

Algoritma *Unsupervised Learning*

Penerapan Algoritma K-Means Clustering dalam Aplikasi Penilaian Kinerja Pegawai di Kantor Kepala Desa Cinta Makmur Berbasis Web

Dina Mawarni Novela^{*}, Khairuddin Nasution, Zulfansyuri Siambaton

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Informatika, Universitas Islam Sumatera Utara, Medan, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diterima Redaksi: 15 April 2025
Revisi Akhir: 24 April 2025
Diterbitkan *Online*: 25 April 2025

KATA KUNCI

Kinerja
Pegawai
K-Means
Clustering

KORESPONDENSI^(*)

Phone: +62 822-9200-3946
E-mail: mawarnid232@gmail.com

A B S T R A K

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan algoritma *K-Means Clustering* dalam sebuah aplikasi web yang digunakan untuk penilaian kinerja pegawai di Kantor Kepala Desa Cinta Makmur. Metode ini digunakan untuk mengelompokkan pegawai berdasarkan kinerja mereka dalam tiga kategori. Pendekatan ini dapat membantu dalam memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang pola kinerja pegawai, serta memberikan dasar yang kuat untuk pengambilan keputusan terkait peningkatan efisiensi organisasi. Penelitian ini mengintegrasikan teknologi web dengan analisis data, menunjukkan peran penting teknologi informasi dalam konteks manajemen sumber daya manusia. Metodologi yang digunakan meliputi pengumpulan data kinerja pegawai, penerapan algoritma *K-Means Clustering*, dan pengembangan aplikasi berbasis web. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma *K-Means Clustering* efektif dalam mengelompokkan pegawai berdasarkan kinerja mereka, dan aplikasi web yang dikembangkan dapat digunakan sebagai alat bantu yang berguna dalam proses penilaian kinerja pegawai. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam bidang pengembangan sistem informasi yang berfokus pada manajemen kinerja organisasi.

PENDAHULUAN

Dalam era digitalisasi saat ini, pemanfaatan teknologi informasi dalam pengelolaan data dan pengambilan keputusan menjadi suatu kebutuhan yang mendesak, terutama di lembaga pemerintahan seperti Kantor Kepala Desa Cinta Makmur. Salah satu aspek yang sangat penting dalam pengelolaan kantor desa adalah penilaian kinerja pegawai. Penilaian kinerja yang efektif dan objektif sangat diperlukan untuk memastikan bahwa setiap pegawai bekerja sesuai dengan target dan standar yang telah ditetapkan, serta untuk memberikan umpan balik yang konstruktif guna meningkatkan kualitas layanan kepada masyarakat [1], [2].

Namun, sistem penilaian kinerja yang konvensional sering kali menghadapi berbagai kendala, seperti subjektivitas penilaian, ketidakjelasan kriteria evaluasi, serta sulitnya mengelola dan menganalisis data kinerja dalam jumlah besar. Subjektivitas dalam penilaian dapat mengakibatkan ketidakadilan dan menurunkan motivasi pegawai, sementara ketidakjelasan kriteria evaluasi dapat mengaburkan tujuan dan pencapaian yang diharapkan. Selain itu, tanpa adanya alat bantu yang memadai, proses pengolahan dan analisis data kinerja bisa menjadi sangat memakan waktu dan rentan terhadap kesalahan [1].

Untuk mengatasi berbagai kendala tersebut, Kantor Kepala Desa Cinta Makmur memutuskan untuk mengimplementasikan sistem penilaian kinerja berbasis web yang menggunakan algoritma K-Means Clustering. Algoritma K-Means Clustering merupakan salah satu metode dalam data mining yang dapat digunakan untuk mengelompokkan data ke dalam beberapa cluster berdasarkan karakteristik tertentu. Dalam konteks penilaian kinerja

pegawai, algoritma ini dapat membantu mengelompokkan pegawai ke dalam 3 kategori kinerja, yaitu Baik, Cukup, dan Buruk dan memiliki kriteria penilaian seperti "sangat puas", "puas", "cukup puas", "tidak puas", dan "sangat tidak puas", berdasarkan data kinerja yang telah dikumpulkan. Kelebihan dari metode yang dikembangkan oleh McQueen ini yaitu, mampu mengelompokkan dokumen dalam jumlah yang besar dengan waktu komputasi yang cepat. Prinsip dari metode ini adalah mempartisi suatu dokumen menjadi beberapa *cluster* dan menentukan *centroid* (titik pusat awal) secara acak. Tetapi, metode K-Means juga memiliki kelemahan yaitu sensitif terhadap *outliner* [1], [3], [4].

