

SISTEM KLASIFIKASI JENIS KERANG BERDASARKAN CITRA CANGKANG MENGGUNAKAN SUPPORT VECTOR MACHINE (SVM)

Adinda¹, Seffi Rozahana², Nadia Ayu Putri Priyani³, Apriliani Putri⁴, Irsyad Widiensyah⁵, Nurul Hayaty⁵

^{1,2,3,4,5} Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman, Universitas Maritim Raja Ali Haji

Jl. Politeknik Senggarang, Tanjungpinang 29100

*Corresponding Author: nurul.hayaty@umrah.ac.id

Abstract—This study aims to build an automatic classification system to identify shellfish types based on shell images by applying the Support Vector Machine (SVM) algorithm. This study classifies three types of shellfish, namely blood cockles with the scientific name *Anadara granosa*, green mussels (*Perna viridis*), and scallops (*Amusium pleuronectes*). Image data was obtained from the internet and each class consisted of 150 images, so the total dataset was 450 images. The research stages include image pre-processing to normalize image size and quality, feature extraction to obtain visual information in the form of texture (with GLCM), color (RGB histogram), and shape (Canny edge detection), and classification using SVM. This application is web-based and functions to receive uploaded shellfish images from users and provide automatic shellfish type recognition results. The test results show that the developed SVM model is able to classify shellfish types with high accuracy, reaching 93,83%. This research is expected to contribute to the development of digital shellfish species identification technology to support the fields of fisheries, marine resource conservation, and marine biota research.

Keywords—Support Vector Machine (SVM), digital image processing, shellfish classification, feature extraction, machine learning.

Intisari—Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem klasifikasi otomatis untuk mengidentifikasi jenis kerang berdasarkan citra cangkang dengan menerapkan algoritma *Support Vector Machine* (SVM). Penelitian ini mengklasifikasikan tiga jenis kerang, yaitu kerang dara dengan nama ilmiah *Anadara granosa*, kerang hijau (*Perna viridis*), dan kerang simping (*Amusium pleuronectes*). Data citra diperoleh dari internet dan setiap kelas terdiri dari 150 gambar, sehingga total dataset adalah 450 gambar. Tahapan penelitian meliputi pra-pemrosesan citra untuk menormalkan ukuran dan kualitas gambar, ekstraksi fitur untuk memperoleh informasi visual berupa tekstur (dengan GLCM), warna (histogram RGB), serta bentuk (deteksi tepi Canny), dan klasifikasi menggunakan SVM. Aplikasi ini berbasis web dan berfungsi untuk menerima unggahan gambar kerang dari pengguna serta memberikan hasil pengenalan jenis kerang secara otomatis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model SVM yang dikembangkan mampu mengklasifikasikan jenis kerang dengan akurasi tinggi yaitu mencapai 93,83%. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi identifikasi spesies kerang secara digital untuk mendukung bidang perikanan, konservasi sumber daya laut, dan penelitian biota laut.

Kata kunci—*Support Vector Machine* (SVM), pengolahan citra digital, klasifikasi kerang, ekstraksi fitur, pembelajaran mesin.

I. PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara maritim memiliki kekayaan biodiversitas laut yang sangat melimpah, termasuk berbagai jenis kerang yang menjadi sumber daya hayati penting. Kerang adalah hewan tak bertulang belakang (*invertebrata*) yang termasuk dalam kelompok moluska, memiliki tubuh lunak yang terlindungi oleh cangkang keras. Habitat umumnya berada di perairan laut dan wilayah pesisir berpasir. Cangkang kerang umumnya simetris, dengan ukuran sisi kiri dan kanan yang seimbang. Selain sebagai sumber pangan tinggi protein, kerang juga memainkan peran penting dalam menjaga ekosistem perairan, seperti menyaring kotoran alami dalam air dan sebagai penanda kualitas lingkungan[1].

