

Perancangan Sistem Pendaftaran Calon Peserta Kejuaraan Karate Inkai Kediri Menggunakan Metode K-Mean Clustering

Anom Surya Buana¹, Rony Heri Irawan, ², Risky Aswi Ramadhani³

^{1,2}Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: ¹rokok2000@gmail.com, ²ronyag1305ku@gmail.com, ³riskyaswiramadhani@gmail.com

Abstrak – Pengelolaan data kejuaraan karate yang terstruktur dan akurat diperlukan untuk mendukung efektivitas penyelenggaraan kejuaraan, khususnya pada kejuaraan karate Inkai Kota Kediri. Permasalahan utama yang dihadapi adalah proses pengelompokan data peserta berdasarkan umur yang masih dilakukan secara manual sehingga kurang efisien dan berpotensi menimbulkan kesalahan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem informasi kejuaraan karate berbasis web dengan menerapkan metode Information Retrieval dan algoritma K-Means Clustering. Metode K-Means digunakan untuk melakukan klusterisasi data peserta berdasarkan variabel umur sehingga diperoleh kelompok usia yang homogen. Sistem dikembangkan menggunakan tahapan analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, dan pengujian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan proses pengelompokan data peserta secara otomatis, cepat, dan konsisten. Penerapan K-Means Clustering menghasilkan pembagian kelompok umur yang lebih sistematis serta meningkatkan efisiensi pengelolaan data kejuaraan. Dengan demikian, sistem informasi yang dibangun dapat membantu panitia dalam pengambilan keputusan dan meningkatkan kualitas manajemen data kejuaraan karate.

Kata Kunci — sistem informasi, kejuaraan karate, K-Means Clustering, Information Retrieval, berbasis web

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi telah memberikan dampak signifikan dalam berbagai bidang, termasuk bidang olahraga. Salah satu cabang olahraga yang membutuhkan pengelolaan data secara baik adalah karate. Kejuaraan karate melibatkan banyak peserta dengan berbagai kategori, sehingga dibutuhkan sistem pengelolaan data yang akurat, cepat, dan relevan untuk mendukung kelancaran pelaksanaan kejuaraan. Pada kejuaraan karate Inkai di Kota Kediri, pengelolaan data peserta masih dilakukan secara manual, khususnya dalam proses pengelompokan peserta berdasarkan umur. Kondisi tersebut menyebabkan proses pengolahan data menjadi kurang efisien, rawan kesalahan, serta menyulitkan panitia dalam pengambilan keputusan. [1]

Sistem informasi berbasis web merupakan solusi yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Dengan memanfaatkan sistem informasi, data peserta dapat dikelola secara terpusat dan diakses dengan mudah oleh pihak terkait. Selain itu, penerapan teknik pengolahan data seperti Information Retrieval dapat membantu proses pencarian data secara cepat dan tepat sesuai kebutuhan pengguna. Penggunaan metode clustering juga menjadi alternatif dalam mengelompokkan data peserta secara otomatis dan objektif. [2]

Clustering merupakan salah satu teknik data mining yang digunakan untuk mengelompokkan data berdasarkan karakteristik tertentu. Metode K-Means Clustering banyak digunakan karena memiliki konsep yang sederhana, mudah diimplementasikan, dan efektif dalam mengelompokkan data numerik, seperti data umur peserta. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan K-Means Clustering mampu meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam pengelompokan data pada berbagai bidang, termasuk bidang pendidikan dan olahraga. [3]

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem informasi kejuaraan karate Inkai Kota Kediri berbasis web dengan menerapkan metode K-Means Clustering. Sistem yang dikembangkan diharapkan mampu membantu panitia dalam mengelola data peserta, melakukan pengelompokan berdasarkan umur secara otomatis, serta meningkatkan efektivitas dan kualitas pengelolaan data kejuaraan karate.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Analisis Sistem

