

Pemetaan Wilayah Berdasarkan Minat Baca Masyarakat dengan Algoritma K-Means

Ayudia Sekar Kedaton¹, Bintang Alan Bukhari², NurAfrianto^{3*}, Ridwan Wahyu Febriyanto⁴, Aprillisa Arum Sari⁵

¹TeknikInformatika/Fakultas
IlmuKomputer

Universitas Duta Bangsa Surakarta

¹220103145@mhs.udb.ac.id

²TeknikInformatika/Fakultas
IlmuKomputer

Universitas Duta Bangsa Surakarta

²220103146@mhs.udb.ac.id

³TeknikInformatika/Fakultas
IlmuKomputer

Universitas Duta Bangsa Surakarta

^{3*}220103161@mhs.udb.ac.id

⁴TeknikInformatika/Fakultas IlmuKomputer

Universitas Duta Bangsa Surakarta

⁴220103165@mhs.udb.ac.id

⁵IlmuKomputer

Universitas Duta Bangsa Surakarta

⁵aprilisa_arumsari@udb.ac.id

Abstrak—Tingkat Kegemaran Membaca (TGM) di Indonesia menunjukkan ketidaksetaraan antarwilayah yang signifikan, namun pola pengelompokannya belum terpetakan secara analitis, sehingga menyulitkan perancangan kebijakan yang efektif. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengelompokkan provinsi-provinsi di Indonesia ke dalam klaster berdasarkan kemiripan karakteristik kegemaran membaca guna menyediakan model segmentasi berbasis data untuk perumusan kebijakan yang lebih strategis. Metode yang digunakan adalah *data mining* dengan algoritma klasterisasi K-Means. Penelitian ini mengolah data publikasi Perpustakaan Nasional RI tahun 2024, yang mencakup 39 data provinsi. Dua variabel utama yang menjadi dasar analisis adalah skor Tingkat Kegemaran Membaca (skala 1-100) dan Frekuensi Membaca per minggu. Proses klasterisasi dilakukan untuk membentuk dua kelompok, yaitu klaster tinggi dan rendah. Hasil penelitian berhasil mengidentifikasi dua klaster yang berbeda secara statistik. Sebanyak 76.92% provinsi (30 provinsi) terkategori dalam Klaster Tinggi dengan pusat klaster (centroid) TGM pada skor 71.23. Sementara itu, 23.08% provinsi (9 provinsi) masuk ke dalam Klaster Rendah dengan centroid TGM 55.14. Temuan kunci menunjukkan bahwa seluruh anggota Klaster Rendah secara geografis terkonsentrasi di kawasan timur Indonesia, mengonfirmasi adanya kesenjangan literasi regional yang tajam. Kesimpulan utama dari penelitian ini adalah bahwa pendekatan kebijakan literasi yang seragam tidak lagi memadai untuk kondisi Indonesia saat ini. Adanya perbedaan karakteristik yang jelas antar klaster menegaskan perlunya strategi yang berbeda dan terfokus. Penelitian ini merekomendasikan intervensi yang berfokus pada peningkatan aksesibilitas untuk provinsi di Klaster Rendah, dan peningkatan kualitas bacaan untuk Klaster Tinggi, sebagai landasan analitis bagi pemerintah untuk merumuskan kebijakan literasi yang lebih adil dan tepat sasaran.

Kata kunci— K-Means, Klasterisasi, Tingkat Kegemaran Membaca, Literasi, Analisis Data.

Abstract— The reading interest level in Indonesia shows significant regional inequality, yet the clustering patterns have not been analytically mapped, hindering the formulation of effective policies. The main objective of this research is to cluster the provinces of Indonesia based on similar reading habit characteristics to provide a data-driven segmentation model for more strategic policymaking. The method used is data mining with the K-Means clustering algorithm. This study processes data from the National Library of Indonesia's 2024 publication, covering 39 provincial data points. The two main variables for the analysis are the Reading Interest Level score (on a 1-100 scale) and the weekly Reading Frequency. The clustering process was configured to form two groups: a high cluster and a low cluster. The research findings successfully identified two statistically distinct clusters. A total of 76.92% of provinces (30 provinces) were categorized into the High Cluster, with a cluster center (centroid) TGM score of 71.23. Meanwhile, 23.08% of provinces (9 provinces) fell into the Low Cluster, with a centroid TGM score of 55.14. A key finding reveals that all members of the Low Cluster are geographically concentrated in the eastern regions of Indonesia, confirming a sharp regional literacy gap. The main conclusion of this study is that a one-size-fits-all approach to literacy policy is no longer adequate for Indonesia's current conditions. The clear difference in characteristics between the clusters underscores the need for distinct and focused strategies. This research recommends interventions focused on improving accessibility for provinces in the Low Cluster and enhancing the quality of reading materials for the High Cluster, providing an analytical foundation for the government to formulate more equitable and targeted literacy policies.

