dari citra serta menguntungkan untuk menganalisa tekstur citra [9]. Sementara Momen Warna adalah metode untuk mengekstrak fitur warna dari citra dengan mengasumsikan bahwa distribusi warna dalam suatu citra sebagai distribusi probabilitas [10]. Untuk memperoleh akurasi yang tinggi dilakukan penggabungan ekstraksi tekstur dan ekstraksi warna [11], [12]. SVM merupakan metode klasifikasi berdasarkan fungsi kernel [13]. SVM memiliki kemampuan yang baik dalam menangani masalah klasifikasi non-linear dan dapat memberikan hasil klasifikasi yang akurat. Dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam membantu melakukan prediksi kematangan pada buah tomat.

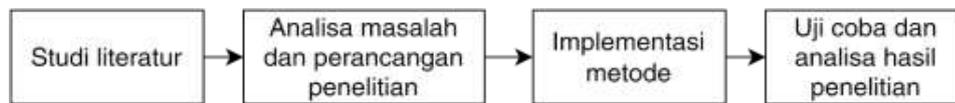
2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, dilakukan pengumpulan data untuk mendapatkan sejumlah sampel dari citra tomat yang dikategorikan menjadi matang, setengah matang, dan muda. Sampel-sampel ini dikumpulkan dan diambil menggunakan kamera *Smartphone* dengan resolusi kamera 20 MegaPixel. Proses pengambilan gambar dilakukan pada setiap kategori tomat, dengan jumlah data latih (*train*) sebanyak 100 sampel citra tomat untuk setiap kategori (mentah, setengah matang dan matang), sehingga terdapat 300 sampel citra tomat yang dipakai untuk pelatihan (*training*). Sedangkan sampel citra foto tomat yang digunakan untuk pengujian (*testing*) sebanyak 100 sampel citra pada semua kategori kematangan buah tomat. Adapun citra yang digunakan untuk *dataset* disajikan oleh Gambar 1 berikut.



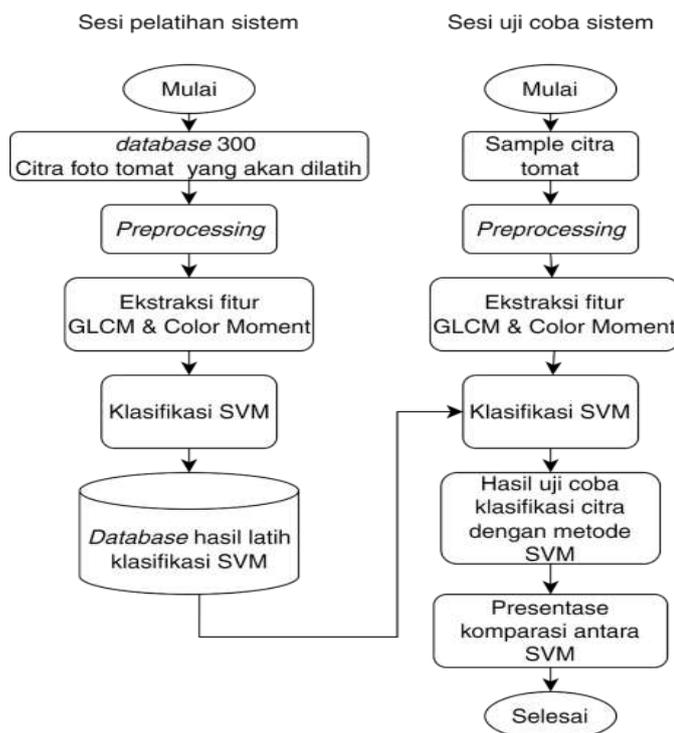
Gambar 1. Citra Dataset

Beberapa tahapan yang dilaksanakan untuk mendapatkan hasil akhir yang diinginkan dalam penelitian ini disajikan oleh Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Diagram Alir Tahapan Penelitian

Dalam perancangan sistem klasifikasi buah tomat menggunakan metode SVM perlu didesain alur kerja dari sistem tersebut. Gambar 3 merupakan perancangan sistem keseluruhan secara umum pada penelitian ini, pada tahap *preprocessing* merupakan proses awal dari penelitian ini, yaitu dengan melakukan *cropping* pada tangkapan foto tomat dengan ukuran 500x500 piksel dan mengkonversi citra RGB tomat ke citra grayscale sebagai masukan ekstraksi tekstur menggunakan metode GLCM. Sedangkan konversi citra RGB ke HSV (*Hue, Saturation, Value*) digunakan sebagai masukan pada ekstraksi warna dengan menerapkan metode Momen Warna.



