

Terbit online pada laman web jurnal : <http://teknosi.fti.unand.ac.id/>

Jurnal Nasional Teknologi dan Sistem Informasi

| ISSN (Print) 2460-3465 | ISSN (Online) 2476-8812 |



Artikel Penelitian

Optimasi Pengelompokan Pekerja Menggunakan Metode *Fuzzy C-Means* Di Disnaker Perindag Kota Binjai Berbasis *Website*

Salma Kharida ^a, Safwandi ^b, Rini Meiyanti ^c^{a,b,c}Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh, Cot Tengku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara, Provinsi Aceh, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 16 Januari 2026

Revisi Akhir: 27 April 2026

Diterbitkan Online: 23 Agustus 2026

KATA KUNCI

Data mining,
Fuzzy C-Means,
Pengelompokan pekerja,
Sistem informasi tenaga kerja

KORESPONDENSI

E-mail: salma.210170193@mhs.unimal.ac.id

ABSTRACT

Penelitian ini mengembangkan sistem pengelompokan pekerja berbasis *website* untuk Dinas Ketenagakerjaan Perindustrian dan Perdagangan (Disnaker Perindag) Kota Binjai menggunakan metode *Fuzzy C-Means*. Tingginya angka pengangguran dan kompleksitas pengelolaan data pekerja secara manual mendorong kebutuhan akan solusi teknologi yang dapat mengklasifikasikan tenaga kerja secara objektif dan efisien. Penelitian ini menggunakan data 387 pekerja terdaftar dari tahun 2022-2025 dengan lima atribut penilaian: usia, pendidikan, pengalaman kerja, bidang keahlian, dan sertifikasi. Data diproses melalui tahapan pembersihan, normalisasi, dan klusterisasi menggunakan algoritma *Fuzzy C-Means* untuk membagi pekerja ke dalam empat kategori berdasarkan kesiapan kerja dan kompetensi mereka. Sistem ini dibangun menggunakan *Python* dengan *framework Flask* dan database *SQLite*, dilengkapi fitur login administrator, pengelolaan data pekerja, proses otomatisasi klusterisasi, dan visualisasi hasil dalam bentuk tabel dan grafik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Fuzzy C-Means* berhasil mengelompokkan pekerja ke dalam empat klaster sesuai tingkat kemiripan karakteristik mereka, dengan distribusi yang seimbang di setiap kategori. Sistem yang dihasilkan terbukti membantu Disnaker Perindag dalam membuat keputusan penempatan dan pelatihan kerja yang lebih tepat sasaran, objektif, dan sistematis. Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan teknologi data mining dengan *Fuzzy C-Means* dapat meningkatkan efektivitas pengelolaan sumber daya manusia di instansi pemerintah.

I. PENDAHULUAN

Dalam konteks globalisasi dan transformasi digital yang berkembang pesat, manajemen sumber daya manusia (SDM) menjadi salah satu faktor krusial yang menentukan keberlanjutan pertumbuhan ekonomi suatu negara. Pengelolaan tenaga kerja yang efektif, efisien, dan berbasis data sangat dibutuhkan untuk menjawab tantangan ketenagakerjaan yang semakin kompleks. Kantor Tenaga Kerja, Perindustrian, dan Perdagangan Kota Binjai (Disnaker Perindag) memegang peran strategis dalam mengkoordinasikan proses pendaftaran tenaga kerja serta menjembatani kebutuhan pencari kerja dengan peluang kerja yang tersedia di sektor industri dan perdagangan. Namun, dalam praktiknya, pengelolaan data pendaftaran pekerja masih menghadapi berbagai kendala, terutama dalam mengklasifikasikan data tenaga kerja yang bersifat kompleks, heterogen, dan terus bertambah.

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah penduduk Indonesia mengalami peningkatan signifikan dari 237,63 juta

jiwa pada tahun 2010 menjadi 270,20 juta jiwa pada tahun 2020. Peningkatan jumlah penduduk tersebut berdampak langsung pada bertambahnya jumlah angkatan kerja yang harus diimbangi dengan ketersediaan lapangan pekerjaan yang memadai. Di Kota Binjai, Provinsi Sumatera Utara, jumlah penduduk tercatat mencapai 311.163 jiwa pada tahun 2020 dengan tingkat pengangguran terbuka (TPT) sebesar 4,91%. Kondisi ini menunjukkan bahwa pertumbuhan populasi yang tidak sebanding dengan ketersediaan lapangan kerja menimbulkan permasalahan ketenagakerjaan yang perlu ditangani secara serius. Kota Binjai yang secara geografis terletak sekitar 22 km dari pusat Kota Medan dan memiliki luas wilayah 62,52 km² merupakan salah satu wilayah strategis dengan potensi pertumbuhan ekonomi di Sumatera Utara. Secara historis, perannya sebagai ibu kota Kabupaten Langkat sebelum menjadi kota administratif turut memperkuat posisinya sebagai daerah yang berpotensi dalam pengembangan sektor industri dan perdagangan. Meskipun demikian, permasalahan pengangguran dan kemiskinan masih menjadi isu makro yang berdampak langsung terhadap kesejahteraan masyarakat [1].

Dalam menghadapi permasalahan tersebut, penerapan sistem informasi berbasis digital dalam pengelolaan data tenaga kerja menjadi sebuah kebutuhan yang mendesak. Sistem informasi berbasis teknologi memungkinkan organisasi untuk mengelola data dalam jumlah besar secara terstruktur, akurat, dan efisien. Selain meningkatkan produktivitas organisasi, sistem informasi juga berperan penting dalam mendukung pengambilan keputusan strategis melalui penyediaan informasi yang relevan dan berbasis data. Dalam konteks Dinas Tenaga Kerja, Perindustrian, dan Perdagangan, sistem informasi yang canggih dapat mengubah data mentah menjadi wawasan yang dapat ditindaklanjuti untuk mendukung perumusan kebijakan ketenagakerjaan yang lebih tepat sasaran [2]. Teknik pengelompokan telah muncul sebagai solusi yang sangat relevan untuk mengatasi kompleksitas pengelompokan pekerja yang heterogen. Berbeda dengan klasifikasi tradisional, pengelompokan tidak memerlukan label kategori yang telah ditentukan sebelumnya, melainkan mengelompokkan data berdasarkan kesamaan internal. Di antara berbagai metode pengelompokan, Fuzzy C-Means (FCM) menonjol sebagai algoritma pembelajaran mesin tak terawasi yang paling efektif untuk menangani data dengan batas yang kabur antara kategori [3]. Keunggulan utama metode FCM terletak pada fleksibilitasnya dalam mengakomodasi kenyataan bahwa karakteristik pekerja seringkali tidak bersifat biner atau absolut, melainkan gradual dan tumpang tindih. Setiap pekerja individu dapat memiliki derajat keanggotaan di lebih dari satu kluster secara bersamaan, mencerminkan kompleksitas nyata profil kompetensi tenaga kerja. Pendekatan ini sangat cocok untuk keragaman data pendaftaran pekerja, yang mencakup variabel seperti tingkat pendidikan, pengalaman kerja, bidang keahlian, usia, dan sertifikasi atau pelatihan formal [4].

Seiring dengan meningkatnya volume dan kompleksitas data tenaga kerja, pendekatan analisis data konvensional menjadi kurang efektif. Oleh karena itu, diperlukan metode analisis data yang mampu menggali informasi dan pola tersembunyi dari kumpulan data berskala besar. Data mining merupakan salah satu pendekatan yang relevan dalam konteks ini. Data mining adalah cabang ilmu yang mengintegrasikan machine learning, statistik, pengenalan pola, basis data, dan visualisasi untuk mengekstraksi pengetahuan atau pola tersembunyi dari data dalam jumlah besar. Data mining juga dikenal sebagai bagian dari proses Knowledge Discovery in Database (KDD), yang mencakup tahap persiapan data, penerapan algoritma analisis, serta penyajian hasil dalam bentuk yang mudah dipahami [5], [6]. Tujuan utama dari data mining adalah menghasilkan pengetahuan baru yang dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan yang objektif dan berbasis data.

