



Pengelompokan Petak Tambak Udang Vaname Berdasarkan Parameter Produksi Hasil Panen Menggunakan Algoritma K-Means Clustering

Hafid Darmawan¹, Agung Nilogiri², Qurotta A'yun³

^{1,2,3}Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

E-mail: hafidz.darmawan77@gmail.com¹, agungnilogiri@unmuhjember.ac.id², qurrota.ayun@unmuhjember.ac.id³

Article Info

Article history:

Received November 29, 2025

Revised November 30, 2025

Accepted Desember 08, 2025

Keywords:

Vaname Shrimp, K-Means Algorithm, Clustering, Elbow Method, Pond Productivity

ABSTRACT

Vannam shrimp cultivation in Indonesia has promising prospects because it has advantages such as fast growth, a relatively short maintenance period and high global market demand. However, in the practice of vaname shrimp cultivation, it is not free from various challenges that are quite complex due to the many variables or production attributes that influence the harvest results between each pond plot. Therefore, this study aims to group pond plots based on production parameters that affect harvest yields using the K-Means Algorithm by determining the optimal number of clusters using the Elbow Method. This research was conducted using data from 38 Bumi Subur 2 Ltd pond plots. The research results showed that the optimal cluster showed 4 clusters from experiments 2-10. The clustering process was carried out using nine production-related attributes, including shrimp age at harvest, pond area, stocking density, feed quantity, harvest weight, final population, shrimp size, and FCR. The final clusters show that Cluster 1 (6 ponds) represents high-performance units, Cluster 2 (16 ponds) demonstrates moderate performance with considerable variation, Cluster 3 (11 ponds) reflects good performance despite smaller pond sizes, and Cluster 4 (5 ponds) represents the lowest performance group. Overall, the findings demonstrate that the K-Means algorithm can effectively categorize pond performance and can be used as a data-driven reference to support productivity improvement efforts at Bumi Subur 2 Ltd.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Article Info

Article history:

Received November 29, 2025

Revised November 30, 2025

Accepted Desember 08, 2025

ABSTRACT

Budidaya udang vaname di Indonesia memiliki prospek yang menjanjikan karena memiliki kelebihan seperti pertumbuhan yang cepat, masa pemeliharaan yang relatif singkat dan tingginya permintaan pasar global. Namun demikian, dalam praktik budidaya

**Kata Kunci:**

Udang Vaname, Algoritma K-Means, Clustering, Elbow Method, Produktivitas Tambak

udang vaname tidak terlepas dari berbagai tantangan yang cukup kompleks akibat banyaknya variabel atau atribut produksi yang memengaruhi hasil panen antar tiap petak tambak. Maka penelitian ini bertujuan mengelompokkan petak tambak berdasarkan parameter produksi yang memengaruhi hasil panen menggunakan *Algoritma K-Means* dengan menentukan jumlah *cluster* optimal menggunakan *Elbow Method*. Penelitian ini dilakukan menggunakan data 38 petak tambak PT bumi subur 2. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa *cluster* optimal menunjukkan 4 *cluster* dari percobaan 2-10. Pengelompokkan dilakukan dengan 9 atribut yang dipakai sebagai parameter produksi meliputi dari seperti umur udang saat dipanen, luas petak, kepadatan tebar, pakan yang diberikan, hasil panen, populasi akhir, *size* udang dan *FCR*. Hasil pengelompokan menunjukkan bahwa *Cluster 1* (6 petak) merupakan kelompok berperforma tinggi, *Cluster 2* (16 petak) memiliki performa sedang dengan variasi atribut yang cukup besar, *Cluster 3* (11 petak) menunjukkan performa baik meskipun luas petaknya kecil, dan *Cluster 4* (5 petak) memiliki performa paling rendah. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Algoritma *K-Means* dapat mengelompokkan performa petak tambak secara efektif dan dapat dijadikan acuan peningkatan produktivitas budidaya di PT Bumi Subur 2.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.

**Corresponding Author:**

Hafid Darmawan
Universitas Muhammadiyah Jember
Email: hafidz.darmawan77@gmail.com

PENDAHULUAN

Udang vaname yang dibudidayakan di Indonesia memiliki potensi daya tarik keuntungan yang menjanjikan dikarenakan memiliki kelebihan seperti pertumbuhan yang cepat, masa pemeliharaan yang singkat, pemberian pakan yang relatif mudah dan tinggi-nya permintaan pasar global yang terus meningkat (Muchtar dkk., 2021). Meskipun prospeknya cukup cerah, praktik budidaya udang vaname tidak terlepas dari berbagai tantangan yang cukup kompleks. Proses budidaya sangat bergantung pada banyak variabel yang saling berpengaruh, seperti umur udang saat dipanen, awal jumlah tebar benur udang, luas kolam, kepadatan benur, jumlah dan jenis pakan, kualitas air, dan manajemen kesehatan udang (Inayah dkk., 2023). Semua variabel tersebut akan berdampak langsung terhadap hasil panen, baik dari segi hasil panen/tonase, *feed conversion ratio (FCR)*, *size* udang yakni jumlah udang dalam 1 Kg.

