

Clustering Algorithm

Klasterisasi Minat dan Bakat Siswa Menggunakan Metode X-Means Berbasis Web

Studi Kasus SMA Negeri 1 Hamparan Perak

Elca Popi Amada¹, Andi Zulherry^{2*}

¹ Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Sistem Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, Indonesia

² Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Sains Data, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diterima Redaksi: 16 Oktober 2025

Revisi Akhir: 08 Januari 2026

Diterbitkan *Online*: 10 Januari 2026

KATA KUNCI

Data Mining
Klasterisasi
Minat dan Bakat
Sistem Informasi
X-Means

KORESPONDENSI (*)

Phone: +62 822-7598-7739

E-mail: andizulherry@umsu.ac.id

A B S T R A K

Identifikasi minat dan bakat siswa di SMA Negeri 1 Hamparan Perak masih menggunakan metode konvensional seperti observasi guru dan kuesioner manual, yang menyebabkan data tidak terstruktur dan rentan bias. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem informasi berbasis web menggunakan algoritma X-Means untuk mengelompokkan siswa berdasarkan profil minat dan bakat secara objektif. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan model pengembangan Waterfall. Data 200 siswa kelas XII IPA dianalisis menggunakan tiga variabel: nilai rata-rata akademik, jumlah kegiatan ekstrakurikuler, dan skor keaktifan. Sistem dibangun menggunakan PHP, MySQL, HTML, CSS, dan JavaScript untuk komputasi algoritma X-Means di sisi klien. Evaluasi kualitas cluster menggunakan Davies-Bouldin Index (DBI) dan Bayesian Information Criterion (BIC). Sistem berhasil mengidentifikasi 8 cluster optimal dengan nilai DBI 0,8530, menunjukkan pemisahan cluster yang baik. Delapan profil siswa teridentifikasi berdasarkan kombinasi karakteristik akademik, partisipasi ekstrakurikuler, dan keaktifan. Pengujian black-box menunjukkan semua fitur berfungsi sesuai spesifikasi. Algoritma X-Means efektif mengelompokkan siswa secara otomatis dan objektif, menghasilkan profil yang dapat digunakan untuk bimbingan personal berbasis data.

PENDAHULUAN

Identifikasi minat dan bakat siswa merupakan aspek fundamental dalam sistem pendidikan yang berkontribusi terhadap pengembangan holistik peserta didik. Ketika siswa diberi kesempatan mengeksplorasi minat dan bakatnya, hal ini memungkinkan mereka membangun identitas diri yang kuat, meningkatkan motivasi belajar, dan mengembangkan keterampilan sosial yang penting [25]. Namun, di SMA Negeri 1 Hamparan Perak, proses identifikasi ini masih mengandalkan pendekatan konvensional seperti observasi guru dan kuesioner manual yang memiliki beberapa kelemahan fundamental: data yang terkumpul tidak terstruktur dan sulit dianalisis secara mendalam, rentan terhadap bias subjektif penilai, dan kurang efisien dalam menangani data siswa dalam jumlah besar. Konsekuensi dari sistem yang tidak optimal ini mencakup bimbingan yang kurang tepat sasaran, potensi salah jurusan di perguruan tinggi, dan demotivasi siswa karena tidak belajar sesuai potensi sejatinya.

Data mining, khususnya teknik clustering, menawarkan solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut. Clustering adalah metode unsupervised learning yang mengelompokkan data berdasarkan kemiripan karakteristik tanpa memerlukan kategori awal [14]. Di antara berbagai algoritma clustering, X-Means dipilih karena keunggulan teknisnya yang superior: kemampuan menentukan jumlah cluster optimal secara mandiri berdasarkan Bayesian Information Criterion (BIC), tanpa

perlu menentukan jumlah kelompok di awal seperti K-Means konvensional. Penelitian sebelumnya menunjukkan efektivitas X-Means dalam berbagai domain, termasuk pengelompokan minat dan bakat anak pada masa pandemi [26] dan penentuan penerima bantuan sosial dengan nilai DBI terbaik 0,002 [21].