Berdasarkan tujuannya, data mining memiliki beberapa metode utama, antara lain estimasi, prediksi, klasifikasi, pengelompokan (clustering), dan asosiasi [7]. Dalam pengelolaan data tenaga kerja, metode clustering menjadi sangat penting karena mampu mengelompokkan data berdasarkan tingkat kesamaan

karakteristik tanpa memerlukan label kelas sebelumnya. Penerapan clustering memungkinkan instansi pemerintah untuk mengidentifikasi pola ketenagakerjaan, memetakan karakteristik pencari kerja, serta mendukung perencanaan penempatan tenaga kerja dan program pelatihan yang lebih terarah.

Clustering merupakan teknik pembelajaran tanpa pengawasan yang bertujuan untuk mengelompokkan data ke dalam beberapa kluster sehingga data dalam satu kluster memiliki tingkat kemiripan yang tinggi dan berbeda dengan data pada kluster lainnya. Proses clustering umumnya dilakukan dengan mengukur jarak antar data, seperti menggunakan jarak Euclidean, sehingga objek-objek yang memiliki karakteristik serupa akan berada dalam kluster yang sama [8], [9]. Berdasarkan prinsip kerjanya, clustering dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, antara lain clustering berbasis partisi, clustering hierarkis, clustering berbasis kepadatan, dan clustering berbasis model. Tantangan utama dalam clustering meliputi penentuan jumlah kluster yang optimal serta kemampuan algoritma dalam menangani data yang kompleks, besar, dan memiliki karakteristik yang tumpang tindih [10]. Meskipun demikian, clustering tetap menjadi metode yang efektif dalam mengungkap struktur dan pola tersembunyi dalam data serta mendukung pengambilan keputusan yang lebih objektif dan sistematis.

Salah satu metode clustering yang banyak digunakan untuk menangani data dengan batas kluster yang tidak jelas adalah Fuzzy C-Means (FCM). FCM merupakan algoritma clustering yang memungkinkan setiap data memiliki derajat keanggotaan pada lebih dari satu kluster, sehingga sangat cocok untuk data dengan karakteristik yang tumpang tindih [11]. Pendekatan fuzzy ini mencerminkan kondisi nyata data tenaga kerja, di mana seorang pencari kerja dapat memiliki karakteristik yang relevan dengan lebih dari satu kelompok, misalnya dari segi pendidikan dan pengalaman kerja. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pengembangan teknik tertentu, seperti filtrasi afinitas dan skala keanggotaan, dapat meningkatkan efisiensi serta mempercepat proses konvergensi algoritma FCM. Hasil dari algoritma FCM berupa pusat kluster dan nilai keanggotaan fuzzy yang merepresentasikan tingkat kesamaan setiap data terhadap masing-masing kluster.

Untuk mendukung penerapan metode Fuzzy C-Means secara optimal, diperlukan sebuah sistem berbasis web yang mampu mengintegrasikan proses pengelolaan data, perhitungan algoritma, serta penyajian hasil analisis. Situs web merupakan kumpulan halaman yang saling terhubung dalam suatu domain dan dapat diakses melalui internet menggunakan browser melalui alamat Uniform Resource Locator (URL). Situs web berfungsi sebagai platform digital untuk menyajikan informasi, layanan, dan transaksi secara daring dalam berbagai bentuk media [12]. Seiring dengan perkembangan teknologi, situs web tidak hanya digunakan sebagai media informasi, tetapi juga sebagai sistem pendukung aktivitas organisasi, termasuk dalam

manajemen tenaga kerja dan proses rekrutmen [13]. Pengembangan sistem berbasis web meliputi tahapan analisis, desain, implementasi, dan pengujian guna memastikan sistem dapat berjalan secara optimal dan sesuai dengan kebutuhan pengguna [14].

Dalam penelitian ini, SQLite digunakan sebagai sistem manajemen basis data untuk menyimpan data pekerja, variabel penilaian, serta hasil pengelompokan menggunakan metode Fuzzy C-Means. SQLite merupakan sistem manajemen basis data relasional (RDBMS) yang ringan, bersifat serverless, dan mandiri, di mana seluruh data disimpan dalam satu file tanpa memerlukan instalasi server terpisah. Karakteristik tersebut menjadikan SQLite mudah diimplementasikan, portabel, dan efisien untuk aplikasi berbasis web maupun desktop (Hipp, 2020). SQLite mendukung penggunaan Structured Query Language (SQL) untuk pengelolaan data terstruktur, seperti proses insert, update, delete, dan select [15]. Dengan kinerja yang baik dan tingkat keamanan yang memadai, SQLite memungkinkan sistem berjalan secara mandiri tanpa bergantung pada server basis data eksternal, sehingga memudahkan proses pengembangan dan implementasi sistem.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pengelompokan tenaga kerja berbasis web menggunakan metode Fuzzy C-Means pada Disnaker Perindag Kota Binjai. Sistem yang dikembangkan diharapkan mampu mengoptimalkan pengelolaan data tenaga kerja secara objektif dan berbasis data, mendukung pengambilan keputusan strategis, serta menjadi dasar dalam perencanaan program pelatihan, penempatan kerja, dan pengembangan sumber daya manusia yang lebih efektif dan tepat sasaran.

II. METODE

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pengelompokan pekerja berbasis website menggunakan metode Fuzzy C-Means (FCM), yang dirancang untuk mengelompokkan pekerja secara objektif berdasarkan tingkat kesiapan dan kompetensi kerja mereka. Sistem yang diusulkan mengintegrasikan algoritma Fuzzy C-Means dengan sistem informasi berbasis web untuk mendukung proses pengambilan keputusan di Kantor Tenaga Kerja, Industri, dan Perdagangan Kota Binjai (Disnaker Perindag). Model FCM yang digunakan mampu menangani data dengan batas kluster yang tidak jelas dengan memberikan derajat keanggotaan pada setiap data pekerja untuk setiap kluster.

Metode Fuzzy C-Means dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahap utama, yaitu inisialisasi matriks keanggotaan, perhitungan pusat kluster, pembaruan nilai keanggotaan, dan evaluasi fungsi objektif hingga konvergensi tercapai. Data setiap pekerja diwakili dalam bentuk vektor atribut yang mencakup usia, tingkat pendidikan, pengalaman kerja, dan bidang keahlian. Proses ini memungkinkan setiap pekerja memiliki tingkat

keanggotaan di lebih dari satu kluster, sehingga dapat mewakili karakteristik tenaga kerja yang tumpang tindih secara lebih fleksibel dan realistis. Untuk mendukung efektivitas pengelompokan, data pekerja terlebih dahulu melalui tahap prapemrosesan yang meliputi pembersihan data, normalisasi, dan pemilihan atribut. Tahap ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas data dan memastikan setiap atribut memiliki kontribusi yang seimbang dalam proses pengelompokan. Seluruh proses perhitungan Fuzzy C-Means diimplementasikan secara otomatis dalam sistem berbasis web menggunakan bahasa pemrograman Python dan kerangka kerja Flask.