Analisis sistem dilakukan untuk mengidentifikasi permasalahan yang terjadi dalam pengelolaan data peserta kejuaraan karate Inkai Kota Kediri. Berdasarkan hasil observasi, proses pengelolaan data peserta, khususnya dalam pengelompokan peserta berdasarkan umur, masih dilakukan secara manual. Proses manual tersebut membutuhkan waktu yang relatif lama, rentan terhadap kesalahan pencatatan, serta menyulitkan panitia dalam menentukan kategori pertandingan yang sesuai. [7]

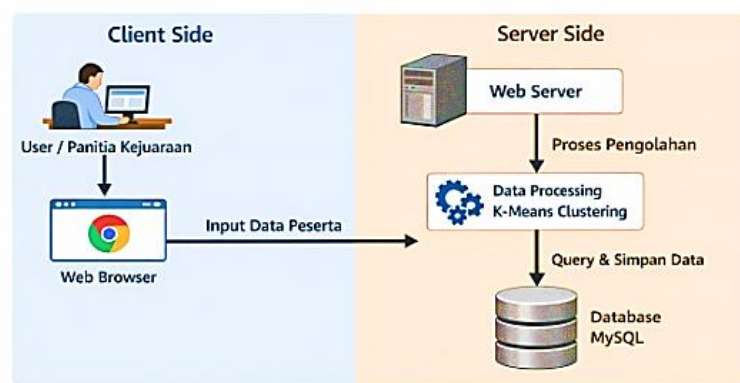
Selain itu, pencarian dan validasi data peserta juga belum terintegrasi dalam satu sistem, sehingga panitia harus melakukan pengecekan data secara berulang. Kondisi ini berdampak pada rendahnya efisiensi kerja serta

berpotensi menimbulkan ketidaksesuaian kelas pertandingan peserta. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem informasi yang mampu mengelola data peserta secara terpusat, melakukan pencarian data dengan cepat, serta mengelompokkan peserta secara otomatis berdasarkan kriteria umur., [3]

Berdasarkan hasil analisis tersebut, solusi yang diusulkan adalah pengembangan sistem informasi kejuaraan karate berbasis web dengan menerapkan metode K-Means Clustering. Sistem ini diharapkan mampu mempercepat proses pengelolaan data, mengurangi kesalahan dalam pengelompokan peserta, serta membantu panitia dalam pengambilan keputusan secara lebih akurat dan efisien. [4]

2.2 Arsitektur Sistem

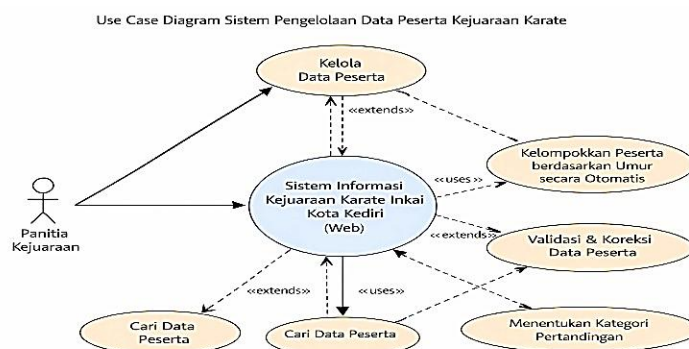
Arsitektur sistem yang dikembangkan menggunakan konsep client–server berbasis web. Pada sisi client, pengguna mengakses sistem melalui peramban web untuk melakukan input dan pengelolaan data peserta kejuaraan. Data yang dimasukkan oleh pengguna kemudian dikirim ke server untuk diproses. Pada sisi server, sistem menjalankan modul pengolahan data yang mengimplementasikan metode K-Means Clustering untuk melakukan pengelompokan peserta berdasarkan umur. Proses klusterisasi dilakukan secara otomatis hingga diperoleh pusat klaster yang stabil. Seluruh data peserta dan hasil pengelompokan disimpan dalam basis data MySQL. Informasi hasil klusterisasi selanjutnya dikirim kembali ke client dan ditampilkan dalam bentuk laporan atau tabel, sehingga memudahkan panitia dalam melakukan validasi dan pengambilan keputusan. Arsitektur sistem secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Arsitektur Sistem Informasi Kejuaraan Karate