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem informasi berbasis web yang mampu mengidentifikasi dan mengelompokkan profil minat bakat siswa secara otomatis menggunakan algoritma X-Means. Sistem yang dikembangkan akan menerapkan dan menguji algoritma clustering X-Means untuk membentuk kelompok siswa berdasarkan tiga variabel: kinerja akademik (nilai rata-rata rapor), minat non-akademik (jumlah partisipasi dalam ekstrakurikuler), dan keterlibatan siswa (skor keaktifan dari kuesioner). Kualitas hasil pengelompokan akan dievaluasi menggunakan metrik Davies-Bouldin Index (DBI) untuk memastikan model yang dihasilkan optimal dan akurat. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi praktis berupa alat bantu keputusan objektif bagi guru untuk menyusun program bimbingan yang lebih tepat sasaran dan personal, serta menyediakan referensi ilmiah mengenai implementasi algoritma X-Means dalam konteks pendidikan.

TINJAUAN PUSTAKA

Minat dan Bakat

Minat merupakan kecenderungan afektif seseorang terhadap aktivitas atau objek tertentu yang berkembang seiring pertumbuhan fisik dan mental individu. Minat dapat dipengaruhi oleh lingkungan dan pengalaman, serta dapat berubah seiring waktu. Bakat adalah kemampuan bawaan yang dapat bersifat umum atau khusus, yang perlu dikembangkan melalui latihan dan pendidikan. Dalam konteks pendidikan, pengembangan minat dan bakat menjadi penting untuk memfasilitasi pertumbuhan holistik anak [25].

Data Mining dan Clustering

Data mining adalah proses analitis untuk mengeksplorasi data besar guna menemukan pengetahuan berharga, konsisten, dan tersembunyi menggunakan teknik statistik, matematika, kecerdasan buatan, dan machine learning [23]. Clustering merupakan teknik unsupervised learning yang mengelompokkan data berdasarkan kemiripan karakteristik, dengan tujuan meminimalkan variasi dalam satu cluster dan memaksimalkan perbedaan antar cluster [14].

Algoritma X-Means

X-Means adalah pengembangan dari K-Means yang mengatasi kelemahan utamanya: keharusan menentukan jumlah cluster sejak awal. Algoritma ini menentukan jumlah cluster secara otomatis menggunakan Bayesian Information Criterion (BIC). Proses dimulai dengan menentukan batas bawah (K_{min}) dan batas atas (K_{max}) jumlah cluster, kemudian setiap cluster dievaluasi apakah perlu dipecah berdasarkan perbandingan nilai BIC [21].

Unified Modelling Language (UML)

Unified Modelling Language (UML) adalah bahasa pemodelan visual yang digunakan untuk menentukan, memvisualisasikan, membangun berbagai aspek dari sebuah sistem perangkat lunak. UML sendiri memiliki fungsi sebagai alat untuk menangkap pemahaman mengenai sistem yang perlu dibangun.

Bayangkan sistem sebagai kelompok objek yang berbeda yang bekerja sama untuk melakukan pekerjaan yang berguna untuk pengguna. Bagian struktur statis mendefinisikan jenis objek yang penting untuk sistem dan bagaimana mereka terkait satu sama lain. Bagian perilaku dinamis menggambarkan bagaimana objek berubah seiring waktu dan berkomunikasi satu sama lain untuk mencapai tujuan tertentu. Dengan memodelkan sistem dari berbagai sudut pandang yang terkait, kita dapat memahami sistem tersebut untuk berbagai keperluan [33].

METODOLOGI

Pendekatan dan Waktu Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan fokus pada pengembangan dan implementasi sistem untuk melakukan clustering minat dan bakat siswa. Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli-Agustus 2025 di SMA Negeri 1 Hamparan Perak, dengan pengumpulan data dikoordinasikan langsung dengan pihak sekolah.

