

# Sistem Klasterisasi Udang *Litopenaeus Vannamei* Berdasarkan Ukurannya Menggunakan K-Means Clustering dengan Connected Component Labeling dan Binary Large Object

Difa Taufiqurrahman<sup>\*1)</sup>, Mohammad Hamim Zajuli Al Faroby<sup>2)</sup>, dan Yohanes Setiawan<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Teknologi Informasi, Fakultas Teknologi Informasi dan Bisnis, Institut Teknologi Telkom Surabaya,

Jl. Ketintang No.156, Surabaya, 60231, Indonesia

[difa.taufiqurrahman@student.ittelkom-sby.ac.id](mailto:difa.taufiqurrahman@student.ittelkom-sby.ac.id)

[alfaroby@ittelkom-sby.ac.id](mailto:alfaroby@ittelkom-sby.ac.id)

[22950049@telkomuniversity.ac.id](mailto:22950049@telkomuniversity.ac.id)

## Abstrak

Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*), produk perikanan yang sangat diminati dan bernilai ekonomi tinggi di Indonesia, mengalami penyortiran berdasarkan ukuran oleh para pedagang saat panen. Penentuan kelas harga udang Vaname didasarkan pada ukurannya, tetapi proses penyortiran manual melibatkan penempatan udang pada permukaan datar dan pemisahan berdasarkan ukuran, yang memakan waktu dan ketepatan yang tinggi. Ini menghambat operasi pasca panen. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem pengelompokan berdasarkan ukuran menggunakan pengolahan citra digital. Metode Binary Large Object (BLOB) menganalisis tekstur udang dengan akurat, dan Connected Component Labeling (CCL) mengidentifikasi dan memberi label komponen terhubung atau objek udang dalam citra biner. Algoritma K-means mengklasterisasi udang berdasarkan ukurannya. Penelitian ini berhasil mengimplementasikan pengelompokan berdasarkan ukuran ke dalam Antarmuka Pengguna Grafis (GUI) berbasis Tkinter. Dalam 10 uji sistem, koefisien siluet rata-rata adalah 0,987. Hasil penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi penyortiran atau pengelompokan udang berdasarkan ukurannya saat panen.

**Kata kunci:** Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*), Klasterisasi, *connected component labeling*, *binary large object*, *k-means*. GUI Tkinter

## 1. Pendahuluan (Introduction)

Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) memiliki tingkat permintaan yang tinggi dan signifikan secara ekonomi di Indonesia, diperkuat oleh kelezatan rasanya dan kandungan protein yang tinggi yang menarik minat masyarakat [1]. Dalam konteks ini, pada tahap panen, metode manual yang digunakan dalam pemilihan ukuran udang untuk menentukan harga di pasar masih terbukti lambat dan tidak efisien. Selain itu, tantangan semakin besar ketika ketersediaan tenaga kerja terbatas, mendorong kebutuhan akan sistem penyortiran yang lebih efisien [2].

Dalam rangka mencari solusi yang lebih canggih, penelitian ini berpegang pada kontribusi ilmiah yang ada. Beberapa penelitian sebelumnya telah mengupayakan teknik-teknik serupa dalam pengolahan citra dan deteksi objek. Misalnya, dalam penelitian "Menghitung Objek 2D Menggunakan *Connected Component Labeling*" mengaplikasikan metode *Connected Component Labeling* untuk mengukur kualitas jagung melalui deteksi aflatoxin [4]. Penelitian lain, "Aplikasi Pengolahan Citra Digital *Meat Detection* Dengan Metode Segmentasi *K-means Clustering* Berbasis *OpenCV* Dan *Eclipse*," menggunakan segmentasi *K-means* untuk mendeteksi kualitas daging [5]. Selain itu, ada penelitian yang berkaitan dengan penghitungan telur ayam petelur menggunakan metode *Connected Component Labeling* [6], serta penelitian "Rancang Bangun Sistem Sortir Udang Vaname Berbasis *Image Processing*" yang menggunakan algoritma *blob detection* untuk memisahkan udang Vaname berdasarkan ukuran [2].

