

Deteksi Tingkat Kematangan Buah Pinang Menggunakan Metode *Support Vector Machine* Berdasarkan Warna Dan Tekstur

Detecting the Level of Ripeness of Areca Fruit Using the Support Vector Machine Method Based on Color and Texture

Regolinda Maneno¹⁾, Budiman Baso²⁾, Patricia G. Manek³⁾, Kristoforus Fallo⁴⁾

¹⁾⁻⁴⁾Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Pertanian Sains dan Kesehatan, Universitas Timor
Jl. Km. 09, Kelurahan Sasi, Kecamatan Kota Kefamemanu, TTU, NTT, 85613.

Riwayat: Copyright ©2023, JITU, Submitted : 27 September 2023 ; Revised: 30 September 2023 ; Accepted: 30 September 2023 ; Published: 30 September 2023
DOI: 10.32938/jitu.v3i2.5323

Abstract - This research aims to build a detection system for areca fruit ripeness levels by utilizing digital image processing involving texture and color features. The initial stage in the research is pre-processing image data so that it can be prepared for the next process, namely feature extraction. The texture feature extraction process is carried out using the Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) to extract Correlation values, while color feature extraction is carried out using the Color Moments method with a focus on the Mean value. Classification with Support Vector Machine (SVM) is carried out based on features that have been extracted previously, while the parameters tested are kernel types, namely Linear, Gaussian, Polynomial in the SVM algorithm. The results obtained show that all performance matrices of the Polynomial kernel outperform other kernels with Accuracy results obtained at 90.90%, Precision 90.90%, Recall 92.30% and F1-Score reaching 91.60% in the level detection process. ripeness of areca nut.

Keywords - Buah pinang, Color moments, GCLM, SVM.

Abstrak - Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem deteksi tingkat kematangan buah pinang dengan memanfaatkan pengolahan citra digital yang melibatkan fitur-fitur tekstur dan warna. Tahapan awal dalam penelitian adalah melakukan Pre-processing data citra agar dapat disiapkan untuk proses selanjutnya, yaitu ekstraksi fitur. Proses ekstraksi fitur tekstur dilakukan dengan menggunakan Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) untuk mengambil nilai Correlation, sementara ekstraksi fitur warna dilakukan dengan metode Color Moments dengan fokus pada nilai Mean. Klasifikasi dengan Support Vector Machine (SVM) dilakukan berdasarkan fitur yang telah diekstraksi sebelumnya, adapun parameter yang diujicobakan adalah jenis kernel yaitu Linear, Gaussian, Polynomial pada algoritma SVM. Dari hasil yang diperoleh menunjukkan semua matrik performa dari kernel Polynomial mengungguli kernel yang lain

*) Penulis korespondensi (Regolinda Maneno)
Email: regolinda@unimor.ac.id

dengan hasil Accuracy yang diperoleh sebesar 90,90%, Precision 90,90%, Recall 92,30% dan F1-Score mencapai 91,60% pada proses deteksi tingkat kematangan buah pinang.

Kata kunci – Buah pinang, Color moments, GCLM, SVM.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pinang merupakan buah yang tumbuh pada pohon pinang dengan Bahasa Latin *Areca catechu* dan tumbuh di zona tropis di Asia dan Pasifik. Buah pinang memiliki kulit yang keras dan biji di dalamnya dapat dikonsumsi setelah kulitnya dikupas. Pada umumnya, buah pinang digunakan sebagai satu komponen dalam ramuan sirih, yang sering dipergunakan dalam beragam adat kebiasaan di sejumlah negara di wilayah Asia dan Pasifik. Penggunaan sirih ini umumnya terhubung dengan beragam peristiwa sosial seperti pernikahan dan upacara adat. Dalam upacara adat, sering kali buah pinang dijadikan bagian dari upacara ritual atau sebagai bentuk penghargaan terhadap tamu [1], [2]. Di samping itu, buah pinang juga memiliki nilai ekonomi di wilayah Timor, di mana beberapa masyarakat di pedesaan mengandalkan penjualan buah pinang sebagai sumber pendapatan.