Objek dan Variabel Penelitian

Objek penelitian ini adalah prototipe sistem pengelompokan berbasis web yang digunakan untuk mengelompokkan data dari 200 siswa kelas XII IPA. Sistem ini menggunakan tiga variabel utama sebagai dasar pengelompokan, yaitu Kinerja Akademik (x_1) yang diukur dari nilai rata-rata rapor siswa, Minat Non-Akademik (x_2) yang dihitung berdasarkan jumlah partisipasi siswa dalam kegiatan ekstrakurikuler, serta Keterlibatan Siswa (x_3) yang diperoleh dari skor keaktifan yang diukur melalui kuesioner. Variabel-variabel ini membantu sistem untuk melakukan pengelompokan siswa secara komprehensif.

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan menggunakan tiga teknik. Pertama, dokumentasi dengan mengumpulkan data kinerja akademik dan riwayat ekstrakurikuler siswa dari arsip sekolah. Kedua, kuesioner yang berupa instrumen terstruktur disebar untuk mengukur tingkat keterlibatan siswa. Ketiga, observasi dilakukan dengan mengamati proses bimbingan manual secara langsung guna menganalisis kebutuhan sistem yang akan dikembangkan. Pendekatan ini bertujuan memperoleh data yang komprehensif untuk mendukung pengembangan sistem secara tepat.

Metode Pengembangan Sistem

Penelitian ini menggunakan metode pengembangan sistem model Waterfall yang terdiri dari beberapa tahapan. Tahap pertama adalah analisis kebutuhan, di mana kebutuhan fungsional dan non-fungsional diidentifikasi melalui observasi dan dokumentasi. Tahap kedua adalah perancangan sistem, yang dilakukan dengan merancang arsitektur menggunakan Unified Modelling Language (UML), meliputi Use Case Diagram, Activity Diagram, Sequence Diagram, dan Class Diagram. Tahap implementasi melibatkan pengembangan sisi client menggunakan HTML, CSS, dan JavaScript untuk antarmuka pengguna serta pemrosesan X-Means, sedangkan sisi server menggunakan PHP untuk menjalankan logika bisnis dan mengelola koneksi database. Data disimpan menggunakan MySQL sebagai basis data. Pada tahap pengujian, dilakukan pengujian black-box untuk mengevaluasi fungsionalitas sistem dan pengukuran kualitas clustering dengan metode DBI (Davies-Bouldin Index). Tahap terakhir adalah pemeliharaan, berupa perbaikan bug dan optimasi agar sistem dapat berjalan dengan baik dan efisien.

Teknologi yang Digunakan

Sistem dikembangkan menggunakan stack teknologi: JavaScript (eksekusi X-Means di client-side), PHP (backend), MySQL (database), HTML/CSS (frontend), XAMPP (server lokal), dan Visual Studio Code (editor). Pendekatan ini dipilih agar komputasi algoritma berjalan di browser pengguna untuk respons lebih cepat.

Implementasi Algoritma X-Means

Algoritma X-Means diimplementasikan melalui beberapa langkah utama. Pertama, inisialisasi dengan menentukan jumlah cluster minimum (K_{min}) sebesar 2 dan maksimum (K_{max}) sebesar 10. Kedua, jalankan K-Means awal dengan jumlah cluster sama dengan K_{min} . Ketiga, evaluasi setiap cluster dengan menghitung Bayesian Information Criterion (BIC) dari cluster induk dan dua sub-cluster anak; jika BIC anak lebih besar, maka cluster tersebut dibagi menjadi dua. Keempat, proses iterasi ini diulang hingga tidak ada cluster yang lagi dipecah atau hingga mencapai batas maksimal cluster K_{max} . Terakhir, dilakukan finalisasi dengan menjalankan K-Means pada jumlah cluster optimal yang ditemukan selama proses tersebut. Pendekatan ini memungkinkan penentuan jumlah cluster yang adaptif dan lebih optimal daripada K-Means tradisional.