Tujuan penelitian ini jelas, yaitu mengembangkan sistem klusterisasi ukuran udang Vaname berbasis pengolahan citra digital. Dalam hal ini, teknik *Binary Large Object* (BLOB) digunakan untuk analisis tekstur udang, sedangkan *Connected Component Labeling* (CCL) diterapkan untuk mengidentifikasi objek udang dalam citra biner. Algoritma *K-means* dipilih untuk melakukan klusterisasi ukuran udang. Dalam konteks ini, keunikan penelitian ini terletak pada penggabungan ketiga metode tersebut yang, walaupun sudah diterapkan dalam pengolahan citra sebelumnya, belum banyak diaplikasikan dalam penyortiran udang berdasarkan ukuran.

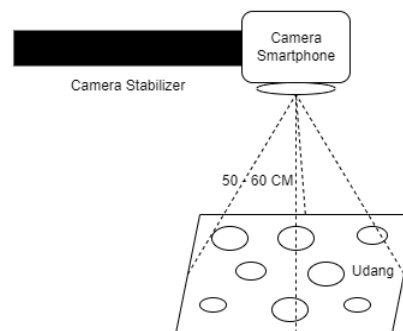
Diharapkan penelitian ini akan berkontribusi dalam pengembangan teknologi sortir udang berbasis citra di industri perikanan, dan juga memberikan pemahaman lebih dalam tentang efektivitas serta potensi penerapan teknologi ini dalam konteks yang lebih spesifik. Batasan penelitian termasuk penggunaan satu jenis objek (udang Vaname), pembagian dalam tiga kategori ukuran, serta tidak membahas faktor-faktor lain yang mungkin memengaruhi kualitas udang.

## 2. Metode Penelitian (Methods)

Tahapan penelitian dalam penelitian ini terdiri atas pengumpulan data, perancangan sistem, dan pengujian sistem. Perancangan sistem terdiri dari tahap *preprocessing*, tahap deteksi dan ekstraksi fitur area objek (udang) dan tahap pelatihan (*fitting*) dan klusterisasi ukuran udang berdasarkan jumlah piksel.

### A. Pengumpulan Data

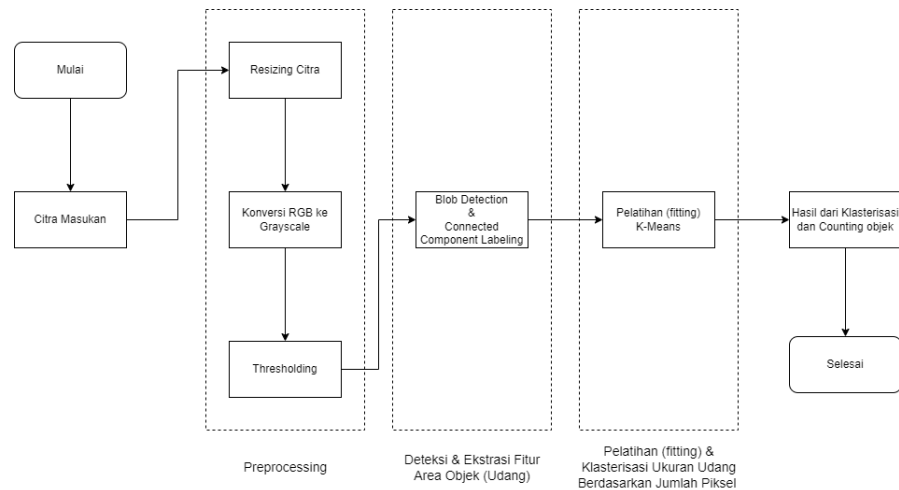
Data yang diperoleh dalam penelitian ini merupakan data primer yang dikumpulkan dari sampel udang dengan berbagai ukuran yang berasal dari salah satu tambak udang Vaname di daerah Rejoso, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur. Total ada 30 citra yang diambil, masing-masing citra memuat antara 20 hingga 23 udang. Pengambilan citra dilakukan dengan menggunakan kamera *smartphone Redmi Note 11 Pro* dengan jarak sekitar 50-60 cm dari objek yang diambil gambar. Pemilihan jarak ini didasarkan pada pertimbangan untuk menjaga proporsi fisik objek dalam citra, sehingga ukurannya tetap dapat terlihat dengan jelas. Selain itu, jarak ini juga memudahkan dalam pengaturan pencahayaan, menghindari pembentukan bayangan yang mengganggu, dan memberikan latar belakang putih untuk meningkatkan kontras dan ketajaman objek pada citra.