Dalam konteks pertanian, buah pinang memiliki karakteristik unik yang dapat dikenali melalui warna kulitnya. Buah pinang yang memiliki kulit berwarna hijau dapat dianggap sebagai buah pinang yang masih mentah, sementara buah pinang dengan kulit yang berwarna kekuningan menunjukkan bahwa buah pinang tersebut sudah matang [3]. Pada penelitian ini, kami mengembangkan sebuah aplikasi berbasis pemrosesan citra yang bertujuan untuk mendeteksi tingkat kematangan buah pinang menggunakan metode SVM berdasarkan warna kulitnya.

Penelitian sebelumnya yang melakukan identifikasi kematangan buah pinang dilakukan oleh Patricia dkk (2022), yang mengembangkan sistem pengenalan tingkat kematangan buah pinang berbasis pemrosesan citra

digital dengan memanfaatkan fitur tekstur *Gray Level Co-Occurrence Matrix* dan warna melalui *Color Moments*. Setelah memperoleh fitur dari citra, selanjutnya melakukan klasifikasi dengan metode *K-Nearest Neighbor* (KNN). Sebagai bagian dari eksperimen, pengujian dilakukan terhadap penentuan jumlah "*Neighbors*" pada algoritma KNN. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan menggunakan 1 "*Neighbor*" pada KNN *classifier*, sistem memperoleh tingkat akurasi tertinggi sebesar 86,36% dalam proses identifikasi tingkat kematangan buah pinang [3].

Rizal, dkk (2022), pada penelitiannya menggunakan Algoritma *Support Vector Machine* (SVM) berdasarkan fitur warna GCLM dalam melakukan deteksi kematangan buah melon, pada penelitian ini algoritma *Support Vector Machine* (SVM) mampu mengatasi klasifikasi citra digital, dengan empat fungsi kernel pada algoritma SVM yang digunakan yaitu linear, polynomial, sigmoid dan RBF. Dalam penelitian tersebut, digunakan total 650 citra buah melon sebagai dataset, yang terdiri dari 250 citra yang sudah matang, 200 citra setengah matang, dan 200 citra yang belum matang. Proses pengujian data citra dibagi menjadi dua bagian yaitu 80% dari data digunakan untuk pelatihan (*training*), sementara 20% sisanya digunakan untuk pengujian (*testing*). Hasil eksperimen menunjukkan bahwa pada kondisi di mana peneliti menguji dua sudut GLCM dan empat jenis fungsi kernel SVM, yang paling baik adalah ketika menggunakan fungsi kernel linier dengan delapan sudut GLCM. Dalam konfigurasi ini, tingkat akurasi tertinggi yang dicapai sebesar 80%, dengan precision 81% dan recall sekitar 80% [4].

Penelitian oleh Mulyana dkk (2023) berupa implementasi tingkat kematangan buah Monk melalui ekstraksi *Gray Level Co-Occurrence Matrix* (GLCM) dan SVM. Pada langkah perhitungan GLCM, sebuah matriks dibentuk dengan berbagai sudut, seperti 0°, 45°, 90°, dan 135°. Dari matriks ini, nilai-nilai fitur seperti kontras, homogenitas, energi, dan korelasi diekstraksi. SVM digunakan sebagai salah satu metode dalam pemrosesan citra digital untuk mengekstraksi fitur. Studi ini melibatkan 991 dataset buah Monk, yang terbagi menjadi dua kelas: "Matang" dengan 635 citra dan "Belum Matang" dengan 356 citra. Hasilnya adalah akurasi tertinggi yang diperoleh pada parameter C50, mencapai 89% [5].