Gambar 3. Diagram Alir Sistem Klasifikasi Buah Tomat

Ekstraksi tekstur dan warna pada penelitian ini dengan menerapkan metode GLCM dan momen warna. GLCM adalah suatu metode perhitungan statistik yang menggunakan distribusi *gray-level* (histogram). GLCM merupakan metode statistik orde 2 atau berupa matriks hubungan ketetanggaan. Matrik hubungan ketetanggaan merupakan suatu matriks yang menggambarkan hubungan ketetanggaan antar piksel pada suatu citra dari berbagai sudut orientasi (θ) dan jarak spasial (d) [14]. Pada GLCM ada 4 parameter yang dihasilkan dalam penelitian ini antara lain Kontras (*Contrast*), Homogenitas (*Homogeneity*), Energi (*Energy*) dan Korelasi (*Corelation*).

Kontras yang juga disebut sebagai "varians jumlah kuadrat" atau "inersia" dirumuskan dengan menggunakan Persamaan 1 [15].

$$Contrast = \sum_{i,j=0}^{N-1} p_{i,j}(i - j)^2 \dots\dots\dots (1)$$

Homogenitas yang juga disebut sebagai "*Inverse DifferenceMoment (IDM)*" memiliki nilai tinggi bila tingkat keabuan lokal seragam dan sebaliknya [16]. Nilai homogenitas memiliki kebalikan dengan kontras yang dirumuskan dengan menggunakan Persamaan 2 [15].

$$IDM = \sum_{i,j=0}^{N-1} \frac{p_{i,j}}{(i-j)^2} \dots\dots\dots (2)$$

Energi atau ASM (*Angular Second Moment*) digunakan untuk mengukur homogenitas suatu citra. Nilai energi tinggi ketika gambar memiliki homogenitas yang sangat baik atau ketika piksel sangat mirip [16]. Energi dirumuskan dengan menggunakan Persamaan 3 [15].

$$ASM = \sum_{i,j=0}^{N-1} p_{i,j}^2 \dots\dots\dots (3)$$

Korelasi digunakan untuk mengukur ketergantungan linier derajat keabuan pada piksel tetangga yang dirumuskan dengan menggunakan Persamaan 4 [15].

$$Korelasi = \sum_{i,j=0}^{N-1} p_{i,j} \left[\frac{(i-\mu_i)(i-\mu_j)}{\sqrt{(\sigma_i^2)(\sigma_j^2)}} \right] \dots\dots\dots (4)$$

Momen Warna diterapkan untuk mengetahui karakteristik distribusi warna dalam suatu gambar yang secara unik menggambarkan distribusi probabilitas [17]. Ada 3 parameter yang dihasilkan pada Momen Warna yaitu *mean*, *standard deviation*, *skewness*.

Mean (E_i) dapat diartikan sebagai rata-rata warna dalam suatu citra yang dirumuskan dengan menggunakan Persamaan 5 [18].

$$E_i = \sum_N^{j=1} \frac{1}{N} p_{ij} \dots\dots\dots (5)$$

Standard deviation (σ_i) merupakan akar kuadrat dari varians distribusi yang dirumuskan dengan menggunakan Persamaan 6 [18].

$$\sigma_i = \sqrt{\left(\frac{1}{N} \sum_N^{j=1} (p_{ij} - E_i)^2 \right)} \dots\dots\dots (6)$$

Skewness (s_i) dapat diartikan sebagai ukuran derajat asimetri dalam distribusi yang dirumuskan dengan menggunakan Persamaan 7 [18].

$$s_i = \sqrt[3]{\left(\frac{1}{N} \sum_N^{j=1} (p_{ij} - E_i)^3 \right)} \dots\dots\dots (7)$$

Metode Momen Warna pada penelitian ini digunakan untuk mengukur variasi warna pada kulit tomat, sehingga metode Momen Warna diharapkan menjadi alternatif yang efektif dalam klasifikasi kematangan tomat.