**Gambar 1.** Proses Pengambilan Variasi Citra

### B. Perancangan Sistem

Perancangan sistem merupakan tahapan dari siklus pengembangan sistem yang dimana memiliki fungsi untuk menjelaskan dan penjabaran mengenai persiapan dalam menjalankan sebuah penelitian. Secara umum, tahapan proses dari sistem klusterisasi udang berdasarkan ukuran berbasis pemrosesan citra pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 2



**Gambar 2.** Tahapan proses sistem klasterisasi udang berdasarkan ukuran

1. Tahap *Preprocessing*

Tahap *preprocessing* pada penelitian ini terdiri dari pengaturan ulang ukuran citra (*resizing*), konversi citra dari format RGB ke *grayscale*, dan pemisahan latar belakang dan objek menggunakan *thresholding*. Citra pertama kali mengalami operasi pengaturan ulang skala ke skala resolusi tetap yang lebih kecil sesuai yang kita inginkan. Tahap terakhir dari *preprocessing* pada sistem ini adalah proses pemisahan latar belakang dan objek menggunakan *thresholding*. Teknik *thresholding* melakukan pengambungan atau segmentasi menjadi dua wilayah dengan mengatur jumlah derajat keabuan yang ada pada citra. Dengan teknik ini, pemisahan objek dengan latar belakang dapat dilakukan.

2. Tahap Deteksi dan Ekstraksi Fitur Area Objek

Metode ekstraksi jumlah piksel dari setiap objek udang pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Binary Large Object* dan *Connected Component Labeling*. Pada penelitian ini metode *Binary Large Object* digunakan untuk mendeteksi tekstur objek pada sebuah citra gambar secara akurat dan spesifik dan metode *Connected Component Labeling* digunakan untuk mengekstrak objek-objek yang ada pada citra dan membedakan antara satu objek dengan objek yang lain berdasarkan piksel yang saling terhubung (*connected*). Langkah akhir dari proses ini adalah mengekstrak jumlah piksel dari masing-masing objek yang ada pada citra.

3. Tahap Klasterisasi Udang Berdasarkan Ukuran

Metode klasterisasi udang berdasarkan ukurannya dilakukan dengan menggunakan algoritma *k-means*. pada proses tahapan ini setelah objek sudah dideteksi dan diidentifikasi ukuran dan keberadaannya selanjutnya dilakukan pelatihan (*fitting*) menggunakan algoritma *k-means*. Dalam konteks klasterisasi, istilah pelatihan atau *fitting* merujuk pada proses di mana algoritma klasterisasi seperti K-means belajar untuk mengelompokkan data ke dalam kluster-kluster yang memiliki kemiripan berdasarkan fitur atau atribut yang ada. Algoritma *k-means* menggunakan proses secara berulang-ulang untuk mendapatkan basis data cluster. Dibutuhkan jumlah cluster awal yang diinginkan sebagai masukan dan menghasilkan titik *centroid* akhir sebagai *output*. Metode *k-means* akan memilih pola sebagai titik awal *centroid* secara acak atau *random*.

### C. Pengujian Sistem

Pengujian sistem pada penelitian ini ada beberapa cara dengan tujuan untuk menguji sistem dengan cara membandingkan hasil dari sistem dengan hasil pengamatan dan pengujian kualitas dari hasil klasterisasi menggunakan metode *Silhouette coefficient* untuk melihat kualitas hasil pengelompokan atau klasterisasi.

### 3. Hasil dan Pembahasan (Results and Discussions)

Bagian ini menjelaskan tentang rangkaian uji coba dan analisa terhadap metode yang diimplementasikan pada sistem klasterisasi ini. Tahap uji coba bertujuan untuk melihat besar nilai akurasi yang dihasilkan oleh sistem dan seberapa baik hasil klasterisasi. Tahap analisa pada penelitian ini dilakukan dengan cara menganalisis hasil uji coba yang telah dilakukan dimana hasil tersebut digunakan sebagai dasar untuk membuat kesimpulan dan saran. Bahasa pemrograman yang digunakan pada penelitian ini adalah *Python*.