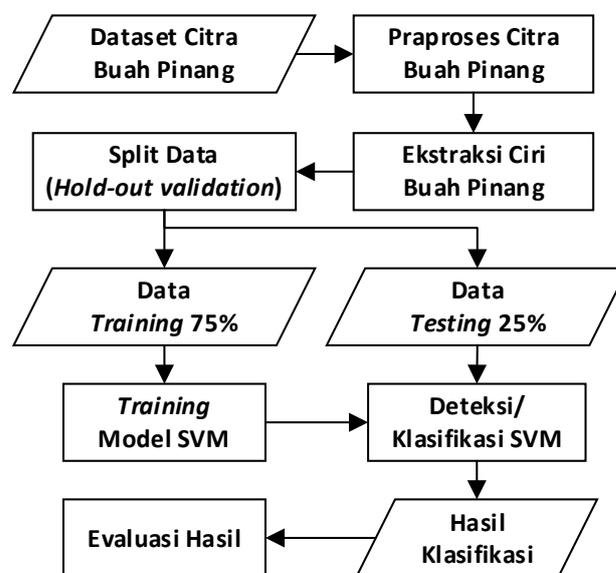
Dwi Vernanda dkk (2022) menggunakan SVM dalam melakukan analisis data untuk mengklasifikasikan tingkat kematangan buah nanas. Dalam penelitian ini, digunakan 299 buah nanas yang terbagi menjadi tiga tingkat kematangan, yaitu belum matang, setengah matang, dan matang. Tahap awal adalah memproses gambar dengan mengekstraksi komponen warna merah, hijau, dan biru, kemudian menentukan parameter-parameter histogram seperti rata-rata, varians, skewness, kurtosis, dan entropi. Metode klasifikasi yang diterapkan adalah *Support Vector Machine* (SVM), yang digunakan untuk membuat model klasifikasi selama proses panen buah nanas. Hasil klasifikasi berdasarkan data histogram

menunjukkan tingkat akurasi sebesar 65.59%, presisi 65.99%, recall kelas sebesar 66.25%, dan *f-measure* sebesar 66.11%. Berdasarkan kurva *receiver operating characteristics*, model klasifikasi yang dihasilkan dapat dianggap sebagai *classifier* yang baik, yang ditunjukkan dengan posisi titik SVM di atas garis *threshold* [6].

Berdasarkan permasalahan yang terkait dengan kebutuhan untuk mengidentifikasi tingkat kematangan buah pinang melalui analisis citra digital, penelitian ini menggunakan perpaduan beberapa metode untuk mengenali tingkat kematangan buah pinang, yaitu menggabungkan fitur warna dengan ekstraksi *Color Moments* dan ekstraksi fitur tekstur menggunakan *Gray Level Co-Occurrence Matrix* (GLCM), serta mengaplikasikannya dengan metode klasifikasi *Support Vector Machine* (SVM). Harapannya, dengan pendekatan ini, kita dapat mengidentifikasi tingkat kematangan buah pinang secara efektif.

II. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, terdapat serangkaian tahapan yang dilakukan dalam mengembangkan sistem identifikasi tingkat kematangan buah pinang berbasis pengolahan citra digital. Tahap awal penelitian dilakukan pra-pemrosesan pada data citra buah pinang yaitu ekstraksi fitur. Ekstraksi fitur warna dilakukan dengan menggunakan metode *Color Moments*, sementara ekstraksi fitur tekstur dilakukan dengan menggunakan metode *Gray Level Co-Occurrence Matrix* (GLCM). Proses selanjutnya adalah melakukan klasifikasi berdasarkan fitur-fitur yang telah diekstraksi sebelumnya. Dalam penelitian ini, metode klasifikasi yang digunakan adalah *Support Vector Machine* (SVM).



Gambar 1. Diagram alur kerja sistem

A. Data

Dalam penelitian ini, dataset yang digunakan terdiri dari citra-citra buah pinang yang tersimpan dalam

format .JPG. Citra-citra tersebut memiliki kondisi objek yang berbeda, di mana buah pinang dengan kulit berwarna kekuningan dikategorikan sebagai pinang matang, sementara buah pinang dengan kulit berwarna hijau dikategorikan sebagai pinang mentah. Dataset ini terdiri dari 90 citra buah pinang. Contoh data citra buah pinang ditunjukkan dalam Gambar 2 berikut;



Gambar 2. Buah pinang, (a) Matang (b) Mentah.