Keywords— K-Means, Clustering, Reading Interest Level, Literacy, Data Analysis.

I. PENDAHULUAN

Literasi merupakan salah satu tantangan dalam pembangunan sumber daya manusia yang dimana merupakan faktor penting untuk kemajuan bangsa Indonesia.[1] Kegemaran membaca sebagai indikator literasi dasar menjadi negara maju dalam hal pendidikan dan pengetahuan masyarakat. Namun, realitas di lapangan menunjukkan adanya ketimpangan tingkat yang cukup signifikan, artinya kegemaran membaca antarprovinsi perlu ditingkatkan dalam hal infrastruktur kualitas dan kuantitas perpustakaan sangat diperlukan.[2] Beberapa daerah memiliki indeks kegemaran membaca yang tinggi karena ditunjang oleh ketersediaan bahan bacaan, infrastruktur yang memadai, dan dukungan kebijakan yang efektif. Sebaliknya, sejumlah wilayah lainnya masih menghadapi hambatan yang bersifat struktural dan kultural, seperti kurangnya akses terhadap fasilitas literasi, rendahnya dukungan lingkungan, serta minimnya kesadaran pentingnya membaca.[3]

Beberapa provinsi tercatat memiliki indeks kegemaran membaca yang tinggi, ditunjang oleh akses terhadap bahan bacaan dan fasilitas pendukung yang memadai. Sebaliknya, sejumlah wilayah lain mengalami hambatan dalam mengembangkan budaya membaca karena keterbatasan infrastruktur, akses, dan budaya literasi yang belum berkembang secara merata. Ketimpangan ini menunjukkan perlunya sebuah program pemetaan yang mampu mengelompokkan wilayah berdasarkan karakteristik minat baca masyarakat.[4]

Teknik pengelompokan data (clustering) dalam data mining dapat digunakan untuk mengidentifikasi pola dan membentuk klaster-klaster berdasarkan kemiripan data.[5] Salah satu metode clustering yang banyak digunakan adalah K-Means, karena kesederhanaannya serta kemampuannya dalam menghasilkan klaster yang representatif terhadap sebaran data.[6]

Penerapan metode K-Means untuk analisis data kewilayahan di Indonesia telah terbukti efektif dalam beberapa penelitian terdahulu. Penelitian [7] ,berhasil menerapkan K-Means

untuk mengelompokkan provinsi berdasarkan data Indeks Pembangunan Manusia (IPM) tahun 2015. Lebih lanjut, penelitian [8] juga mengonfirmasi keandalan K-Means dengan membandingkan performanya dengan algoritma K-Medoids pada data IPM yang lebih baru (tahun 2021), dan menemukan bahwa K-Means memberikan hasil yang sangat baik. Namun, kedua penelitian tersebut berfokus pada indikator pembangunan secara umum. Sementara itu, belum ada penelitian yang secara spesifik menerapkan metode ini untuk menganalisis data kegemaran membaca yang lebih baru.

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan wilayah Indonesia berdasarkan tingkat kegemaran membaca masyarakat per provinsi dengan menggunakan metode K-Means Clustering. Melalui pemetaan ini, diharapkan diperoleh informasi yang dapat digunakan sebagai dasar dalam perencanaan kebijakan peningkatan literasi secara lebih efektif dan terarah.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan teknik eksplorasi data berbasis metode data mining, khususnya algoritma *K-Means Clustering*. [9] Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk memetakan wilayah Indonesia berdasarkan tingkat kegemaran membaca masyarakat per provinsi, sehingga dapat diperoleh klasifikasi wilayah berdasarkan kemiripan karakteristik literasi. [10]

Adapun tahapan penelitian dilakukan sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2024, berjudul "*Tingkat Kegemaran Membaca Masyarakat dan Unsur Penyusunnya Menurut Provinsi*". Data ini mencakup indeks kegemaran

