

Penggunaan Metode Elbow untuk Pemilihan Jumlah Kluster dalam Identifikasi Bahan Material Shelter Modular

Sely Novita Sari¹, Bagus Gilang Pratama², Rizqi Prastowo³

¹ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

² Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

³ Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Korespondensi : sely.novita@itny.ac.id

ABSTRAK

Shelter modular menjadi solusi populer dalam pembangunan infrastruktur sementara, khususnya di daerah terdampak bencana. Salah satu tantangan utama adalah pemilihan material yang tepat, yang dapat diatasi melalui analisis kluster untuk mengelompokkan bahan berdasarkan karakteristik serupa. Metode Elbow digunakan untuk menentukan jumlah kluster optimal dalam analisis ini, dengan titik "elbow" pada grafik menunjukkan bahwa empat kluster adalah jumlah yang ideal. Algoritma K-Means kemudian digunakan untuk mengelompokkan data material berdasarkan centroid dari masing-masing kluster. Penerapan metode Elbow terbukti efektif dalam menentukan jumlah kluster yang optimal untuk proses identifikasi bahan material pada pembuatan shelter modular. Metode Elbow, dengan menganalisis hubungan antara jumlah kluster dan inerti, berhasil menunjukkan bahwa penggunaan empat kluster merupakan jumlah yang paling tepat. Grafik Elbow menunjukkan titik "elbow" yang signifikan setelah kluster ke-3 dan ke-4, di mana penurunan inerti mulai melambat, menandakan bahwa penambahan kluster lebih dari empat tidak memberikan peningkatan signifikan dalam pengelompokan data. Secara kuantitatif, hasil klusterisasi dengan empat kluster memberikan keseimbangan antara variasi data dan kesederhanaan interpretasi. Setiap kluster memiliki karakteristik yang berbeda berdasarkan nilai rata-rata atribut-atribut struktural dan arsitektural, serta variasi yang terukur melalui standar deviasi.

Kata kunci: Metode Elbow, Klusterisasi, Bahan Bangunan, K-Means

ABSTRACT

Modular shelters have become a popular solution for temporary infrastructure construction, especially in disaster-affected areas. One of the main challenges is selecting the appropriate materials, which can be addressed through cluster analysis to group materials based on similar characteristics. The Elbow Method is used to determine the optimal number of clusters in this analysis, with the "elbow" point on the graph indicating that four clusters are ideal. The K-Means algorithm is then applied to group material data based on the centroid of each cluster. The application of the Elbow Method has proven effective in determining the optimal number of clusters for material identification in modular shelter construction. By analyzing the relationship between the number of clusters and inertia, the Elbow Method successfully indicates that four clusters are the most appropriate. The Elbow graph shows a significant "elbow" after the third and fourth clusters, where the decrease in inertia slows down, indicating that adding more than four clusters does not significantly improve data grouping. Quantitatively, clustering with four clusters provides a balance between data variation and ease of interpretation. Each cluster exhibits distinct characteristics based on the average values of structural and architectural attributes, with variability measured through standard deviation.

Keyword : Elbow Method, Clustering, Building Materials, K-Means

PENDAHULUAN

Shelter modular merupakan solusi yang semakin populer dalam pembangunan infrastruktur sementara, terutama di daerah terdampak bencana dan lokasi terpencil. Struktur modular ini memiliki keunggulan dari segi efisiensi, fleksibilitas, dan kemudahan instalasi, menjadikannya pilihan ideal untuk berbagai keperluan. Salah satu tantangan utama dalam proses pembuatan shelter modular adalah pemilihan bahan material yang tepat. Bahan yang digunakan harus memenuhi sejumlah kriteria seperti kekuatan, daya tahan, kemudahan pengangkutan, dan efisiensi biaya. Identifikasi bahan yang optimal untuk pembuatan shelter modular memerlukan pendekatan sistematis agar dapat menghasilkan keputusan yang efektif dan akurat[1][2].

Penelitian terdahulu telah mengkaji pengembangan bahan-bahan prafabrikasi untuk memproduksi rumah modular yang dapat menghemat waktu dan biaya pembangunan [3] [4]. Selain itu, studi lain juga telah meneliti pengembangan desain sekolah modular sebagai solusi permanen untuk rekonstruksi pasca-bencana [5]. Desain sekolah modular yang dikembangkan berdasarkan tiga kriteria utama: penggunaan unit dan komponen modular, ketersediaan bahan yang tahan lama, dan sistem konfigurasi "plug-and-play" [4] [5]. Temuan-temuan tersebut dapat memberikan panduan dalam pemilihan bahan yang tepat untuk membangun struktur modular yang tangguh dan andal [6] [5].