Beberapa jenis kerang yang sering ditemui di wilayah pesisir Indonesia dan memiliki nilai ekonomi tinggi antara lain kerang dara (*Anadara granosa*), kerang hijau (*Perna viridis*), dan kerang simping (*Amusium pleuronectes*)[2]. Pengenalan dan pengelompokan jenis kerang secara akurat sangat penting dalam menunjang kegiatan perikanan, perlindungan spesies laut, serta menjaga kualitas produk ekspor. Akan tetapi, kesamaan bentuk serta pola pada cangkang berbagai jenis kerang membuat proses identifikasi secara visual cukup menantang, terutama bagi pelaku lapangan yang tidak memiliki keahlian khusus.

Dengan meningkatnya kegiatan eksploitasi dan perdagangan kerang, kebutuhan akan metode identifikasi yang efisien, cepat, dan memiliki tingkat ketepatan tinggi menjadi sangat mendesak. Dalam ranah ilmu komputer dan teknologi informasi, pengolahan citra digital menjadi salah satu bidang utama karena kemampuannya mengolah data visual menjadi informasi yang bernilai, seperti untuk mendukung proses pengenalan objek, deteksi, klasifikasi, dan rekonstruksi citra [3]. Salah satu pendekatan modern yang dapat menjadi solusi adalah penerapan teknologi pengolahan citra digital yang dikombinasikan dengan teknik pembelajaran mesin (*machine learning*). Pengolahan citra digital sendiri merupakan teknik yang digunakan untuk meningkatkan kualitas gambar, baik berupa foto statis maupun gambar bergerak, agar lebih

mudah dikenali atau dianalisis oleh manusia maupun sistem komputer[4].

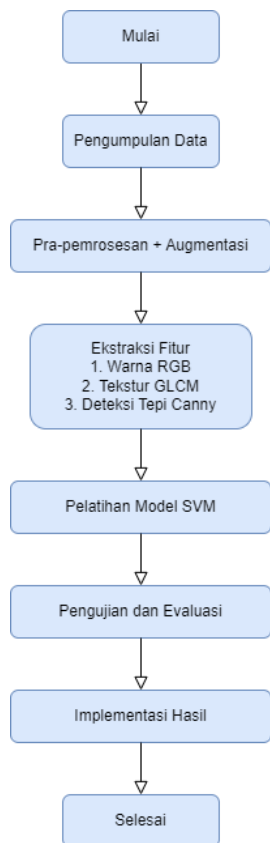
Sampai saat ini, proses pengenalan jenis kerang pada umumnya masih dilakukan secara manual dengan cara mengamati karakteristik fisik dari cangkangnya. Proses ini biasanya memerlukan waktu yang tidak singkat dan dapat menyebabkan kekeliruan karena kemiripan bentuk antar spesies. Selain tidak efisien, pendekatan manual juga tidak cocok jika diterapkan dalam skala industri perikanan yang besar. Oleh sebab itu, penggunaan metode berbasis teknologi otomatis menjadi solusi yang tepat dan sangat dibutuhkan untuk mendukung identifikasi jenis kerang secara cepat dan akurat.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem klasifikasi otomatis untuk jenis-jenis kerang berdasarkan citra cangkangnya, dengan menerapkan algoritma *Support Vector Machine (SVM)*, yang dikenal efektif dalam menangani data berukuran besar dan kompleks serta bersifat non-linear[5]. SVM bekerja dengan mencari garis batas pemisah antar dua kelas yang memaksimalkan jarak terhadap titik-titik data yang paling dekat. Jarak maksimum ini dicapai dengan menemukan hyperplane (garis pemisah) yang paling optimal dalam ruang input, yang dihitung berdasarkan margin hyperplane[6]. Sistem ini memanfaatkan kombinasi beberapa jenis fitur, di antaranya fitur tekstur yang diperoleh dari metode *Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM)*, fitur warna melalui analisis histogram RGB, serta fitur bentuk yang diambil menggunakan metode deteksi tepi *Canny*. Dengan mengintegrasikan ketiga fitur tersebut, sistem diharapkan mampu melakukan klasifikasi kerang secara lebih akurat dan mendukung strategi pengelolaan sumber daya kelautan secara efisien dan berkelanjutan.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen terapan di bidang pengolahan citra digital dan machine learning. Penelitian ini bertujuan untuk membangun sebuah sistem klasifikasi otomatis untuk mengidentifikasi jenis kerang berdasarkan citra cangkangnya menggunakan algoritma *Support Vector Machine (SVM)*.

