

Sistem Klasifikasi Strata Kelas Peserta Kursus berbasis web menggunakan algoritma K-Means

Vivi Maulida^{1,*}, Neni Mulyani¹, Mustika Fitri Larasati Sibuea¹

¹ Program Studi Sistem Informasi, Universitas Royal, Indonesia

* Correspondence: vivimaulida25@gmail.com

Copyright: © 2024 by the authors

Received: 18 Agustus 2024 | Revised: 22 Agustus 2024 | Accepted: 26 Agustus 2024 | Published: 19 Desember 2024

Abstrak

Peningkatan jumlah peserta dalam kursus online telah mendorong pengembangan sistem yang efektif untuk mengelola dan mengklasifikasi data mereka. Tujuan penelitian ini adalah membangun sistem klasifikasi strata kelas peserta kursus berbasis web menggunakan algoritma K-Means. Jenis penelitian ini adalah pengembangan dengan menerapkan model waterfall. Kami menerapkan model ini dengan tahapan analisis, desain, implementasi, dan pengujian. Data yang kami gunakan peserta kursus di Lembaga Swadaya Training Centre yang dari tahun 2013 sampai dengan tahun 2024. Pengujian sistem ini yang kami kembangkan menggunakan black box. Algoritma k-means dipilih karena kemampuannya dalam mengelompokkan data tanpa supervisi, yang cocok untuk memproses data besar dan heterogen dari peserta kursus. Hasil analisis data menunjukkan bahwa terdapat 2 kluster data strata kelas terdiri dari SD, Kuliah, Umum (C1) dan SMP dan SMA (C2). Selanjutnya hasil temuan kami juga adalah sistem klasifikasi berbasis web yang terintegrasi dengan algoritma k-means. Pengujian sistem juga menunjukkan bahwa sistem sudah berfungsi sebagaimana mestinya sesuai dengan desain dan analisis kebutuhan yang telah ditentukan. Dengan adanya sistem ini dapat membantu pihak terkait untuk mengambil keputusan dalam melakukan promosi pangsa pasar peserta kursus.

Kata kunci: algoritma k-means; data mining; klasifikasi; sistem informasi

Abstract

The increasing number of participants in online courses has driven the development of effective systems to manage and classify their data. The objective of this research is to develop a web-based class strata classification system for course participants using the K-Means algorithm. This research is developmental in nature, employing the waterfall model. We implemented this model through the stages of analysis, design, implementation, and testing. The data used were course participants from the Lembaga Swadaya Training Centre from 2013 to 2024. The system testing we developed utilized the black box method. The K-Means algorithm was chosen for its ability to cluster data without supervision, which is suitable for processing large and heterogeneous data from course participants. The data analysis results show that there are 2 clusters of class strata data: elementary, university, and general (C1) and junior high and high school (C2). Furthermore, our findings also include a web-based classification system integrated with the K-Means algorithm. System testing also showed that the system functions as intended according to the design and requirements analysis. This system can assist relevant parties in making decisions for promoting the market share of course participants.

Keywords: k-means algorithm; data mining; classification; information system

PENDAHULUAN

Semakin pesat teknologi saat ini membuat hampir tidak ada bidang kehidupan manusia yang bebas dari penggunaannya, baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Seiring arus globalisasi dengan tuntutan kebutuhan pertukaran informasi yang cepat, peranan teknologi



komunikasi menjadi sangat penting (Syahputra, 2021; Wiryany et al., 2022). Banyak usaha yang membutuhkan teknologi informasi, salah satunya seperti usaha yang bergerak dibidang jasa kursus. Karena dengan adanya teknologi informasi dapat membantu segala aktivitas yang berjalan pada usaha tersebut, khususnya jasa yang bergerak dibidang pelayanan pelatihan atau kursus yang dapat diperoleh dari pendidikan nonformal (Sintiawati et al., 2022).

Pendidikan nonformal adalah jalur pendidikan diluar pendidikan formal yang dapat dilaksanakan secara terstruktur dan berjenjang (Syaadah et al., 2022). Jalur pendidikan nonformal diselenggarakan bagi warga masyarakat yang memerlukan layanan pendidikan yang berfungsi sebagai pengganti, penambah dan atau pelengkap pendidikan formal dalam rangka mendukung pendidikan sepanjang hayat (Yusra et al., 2021; Zaifullah et al., 2023). Salah satu faktor yang mendukung keberhasilan suatu usaha yakni penggunaan teknologi informasi yang ada pada perusahaan tersebut. Begitu juga dengan perusahaan yang bergerak di bidang jasa kursus, seperti Lembaga Kursus Swadaya Training Centre yang merupakan lembaga kursus komputer yang teletak di jalan Letjend Suprpto No. 11, Kelurahan Matahalasan, Kecamatan Tanjungbalai, Kota Tanjungbalai.