2.3 Desain Sistem

Unified Modeling Language (UML) merupakan seperangkat teknik desain standar yang memberikan representasi grafis dari setiap proses pengembangan proyek, mulai dari analisis hingga implementasi. Saat ini banyak metode analisis dan perancangan sistem berorientasi objek yang menggunakan UML untuk menggambarkan sistem kerja. UML menggunakan representasi skematis dari berbagai sistem yang sedang dikembangkan.



Gambar 2. Desain sistem

Metode K-Means Clustering digunakan untuk mengelompokkan data peserta berdasarkan umur. Proses diawali dengan penentuan jumlah klaster (k), dilanjutkan dengan pemilihan centroid awal secara acak. Jarak antara data dan centroid dihitung menggunakan rumus Euclidean Distance sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (1). Hasil perhitungan jarak digunakan untuk menentukan keanggotaan klaster hingga centroid stabil.

Rumus Perhitungan:

$$d(x, \mu_k) = \sqrt{(x_1 - \mu_{k1})^2 + (x_2 - \mu_{k2})^2 + \dots + (x_n - \mu_{kn})^2} \quad \dots\dots\dots(1)$$

Perhitungan Jarak ke Centroid C0

Koordinat centroid C0

$$\begin{aligned} & \sqrt{[(0.3809 - 0.0030)^2 + (-1.4353 - (-0.9933))^2]} \\ &= \sqrt{[(0.3779)^2 + (-0.4420)^2]} \\ &= \sqrt{[0.1428 + 0.1954]} \end{aligned}$$

Perhitungan Jarak ke Centroid C1

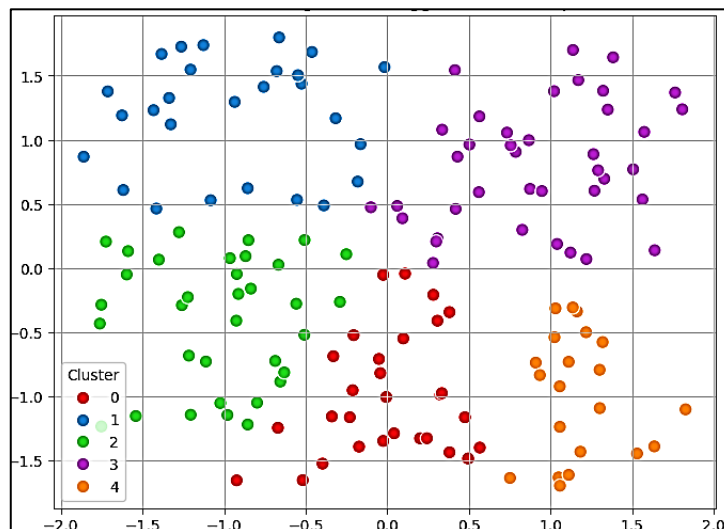
Koordinat centroid C1:

$$\begin{aligned} & \sqrt{[(0.3809 - (-0.9421))^2 + (-1.4353 - 1.1873)^2]} \\ &= \sqrt{[(1.3230)^2 + (-2.6226)^2]} \\ &= \sqrt{[1.7504 + 6.8785]} \\ &= \sqrt{8.6289} \approx 2.9374 = \sqrt{0.3382} \approx 0.5815 \quad \checkmark \end{aligned}$$

Dengan:

- a. x : adalah nilai fitur data (contoh: usia, berat),
- b. μ_k : adalah centroid dari cluster ke-k,
- c. d : adalah jarak Euclidean dari data ke centroid.