Dalam praktiknya, tidak jarang ditemukan bahwa hasil panen antar petak tambak berbeda-beda meskipun berada dalam satu lokasi dan dikelola dengan standar yang hampir sama. Hal tersebut terjadi di lokasi penelitian ini, yaitu di PT Bumi Subur 2 yang berlokasi di Desa Wotgalih, Kecamatan Yosowilangun, Kabupaten Lumajang, Provinsi Jawa Timur. PT Bumi Subur 2 merupakan salah satu perusahaan budidaya udang vaname dengan skala industri yang mengelola 39 petak tambak yang dimana 38 petak digunakan untuk budidaya udang



vaname sedangkan 1 petak sisanya digunakan untuk pengolahan limbah tambak. Perbedaan performa panen antar petak tambak ini menjadi masalah khusus yang penting untuk dianalisis lebih dalam. Jika tidak dilakukan evaluasi berbasis data, perusahaan akan kesulitan dalam menentukan langkah perbaikan yang tepat untuk masing-masing petak.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka dalam penelitian ini menggunakan algoritma *K-Means Clustering*, yang merupakan salah satu metode pengelompokan atau *clustering* paling populer karena keunggulannya dalam menangani data berukuran besar serta efisiensinya dalam proses komputasi yang relatif cepat berdasarkan (Ulfah Siregar, 2022). Untuk menentukan jumlah *cluster* terbaik, menggunakan *Elbow Method* sebagai teknik bantu, dan metode evaluasi hasil *clustering* dan kualitas pemisahan antar kelompok. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Tuwindar dkk., 2023) yang berjudul “*Marketing Segmentation Analysis of Vannamei Shrimp (Litopenaeus vannamei) at PT Suri Tani Pemuka Anyer Serang Banten*”, algoritma *K-Means* efektif digunakan untuk mengelompokkan data produktivitas udang dan data pelanggan, sehingga memudahkan dalam menentukan strategi pemasaran. Sementara itu, penelitian oleh (Sumardi & Tahcfullloh, 2022) yang berjudul “*Metode K-Means Clustering dan Morfologi Berbasis Computer Vision dan Analisis Regresi untuk Aplikasi Sistem Grading Udang Vaname*” menunjukkan bahwa algoritma *K-Means* juga dapat digunakan untuk mengelompokkan kualitas udang berdasarkan ciri morfologi dan produktivitas sebagai dasar sistem grading hasil panen.

Kedua penelitian tersebut membuktikan bahwa algoritma *K-Means* tidak hanya dapat digunakan untuk kebutuhan pemasaran, tetapi juga untuk menilai kualitas produksi secara objektif. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, penulis memilih algoritma *K-Means* karena metode ini mampu mengelompokkan data numerik dalam skala besar secara efisien dan akurat. *K-Means* juga cocok digunakan untuk data yang memiliki banyak variabel kuantitatif, seperti data panen udang di PT Bumi Subur 2. Dengan melakukan pengelompokan petak tambak berdasarkan performa panen, perusahaan dapat mengetahui petak mana yang berkinerja tinggi, sedang, atau rendah, sehingga dapat merancang strategi perbaikan yang lebih tepat sasaran.

Untuk parameter produksi yang digunakan untuk mengelompokkan petak tambak yang terdiri dari 38 data siklus panen 22 Juli 2024 sampai dengan 13 Oktober 2024 meliputi: umur udang saat dipanen (hari), luas kolam (m^2), kepadatan tebar (ekor), pakan yang diberikan (kg), hasil panen/tonase (kg), populasi akhir, *size* udang/jumlah udang dalam 1Kg (ekor) dan *FCR* (*Feed Conversion Ratio*). Algoritma yang dipakai untuk melakukan pengelompokan adalah *K-Means clustering* dengan metode *Elbow Method* untuk menentukan *cluster* optimal dengan skenario *cluster* 2 sampai 10 untuk menentukan *cluster* terbaik.

KAJIAN TEORITIS

A. Udang Vaname

Udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) merupakan spesies asal pesisir Pasifik, mulai dari Meksiko hingga Amerika Tengah dan Selatan. Udang ini dikenal memiliki ketahanan terhadap penyakit dan produktivitas yang tinggi. Perkembangan budidayanya di Indonesia mencakup pengelolaan tambak dan sistem pemeliharaan, hingga aspek produksi dan ekonomi yang mendukung posisinya sebagai komoditas utama perikanan budidaya. (Supono & Rivaie 2025).



B. Data Mining

Data mining pada dasarnya merupakan suatu proses untuk menggali informasi tersembunyi dari sebuah basis data yang sebelumnya tidak diketahui. Dengan kata lain, data mining membantu mengubah data mentah menjadi informasi yang dapat digunakan untuk pengambilan keputusan. Berdasarkan (Mai dkk 2022).

C. Clustering

Menurut Winarta & Kurniawan (2021). *Clustering* adalah metode yang digunakan untuk mengelompokkan data ke dalam beberapa kelompok atau *cluster*. Proses ini dilakukan dengan membagi data berdasarkan tingkat kemiripan, di mana data dalam satu *cluster* memiliki kesamaan yang tinggi, sedangkan data antar *cluster* memiliki perbedaan yang jelas.

D. Algoritma K-Means

Menurut (Musharyadi dkk., 2017) *K-Means* adalah algoritma *clustering* non-hirarki yang berfungsi untuk membagi data ke dalam beberapa kelompok (*cluster*) berdasarkan kesamaan karakteristik. Data yang mirip akan dikelompokkan dalam satu *cluster*, sedangkan data yang berbeda akan ditempatkan di *cluster* lain. Algoritma ini bekerja dengan metode partisi dan melakukan proses iterasi berulang hingga mencapai hasil akhir, yaitu pembagian *cluster* yang dianggap paling optimal. Untuk perhitungan algoritma *K-Means* menurut Winarta & Kurniawan (2021). dibagi menjadi beberapa tahapan yang akan dijelaskan sebagai berikut ini :

1. Menentukan jumlah *cluster*

Langkah awal yaitu menentukan berapa banyak *cluster* (k) yang ingin dibentuk dari data yang ada.