Pada penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan dataset yang dimanfaatkan dalam penelitian ini yang diperoleh dari hasil pencarian daring, khususnya melalui *platform google images* dan *iNaturalist*. Dataset tersebut mencakup tiga jenis kerang yaitu kerang hijau (*Perna viridis*), kerang dara (*Anadara granosa*), dan kerang simping (*Amusium pleuronectes*).



Gambar 1. Alur Penelitian

A. Spesifikasi Sistem

1. Spesifikasi Perangkat Keras

Tabel 1. Spesifikasi Perangkat Keras

Spesifikasi Perangkat Keras	
Sistem Operasi	Windows 11 Home Single Language
Tipe Sistem	64-bit operating system, x64-based processor
Processor	AMD Athlon Silver 3050U with Radeon Graphics
Memori	4,00 GB
Penyimpanan	512 GB

2. Spesifikasi Perangkat Lunak

Tabel 2. Spesifikasi Perangkat Lunak

Spesifikasi Perangkat Lunak	
IDE	Visual Studio Code (VSC)
Python	Versi 3.13.1
Web Framework	Flask (untuk pembuatan aplikasi web)
Library Python :	
Flask	web framework
OpenCV (cv2)	untuk pengolahan citra
NumPy	untuk manipulasi array dan data numerik
joblib	untuk menyimpan dan memuat model SVM yang sudah dilatih
matplotlib	untuk visualisasi jika diperlukan
werkzeug	untuk mengamankan nama file upload
feature_extraction.py	modul eksternal untuk ekstraksi fitur citra
base64, io	untuk encoding gambar jika ingin menampilkan hasil dalam web

B. Dataset

Penelitian ini memanfaatkan kumpulan data citra yang terdiri dari tiga jenis kerang, yaitu *Anadara granosa* (kerang dara), *Perna viridis* (kerang hijau), dan *Amusium pleuronectes* (kerang simping). Masing-masing kategori memiliki 150 gambar, sehingga total keseluruhan gambar dalam dataset berjumlah 450 citra. Dataset tersebut kemudian dibagi menjadi dua bagian, yaitu data *training* sebanyak 405 citra (90% dari total data) yang digunakan untuk proses pelatihan model, dan data *testing* sebanyak 45 citra (10% dari total data) yang digunakan untuk menguji kemampuan generalisasi model terhadap data yang belum pernah dilihat sebelumnya. Pembagian data dengan rasio 90:10 ini dimaksudkan untuk memastikan model memperoleh cukup data untuk belajar sekaligus cukup data untuk evaluasi kinerjanya.

Tabel 3. Dataset Kerang

<i>Anadara granosa</i>	
<i>Perna viridis</i>	
<i>Amusium pleuronectes</i>	

C. Preprocessing

Citra kerang dikumpulkan dari berbagai sumber, kemudian dilakukan proses augmentasi untuk memperbanyak variasi data dan memperkuat model klasifikasi. Teknik augmentasi yang digunakan meliputi flip horizontal dan vertikal, serta rotasi. Seluruh citra disesuaikan ukuran dan formatnya, yaitu diubah menjadi rasio 1:1 (128×128 piksel) dan disimpan dalam format JPEG. Data juga dikelompokkan ke dalam folder berdasarkan jenis kerang untuk mempermudah pengolahan.

D. Ekstraksi Fitur

1. Fitur Warna RGB (Red, Green, Blue)

Warna dalam sistem RGB berasal dari pemanfaatan cahaya sebagai media dasar. Model ini terdiri atas tiga komponen utama: merah (*Red*), hijau (*Green*), dan biru (*Blue*), yang dikenal

sebagai warna primer dalam sistem aditif.