B. Ekstraksi Fitur

Ekstraksi fitur citra adalah tahapan di mana informasi atau karakteristik krusial dari suatu citra diambil untuk keperluan analisis atau pengolahan selanjutnya. Proses ekstraksi fitur bertujuan untuk mengidentifikasi ciri-ciri khusus dalam suatu citra yang dapat membedakan objek satu dari objek yang lain. Jenis ciri ini mencakup aspek-aspek seperti warna, tekstur, bentuk geometris, ukuran, dan kontur. [7]. Dalam penelitian ini, fitur-fitur yang digunakan dalam proses klasifikasi atau identifikasi tingkat kematangan buah pinang terdiri dari dua jenis, yaitu fitur berbasis tekstur dan fitur berbasis warna. Fitur warna diperoleh menggunakan metode *Color Moment* dengan mengambil nilai rata-rata dari setiap saluran warna (RGB) pada citra buah pinang. Sementara itu, fitur tekstur diperoleh melalui metode GLCM dengan fokus pada nilai korelasi sebagai fitur utamanya. Informasi tentang fitur-fitur ini, seperti nilai mean untuk fitur warna dan nilai korelasi untuk fitur tekstur pada citra buah pinang, ditunjukkan dalam Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Fitur GLCM dan Warna citra buah pinang

No	Citra Buah Pinang	Fitur Warna			
		GLCM	Mean R	Mean G	Mean B
1	Mentah 1	0.93756443	22.210.779	17.166.684	12.181.239
2	Mentah 2	0.99660516	15.251.717	14.353.033	12.616.802
3	Mentah 3	0.97528207	12.091.978	11.619.256	10.127.751
4	Mentah 4	0.99447906	14.218.277	13.751.801	13.442.253
5	Mentah 5	0.94843823	14.979.700	11.711.106	60.331.234
6	Mentah 6	0.99302477	13.975.902	14.136.787	14.388.554
7	Mentah 7	0.76776993	15.200.580	10.185.147	71.593.292
8	Mentah 8	0.95510447	12.620.923	76.659.958	24.309.246
9	Mentah 9	0.99648255	13.953.339	13.209.639	12.082.420
10	Mentah 10	0.96019447	10.400.322	74.001.892	50.126.579
11	Mentah 11	0.93762267	13.676.649	10.239.330	74.258.232
12	Matang 1	0.99507409	11.950.085	12.319.226	11.650.011
13	Matang 2	0.99586409	12.754.058	13.248.981	12.774.530
14	Matang 3	0.95437086	85.028.343	98.331.139	78.044.144
15	Matang 4	0.89305317	94.606.239	10.888.203	68.874.710

16	Matang 5	0.97550249	12.209.915	12.565.867	11.301.454
17	Matang 6	0.86296356	89.513.206	11.180.018	87.394.173
18	Matang 7	0.99611264	13.418.423	13.602.179	13.301.439
19	Matang 8	0.93112165	93.804.367	12.086.111	94.687.874
20	Matang 9	0.99635392	14.100.813	14.373.526	14.232.036
21	Matang 10	0.98004472	10.761.182	11.140.458	10.750.951
22	Matang 11	0.87607235	10.810.342	12.606.343	10.407.658

Color moment merupakan metode ekstraksi fitur dalam pengolahan citra yang berfungsi untuk mewakili statistik distribusi warna dalam citra. Teknik ini digunakan untuk mengambil informasi tentang warna dari citra dan memungkinkan kita untuk mengidentifikasi atau membedakan citra-citra berdasarkan karakteristik warna yang dimiliki [8].