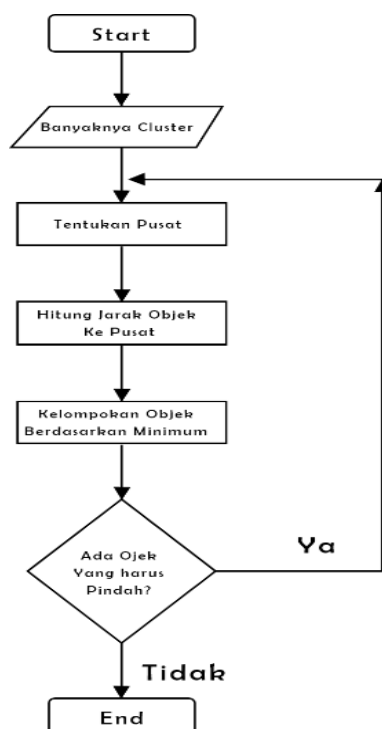
Dengan penerapan K-Means *Clustering* dalam sistem penilaian kinerja berbasis web, diharapkan beberapa manfaat utama dapat diperoleh, yaitu Objektivitas Penilaian, Efisiensi Pengolahan Data, Transparansi dan Akuntabilitas, dan Pengambilan Keputusan yang Lebih Baik [3], [5].

TINJAUAN PUSTAKA

Algoritma K-Means

K-Means adalah suatu teknik pengelompokan data yang mana keberadaan tiap-tiap titik data dalam suatu cluster ditentukan oleh derajat keanggotaan. Teknik ini pertama kali diperkenalkan oleh Jim Bezdek pada tahun 1981. K-Means merupakan algoritma clustering yang berulang-ulang. Algoritma K-Means dimulai dengan pemilihan secara acak K, K disini merupakan banyaknya cluster yang ingin dibentuk. Kemudian tetapkan nilai K secara random, untuk sementara nilai tersebut menjadi pusat dari cluster atau bisa disebut dengan centeroid menggunakan rumus hingga ditemukan jarak yang paling dekat dari setiap data dengan centroid. Klasifikasikan setiap data berdasarkan kedekatannya dengan centroid. Lakukan langkah tersebut hingga nilai centroid tidak berubah (stabil) [3], [6].

Flowchart Algoritma K-Means



Gambar 1. Flowchart Algoritma K-Means

Dasar algoritma K-Means:

1. Pilih K sebagai centorid awal,
2. Ulangi,
3. Bentuk K cluster dengan menetapkan semua poin ke centroid terdekat.

4. Menghitung berubah centroid setiap cluster.
5. Sampai centroid tidak Proses klasterisasi K-Means.

Clustering

clustering adalah sebuah proses untuk mengelompokkan data ke dalam beberapa *cluster* atau kelompok sehingga data dalam satu *cluster* memiliki tingkat kemiripan yang maksimum dan data antar *cluster* memiliki kemiripan yang minimum.

Clustering merupakan proses partisi satu *set* objek data ke dalam himpunan bagian yang disebut dengan *cluster*. Objek yang di dalam *cluster* memiliki kemiripan karakteristik antar satu sama lainnya dan berbeda dengan *cluster* yang lain. Partisi tidak dilakukan secara manual melainkan dengan suatu algoritma *clustering*. Oleh karena itu, *clustering* sangat berguna dan bisa menemukan *group* atau kelompok yang tidak dikenal dalam data. *Clustering* banyak digunakan dalam berbagai aplikasi seperti misalnya pada *business intelligence*, pengenalan pola citra, *web search*, bidang ilmu biologi, dan untuk keamanan (*security*). Di dalam *business intelligence*, *clustering* bisa mengatur banyak *customer* ke dalam banyaknya kelompok. Contohnya mengelompokkan *customer* ke dalam beberapa *cluster* dengan kesamaan karakteristik yang kuat. *Clustering* juga dikenal sebagai data segmentasi karena *clustering* mempartisi banyak data set ke dalam banyak *group* berdasarkan kesamaannya. Selain itu *clustering* juga bisa sebagai *outlier detection* [7], [8], [9].