Hasil akhir sistem ini adalah pusat kluster dan nilai keanggotaan fuzzy untuk setiap pekerja, yang kemudian divisualisasikan dalam tabel dan grafik untuk memudahkan interpretasi. Notasi dan definisi variabel yang digunakan dalam proses pengelompokan Fuzzy C-Means dirangkum dalam Tabel 1 untuk memberikan kejelasan dan konsistensi dalam memahami metode yang diusulkan. Tahapan dalam metode Fuzzy C-Means adalah sebagai berikut;

1. *Input* data yang akan dikelompokkan, yakni X , berupa matriks berukuran $n \times m$ (n = jumlah sampel data, m = atribut setiap data), dimana X_{ij} = data ke- i ($i = 1, 2, \dots, n$) dengan atribut ke- j ($j = 1, 2, \dots, m$).

Dengan:

X_{ij} = Data variabel pendaftar pekerja

2. Tentukan:

- a. Jumlah kluster = c ;
- b. Pangkat/pembobot = w ;
- c. Jumlah maksimum iterasi = MaxIter
- d. *Error* terkecil yang diharapkan = ϵ
- e. Fungsi obyektif awal: $P_0 = 0$;
- f. Iterasi awal: $t = 1$;

3. Sebagai elemen *matriks* partisi awal U , hasilkan bilangan bulat acak μ_{ki} (di mana $i=1, 2, \dots, m$ dan $k=1, 2, \dots, c$), di mana X_i adalah data ke- i dan jumlah kolom setiap baris sama dengan Hitung fungsi obyektif pada iterasi ke- t , P_t , dengan

$$\sum_{i=1}^c \mu_{ci} = 1 \quad (1)$$

4. Hitung pusat *Cluster* ke- k , V_{kj} dengan $k = 1, 2, \dots, c$ dan $j = 1, 2, \dots, m$

$$V_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^m (\mu_{ik})^w \cdot X_{ij}}{\sum_{i=1}^m (\mu_{ik})^w} \quad (2)$$

5. Hitung fungsi objektif pada iterasi ke- t , P_t

$$P_t = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^c ([\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2] (\mu_{ik})^w) \quad (3)$$

6. Tentukan bagaimana derajat keanggotaan setiap kluster telah berubah (tingkatkan matriks partisi U) dengan menggunakan:

$$\mu_{ik} = \frac{[\sum_{j=1}^m ((X_{ij} - V_{kj})^2)^{\frac{-1}{w-1}}]}{\sum_{k=1}^c [\sum_{j=1}^m ((X_{ij} - V_{kj})^2)^{\frac{-1}{w-1}}]} \quad (4)$$

dengan: $i = 1, 2, \dots, n$ dan $k = 1, 2, \dots, c$

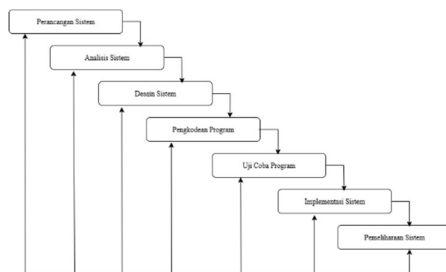
7. Cek kondisi berhenti

- Jika: $(|Pt - Pt - 1| < \xi)$ atau $(t > \text{MaxIter})$ maka berhenti;
- Jika tidak: $t = t + 1$, ulangi langkah ke-4.

Proses *iterasi* akan terus berlanjut hingga hasilnya optimal dan memenuhi ekspektasi penulis, berdasarkan berbagai prosedur yang dilakukan.

Tabel. 1 Keterangan Notasi

Notasi Variabel	Keterangan
X_{ij}	Data variabel calon pekerja
V_{kj}	Pusat kluster
μ_{ik}	Derajat keanggotaan kluster -i dan data ke-
X_{ij}	Data sampel ke-
I	Indeks data (1, 2, ..., c)
V_{kj}	Pusat kluster ke-
μ_{ik}	Derajat keanggotaan kluster -i dan data -k
X_{ij}	Data sampel ke-
P_t	Fungsi tujuan pada iterasi



Gambar. 1 Metode Waterfall

Penelitian ini menggunakan metode Waterfall sebagai tahapan pengembangan sistem pengelompokan pekerja berbasis Fuzzy C-Means. Metode ini dipilih karena memiliki alur kerja yang sistematis dan terstruktur, sehingga memudahkan proses perancangan hingga implementasi sistem. Tahap awal dimulai dengan perancangan dan analisis sistem, yang mencakup identifikasi kebutuhan, pengumpulan serta analisis data pekerja, dan penentuan parameter optimal pada algoritma Fuzzy C-Means berdasarkan karakteristik data.

Tahap selanjutnya adalah desain dan pengkodean sistem, meliputi perancangan arsitektur perangkat lunak, model data, antarmuka pengguna, serta implementasi algoritma Fuzzy C-Means menggunakan bahasa pemrograman Python. Setelah sistem dikembangkan, dilakukan uji coba menggunakan metode black-box testing untuk memastikan seluruh fungsi sistem berjalan dengan baik dan menghasilkan keluaran yang sesuai. Tahap implementasi dilakukan dengan menerapkan sistem di lingkungan Disnaker Perindag, disertai dengan pelatihan pengguna dalam memahami penggunaan sistem dan interpretasi hasil pengelompokan. Selanjutnya, dilakukan tahap

pemeliharaan untuk menyesuaikan sistem terhadap perubahan data dan kebijakan, serta melakukan kalibrasi ulang parameter Fuzzy C-Means apabila diperlukan guna meningkatkan akurasi pengelompokan.



Gambar. 2 Skema Penelitian

Skema sistem yang ditampilkan berupa diagram alir (flowchart) yang menggambarkan proses pengelompokan pekerja menggunakan metode Fuzzy C-Means. Proses diawali dengan inisiasi sistem, kemudian dilanjutkan dengan input data pelamar kerja yang mencakup variabel usia, tingkat pendidikan, pengalaman kerja, keterampilan, serta faktor lain yang relevan dengan kebutuhan Disnaker Perindag. Data tersebut digunakan sebagai dasar dalam proses klasterisasi untuk mengelompokkan pekerja berdasarkan kesamaan karakteristik.

Selanjutnya, sistem menjalankan algoritma Fuzzy C-Means dengan menentukan pusat kluster awal, menghitung jarak setiap data terhadap pusat kluster, serta menetapkan derajat keanggotaan fuzzy pada masing-masing kluster secara iteratif hingga mencapai kondisi konvergen. Hasil proses ini berupa pusat kluster dan nilai keanggotaan setiap pekerja yang menunjukkan tingkat kedekatan terhadap kluster tertentu. Hasil klasterisasi kemudian ditampilkan dalam bentuk tabel atau visualisasi untuk mendukung pemahaman dan pengambilan keputusan. Dengan sistem ini, Disnaker Perindag diharapkan dapat mengoptimalkan pengelompokan pekerja secara objektif, efisien, dan berbasis data guna mendukung penyaluran tenaga kerja, perencanaan pelatihan, dan kebijakan ketenagakerjaan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini merancang dan menguji sistem berbasis web menggunakan Python dan kerangka kerja Flask dengan menerapkan metode Fuzzy C-Means (FCM) untuk mengelompokkan data pekerja di Kantor Tenaga Kerja dan Perdagangan Kota Binjai. Pengelompokan dilakukan berdasarkan tingkat pendidikan, usia, pengalaman kerja, bidang

minat, dan kepemilikan sertifikat untuk mengidentifikasi pola dan tren dalam kesiapan kerja. Metode FCM diterapkan sebagai solusi atas ketidakhadiran sistem pengelompokan pekerja otomatis dan terukur, yang menghasilkan pengelompokan data yang lebih efisien dan objektif.