2. Menentukan titik pusat (*centroid*) awal secara acak

Setelah k ditentukan, pilih titik pusat (*centroid*) awal secara acak sebanyak k buah. Untuk menghitung posisi *centroid* ke- i selanjutnya, menggunakan rumus berdasarkan Winarta & Kurniawan (2021) berikut dibawah ini :

$$v = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1)$$

Rumus 2.1 Menentukan Centroid Baru

Di mana:

- v = posisi *centroid*
- x_i = objek ke- i dalam *cluster*
- n = jumlah objek dalam *cluster*

3. Menghitung jarak setiap objek ke *centroid* masing-masing *cluster*

Jarak antara tiap objek dengan centroid dapat dihitung menggunakan rumus *Euclidean Distance* berdasarkan Winarta & Kurniawan (2021) sebagai berikut:



$$d(x, y) = \|x - y\| = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (2)$$

Rumus 2.2 Menentukan Jarak Terdekat (*Euclidean Distance*)

Di mana:

- x_i = nilai atribut dari objek ke- i
- y_i = nilai atribut dari *centroid* ke- i
- n = jumlah atribut data

4. Mengelompokkan objek berdasarkan jarak terdekat

Setiap objek akan dialokasikan ke dalam *cluster* yang memiliki *centroid* terdekat dengannya.

5. Menghitung ulang posisi *centroid*

Setelah pengelompokan, hitung kembali posisi *centroid* menggunakan rumus rata-rata seperti pada langkah 2.

6. Mengulangi proses hingga *centroid* tidak berubah

Ulangi proses penghitungan jarak dan pembaruan *centroid* hingga posisi *centroid* stabil atau tidak berubah lagi.

E. Elbow Method

Elbow Method adalah teknik yang digunakan untuk menentukan jumlah *cluster* yang optimal. Caranya dengan melihat grafik hubungan antara jumlah *cluster* (k) dan nilai error. Titik siku pada grafik menunjukkan jumlah *cluster* terbaik. Dalam metode ini, hasil pengelompokan dari algoritma *K-Means* dievaluasi menggunakan nilai *SSE* (*Sum of Square Error*). *SSE* digunakan untuk mengukur seberapa besar selisih antara data asli dengan model yang telah diperkirakan sebelumnya menurut (Winarta & Kurniawan 2021).

Untuk menghitung nilai *SSE* (*Sum of Square Error*), dapat menggunakan rumus berdasarkan menurut (Winarta & Kurniawan 2021) dibawah sebagai berikut:

$$SSE = \sum_{k=1}^k \sum_{x_i \in S_k} \|x_i - y_k\|^2 \quad (3)$$

Rumus 2.3 Menghitung Nilai SSE (*Sum of Square Error*)

Penjelasan rumus di atas:

- k = Merupakan jumlah *cluster* yang terbentuk.
- S_k = Menunjukkan himpunan data atau objek yang termasuk dalam *cluster* ke- k
- x_i = Merupakan setiap data individu yang berada dalam *cluster*- i .
- y_k = Adalah pusat atau *centroid* dari *cluster* ke- k .



- $\|x_i - x_i\|^2$ = Menghitung jarak (dalam bentuk kuadrat) antara data x_i dan centroid y_k

F. Python

Menurut Romzi & Kurniawan (2020). *Python* merupakan salah satu bahasa pemrograman yang saat ini sangat populer dan banyak digunakan oleh perusahaan besar maupun para developer untuk mengembangkan berbagai jenis aplikasi, baik berbasis *desktop*, *web*, maupun *mobile*. Hal tersebut tidak lepas dari keunggulan *Python* yang memiliki sintaks yang sederhana, ringkas, mudah dibaca, serta didukung oleh pustaka yang sangat lengkap.

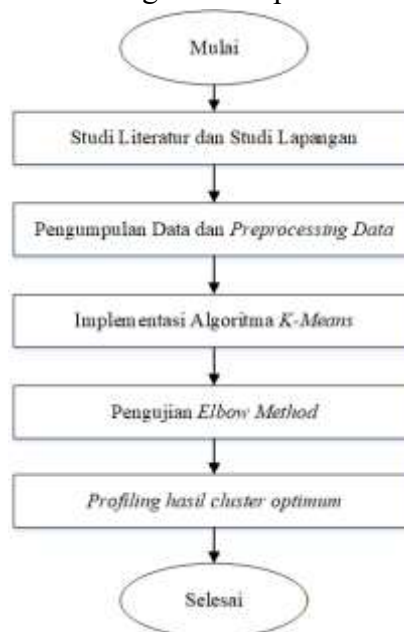
METODE PENELITIAN

A. Tahapan Penelitian

Metodologi yang dilakukan dalam penelitian ini terdiri dari studi literatur dan studi lapangan, pengumpulan data, *preprocessing data*, implementasi algoritma *K-Means*, kemudian melakukan pengujian dengan *Elbow Method* untuk mencari *cluster* optimum. Setelah melakukan pengujian dengan *Elbow Method* selanjutnya melakukan *profiling cluster* untuk mengetahui karakteristik data didalam *cluster* yang terbentuk.

B. Diagram Alur Penelitian

Berdasarkan tahapan penelitian yang sudah dijelaskan diatas maka tahapan penelitian dapat digambarkan dalam diagram alur penelitian berikut.



Gambar 3. Alur Penelitian

C. Studi Literatur dan Studi Lapangan

Studi literatur dilakukan dengan mencari informasi dan metode yang sesuai data dari hasil panen budidaya udang vaname dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, dan penelitian terdahulu di internet. Sementara itu, kegiatan studi lapangan dilakukan dengan cara observasi langsung di Tambak Bumi Subur 2 untuk memperoleh data hasil panen budidaya udang vaname.