Dalam konteks pemilihan bahan material untuk shelter modular, analisis kluster menjadi salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengelompokkan bahan berdasarkan karakteristik tertentu, seperti komposisi, sifat mekanis, dan harga. Analisis kluster memungkinkan pengelompokan data dalam kelompok-kelompok yang homogen, sehingga bahan material yang memiliki karakteristik serupa dapat diidentifikasi. Namun, salah satu tantangan dalam analisis kluster adalah menentukan jumlah kluster yang optimal untuk mendapatkan hasil yang representatif. Jika jumlah kluster yang dipilih terlalu sedikit, informasi yang penting mungkin terabaikan; sebaliknya, jika terlalu banyak, interpretasi hasil akan menjadi rumit.[7][8][9]

Untuk menentukan jumlah kluster yang optimal, metode Elbow merupakan salah satu pendekatan yang paling umum digunakan. Metode Elbow bekerja dengan cara menghitung variasi dalam data (inertia) untuk berbagai jumlah kluster dan menampilkan hasil dalam bentuk grafik. Pada grafik tersebut, titik "elbow" atau siku biasanya menandakan jumlah kluster optimal, di mana penambahan kluster berikutnya tidak menghasilkan pengurangan yang signifikan dalam variasi data. Dengan menggunakan metode ini, jumlah kluster yang tepat dapat dipilih untuk mengelompokkan bahan material yang relevan untuk pembuatan shelter modular[10]

Pendekatan ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dalam proses seleksi bahan material. Identifikasi yang akurat dari bahan-bahan yang sesuai berdasarkan pengelompokan kluster akan mempermudah desainer dan insinyur dalam menentukan pilihan material yang memenuhi syarat-syarat spesifik shelter modular. Selain itu, metode Elbow juga memungkinkan adanya pendekatan yang lebih data-driven dalam keputusan terkait material, yang dapat mendukung proses perancangan shelter modular yang lebih berkelanjutan dan efisien[11] Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji penerapan metode Elbow dalam menentukan jumlah kluster yang optimal untuk proses identifikasi bahan material pada pembuatan shelter modular. Melalui analisis ini, diharapkan dapat diperoleh rekomendasi yang tepat terkait bahan material yang ideal untuk digunakan, serta memberikan kontribusi bagi peningkatan efisiensi dalam pembangunan shelter modular.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian dalam penerapan metode Elbow untuk pemilihan jumlah kluster dalam identifikasi bahan material shelter modular terdiri dari beberapa langkah utama yang bertujuan untuk mengoptimalkan hasil analisis klusterisasi. Pertama-tama, data yang berisi atribut-atribut dari berbagai bahan material yang mungkin digunakan dalam pembuatan shelter modular dikumpulkan. Atribut tersebut dapat mencakup sifat fisik dan mekanis bahan, seperti kekuatan, ketahanan cuaca, biaya, serta ketersediaan. Data ini kemudian dianalisis menggunakan teknik klusterisasi untuk mengelompokkan bahan berdasarkan karakteristik yang serupa [4][12].

Langkah selanjutnya adalah penerapan algoritma K-Means, yang membutuhkan penentuan jumlah kluster awal. Untuk menentukan jumlah kluster yang optimal, metode Elbow digunakan. Metode ini mengevaluasi variasi total dalam data (inertia) terhadap jumlah kluster yang berbeda, dan hasilnya diplot dalam grafik Elbow. Dalam grafik ini, titik "elbow" atau siku menandakan jumlah kluster optimal, di mana penambahan kluster selanjutnya tidak mengurangi inertia secara signifikan. Berdasarkan hasil analisis grafik, jumlah kluster yang optimal dipilih untuk melanjutkan proses klusterisasi [13].

K-Means adalah algoritma yang mengelompokkan data ke dalam kluster berdasarkan jarak terdekat dengan titik pusat (*centroid*) kluster. Proses ini melibatkan dua tahap utama yaitu meng-update centroid dan menetapkan titik data ke kluster terdekat.