Jarak Euclidean digunakan untuk menghitung kedekatan data:

$$D(x, c) = \sqrt{(x_1 - c_1)^2 + (x_2 - c_2)^2 + (x_3 - c_3)^2} \quad (1)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Manual Algoritma X-Means

Untuk validasi, dilakukan perhitungan manual menggunakan 10 sampel data siswa. Data sampel setelah pra-pemrosesan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Sampel Siswa untuk Perhitungan Manual

Nama Siswa	Nilai Rata-rata (x_1)	Jml. Ekskul (x_2)	Skor Keaktifan (x_3)
Siswa A	78	1	55
Siswa B	90	1	60
Siswa C	80	2	75
Siswa D	79	2	59
Siswa E	88	2	62
Siswa F	82	1	71
Siswa G	77	1	57
Siswa H	81	2	73
Siswa I	86	2	61
Siswa J	83	1	70

Iterasi Pertama ($K=2$)

Pada iterasi pertama algoritma X-Means dengan jumlah cluster awal $K=2$, dua centroid awal dipilih secara acak, yaitu C1 pada Siswa B dengan nilai (90, 1, 60) dan C2 pada Siswa G dengan nilai (77, 1, 57). Sebagai contoh, jarak antara Siswa A (78, 1, 55) ke masing-masing centroid dihitung menggunakan rumus jarak Euclidean: jarak ke C1 adalah 13.0, sedangkan jarak ke C2 hanya 2.24, sehingga Siswa A ditempatkan dalam Cluster 2 karena jarak ke C2 lebih kecil. Setelah semua siswa dikelompokkan, hasil cluster pertama berisi {Siswa B, C, E, F, H, I, J} dan cluster kedua berisi {Siswa A, D, G}. Selanjutnya, centroid baru dihitung sebagai rata-rata dari anggota tiap cluster: C1 baru menjadi (84.29, 1.57, 67.43) dan C2 baru menjadi (78.00, 1.33, 57.00). Proses ini menjadi dasar untuk iterasi berikutnya dalam pengelompokan data.

Evaluasi Pemecahan Cluster

Evaluasi pemecahan cluster dilakukan dengan membandingkan nilai Bayesian Information Criterion (BIC) antara cluster induk dan cluster hasil pemecahan (children). Pada Cluster 1, nilai BIC dari children lebih kecil dibandingkan BIC induk, sehingga cluster ini tidak dipecah. Sebaliknya, pada Cluster 2, BIC children lebih besar dari BIC induk, sehingga cluster ini dipecah menjadi dua sub-cluster. Akibatnya, jumlah cluster optimal bertambah dari 2 menjadi 3 cluster. Evaluasi ini memastikan jumlah cluster yang paling sesuai dengan data.

Hasil Akhir ($K=3$)

Setelah algoritma K-Means dijalankan ulang dengan jumlah cluster optimal $K=3$, diperoleh tiga centroid final yang mewakili masing-masing cluster. Centroid C0 memiliki nilai (88.0, 1.67, 61.0), C1 memiliki nilai (78.0, 1.33, 57.0), dan C2 memiliki nilai (81.5, 1.5, 72.25). Centroid-centroid ini menunjukkan rata-rata karakteristik dari anggota setiap cluster sebagai hasil akhir pengelompokan data siswa.

Tabel 2. Hasil Akhir Penugasan Cluster ($K=3$)

Nama Siswa	Data (x_1, x_2, x_3)	Cluster Final
Siswa A	(78, 1, 55)	1
Siswa B	(90, 1, 60)	0
Siswa C	(80, 2, 75)	2
Siswa D	(79, 2, 59)	1
Siswa E	(88, 2, 62)	0
Siswa F	(82, 1, 71)	2
Siswa G	(77, 1, 57)	1
Siswa H	(81, 2, 73)	2
Siswa I	(86, 2, 61)	0
Siswa J	(83, 1, 70)	2

Evaluasi Kualitas dengan DBI

Evaluasi kualitas pengelompokan dilakukan menggunakan Davies-Bouldin Index (DBI). Rata-rata jarak intra-cluster (σ) masing-masing cluster adalah 1.77, 1.68, dan 1.89. Jarak antar-centroid antara cluster adalah 10.78, 12.99, dan 15.65. Rasio kemiripan maksimal untuk ketiga cluster berturut-turut adalah 0.320, 0.320, dan 0.282. Nilai DBI akhir dihitung dengan mengambil rata-rata rasio tersebut, menghasilkan nilai 0.307. Nilai DBI sebesar 0.307 menunjukkan bahwa hasil clustering memiliki kualitas baik, ditandai dengan pemisahan cluster yang jelas dan kekompakan intra-cluster yang tinggi.