Nilai-nilai parameter yang dihasilkan dari ekstraksi tekstur dan warna menggunakan GLCM dan momen warna selanjutnya diproses pada klasifikasi menggunakan metode SVM. SVM adalah metode *machine learning* yang memanfaatkan konsep ruang vektor untuk melakukan klasifikasi. SVM digunakan untuk memaksimalkan batas *hyperplane* (*maximal margin hyperplane*) [19], [20]. Konsep klasifikasi dengan menggunakan metode SVM dapat digambarkan dengan sederhana sebagai langkah untuk mendapatkan *hyperplane* (batas keputusan) terbaik yang digunakan untuk memisahkan dua buah kelas data pada ruang *input*. *Hyperplane* merupakan pemisah terbaik pada kedua kelas yang dicari dengan menghitung *margin hyperplane* tersebut serta menemukan titik maksimalnya. *Margin* merupakan jarak antara *hyperplane* tersebut dengan data yang paling dekat pada setiap kelas. Proses untuk mendapatkan lokasi *hyperplane* tersebut adalah bagian inti pada tahapan *learning* dalam metode SVM. Dalam implementasi SVM untuk sistem klasifikasi dalam penelitian ini dibagi dalam dua tahapan yaitu dengan proses *training* dan proses *testing*.

Dalam penelitian ini, algoritma SVM digunakan untuk menentukan kategori tomat muda, setengah matang, dan matang. Adapun langkah-langkah klasifikasi kematangan buah tomat menggunakan metode SVM sebagai berikut:

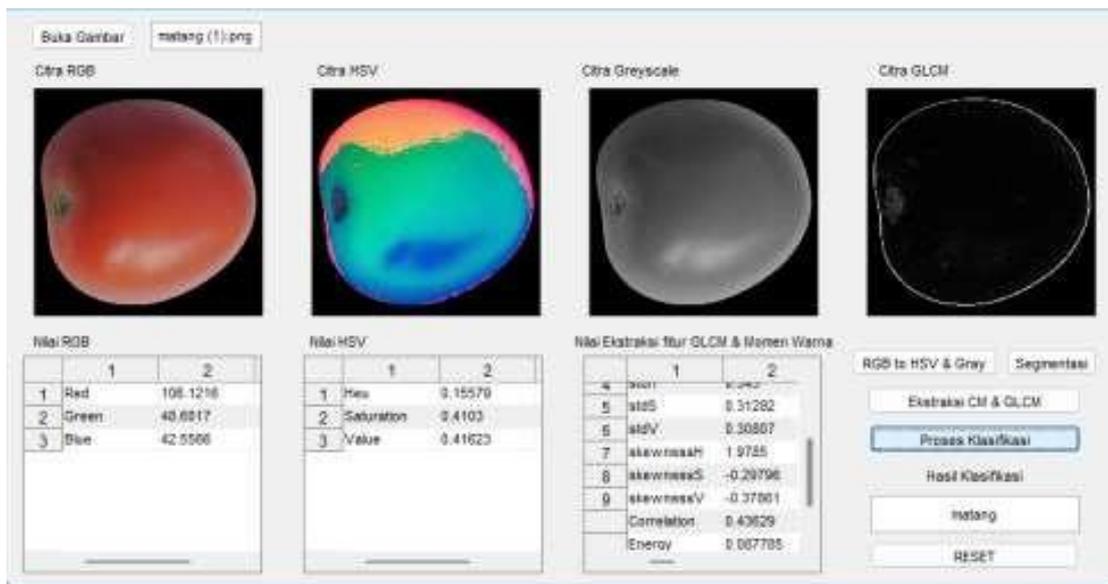
- a. Untuk inialisasi permasalahan SVM sebagai $A \times B$, dimana $A = k$ dan $B = \{k + 1, k + 2, \dots, n\}$ dan $k = 1$, dimana k merupakan banyaknya kategori, sedangkan T digunakan sebagai tes vektor. maka kategori = klasifikasi ($SVM(A,B),T$).
- b. *Input*: $x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ sebagai sampel pada kematangan tomat sebesar 60 buah citra dengan masukan parameter fitur Momen Warna sebagai atributnya antara lain: *hue_mean*, *hue_standard_deviation*, *hue_skewness*, *saturation_mean*, *saturation_standard_deviation*, *saturation_skewness*, *value_mean*, *value_standard_deviation*, *value_skewness* dan sebagai atribut fitur GLCM yaitu *Correlation*, *energy*, *contrast*, dan *homogeneity*. Jumlah kategori $k = 13$ terdiri dari:
 - Kategori 1 = tomat muda (100 sampel).
 - Kategori 2 = tomat matang (100 sampel)
 - Kategori 3 = tomat setengah matang (100 sampel)