1. Menghitung Jarak Euclidean
Cara untuk mengukur jarak antara dua titik dalam ruang n-dimensi.

$$d(x_i, c_j) = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - c_{jk})^2} \quad (1)$$

Rumus ini menghitung jarak lurus antara dua titik x_i (titik data) dan c_j (centroid kluster) dengan menjumlahkan kuadrat selisih koordinat kedua titik untuk setiap dimensi, lalu mengambil akar kuadratnya. Jarak Euclidean sering digunakan dalam algoritma K-Means untuk menentukan titik data mana yang paling dekat dengan centroid kluster tertentu.

2. Menentukan Centroid Baru
Setelah data dikelompokkan ke dalam kluster, centroid baru dihitung sebagai rata-rata dari semua titik data dalam kluster tersebut. Dengan kata lain, posisi centroid diperbarui berdasarkan rata-rata

koordinat semua titik dalam klaster, sehingga lebih mencerminkan pusat dari klaster yang baru terbentuk.

$$c_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2)$$

Setelah menentukan jumlah klaster, K-Means dijalankan dengan jumlah klaster yang telah dipilih. Algoritma ini mengelompokkan data berdasarkan centroid klaster, di mana setiap bahan material dikelompokkan ke dalam klaster dengan centroid terdekat. Hasil akhir dari proses klasterisasi ini memberikan gambaran mengenai bagaimana bahan material yang memiliki karakteristik serupa dikelompokkan bersama, yang kemudian digunakan untuk melakukan analisis lebih lanjut terhadap material-material yang paling sesuai untuk pembuatan shelter modular (klasterisasi) [9].

Metode Elbow digunakan untuk memilih jumlah klaster optimal dengan memplot jumlah klaster terhadap nilai inerti. Pada titik tertentu (elbow), penurunan inerti mulai melambat, yang menandakan jumlah klaster optimal. Tidak ada rumus matematis khusus untuk "titik elbow", tetapi secara visual, ini adalah titik di mana kurva mulai mendatar setelah penurunan yang tajam [13].

Langkah-langkah untuk metode Elbow:

1. Hitung nilai inerti untuk berbagai jumlah klaster (misalnya dari 1 hingga 10).
2. Plot jumlah klaster di sumbu horizontal dan inerti di sumbu vertikal.
3. Cari titik di mana penurunan inerti mulai berkurang drastis, yang biasanya menandakan jumlah klaster optimal.

Metode ini memungkinkan identifikasi yang lebih efisien dan berbasis data dalam pemilihan bahan material, sehingga dapat menghasilkan rekomendasi yang lebih tepat dalam proses desain dan konstruksi shelter modular.

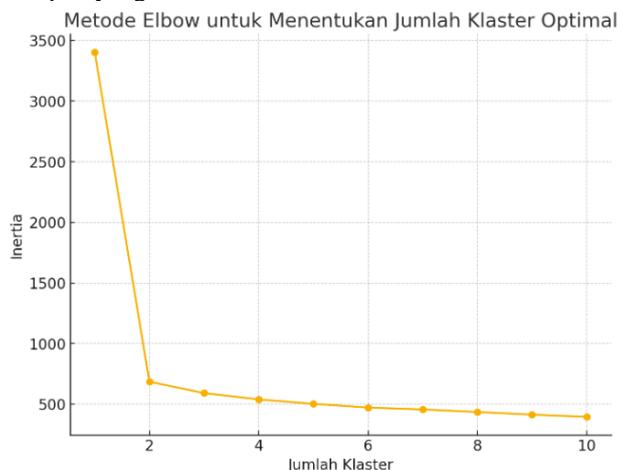
HASIL DAN ANALISIS

Dalam penelitian ini, metode Elbow digunakan untuk menentukan jumlah klaster optimal dalam proses klasterisasi K-Means.

Pemilihan Jumlah Klaster Menggunakan Metode Elbow

Metode Elbow merupakan teknik yang digunakan untuk menentukan jumlah klaster optimal dalam algoritma K-Means dengan menganalisis hubungan antara jumlah klaster dan inerti (jumlah variasi dalam setiap klaster). Dalam proses klasterisasi, inerti menunjukkan seberapa dekat titik-titik data berada dengan centroid klasternya. Semakin kecil inerti, semakin baik pengelompokan data dalam klaster tersebut. Ketika jumlah klaster ditingkatkan, inerti secara bertahap berkurang karena data dikelompokkan dalam kelompok-kelompok yang lebih kecil. Namun, pada titik tertentu, penurunan inerti mulai melambat, menandakan bahwa penambahan klaster lebih lanjut tidak memberikan perbaikan signifikan terhadap kualitas pengelompokan.