Interpretasi Profil Cluster

Profil cluster yang dihasilkan menggambarkan karakteristik siswa dalam beberapa kelompok. Cluster 0 terdiri dari siswa yang berorientasi akademik seimbang dengan nilai akademik tertinggi (85.1) dan partisipasi ekstrakurikuler serta keaktifan moderat, sehingga direkomendasikan program pengayaan, kelas akselerasi, atau bimbingan untuk kompetisi sains. Cluster 1 merupakan kelompok terbesar dengan nilai terendah di semua atribut, sehingga membutuhkan perhatian khusus melalui bimbingan konseling, program tutor sebaya, dan lokakarya motivasi. Cluster 2 meliputi siswa yang sangat aktif dan berpotensi sebagai pemimpin, dengan skor keaktifan tinggi (72.1) meski nilai akademiknya tidak setinggi Cluster 0; mereka cocok untuk mengikuti program Latihan Dasar Kepemimpinan (LDK), menjadi ketua proyek, atau bergabung dalam dewan siswa. Sementara itu, cluster 3 hingga 8 menunjukkan variasi kombinasi prestasi akademik, partisipasi ekstrakurikuler, dan keaktifan yang memberikan nuansa lebih spesifik bagi rekomendasi bimbingan yang disesuaikan.

Implementasi Sistem Berbasis Web

Sistem berbasis web dikembangkan dengan arsitektur tiga lapis yang meliputi presentation, business logic, dan data access menggunakan teknologi web modern. Modul utama sistem mencakup dashboard yang menampilkan ringkasan jumlah siswa, status model terakhir, dan notifikasi; modul kelola data siswa untuk operasi CRUD dengan validasi; serta modul kelola data master yang mengatur referensi kelas, ekstrakurikuler, dan mata pelajaran. Modul kelola minat dan bakat menerima input kuesioner keaktifan dan partisipasi ekstrakurikuler. Sistem juga memiliki modul Model X-Means untuk pelatihan melalui lima tahap mulai dari konfigurasi dan seleksi data, proses pelatihan dengan log perhitungan, hingga visualisasi hasil, penjelasan rumus BIC dan DBI, serta penyimpanan model ke database. Pengelompokan diterapkan pada data baru menggunakan model tersimpan, dan hasil dapat diekspor dalam format PDF atau Excel dengan visualisasi. Fitur konfigurasi model menyediakan pengaturan normalisasi dengan opsi Z-Score, seed untuk konsistensi replikasi, serta batasan jumlah cluster (K_{min} dan K_{max}) secara default antara 2 hingga 10. Proses pelatihan ditampilkan secara real-time dengan log BIC di setiap iterasi, sehingga memberikan transparansi penuh dalam pengambilan keputusan algoritma.

Hasil Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan menggunakan metode black-box testing untuk memverifikasi fungsionalitas sistem. Semua 27 skenario pengujian berhasil dengan status "Sesuai", mencakup:

Tabel 4. Rangkuman Hasil Pengujian Black-Box

Kategori	Jumlah Skenario	Status Sesuai
Validasi Input	9	9 (100%)
Fungsional CRUD	8	8 (100%)
Algoritma X-Means	5	5 (100%)
Konsistensi Data	5	5 (100%)

Pengujian khusus pada algoritma X-Means menunjukkan bahwa hasil pengelompokan konsisten ketika menggunakan seed yang sama, memastikan replikasi yang dapat diandalkan. Hasil clustering juga berbeda tergantung pada penggunaan normalisasi data, baik ketika fitur normalisasi diaktifkan maupun dimatikan. Validasi jumlah cluster yang dihasilkan sesuai dengan jumlah siswa yang dianalisis, menandakan penentuan cluster yang tepat. Selain itu, proses penyimpanan model ke dalam database berjalan dengan sukses, dan penerapan model tersebut pada data baru menghasilkan pengelompokan yang akurat sesuai harapan.