Sistem menghitung jarak setiap peserta ke seluruh centroid, lalu peserta akan dimasukkan ke dalam cluster dengan jarak paling kecil. berikut disajikan lima contoh hasil pengelompokan berdasarkan perhitungan jarak Euclidean terhadap setiap centroid. Masing-masing contoh mewakili satu cluster dari total lima yang terbentuk.



Gambar 3. Pengelompokan data

Gambar tersebut merupakan visualisasi hasil clustering (pengelompokan data), umumnya diperoleh dari algoritma K-Means, dengan penjelasan sebagai berikut:

1. Titik data (scatter plot)
Setiap titik merepresentasikan satu data/objek. Posisi titik ditentukan oleh dua variabel (sumbu X dan Y) yang biasanya merupakan hasil normalisasi atau reduksi dimensi (misalnya dari dua fitur utama data).
2. Warna dan label cluster.
Perbedaan warna menunjukkan cluster yang berbeda. Pada legenda terlihat cluster bernomor 0 sampai 4, artinya data telah dikelompokkan menjadi 5 cluster.
 - a) Titik dengan warna yang sama berada dalam satu cluster karena memiliki kemiripan karakteristik.
 - b) Titik dengan warna berbeda menunjukkan data yang kurang mirip sehingga masuk cluster lain.
3. Pola
Terlihat bahwa setiap cluster membentuk pola yang relatif terpisah satu sama lain. Ini menandakan bahwa algoritma berhasil memisahkan data berdasarkan kedekatan jarak antar titik (biasanya jarak Euclidean).

4. Makna hasil clustering

Hasil ini menunjukkan bahwa data dapat dibagi ke dalam beberapa kelompok yang jelas. Dalam konteks sistem informasi atau analisis data:

- Setiap cluster dapat merepresentasikan kategori tertentu (misalnya kelompok umur, tingkat kemampuan, atau karakteristik pengguna).
- Clustering membantu mempermudah pengambilan keputusan, karena data yang banyak dan kompleks telah diringkas menjadi beberapa kelompok utama.

5. Kesimpulan

Secara keseluruhan, grafik ini menunjukkan bahwa proses clustering berjalan dengan baik karena:

- Data dalam satu cluster cenderung berdekatan.
- Jarak antar cluster cukup jelas, sehingga tumpang tindih data relatif kecil.

2.4 Implementasi Sistem

Sistem informasi kejuaraan karate Inkai Kota Kediri diimplementasikan sebagai aplikasi berbasis web menggunakan bahasa pemrograman PHP dan basis data MySQL. Pemilihan teknologi ini didasarkan pada kemudahan pengembangan, kompatibilitas yang luas, serta kemampuan dalam mengelola data secara terstruktur. Sistem berjalan pada arsitektur client–server, di mana pengguna mengakses aplikasi melalui peramban web tanpa memerlukan instalasi tambahan.

Antarmuka pengguna dirancang dengan tampilan yang sederhana, responsif, dan mudah dipahami, sehingga memudahkan panitia kejuaraan dalam melakukan input, pengelolaan, serta pencarian data peserta. Sistem menyediakan formulir input data peserta yang dilengkapi dengan validasi otomatis untuk memastikan kelengkapan dan kebenaran data sebelum disimpan ke dalam basis data. Validasi ini bertujuan untuk mengurangi kesalahan pengisian data yang dapat memengaruhi hasil pengelompokan.

Proses pengolahan data dilakukan pada sisi server, di mana sistem secara otomatis menjalankan algoritma K-Means Clustering untuk mengelompokkan peserta berdasarkan data umur yang telah diinput. Proses klasterisasi dilakukan secara iteratif hingga diperoleh pusat klaster yang stabil, tanpa memerlukan perhitungan manual dari pengguna. Hasil pengelompokan kemudian disimpan dalam basis data dan ditampilkan kembali kepada pengguna dalam bentuk tabel atau laporan yang mudah dipahami.