- c. Jika $x_1 = 1$, maka x_i adalah jenis klasifikasi A, dimana nilai A adalah $k = 1$.
- d. Jika $x_1 = -1$, maka x_i akan diuji dengan B, dimana nilai B adalah $\{k + 1, k + 2, \dots, n\}$.
- e. Proses klasifikasi akan berhenti ketika x menemukan kategori aktual yang sesuai dengan nilai T . Sebaliknya, proses klasifikasi akan kembali ke langkah d jika x belum menemukan kategori yang sesuai.

Untuk mengetahui kinerja dari klaifikator, dilakukan evaluasi terhadap sistem klasifikasi yang telah dibuat. Evaluasi sistem ini menggunakan tabel *Confusion Matrix*. Parameter hasil evaluasi klasifikasi yang dihasilkan ada 4 yaitu *accuracy*, *precision*, *Recall*, *F-Measure*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari desain sistem dihasilkan implementasi sistem berupa tampilan antarmuka (GUI) dari sistem klasifikasi menggunakan metode SVM. Adapun tampilan antarmuka dari sistem klasifikasi kematangan buah tomat menggunakan metode SVM ditunjukkan oleh Gambar 4.

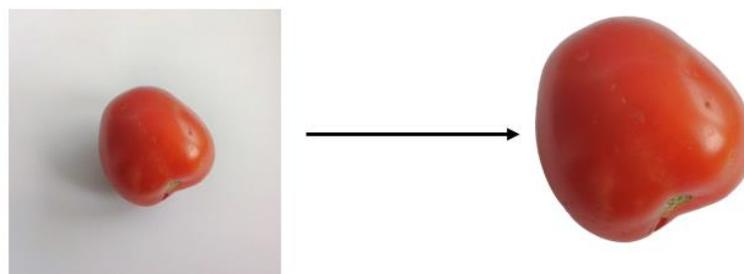


Gambar 4. Tampilan Antarmuka dari Sistem Klasifikasi Kematangan Buah Tomat Menggunakan Metode SVM

3.1. Preprocessing

3.1.1. Cropping dan Segmentation

Hasil yang diperoleh dari proses *cropping* dan *segmentation* berupa pemotongan citra dan sehingga bagian objek citra saja yang nampak sehingga proses ekstraksi citra hanya dilakukan pada citra objek saja. Hasil dari proses *cropping* dan *segmentation* diperlihatkan oleh Gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Hasil Proses *Cropping* dan *Segmentation* Pada Citra Buah Tomat

3.1.2. Konversi RGB ke Grayscale

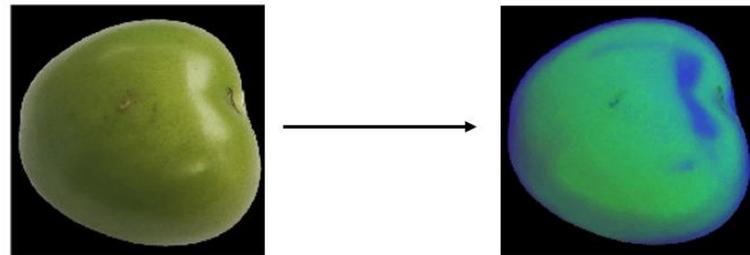
Hasil dari proses konversi citra RGB ke *grayscale* berupa citra dengan skala keabuan yang digunakan sebagai citra masukan pada proses ekstraksi tekstur dengan menerapkan metode GLCM. Hasil dari proses konversi citra RGB ke *grayscale* di perlihatkan oleh Gambar 6 berikut ini.