#### 3.1. Hasil Data

Data citra gambar udang pada penelitian ini diambil dari beberapa pelaku usaha tambak udang vaname yang ada di Kabupaten Pasuruan, menggunakan kamera *smartphone* dengan total 30 variasi gambar yang memiliki jumlah dan ukuran udang yang berbeda-beda. Berikut merupakan salah satu contoh sampel citra udang, dapat dilihat pada gambar 3.



**Gambar 3.** Hasil pengambilan citra udang

#### 3.2. Preprocessing

Tahap *preprocessing* pada penelitian ini terdiri dari pengaturan ulang ukuran citra (*resizing*), konversi citra dari format RGB ke *grayscale*, dan pemisahan latar belakang dan objek menggunakan *thresholding*. Citra pertama kali mengalami operasi pengaturan ulang skala ke skala resolusi tetap yang lebih kecil sesuai yang kita inginkan. Tahap terakhir dari *preprocessing* pada sistem ini adalah proses pemisahan latar belakang dan objek menggunakan *thresholding*. Teknik *thresholding* melakukan pengembangan atau segmentasi menjadi dua wilayah dengan mengatur jumlah derajat keabuan yang ada pada citra. Dengan teknik ini, pemisahan objek dengan latar belakang dapat dilakukan. Pada gambar 4 citra udang sudah mengalami operasi pengaturan ulang skala ukuran yang lebih kecil yaitu 416 x 416 piksel. Citra RGB kemudian di konversikan ke *grayscale*.



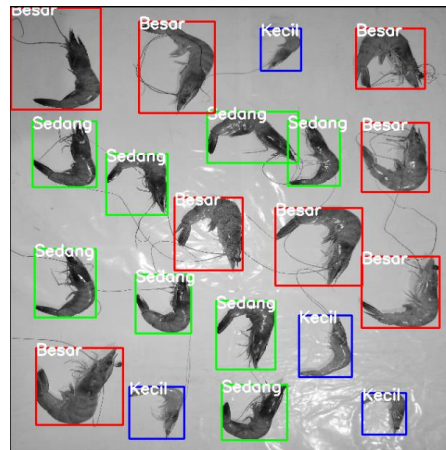
**Gambar 4.** Hasil konversi udang *grayscale*

### **3.3. Deteksi dan Identifikasi Objek**

Untuk mendeteksi object pada penelitian ini menggunakan *Binary Large Object (BLOB)* untuk menganalisis objek secara akurat dan spesifik dan menjadikan gambar dalam bentuk biner dan Metode *Connected Component Labeling (CCL)* menggunakan *4-connectivity* untuk mengidentifikasi dan memberi label pada setiap komponen terhubung atau objek yang ada dalam citra biner. Tujuan utama dari metode ini adalah untuk mengelompokkan piksel-piksel yang saling terhubung dan memberikan informasi dari objek tersebut seperti posisi tinggi, lebar dan luas area dari objek dalam bentuk biner yang disimpan dalam sebuah *array*. sehingga mempermudah proses klasterisasi terhadap struktur dan ukuran objek dalam citra.