D. Pengumpulan Data



Pada Penelitian ini dataset yang digunakan adalah data panen yang dipakai terdiri dari 38 petak tambak tepatnya pada Periode Siklus : 22 Juli 2024 sampai dengan 13 Oktober 2024. Data tersebut terdiri dari berbagai macam atribut yakni umur udang saat dipanen (hari), luas petak tambak (m^2), jumlah tebar benur (ekor), jumlah pakan yang diberikan (kg), tonase panen/hasil panen (kg), populasi akhir udang dari benur sampai saat dipanen (ekor), *size* udang/ jumlah udang dalam 1 Kg (ekor), *FCR* (*Feed Conversion Ratio*), *Molting*, *US* (*undersize*), asal benur, *Survival Rate* (*SR*), total penjualan, dan pembeli.

E. Preprocessing Data

Preprocessing data didalam penelitian ini terdiri dari dua tahapan yakni pemilihan data dan normalisasi data. Tahapan pertama adalah tahapan memilih atribut penting yang berpengaruh terhadap hasil panen yang nantinya akan dijadikan parameter produksi. Setelah melakukan pemilihan data maka atribut yang dipilih terdiri dari umur udang saat dipanen (hari), luas petak tambak (m^2), jumlah tebar benur (ekor), jumlah pakan yang diberikan (kg), tonase panen/hasil panen (kg), populasi akhir udang dari benur sampai saat dipanen (ekor), *size* udang/ jumlah udang dalam 1 Kg (ekor), dan *FCR* (*Feed Conversion Ratio*). Pada tahapan normalisasi data dilakukan dengan menggunakan metode *Min-Max Normalization*, di mana setiap nilai atribut akan diubah ke dalam rentang skala 0 hingga 100 yang bertujuan untuk menyamakan skala atau rentang nilai dari setiap atribut atau variabel yang digunakan dalam penelitian. Metode ini dipilih karena mampu mempertahankan distribusi asli data sekaligus menyederhanakan perbandingan antar nilai. Untuk langkah-langkahnya akan dijelaskan dengan rumus berdasarkan (Permana & Selisa., 2022) yang dituliskan di bawah ini sebagai berikut:

$$X_{normalize} = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (3)$$

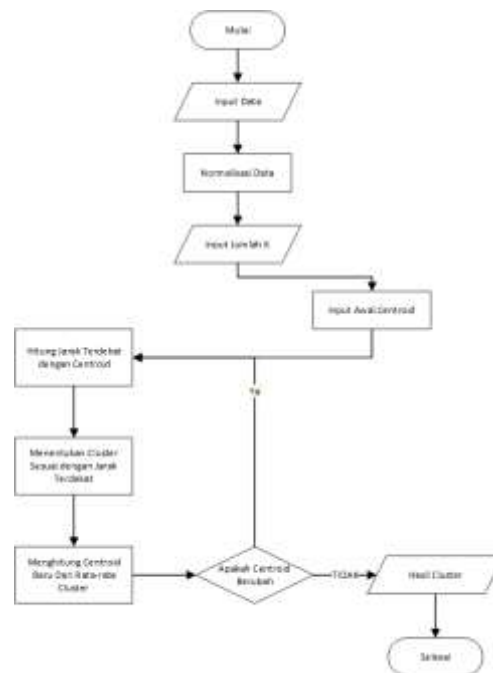
Rumus 3.1 Normalisasi Data

Dimana:

- X adalah nilai asli dari data pada suatu atribut
- X_{min} adalah nilai minimum dari atribut tersebut
- X_{max} adalah nilai maksimum dari atribut tersebut.

F. Implementasi Algoritma *K-Means*

Data yang sudah dinormalisasi selanjutnya akan di proses melalui perhitungan algoritma *K-Means Clustering* dengan data sebanyak 38 dan 9 atribut data yang cara kerjanya adalah menentukan titik pusat awal (*centroid*) secara acak sesuai dengan jumlah *cluster* yang diinginkan. Untuk tahapan proses perhitungan algoritma *K-Means Clustering* akan digambarkan dalam bentuk *flowchart* dibawah ini.



Gambar 3. flowchart Algoritma K-Means

G. Pengujian Elbow Method

Elbow Method adalah metode yang digunakan untuk menentukan nilai k atau *cluster* optimum. Dalam penelitian ini digunakan $k = 2$ sampai 10. Untuk pelaksanaan *Elbow Method* adalah sebagai berikut.

1. Pertama, proses diawali dengan menentukan jumlah *cluster* awal, yaitu mulai dari 2 *cluster* sebagai nilai minimum yang diuji. Setelah itu, jumlah *cluster* ditingkatkan secara bertahap hingga mencapai batas maksimum yang telah ditentukan, yaitu 5 *cluster*.
2. Pada setiap percobaan jumlah *cluster* tersebut, dilakukan perhitungan nilai *SSE*, yaitu total jarak kuadrat antara setiap data dengan centroid *cluster* yang menaunginya. Nilai *SSE* ini menjadi acuan untuk menilai seberapa baik data dikelompokkan. Dengan rumus dibawah ini

$$SSE = \sum_{k=1}^k \sum_{xi \in S_k} \|x_i - y_k\|^2$$

3. Selanjutnya, proses perhitungan *SSE* dilakukan hingga seluruh skenario jumlah *cluster* selesai diuji. Nilai *SSE* yang dihasilkan kemudian diamati untuk melihat titik perubahan penurunan yang paling menonjol. Biasanya, penurunan *SSE* pada awal percobaan cukup tajam, namun pada jumlah *cluster* tertentu penurunan akan mulai melandai. Titik perubahan inilah yang menjadi dasar penentuan jumlah *cluster* optimum.
4. Tahap terakhir adalah memilih nilai k yang membentuk pola mirip siku pada grafik, karena titik tersebut menandai jumlah *cluster* yang paling efisien digunakan dalam proses pengelompokan. Nilai *cluster* yang berada pada titik siku tersebut dianggap sebagai jumlah *cluster* optimal dalam analisis *K-Means*.