Ketika ketiga warna tersebut digabungkan dengan intensitas yang sama, hasil akhirnya adalah warna putih. Sedangkan pencampuran dua warna dari ketiganya akan membentuk warna sekunder, misalnya perpaduan merah dan biru menghasilkan magenta, hijau dan biru membentuk cyan, serta kombinasi merah dan hijau menghasilkan kuning.

Model RGB banyak digunakan dalam teknologi berbasis cahaya, seperti layar monitor, kamera digital, dan proyektor, karena prinsipnya menyesuaikan dengan cara mata manusia merespons sinyal cahaya. Masing-masing warna dalam sistem ini direpresentasikan dalam skala numerik, biasanya dari 0 hingga 255, yang memungkinkan terbentuknya jutaan variasi warna melalui kombinasi tingkat intensitas ketiganya[7].

$$r = \frac{R}{R+G+B} \quad (1)$$

$$g = \frac{G}{R+G+B} \quad (2)$$

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

2. Fitur Tekstur GLCM (Gray Level Co-Occurrence Matrix)

Ekstraksi fitur yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan ekstraksi fitur GLCM. 450 data kerang yang digunakan nantinya akan dilakukan ekstraksi fitur pada setiap data. Pada pengekstrakan nanti akan digunakan 4 fitur yaitu *Contrast*, *dissimilarity*, *Homogeneity*, *energy*, dan *Correlation*.

Tahap selanjutnya yaitu ekstraksi tekstur menggunakan 4 fitur yang ada pada GLCM, melalui *Contrast*, *dissimilarity*, *Homogeneity*, *energy*, dan *Correlation*.

1. Menghitung nilai kontras (*Contrast*)

$$CON = \sum_{i,j} |i - j|^2 p(i,j) \quad (4)$$

2. Menghitung nilai perbedaan (*Dissimilarity*)

$$DIS = \sum_i \sum_j |i - j| p(i, j) \quad (5)$$

3. Menghitung nilai homogenitas (*Homogeneity*)

$$Hom = \sum_i \sum_j \frac{p(i-j)}{1+|i-j|} \quad (6)$$

4. Menghitung nilai energi (*Energy*)

$$E = \sum_{i,j} i \cdot p(i, j)^2 \quad (7)$$

5. Menghitung nilai korelasi (*Correlation*)

$$Cor = \frac{\sum_i \sum_j i \cdot p(i, j) \mu_i \mu_j}{\sigma_i \sigma_j} \quad (8)$$

[8].

3. Fitur Tepi (*Canny Edge Detection*)

Perubahan tajam pada intensitas keabuan dalam citra sering kali menandai keberadaan tepi. Untuk mengenali bagian ini, berbagai teknik dapat digunakan, seperti pemanfaatan *Gaussian filter* dalam metode *Canny*, penggunaan kernel *Laplacian 2x2*, serta operator *Prewitt* dan *Sobel* dengan filter *3x3*. Di antara teknik-teknik tersebut, *Canny* menjadi salah satu metode populer karena kemampuannya dalam mendeteksi tepi secara akurat dan konsisten dengan standar kualitas tertentu[9].

E. Support Vector Machine (SVM)

Support vector machine (SVM) merupakan salah satu metode klasifikasi dalam pembelajaran mesin. SVM diperkenalkan pada tahun 1992 melalui *Annual Workshop on Computational Learning Theory* oleh Boser, Guyon, dan Vapnik. Cara kerja SVM dengan mencari hyperplane atau garis pemisah yang dapat memisahkan dua kelas data, juga memaksimalkan nilai margin atau jarak dua kelas data yang berbeda[10].