Manfaat Clustering

Clustering merupakan metode segmentasi data yang sangat berguna dalam prediksi dan analisa masalah bisnis tertentu. Misalnya Segmentasi pasar, marketing dan pemetaan zonasi wilayah. Identifikasi obyek dalam bidang berbagai bidang seperti computer vision dan image processing.

Hasil *clustering* yang baik akan menghasilkan tingkat kesamaan yang tinggi dalam satu kelas dan tingkat kesamaan yang rendah antar kelas. Kesamaan yang dimaksud merupakan pengukuran secara numeric terhadap dua buah objek. Nilai kesamaan antar kedua objek akan semakin tinggi jika kedua objek yang dibandingkan memiliki kemiripan yang tinggi. Begitu juga dengan sebaliknya. Kualitas hasil *clustering* sangat bergantung pada metode yang dipakai. Dalam *clustering* dikenal empat tipe data. Keempat tipe data pada tersebut ialah:

1. Variabel berskala interval
2. Variabel biner
3. Variabel nominal, ordinal, dan rasio
4. Variabel dengan tipe lainnya.

Metode *clustering* juga harus dapat mengukur kemampuannya sendiri dalam usaha untuk menemukan suatu pola tersembunyi pada data yang sedang diteliti. Terdapat berbagai metode yang dapat digunakan untuk mengukur nilai kesamaan antar objek-objek yang dibandingkan. Salah satunya ialah dengan *weighted Euclidean Distance* [6], [10]. *Euclidean distance* menghitung jarak dua buah point dengan mengetahui nilai dari masing-masing atribut pada kedua poin tersebut. Berikut formula yang digunakan untuk menghitung jarak dengan *Euclidean distance*:

$$d(x_i, \mu_j) = \sqrt{\sum (x_i - \mu_j)^2}$$

Jarak adalah pendekatan yang umum dipakai untuk menentukan kesamaan atau ketidaksamaan dua vektor fitur yang dinyatakan dengan *ranking*. Apabila nilai *ranking* yang dihasilkan semakin kecil nilainya maka semakin dekat/tinggi kesamaan antara kedua vektor tersebut. Teknik pengukuran jarak dengan metode *Euclidean* menjadi salah satu metode yang paling umum digunakan. Pengukuran jarak dengan metode euclidean dapat dituliskan dengan persamaan berikut:

$$j(v_1, v_2) = \sqrt{\sum_{k=1}^N (v_1(k) - v_2(k))^2}$$

Dimana v_1 dan v_2 adalah dua vektor yang jaraknya akan dihitung dan N menyatakan panjang vektor .

METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan di Kantor Kepala Desa Cinta Makmur, Kecamatan Panai Hulu, Kabupaten Labuhan Batu, Sumatera Utara, dan direncanakan akan dilaksanakan 1 bulan pada bulan September sampai Oktober 2023.

Untuk melakukan perancangan aplikasi penilaian kinerja pegawai ini peneliti membutuhkan kesediaan perangkat keras (hardware) dan lunak (software). Adapun instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

Perangkat keras yang digunakan untuk mengembangkan dan mengumpulkan data pada penelitian ini adalah:

1. Laptop dengan Intel Core i3-3217U 1.8GHz
2. RAM 4 GB DDR3
3. Hardisk 500 GB
4. Dan Intel HD Graphics 4000.

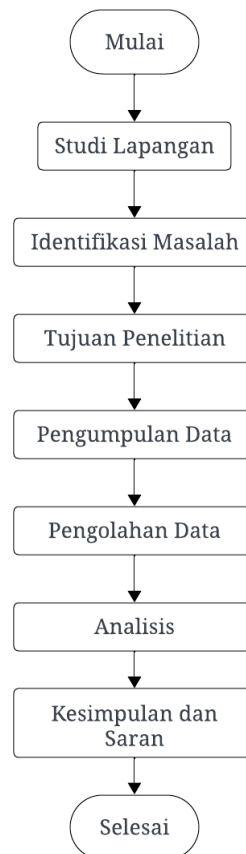
Adapun perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah:

1. Sistem operasi Windows 10
2. Microsoft Visual Studio Code
3. XAMPP
4. Bahasa pemrograman PHP dan MySql
5. Lucid Chart.