Berdasarkan data awal dan observasi yang dari tahun 2013-2014, terlihat bahwa data siswa berdasarkan tingkatan SD, SMP, SMA, Kuliah dan Umum berfluktuasi setiap tahunnya. Hal ini mempengaruhi operasional dan pendapatan Lembaga Kursus Swadaya *Training Centre*. Masalah ini dipengaruhi oleh kurangnya promosi yang dilakukan oleh pihak Lembaga Kursus Swadaya *Training Centre*. Swadaya Training Centre melakukan proses promosi tidak berdasarkan data strata kelas peserta kursus dari data sebelumnya, sehingga kurang optimal dalam melakukan promosi. Peserta kursus Swadaya Training Centre berasal dari beberapa tingkatan yaitu SD, SMP, SMA, Kuliah dan Umum. Disamping itu Lembaga Kursus Swadaya Training Centre tidak dapat mengelompokkan strata kelas peserta kursus pada lembaga tersebut, sehingga seringkali pimpinan sulit untuk mengambil keputusan dalam melakukan promosi terhadap pangsa pasar peserta kursus.

Saat ini, data pada Lembaga Kursus Swadaya Training Centre terbilang masih mentah, sehingga perlu diolah menggunakan metode *k-means clustering*. *Data mining* dapat didefinisikan sebagai prosedur untuk menentukan pola atau pola data untuk tujuan memperoleh dan menemukan informasi yang berguna dari sekelompok data yang sangat besar (Uska et al., 2020). Yang pada akhirnya memungkinkan keputusan atau penilaian tentang suatu hal tertentu. Beberapa alat dan teknik *data mining* telah dikembangkan dan telah digunakan dalam proyek untuk tujuan *data mining* spesifik yang terkait dengan jaringan saraf, pohon keputusan, prediksi, pengelompokan, dan klasifikasi (Nuranti et al., 2021; Pramadhana, 2021; Takdirillah, 2020). Jenis teknologi eksplorasi ini memiliki aturan dan metode khusus yang membantu menentukan masalah apa yang perlu dipecahkan.

Algoritma *K-Means* merupakan algoritma nonhirarki yang berasal dari metode data *clustering* (Amri et al., 2023). Algoritma *k-means* dimulai dengan pembentukan partisi *cluster* diawal kemudian secara iteraktif partisi *cluster* ini diperbaiki hingga tidak terjadi perubahan yang signifikan pada partisi *cluster* (Ashari et al., 2022; Pramadhana, 2021). Metode *k-means* ini mempartisi data ke dalam kelompok sehingga data berkarakteristik sama dimasukkan kedalam set kelompok yang sama (Cai et al., 2020; Naoui et al., 2020) dan data yang berkarakteristik berbeda dikelompokkan kedalam kelompok yang lain (Bigdeli et al., 2022; Ikotun et al., 2023; Tabianan et al., 2022).

Penelitian sebelumnya telah menerapkan algoritma *k-means* dalam berbagai konteks pendidikan, termasuk menganalisis data pembelajaran siswa untuk meningkatkan adaptasi konten pembelajaran dan memberikan rekomendasi yang dipersonalisasi (Gligorea et al., 2023; Vankayalapati et al., 2021). Namun, penelitian ini menambahkan nilai lebih dengan fokus pada pengembangan sistem yang dapat digunakan langsung oleh lembaga pendidikan untuk mengelola peserta kursus secara *real-time*. Selanjutnya, temuan lain telah mengembangkan

aplikasi berbasis web atau *platform e-learning*, tetapi sering kali fokus pada fitur tertentu seperti analisis prediktif atau pembelajaran adaptif tanpa integrasi algoritma pengelompokan secara langsung (Okoye, 2021; Tahir et al., 2022). Penelitian ini melakukan atau mengisi kekurangan pada temuan tersebut dengan menggabungkan pengelompokan data dengan antarmuka pengguna yang dapat dioperasikan secara langsung.

Meskipun banyak penelitian telah mengembangkan sistem berbasis web dan mengeksplorasi penggunaan algoritma *k-means* untuk klasifikasi dalam berbagai konteks, hanya sedikit yang secara khusus fokus pada penerapannya untuk klasifikasi strata kelas peserta kursus dalam konteks platform pembelajaran berbasis web. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan membangun sistem klasifikasi berbasis web yang terintegrasi dengan algoritma *k-means* untuk memudahkan pengelolaan data peserta kursus dan mendukung pengambilan keputusan strategis oleh lembaga pendidikan.

METODE

Sistem klasifikasi yang kami buat menggunakan algoritma *k-means* dengan menerapkan model waterfall dengan tahapan analisis, desain, kode dan implementasi, testing atau pengujian. Tahap analisis kami melakukan analisis sistem yaitu kelebihan dan kekurangan dari sistem klasifikasi strata kelas peserta kursus pada Lembaga Swadaya Training Centre. Data yang kami gunakan jumlah siswa yang mendaftar di Lembaga Kursus Swadaya Training Centre dari tahun 2014 – 2023, dan dianalisis menggunakan metode atau algoritma *k-means*.

Tahapan desain, disini kami membuat *use case diagram*, *class diagram*, *activity diagram*, *sequence diagram*, perancangan struktur data dan *flowchart*. Sementara itu pada tahapan implementasi kami Sistem akan dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman PHP dan *database MySQL*. Dan tahapan pengujian ini kami menggunakan *black box* untuk mengetahui apakah tombol-tombol yang ada pada sistem tersebut berfungsi dengan baik. Selain itu untuk memastikan bahwa sistem dapat menerima input data peserta dengan benar, serta Memeriksa apakah antarmuka pengguna berfungsi dengan baik dan responsif.