Proses klasifikasi SVM dilakukan dengan mencari nilai $f(x)$ dengan x adalah data yang ingin diklasifikasikan. Rumus dari mencari nilai $f(x)$ dapat dilihat pada Persamaan (9).

$$f(x) = \sum_{i=1}^n a_i y_i K(x_i, x) + b \quad (9)$$

Keterangan:

$f(x)$ = Fungsi klasifikasi untuk data x

n = Banyak data latih

a_i = lagrange multiplier untuk data ke- i

y_i = Label data latih ke- i

$K(x_i, x)$ = Fungsi kernel untuk data latih x_i dan x

b = Nilai bias

Pada persamaan di atas terdapat nilai alpha (α) dan juga bias yang mana nilai ini diperoleh dari proses pelatihan SVM. Salah satu metode pelatihan SVM adalah *sequential training*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Model *Support Vector Machine (SVM)* dengan kernel RBF yang menggunakan fitur gabungan GLCM, RGB, dan *Canny* terbukti efektif dalam klasifikasi jenis kerang, menghasilkan performa yang sangat baik. Jenis kerang dara dan simping menunjukkan tingkat akurasi tertinggi, yang mengindikasikan bahwa perpaduan ciri tekstur, warna, dan pola tepi cangkang kedua jenis tersebut cukup unik sehingga mudah dikenali oleh model.

A. Hasil Evaluasi Klasifikasi Data Testing

Hasil evaluasi pada data testing menunjukkan bahwa model *Support Vector Machine (SVM)* yang dikembangkan mampu mengklasifikasikan jenis kerang berdasarkan citra cangkang dengan akurasi yang baik. Berdasarkan pengujian terhadap data *testing* sebanyak 45 citra (10% dari total dataset), model mencapai akurasi sebesar 93,83%. Nilai tersebut menunjukkan sejauh mana model mampu menerapkan pola yang dipelajari dari data latih pada data baru yang belum pernah dilihat sebelumnya.

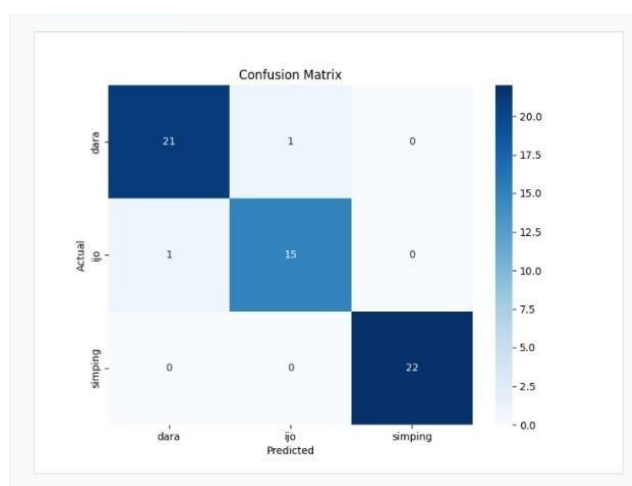
Metrik klasifikasi pada masing-masing kelas menunjukkan bahwa model dapat mengidentifikasi *Anadara granosa*, *Perna viridis*, dan *Amusium pleuronectes* dengan *precision*, *recall*, dan *F1-score* yang relatif tinggi. *Precision* 1,00 pada kelas *Perna viridis*

menandakan bahwa tidak ada prediksi positif palsu yang muncul untuk kelas ini, dan seluruh prediksi positifnya tepat sasaran. Di sisi lain, model juga mempertahankan kinerja yang cukup stabil pada kelas *Anadara granosa* dan *Amusium pleuronectes* dengan *F1-score* di atas 0,90. Temuan ini membuktikan bahwa integrasi fitur tekstur (GLCM), warna (RGB), dan bentuk tepi (Canny) sudah cukup efektif untuk klasifikasi kerang menggunakan metode konvensional tanpa harus menggunakan deep learning.

Confusion matrix pada data testing juga memperlihatkan distribusi prediksi yang sebagian besar tepat sasaran, meskipun terdapat beberapa kesalahan klasifikasi yang disebabkan kemiripan pola visual antar jenis kerang. Hal ini menjadi masukan untuk pengembangan model lebih lanjut agar performa pada data uji dapat ditingkatkan.