- membaca serta tiga unsur penyusunnya, yaitu:
- a. Ketersediaan bahan bacaan
 - b. Akses terhadap bahan bacaan
 - c. Budaya membaca
2. Prapemrosesan Data
Data yang diperoleh kemudian dibersihkan dari nilai-nilai yang hilang atau tidak relevan. Selanjutnya, dilakukan proses normalisasi agar setiap fitur memiliki skala yang sebanding, sehingga tidak ada fitur yang mendominasi proses pengelompokan.
 3. Pemilihan Fitur
Fitur yang digunakan dalam analisis ini terdiri dari tiga variabel utama penyusun indeks membaca. Fitur-fitur ini dipilih karena secara langsung merepresentasikan perilaku dan dukungan masyarakat terhadap aktivitas membaca.
 4. Proses Clustering dengan K-Means
Data yang telah diproses dianalisis menggunakan algoritma *K-Means Clustering* dengan nilai k sebanyak tiga, yang mewakili dua kategori tingkat minat baca, yaitu: tinggi dan rendah. Proses ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Python dan pustaka seperti *pandas*, *sklearn*, dan *matplotlib* untuk analisis dan visualisasi.[10]
 5. Evaluasi dan Interpretasi Hasil
Hasil pengelompokan divisualisasikan dalam bentuk grafik dan tabel, kemudian dilakukan interpretasi terhadap masing-masing klaster. Evaluasi dilakukan dengan mengamati karakteristik umum dari masing-masing kelompok provinsi serta memeriksa validitas distribusi berdasarkan sebaran data aslinya.
 6. Penyusunan Laporan dan Simpulan
Setelah analisis selesai dilakukan, disusun laporan akhir yang mencakup hasil pemetaan, interpretasi klaster, serta implikasi hasil penelitian terhadap penyusunan kebijakan pemerataan literasi di Indonesia.

Melalui tahapan ini, penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran yang objektif dan bermanfaat bagi pengambilan kebijakan peningkatan minat baca masyarakat di berbagai wilayah Indonesia.

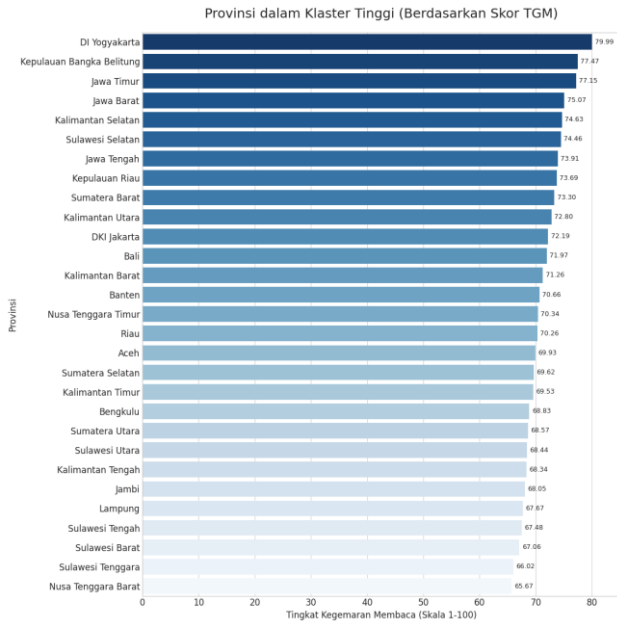
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Jika dibandingkan dengan penelitian [7] dan penelitian [8] temuan ini memberikan perspektif yang baru. Kedua penelitian tersebut juga mengelompokkan provinsi di Indonesia, namun menggunakan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) yang mencakup indikator ekonomi, kesehatan, dan pendidikan secara umum. Hasil klasterisasi mereka cenderung menyoroti kesenjangan pembangunan secara makro.

Penelitian ini, dengan fokus spesifik pada kegemaran membaca, berhasil mengungkap dimensi lain dari pembangunan sumber daya manusia. Menariknya, provinsi yang masuk dalam Klaster Rendah pada penelitian ini (wilayah timur Indonesia) juga secara konsisten berada di klaster IPM rendah pada penelitian-penelitian sebelumnya. Hal ini mengonfirmasi bahwa rendahnya tingkat kegemaran membaca berjalan beriringan dengan tantangan pembangunan di berbagai sektor lain. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memvalidasi adanya disparitas regional, tetapi juga memperkuat argumen bahwa peningkatan literasi merupakan komponen fundamental yang tidak dapat dipisahkan dari upaya peningkatan kesejahteraan dan pembangunan manusia secara keseluruhan.