Gambar 6. Hasil Konversi Citra RGB ke *Grayscale* Pada Citra Buah Tomat

3.1.3. *Konversi RGB ke HSV*

Hasil dari proses konversi citra RGB ke HSV berupa citra HSV yang digunakan sebagai citra masukan pada proses ekstraksi warna dengan menerapkan metode momen warna. Hasil dari proses konversi citra RGB ke HSV di perlihatkan oleh Gambar 7 berikut ini.



Gambar 7. Hasil Konversi Citra RGB ke HSV Pada Citra Buah Tomat

3.2. *Hasil Ekstraksi*

3.2.1. *Ekstraksi Tekstur GLCM*

Data yang dihasilkan pada ekstraksi tekstur dengan GLCM pada penelitian ini berupa 4 parameter, yaitu *correlation*, *energy*, *contrast*, dan *homogeneity*. 4 parameter GLCM tersebut dijabarkan pada tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil GLCM pada sampel citra buah tomat

Kategori	Tomat Muda	Tomat Setengah Matang	Tomat Matang
Citra			
Hasil GLCM	Correlation 0.51273	Correlation 0.55255	Correlation 0.3957
	Energy 0.0804	Energy 0.090418	Energy 0.11068
	Contrast 2.7436	Contrast 2.353	Contrast 2.3175
	Homogeneity 0.67695	Homogeneity 0.70519	Homogeneity 0.70429

Dari tabel data hasil GLCM yang disajikan oleh Tabel 1 nampak adanya variasi dari 4 parameter GLCM yang mencakup *correlation*, *energy*, *contrast*, dan *homogeneity*. Dari danya variasi keempat parameter tersebut menunjukkan bahwa GLCM mampu melakukan ekstraksi tekstur pada buah tomat.

3.2.2. Ekstraksi Warna dengan Metode Momen Warna

Ekstraksi warna dengan Momen Warna pada penelitian ini menghasilkan 3 parameter yaitu *mean*, *standard deviation*, dan *skewness*. Data parameter hasil ekstraksi warna dengan menerapkan metode Momen warna disajikan oleh Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil Momen Warna pada sampel citra buah tomat

Kategori	Citra	Hasil Momen Warna
Tomat Muda		meanH 0.08048
		meanS 0.32348
		meanV 0.22791
Tomat Setengah Matang		stdH 0.20351
		stdS 0.82152
		stdV 0.57761
Tomat Matang		skewne... -0.30172
		skewne... -0.29835
		skewne... -0.30415
		meanH 0.03361
		meanS 0.43312
		meanV 0.38569
		stdH 0.1271
		stdS 1.0541
		stdV 0.94007
		skewne... 3.96
		skewne... -0.37449
		skewne... -0.37186
		meanH 0.33543
		meanS 0.36195
		meanV 0.31215
		stdH 0.8949
		stdS 0.9117
		stdV 0.79306
		skewne... -0.17961
		skewne... -0.31934
		skewne... -0.29513

Dari Tabel 2 tersebut, Nilai HSV yang telah didapat masing-masing citra akan dihitung berdasarkan parameter tersebut. Jadi misalkan nilai *hue*, akan dihitung berapa nilai *hue mean*, *hue standard deviation*, *hue skewness*, dan seterusnya. juga akan berlaku pada *saturation* dan *value*. Pada momen 2 yaitu HSV dihitung berapa nilai *standard deviation* dan pada moment 3 HSV akan dihitung berapa nilai *skewness*-nya. Parameter tersebut digunakan untuk klasifikasi SVM.