Pada analisis data, kami menggunakan algoritma *k-means* dengan melakukan pengelompokan data berdasarkan statara atau lulusan SD, SMP, SMA, Kuliah dan umum, dengan tahapan menentukan jumlah kluster, menetapkan setiap titik data ke kluster yang memiliki *centroid* terdekat berdasarkan jarak yang telah dihitung. Mengulangi langkah *assignment* dan Update hingga posisi *centroid* tidak berubah lagi atau perubahan antara posisi *centroid* yang baru dan yang lama berada di bawah ambang batas tertentu (*convergence*), atau setelah sejumlah iterasi yang ditentukan tercapai. Dan yang terakhir adalah setelah algoritma berhenti (konvergen), hasil akhirnya adalah pembagian dataset menjadi beberapa kluster, di mana setiap titik data berada di kluster yang *centroid*-nya paling dekat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Analisis kebutuhan sistem terdiri atas analisis data, analisis pengguna, analisis perangkat keras dan analisis perangkat lunak. Analisis kebutuhan sistem pada klasifikasi strata kelas peserta kursus pada Lembaga Swadaya Training Centre dengan formulasi *k-means* dilakukan untuk mengetahui hal-hal yang dibutuhkan untuk memperbaiki sistem tersebut sehingga menjadi lebih baik lagi. Analisis data masukan pada klasifikasi strata kelas peserta kursus pada Lembaga Swadaya Training Centre dengan formulasi *k-means* menggunakan data strata dari tahun 2013 sampai dengan tahun 2024.

Tabel 1. Jarak ke pusat *cluster*

Strata	Keanggotaan	Min Jarak	Kuadrat
SD	C1	32.766	1073.667
SMP	C2	81.797	6690.750
SMA	C2	81.797	6690.750
Kuliah	C1	34.302	1176.667
Umum	C1	20.338	413.667
	WCV		16045.500

Hasil analisis pada klasifikasi strata kelas peserta kursus pada Lembaga Swadaya Training Centre yang disajikan pada tabel 1 adalah jarak pusat kluster terdiri dari jenjang SD, SMP, SMA, Kuliah, dan Umum, serta C1 adalah kluster 1 dan C2 Kluster 2. Selanjutnya dilakukan perhitungan iterasi 1 dan memperoleh nilai rasio sebesar 0,0046 yang dapat dilihat pada tabel 2. Selajutnya dilakukan perhitungan kembali sampai iterasi ke 4, karena hasil perhitungan pada iterasi ke 4 ini sama dengan hasil iterasi sebelumnya. Oleh karena itu, perhitungan tidak dilanjutkan dan memperoleh nilai rasio sebesar 0.0126 pada tabel 3. Analisis keluaran pada klasifikasi strata kelas peserta kursus di Lembaga Swadaya Training Centre dengan formulasi *K-Means* terdiri atas 2 (dua) hasil yaitu *clustering* data strata dengan C1 adalah SD, Kuliah, Umum dan C2 adalah SMP dan SMA. Sehingga persentase yang diperoleh berdasarkan gambar 1 adalah untuk C1 sebesar 60% dan C2 sebesar 40%.

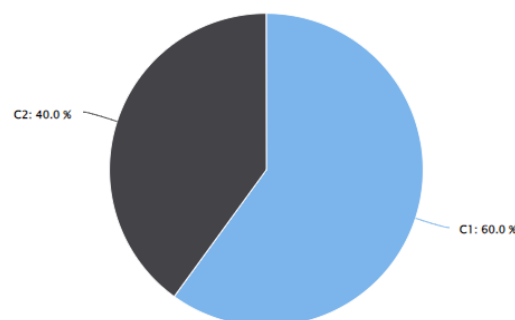
Tabel 2. Jarak antar *cluster* baru iterasi 1

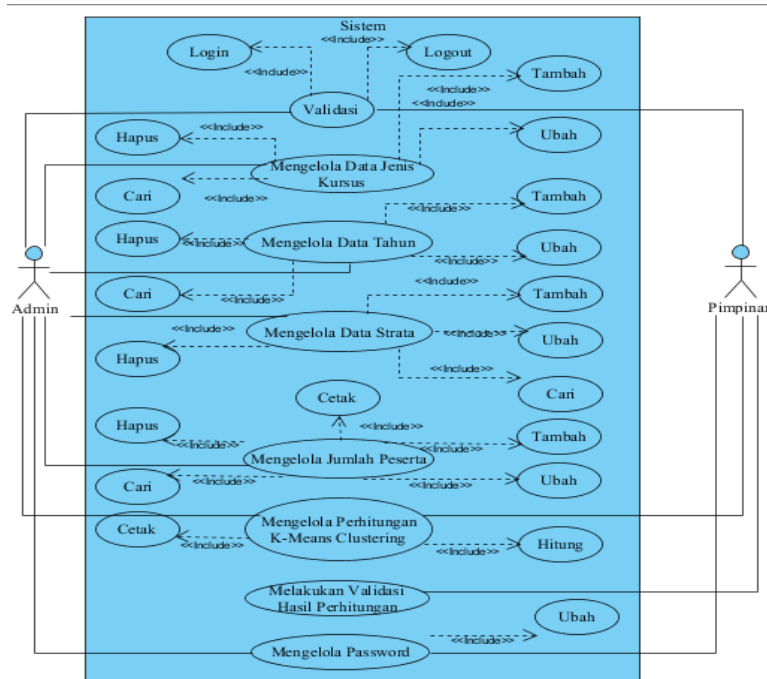
Cluster 1	Cluster 2	D
C1	C2	151.419
	BVC	151.419
	Ratio Sebelumnya	0
	Ratio	0.0046