Penelitian ini menghasilkan klasifikasi wilayah provinsi di Indonesia ke dalam **dua klaster** berdasarkan tingkat kegemaran membaca masyarakat. Proses klasifikasi dilakukan menggunakan metode *K-Means Clustering* terhadap data indeks membaca dan unsur-unsur pendukungnya dari BPS tahun 2024. Hasil akhir menunjukkan sebaran klaster sebagai berikut:

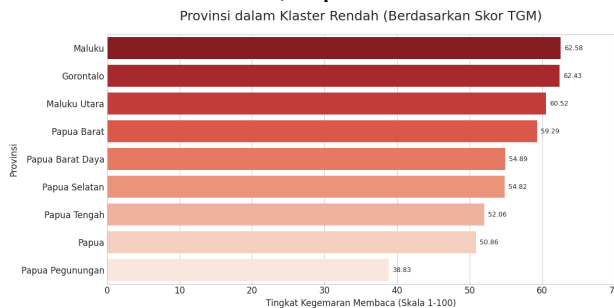
- Klaster (Tinggi)**
 Berisi provinsi-provinsi dengan **tingkat kegemaran membaca tertinggi** di Indonesia. Provinsi dalam klaster ini meliputi:



Grafik 1 Hasil TGM Klaster Tinggi

Grafik ini menampilkan semua provinsi yang termasuk dalam Klaster Tinggi, diurutkan dari skor TGM tertinggi hingga terendah di dalam kelompok ini.

- Klaster 1 (Rendah)**
 Meliputi provinsi dengan **tingkat kegemaran membaca yang rendah**. Sebagian besar berasal dari kawasan Indonesia timur, seperti:



Grafik 2 Hasil TGM Klaster Rendah

Klaster Grafik ini menampilkan 9 provinsi yang termasuk dalam Klaster Rendah, juga diurutkan berdasarkan skor TGM mereka.

Terlihat jelas bahwa skor TGM kelompok ini secara signifikan berada di bawah kelompok sebelumnya.

Kategori	Rentang Skor TGM	Penentuan
Tinggi	≥ 65	Berdasarkan nilai terendah di Klaster Tinggi (65.67)
Rendah	< 65	Berdasarkan nilai tertinggi di Klaster Rendah (62.58)

Tabel 1 Kategori Nilai Skor TGM

Kategori tingkat kegemaran membaca diklasifikasikan menjadi dua kelompok berdasarkan nilai skor TGM hasil akhir klasterisasi. Skor minimum dari Klaster Tinggi (65.67) dan skor maksimum dari Klaster Rendah (62.58) menghasilkan interval non-tumpang tindih, sehingga nilai **65** ditetapkan sebagai batas klasifikasi. Dengan demikian, provinsi dengan skor TGM ≥ 65 dikategorikan sebagai **Tinggi**, dan provinsi dengan skor < 65 dikategorikan sebagai **Rendah**.

Penetapan batas kategori skor TGM dilakukan berdasarkan nilai tengah antara skor maksimum klaster rendah dan skor minimum klaster tinggi. Berikut perhitungan rumus nilai tengah (midpoint) dari kedua nilai ini untuk menentukan batas ideal antara dua kategori :

Rumus Nilai Tengah (Midpoint):

$$\text{Midpoint} = \frac{\text{Nilai Tertinggi Klaster Rendah} + \text{Nilai Terendah Klaster Tinggi}}{2}$$

$$= \frac{62.58 + 65.67}{2} = \frac{128.25}{2} = 64.125$$

Hasil perhitungan midpoint adalah **64.125**, dan dibulatkan menjadi **65** untuk menghindari tumpang tindih klasifikasi dan mempermudah segmentasi dalam kebijakan. Pendekatan ini memastikan bahwa klasifikasi bersifat **objektif, berbasis data, dan matematis valid**.