Teknik Pengumpulan Data

Di dalam penelitian ini peneliti menggunakan beberapa metode dalam pengumpulan data, yaitu:

1. Observasi
Penelitian ini dilakukan dimana peneliti meninjau langsung bagaimana para pegawai melakukan pekerjaan di Kantor Desa Cinta Makmur.
2. Studi literatur
Studi literatur atau studi kepustakaan dilakukan dengan mengambil data dari buku, jurnal ataupun artikel mengenai teori dan langkah-langkah dalam pembuatan aplikasi. Sehingga dapat menggunakannya sebagai dasar landasanteori dan perancangan pembuatan aplikasi.
3. Wawancara
Melakukan tanya jawab dan interaksi langsung dengan kepala desa dan pegawai desa yang ada di Kantor Desa Cinta Makmur.

Flowchart Penyelesaian MasalahGambar 2. *Flowchart Pemecahan Masalah*

Langkah-langkah pemecahan masalah:

1. **Mulai**
Penelitian dimulai dengan mengamati suatu permasalahan yang terjadi.
2. **Studi Lapangan**
Studi Lapangan/Observasi adalah sebuah tindakan yang dilakukan untuk mengamati sebuah penelitian langsung ke tempat penelitian penelitian tersebut. Pada penelitian penulis, penulis melakukan studi lapangan ke Kantor Kepala Desa Cinta Makmur untuk mengamati dan mengambil data yang penulis butuhkan untuk melengkapi penelitian penulis.
3. **Identifikasi Masalah**
Identifikasi masalah merupakan proses penyerdehanaan masalah yang rumit dan kompleks, dirumuskan menjadi masalah yang dapat diteliti atau dicari alternatif pemecahannya.
4. **Tujuan Penelitian**
Penulis akan membuat tujuan penelitian ini sesuai dengan tujuan dari tugas akhir penulis. Adapun tujuan penulis membuat penelitian ini adalah:
 - a. Untuk membangun aplikasi penilaian kinerja pegawai di Kantor Kepala Desa Cinta Makmur.
 - b. Untuk menerapkan algoritma k-means agar dapat mempermudah kepala desa untuk melihat tingkat produktivitas pegawai yang ada di Kantor Kepala Desa Cinta Makmur.
5. **Pengumpulan Data**
Proses pemecahan masalah selanjutnya adalah pengumpulan data, proses ini dilakukan untuk mengumpulkan data-data penelitian yang berguba untuk menyelesaikan penelitian ini. Adapun pengumpulan data yang diambil:
6. **Data Umum Desa**
Data Pegawai Kantor Kepala Desa
7. **Pengolahan Data**
Pengolahan data dilakukan setelah penulis mengumpulkan data. Pengolahan data ini dilakukan dengan mengolah data yang ada agar mendapatkan sebuah hasil dari penelitian penulis.