Metode Elbow bekerja dengan memplot jumlah klaster pada sumbu horizontal dan nilai inerti pada sumbu vertikal, membentuk grafik. Pada grafik ini, titik di mana penurunan inerti mulai melambat secara drastis akan membentuk "elbow" atau siku. Titik ini menandakan jumlah klaster optimal, di mana keseimbangan antara detail yang ditangkap oleh klaster dan kemudahan interpretasi data tercapai. Dalam kasus ini, setelah klaster ketiga dan keempat, penurunan inerti mulai melambat, menunjukkan bahwa penambahan klaster lebih dari empat tidak akan menghasilkan pengelompokan yang jauh lebih baik. Oleh karena itu, empat klaster dipilih sebagai jumlah optimal, karena mampu menangkap variasi antar kelompok dengan baik tanpa membagi data menjadi terlalu banyak kelompok yang sulit untuk dianalisis.



Gambar 1. Grafik Penentuan Jumlah Klaster

Gambar 1 menunjukkan metode Elbow digunakan untuk menentukan jumlah klaster optimal dalam K-Means dengan menganalisis hubungan antara jumlah klaster dan inerti, di mana peningkatan jumlah klaster menyebabkan penurunan inerti yang lambat setelah titik tertentu, membentuk "siku" pada grafik. Gambar 2 menunjukkan bahwa setelah klaster ke-3 dan ke-4, penurunan inerti mulai melambat, sehingga 4 klaster dipilih untuk menangkap perbedaan antara kelompok tanpa memecah data menjadi terlalu banyak klaster.

Pengelompokan Berdasarkan Kesamaan Karakteristik

Setelah jumlah klaster optimal ditentukan, yaitu empat klaster, langkah selanjutnya adalah melakukan proses klasterisasi menggunakan algoritma K-Means. Algoritma ini bertujuan untuk mengelompokkan data ke dalam klaster-klaster yang homogen berdasarkan kesamaan atribut tertentu. Dalam konteks ini, atribut-atribut yang digunakan untuk mengelompokkan data berhubungan dengan aspek struktural dan arsitektural dari material pembuatan shelter modular. Beberapa atribut penting yang dianalisis meliputi struktur tiang penyangga, arsitektur dinding, atap, lantai, dan pondasi. Atribut-atribut ini dipilih karena mencerminkan karakteristik utama dari bahan yang digunakan untuk pembangunan shelter modular, dan menjadi faktor penentu dalam stabilitas serta kekuatan konstruksi.

Pada setiap iterasi K-Means, algoritma ini mencari titik pusat atau centroid untuk setiap klaster yang telah ditetapkan. Centroid mewakili titik rata-rata dari data dalam klaster tersebut berdasarkan atribut-atribut yang digunakan. Misalnya, dalam klaster yang berfokus pada bahan dengan karakteristik dinding yang lebih kuat, centroid akan terletak di area di mana rata-rata nilai dari atribut kekuatan dinding lebih tinggi dibandingkan dengan klaster lainnya. Dengan adanya centroid, algoritma K-Means akan mengelompokkan setiap titik data (dalam hal ini, bahan material) ke klaster yang memiliki centroid terdekat berdasarkan jarak Euclidean. Artinya, bahan yang memiliki kesamaan dalam atribut-atribut seperti struktur tiang, dinding, atap, dan lainnya akan dikelompokkan bersama dalam klaster yang sama.

Pengelompokan data ini dilakukan dengan tujuan agar setiap anggota dalam klaster memiliki karakteristik yang lebih mirip dengan centroid klasternya daripada centroid klaster lain. Dengan kata lain, K-Means secara efektif mengelompokkan data bahan yang paling mirip satu sama lain, sehingga klaster yang terbentuk mencerminkan kelompok bahan material yang homogen dari segi atribut struktural dan arsitektural. Proses ini sangat penting karena memungkinkan identifikasi dan pemisahan bahan yang memiliki sifat unggul atau unik dalam aspek-aspek tertentu. Sebagai contoh, jika ada bahan yang memiliki kekuatan tinggi pada struktur tiang penyangga namun dengan biaya yang relatif rendah, bahan tersebut akan dikelompokkan ke dalam klaster tertentu yang sesuai dengan atribut ini.