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 387 pekerja yang terdaftar di Kantor Tenaga Kerja dan Perdagangan Kota Binjai. Data tersebut mencakup nama pekerja, tingkat pendidikan tertinggi, usia, pengalaman kerja (tahun), bidang minat, dan kepemilikan sertifikat atau pelatihan kerja. Semua data menjalani prapemrosesan dan normalisasi sebelum digunakan dalam perhitungan Fuzzy C-Means. Tahap implementasi dilakukan dengan memasukkan dataset ke dalam sistem, kemudian melakukan proses pengelompokan dengan parameter spesifik untuk jumlah kluster (k) dan nilai bobot (m). Hasil pengelompokan ditampilkan dalam bentuk tabel dan visualisasi grafis yang menunjukkan distribusi jumlah pekerja di setiap kluster serta nilai pusat (centroid) setiap atribut. Hasil ini diharapkan dapat menjadi dasar pengambilan keputusan oleh Dinas Tenaga Kerja dan Industri Kota Binjai dalam mengelola dan mengembangkan tenaga kerja.

Tabel. 2 Dataset normalisasi

Nama	Pendidikan terakhir	Bidang Minat	Umur	Pengalaman bekerja	Sertifikasi khusus
Aksal Prayoga	0,57	0,33	0,05	0,00	0,00
Dimas Abdi Nugroho	0,57	0,33	0,11	0,00	0,00
Emia Nawarita Karina Br Bangun	0,57	0,33	0,61	0,61	1,00
Dion Mangga	0,71	0,83	0,21	0,12	0,00
Naura Izzati	0,57	0,33	0,13	0,06	0,00
Reyhan					
Andreas Nst	0,57	0,33	0,00	0,00	0,00
Andi Syaputra	0,14	0,00	0,53	0,61	0,00
Ferry Irawan	0,57	0,33	0,50	0,52	0,00
Saldinata					
Abdillah Lubis	0,71	0,83	0,18	0,09	0,00
Andi Pramana	0,43	0,00	0,61	0,76	1,00

Tabel. 3 Dataset awal

Nama	Pendidikan terakhir	Bidang Minat	Umur	Pengalaman bekerja	Sertifikasi khusus
Aksal Prayoga	Sma	Ips	19	0	No
Dimas Abdi Nugroho	Smk	Teknik Komputer Dan Jaringan	21	0	No
Emia Nawarita Karina Br Bangun	Sma	Ipa	40	20	Yes
Dion Mangga Raja Christian Sihombing	D4	Manajemen Bisnis	25	4	No
Naura Izzati	Sma	Ipa	22	2	No
Reyhan	Smk	Tkj	17	0	No
Andreas Nst					
Andi Syaputra	Sd	-	37	20	No
Ferry Irawan	Smk	Teknik Otomotif	36	17	No
Saldinata	D3	Teknik Grafika	24	3	No
Abdillah Lubis					
Andi Pramana	Smp	-	40	25	Yes
...	...	...	...	...	...

Setelah data dimasukkan, kami mengubah data non-numerik menjadi data numerik dengan membuat skala untuk setiap level dalam variabel.

Tabel. 4 Data numerik

Nama	Pendidikan terakhir	Bidang Minat	Umur	Pengalaman bekerja	Sertifikasi khusus
Aksal Prayoga	0,20	0,10	19	0	0,30
Dimas Abdi Nugroho	0,20	0,10	21	0	0,30
Emia Nawarita Karina Br Bangun	0,20	0,10	40	20	0,70
Dion Mangga	0,25	0,25	25	4	0,30
Naura Izzati	0,20	0,10	22	2	0,30
Reyhan			17	0	
Andreas Nst	0,20	0,10			0,30
Andi Syaputra	0,05	0,0	37	20	0,30
Ferry Irawan	0,20	0,10	36	17	0,30
Saldinata			24	3	
Abdillah Lubis	0,25	0,25			0,30
Andi Pramana	0,15	0,0	40	25	0,70
...	...	...	...	...	...

Setelah data dimasukkan ke dalam sistem, atribut non-numerik terlebih dahulu diubah menjadi data numerik agar dapat diproses secara komputasional. Selanjutnya, semua data dinormalisasi menggunakan metode normalisasi min-max untuk menyamakan skala nilai setiap atribut sehingga proses perhitungan dan pengelompokan menggunakan metode Fuzzy C-Means dapat berjalan secara optimal.

$$X_{norm} = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (5)$$

Penetapan parameter awal merupakan langkah pertama dalam proses pengelompokan. Pada tahap ini, jumlah kluster ditentukan secara langsung, yaitu c1 = “Pekerja Siap Bekerja,” c2 = “Pekerja dengan Keterampilan Cukup untuk Bekerja,” c3 = “Pekerja Pemula,” dan c4 = “Pekerja yang Membutuhkan Pelatihan Ulang” (K = 4). Penentuan jumlah kluster pada awal proses sangat mempengaruhi hasil akhir proses pengelompokan. Setelah jumlah kluster ditentukan, nilai toleransi kesalahan minimum (ξ) kemudian ditentukan sebagai batas konvergensi. Jika nilai fungsi tujuan pada iterasi lebih kecil dari nilai (ξ), proses iterasi dihentikan dan hasil pengelompokan dianggap telah mencapai kondisi optimal.

Langkah-langkah untuk mengelompokkan calon pekerja adalah sebagai berikut:

1. Tentukan nilai awal
 - a. Jumlah kluster = 4
 - b. Eksponen = 2
 - c. Iterasi maksimum = 100
 - d. Kesalahan yang diharapkan = 0.0001
 - e. Fungsi tujuan awal = 0
 - f. Iterasi awal = 1

Seperti yang ditunjukkan dalam tabel berikut, bilangan bulat acak μ_{ik} dibuat sebagai elemen dalam matriks partisi awal U , di mana X_i adalah data ke- i ($i = 1, 2, \dots, m$) dan $k = 1, 2, \dots, c$ adalah jumlah kluster.

Tabel. 5 Bilangan acak

C1	C2	C3	C4	Total
0,4	0,16	0,13	0,31	1
0,26	0,15	0,35	0,24	1
0,25	0,2	0,18	0,37	1
0,27	0,04	0,24	0,45	1
0,13	0,12	0,37	0,38	1
0,22	0,3	0,26	0,22	1
0,44	0,2	0,22	0,14	1
0,2	0,44	0,06	0,3	1
0,26	0,3	0,25	0,19	1
0,16	0,32	0,34	0,18	1
...	...	...	...	...

Karena setiap titik data dianggap sebagai bagian dari semua kluster dengan tingkat keanggotaan yang berbeda, nilai keanggotaan total suatu titik data di seluruh kluster harus berjumlah 1.

Hitung pusat kluster k menggunakan rumus dari persamaan (3). Hasil perkalian kolom dapat dilihat pada Tabel 6 di bawah ini.

Tabel. 6 Perhitungan kluster 1 iterasi 1

μ_{i1}	Dataset					μ_{i1}^{*2}	μ_{i1}^{*1}	μ_{i1}^{*2}	μ_{i1}^{*3}	μ_{i1}^{*4}	μ_{i1}^{*5}
	X1	X2	X3	X4	X5						
0,4	0,5	0,3	0,0	0,0	0,0	0,1	0,09	0,05	0,00	0,00	0,00
00	71	33	53	00	00	60	1	3	8	0	0
0,2	0,5	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00
60	71	33	05	00	00	68	9	3	7	0	0
0,2	0,5	0,3	0,6	0,6	1,0	0,0	0,03	0,02	0,03	0,03	0,06
50	71	33	05	06	00	63	6	1	8	8	3
0,2	0,7	0,8	0,2	0,1	0,0	0,0	0,05	0,06	0,01	0,00	0,00
70	14	33	11	21	00	73	2	1	5	9	0
0,1	0,5	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
30	71	33	32	61	00	17	0	6	2	1	0
0,2	0,5	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00
20	71	33	00	00	00	48	8	6	0	0	0
0,4	0,1	0,0	0,5	0,6	0,0	0,1	0,02	0,00	0,10	0,11	0,00
40	43	00	26	06	00	94	8	0	2	7	0
0,2	0,5	0,3	0,5	0,5	0,0	0,0	0,02	0,01	0,02	0,02	0,00
00	71	33	00	15	00	40	3	3	0	1	0
0,2	0,7	0,8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,04	0,05	0,01	0,00	0,00
60	14	33	84	91	00	68	8	6	2	6	0
0,1	0,4	0,0	0,6	0,7	1,0	0,0	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02
60	29	00	05	58	00	26	1	0	5	9	6
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Total						32,439	20,6	15,0	7,98	6,17	1,68
							804	384	027	056	6

Nilai μ_{i1} akan digunakan untuk menghitung hasil iterasi 1 kluster 1 untuk setiap kolom dalam Tabel 6 di atas. Setiap kolom dalam matriks X berkontribusi pada nilai Σ , yang merupakan total dari semua kolom tersebut.