Seluruh data peserta dan hasil klasterisasi disimpan dalam basis data terpusat, sehingga memudahkan proses pencarian, pembaruan, dan pengelolaan data secara berkelanjutan. Dengan implementasi sistem ini, proses pengelolaan data kejuaraan menjadi lebih cepat, akurat, dan efisien, serta mampu mendukung panitia dalam pengambilan keputusan yang berkaitan dengan penentuan kategori pertandingan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Implementasi Sistem

Sistem informasi kejuaraan karate Inkai Kota Kediri berbasis web telah berhasil diimplementasikan sesuai dengan rancangan yang dibuat. Sistem mampu melakukan pengelolaan data peserta, mulai dari input data, penyimpanan data, hingga proses pengelompokan peserta berdasarkan umur menggunakan metode K-Means Clustering. Tampilan antarmuka sistem dirancang sederhana sehingga mudah digunakan oleh panitia kejuaraan. Contoh tampilan halaman utama sistem ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tampilan Halaman Utama Sistem Informasi

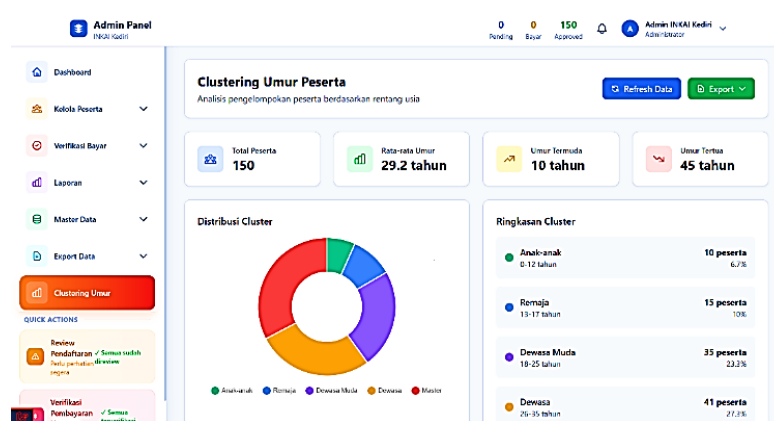
3.2 Hasil Pengelompokan Data Peserta

Proses pengelompokan data peserta dilakukan dengan menentukan jumlah kluster berdasarkan kategori umur pertandingan yang telah ditetapkan. Data peserta selanjutnya diproses menggunakan metode K-Means Clustering hingga diperoleh pusat kluster yang stabil. Proses iterasi berhenti ketika tidak terjadi perubahan signifikan pada nilai centroid, yang menunjukkan bahwa hasil klusterisasi telah mencapai kondisi optimal.

Tabel 1. Hasil Pengelompokan Peserta Berdasarkan Umur

Kluster	Rentang Umur (Tahun)	Jumlah Peserta
K1	8–10	18
K2	11–13	22
K3	14–16	20
K4	17–19	15

Hasil pengelompokan menunjukkan bahwa sistem mampu mengelompokkan peserta secara otomatis ke dalam kelas umur yang sesuai. Distribusi jumlah peserta pada setiap kluster ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan tabel tersebut, setiap kluster memiliki rentang umur yang jelas dan tidak saling tumpang tindih, sehingga mencerminkan homogenitas data dalam masing-masing kluster. Jumlah peserta pada setiap kluster relatif seimbang, yang menunjukkan bahwa pembagian kluster telah dilakukan secara proporsional. Halaman **Clustering Umur Peserta** digunakan untuk menampilkan hasil analisis pengelompokan peserta berdasarkan **rentang usia** menggunakan metode klusterisasi (K-Means). Informasi ini membantu panitia dalam memahami distribusi umur peserta secara cepat dan visual.