Setiap klaster yang terbentuk mewakili kelompok bahan yang dapat dianalisis lebih lanjut untuk keperluan desain dan konstruksi shelter modular. Misalnya, klaster yang memiliki bahan dengan kekuatan struktural tinggi dapat diprioritaskan untuk bagian-bagian utama dari shelter yang membutuhkan daya tahan ekstra, seperti tiang penyangga dan pondasi. Sementara itu, klaster yang memiliki bahan dengan karakteristik harga yang lebih terjangkau namun tetap memenuhi standar kualitas dapat digunakan untuk komponen yang tidak memerlukan kekuatan struktural sebesar bagian lainnya, seperti atap atau dinding.

Keunggulan metode ini adalah kemampuannya untuk membagi data berdasarkan atribut-atribut yang relevan secara otomatis, tanpa campur tangan manual, yang dapat meningkatkan efisiensi dalam proses pemilihan bahan material. Selain itu, algoritma K-Means memberikan hasil yang jelas dan mudah diinterpretasikan, di mana setiap klaster dapat dianalisis untuk mendapatkan informasi rinci tentang karakteristik material dalam kelompok tersebut. Proses ini juga memberikan fleksibilitas untuk digunakan dalam berbagai konteks material shelter modular, mulai dari material ramah lingkungan, material ringan, hingga material tahan lama dan kuat.. Setelah menetapkan 4 klaster, kita melakukan klasterisasi menggunakan K-Means, yang bertujuan untuk mengelompokkan data berdasarkan kesamaan dalam atribut-atribut struktural dan arsitektural seperti:

1. **Struktur Tiang Penyangga**
2. **Arsitektur Dinding**
3. **Arsitektur Atap**
4. **Arsitektur Lantai**
5. **Struktur Pondasi**

K-Means mencari centroid dari setiap klaster dan mengelompokkan data di sekitar centroid tersebut sehingga setiap anggota klaster memiliki karakteristik yang lebih dekat dengan centroid klaster dibandingkan dengan klaster lainnya.

Interpretasi dari Hasil Klasterisasi

Dalam proses klusterisasi menggunakan empat klaster, setiap klaster yang terbentuk mewakili kelompok bahan material yang memiliki karakteristik yang berbeda berdasarkan atribut-atribut tertentu. Atribut-atribut ini, seperti kekuatan tiang penyangga, ketahanan dinding, kualitas atap, dan material pondasi, dianalisis secara mendalam untuk mengelompokkan data. Pengelompokan ini memungkinkan kita untuk melihat bagaimana masing-masing klaster mewakili variasi dalam atribut-atribut yang digunakan. Misalnya, bahan dalam klaster pertama mungkin cenderung memiliki kekuatan tinggi pada struktur pondasi, sementara bahan dalam klaster kedua mungkin memiliki daya tahan yang lebih baik terhadap cuaca ekstrem pada bagian atap. Hal ini memberi informasi penting bagi proses desain shelter modular, karena setiap klaster menunjukkan perbedaan yang relevan terkait penggunaan material tersebut.

Untuk mengukur dan menganalisis perbedaan antara klaster, **rata-rata nilai atribut** untuk setiap klaster digunakan sebagai ukuran utama. Rata-rata ini menunjukkan apakah bahan-bahan dalam klaster tersebut cenderung memiliki nilai yang tinggi, rendah, atau sedang dalam atribut yang diukur. Sebagai contoh, jika klaster pertama memiliki rata-rata yang tinggi untuk atribut kekuatan dinding, berarti bahan dalam klaster ini sangat cocok untuk digunakan pada komponen yang memerlukan daya tahan tinggi. Sebaliknya, jika rata-rata dalam klaster kedua lebih rendah, berarti bahan dalam klaster ini mungkin lebih sesuai untuk penggunaan di bagian yang tidak memerlukan ketahanan sekuat itu, seperti panel interior atau komponen yang lebih ringan.

Selain rata-rata, **standar deviasi** dalam setiap klaster juga dianalisis untuk memahami seberapa bervariasi bahan dalam kelompok tersebut. Standar deviasi adalah ukuran yang menunjukkan sejauh mana data tersebar di sekitar rata-rata klaster. Jika sebuah klaster memiliki standar deviasi yang tinggi, ini berarti bahwa variasi dalam klaster tersebut cukup besar, dan anggota-anggota klaster tidak homogen. Dalam konteks bahan material, ini bisa menunjukkan bahwa klaster tersebut mengandung bahan dengan karakteristik yang sangat bervariasi, yang mungkin tidak diinginkan ketika tujuan pengelompokan adalah mencari homogenitas bahan. Sebaliknya, jika sebuah klaster memiliki standar deviasi yang rendah, ini berarti bahwa anggota klaster cenderung sangat mirip satu sama lain, menunjukkan homogenitas dalam klaster tersebut. Ini ideal ketika kita membutuhkan konsistensi dalam penggunaan material, misalnya, dalam struktur pondasi yang membutuhkan tingkat kekuatan yang seragam.