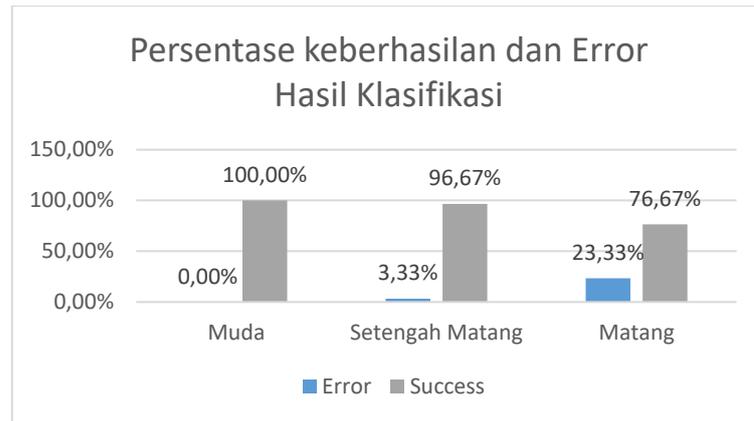
3.3. Hasil klasifikasi SVM

Hasil pegujian sistem dengan klasifikasi SVM mendapatkan hasil *error* yang sedikit dengan menggunakan data *train* 300 data dengan 3 kategori (100 data per kategori) dan data *testing* 90 dengan 3 kategori (30 data per kategori). Hasil klasifikasi kematangan buah tomat dengan menerapkan metode SVM pada penelitian ini dijabarkan melalui Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil uji klasifikasi

		Terklasifikasi		
		Muda	Setengah Matang	Matang
Data Sebenarnya	Muda	30	0	0
	Setengah Matang	0	29	1
	Matang	0	7	23

Dari data hasil uji klasifikasi kematangan buah tomat yang disajikan oleh Tabel 1, kemudian persentase keberhasilan dan *error* pada klasifikasi kematangan buah tomat menggunakan metode SVM disajikan dalam bentuk grafik melalui Gambar 6 berikut.



Gambar 8. Grafik Presentase Hasil Pengujian

Sehingga hasil evaluasi klasifikasi kematangan buah tomat menggunakan metode SVM diperoleh nilai akurasi, presisi, *recall*, dan *F1-measure* seperti yang dijabarkan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Hasil Evaluasi

Parameter	Nilai
<i>Accuration</i>	0,91
<i>Precision</i>	0,91
<i>Recall</i>	0,92
<i>F-measure</i>	0,92

Dari data hasil evaluasi klasifikator seperti yang disajikan oleh Tabel 4 menunjukkan bahwa akurasi klasifikasi yang dihasilkan sebesar 0,91 sehingga hasil evaluasi klasifikasi kematangan buah tomat menggunakan metode SVM termasuk dalam kategori baik.

4. SIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan pengujian mengenai klasifikasi kematangan Buah Tomat menggunakan Metode SVM yang telah dilakukan peneliti dapat menarik kesimpulan yaitu :

- Model klasifikasi SVM dengan fitur ekstraksi GLCM dan momen warna berhasil mengidentifikasi tingkat kematangan tomat dengan baik, terutama pada kategori "muda" yang menunjukkan performa yang sangat baik.
- Evaluasi kinerja klasifikasi menggunakan tabel *Confusion Matrik* menghasilkan nilai *Accuration* dan *Precision* sebesar 0,91, serta menghasilkan nilai *recall* dan *F-Measure* sebesar 0,92.
- Efektifitas pada implementasi model klasifikasi menggunakan metode SVM dengan fitur ekstraksi GLCM dan momen warna berhasil mengklasifikasikan tingkat kematangan tomat dengan akurasi sebesar 0,91, yang termasuk dalam kategori baik.

5. SARAN

Agar diperoleh hasil maksimal dalam melakukan penelitian ini, kondisi lingkungan pada saat pengambilan citra perlu diperhatikan agar citra yang diambil tidak terpengaruh oleh gangguan dari cahaya luar seperti sinar matahari.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. O. Angelia, "Efektivitas Pelilinan Terhadap Perubahan Kualitas Warna Buah Tomat (*Solanum lycopersicum*)," *Seminar Nasional Teknologi, Sains dan Humaniora (SemanaTECH)*, vol. 1, no. 5, 2021.
- [2] P. Eka and P. Ariati, "Produksi Beberapa Tanaman Sayuran dengan Sistem Vertikultur di Lahan Pekarangan," *Agrimeta*, vol. 7, no. 13, 2017.