Provinsi	Skor TGM	Frekuensi	Klaster
DI Yogyakarta	79.99	5	Tinggi
Kepulauan Bangka Belitung	77.47	5	Tinggi
Jawa Timur	77.15	5	Tinggi
Jawa Barat	75.07	5	Tinggi
Kalimantan Selatan	74.63	5	Tinggi
Sulawesi Selatan	74.46	5	Tinggi
Jawa Tengah	73.91	5	Tinggi
Kepulauan Riau	73.69	5	Tinggi
Sumatera Barat	73.3	5	Tinggi
Kalimantan Utara	72.8	5	Tinggi
Indonesia	72.44	5	Tinggi
DKI Jakarta	72.19	5	Tinggi
Bali	71.97	5	Tinggi
Kalimantan Barat	71.26	5	Tinggi
Banten	70.66	5	Tinggi
Nusa Tenggara Timur	70.34	5	Tinggi
Riau	70.26	5	Tinggi
Aceh	69.93	5	Tinggi
Sumatera Selatan	69.62	3	Tinggi
Kalimantan Timur	69.53	5	Tinggi
Bengkulu	68.83	3	Tinggi
Sumatera Utara	68.57	3	Tinggi
Sulawesi Utara	68.44	3	Tinggi
Kalimantan Tengah	68.34	3	Tinggi
Jambi	68.05	3	Tinggi
Lampung	67.67	3	Tinggi
Sulawesi Tengah	67.48	3	Tinggi
Sulawesi Barat	67.06	3	Tinggi
Sulawesi Tenggara	66.02	3	Tinggi
Nusa Tenggara Barat	65.67	3	Tinggi
Meluku	62.58	3	Rendah
Gorontalo	62.43	3	Rendah
Maluku Utara	60.52	3	Rendah
Papua Barat	59.29	3	Rendah
Papua Barat Daya	54.89	3	Rendah
Papua Selatan	54.82	3	Rendah
Papua Tengah	52.06	3	Rendah
Papua	50.86	3	Rendah
Papua Pegunungan	38.83	3	Rendah

Tabel 2 Hasil Tabel Klasterisasi

Berdasarkan pada Tabel 1. Hasil analisis menunjukkan bahwa dari 39 data provinsi (termasuk data nasional), 30 di antaranya masuk ke dalam Klaster Tinggi dan 9 sisanya masuk ke dalam Klaster Rendah. Karakteristik utama dari kedua klaster ini terlihat perbedaan yang jelas antara kedua klaster. Klaster Tinggi memiliki rata-rata TGM yang lebih tinggi sekitar 16 poin dan frekuensi membaca yang juga lebih tinggi dibandingkan Klaster Rendah

Klaster Tinggi (Biru): Klaster ini diisi oleh mayoritas provinsi di Indonesia. Provinsi-provinsi seperti DI Yogyakarta (TGM 79.99), Kep. Bangka Belitung (TGM 77.47), dan Jawa Timur (TGM 77.15) merupakan anggota dengan skor TGM tertinggi. Secara umum, provinsi di klaster ini menunjukkan tingkat dan frekuensi membaca yang berada di atas rata-rata nasional.

Klaster Rendah (Merah): Klaster ini secara konsisten diisi oleh provinsi-provinsi dari wilayah timur Indonesia, seperti Papua

(TGM 50.86), Papua Pegunungan (TGM 38.83), dan Maluku Utara (TGM 60.52). Meskipun frekuensi membaca mereka relatif sama (sekitar 3 kali per minggu), nilai TGM mereka secara signifikan lebih rendah, menandakan adanya tantangan yang lebih besar dalam aspek durasi atau jumlah bacaan yang dituntaskan.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil menerapkan algoritma K-Means untuk mengklasifikasikan provinsi-provinsi di Indonesia berdasarkan tingkat kegemaran membaca, dan secara efektif mencapai tujuannya untuk memetakan disparitas literasi regional. Hasil analisis secara jelas mengidentifikasi terbentuknya dua klaster yang berbeda secara signifikan: **Klaster Tinggi** yang beranggotakan 30 provinsi (76.92%) dan **Klaster Rendah** yang beranggotakan 9 provinsi (23.08%).

Temuan utama dari penelitian ini adalah adanya kesenjangan yang tajam, di mana seluruh provinsi dalam Klaster Rendah terkonsentrasi di kawasan timur Indonesia. Perbandingan dengan penelitian terdahulu yang berfokus pada Indeks Pembangunan Manusia (IPM) juga mengonfirmasi bahwa rendahnya tingkat kegemaran membaca di wilayah ini berjalan selaras dengan tantangan pembangunan di sektor lainnya.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pendekatan kebijakan literasi yang seragam (satu untuk semua) tidak lagi memadai. Hasil klasterisasi ini memberikan landasan analitis yang kuat bagi pemerintah dan pemangku kebijakan untuk merancang strategi yang lebih terfokus dan tepat sasaran. Intervensi yang bersifat fundamental pada aksesibilitas dan infrastruktur literasi sangat direkomendasikan untuk wilayah dalam Klaster Rendah, sementara peningkatan kualitas dan diversifikasi bacaan dapat menjadi fokus bagi wilayah di Klaster Tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam penyelesaian penelitian ini.