Pembahasan

Penelitian ini menunjukkan keunggulan algoritma X-Means dalam menentukan jumlah cluster secara otomatis melalui evaluasi BIC, menghilangkan kebutuhan input awal seperti pada K-Means, dengan hasil optimal sebanyak delapan cluster. Nilai DBI sebesar 0.8530 menandakan kualitas pemisahan cluster yang baik dan kekompakan internal yang tinggi, lebih memadai dibandingkan studi sebelumnya. Interpretabilitas hasil juga tinggi, memudahkan guru bimbingan konseling untuk merancang intervensi yang spesifik. Secara praktis, sistem ini memberikan objektivitas dalam penilaian minat dan bakat siswa, efisiensi proses yang cepat untuk 200 data, akurasi menggunakan variabel kuantitatif yang terukur, skalabilitas untuk dataset lebih besar, serta kemampuan menyimpan model untuk digunakan ulang tanpa pelatihan ulang. Implikasi untuk bimbingan konseling meliputi rekomendasi intervensi berdasarkan profil cluster, seperti program akselerasi bagi siswa berprestasi, pendampingan intensif untuk kelompok terbesar yang membutuhkan perhatian, pemberdayaan siswa aktif dalam kepemimpinan, serta pendekatan engagement khusus untuk siswa dengan akademik tinggi tapi kurang aktif. Namun, penelitian ini memiliki keterbatasan, antara lain penggunaan variabel terbatas yang

kurang mendalam, potensi bottleneck komputasi di sisi client untuk dataset besar, kurangnya validasi eksternal dengan prestasi jangka panjang, dan hasil yang spesifik hanya pada konteks SMA Negeri 1 Hamparan Perak.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem informasi berbasis web untuk klusterisasi minat dan bakat siswa menggunakan algoritma X-Means yang efektif dengan delapan cluster optimal dan nilai DBI 0.8530, didukung oleh implementasi sistem lengkap dengan sembilan modul utama yang berfungsi dengan baik dan pengujian black-box 100% sukses. Sistem menggunakan tiga variabel utama yang mampu mengidentifikasi profil siswa secara pedagogis untuk panduan bimbingan konseling yang lebih personal. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan melakukan pengayaan variabel untuk menangkap aspek minat dan bakat yang lebih multidimensional, guna meningkatkan akurasi dan relevansi sistem.

DAFTAR PUSTAKA

Referensi Cetak:

Buku

- [1] Indah Purnama Sari. Algoritma dan Pemrograman. Medan: UMSU Press, 2023, pp. 290.
- [2] Indah Purnama Sari. Buku Ajar Pemrograman Internet Dasar. Medan: UMSU Press, 2022, pp. 300.
- [3] Indah Purnama Sari. Buku Ajar Rekayasa Perangkat Lunak. Medan: UMSU Press, 2021, pp. 228.
- [4] Janner Simarmata Arsan Kumala Jaya, Syarifah Fitrah Ramadhani, Niel Ananto, Abdul Karim, Betrisandi, Muhammad Ilham Alhari, Cucut Susanto, Suardinata, Indah Purnama Sari, Edson Yahuda Putra. Komputer dan Masyarakat. Medan: Yayasan Kita Menulis, 2024, pp.162.
- [5] Mahdianta Pandia, Indah Purnama Sari, Alexander Wirapraja Fergie Joanda Kaunang, Syarifah Fitrah Ramadhani Stenly Richard Pungus, Sudirman, Suardinata Jimmy Herawan Moedjahedy, Elly Warni, Debby Erce Sondakh. Pengantar Bahasa Pemrograman Python. Medan : Yayasan Kita Menulis, 2024, pp.180
- [6] Zelvi Gustiana Arif Dwinanto, Indah Purnama Sari, Janner Simarmata Mahdianta Pandia, Supriadi Syam, Semmy Wellem Taju Fitrah Eka Susilawati, Asmah Akhriana, Rolly Junius Lontaan Fergie Joanda Kaunang. Perkembangan Teknologi Informatika. Medan: Yayasan Kita Menulis, 2024, pp.158
- [7] Andi Zulherry, Muhammad Basri, Muhammad Haris, Ferdy Riza, Zuli Agustina Gultom, Farid Akbar Siregar, Okvi Nugroho, Mahardika Abdi Prawira Tanjung. Komunikasi Data dan Jaringan Komputer. Medan: UMSU Press, 2025, pp. 202.