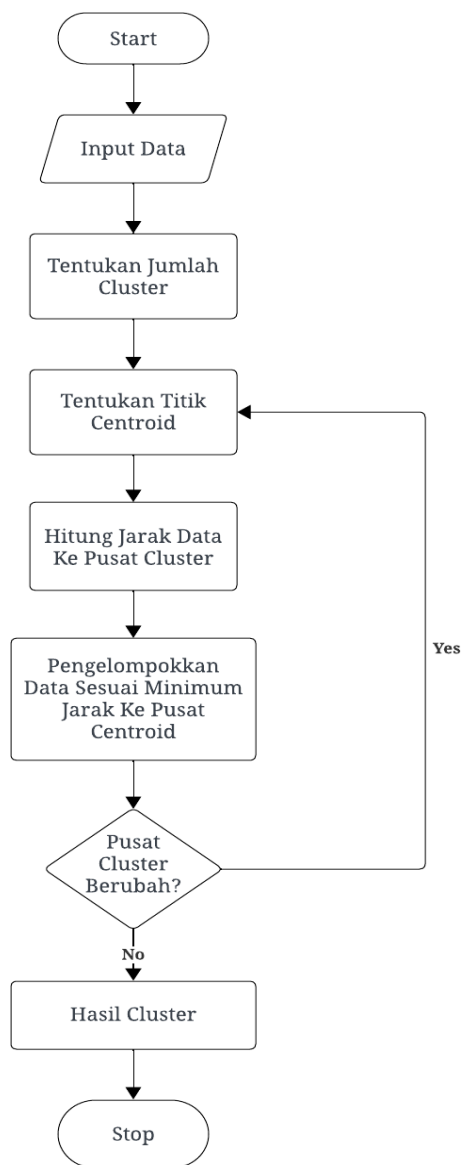
8. Analisis

Analisis dilakukan dengan menganalisa hasil dari data yang sebelumnya sudah diolah terlebih dahulu. Hasil tersebut akan dijelaskan berdasarkan penelitian yang sudah ada

9. Kesimpulan dan Saran

Penulis akan membuat kesimpulan dan saran setelah penelitian selesai dilakukan dan dibuat. Kesimpulan dibuat sebagai bentuk hasil dari penelitian yang sudah dibuat, dan saran merupakan sebuah kritikan membangun untuk penulis berdasarkan kekurangan yang penulis lakukan didalam penelitian tugas akhir.

10. Selesai.

Flowchart Algoritma K-Means

Gambar 3. Flowchart Algoritma K-Means

Gambar 3 diatas merupakan rancangan alur algoritma K-Means yang akan diterapkan dalam menentukan pegawai terbaik di kantor Kepala Desa Cinta Makmur Labuhanbatu. Pada perhitungan K-Means *Clustering*, harus menentukan titik centroid terlebih dahulu. Setelah mendapatkan titik centroid, perhitungan selanjutnya adalah menghitung jarak data terhadap titik centroid. Tahap selanjutnya adalah pengelompokkan data sesuai minimum jarak ke pusat centroid. Data yang sudah dikelompokkan akan diperiksa kembali apakah akan melakukan perubahan titik centroid kembali atau tidak, jika titik centroid berubah maka proses akan diulang kembali dengan menentukan titik centroid, tetapi jika titik centroid tidak berubah maka hasil clustering akan didapat.

Perhitungan Algoritma K-Means Clustering

Input Data

Langkah pertama dalam melakukan perhitungan dengan menggunakan algoritma K-Means Clustering adalah melakukan penginputan data. Data yang dimaksud adalah data nama pegawai yang dinilai, data nama penilai, data nilai tiap kriteria pertanyaan. Terdapat 4 kriteria pertanyaan sebagai bahan penilaian dalam penelitian ini yaitu, Kepribadian, Akhlak, Kepemimpinan, dan Kerajinan. Dalam penginputan data kriteria, nantinya *user* akan mengisi *form* kuisioner dengan jumlah 21 pertanyaan dengan kriteria sangat tidak puas (bernilai 1), tidak puas (bernilai 2), cukup (bernilai 3), puas (bernilai 4) dan sangat puas (bernilai 5). Tabel pertanyaan kuisioner dapat dilihat pada tabel 1, sedangkan tabel penginputan data serta input nilai penilaian kriteria dapat dilihat pada tabel 2 di bawah ini.