Color moment adalah hasil perhitungan dari momen statistik yang menggambarkan distribusi warna dalam citra. Perhitungan momen ini dapat dilakukan dalam dua bentuk, yaitu momen spasial yang mencerminkan posisi piksel dalam citra, atau momen frekuensi yang mencerminkan karakteristik spektral citra [10]. Terdapat tiga komponen kunci dalam *Color Moment*, yakni nilai *mean*, *varians*, dan *skewness* [11]. Dalam penelitian ini, hanya satu momen yang digunakan, yaitu mean. Nilai mean mencerminkan rata-rata intensitas warna dalam citra dan mengindikasikan warna dominan dalam citra tersebut. nilai *mean* dihitung menggunakan persamaan 1 berikut;

$$\mu_c = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N p_i^c \quad (1)$$

Dimana μ merupakan momen, c ialah komponen warna, p_i^j merupakan *pixel* (i,j) pada komponen c , M adalah tinggi citra, N lebar citra.

GCLM (*Gray-Level Co-occurrence Matrix*) merupakan sebuah teknik ekstraksi fitur citra yang digunakan untuk mengambil informasi tentang tekstur dari citra. Pendekatan ini berfokus pada pembentukan matriks kemunculan bersama (*co-occurrence matrix*) dari nilai intensitas piksel pada citra grayscale sebagai dasarnya. GLCM beroperasi dengan membandingkan intensitas piksel yang ada dalam citra *grayscale* pada jarak dan arah tertentu. Hasil dari GLCM adalah matriks yang menunjukkan seberapa sering pasangan intensitas piksel muncul bersama-sama pada jarak dan arah yang telah ditentukan. Matriks ini merepresentasikan seberapa sering pasangan intensitas piksel tertentu muncul bersama-sama dalam citra [12].

Setelah *co-occurrence matrix* terbentuk, beberapa fitur dapat diambil atau diekstraksi dari matriks ini, seperti *contrast*, *correlation*, *energy*, *entropy* dan *homogeneity* [13]. Dalam uji coba yang dilakukan, nilai fitur *correlation* yang digunakan dalam penelitian ini mengindikasikan hubungan linier antara intensitas piksel pada jarak dan arah tertentu. Perhitungan nilai korelasi dapat dilakukan menggunakan persamaan pertama 2;

$$Correlation = \sum_i \sum_j \frac{(i-\mu_i)(j-\mu_j) p(i,j)}{\sigma_i \sigma_j} \quad (2)$$

C. Support Vector Machine (SVM)

Metode klasifikasi *Support Vector Machine* (SVM) dalam pembelajaran mesin digunakan untuk mengkategorikan data ke dalam berbagai kelas atau kelompok. SVM mencari *hyperplane* terbaik untuk memisahkan dua kelas data dengan jarak maksimum antara kelas tersebut. SVM bisa digunakan untuk menangani masalah klasifikasi, baik yang bersifat biner (dua kelas) maupun multikelas (lebih dari dua kelas) [14]. Tujuan utama SVM adalah menemukan garis atau batas optimal yang bisa memisahkan data, dengan maksud memaksimalkan margin atau jarak antara batas tersebut dan data. Selain itu, SVM juga dapat digunakan dalam masalah regresi untuk memprediksi nilai berdasarkan data yang diberikan. Salah satu keunggulan utama SVM adalah kemampuannya untuk efektif beroperasi dalam situasi di mana data memiliki dimensi yang tinggi [15].

Ketika data dalam ruang input tidak dapat dipisahkan secara linear (tidak mungkin menemukan *hyperplane* yang sesuai), maka kita dapat menggunakan fungsi kernel untuk mengubah data ke dalam ruang dimensi yang lebih tinggi yang dikenal sebagai ruang kernel. Algoritma SVM memiliki empat jenis fungsi kernel yang tersedia, yaitu kernel *Linear*, *Radial Basic Function* (RBF), *Sigmoid*, dan *Polynomial* [16].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, deteksi tingkat kematangan buah pinang berbasis pengolahan citra digital dilakukan dengan memanfaatkan metode SVM sebagai algoritma klasifikasi. Untuk mendapatkan fitur warna, digunakan metode *Color Moment* dengan mengambil nilai *Mean* pada masing-masing saluran warna RGB, sedangkan fitur tekstur diperoleh melalui metode GLCM, fokus pada nilai *Correlation*. Setelah identifikasi selesai, evaluasi hasil dilakukan dengan mengukur tingkat akurasi dari sistem yang dikembangkan.