Menggunakan analisis ini, klusterisasi membantu memahami variasi dan homogenitas dalam bahan material yang dikelompokkan, sehingga dapat digunakan untuk memilih material yang paling sesuai untuk keperluan tertentu. Dalam klaster dengan rata-rata tinggi dan standar deviasi rendah, misalnya, bahan tersebut cenderung lebih stabil dan konsisten dalam performanya, sehingga sangat cocok untuk digunakan dalam komponen kritis shelter modular, seperti pondasi dan struktur utama. Sementara itu, klaster dengan standar deviasi tinggi mungkin lebih baik digunakan pada komponen yang lebih fleksibel dan kurang kritis, di mana variasi performa tidak menjadi masalah besar.

Distribusi dan Karakteristik Tiap Klaster

Klusterisasi data menjadi empat klaster dalam analisis ini dilakukan berdasarkan berbagai atribut struktural dan arsitektural bahan material yang digunakan untuk shelter modular. Setiap klaster memiliki karakteristik yang berbeda dan memberikan panduan dalam memilih material yang tepat sesuai kebutuhan spesifik dari setiap komponen shelter. Berikut adalah penjelasan lebih rinci tentang masing-masing klaster dan alasan utama pemilihan empat klaster yaitu

1. Klaster 0: Klaster Tidak Signifikan

Klaster ini mewakili kelompok material yang tidak memiliki karakteristik signifikan atau tidak memenuhi kriteria penting dalam aspek struktural maupun arsitektural. Biasanya, bahan-bahan dalam klaster ini mungkin tidak cocok untuk digunakan dalam elemen-elemen penting bangunan karena sifat-sifatnya yang tidak memenuhi standar minimum kekuatan atau daya tahan. Dalam konteks perancangan shelter modular, material dari klaster ini kemungkinan besar akan dieliminasi dari pertimbangan, karena tidak memberikan kontribusi yang berarti terhadap stabilitas atau estetika shelter.

2. Klaster 1: Klaster Nilai Rendah Struktural-Arsitektural

Klaster ini berisi bahan-bahan yang memiliki nilai rendah dalam aspek struktural dan arsitektural. Material dalam klaster ini mungkin menawarkan keunggulan dari segi biaya atau kemudahan dalam pengolahan, tetapi mereka tidak memberikan kekuatan struktural atau kualitas arsitektural yang signifikan. Meskipun begitu, bahan dari klaster ini masih mungkin digunakan pada komponen shelter yang tidak memerlukan daya tahan tinggi, seperti pada partisi interior atau komponen-komponen non-struktural yang lebih fleksibel. Klaster ini penting untuk mengidentifikasi pilihan material yang hemat biaya namun tetap bisa digunakan dalam situasi yang tidak kritis.

3. Klaster 2: Klaster Nilai Tinggi Struktural

Material dalam klaster ini memiliki karakteristik struktural yang unggul, dengan nilai tinggi dalam atribut-atribut seperti kekuatan tiang penyangga, pondasi, atau ketahanan terhadap beban. Klaster ini berisi bahan yang

Penggunaan Metode Elbow untuk Pemilihan Jumlah Klaster dalam Identifikasi Bahan Material Shelter Modular (Sely Novita Sari)

sangat cocok untuk digunakan pada elemen-elemen utama shelter modular yang membutuhkan daya tahan dan stabilitas tinggi. Sebagai contoh, bahan dari klaster ini mungkin sangat sesuai untuk tiang penyangga, dinding struktural, atau pondasi, di mana kekuatan dan ketahanan terhadap faktor eksternal menjadi prioritas utama. Material dalam klaster ini kemungkinan akan menjadi pilihan utama dalam desain untuk komponen-komponen struktural shelter.