- [3] M. A. Anggriawan, M. Ichwan, and D. B. Utami, "Pengenalan Tingkat Kematangan Tomat Berdasarkan Citra Warna Pada Studi Kasus Pembangunan Sistem Pemilihan Otomatis," *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 3, no. 3, 2017, doi: 10.28932/jutisi.v3i3.688.
- [4] A. Kurniasari, D. Erwanto, and P. N. Rahayu, "Ekstraksi Fitur Tekstur dan Warna pada Kulit Katak Menggunakan GLCM dan Momen Warna," *Jurnal ELTIKOM*, vol. 6, no. 1, 2022, doi: 10.31961/eltikom.v6i1.287.
- [5] I. Kurnia Sari and N. Muniroh, "PENERAPAN NILAI RATA-RATA RGB PADA APLIKASI PENGUKUR KEMATANGAN BUAH TOMAT," *Jurnal Teknologi dan Bisnis*, vol. 2, no. 2, 2021, doi: 10.37087/jtb.v2i2.27.
- [6] N. I. Humaira B, M. Herman, N. Nurhikma, and A. B. Kaswar, "KLASIFIKASI TINGKAT KUALITAS DAN KEMATANGAN BUAH TOMAT BERDASARKAN FITUR WARNA MENGGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN," *Journal of Embedded Systems, Security and Intelligent Systems*, vol. 2, no. 1, 2021, doi: 10.26858/jessi.v2i1.20329.
- [7] H. Mubarak, S. Murni, and M. M. Santoni, "Penerapan Algoritma K-Nearest Neighbor untuk Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Tomat Berdasarkan Fitur Warna," *Seminar Nasional Mahasiswa Ilmu Komputer dan Aplikasinya (SENAMIKA) Jakarta-Indonesia*, 2021.
- [8] S. Aprilisa, J. Magister, I. Komputer, and S. J. Magister, "Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Tomat Berdasarkan Fitur Warna Menggunakan K-Nearest Neighbor," *Annual Research Seminar (ARS)*, vol. 5, no. 1, 2020.
- [9] B. O. Hua, M. A. Fu-Long, and J. Li-Cheng, "Research on computation of GLCM of image texture," *Acta Electronica Sinica*, vol. 1, no. 1, pp. 155–158, 2006.
- [10] M. Erfan, D. Erwanto, and P. N. Rahayu, "Ekstraksi Fitur Warna dan Tekstur Pada Kulit Katak Menggunakan Metode Momen Warna dan CCM," *Setrum: Sistem Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, vol. 9, no. 2, 2020.
- [11] M. D. Agaputra, K. R. R. Wardani, and E. Siswanto, "Pencarian Citra Digital Berbasis Konten dengan Ekstraksi Fitur HSV, ACD, dan GLCM," *Jurnal Telematika*, vol. 8, no. 2, p. 8, 2013.
- [12] E. P. Purwandari, D. Andreswari, and U. Faraditha, "Ekstraksi Fitur Warna dan Tekstur Untuk Temu Kembali Citra Batik Besurek," *Pseudocode*, vol. 7, no. 1, pp. 17–25, 2020.
- [13] A. S. Nugroho, A. B. Witarto, and D. Handoko, "Support Vector Machine – Teori dan Aplikasinya dalam Bioinformatika," *Kuliah Umum IlmuKomputer.Com*, 2003.
- [14] I. P. G. S. Pradnyana, L. Novamizanti, and H. Fauzi, "Perancangan Sistem Pendeteksi Genangan Air Potensi Perkembangbiakan Nyamuk Melalui Foto Citra Udara Dengan Metode Gray Level Co-occurrence Matrix (glcm)," *eProceedings of Engineering*, vol. 2, no. 2, 2015.
- [15] M. Hall-Beyer, "GLCM texture: a tutorial," *National Council on Geographic Information and Analysis Remote Sensing Core Curriculum*, vol. 3, no. 1, p. 75, 2000.
- [16] P. Mohanaiah, P. Sathyanarayana, and L. GuruKumar, "Image texture feature extraction using GLCM approach," *International journal of scientific and research publications*, vol. 3, no. 5, p. 1, 2013.
- [17] M. I. Thusnavis Bella and A. Vasuki, "An efficient image retrieval framework using fused information feature," *Computers and Electrical Engineering*, vol. 75, 2019, doi: 10.1016/j.compeleceng.2019.01.022.
- [18] N. Keen, "Color moments," *School of informatics, University of Edinburgh*, pp. 3–6, 2005.
- [19] V. Blanco, A. Japón, and J. Puerto, "Optimal arrangements of hyperplanes for SVM-based multiclass classification," *Adv Data Anal Classif*, vol. 14, no. 1, 2020, doi: 10.1007/s11634-019-00367-6.
- [20] JavaTpoint, "Support Vector Machine Algorithm," JavaTpoint.