Tabel 3. Jarak antar *cluster* baru iterasi 4

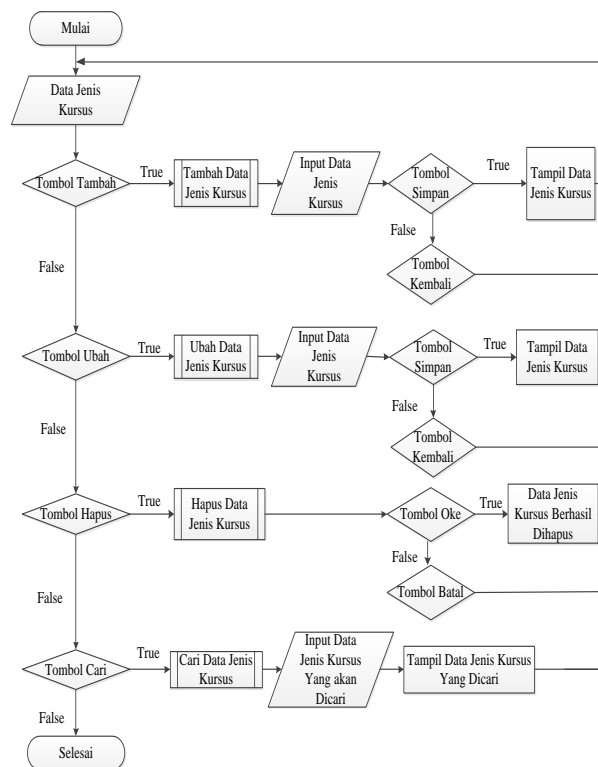
Cluster 1	Cluster 2	D
C1	C2	202.760
	BVC	202.760
	Ratio Sebelumnya	0.0126
	Ratio	0.0126