H. Profiling Hasil Cluster Optimum

Setelah proses menentukan *cluster* optimum dengan *Elbow Method* dan mengelompokkan hasil *cluster* menggunakan algoritma *K-Means* adalah melakukan *profiling cluster*. *Profiling* ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari setiap *cluster* berdasarkan nilai *centroid* atau rata-rata atribut yang membentuk kelompok tersebut. Pendekatan serupa dilakukan pada penelitian *Heart Disease Clustering Modeling Using a Combination of the K-Means Clustering Algorithm and the Elbow Method* (Wala dkk., 2024), di mana peneliti menetapkan jumlah *cluster* optimal menggunakan *Elbow Method*, kemudian melakukan analisis mendalam terhadap atribut pada masing-masing *cluster* untuk membedakan kelompok risiko tinggi dan rendah. Penerapan metode yang sama pada penelitian ini memungkinkan karakteristik setiap *cluster* petak tambak dapat dianalisis secara objektif dan sistematis. Melalui pendekatan tersebut, hasil *clustering* pada penelitian budidaya udang ini kemudian dianalisis berdasarkan nilai *centroid* akhir setiap atribut. Nilai-nilai pada atribut tersebut memudahkan peneliti untuk mengidentifikasi kelompok petak dengan performa tinggi, sedang, dan rendah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Pengujian

Pada penelitian ini menggunakan data siklus panen 22 Juli 2024 sampai dengan 13 Oktober 2024. Data tersebut terdiri 38 petak tambak beserta beberapa atribut lainnya. Namun atribut data yang akan diolah dalam penelitian ini yakni 9 atribut dari setiap petak tambak dengan total 38 petak tambak secara keseluruhan. Adapun 9 atribut tersebut terdiri dari : umur udang saat dipanen (hari), luas kolam (m^2), kepadatan tebar (ekor), pakan yang diberikan (kg), hasil panen/tonase (kg), populasi akhir, *size* udang/jumlah udang dalam 1Kg (ekor) dan *FCR* (*Feed Conversion Ratio*). Atribut tersebut akan dijadikan parameter produksi untuk mengelompokkan petak tambak tersebut.

B. Pengujian Data

pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan algoritma *K-Means Clustering* sebagai metode utama untuk mengelompokkan 38 petak tambak berdasarkan sembilan parameter produksi. Dengan skenario pengujian 2 sampai 10 *cluster*. Sebelum proses *clustering* dijalankan, data terlebih dahulu dinormalisasi menggunakan *Min-Max Normalization* agar setiap atribut berada dalam skala yang sama dan tidak memengaruhi perhitungan jarak. Penentuan jumlah *cluster* optimal dilakukan melalui *Elbow Method*, yang dianalisis menggunakan grafik perubahan nilai *SSE/WCSS* pada setiap percobaan jumlah *cluster*. Seluruh proses pengujian ini diimplementasikan dengan bantuan bahasa pemrograman Python menggunakan beberapa pustaka, seperti Pandas untuk pengolahan data, NumPy untuk operasi numerik, Scikit-Learn untuk menjalankan algoritma *K-Means* dan menghitung nilai *SSE*, serta Matplotlib untuk memvisualisasikan grafik *Elbow*. Hasil akhir pengujian diintegrasikan ke dalam *website* menggunakan Streamlit.



PTK	UMUR	LUAS (M2)	TEBAR (EKG)	PAKAN (KG)	TONASE (KG)	POPULASI	RATA2 SZ	FCR
1	70	3825	195300	8229	6147	290681.1	47.283	1.3387
2	43	4450	271890	3733	3527	345646	98	1.0584
3	51	4539	232000	5553	2926	276507	94.5	1.8978
4	53	4539	232000	5671	3832.5	290503.5	75.8	1.4797
5	50	4806	249750	5530	4752.5	350794.5	81.08	1.2782

Gambar 4. Data Hasil Panen pertama dari 38 Data Hasil Panen

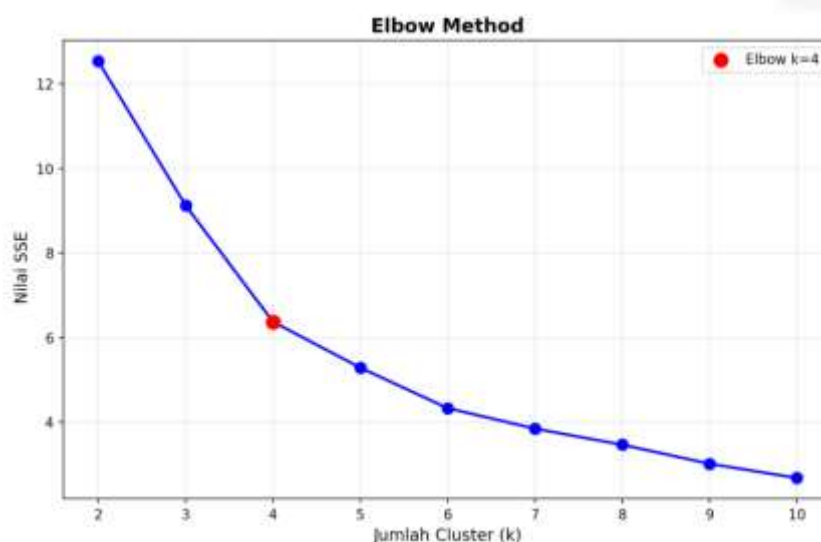
C. Penentuan *Cluster Optimum*

Setelah proses pengelompokkan dengan algoritma *K-means* dengan skenario 2 sampai 10 *cluster*, maka langkah selanjutnya menentukan *cluster optimum* diantara 2 sampai 10 *cluster* dengan menggunakan *Elbow Method* dengan menghitung nilai *SSE* (*Sum of Square Error*) untuk menentukan *cluster* yang paling optimum. Hasil nilai *SSE* (*Sum of Square Error*) berdasarkan website beserta grafik penerunan nilai *SSE* akan ditampilkan dibawah sebagai berikut.