4. Klaster 3: Klaster Nilai Sedang Seimbang

Klaster ini mengelompokkan bahan-bahan yang memiliki nilai sedang dalam aspek struktural dan arsitektural. Material dalam kelompok ini mungkin tidak memiliki kekuatan yang setinggi material dalam klaster 2, tetapi mereka menawarkan keseimbangan antara kekuatan dan kualitas arsitektural yang cukup. Bahan dari klaster ini cocok untuk elemen-elemen shelter yang membutuhkan keseimbangan antara estetika dan fungsi struktural, seperti fasad bangunan atau komponen yang terlihat namun tetap membutuhkan kekuatan tertentu. Penggunaan bahan dari klaster ini memungkinkan adanya fleksibilitas dalam desain tanpa mengorbankan terlalu banyak performa struktural.

Alasan Utama Memilih 4 Klaster

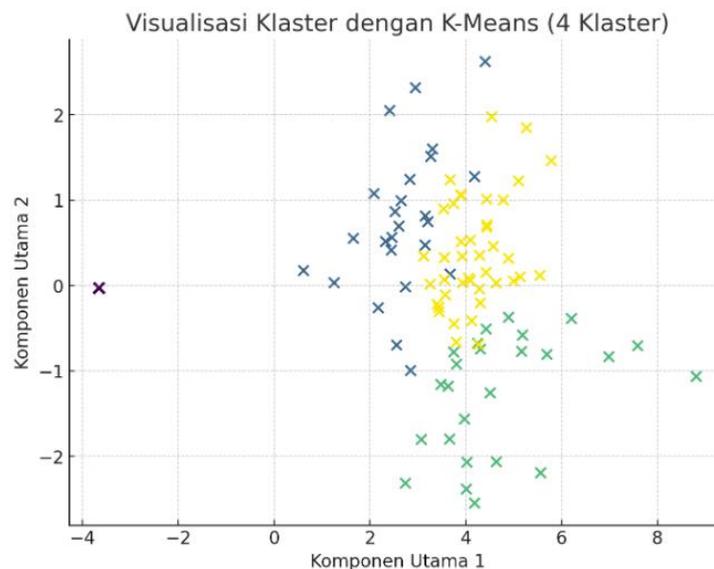
Pemilihan empat klaster dalam analisis ini didasarkan pada keseimbangan antara detail dan generalisasi. Dengan empat klaster, kita dapat membagi data ke dalam grup yang cukup banyak untuk menangkap variasi antar bahan, namun tidak terlalu banyak hingga menyebabkan kesulitan dalam interpretasi dan analisis. Jika jumlah klaster terlalu sedikit, informasi penting dari data mungkin hilang, sedangkan jika terlalu banyak klaster, hasil klasterisasi bisa menjadi terlalu kompleks dan sulit untuk diterjemahkan ke dalam keputusan praktis. Empat klaster memberikan keseimbangan ideal antara kemudahan analisis dan detail yang diperlukan.

Penurunan Inertia Setelah 3 atau 4 Klaster

Grafik Elbow yang dihasilkan selama analisis menunjukkan bahwa penurunan inertia mulai melambat setelah klaster ke-3 dan ke-4. Hal ini menandakan bahwa menambah lebih banyak klaster setelah empat tidak akan memberikan perbedaan signifikan dalam pengurangan inertia. Dengan kata lain, menambah klaster tambahan hanya akan memperumit model tanpa memberikan manfaat yang berarti dalam pengelompokan bahan. Ini menjadi alasan kuat untuk memilih empat klaster sebagai jumlah optimal yang memisahkan data dengan baik tanpa menambah kompleksitas yang tidak perlu.

Hasil Klasterisasi Menunjukkan Variasi yang Jelas

Hasil klasterisasi menunjukkan bahwa setiap klaster memiliki karakteristik yang jelas berbeda satu sama lain. Klaster-klaster ini mencerminkan kelompok bahan dengan perbedaan signifikan dalam aspek struktural dan arsitektural, yang memungkinkan identifikasi material yang paling sesuai untuk keperluan desain dan konstruksi shelter modular. Dengan klaster-klaster yang berbeda ini, kita bisa dengan mudah menentukan bahan mana yang cocok untuk elemen struktural utama, mana yang bisa digunakan untuk komponen sekunder, dan mana yang mungkin tidak digunakan sama sekali. Ini membantu mempermudah proses pengambilan keputusan terkait pemilihan bahan material yang tepat untuk konstruksi shelter modular.