Berikut cara menentukan pusat kluster 1 iterasi 1:

$$V_{1.1} = \frac{20,6804}{32,439} = 0,637517$$

$$V_{1.2} = \frac{15,0384}{32,439} = 0,463589$$

$$V_{1.3} = \frac{7,98027}{32,439} = 0,246008$$

$$V_{1.4} = \frac{6,17056}{32,439} = 0,190220526$$

$$V_{1.5} = \frac{1,686}{32,439} = 0,051974$$

Tabel 1. Perhitungan kluster 2 iterasi 1

μ_{i2}	Dataset					μ_{i2}^{*2}	μ_{i2}^{*1}	μ_{i2}^{*2}	μ_{i2}^{*3}	μ_{i2}^{*4}	μ_{i2}^{*5}
	X1	X2	X3	X4	X5						
0,	0,5	0,3	0,0	0,0	0,0	0,02	0,01	0,00	0,00	0	0
16	71	33	53	00	00	56	463	853	135		
0,	0,5	0,3	0,1	0,0	0,0	0,02	0,01	0,00	0,00	0	0
15	71	33	05	00	00	25	286	75	237		
0,	0,5	0,3	0,6	0,6	1,0	0,04	0,02	0,01	0,02	0,02	0,04
2	71	33	05	06	00		286	333	421	42	
0,	0,7	0,8	0,2	0,1	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04	14	33	11	21	00	16	114	133	034	019	0
0,	0,5	0,3	0,1	0,0	0,0	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0
12	71	33	32	61	00	44	823	48	189	087	
0,	0,5	0,3	0,0	0,0	0,0	0,09	0,05	0,03	0	0	0
3	71	33	00	00	00		143				
0,	0,1	0,0	0,5	0,6	0,0	0,04	0,00	0	0,02	0,02	0
2	43	00	26	06	00		571		105	424	
0,	0,5	0,3	0,5	0,5	0,0	0,19	0,11	0,06	0,09	0,09	0
44	71	33	00	15	00	36	063	453	68	973	
0,	0,7	0,8	0,1	0,0	0,0	0,09	0,06	0,07	0,01	0,00	0
3	14	33	84	91	00		429	5	658	818	
0,	0,4	0,0	0,6	0,7	1,0	0,10	0,04	0	0,06	0,07	0,10
32	29	00	05	58	00	24	389		198	758	2
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Total						32,3	20,8	14,4	7,49	5,57	1,99
						71	07	32	8	2	1

Sebagai tambahan, Tabel 7 menampilkan hasil perhitungan pusat kluster 2 pada iterasi pertama. Perhitungan ini dilakukan dengan membandingkan setiap kolom dalam matriks X dengan kolom μ_{i2} dalam Tabel 7 Nilai pusat kluster 2 kemudian diperoleh dari jumlah (Σ) setiap kolom.

Berikut adalah cara menentukan pusat kluster 2 pada iterasi 1:

$$V_{2.1} = \frac{20,807}{32,371} = 0,642783$$

$$V_{2.2} = \frac{14,432}{32,371} = 0,445847$$

$$V_{2.3} = \frac{7,498}{32,371} = 0,231632$$

$$V_{2.4} = \frac{5,572}{32,371} = 0,172154276$$

$$V_{2.5} = \frac{1,991}{32,371} = 0,061527$$

Tabel 8. Perhitungan kluster 3 iterasi 1

μ_{i3}	Dataset					μ_{i3}^{*2}	μ_{i3}^{*1}	μ_{i3}^{*2}	μ_{i3}^{*3}	μ_{i3}^{*4}	μ_{i3}^{*5}
	X1	X2	X3	X4	X5						
0,	0,5	0,3	0,0	0,0	0,0	0,01	0,00	0,00	0,00	0	0
13	71	33	53	00	00	69	966	563	089		
0,	0,5	0,3	0,1	0,0	0,0	0,12	0,07	0,04	0,01	0	0
35	71	33	05	00	00	25		083	289		
0,	0,5	0,3	0,6	0,6	1,0	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03
18	71	33	05	06	00	24	851	08	961	964	24
0,	0,7	0,8	0,2	0,1	0,0	0,05	0,04	0,04	0,01	0,00	0
24	14	33	11	21	00	76	114	8	213	698	
0,	0,5	0,3	0,1	0,0	0,0	0,13	0,07	0,04	0,01	0,00	0
37	71	33	32	61	00	69	823	563	801	83	
0,	0,5	0,3	0,0	0,0	0,0	0,06	0,03	0,02	0	0	0
26	71	33	00	00	00	76	863	253			
0,	0,1	0,0	0,5	0,6	0,0	0,04	0,00	0	0,02	0,02	0
22	43	00	26	06	00	84	691		547	933	
0,	0,5	0,3	0,5	0,5	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
06	71	33	00	15	00	36	206	12	18	185	
0,	0,7	0,8	0,1	0,0	0,0	0,06	0,04	0,05	0,01	0,00	0
25	14	33	84	91	00	25	464	208	151	568	

0,34	0,429	0,000	0,605	0,758	1,000	0,1156	0,04954	0	0,06997	0,08758	0,1156
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Total						32,438	20,897	14,953	7,123	5,159	1,631

Selain itu, Tabel 8 menunjukkan hasil perhitungan pusat kluster 3 pada iterasi pertama. Proses ini dilakukan dengan membandingkan setiap kolom dalam matriks X dengan kolom μ_3 yang tercantum dalam Tabel 4.7. Nilai pusat kluster 3 diperoleh dari jumlah (Σ) setiap kolom, yang menghasilkan nilai akhir pusat kluster pada iterasi tersebut.