Tabel 4. *Classification Report*

Kelas	Precision	Recall	F1-Score	Support
<i>Anadara Granosa</i>	0.91	0.97	0.94	33.0
<i>Perna Viridis</i>	1.00	0.87	0.93	23.0
<i>Amusium Pleuronectes</i>	0.92	0.96	0.94	25.0
Macro Avg	0.95	0.93	0.94	81.0
Weighted Avg	0.94	0.94	0.94	81.0



Gambar 2. *Confusion Matrix*

Hasil tersebut memperlihatkan bahwa klasifikasi jenis kerang dapat dilakukan dengan sangat baik menggunakan model SVM berbasis fitur gabungan GLCM, RGB, dan Canny edge detection. Dari *confusion matrix* yang ditampilkan pada Gambar 2, terlihat bahwa model dapat mengklasifikasikan kerang dara dan simping secara tepat, namun masih ada kesalahan pada pengenalan kerang hijau. Hal ini terjadi karena kemiripan pola tekstur, warna, dan bentuk tepi cangkang kerang hijau dengan kerang dara, sehingga sistem kadang keliru dalam mengenali citra kerang hijau.

B. Hasil Evaluasi Klasifikasi Data Training

Hasil evaluasi pada data training menunjukkan bahwa model *Support Vector Machine* (SVM) mampu mengklasifikasikan citra cangkang kerang dengan tingkat akurasi yang sangat tinggi. Berdasarkan hasil pengujian terhadap 405 citra data *testing* (90% dari total dataset), model memperoleh akurasi sebesar 99.38%, yang mencerminkan kemampuan model dalam mengenali pola citra secara optimal pada tahap pelatihan.

Metrik evaluasi pada masing-masing kelas juga menunjukkan performa yang sangat baik. Pada kelas *Anadara granosa* (kerang dara), model mencatat *precision* 0,98, *recall* 1,00, dan *F1-score* 0,99, yang menunjukkan bahwa seluruh citra kerang dara dalam data *testing* berhasil dikenali dengan tepat. Hasil klasifikasi untuk *Perna viridis* (kerang hijau) menunjukkan *precision* sebesar 1,00, *recall* 0,99, serta *F1-score* 1,00, yang berarti seluruh citra dari kelas lain tidak ada yang salah dikenali sebagai kerang hijau. Sementara itu, pada kelas *Amusium pleuronectes* (kerang simping), model juga mencapai *precision* 1,00, *recall* 0,99, dan *F1-score* 1,00, dengan kesalahan prediksi yang sangat minim.

Nilai *macro average* dan *weighted average* untuk *precision*, *recall*, dan *F1-score*

masing-masing sebesar 0,99, yang menunjukkan konsistensi performa model di semua kelas. Hasil ini mengonfirmasi bahwa fitur tekstur (GLCM), warna (RGB), dan bentuk tepi (Canny) yang digunakan cukup efektif untuk mendukung klasifikasi kerang pada data pelatihan tanpa memerlukan metode yang lebih kompleks seperti *deep learning*.

Tabel 5. *Classification Report*

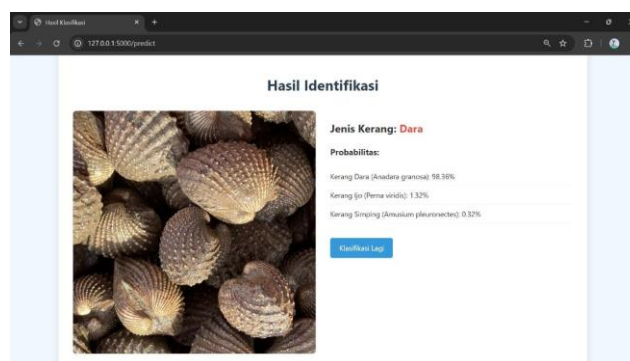
Kelas	Precision	Recall	F1-Score	Support
<i>Anadara Granosa</i>	0.98	1.00	0.99	101
<i>Perna Viridis</i>	1.00	0.99	1.00	112
<i>Amusium Pleuronectes</i>	1.00	0.99	1.00	110
<i>Macro Avg</i>	0.99	0.99	0.99	323
<i>Weighted Avg</i>	0.99	0.99	0.99	323