Tabel 1. Tabel Pertanyaan Kuisioner

No	Pertanyaan	Kategori pertanyaan
1	Sejauh mana pegawai ini memberikan pelayanan publik yang baik kepada warga desa?	Kepribadian
2	Apakah pegawai ini merespons dengan cepat terhadap permintaan dan keluhan warga?	
3	Bagaimana penilaian Anda terhadap kualitas informasi dan panduan yang diberikan oleh pegawai ini kepada warga?	
4	Sejauh mana pegawai ini memiliki pengetahuan tentang program-program pemerintah dan layanan yang tersedia untuk warga?	
5	Bagaimana penilaian Anda terhadap tingkat keramahan dan profesionalisme pegawai ini dalam berinteraksi dengan warga?	
6	Bagaimana pendapat Anda tentang tingkat inovasi dan kemajuan yang ditunjukkan oleh pegawai ini dalam meningkatkan pelayanan publik kepada warga desa?	
7	Bagaimana dalam menghadapi situasi yang menuntut integritas tinggi dalam pekerjaan sehari-hari di Kantor Kepala Desa?	Akhlak
8	Apakah dapat memberikan contoh konkret tentang bagaimana dalam menunjukkan sikap empati dan toleransi terhadap kolega atau masyarakat?	
9	Bagaimana dalam menangani konflik antar-pegawai dengan penuh kesabaran dan keadilan?	
10	Dalam situasi menghadapi tekanan besar, apakah pegawai ini dapat menjaga ketenangan diri dan tetap berpegang pada nilai-nilai etika dan moral perusahaan?	
11	Apakah dapat mengelola konflik kepentingan antara tuntutan pekerjaan dan nilai-nilai moral atau agama pribadi?	Kepemimpinan
12	Bagaimana pegawai ini menginspirasi dan memotivasi pegawai tim yang lain untuk mencapai hasil yang luar biasa?	
13	Apakah dapat mengembangkan dan memimpin tim dengan memberikan arahan yang jelas dan tujuan yang terukur?	
14	Bagaimana dalam menangani situasi di mana pegawai lain memiliki konflik antar pribadi atau perbedaan pendapat dalam mencapai tujuan bersama?	
15	Bagaimana pegawai ini mengelola dan menyelesaikan perubahan organisasional atau proyek besar dengan mempertahankan motivasi dan komitmen tim?	
16	Bagaimana pegawai ini mengevaluasi dan meningkatkan kinerja individu dalam tim, serta memberikan umpan balik yang membangun dan berkelanjutan?	
17	Bagaimana pegawai ini mengatur waktu dan sumber daya untuk menyelesaikan proyek tepat waktu dan sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan?	
18	Seberapa konsisten pegawai ini dalam memenuhi tenggat waktu dalam menyelesaikan pekerjaan?	

19	Bagaimana pegawai ini mengelola waktu saat bekerja pada pekerjaan yang memerlukan tingkat detail yang tinggi?	Kerajinan
20	Bagaimana pegawai ini menangani tugas-tugas tambahan di luar tanggung jawab utama?	
21	Bagaimana tingkat keakraban dan kepercayaan Bagaimana cara pegawai ini menyelesaikan tugas-tugas yang diberikan dengan teliti dan penuh perhatian antara pegawai ini dengan warga desa?	

Tabel 2. Tabel Data Jawaban

No	Nama Karyawan Dinilai	Nama Penilai	Kepribadian					Akhlaq					Kepemimpinan					Kerajinan						
1	Evi Dayanti	Ego Wiharno	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	4	5	4	5	4	5	5	5	5
2	Mesmanto	Ego Wiharno	5	1	5	4	5	5	5	5	4	4	4	5	4	4	5	5	4	5	4	5	4	5
3	Hariato	Ego Wiharno	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	4	5	5
4	Suci Yulianingsih	Ego Wiharno	5	5	4	4	5	5	5	4	5	4	4	4	5	5	4	4	5	5	4	5	5	5
5	Hartono	Ego Wiharno	5	5	5	2	5	5	5	5	4	5	5	4	4	4	5	4	5	5	5	5	5	5
6	Ilham Efendi	Ego Wiharno	5	5	4	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5
7	Ngatiren	Ego Wiharno	4	4	3	4	3	3	4	4	3	4	4	3	4	5	4	4	4	3	3	4	5	5
8	Tukisno	Ego Wiharno	4	4	3	3	3	3	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	3	4	3	3
9	Misno	Ego Wiharno	3	4	3	3	5	3	4	3	4	4	4	3	4	4	5	4	4	3	5	3	4	4
10	Herry Gunawan	Ego Wiharno	3	3	5	4	3	5	4	4	3	4	3	5	4	3	4	4	3	5	5	4	5	5
11	Tugino	Ego Wiharno	3	5	3	5	5	3	3	4	4	4	4	5	3	4	3	4	3	4	3	5	4	4
12	Sunarto	Ego Wiharno	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4	4
13	Abdul Hamid	Ego Wiharno	4	3	4	5	3	4	4	3	4	4	4	4	3	4	5	4	5	3	4	4	4	4
14	Untung	Ego Wiharno	3	3	5	3	4	3	4	4	4	4	4	5	4	3	3	4	3	4	3	4	4	4
15	Rustina	Ego Wiharno	3	4	4	4	3	4	4	3	3	4	4	5	4	3	4	4	5	3	4	4	3	3
16	Sutiasih	Ego Wiharno	4	3	4	4	4	3	4	3	3	4	4	3	4	4	3	4	3	4	3	4	4	4
17	Heru Santoso	Ego Wiharno	3	4	5	3	4	3	4	3	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3
18	Dedi Yendika	Ego Wiharno	4	3	4	5	3	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	5	4	4	4	4	4
19	Jullita	Ego Wiharno	4	3	4	3	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4
20	Suwandi	Ego Wiharno	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4