Berikut adalah cara menentukan pusat kluster 3 pada iterasi 1;

$$V_{3.1} = \frac{20,897}{32,438} = 0,644225$$

$$V_{3.2} = \frac{14,953}{32,438} = 0,460972$$

$$V_{3.3} = \frac{7,123}{32,438} = 0,219607$$

$$V_{3.4} = \frac{5,159}{32,438} = 0,159044552$$

$$V_{3.5} = \frac{1,631}{32,438} = 0,050285$$

Tabel 9. Perhitungan kluster 3 iterasi 1

μ_i^4	Dataset					μ_i^{4*2}	μ_i^{4*} X1	μ_i^{4*} X2	μ_i^{4*} X3	μ_i^{4*} X4	μ_i^{4*} X5
	X1	X2	X3	X4	X5						
0,31	0,571	0,333	0,053	0,000	0,000	0,0961	0,05491	0,03203	0,00506	0	0
0,24	0,571	0,333	0,050	0,000	0,000	0,0576	0,05291	0,0392	0,01606	0	0
0,37	0,571	0,333	0,050	0,060	0,000	0,1369	0,07823	0,04563	0,08286	0,08297	0,1369
0,45	0,714	0,833	0,211	0,121	0,000	0,2014	0,14464	0,16875	0,04263	0,02455	0
0,38	0,571	0,333	0,061	0,000	0,000	0,1444	0,08251	0,04813	0,019	0,00875	0
0,22	0,571	0,333	0,000	0,000	0,000	0,0484	0,02766	0,01613	0	0	0
0,14	0,143	0,000	0,260	0,060	0,000	0,0196	0,0028	0	0,01032	0,01188	0
0,3	0,571	0,333	0,015	0,000	0,000	0,0909	0,05143	0,035	0,04636	0,04636	0
0,19	0,714	0,833	0,091	0,000	0,000	0,0361	0,02579	0,03008	0,00665	0,00328	0
0,18	0,429	0,000	0,658	0,710	0,003	0,0124	0,01389	0	0,01961	0,02455	0,0324
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Total						30,242	19,566	13,854	7,043	5,238	1,599

Sebagai tambahan, Tabel 9 menampilkan hasil perhitungan pusat kluster 1 pada iterasi kedua. Perhitungan ini dilakukan dengan membandingkan setiap kolom dalam matriks X dengan kolom μ_{i1} yang tercantum dalam Tabel 4.8. Nilai pusat kluster 1 pada iterasi kedua kemudian diperoleh dari jumlah (Σ) setiap kolom, yang menghasilkan pusat kluster baru pada iterasi tersebut.

$$V_{4.1} = \frac{19,566}{32,242} = 0,606979$$

$$V_{4.2} = \frac{13,854}{32,242} = 0,43012$$

$$V_{4.3} = \frac{7,0434}{32,2424} = 0,21859$$

$$V_{4.4} = \frac{5,238}{32,242} = 0,162457$$

$$V_{5.5} = \frac{1,599}{32,242} = 0,049589$$

Selain itu, Tabel 9 menampilkan hasil perhitungan pusat kluster satu, pusat kluster dua, pusat kluster tiga, dan pusat kluster empat dalam proses pengelompokan pekerja menggunakan metode Fuzzy C-Means. Nilai pusat kluster 1 ditampilkan pada baris pertama, yang diperoleh dengan membagi setiap nilai dalam Tabel 4.5 dengan nilai keanggotaan pada kolom μ_{i1} . Selanjutnya, nilai pusat kluster 2 pada baris kedua dihitung dengan membagi total nilai pada Tabel 4.6 dengan nilai keanggotaan pada kolom μ_{i2} . Nilai pusat kluster 3 pada baris ketiga diperoleh dengan membagi jumlah nilai pada Tabel 4.7 dengan nilai keanggotaan pada kolom μ_{i3} . Sementara itu, nilai pusat kluster 4 pada baris keempat diperoleh dengan membagi jumlah nilai dalam Tabel 4.8. Hasil-hasil ini menggambarkan posisi pusat setiap kluster pada iterasi, sehingga mendukung proses optimasi pengelompokan pekerja di Kantor Tenaga Kerja dan Perdagangan Kota Binjai.

Tabel 10. Pusat Kluster

V_{ki}	X1	X2	X3	X4	X5
Kluster 1	0,637517	0,463589	0,246008	0,190220526	0,051974
Kluster 2	0,642783	0,445847	0,231632	0,172154276	0,061527
Kluster 3	0,644225	0,460972	0,219607	0,159044552	0,050285
Kluster 4	0,646979	0,45812	0,232899	0,173216457	0,052889

2. Hitung fungsi tujuan pada iterasi 1 menggunakan persamaan (3).

Tabel 11. Perhitungan Fungsi Objektif

μ_i^1	μ_i^2	μ_i^3	μ_i^4	Dataset					L1	L2	L3	L4	L.T
				X1	X2	X3	X4	X5					
0,16	0,0256	0,0169	0,0961	0,571	0,333	0,053	0,000	0,000	0,01562	0,00213	0,00131	0,00832	0,00273
0,0676	0,0225	0,0225	0,576	0,571	0,333	0,050	0,000	0,000	0,00541	0,00151	0,00765	0,00405	0,00186
0,0625	0,04324	0,0369	0,73	0,571	0,333	0,050	0,060	0,000	0,07638	0,04905	0,04122	0,17035	0,336
0,0729	0,016	0,576	0,025	0,714	0,833	0,211	0,121	0,000	0,01103	0,00026	0,0085	0,03064	0,050
0,169	0,144	0,369	0,444	0,714	0,833	0,211	0,121	0,000	0,09091	0,063063	0,569	0,679	0,14
0,484	9	676	484	0,714	0,833	0,211	0,121	0,000	0,00584	0,00943	0,0066	0,524	0,27
0,936	4	484	196	0,429	0,000	0,658	0,710	0,003	0,13819	0,0291	0,0368	0,01451	0,218
0,04	936	036	9	0,571	0,333	0,050	0,000	0,000	0,00777	0,0089	0,00083	0,01911	0,068
0,0676	9	625	361	0,714	0,833	0,211	0,121	0,000	0,07075	0,01511	0,0095	0,568	0,41
0,0256	0,024	0,156	0,324	0,4	0	6	7	1	0,04117	0,16463	0,19281	0,05297	0,451
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
NILAI FUNGSI OBJEKTIF (P1)													9,144

Jarak antara setiap titik data dan pusat kluster dihitung dan dikalikan dengan kuadrat derajat keanggotaan titik data tersebut untuk mendapatkan nilai fungsi tujuan. Dari perhitungan ini, diperoleh nilai 9.143998677, yang kemudian digunakan sebagai

nilai fungsi tujuan pada iterasi pertama. Nilai ini kemudian digunakan sebagai acuan untuk menentukan apakah proses iterasi harus dilanjutkan atau dihentikan.

3. Hitung perubahan matriks partisi menggunakan persamaan (4);

Table 2: Perhitungan Perubahan Matriks Partisi

L1	L2	L3	L4	LT	L1/L T	L2/LT	L3/LT	L4/L T
10,24443	12,01	12,93	11,55	46,74	0,219	0,25705	0,27673	0,247
403	71	74	04	93	14	398	922	07
12,49553	14,89	16,00	14,21	57,60	0,216	0,25856	0,27781	0,246
221	36	27	02	22	93	042	5	7
0,818281	0,815	0,786	0,803	3,223	0,253	0,25296	0,24386	0,249
404	42	1	66	46	85	5	805	32
6,608204	6,169	6,774	6,608	26,16	0,252	0,23582	0,25896	0,252
487	63	9	64	14	59	967	576	61
18,54271	22,73	24,06	21,26	86,60	0,214	0,26248	0,27784	0,245
382	23	24	58	33	11	835	594	55
8,282291	9,539	10,24	9,231	37,29	0,222	0,25578	0,27460	0,247
892	51	15	67	5	08	553	791	53
1,400953	1,374	1,315	1,350	5,441	0,257	0,25257	0,24171	0,248
216	37	29	88	5	46	251	513	26
5,151257	4,734	4,356	4,709	18,95	0,271	0,24983	0,22986	0,248
239	74	31	44	17	81	143	331	5
6,289797	5,956	6,579	6,359	25,18	0,249	0,23650	0,26125	0,252
139	16	59	01	46	75	054	477	5
0,621781	0,599	0,611	2,455	0,253	0,25335	0,24420	0,249	0,249
849	0,622	55	72	05	27	546	901	17
...	...	...	...	...	...	...	...	...