Gambar 2 Dashboard Clustering

ada bagian atas dashboard ditampilkan informasi ringkas, yaitu:

1. **Total Peserta:** 150 peserta
2. **Rata-rata Umur:** 29,2 tahun
3. **Umur Termuda:** 10 tahun
4. **Umur Tertua:** 45 tahun

Ringkasan ini memberikan gambaran umum karakteristik data peserta sebelum dan sesudah proses klusterisasi. Bagian **Distribusi Cluster** ditampilkan dalam bentuk diagram lingkaran (donut chart). Setiap warna pada grafik mewakili satu kluster umur, antara lain:

1. **Anak-anak**
2. **Remaja**
3. **Dewasa Muda**
4. **Dewasa**
5. **Lansia**

Grafik ini menunjukkan proporsi jumlah peserta pada masing-masing kluster, sehingga memudahkan panitia melihat kluster umur yang paling dominan dalam kejuaraan.

Pada sisi kanan ditampilkan **Ringkasan Kluster** yang memuat:

1. Nama kluster umur,
2. Rentang usia tiap kluster,

3. Jumlah peserta pada setiap klaster,
4. Persentase peserta terhadap total keseluruhan.

Informasi ini bersifat kuantitatif dan mendukung analisis lebih detail dibandingkan grafik visual.

Dengan adanya tampilan klaster ini, panitia dapat:

1. Menentukan kategori pertandingan secara lebih objektif,
2. Mengurangi kesalahan dalam pengelompokan peserta,
3. Mempercepat proses pengambilan keputusan,
4. Menjamin kesesuaian kelas pertandingan berdasarkan umur peserta.

3.3 Hasil Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh fungsi sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan dan tujuan penelitian. Pengujian meliputi beberapa aspek utama, yaitu pengujian proses input data peserta, pengujian proses klasterisasi menggunakan metode K-Means, serta pengujian tampilan hasil pengelompokan peserta.

Pengujian proses input data peserta dilakukan dengan memasukkan data peserta ke dalam sistem melalui formulir yang telah disediakan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menerima dan menyimpan data peserta dengan baik. Fitur validasi data otomatis bekerja sesuai dengan fungsinya, di mana sistem dapat mendeteksi data yang tidak lengkap atau tidak sesuai format sehingga dapat mencegah kesalahan input sebelum data disimpan ke dalam basis data.

Pengujian proses klasterisasi dilakukan dengan menjalankan algoritma K-Means terhadap data peserta yang telah tersimpan. Sistem mampu melakukan proses perhitungan jarak, pembaruan centroid, dan penentuan klaster secara otomatis tanpa intervensi pengguna. Proses klasterisasi berjalan hingga mencapai kondisi konvergen, yaitu ketika pusat klaster tidak mengalami perubahan yang signifikan. Hasil pengelompokan yang dihasilkan menunjukkan bahwa peserta dapat dikelompokkan berdasarkan umur secara konsisten dan sesuai dengan kategori pertandingan yang ditentukan.

Selain itu, pengujian dilakukan dengan variasi jumlah klaster untuk melihat kestabilan hasil pengelompokan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perubahan jumlah klaster menghasilkan pembagian kelompok umur yang tetap logis dan tidak tumpang tindih. Hal ini menandakan bahwa metode K-Means yang diterapkan dalam sistem memiliki tingkat konsistensi yang baik dalam mengelompokkan data peserta.

Berdasarkan seluruh hasil pengujian tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem informasi kejuaraan karate Inka Kota Kediri telah berjalan sesuai dengan fungsinya. Sistem mampu melakukan pengelolaan data dan pengelompokan peserta secara otomatis, akurat, dan stabil, sehingga layak digunakan sebagai alat bantu dalam pelaksanaan kejuaraan karate.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sistem

No	Skenario Pengujian	Deskripsi Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian
1	Input Data Peserta	Pengisian data peserta melalui formulir system	Data tersimpan dengan benar	Berhasil
2	Validasi Data	Pengujian data tidak lengkap atau salah format	Sistem menolak data tidak valid	Berhasil
3	Proses Klasterisasi	Pengelompokan peserta menggunakan K-Means	Klaster terbentuk otomatis	Berhasil
4	Variasi Jumlah Klaster	Pengujian dengan jumlah klaster berbeda	Klaster terbentuk konsisten	Berhasil
5	Tampilan Hasil	Menampilkan hasil pengelompokan	Data tampil sesuai klaster	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 2, seluruh fungsi utama sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah dirancang. Keberhasilan pengujian input dan validasi data menunjukkan bahwa sistem mampu meminimalkan kesalahan sejak tahap awal pengolahan data. Hal ini penting karena kualitas data input sangat memengaruhi hasil klasterisasi yang dihasilkan oleh metode K-Means.