Akurasi merupakan salah satu metrik evaluasi dalam pembelajaran mesin yang digunakan untuk menilai sejauh mana model mampu memprediksi label atau kelas dengan tepat pada data yang belum pernah dilihat sebelumnya. Akurasi diukur dalam bentuk persentase dan menggambarkan seberapa besar proporsi prediksi yang benar dari keseluruhan prediksi yang dilakukan. [17], [18]. Dalam bentuk matematis, akurasi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Akurasi = \frac{\text{Jumlah prediksi yang benar}}{\text{Jumlah total prediksi}} \quad (3)$$

Dalam evaluasi performa model klasifikasi dalam pembelajaran mesin digunakan *Confusion matrix*. Ini memungkinkan untuk memahami sejauh mana model tersebut dapat memprediksi kelas dengan benar dan sejauh mana model tersebut dapat membuat kesalahan dalam klasifikasi. *Confusion matrix* mencakup empat elemen utama: *True Positive* (TP), *True Negative* (TN), *False Positive* (FP), dan *False Negative* (FN), yang

digunakan untuk menghitung berbagai metrik evaluasi seperti akurasi, presisi, recall, dan F1-score. *Confusion matrix* sangat berguna dalam memahami kinerja model dan mengidentifikasi jenis kesalahan yang dibuat oleh model tersebut. Tabel 2 menunjukkan performa algoritma SVM dengan 3 kernel yang digunakan yaitu *Linear*, *Gaussian*, *Polynomial*.

Tabel 2. Performa SVM

No	SVM Kernel	Metode	Evaluasi Hasil
1	<i>Linear</i>	<i>Accuracy</i>	77.28 %
		<i>Precision</i>	77.28 %
		<i>Recall</i>	84.38 %
		<i>F1-score</i>	80.67 %
2	<i>Gaussian</i>	<i>Accuracy</i>	81.81 %
		<i>Precision</i>	81.81 %
		<i>Recall</i>	86.67 %
		<i>F1-score</i>	84.18 %
3	<i>Polynomial</i>	<i>Accuracy</i>	90.90 %
		<i>Precision</i>	90.90 %
		<i>Recall</i>	92.30 %
		<i>F1-score</i>	91.60 %

Pada proses deteksi kematangan buah pinang berdasarkan fitur *Color moment* dan fitur GLCM dengan model klasifikasi menggunakan algoritma SVM, adapun parameter yang diujicobakan adalah jenis kernel pada algoritma SVM yang digunakan yaitu *Linear*, *Gaussian*, *Polynomial*.

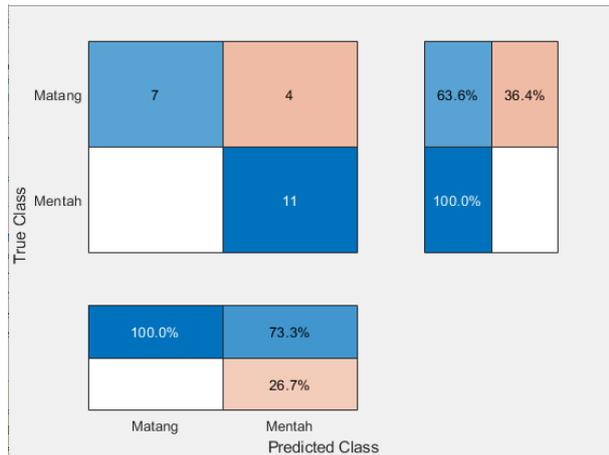
Performa yang diperoleh algoritma SVM dengan menggunakan kernel *Linear*, tingkat *Accuracy* yang diperoleh sebesar 77,28%, *Precision* 77,28%, *Recall* 84,38% dan *F1-Score* mencapai 80,67%. *Confusion Matrix* hasil klasifikasi SVM dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. *Confusion Matrix* Hasil SVM Kernel *Linear*

Selanjutnya performa yang diperoleh algoritma SVM dengan menggunakan kernel *Gaussian* memperoleh hasil yang cukup baik dengan tingkat *Accuracy* yang sebesar 81,81%, *Precision* 81,81%, *Recall* 86,67% dan *F1-Score* mencapai 84,18%.