Jurnal

- [8] Abdulazeez, A. M., & Zeebaree, S. R. M. (2020). E-learning in higher education: Design and implementation. ResearchGate.https://www.researchgate.net/publication/268183663_Elearning_in_Higher_Education_Design_and_Implementation.
- [9] Adi Rahmat, C. (2022). Analisis dan penerapan data mining untuk mengestimasi laju pertumbuhan penduduk Kabupaten Musi Banyuasin menggunakan metode regresi linier berganda di Badan Pusat Statistik Musi Banyuasin.
- [10] AT Bisono, A Zulherry (2025). Analisis Sentimen Game Genshin Impact untuk Mengetahui Reaksi dan Harapan Pemain Menggunakan Metode Naïve Bayes. sudo Jurnal Teknik Informatika 4 (2), 183-193
- [11] Sari, I.P., Hariani, P.P., Al-Khowarizmi, A., Ramadhani, F., Sulaiman, O.K., Satria, A., & Manurung, A.A. (2024). CLUSTERING HIV/AIDS DISEASE USING K-MEANS CLUSTERING ALGORITHM. Proceeding International Seminar on Islamic Studies 5 (1), 1668-1676
- [12] Sari, I.P., Ramadhani, F., Satria, A., & Sulaiman, O.K. Leukocoria Identification: A 5-Fold Cross Validation CNN and Adaboost Hybrid Approach. 2023 6th International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI), 486-491
- [13] Manurung, A.A., Nasution, M.D., & Sari, I.P. (2023). Implementation of Fuzzy K-Nearest Neighbor Method in Dengue Disease Classification. 2023 11th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM), 1-4
- [14] Baha'uddin, M., & Fatah, Z. (2024). Penerapan data mining clustering K- Means dalam mengelompokkan data penduduk penyandang disabilitas. <https://doi.org/10.59435/gjmi.v2i11.1040>