Tabel 4. Nilai SSE Dari 2 *Cluster* Hingga 10 *Cluster*

Jumlah <i>Cluster</i> (K)	Nilai <i>SSE</i>
2	12,54
3	9,13
4	6,38
5	5,29
6	4,33
7	3,85
8	3,47
9	3,02
10	2,68

Berdasarkan nilai *SSE* dari tabel tersebut apabila divisualisasikan kedalam bentuk grafik sebagai berikut.

Gambar 4. Grafik *Elbow Method*

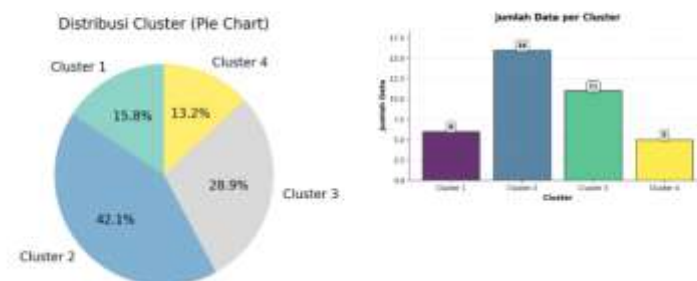


Berdasarkan grafik diatas nilai yang diambil untuk dijadikan *cluster* optimal adalah nilai yang membentuk siku atau disebut juga elbow. Pada grafik diatas nilai yang membentuk siku terdapat pada nilai 4 dikarenakan pada Penurunan nilai SSE terlihat paling tajam pada rentang $k = 2$ hingga $k = 4$ di mana nilai SSE turun dari 12,54 menjadi 6,38. Setelah $k = 4$, penurunan SSE mulai melandai seperti pada $k = 5$ hanya turun menjadi 5,29. Temuan ini juga sejalan dengan penelitian (Winarta & Kurniawan 2021) yang menyatakan bahwa penentuan jumlah *cluster* optimal dilakukan pada titik ketika penurunan nilai *SSE* mulai melambat setelah fase penurunan signifikan pada *cluster* sebelumnya. Dengan demikian *cluster* optimum berada pada empat *cluster* dikarenakan garis penurunan mulai melandai setelah nilai k mencapai 4.

D. Profiling Hasil Cluster Optimum

Setelah melakukan pencarian *cluster* optimum dengan menggunakan *Elbow Method* telah didapat jumlah *cluster* optimum pada 4 *cluster*. *Cluster* tersebut terdiri dari *cluster* 1 sampai 4 *cluster*. Untuk mencari karakteristik antar *cluster* maka dilakukan profiling *cluster* dengan mencari nilai tertinggi dan terendah pada masing-masing *cluster*. Untuk persebaran data pada masing-masing *cluster* akan ditampilkan dalam gambar dibawah sebagai berikut.

Distribusi Cluster



Gambar 4. Persebaran Data Antar *Cluster*

Pada *cluster* 1 terdapat 6 petak tambak dimana karakteristik petak tambak didalam *cluster* 1 paling optimal dibandingkan dengan *cluster* lainnya umur udang saat dipanen berada pada 82 hingga 58 hari, dengan luas petak/kolam cukup besar dibandingkan *cluster* lainnya dengan luas antara 6.180 hingga 4.368 (m^2), karena petak yang cukup luas sehingga kepadatan tebar paling banyak dengan rentang 317.100 hingga 224.000 ekor. Kondisi tersebut diikuti dengan jumlah total pakan yang diberikan dengan rentang 14.042 hingga 7.523 kg hingga sampai panen. Besarnya tebar dan jumlah pakan menghasilkan panen/tonase tertinggi diantara *cluster* lainnya berkisar 9.764,5 hingga 3.633 kg serta jumlah populasi akhir sebanyak 484.458 hingga 348.576 ekor. Untuk *size* udang/jumlah udang dalam 1Kg (ekor) paling kecil dibandingkan dengan *cluster* lainnya yakni 62 hingga 39 kg/ekor dan meskipun jumlah pakan yang besar namun *FCR* (*Feed Conversion Ratio*) cenderung kecil berada pada 1,5964 hingga 1,1948.



Tabel 4. Karakteristik Cluster 1

Umur	Tertinggi	82	Terendah	58	Centroid	73,83
Luas	Tertinggi	6.180	Terendah	4.368	Centroid	5294,3
Tebar	Tertinggi	317.100	Terendah	224.000	Centroid	273508,3
Pakan	Tertinggi	14.042	Terendah	7.523	Centroid	11471,1667
Tonase	Tertinggi	9.764,5	Terendah	3.633	Centroid	8002,5833
Populasi	Tertinggi	484.458	Terendah	348.576	Centroid	385176,65
Size	Tertinggi	62	Terendah	39	Centroid	47,0035
FCR	Tertinggi	1,5964	Terendah	1,1948.	Centroid	1,3709

Pada *cluster* 2 terdapat 16 petak tambak dimana karakteristik petak tambak didalam *cluster* 2 paling banyak jumlah anggotanya dibandingkan dengan *cluster* lainnya umur udang saat dipanen berada pada 59 hingga 43 hari, dengan luas petak/kolam cukup besar namun tidak sebesar *cluster* 1 dengan luas antara 5.340 hingga 3.488 (m^2), dengan luas petak tersebut sehingga kepadatan tebar rentang 301.860 hingga 213.750 ekor. Kondisi tersebut diikuti dengan jumlah total pakan yang cukup bervariasi yaitu antara 7.124 hingga 3.733 kg.