Keberhasilan proses klasterisasi dan pengujian variasi jumlah klaster menunjukkan bahwa algoritma K-Means yang diimplementasikan dalam sistem memiliki konsistensi dan kestabilan yang baik. Sistem mampu membentuk kelompok umur yang logis dan tidak saling tumpang tindih, sehingga hasil pengelompokan dapat digunakan sebagai dasar penentuan kelas pertandingan. Dibandingkan dengan proses manual, sistem ini memberikan hasil yang lebih objektif karena didasarkan pada perhitungan matematis.

Selain itu, keberhasilan tampilan hasil pengelompokan menunjukkan bahwa sistem tidak hanya berfungsi sebagai alat pengolahan data, tetapi juga sebagai media penyajian informasi yang mudah dipahami oleh pengguna. Dengan demikian, hasil pengujian sistem memperkuat pembahasan bahwa penerapan metode K-Means Clustering dalam sistem informasi kejuaraan karate mampu meningkatkan efisiensi, akurasi, dan konsistensi pengelolaan data peserta.

3.4 Pembahasan

Hasil pengelompokan pada Tabel 1 menunjukkan bahwa metode K-Means Clustering mampu membentuk kluster dengan rentang umur yang jelas dan tidak saling tumpang tindih. Setiap kluster memiliki karakteristik umur yang homogen, sehingga memudahkan panitia dalam menentukan kategori pertandingan sesuai dengan aturan yang berlaku. Kondisi ini menegaskan bahwa variabel umur yang digunakan dalam penelitian sudah relevan dan tepat sebagai dasar pengelompokan peserta.

Selain itu, kestabilan hasil klusterisasi yang diperoleh dari beberapa kali pengujian dengan variasi jumlah kluster menunjukkan bahwa metode K-Means memiliki konsistensi yang baik dalam mengelompokkan data peserta. Ketika centroid telah mencapai kondisi stabil, perubahan data tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap hasil kluster, sehingga sistem dapat diandalkan dalam proses pengelompokan peserta kejuaraan.

Dari sisi efisiensi, penerapan sistem informasi berbasis web memberikan dampak positif terhadap proses pengelolaan data. Proses yang sebelumnya membutuhkan waktu relatif lama karena dilakukan secara manual dapat diselesaikan lebih cepat melalui sistem otomatis. Hal ini tidak hanya menghemat waktu kerja panitia, tetapi juga mengurangi potensi kesalahan subjektif dalam menentukan kelas umur peserta.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi metode K-Means Clustering ke dalam sistem informasi kejuaraan karate mampu meningkatkan kualitas pengelolaan data peserta. Sistem yang dikembangkan tidak hanya berfungsi sebagai alat pencatatan data, tetapi juga sebagai pendukung pengambilan keputusan dalam penentuan kategori pertandingan, sehingga berkontribusi pada pelaksanaan kejuaraan karate Inkai Kota Kediri yang lebih efektif dan terstruktur.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem informasi kejuaraan karate Inkai Kota Kediri berbasis web dengan penerapan metode K-Means Clustering berhasil dirancang dan diimplementasikan. Sistem ini mampu mengelola data peserta secara terstruktur serta melakukan pengelompokan peserta berdasarkan umur secara otomatis dan akurat. Penerapan metode K-Means Clustering dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan data dibandingkan dengan proses manual, serta membantu panitia dalam menentukan kelas pertandingan yang sesuai. Dengan demikian, sistem yang dibangun dapat mendukung proses pengambilan keputusan dan meningkatkan kualitas manajemen data pada kejuaraan karate Inkai Kota Kediri.