Penghargaan juga kami sampaikan kepada **Universitas Duta Bangsa Surakarta**, khususnya Fakultas Ilmu Komputer, yang telah menyediakan fasilitas dan lingkungan akademik yang kondusif. Terakhir, terima kasih kami sampaikan kepada **Perpustakaan Nasional Republik Indonesia (Perpusnas RI)** yang telah mempublikasikan data Tingkat Kegemaran Membaca secara terbuka sehingga dapat dimanfaatkan untuk kepentingan riset dan pengembangan ilmu pengetahuan.

REFERENSI

- [1] Mahmudi Mahmudi and Zachol Fatah, "Analisis Pengaruh Jenis Buku Terhadap Minat Baca Mahasiswa di Perpustakaan Ibrahimy dengan Algoritma K-Means Clustering," *J. Ilm. Sains Teknol. Dan Inf.*, vol. 3, no. 1, pp. 53–65, 2024, doi: 10.59024/jiti.v3i1.1013.
- [2] M. Jelita, "Analisis Clustering Menggunakan Metode K-Means untuk Mengelompokkan Kabupaten/Kota di Indonesia berdasarkan UnsurUnsur Pembangun Literasi Masyarakat (UPLM)," *Semin. Nas. Off. Stat.*, vol. 2024, no. 1, pp. 701–710, 2024, doi: 10.34123/semnasoffstat.v2024i1.2188.
- [3] N. L. P. I. Candrawengi, "Segmentasi Siswa Berdasarkan Capaian Literasi dan Numerik Menggunakan Teknik Clustering," *J. Educ.*, vol. 7, no. 2, pp. 9435–9444, 2024, doi: 10.31004/joe.v7i2.7891.
- [4] Yurista Bustomi, Fadli Rahdiat Gunadi, and Ratna Sari Dewi, "GERMABUK 'GERAKAN MEMBACA BUKU': Preventif dalam Meningkatkan Nilai-Nilai Literasi Pendidikan melalui Perwujudan Sekolah yang Berkarakter," *PUSTAKA J. Bhs. dan Pendidik.*, vol. 3, no. 2, pp. 196–206, 2023, doi: 10.56910/pustaka.v3i2.511.
- [5] Y. Yuliantin and A. Faqih, "Bianglala Informatika: Jurnal Komputer Dan Informatika Univesitas Bina Sarana Informatika Jakarta Algoritma K-Means Untuk Klasterisasi Kampung Di Desa Bojong Berdasarkan Tingkat Pendidikan," vol. 13, no. 1, p. 2025, 2025.
- [6] B. Krismarta and F. Septian, "Implementasi Algoritma K-Means Untuk Klasterisasi Minat Membaca Anak Pada Perpustakaan Sudut Baca Opera," *OKTALJurnal Ilmu Komput. dan Sci.*, vol. 3, no. 8, pp. 2022–2031, 2024, [Online]. Available: <https://journal.mediapublikasi.id/index.php/oktal>
- [7] E. Fat, "Peningkatan Tingkat Kegemaran Membaca (TGM) Masyarakat Melalui Pengukuran Indeks Gemar Membaca (IGM)," *Tik Ilmeu J. Ilmu Perpust. dan Inf.*, vol. 6, no. 2, p. 341, 2022, doi: 10.29240/tik.v6i2.5498.
- [8] L. F. Az Zahroh, N. Rahaningsih, and R. D. Dana, "Klasterisasi Data Kegemaran Membaca Menggunakan Algoritma K-Means Di Sma Al-Islam Cirebon," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 8, no. 3, pp. 2692–2698, 2024, doi: 10.36040/jati.v8i3.9543.
- [9] B. Warsito, A. Rachman Hakim, and E. Fatmawati, "Pengukuran Indeks Pembangunan Literasi Masyarakat (IPLM) Kota Salatiga sebagai Dasar Penyusunan Program Pengembangan dan Pembinaan Perpustakaan," *J. Pustaka Ilm.*, vol. 9, no. 2, p. 75, 2023, doi: 10.20961/jpi.v9i2.75337.
- [10] X. Lin, W. Guan, and Y. Zhang, "Application of Data Mining Technology with Improved Clustering Algorithm in Library Personalized Book Recommendation System," *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 14, no. 11, pp. 494–504, 2023, doi: 10.14569/IJACSA.2023.0141151.