Tabel 4. Karakteristik Cluster 2

Umur	Tertinggi	59	Terendah	43	Centroid	51,93
Luas	Tertinggi	5.340	Terendah	3.488	Centroid	4538,6
Tebar	Tertinggi	301.860	Terendah	213.750	Centroid	249145
Pakan	Tertinggi	7.124	Terendah	3.733	Centroid	5385,8125
Tonase	Tertinggi	8.908,5	Terendah	2.926	Centroid	4319,8125
Populasi	Tertinggi	455.997	Terendah	214.182	Centroid	316108,3875
Size	Tertinggi	107	Terendah	61	Centroid	81,8237
FCR	Tertinggi	2,1500	Terendah	1,0584.	Centroid	1,4103

Dari pemberian pakan tersebut menghasilkan panen/tonase berkisar 8.908,5 hingga 2.926 kg mencerminkan hasil panen/tonase yang bervariasi serta jumlah populasi akhir sebanyak 455.997 hingga 214.182 ekor. Untuk *size* udang/jumlah udang dalam 1Kg (ekor) cukup beragam yakni 107 hingga 61 ekor/kg, Sementara nilai *FCR* berada pada rentang 2,1500 hingga 1,0584.

Tabel 4. Karakteristik Cluster 3

Umur	Tertinggi	82	Terendah	54	Centroid	70,723
Luas	Tertinggi	3.825	Terendah	2.381	Centroid	2862
Tebar	Tertinggi	195.300	Terendah	125.550	Centroid	150313,6
Pakan	Tertinggi	8.249	Terendah	3.455	Centroid	6054,2727
Tonase	Tertinggi	6.147	Terendah	3.536	Centroid	4597,0909
Populasi	Tertinggi	290.681	Terendah	176.562	Centroid	219007,0455
Size	Tertinggi	68	Terendah	40	Centroid	219007,0455
FCR	Tertinggi	1,5433	Terendah	0,9450.	Centroid	1,3045



Pada *cluster* 3 terdapat 11 petak tambak dimana karakteristik petak tambak didalam *cluster* 3 cukup optimal meskipun tidak sebgus *cluster* 1. Umur udang saat dipanen berada pada 82 hingga 54 hari, dengan luas petak/kolam cenderung kecil dengan luas antara 3.825 hingga 2.381 (m^2), karena petak yang cenderung kecil sehingga kepadatan tebar dengan rentang 195.300 hingga 125.550 ekor. Kondisi tersebut diikuti dengan jumlah total pakan yang diberikan dengan rentang 8.249 hingga 3.455 kg. Dengan pemberian jumlah pakan tersebut menghasilkan panen/tonase berkisar 6.147 hingga 3.536 kg serta jumlah populasi akhir sebanyak 290.681 hingga 176.562 ekor. Untuk *size* udang/jumlah udang dalam 1Kg (ekor) paling kecil dibandingkan dengan *cluster* lainnya yakni 68 hingga 40 kg/ekor dan meskipun jumlah pakan yang besar namun *FCR* (*Feed Conversion Ratio*) cenderung kecil berada pada 1,5433 hingga 0,9450.

Tabel 4. Karakteristik Cluster 4

Umur	Tertinggi	51	Terendah	38	Centroid	48,2
Luas	Tertinggi	3.191	Terendah	2.118	Centroid	2741
Tebar	Tertinggi	167.580	Terendah	130.050	Centroid	149926
Pakan	Tertinggi	3.607	Terendah	1.378	Centroid	2880,6
Tonase	Tertinggi	2.407	Terendah	930	Centroid	1772,6
Populasi	Tertinggi	198.192	Terendah	126.480	Centroid	168677,02
Size	Tertinggi	76	Terendah	136	Centroid	100,36
FCR	Tertinggi	1,9923	Terendah	1,3448.	Centroid	1,6367

Pada *cluster* 4 terdapat 5 petak tambak dimana karakteristik petak tambak didalam *cluster* 4 tidak optimal dibandingkan dengan *cluster* lainnya. Umur udang saat dipanen cenderung lebih pendek dibandingkan dengan *cluster* lainnya yakni berada antara 51 hingga 38 hari, dengan luas petak/kolam hampir sama dengan *cluster* dengan luas antara 3.191 hingga 2.118 (m^2), karena petak yang cenderung kecil sehingga kepadatan tebar dengan rentang 167.580 hingga 130.050 ekor. Jumlah pakan yang diberikan termasuk rendah dengan rentang 3.607 hingga 1.378 kg hingga sampai panen hal tersebut sejalan dengan tonase panen yang juga rendah berkisar 2.407 hingga 930 kg serta jumlah populasi akhir sebanyak 198.192 ekor hingga 126.480 ekor. Untuk *size* udang/jumlah udang dalam 1Kg (ekor) yakni 76 hingga 136 kg/ekor. Nilai *FCR* (*Feed Conversion Ratio*) berada pada 1,9923 hingga 1,3448.