Jumlah pada kolom pertama hingga kolom ketiga diperoleh dari perhitungan $[\sum (X_{ij} - V_k)_{nj=1}^{12}]_{w=1}^{1-1} [\sum (X_{ij} - V_{kj})_{n_j=1}^{12}]_{w=1}^{1-1}$. Selanjutnya, nilai-nilai L1, L2, dan L3 dijumlahkan untuk membentuk kolom keempat. Setelah itu, setiap nilai L1, L2, dan L3 dibagi dengan nilai total (LT) untuk menghasilkan nilai-nilai pada kolom ketujuh hingga kesepuluh.

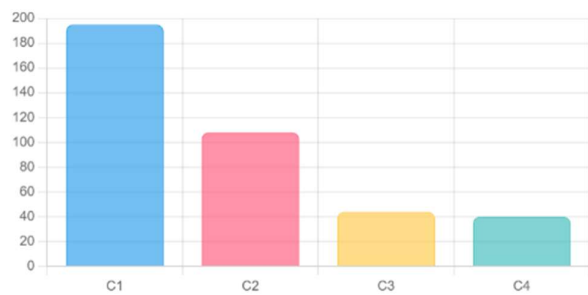
Pengecekan kondisi penghentian dilakukan menggunakan kriteria $(|P_t - P_{t-1}| < \xi)$. Dengan nilai $(P_1 = 9.143998677)$ dan $(P_0 = 0)$, kita mendapatkan $(|P_1 - P_0| = 9.143998677)$. Karena nilai ini masih lebih besar dari $(\xi = 0.0001)$, proses iterasi dilanjutkan dengan meningkatkan indeks iterasi menjadi $(t = t + 1)$ dan mengulangi langkah 3 menggunakan matriks (U) terbaru yang dihasilkan pada langkah sebelumnya. Proses ini berlanjut hingga kondisi penghentian terpenuhi. Hasil pengelompokan akhir diperoleh pada iterasi ke-21, di mana berdasarkan derajat keanggotaan pada iterasi sebelumnya, nilai $|P_{21} - P_{20}|$ adalah $|18.87103 - 18.87113|$, yang memenuhi kriteria $(|P_t - P_{t-1}| < \xi)$.

Berdasarkan hasil pengelompokan menggunakan metode Fuzzy C-Means pada 387 titik data, ditemukan bahwa data dibagi menjadi tiga kluster. Sebanyak [jumlah titik data di kluster 1] titik data diklasifikasikan ke dalam kluster 1, [jumlah titik data di kluster 2] titik data diklasifikasikan ke dalam kluster 2, dan [jumlah titik data di kluster 3] titik data diklasifikasikan ke dalam kluster 3. Pengelompokan ini ditentukan berdasarkan nilai derajat keanggotaan tertinggi untuk setiap titik data. Rincian lengkap hasil pengelompokan disajikan dalam Tabel 13.

Tabel.13 Hasil Klastering

DATA	DERAJAT KEANGGOTAAN (μ) DATA PADA CLUSTER KE-				CLUSTER YG DI PILIH	CLUSTER	
	1	2	3	4			
1	Aksal Prayoga	0,007058267	0,002989296	0,980322043	0,00963039	0,980322043	3
2	Dimas Abdi	0,005084514	0,002193187	0,985216578	0,00750572	0,985216578	3
3	Nugroho O Emia	0,169737686	0,251493223	0,195310899	0,38345819	0,383458192	4
4	Navarita Karina Br Bangun Dion Mangga Raja	0,707811947	0,031024061	0,153983801	0,10718019	0,707811947	1
5	Christia N Sihombin G	0,005617991	0,002614958	0,981488365	0,01027869	0,981488365	3
6	Naura Izzati	0,01999953	0,008388514	0,946209821	0,02540214	0,946209821	3
7	Reyhan Andrean Nst	0,007162423	0,943272656	0,015412437	0,03415248	0,943272656	2
8	Syaputra Ferry	0,04923545	0,089508359	0,082682761	0,77857343	0,77857343	4
9	Irawan Saldinata	0,709587675	0,030067526	0,159780138	0,10056466	0,709587675	1
10	Abdillah Lubis	0,134894114	0,339461185	0,182554609	0,34309009	0,343090092	4
	Andi Pramana						
...	...	...	...	...	...	...	...

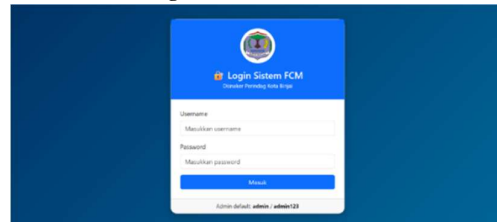
Distribusi Kluster (Bar)



Gambar. 3 Grafik hasil kluster

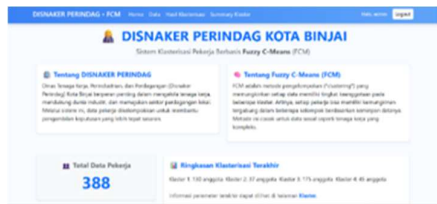
Pendekatan Fuzzy C-Means diimplementasikan dalam platform berbasis web. Bagian ini memaparkan beberapa perspektif terkait sistem yang dirancang. Gambaran umum sistem yang dikembangkan akan dijelaskan secara singkat dalam bagian ini.

1. Halaman Login



Gambar. 4 Halaman login

2. Halaman Home



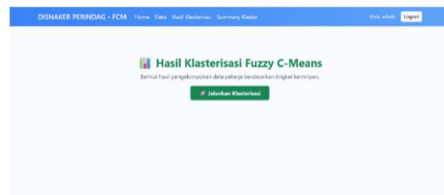
Gambar. 5 Homepage

3. Halaman data

No	Nama	Pendidikan	Usia	Pengalaman	Status
1	yuli	SI	20	210	Siap Kerja
2	Ridho Rafli Rahay	SI	31	70	Siap Kerja
3	Winda Isma Sings	SI	40	100	Siap Kerja
4	Rini Taryang	SI	39	100	Siap Kerja
5	Luswardi Bura	DI	29	70	Siap Kerja

Gambar. 6 Halaman tampilan data

4. Halaman Hasil Kluster



Gambar. 8 Hasil kluster 1

No	Nama Pekerja	Keterangan
1	ARIAL PRATITA	CS Pekerja Pemula
2	DIANA ANDRIANUS	CS Pekerja Expert
3	Erika Nurafika Sari Sengul	CS Pekerja Sudah Pelatihan Ulang
4	DISAMANGGA SALA CHRISTIAN SHOMBING	CS Pekerja Expert
5	Naura Inati	CS Pekerja Pemula