Grafik Hasil Clustering Strata Kelas Peserta Kursus

**Gambar 1.** Hasil *cluster*



Gambar 2. Use case diagram

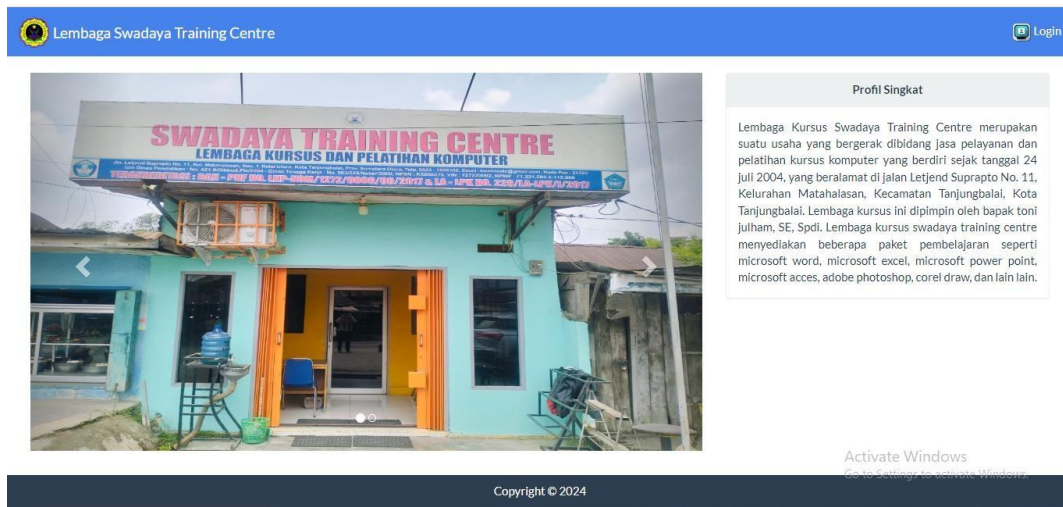


Gambar 3. Flowchart data jenis kursus

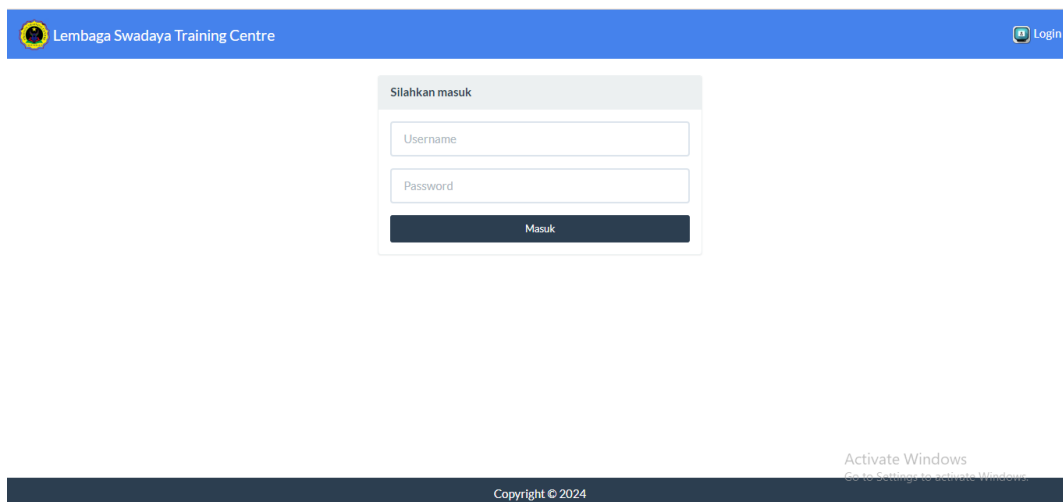
Hasil desain pada temuan kami adalah menghasilkan *use case* diagram pada gambar 2. Dimana *use case* ini berfungsi untuk identifikasi aktor pada klasifikasi strata kelas peserta kursus pada Lembaga Swadaya Training Centre dengan formulasi *k-means* yang terdiri user admin, pimpinan. Dan masing-masing level *user* memiliki tugas nya masing-masing berdasarkan yang disajikan pada gambar 2. Misalnya mengelola data jenis kursus dan mengelola data tahunan oleh admin. Sementara itu, pimpinan bisa melakukan validasi hasil perhitungan, dan tindakan tersebut tidak bisa dilakukan oleh admin.

Sementara itu agar jelas alur dari sistem yang telah kami kembangkan, kami menyajikan salah satu *flowchart* pada menu data jenis kursus yang dapat dilihat pada gambar 3. Gambar 3 tersebut memberikan gambaran alur sistem pada menu jenis data kursus. Pertama-tama melakukan tombol tambah, lalu input data yang diinginkan. Selanjutnya menekan tombol *save* untuk menyimpan data, dan apabila benar data tersebut, maka akan menampilkan hasil data yang telah *dinput*. Apabila sebaliknya akan kembali ke tahapan *input* data.

Implementasi Antarmuka sudah dibuat sebelumnya diubah ke dalam bahasa pemrograman yaitu dengan menggunakan bahasa pemrograman PHP. Hasil sistem yang telah kami bangun terdiri dari beberapa menu seperti: halaman beranda, login, halaman jenis data, dan lain sebagainya. Halaman beranda pada klasifikasi strata kelas peserta kursus pada Lembaga Swadaya Training Centre dengan formulasi *k-means* yang terdiri atas 2 (dua) menu yaitu menu *home* dan menu *login* pada gambar 4.