Confusion Matrix hasil klasifikasi SVM dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. *Confusion Matrix* Hasil SVM Kernel *Gaussian*

Tabel 2 menunjukkan performa algoritma SVM. Dapat dilihat penggunaan algoritma SVM dengan kernel *Polynomial* memiliki performa terbaik jika dibandingkan dengan kernel lain dalam mendeteksi kematangan buah pinang. Semua matrik performa dari kernel *Polynomial* mengungguli kernel yang lain dengan hasil *Accuracy* yang diperoleh sebesar 90,90%, *Precision* 90,90%, *Recall* 92,30% dan *F1-Score* mencapai 91,60%. *Confusion Matrix* hasil klasifikasi SVM dengan kernel *Polynomial* dapat dilihat pada Gambar 5 berikut



Gambar 5. *Confusion Matrix* Hasil SVM Kernel *Polynomial*

IV. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, algoritma SVM yang memanfaatkan fitur tekstur (yaitu nilai *correlation* dari GLCM) dan fitur warna (yaitu nilai *mean* dari metode *Color Moment*) telah menunjukkan kinerja terbaik. Ketika menggunakan kernel *Polynomial* pada SVM classifier, hasil evaluasinya mencapai *Accuracy* sekitar 90,90%, *Precision* 90,90%, *Recall* 92,30%, dan *F1-Score* mencapai 91,60% dalam proses identifikasi tingkat

kematangan buah pinang. Penelitian selanjutnya dapat mengupayakan perbaikan citra sebelum ekstraksi fitur dilakukan sebagai langkah tambahan dalam proses identifikasi tingkat kematangan buah pinang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Nayuf, "Tradisi Makan Sirih Pinang Sebagai Model Moderasi Beragama Berbasis Kearifan Lokal Di Kelurahan Niki-Niki, Kabupaten Timor Tengah Selatan – Ntt," *Harmoni*, vol. 21, no. 2, pp. 166–183, 2022, doi: 10.32488/harmoni.v21i2.591.
- [2] D. G. Kamengon, J. D. Engel, and W. Kristinawati, "Oko Mama: Tanda Pemaafan Yang Berbasis Kearifan Lokal Timor," *J. Ilmu Sos. dan Hum.*, vol. 9, no. 2, p. 289, 2020, doi: 10.23887/jish-undiksha.v9i2.22331.
- [3] S. Ndala, A. J. Santoso, and Suyoto, "Identifikasi Tingkat Kematangan Buah Pinang Menggunakan Backpropagation dan Transformasi Ruang Warna," *J. Ilmu Tek. Elektro Komput. dan Inform.*, vol. 4, pp. 129–135, 2018.
- [4] R. A. Saputra, D. Puspitasari, and T. Baidawi, "Deteksi Kematangan Buah Melon Dengan Algoritma Support Vector Machine Berbasis Ekstraksi Fitur GLCM," *J. Infortech*, vol. 4, no. 2, pp. 200–206, 2022, [Online]. Available: <https://ejournal.bsi.ac.id/ejurnal/index.php/infortech/article/view/14436>.
- [5] D. I. Mulyanal and D. R. Wibowo, "Implementasi Tingkat Kematangan Buah Monk Dengan Menggunakan Ekstraksi Gray-Level Co-Occurrence Matrix (GlcM) Dan Support Vector Machine (SVM)," vol. 5, no. 3, pp. 334–339, 2023.
- [6] D. Vernanda, N. Nugraha, and ..., "Analisis Data Untuk Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Nanas Menggunakan Svm," *J. Ilm. Ilmu dan ...*, vol. 4, no. September, pp. 8–17, 2022, doi: 10.31962/jiitr.vvii.67.
- [7] R. Harun, "Identifikasi Tingkat Kematangan Buah Jambu Biji Menggunakan Fitur Ekstraksi GLCM dengan Metode KNN," *J. Nas. cosPhi*, vol. 5, no. 1, pp. 2597–9329, 2021.
- [8] I. P. Sari, "Perancangan dan Simulasi Deteksi Penyakit Tanaman Jagung Berbasis Pengolahan Citra Digital Menggunakan Metode Color Moments dan GLCM," *Semin. Nas. Inov. Dan Apl. Teknol. Di Ind.*, pp. 215–220, 2016.
- [9] Y. Astutik, D. Widiyanto, and C. N. P. Dewi, "Klasifikasi Jenis Pasir Material Bangunan Menggunakan Metode Support Vector Machine (Svm) Berdasarkan Ekstraksi Ciri Tekstur Dan Warna," *Pros. Semin. Nas. Mhs. Bid. Ilmu Komput. dan Apl.*, vol. 3, no. 2, pp. 914–924, 2022.
- [10] A. Kurniasari, D. Erwanto, and P. N. Rahayu, "Ekstraksi Fitur Warna dan Tekstur Pada Kulit