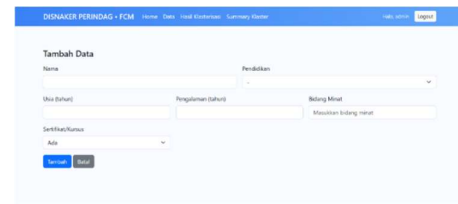
Gambar. 7 Hasil kluster 2

5. Halaman Summary Clustering



Gambar. 9 Halaman Summary Cluster

6. Halaman edit dan tambah data



Gambar. 10 Halaman edit dan tambah data

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini menerapkan algoritma Fuzzy C-Means (FCM) untuk mengelompokkan data pekerja di Kantor Tenaga Kerja dan Industri Kota Binjai berdasarkan tingkat kesiapan kerja mereka. Hasil penelitian menunjukkan bahwa data pekerja dapat dikelompokkan menjadi empat kluster, yaitu pekerja siap kerja, pekerja terampil, pekerja pemula, dan pekerja yang memerlukan pelatihan. Dari total 387 data pekerja yang dianalisis, kluster pekerja siap kerja terdiri dari 130 orang, kluster pekerja terampil terdiri dari 37 orang, kluster pekerja pemula terdiri dari 175 orang, dan kluster pekerja yang memerlukan pelatihan terdiri dari 45 orang. Penerapan metode Fuzzy C-Means memungkinkan proses pengelompokan dilakukan secara sistematis dan lebih rinci karena setiap pekerja memiliki derajat keanggotaan di setiap kluster. Selain itu, penelitian ini menghasilkan sistem berbasis web yang mengimplementasikan algoritma Fuzzy C-Means dengan lima variabel utama dan data untuk periode 2022–2025, sehingga dapat melakukan proses pengelompokan secara otomatis. Hasil pengelompokan yang diperoleh diharapkan dapat dimanfaatkan oleh Dinas Tenaga Kerja dan Industri Kota Binjai sebagai dasar pendukung untuk perencanaan, pengelolaan, dan pengembangan tenaga kerja yang lebih efektif dan terarah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. F. D. Sidabutar, S. E. Indera, *et al.*, "Potensi Program Studi Magister Perencanaan Wilayah," Jurnal Potensi Program Studi Magister Perencanaan Wilayah Universitas Batam, vol. 1, no. 1, 2021.
- [2] H. Rian, M. S. Nugraha, and H. Gustiawan, "Rancang Bangun Sistem Informasi Pendaftaran dan Penerimaan Kerja Berbasis Web," Jurnal Teknologi Informatika dan Komputer, vol. 8, no. 2, pp. 251–260, 2022, doi: [10.37012/jtik.v8i2.1118](https://doi.org/10.37012/jtik.v8i2.1118).
- [3] H. Rusnedy, G. W. Nurcahyo, and Sumijan, "Identifikasi Tingkat Pemakaian Obat Menggunakan Metode Fuzzy C-Means," Jurnal Informasi dan Teknologi, pp. 196–201, 2021, doi: [10.37034/jidt.v3i4.152](https://doi.org/10.37034/jidt.v3i4.152).
- [4] R. Saputra and A. J. P. Sibarani, "Implementasi Data Mining Menggunakan Algoritma Apriori untuk Meningkatkan Pola Penjualan Obat," Jurnal MDP, vol. 7, no. 2, 2020. [Online]. Available: <http://jurnal.mdp.ac.id>
- [5] E. Darnila and F. Nazira, "Analisa Hubungan Penyakit Jantung Koroner terhadap Penyebabnya Menggunakan

- Algoritma Frequent Pattern Growth,” METHOMIKA: Jurnal Manajemen Informatika & Komputerisasi Akuntansi, vol. 9, no. 1, pp. 19–31, n.d., doi: [10.46880/jmika.Vol9No1.pp19-31](https://doi.org/10.46880/jmika.Vol9No1.pp19-31).
- [6] P. Mai, S. Tarigan, J. T. Hardinata, *et al.*, “Implementasi Data Mining Menggunakan Algoritma Apriori dalam Menentukan Persediaan Barang,” JUST IT: Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi Informasi, vol. 12, no. 2, 2022. [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/just-it/index>
- [7] K. R. Supriyanti, B. A. Damiri, and W. N. Ramadhan, “Pengelompokan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Curah Hujan di Provinsi Sumatera Utara Menggunakan Metode Fuzzy C-Means,” Jurnal Statistika dan Komputasi, vol. 3, no. 1, pp. 1–10, 2024, doi: [10.32665/statkom.v3i1.2623](https://doi.org/10.32665/statkom.v3i1.2623).
- [8] R. K. Dinata, S. Retno, and N. Hasdyna, “Minimization of the Number of Iterations in K-Medoids Clustering with Purity Algorithm,” Revue d’Intelligence Artificielle, vol. 35, no. 3, pp. 193–199, 2021, doi: [10.18280/ria.350302](https://doi.org/10.18280/ria.350302).
- [9] H. Yin, A. Aryani, S. Petrie, *et al.*, “A Rapid Review of Clustering Algorithms,” *arXiv preprint*, arXiv:2401.07389, 2024. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2401.07389>
- [10] Y. Nataliani, “Klasterisasi Kinerja Karyawan Menggunakan Algoritma Fuzzy C-Means,” AITI: Jurnal Teknologi Informasi, vol. 17, pp. 118–129, Aug. 2020.
- [11] R. Suwanda and S. F. Anshari, “Implementasi Framework CodeIgniter dalam Pengembangan Sistem Manajemen Data dan Informasi Alumni Berbasis Web,” SISFO: Jurnal Ilmiah Sistem Informasi, vol. 6, no. 2, 2022.
- [12] Y. Trimarsiah and M. Arafat, “Analisis dan Perancangan Website sebagai Sarana Informasi pada Lembaga Bahasa Kewirausahaan dan Komputer AKMI Baturaja,” n.d.
- [13] K. I. R. Costa, “Pengembangan dan Pembuatan Website: Sebuah Tinjauan Literatur,” n.d.
- [14] R. Meiyanti, “Rancangan Aplikasi Perpustakaan Berbasis Android di Perpustakaan Universitas Malikussaleh,” n.d. arXiv:2401.07389, 2024. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2401.07389>
- [10] Y. Nataliani, “Klasterisasi Kinerja Karyawan Menggunakan Algoritma Fuzzy C-Means,” AITI: Jurnal Teknologi Informasi, vol. 17, pp. 118–129, Aug. 2020.
- [11] R. Suwanda and S. F. Anshari, “Implementasi Framework CodeIgniter dalam Pengembangan Sistem Manajemen Data dan Informasi Alumni Berbasis Web,” SISFO: Jurnal Ilmiah Sistem Informasi, vol. 6, no. 2, 2022.
- [12] Y. Trimarsiah and M. Arafat, “Analisis dan Perancangan Website sebagai Sarana Informasi pada Lembaga Bahasa Kewirausahaan dan Komputer AKMI Baturaja,” n.d.

NOMENKLATUR

- X_{ij} = Data variabel calon pekerja
- V_{kj} = Pusat kluster
- μ_{ik} = Derajat keanggotaan kluster -i dan data ke-
- I = Indeks data (1, 2, ..., c)
- P_t = Fungsi tujuan pada iterasi

BIODATA PENULIS



Salma Kharida
Mahasiswa Program Studi Teknik Informatika di Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe, Aceh. Ia lahir pada tanggal 17 Oktober 2003. Saat ini, Salma aktif dalam pengembangan kompetensi di bidang teknologi informasi, khususnya dalam pemrograman, Data mining, dan analisis data. Sebagai bagian dari komunitas akademik, ia berkomitmen untuk mengembangkan solusi digital yang inovatif dan bermanfaat bagi masyarakat.



Safwandi, S.Kom., M.Kom.
Safwandi adalah dosen di Program Studi Teknik Informatika, Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe, Aceh. Ia aktif dalam berbagai forum ilmiah dan memiliki minat riset di bidang pemrograman, data mining, pemrograman basis data untuk pendukung keputusan. Selain mengajar dan meneliti, ia juga berpengalaman dalam pengembangan serta penyusunan kurikulum akademik. Karyanya berfokus pada pemanfaatan teknologi untuk solusi berbasis data yang aplikatif dan berdampak.



Rini Meiyanti S.Kom., M.Kom.
Rini Meiyanti adalah dosen di Program Studi Teknik Informatika, [Nama Universitas], [Kota]. Ia aktif dalam kegiatan akademik dan memiliki minat riset di bidang pemrograman berorientasi objek (OOP), grafika komputer, sistem pengambilan keputusan, serta sistem basis data. Selain mengajar dan meneliti, ia juga berpengalaman dalam pengembangan materi ajar dan penguatan kurikulum. Karyanya berfokus pada pengembangan solusi perangkat lunak yang inovatif, efisien, dan berdampak bagi dunia Pendidikan dan masyarakat.