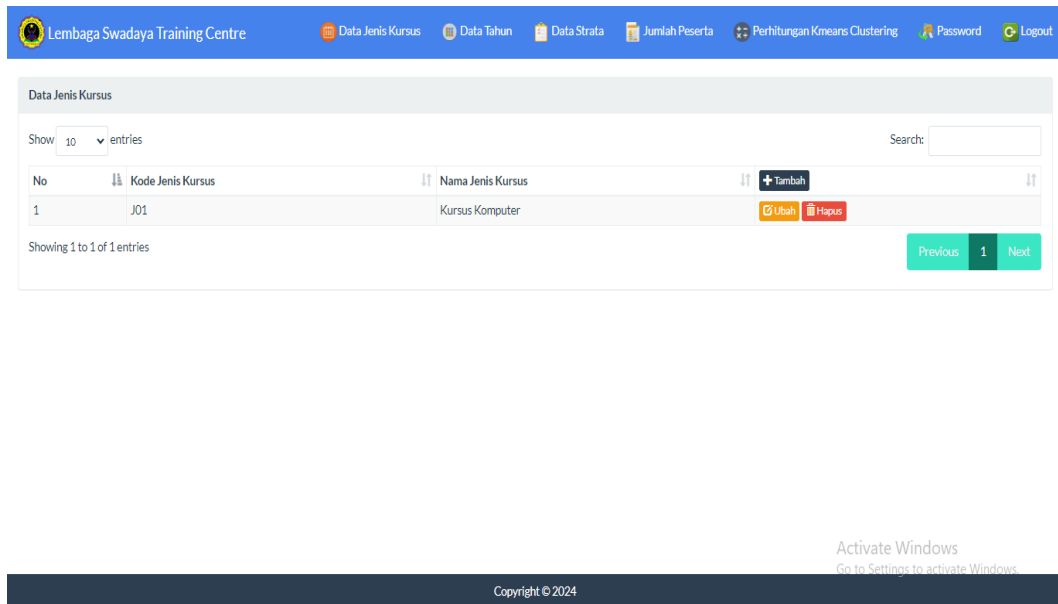
Gambar 4. Halaman beranda



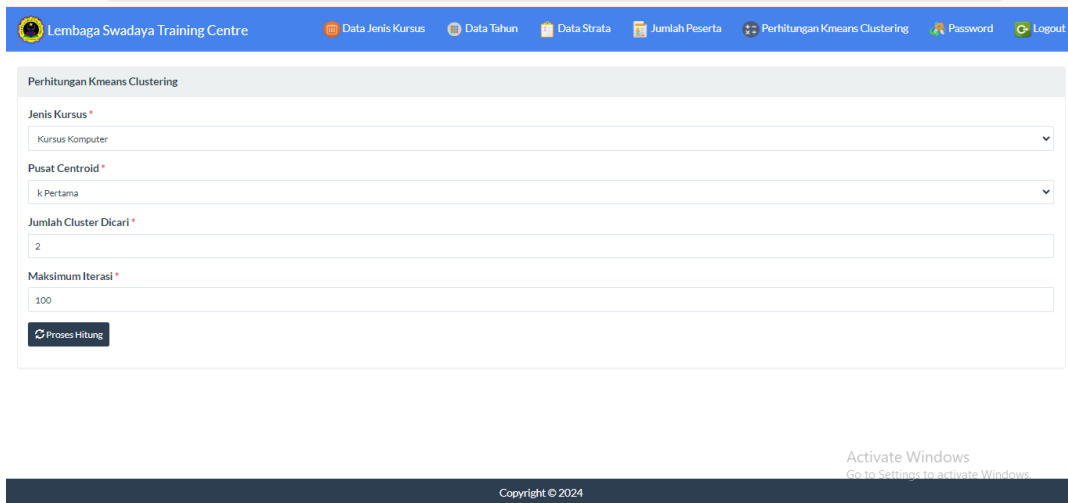
Gambar 5. Halaman *login* admin

Halaman *login* pada gambar 5 klasifikasi strata kelas peserta kursus pada Lembaga Swadaya Training Centre dengan formulasi *k-means* yang terdiri atas *field username* dan *password* serta tombol masuk. Menu ini menginstruksikan kepada pengguna untuk masuk ke sistem dengan memasukkan akun mereka yaitu *username* dan *password* untuk mulai mengoperasikan sistem sesuai dengan kebutuhan pengguna atau sesuai dengan level pengguna, baik pengguna admin, maupun Pimpinan.

Selanjutnya pada gambar 6 adalah tampilan *interface* sistem kami yang menampilkan halaman data jenis kursus admin seperti menambahkan kode dan nama jenis kursus . Dan gambar 7 adalah Halaman Perhitungan Admin menjelaskan halaman perhitungan pada klasifikasi strata kelas peserta kursus pada Lembaga Swadaya Training Centre dengan formulasi *k-means*. Terdapat 4 (empat) *field* yang ada di halaman perhitungan yaitu jenis kursus, pusat *centroid*, jumlah *cluster* yang dicari, dan maksimum iterasi dengan tombol aksi proses hitung.



Gambar 6. Halaman data jenis kursus admin



Gambar 7. Halaman perhitungan admin

Berdasarkan hasil pengujian *black box* yang disajikan pada tabel 5, membuktikan bahwa sistem klasifikasi strata kelas peserta kursus berbasis web ini telah memenuhi semua spesifikasi dan persyaratan yang ditetapkan. Semua fungsi utama sistem bekerja dengan baik tanpa ada kesalahan atau *bug* yang signifikan, seperti menu *login*, menu data jenis kursus dan lain sebagainya telah berhasil diterima berdasarkan hasil yang diharapkan dan hasil pengamatan. Penggunaan algoritma *k-means* juga berhasil mengelompokkan data dengan akurasi yang tinggi dan dalam waktu yang efisien.

Tabel 5. Hasil pengujian sistem menggunakan *black box*

Data Masukan	Yang Diharapkan	Pengamatan	Kesimpulan
Klik menu <i>login</i>	Dapat menampilkan halaman <i>login</i>	Menu <i>login</i> sesuai dengan yang diharapkan	Diterima
Klik menu data jenis kursus	Dapat menampilkan halaman data jenis kursus	Menu data jenis kursus sesuai dengan yang diharapkan	Diterima
Klik tombol tambah	Dapat masuk ke halaman tambah data jenis kursus dan melakukan pengisian data jenis kursus	Tombol tambah data jenis kursus sesuai dengan yang diharapkan	Diterima
Klik tombol simpan	Data jenis kursus yang telah di- <i>inputkan</i> pada <i>form</i> tersimpan di <i>database</i> dan tampil pada halaman data jenis kursus	Tombol simpan sesuai dengan yang diharapkan data jenis kursus berhasil disimpan	Diterima
Klik tombol kembali	Dapat kembali ke halaman data jenis kursus	Tombol kembali sesuai dengan yang diharapkan	Diterima
Klik tombol cari	Dapat mencari data jenis kursus yang di- <i>inputkan</i>	Tombol cari sesuai dengan yang diharapkan data	Diterima
Klik menu perhitungan	Dapat menampilkan halaman perhitungan	Menu perhitungan sesuai dengan yang diharapkan	Diterima
Klik tombol proses hitung	Dapat menampilkan hasil perhitungan <i>Kmeans</i>	Tombol hitung sesuai dengan yang diharapkan	Diterima
Klik tombol cetak	Dapat menampilkan halaman cetak hasil perhitungan <i>Kmeans</i>	Tombol cetak Sesuai dengan yang diharapkan	Diterima