- Katak Menggunakan Metode Momen Warna dan CCM,” *Setrum Sist. Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, vol. 9, no. 2, pp. 1–12, 2020, doi: 10.36055/setrum.v9i2.9379.
- [11] B. F. Christian, U. Lestari, and D. Andayati, “Sistem aplikasi identifikasi kematangan buah jeruk nipis berdasarkan fitur warna dan menggunakan support vector machine,” *J. Scr.*, vol. 7, no. 2, pp. 248–256, 2019.
- [12] R. Widodo, A. W. Widodo, and A. Supriyanto, “Pemanfaatan Ciri Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) Citra Buah Jeruk Keprok (*Citrus reticulata* Blanco) untuk Klasifikasi Mutu,” *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 11, pp. 5769–5776, 2018, [Online]. Available: <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/3420>.
- [13] L. A. Wardani, G. Pasek, S. Wijaya, and F. Bimantoro, “Klasifikasi Jenis Dan Tingkat Kematangan Buah Pepaya Berdasarkan Fitur Warna, Tekstur Dan Bentuk Menggunakan Support Vector Machine,” *J. Teknol. Informasi, Komput. dan Apl.*, vol. 4, no. 1, pp. 75–87, 2022, [Online]. Available: <http://jtika.if.unram.ac.id/index.php/JTIKA/>.
- [14] M. Faruk, “Telematika Klasifikasi Kanker Kulit Berdasarkan Fitur Tekstur , Fitur Warna Citra Menggunakan SVM dan KNN,” *Telematika*, vol. 13, no. 2, pp. 100–109, 2020, [Online]. Available: <https://ejournal.amikompurwokerto.ac.id/index.php/telematika/article/view/987>.
- [15] J. Rusman and N. Pasae, “Prototipe Sistem Penyortir Buah Kopi Arabika Berdasarkan Tingkat Kematangan Menggunakan Metode Support Vector Machine,” *Teknika*, vol. 12, no. 1, pp. 65–72, 2023, doi: 10.34148/teknika.v12i1.602.
- [16] Ismail, Nurhikma Arifin, and Prihastinur, “Klasifikasi Kematangan Buah Naga Berdasarkan Fitur Warna Menggunakan Algoritma Multi-Class Support Vector Machine,” *J. Inform. Teknol. dan Sains*, vol. 5, no. 1, pp. 121–126, 2023, doi: 10.51401/jinteks.v5i1.2203.
- [17] A. Prabowo, D. Erwanto, and P. N. Rahayu, “Klasifikasi Kesegaran Daging Sapi Menggunakan Metode Ekstraksi Tekstur GLCM dan KNN Freshness Classification of Beef Using GLCM Texture Extraction Method and KNN,” *Jec*, vol. 7, no. 1, 2021.
- [18] T. Y. Prahudaya and A. Harjoko, “Metode Klasifikasi Mutu Jambu Biji Menggunakan Knn Berdasarkan Fitur Warna Dan Tekstur,” *J. Teknosains*, vol. 6, no. 2, p. 113, 2017, doi: 10.22146/teknosains.26972.