### **3.4. Klasterisasi**

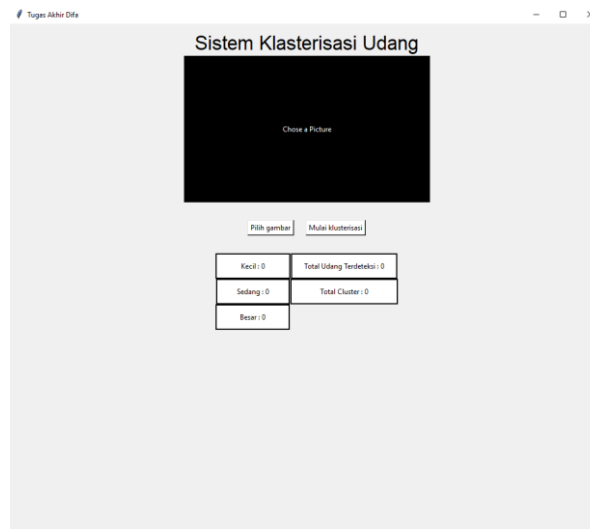
Tahapan klasterisasi melibatkan penggunaan metode *K-means clustering* setelah identifikasi objek menggunakan *Binary Large Object (BLOB)* dan *Connected Component Labeling (CCL)*. *K-means clustering* merupakan pendekatan dasar dalam klasterisasi yang memisahkan nilai-nilai dengan ciri-ciri serupa ke dalam kelompok yang berbeda, ditentukan oleh nilai *K* yang menandakan jumlah kelompok yang diinginkan. Pada penelitian ini, *K* memiliki nilai 3. Setelah tahap identifikasi objek, langkah selanjutnya adalah pelatihan (*fitting*) menggunakan metode *K-means*, di mana algoritma belajar mengelompokkan data berdasarkan kemiripan atributnya. Dalam konteks ini, istilah "*fitting*" mengacu pada pembelajaran algoritma untuk mengelompokkan data secara berdasarkan atributnya. Dari total 30 citra, 20 citra (66%) digunakan untuk pelatihan, sementara 10 citra (33%) digunakan untuk pengujian model. Pembagian ini diperoleh melalui pendekatan percobaan dan penyesuaian manual guna mencapai hasil yang optimal. Pada gambar 5 merupakan salah satu citra udang testing sudah diklasterisasi. Dari gambar tersebut menunjukkan bahwa terdapat 3 klaster yang dinyatakan dengan pengkotakkan yang terbagi menjadi 3 warna yaitu kotak berwarna merah menunjukkan klaster udang berukuran besar, kotak berwarna hijau menunjukkan klaster udang berukuran sedang, dan kotak berwarna biru untuk menunjukkan klaster udang berukuran kecil.



**Gambar 5.** Hasil klusterisasi k-means

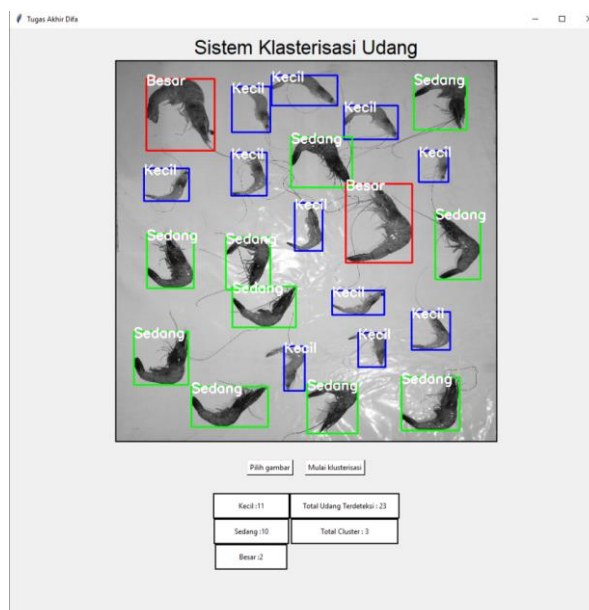
### 3.5. Implementasi GUI

Tkinter adalah alat yang digunakan untuk menghubungkan grafis pada bahasa pemrograman *Python*. *Tkinter* merupakan salah satu *library* yang paling sering digunakan untuk mengembangkan atau merancang GUI (*Graphical User Interface*). Dengan *Tkinter* ini penulis berhasil merancang antarmuka sesuai dengan rancangan aplikasi sistem klusterisasi udang berdasarkan ukuran sesuai yang diinginkan. Pada gambar 6 merupakan tampilan utama dari GUI *Tkinter* yang sudah dirancang untuk menampilkan *output* dari sistem klusterisasi udang berdasarkan ukurannya.



**Gambar 6** Tampilan utama GUI *Tkinter*

Pada gambar 7 merupakan tampilan setelah citra udang diinput dan melewati proses klusterisasi. Pada gambar tersebut terdapat informasi total udang terdeteksi, total cluster, jumlah udang berukuran kecil, sedang, dan besar sesuai hasil dari sistem.



**Gambar 7** Tampilan setelah citra udang diklasterisasi

### 3.6. Pengujian Sistem

Pada tabel 1 sistem diuji berdasarkan total udang yang terdeteksi oleh sistem dengan total udang berdasarkan pengamatan dengan total percobaan 10 kali. 8 percobaan sesuai dengan hasil pengamatan dan 2 percobaan tidak sesuai dengan hasil pengamatan yaitu percobaan ke 9 dan 10 dikarenakan adanya bayangan yang terdeteksi sebagai objek udang.