5. SARAN

Penelitian selanjutnya perlu mengembangkan proses klusterisasi dengan menambahkan variabel selain umur, seperti berat badan dan tingkat sabuk, agar hasil pengelompokan lebih mencerminkan kondisi aktual pertandingan karate. Penambahan variabel tersebut diharapkan dapat meningkatkan kualitas dan ketepatan kluster yang dihasilkan. Selain itu, penelitian lanjutan disarankan untuk melakukan evaluasi komparatif antara metode K-Means Clustering dan metode clustering lainnya guna menilai perbedaan kinerja, akurasi, dan stabilitas hasil pengelompokan. Penggunaan dataset yang lebih besar dan lebih beragam juga perlu dipertimbangkan untuk menguji konsistensi model pada skala yang lebih luas serta memperkuat validitas hasil penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Han, M. Kamber, and J. Pei, *Data Mining: Concepts and Techniques*, 3rd ed. Burlington, MA, USA: Morgan Kaufmann, 2012.
- [2] T. Hastie, R. Tibshirani, and J. Friedman, *The Elements of Statistical Learning*, 2nd ed. New York, NY, USA: Springer, 2009.
- [3] A. Susanto and R. Kurniawan, "Penerapan Metode K-Means Clustering dalam Pengelompokan Data Peserta," *Generation Journal*, vol. 5, no. 2, pp. 45–52, 2023. (*Jurnal Nasional Terakreditasi SINTA 4*)
- [4] S. Widiastuti, A. Nugroho, and D. Prasetyo, "Implementasi Sistem Informasi Berbasis Web untuk Pengelolaan Data Kegiatan Olahraga," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 9, no. 1, pp. 15–22, 2022.

-
- [5] R. A. Pratama and Y. Kurniawan, “Analisis Pengelompokan Data Menggunakan Metode K-Means pada Sistem Informasi,” *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, vol. 6, no. 3, pp. 512–519, 2022.
 - [6] M. R. Fauzi and D. Kurniawan, “Implementasi K-Means Clustering dalam Pengelompokan Atlet Berdasarkan Usia dan Kategori,” *Generation Journal*, vol. 6, no. 2, pp. 101–109, 2022.
 - [7] H. Sutopo, “Analisis Pengelolaan Data Manual dan Terkomputerisasi pada Sistem Informasi,” *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 12, no. 2, pp. 85–92, 2019.
 - [8] A. Nugroho, *Sistem Informasi Manajemen*. Yogyakarta, Indonesia: Andi, 2018.
 - [9] M. I. Alfarizi and A. R. Sujatmika, “Penerapan Algoritma K-Means dalam Pengelompokan Data Peserta Berbasis Sistem Informasi,” *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, vol. 11, no. 1, pp. 45–53, 2025.
 - [10] T. Connolly and C. Begg, *Database Systems: A Practical Approach to Design, Implementation, and Management*, 6th ed. Harlow, UK: Pearson Education, 2015.
 - [11] C. C. Aggarwal, *Data Mining: The Textbook*. Cham, Switzerland: Springer, 2015.
 - [12] R. S. Pressman and B. R. Maxim, *Software Engineering: A Practitioner’s Approach*, 9th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2020.
 - [13] E. Prasetyo, *Data Mining: Konsep dan Aplikasi Menggunakan MATLAB*. Yogyakarta, Indonesia: Andi, 2014.
 - [14] J. MacQueen, “Some Methods for Classification and Analysis of Multivariate Observations,” in *Proc. 5th Berkeley Symp. on Mathematical Statistics and Probability*, Berkeley, CA, USA, 1967, pp. 281–297.
 - [15] I. H. Witten, E. Frank, and M. A. Hall, *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques*, 3rd ed. Burlington, MA, USA: Morgan Kaufmann, 2011.