Pembahasan

Algoritma *k-means* telah terbukti efektif dalam mengelompokkan peserta kursus ke dalam klaster berdasarkan karakteristik mereka. Analisis yang dilakukan dalam penelitian ini mengidentifikasi dua klaster utama: (1) klaster C1, yang mencakup peserta dengan latar belakang pendidikan SD, perguruan tinggi, dan kategori umum; serta (2) klaster C2, yang terdiri dari peserta dengan latar belakang pendidikan SMP dan SMA. Hasil pengelompokan ini menunjukkan adanya perbedaan signifikan dalam pola partisipasi dan kebutuhan pembelajaran di antara kedua klaster tersebut.

Sistem berbasis web yang dikembangkan dalam penelitian ini menunjukkan potensi besar dalam mempermudah pengelolaan data peserta kursus secara *real-time* serta meningkatkan aksesibilitas pengguna. Sistem ini dirancang untuk melayani berbagai pihak, termasuk admin dan pengajar. Meskipun demikian, terdapat sejumlah keterbatasan, seperti kebutuhan untuk menyempurnakan antarmuka pengguna agar lebih intuitif dan inklusif bagi semua kalangan. Pengujian menggunakan *black box testing* mengungkap bahwa seluruh fungsi utama sistem berjalan sesuai dengan desain dan spesifikasi awal, yang menandakan tingkat

keandalan yang memadai. Namun, untuk memastikan kinerja sistem dalam berbagai kondisi penggunaan, diperlukan pengujian tambahan, seperti *white box testing* atau pengujian integrasi.

Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam penerapan teknologi data mining di bidang pendidikan, khususnya untuk pengelompokan peserta kursus online. Sistem yang dikembangkan memungkinkan lembaga pendidikan untuk mengambil keputusan yang lebih baik terkait strategi pemasaran serta penyesuaian materi kursus sesuai kebutuhan setiap kluster peserta. Penelitian ini juga membuka peluang untuk studi lanjutan, seperti integrasi algoritma yang lebih canggih atau penerapan metode pengelompokan data yang lebih kompleks.

Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, yang cenderung berfokus pada pengembangan aplikasi berbasis web atau *platform e-learning* dengan fitur tertentu seperti analisis prediktif atau pembelajaran adaptif tanpa mengintegrasikan algoritma pengelompokan secara langsung (Okoye, 2021; Tahir et al., 2022), penelitian ini menonjol dengan mengintegrasikan algoritma *k-means* secara langsung dalam sistem berbasis web yang diuji menggunakan data dunia nyata. Selain itu, penelitian sebelumnya yang menerapkan algoritma *k-means* dalam konteks pendidikan terutama berfokus pada analisis data pembelajaran siswa untuk meningkatkan adaptasi konten atau memberikan rekomendasi personalisasi (Gligorea et al., 2023; Vankayalapati et al., 2021). Selain itu, penelitian kami tidak hanya mengintegrasikan algoritma *k-means*, tetapi juga mengimplementasikan sistem berbasis web yang mempermudah akses pengguna serta pengelolaan data peserta secara *real-time*.

SIMPULAN

Penelitian kami berhasil mengembangkan sistem klasifikasi strata kelas peserta kursus berbasis web dengan menggunakan algoritma K-Means. Sistem yang dikembangkan mampu mengelompokkan peserta kursus ke dalam dua kluster utama, yaitu SD, Kuliah, Umum (C1) dan SMP dan SMA (C2). Penggunaan algoritma K-Means terbukti efektif dalam menangani data yang besar dan heterogen, memungkinkan pengelompokan tanpa supervisi yang tepat dan sesuai dengan kebutuhan lembaga. Pengujian sistem menggunakan metode *black box* menunjukkan bahwa sistem berfungsi sesuai dengan desain dan spesifikasi yang ditentukan. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem ini dapat diandalkan untuk membantu lembaga pendidikan dan pelatihan dalam pengambilan keputusan yang lebih baik, terutama dalam strategi pemasaran dan promosi kursus.

REFERENSI

- Amri, Z., Kusriani, & Kusnawi. (2023). Prediksi Tingkat Kelulusan Mahasiswa menggunakan Algoritma Naïve Bayes, Decision Tree, ANN, KNN, dan SVM. *Edumatic: Jurnal Pendidikan Informatika*, 7(2), 187–196. <https://doi.org/10.29408/edumatic.v7i2.18620>
- Ashari, I. A., Negara, I. S. M., & Sumantri, R. B. B. (2022). Evaluasi Pembayaran Keuangan Siswa berdasarkan Penghasilan Wali Siswa menggunakan Metode Clustering K-Means. *Edumatic: Jurnal Pendidikan Informatika*, 6(2), 324–333. <https://doi.org/10.29408/edumatic.v6i2.6395>
- Bigdeli, A., Maghsoudi, A., & Ghezlbash, R. (2022). Application of self-organizing map (SOM) and K-means clustering algorithms for portraying geochemical anomaly patterns in Moallem district, NE Iran. *Journal of Geochemical Exploration*, 233, 106923. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2021.106923>
- Cai, W., Zhao, J., & Zhu, M. (2020). A real time methodology of cluster-system theory-based reliability estimation using k-means clustering. *Reliability Engineering & System Safety*, 202, 107045. <https://doi.org/10.1016/j.res.2020.107045>
- Gligorea, I., Cioca, M., Oancea, R., Gorski, A.-T., Gorski, H., & Tudorache, P. (2023). Adaptive learning using artificial intelligence in e-learning: a literature review. *Education Sciences*, 13(12), 1216. <https://doi.org/10.3390/educsci13121216>