**Tabel 1.** Hasil pengujian total jumlah udang

Percobaan	Total udang terdeteksi oleh sistem	Total udang berdasarkan pengamatan	Hasil Pengamatan
1	20	20	Sesuai
2	23	23	Sesuai
3	23	23	Sesuai
4	23	23	Sesuai
5	21	21	Sesuai
6	23	23	Sesuai
7	20	20	Sesuai
8	23	23	Sesuai
9	22	21	Tidak Sesuai
10	23	21	Tidak Sesuai

Pada tabel 2 merupakan hasil pengujian kualitas dari hasil klusterisasi menggunakan *silhouette coefficient* dari semua percobaan.

**Tabel 2.** Hasil pengukuran kualitas *k-means* klusterisasi

Percobaan	Jumlah klaster	<i>Silhouette coefficient</i>
1	3	0.990
2	3	0.987
3	3	0.985
4	3	0.985
5	3	0.986
6	3	0.987
7	3	0.990
8	3	0.987
9	3	0.989
10	3	0.987
Rata Rata <i>Silhouette coefficient</i>		0.987

Nilai rata - rata *silhouette coefficient* sebesar 0.987 adalah nilai yang sangat tinggi, hampir mendekati 1. Ini mengindikasikan bahwa klustering yang dihasilkan memiliki kualitas yang sangat baik dan menunjukkan bahwa klustering tersebut sangat baik dalam memisahkan objek-objek sesuai dengan klasternya masing-masing. objek-objek dalam klaster memiliki jarak rata-rata yang lebih dekat dengan objek-objek dalam klaster yang sama daripada dengan klaster lainnya.

### 3.7. Hasil Analisa Sistem

Berdasarkan sistem klusterisasi udang berdasarkan ukurannya yang sudah dibuat, didapatkan hasil sistem yang dapat mendeteksi dan mengklusterisasi udang berdasarkan ukurannya yang terbagi menjadi 3 klaster yaitu kecil, sedang, dan besar. Dilakukan pengujian terhadap sistem dengan total percobaan 10 kali dengan cara membandingkan hasil dari sistem dengan hasil dari pengamatan. Adanya beberapa percobaan yang tidak sesuai dengan pengamatan dikarenakan kualitas citra gambar yang kurang sempurna seperti adanya bayangan pada citra gambar menyebabkan terjadinya kesalahan sistem dalam pendeteksian objek dan juga faktor pencahayaan dapat mempengaruhi kualitas dan analisis citra. Pencahayaan yang terlalu rendah dapat mengakibatkan citra menjadi gelap dan sulit dianalisis, sedangkan pencahayaan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan citra terlalu terang dan kehilangan detail dari objek. Cahaya yang merata pada seluruh area citra dapat membantu dalam analisis yang konsisten. Ketidakmerataan cahaya dapat menyebabkan bagian citra menjadi terlalu terang atau terlalu gelap dapat mempersulit analisis yang menyebabkan luas bounding udang yang terdeteksi tidak sesuai dengan luas objeknya. Serta jarak antar objek juga dapat mempengaruhi hasil dari sistem jika jarak antar objek berdempetan atau bertumpukkan maka hasil dari sistem tidak sesuai dengan hasil pengamatan dikarenakan sistem tidak dapat mendeteksi objek yang berdempetan dan bertumpukkan.



#### **4. Hasil Kesimpulan (Conclusion)**

Berdasarkan dari hasil pembahasan analisis sistem yang ada pada penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa penulis berhasil Merancang sistem yang dapat mendeteksi objek udang vaname menggunakan metode *Binary Large Object* dan mengidentifikasi udang vaname menggunakan metode *Connected Component Labeling* serta meng klusterisasi udang vaname berdasarkan ukurannya menggunakan algoritma *K-means* serta dapat menghitung udang vaname berdasarkan klas ukurannya dan juga total keseluruhan udang vaname pada gambar citra dengan menerapkan GUI *Tkinter* sebagai *outputnya*. Dari 10 percobaan pengujian sistem keseluruhan didapatkan nilai rata - rata *silhouette coefficient* sebesar 0.987.

#### **Ucapan Terima Kasih (Acknowledgement)**

Penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada dosen pembimbing yang telah memberikan ilmu, bimbingan, saran serta waktunya dalam penyelesaian penelitian ini.