Umur	Tertinggi	82	Terendah	58	Centroid	73,83
Luas	Tertinggi	6.180	Terendah	4.368	Centroid	5294,3
Tebar	Tertinggi	317.100	Terendah	224.000	Centroid	273508,3
Pakan	Tertinggi	14.042	Terendah	7.523	Centroid	11471,1667
Tonase	Tertinggi	9.764,5	Terendah	3.633	Centroid	8002,5833
Populasi	Tertinggi	484.458	Terendah	348.576	Centroid	385176,65
Size	Tertinggi	62	Terendah	39	Centroid	47,0035
FCR	Tertinggi	1,5964	Terendah	1,1948.	Centroid	1,3709



KESIMPULAN

1. Pada penerapan metode *Elbow Method* dalam algoritma *K-Means* dalam mengelompokkan petak tambak berdasarkan parameter produksi menghasilkan *cluster* optimum sebanyak 4 *cluster* dengan pengujian 2 sampai 10 *cluster* dengan nilai SSE pada 4 *cluster* yakni 6,38.
2. Hasil pengelompokkan pada *cluster* 1 dengan anggota sebanyak 6 anggota menggambarkan petak tambak dengan performa tinggi, ditunjukkan oleh tonase besar, ukuran udang lebih besar, serta nilai *FCR* yang kecil menandakan efisien dalam pemberian pakan. *Cluster* 2 dengan 16 anggota merupakan kelompok dengan produktivitas sedang karena variasi atribut yang cukup lebar antarpetak. Beberapa petak memiliki nilai atribut yang tinggi meskipun tidak seoptimal *Cluster* 1, sementara petak lainnya memiliki nilai yang lebih rendah namun tidak serendah *Cluster* 4. *Cluster* 3 dengan 11 anggota menunjukkan performa yang cukup baik meskipun luas petak relatif kecil, mencerminkan efisiensi pengelolaan yang cukup optimal. Sementara itu, *Cluster* 4 dengan 5 anggota merupakan kelompok dengan performa paling rendah, ditandai umur udang yang pendek dengan tonase kecil, serta *FCR* yang relatif tinggi yang menandakan pemberian pakan yang cenderung kurang efisien sehingga memerlukan evaluasi dan perbaikan dalam manajemen budidaya.

SARAN

1. Penelitian dapat diperluas dengan menambahkan beberapa atribut yang dapat dijadikan sebagai parameter atribut lingkungan seperti suhu air, salinitas, PH air dan kadar oksigen yang terlarut dalam air (*Dissolved Oxygen*) sehingga pola pengelompokkan lebih kaya dan akurat dalam menggambarkan kondisi tambak.
2. Menggunakan metode validitas *cluster* yang beragam seperti metode *Davies Bouldien Index*, *Silhouette score*, *Gap statistic* dan *Calinski-Harabasz Index* sebagai metode pengganti alternatif.
3. Menggunakan Algoritma sebagai pembanding seperti *Fuzzy C-Means*, *K-Medoids*, *DBSCAN*, atau *Hierarchical Clustering* untuk mendapatkan perspektif lain terhadap pola.

DAFTAR PUSTAKA

- Inayah, Z. N., Musa, M., & Arfiati, D. (2023). Growth of Vannamei Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in Intensive Cultivation Systems. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(10), 8821–8829. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i10.4278>
- Mai, P. T., Tata Hardinata, J., Qurniawan, H., Safii, M., & Winanjaya, R. (2022). "Implementasi Data Mining Menggunakan Algoritma Apriori Dalam Persediaan Barang (Studi Kasus : Toko Sinar Harahap)". *Jurnal Sistem Informasi Ibrahimi*, 12 (2)(2), 51–61. <https://doi.org/https://doi.org/10.35316/justify.v3i1.5335>
- Muchtar, M., Farkan, M., & Mulyono, M. (2021). Productivity of Vannamei Shrimp Cultivation (*Litopenaeus vannamei*) in Intensive Ponds in Tegal City, Central Java Province. *Journal of Aquaculture and Fish Health*, 10(2), 147. <https://doi.org/10.20473/jafh.v10i2.18565>
- Musharyadi, F., Kom, M., & Padang, S. M. (2017). *TINGKAT PEMAHAMAN MAHASISWA TERHADAP NORMA AGAMA ISLAM MENGGUNAKAN ALGORITMA K-MEANS CLUSTERING*. 78.



- Romzi, M., & Kurniawan, B. (2020). Implementasi Pemrograman Python Menggunakan Visual Studio Code. Dalam *JIK: Vol. XI* (Nomor 2). www.python.org
- Sumardi, & Tahcfullloh, S. (2022). Metode k-means clustering dan morfologi berbasis computer vision dan analisis regresi untuk aplikasi sistem grading udang Vaname. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*.
- Supono, S., & Rivaie, A. R. (2025). "A Review Of The Development Pacific White Shrimp (*Litopenaeus Vannamei*) Farming In Indonesia ". *Indonesian Aquaculture Journal*, 20(1), 87. <https://doi.org/10.15578/iaj.20.1.2025.87-95>
- Tuwindar, Putra jaya, H., Anjarsari, R., & Heikal, J. (2023). "Marketing Segmentation Analysis Of Vannamei Shrimp (*Litopenaus Vannamei*) PT Suri Tani Pemuka Anyer Serang Banten." *Jurnal Multidisiplin Indonesia*, 2. <https://jmi.rivierapublishing.id/index.php/rp>
- Ulfah Siregar, M. (2022). Comparative Study of K-Means Clustering Algorithm and K-Medoids Clustering in Student Data Clustering. Dalam *Jurnal Informatika Sunan Kalijaga* (Vol. 7, Nomor 2). MEI.
- Wala, J., Herman, H., Umar, R., & Suwanti, S. (2024). Heart Disease Clustering Modeling Using a Combination of the K-Means Clustering Algorithm and the Elbow Method. *Scientific Journal of Informatics*, 11(4), 903–914. <https://doi.org/10.15294/sji.v11i4.14096>
- Winarta, A., & Kurniawan, W. J. (2021). "Optimasi Cluster K-Means Menggunakan Metode Elbow Pada Data Pengguna Narkoba Dengan Pemrograman Python". *Jurnal Teknik Informatika Kaputama (JTİK)*, 5(1).