- [15] M Basri, A Zulherry (2025). Analysis of the Impact of Gambling and Online Loans in the Perspective of Informatics, Islam, and Kemuhmadiyah. *AR-RASYID: Jurnal Pendidikan Agama Islam* 5 (1)
- [16] Ekwonwune, E. N., & Oparah, I. A. (2020). Design and implementation of a virtual classroom for tertiary institutions using Bootstrap framework. *Open Journal of Computer Sciences*, 10(4), 122–135. <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=99202>
- [17] Sari, I.P., Ramadhani, F., Satria, A., & Apdilah, D. (2023). Implementasi Pengolahan Citra Digital dalam Pengenalan Wajah menggunakan Algoritma PCA dan Viola Jones. *Hello World Jurnal Ilmu Komputer* 2 (3), 146-157
- [18] Sari, I.P., Al-Khowarizmi, A, Sulaiman, O.K., & Apdilah, D. (2023). Implementation of Data Classification Using K-Means Algorithm in Clustering Stunting Cases. *Journal of Computer Science, Information Technology and Telecommunication Engineering* 4 (2), 402-412
- [19] Sulaiman, O.K & Batubara, I.H. (2021). Implementation Data Mining For Level Analysis Traffic Violation By Algorithm Association Rule. *Al'adzkiya International of Computer Science and Information Technology (AIOCSIT) Journal* 2 (2), 128-135
- [20] A Ichsan, A Zulherry, TA Lubis, BAZ Shahnaz (2025). Utilization of Mobile Applications to Speed Up The Search for Android-Based Index Places. *IJATCoS: Indonesian Journal of Applied Technology, Computer and Science* 2 (1)
- [21] Jaelani, A., Purnamasari, A. I., & Ali, I. (2024). Penerapan algoritma X- Mean menentukan penerima bantuan sosial. *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, 8(1).
- [22] A Zulherry (2023) Decision making for network security with simple additive weighting method. *Journal of Intelligent Decision Support System (IDSS)* 6 (3), 155-159
- [23] Jessfry, V., & Siddik, M. (2024). Penerapan data mining menggunakan algoritma Apriori dalam membangun sistem persediaan barang. *Journal of Information Systems and Informatics Engineering*, 8(1), 187–199.
- [24] A Zulherry, FA Siregar, ZA Gultom, EA Raihan (2023). Optimalisasi Website untuk Monitoring Jaringan OPD di Dinas Kominfo Kota Medan dengan Metode Triangulasi. *Bulletin of Computer Science Research* 3 (5), 357-363
- [25] Meila Sari, A., Kamila, M., & Yarni, L. (2023). Bakat dan minat. *Jurnal Multidisiplin Ilmu*, 2(4).
- [26] Putra, P. H., Hasibuan, A., & Marpaung, E. A. (2022). Analisis Pengelompokan metode X-Means pada minat dan bakat anak dimasa pandemi. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 19(2), 424–429.
- [27] A Zulherry, TS Gunawan, W Wanayumini (2021). Analisis Hasil Pendukung Keputusan Mendapatkan Rumah Dinas Perusahaan Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) dan Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS). *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*, 2021
- [28] Qadir, R., Meghji, A. F., Oad, U., & Kumari, V. (2023). Exploring learning patterns: A review of clustering in data-driven pedagogy. *IJIST*, 5.
- [29] Sari, I.P., Batubara, I.H., & Al-Khowarizmi, A. (2021). Sensitivity Of Obtaining Errors In The Combination Of Fuzzy And Neural Networks For Conducting Student Assessment On E-Learning. *International Journal of Economic, Technology and Social Sciences (Injects)* 2 (1), 331-338
- [30] Sari, I.P., Al-Khowarizmi, A., & Batubara, I.H. (2021). Cluster Analysis Using K-Means Algorithm and Fuzzy C-Means Clustering For Grouping Students' Abilities In Online Learning Process. *Journal of Computer Science, Information Technology and Telecommunication Engineering* 2 (1), 139-144
- [31] Apdilah, D., & Sari, I.P. (2021). Optimization Of The Fuzzy C-Means Cluster Center For Credit Data Grouping Using Genetic Algorithms. *Al'adzkiya International of Computer Science and Information Technology (AIOCSIT) Journal* 2 (2), 156-163
- [32] Rizqi Sulistio, M., Suarna, N., & Nurdiawan, O. (2023). Analisa penerapan metode clustering X-Means dalam pengelompokan penjualan barang. *Jurnal Teknologi Ilmu Komputer*, 1(2), 37–42. <https://doi.org/10.56854/jtik.v1i2.49>
- [33] Rumbaugh, J., Jacobson, I., & Booch, G. (2021). *The Unified Modeling Language reference manual*. Addison-Wesley.
- [34] Setiawan, R. (2021). Memahami Class Diagram lebih baik - Dicoding Blog. <https://www.dicoding.com/blog/memahami-class-diagram-lebih-baik/>
- [35] Shaban, A. (2020). E-learning system design using HTML, CSS, JavaScript, PHP, and MySQL: A case study. *International Journal of Innovation, Creativity and Change*, 11(1), 245–255. https://www.ijicc.net/images/vol11iss1/11122_Shaban_2020_E_R.pdf
- [36] Shaban, W., & Bayrak, C. (2020). Students online learning measurement system based on estimated time. *International Journal of Innovation, Creativity and Change*, 11(1). www.ijicc.net
- [37] Timothy Napitupulu, E., & Nainggolan, F. A. J. (n.d.). Perbandingan algoritma K-Means dan X-Means untuk mengelompokkan minat kejuruan siswa baru pada SMK Multikarya Medan menggunakan metode clustering. *Jurnal TEKINKOM*, 6(2), 2023. <https://doi.org/10.37600/tekinkom.v6i2.933>

- [38] Zhuang, H. (2024). A PHP framework-based web-based instruction platform for effective blended learning. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/379700492_A_PHP_Framework-Based_Web-Based_Instruction_Platform