C. Analisis Hasil

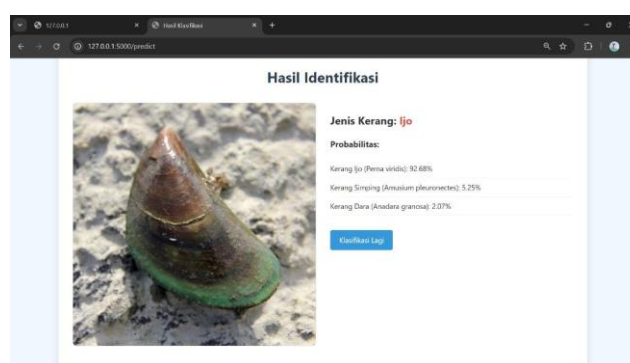
Kinerja terbaik yang diamati pada kelas kerang dara dan kerang simping menunjukkan bahwa kedua jenis kerang tersebut memiliki karakteristik visual cangkang yang cukup unik, baik dari segi tekstur, warna, maupun pola tepinya. Hal ini membuat model SVM dengan kombinasi fitur GLCM, RGB, dan Canny edge detection mampu mengenali kedua jenis ini dengan tingkat akurasi yang tinggi.

Sebaliknya, kelas kerang hijau menunjukkan nilai *recall* yang sedikit lebih rendah (0,87), menandakan bahwa beberapa citra dari kategori ini salah diklasifikasikan menjadi kelas lainnya, terutama kerang dara. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh kemiripan atribut tekstur atau warna cangkang pada bagian tertentu, atau pola garis tepi yang menyerupai kerang dara. Kondisi ini juga tercermin pada metrik *precision* yang sangat tinggi pada kelas kerang hijau (1,00), yang mengindikasikan bahwa prediksi untuk kelas ini selalu benar saat model menyatakan citra

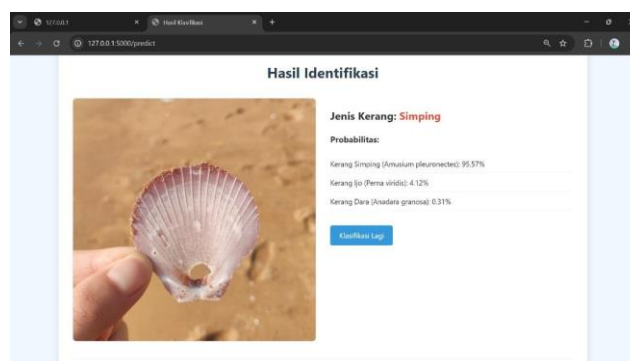
sebagai kerang hijau, tetapi jumlah citra hijau yang dikenali tidak sebanyak yang seharusnya.



Gambar 3. Hasil Klasifikasi Kerang Dara



Gambar 4. Hasil Klasifikasi Kerang Hijau



Gambar 5. Hasil Klasifikasi Kerang Simping

Hanya dengan memanfaatkan fitur sederhana, yakni GLCM, RGB, dan Canny, tanpa dukungan algoritma *deep learning*, sistem ini tetap berhasil mencapai akurasi klasifikasi yang tinggi sebesar 93,83%. Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan tradisional berbasis fitur masih relevan untuk digunakan dalam aplikasi klasifikasi citra biota laut yang memiliki pola visual beragam.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang sistem klasifikasi otomatis untuk mengenali jenis kerang melalui citra cangkangnya dengan mengombinasikan fitur tekstur (*Gray Level Co-occurrence Matrix/GLCM*), warna (RGB), serta tepi (*Canny edge detection*). Algoritma yang diterapkan dalam penelitian ini adalah *Support Vector Machine* (SVM) dengan kernel *Radial Basis Function* (RBF), yang efektif dalam memisahkan data pada ruang fitur berdimensi tinggi sehingga mendukung proses klasifikasi secara optimal.