- Ikotun, A. M., Ezugwu, A. E., Abualigah, L., Abuhaija, B., & Heming, J. (2023). K-means clustering algorithms: A comprehensive review, variants analysis, and advances in the era of big data. *Information Sciences*, 622, 178–210. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2022.11.139>
- Naoui, M. A., Lejdel, B., & Ayad, M. (2020). Using K-means algorithm for regression curve in big data system for business environment. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 14(2), 34–48.
- Nuranti, M., Aini, M. N., & Enri, U. (2021). Komparasi Distance Measure Pada K-Medoids Clustering untuk Pengelompokan Penyakit Ispa. *Edumatic: Jurnal Pendidikan Informatika*, 5(1), 99–107. <https://doi.org/10.29408/edumatic.v5i1.3359>
- Okoye, K. (2021). Educational Workflow Model for Effective and Quality Management of E-Learning Systems Design and Development: A Conceptual Framework. *International Conference on Innovations in Bio-Inspired Computing and Applications*, 475–490.
- Pramadhana, D. (2021). Klasifikasi Penyakit Diabetes Menggunakan Metode CFS Dan ROS dengan Algoritma J48 Berbasis Adaboost. *Edumatic: Jurnal Pendidikan Informatika*, 5(1), 89–98. <https://doi.org/10.29408/edumatic.v5i1.3336>
- Sintiawati, N., Fajarwati, S. R., Mulyanto, A., Muttaqien, K., & Suherman, M. (2022). Partisipasi civitas akademik dalam implementasi merdeka belajar kampus merdeka (MBKM). *Jurnal Basicedu*, 6(1), 902–915. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i1.2036>
- Syaadah, R., Ary, M. H. A. A., Silitonga, N., & Rangkuty, S. F. (2022). Pendidikan formal, Pendidikan non formal Dan Pendidikan informal. *PEMA (Jurnal Pendidikan Dan Pengabdian Kepada Masyarakat)*, 2(2), 125–131. <https://doi.org/10.56832/pema.v2i2.298>
- Syahputra, U. (2021). Dampak Handphone Terhadap Anak-Anak di SDN Desa Paluh Kurau. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Stkip Al Maksud*, 2(1), 36–43.
- Tabianan, K., Velu, S., & Ravi, V. (2022). K-means clustering approach for intelligent customer segmentation using customer purchase behavior data. *Sustainability*, 14(12), 7243. <https://doi.org/10.3390/su14127243>
- Tahir, S., Hafeez, Y., Abbas, M. A., Nawaz, A., & Hamid, B. (2022). Smart learning objects retrieval for E-Learning with contextual recommendation based on collaborative filtering. *Education and Information Technologies*, 27(6), 8631–8668. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10966-0>
- Takdirillah, R. (2020). Penerapan Data Mining Menggunakan Algoritma Apriori Terhadap Data Transaksi Penjualan Bisnis Ritel. *Edumatic: Jurnal Pendidikan Informatika*, 4(1), 37–46. <https://doi.org/10.29408/edumatic.v4i1.2081>
- Uska, M., Wirasmita, R., Usuluddin, U., & Arianti, B. (2020). Evaluation of Rapidminer-Aplication in Data Mining Learning using PeRSIVA Model. *Edumatic: Jurnal Pendidikan Informatika*, 4(2), 164–171. <https://doi.org/10.29408/edumatic.v4i2.2688>
- Vankayalapati, R., Ghutugade, K. B., Vannapuram, R., & Prasanna, B. P. S. (2021). K-Means algorithm for clustering of learners performance levels using machine learning techniques. *Rev. d'Intelligence Artif.*, 35(1), 99–104. <https://doi.org/10.18280/ria.350112>
- Wiriany, D., Natasha, S., & Kurniawan, R. (2022). Perkembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi terhadap Perubahan Sistem Komunikasi Indonesia. *Jurnal Nomosleca*, 8(2), 242–252. <https://doi.org/10.26905/nomosleca.v8i2.8821>
- Yusra, Z., Zulkarnain, R., & Sofino, S. (2021). Pengelolaan Lkp Pada Masa Pendmik Covid-19. *Journal Of Lifelong Learning*, 4(1), 15–22. <https://doi.org/10.33369/joll.4.1.15-22>
- Zaifullah, Z., Cikka, H., Kahar, M. I., Ismail, M. J., & Iskadar, I. (2023). Peran Pusat Kegiatan Belajar Masyarakat (PKBM) Dalam Penyelenggaraan Pendidikan Nonformal di Era Society 5.0. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 3(2), 14539–14549. <https://doi.org/10.31004/innovative.v3i2.2089>