#### **Daftar Pustaka**

- [1] Wanda Aprilia Pangemanan, Irma Surya Kumala Idris. (2022) Identifikasi Kualitas Udang Segar Menggunakan Metode Gray Level Co-Occurance Matrix dan Artificial Neural Network. Jurnal Banthayo Lo Komputer Vol.1,No. 2.
- [2] Ulum, M., Aji Wibisono, K., Haryanto, H., Alfita, R., & Kurniawan Saputra, A. (2022). Design and build a Vaname shrimp sorting system based on image processing. JEEE-U (Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA), 6(2), 143–152.
- [3] Priadana, A., & Murdiyanto, A. W. (2020). Shrimps clusterization by size using digital image processing with CCA and DBSCAN. Jurnal Teknologi Dan Sistem Komputer, 8(2), 106–112. <https://doi.org/10.14710/jtsiskom.8.2.2020.106-112>
- [4] Kukuh Yudhistiro (2017). MENGHITUNG OBYEK 2D MENGGUNAKAN CONNECTED COMPONENT LABELING. Jurnal fakultas teknologi informasi-UNMER Malang
- [5] Arsy, L., Nurhayati, O. D., & Martono, K. T. (2016). APLIKASI Pengolahan Citra Digital Meat Detection Dengan metode segmentasi K-means clustering berbasis opencv Dan Eclipse. Jurnal Teknologi Dan Sistem Komputer, 4(2), 322. <https://doi.org/10.14710/jtsiskom.4.2.2016.322-332>
- [6] A.Amirul Asnan Cirua., Wawan Firgiawan., & Sugiarto Cokrowibowo. (2021). Penghitungan Jumlah Telur pada Kandang Ayam Petelur menggunakan Connected Component Labeling dengan Peningkatan Kecerahan Citra. Jurnal Konferensi Nasional Ilmu Komputer (KONIK)
- [7] Siska Armalivia. (2021). PENGHITUNGAN OTOMATIS LARVA UDANG MENGGUNAKAN METODE YOLO. fakultas teknik elektro Universitas Hasanuddin
- [8] Vannamei prawn. Fish Market. (n.d.). Retrieved December 2022, from <https://fishmarket.ge/en/vanamei-prawn>
- [9] Zaimatul Firdaus. (2018) PENERAPAN METODE CONNECTED COMPONENT LABELLING (CCL) UNTUK PENGUKURAN DIMENSI LUBANG JALAN ASPAL BERBASIS CITRA DIGITAL. Fakultas Matematika, Komputasi Dan Sains Data Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- [10] Inforbes Admin (2022, April 11). Deteksi Jumlah Objek Dengan metode connected component labelling. Inforbes.com. <https://www.inforbes.com/2017/06/deteksi-jumlah-objek-dengan-metode.html>
- [11] Ahmad Houlan Dalimunthe. (2020). Segmentasi Citra MRI dengan Menggunakan Metode BLOB. RESOLUSI (Journal Rekayasa Teknik Informatika dan Informasi). Vol 1, No 2. <https://djournals.com/resolusi>
- [12] Ade Pratama, E. F., Khairil, K., & Jumadi, J. (2022). Implementasi metode k-means clustering pada Segmentasi citra digital. JURNAL MEDIA INFOTAMA, 18(2), 291–301. <https://doi.org/10.37676/jmi.v18i2.2899>

- [13] Agus Nur Khomarudin. (2018). Teknik data mining: Algoritma K-means clustering - ilmukomputer. Ilmu Komputer. <https://ilmukomputer.org/wp-content/uploads/2018/05/agus-k-means-clustering.pdf>
- [14] Akbar, Muhammad Guntur, et al. (2023). "Implementation Of The Inter Tk Package, Sub-Process And Os In The Network Management Application Development With Python Programming Language." *Jurnal Komputer, Informasi dan Teknologi (JKOMITEK)* 3.1 : 187-196.
- [15] Paembonan, S., & Abduh, H. (2021). Penerapan metode silhouette coefficient untuk Evaluasi Clustering Obat. *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 6(2), 48. [https://doi.org/10.51557/pt\\_jiit.v6i2.659](https://doi.org/10.51557/pt_jiit.v6i2.659)