Hasil pengujian sistem menunjukkan bahwa model SVM yang dikembangkan mampu mengidentifikasi tiga jenis kerang, yaitu kerang dara (*Anadara granosa*), kerang hijau (*Perna viridis*), dan kerang simping (*Amusium pleuronectes*), dengan akurasi pada data uji sebesar 93,83%. Kelas kerang dara dan simping menunjukkan performa terbaik karena memiliki ciri visual yang mudah dibedakan, sementara kerang hijau sering salah diklasifikasikan akibat kemiripan pola dan teksturnya dengan kerang dara.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dan bantuan dalam pelaksanaan penelitian ini, khususnya kepada dosen pembimbing dan pihak yang telah menyediakan data serta fasilitas penelitian.

REFERENSI

- [1] G. Winarno, M. Irsal, C. A. Karenina, G. Sari, and R. N. Hidayati, "Metode Histogram Equalization untuk Peningkatan Kualitas Citra dengan Menggunakan Studi Phantom Lumbosacral," *J. Kesehat. Vokasional*, vol. 7, no. 2, p. 104, 2022, doi: 10.22146/jkesvo.71469.
- [2] Budiyati *et al.*, "Morphometric Analysis and Molecular Identification of the Asian Moon Scallops (*Amusium pleuronectes*) in the Waters of Bone Bay and the Makassar Strait," *Egypt. J. Aquat. Biol. Fish.*, vol. 29, no. 1, pp. 451–466, 2025, doi: 10.21608/ejabf.2025.405685.
- [3] S. W. Lubis, P. P. Adikara, and B. Darma, "Optimasi Hyperparameter Support Vector Machine Dengan Particle Swarm Optimization Terhadap Klasifikasi Citra Digital Imbalanced," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. Vol 8 No 3, 2024, [Online]. Available: <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/13508>
- [4] J. Jumadi, Y. Yupianti, and D. Sartika, "Pengolahan Citra Digital Untuk Identifikasi Objek Menggunakan Metode Hierarchical Agglomerative Clustering," *JST (Jurnal Sains dan Teknol.*, vol. 10, no. 2, pp. 148–156, 2021, doi: 10.23887/jstundiksha.v10i2.33636.
- [5] B. D. Irawan, R. Kurniawan, Y. A. Wijaya, T. Informatika, and K. Tumor, "Optimalisasi Model Klasifikasi Menggunakan Algoritma Support Vector Machine Pada Citra Brain Tumor," vol. 9, no. 2, pp. 3493–3500, 2025.
- [6] A. Peryanto, D. Susanto, and Y. F. Widodo, "Klasifikasi Citra Bunga Menggunakan Metode Support Vector Machine Dan Gray Level Co-Occurrence Matrix," vol. 9, no. 2, pp. 126–134, 2025.
- [7] R. P. Putra, J. Jumadi, and D. Lianda, "Pengolahan Citra Digital Untuk Mengidentifikasi Tingkat Kematangan Buah Kelapa Sawit Berdasarkan Warna Rgb Dan Hsv Dengan Menggunakan Metode Self Organizing Map (SOM)," *J. Media Infotama*, vol. 20, no. 1, p. 341149, 2024.
- [8] M. ROFIQ, T. H. Saragih, and D. T. Nugrahadi, "Implementasi Ekstraksi Fitur GLCM dengan Klasifikasi Algoritma C5.0 Pada Data Computerized Tomography Scan Covid-19," *J. Inform. Polinema*, vol. 9, no. 4, pp. 353–362, 2023, doi: 10.33795/jip.v9i4.1280.

- [9] N. M. Farhan and B. Setiaji, "Indonesian Journal of Computer Science," *Indones. J. Comput. Sci.*, vol. 12, no. 2, pp. 284–301, 2023, [Online]. Available: <http://ijcs.stmikindonesia.ac.id/ijcs/index.php/ijcs/article/view/3135>
- [10] P. Rama Bena Putra and R. Setya Perdana, "Klasifikasi Judul Berita Online menggunakan Metode Support Vector Machine (SVM) dengan Seleksi Fitur Chi-square," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 7, no. 5, pp. 2132–2141, 2023, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>