Gambar 2. Visualisasi Klaster dengan K-Means

Gambar 2 menunjukkan visualisasi klasterisasi menggunakan K-Means dengan 4 klaster menampilkan data dalam bentuk grafik di mana setiap titik mewakili satu responden atau entitas data. Setiap titik diberi warna yang berbeda, sesuai dengan klaster yang telah ditentukan. Warna tersebut mempermudah identifikasi visual dari kelompok-kelompok yang terbentuk berdasarkan atribut yang dianalisis. Dengan empat klaster, kita dapat melihat bagaimana data dikelompokkan ke dalam empat kelompok utama, di mana masing-masing kelompok memiliki karakteristik yang mirip satu sama lain namun berbeda dari klaster lainnya. Visualisasi ini membantu mempermudah pemahaman tentang distribusi dan variasi dalam data, sekaligus menunjukkan perbedaan signifikan di antara klaster..

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian ini, penerapan metode Elbow terbukti efektif dalam menentukan jumlah klaster yang optimal untuk proses identifikasi bahan material pada pembuatan shelter modular. Metode Elbow, dengan menganalisis hubungan antara jumlah klaster dan inerti, berhasil menunjukkan bahwa penggunaan empat klaster merupakan jumlah yang paling tepat. Grafik Elbow menunjukkan titik "elbow" yang signifikan setelah klaster ke-3 dan ke-4, di mana penurunan inerti mulai melambat, menandakan bahwa penambahan klaster lebih dari empat tidak memberikan peningkatan signifikan dalam pengelompokan data. Secara kuantitatif, **hasil klasterisasi dengan empat klaster** memberikan keseimbangan antara variasi data dan kesederhanaan interpretasi. Setiap klaster memiliki karakteristik yang berbeda berdasarkan nilai rata-rata atribut-atribut struktural dan arsitektural, serta variasi yang terukur melalui standar deviasi. Pengelompokan ini memungkinkan identifikasi bahan material yang paling sesuai untuk keperluan spesifik shelter modular, seperti bahan dengan kekuatan struktural tinggi untuk elemen utama, dan bahan dengan kualitas arsitektural sedang untuk komponen yang lebih fleksibel.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Lembaga Penelitian, Pengabdian Masyarakat, dan Inovasi (LPPMI) Institut Teknologi Nasional Yogyakarta (ITNY) atas dukungan dan pendanaan yang telah diberikan untuk pelaksanaan penelitian ini. Penelitian ini dibiayai melalui Bantuan Dana Penelitian dari ITNY Tahun Anggaran 2023/2024, yang memungkinkan peneliti untuk menyelesaikan penelitian dengan baik dan memberikan kontribusi ilmiah yang bermanfaat. Semoga dukungan ini terus berlanjut untuk mendorong kemajuan penelitian di lingkungan ITNY.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Nurdiani, W. Katarina and R. R. Putra, "The application of modular architecture on apartment buildings".
- [2] P. A. Pramishinta and W. Widyarko, "Flexible housing implementation in dome-shape post-disaster relief house: Is it possible?".
- [3] T. U. Ganiron, "Development and Efficiency of Prefabricated Building Components".
- [4] C. Dharmawan and M. Alviano, "Pre-fabricated Material for Modular House".
- [5] Y. A. Yatmo, P. Atmodiwirjo, D. P. Saginatari and M. M. Y. Harahap, "Development of modular school design as a permanent solution for post-disaster reconstruction in Indonesia".
- [6] H. Thai, Q. V. Ho, W. Li and T. Ngo, "Progressive collapse and robustness of modular high-rise buildings".
- [7] D. T. Pham, S. Dimov and C. D. Nguyen, "Selection of K in K-means clustering".
- [8] M. Riduwan, C. Fatichah and A. Yuniarti, "KLASTERISASI DOKUMEN MENGGUNAKAN WEIGHTED K-MEANS BERDASARKAN RELEVANSI TOPIK".
- [9] M. B. Johra, "SOFT CLUSTERING DENGAN ALGORITMA FUZZY K-MEANS (STUDI KASUS : PENGELOMPOKAN DESA DI KOTA TIDORE KEPULAUAN)".
- [10] S. N. Sari, B. G. Pratama and I. Ircham, "Kolaborasi Jaringan Saraf Tiruan (JST) Dalam Identifikasi Prioritas Penanganan Pemeliharaan Jalan Kabupaten".
- [11] S. Wang and J. Mou, "Buckling Analysis of a Large Shelter with Composites".
- [12] E. S. Soegoto, R. Subarjat and T. Valentina, "Modular panel house design with prefabricated production technology".
- [13] S. C. Sihombing and D. A. Sihombing, "Pengelompokan Tingkat Kesejahteraan Masyarakat di Sumatera Utara dengan Metode K-Means Clustering".