Tabel 2 merupakan tabel data jawaban dari penilai ke pegawai yang akan dinilai. Penilaian dilakukan dengan mengisi form kuisiner pada aplikasi penilaian pegawai. Pengisian form kuisiner dilakukan dengan memilih salah satu pilihan yang ada yaitu, Sangat Puas, Puas, Cukup, Tidak Puas, dan Sangat Tidak Puas. Pada setiap kriteria penilaian memiliki masing-masing memiliki nilai tertinggi 5 dan nilai terendah 1. Pada data di atas penilai akan menilai pegawai sesuai dengan kinerja yang dimiliki pegawai tersebut. Selanjutnya, data akan dikumpulkan dan dihitung ke dalam transformasi data.

Tabel 3. Tabel Nilai Kriteria Penilaian

No	Kriteria	Nilai
1	Sangat Puas	5
2	Puas	4
3	Cukup Puas	3
4	Tidak Puas	2
5	Sangat Tidak Puas	1

Tabel 4. Transformasi Data

No	Nama	Kepribadian	Akhlaq	Kepemimpinan	Kerajinan
1	Evi Dayanti	30	23	23	24
2	Mesmanto	25	22	23	23
3	Hariato	29	24	23	23
4	Suci Yulianingsih	28	22	22	24
5	Hartono	27	24	21	25
6	Ilham Efendi	28	25	23	25
7	Ngatiren	21	19	20	19

8	Tukisno	20	19	19	18
9	Misno	21	19	20	19
10	Herry Gunawan	23	18	20	22
11	Tugino	24	19	19	19
12	Sunarto	21	20	19	19
13	Abdul Hamid	23	19	20	20
14	Untung	21	20	19	18
15	Rustina	22	18	20	19
16	Sutiasih	22	18	18	18
17	Heru Santoso	22	19	18	19
18	Dedi Yendika	23	20	18	21
19	Jullita	21	19	20	19
20	Suwandi	23	20	19	19

Menentukan Jumlah Cluster

Tahap selanjutnya dalam perhitungan algoritma K-Means *Clustering* adalah dengan menentukan berapa jumlah *cluster* yang akan digunakan dalam proses perhitungan kinerja pegawai ini. Pada penelitian ini menggunakan 3 *cluster* yaitu Baik, Cukup dan Buruk. Tiap pegawai akan masuk ke dalam *cluster* yang sesuai dengan kinerja pegawai tersebut.

Tabel 5. Kategori Jumlah Cluster

Kategori Clustering
Baik
Cukup
Buruk

Menentukan Titik Centroid

Tahap selanjutnya adalah menentukan titik centroid yang dilakukan dengan mengacak titik centroid awal. Pada perhitungan awal ini titik centroid dipilih secara acak dari data yang ada. Berikut ini titik centroid yang dipilih dari data tabel 4.

Tabel 6. Inisialisasi Titik Pusat (Centroid)

Centroid	Kepribadian	Akhlak	Kepemimpinan	Kerajinan
C1	20	19	19	18
C2	28	22	22	24
C3	30	23	23	24

Menghitung Jarak ke Titik Centroid

Tahap perhitungan selanjutnya adalah dengan menghitung jarak data ke titik centroid. Rumus dalam mencari jarak ke titik centroid dapat menggunakan rumus. Contoh perhitungan data pertama dengan pusat centroid pertama:

$$d = \sqrt{(30 - 20)^2 + (23 - 19)^2 + (23 - 19)^2 + (24 - 18)^2}$$

$$d = \sqrt{(10)^2 + (4)^2 + (4)^2 + (6)^2}$$

$$d = \sqrt{100 + 16 + 16 + 36}$$

$$d = \sqrt{168}$$

$$= 12,961$$

Contoh perhitungan data pertama dengan pusat centroid ke dua:

$$d = \sqrt{(30 - 28)^2 + (23 - 22)^2 + (23 - 22)^2 + (24 - 24)^2}$$

$$d = \sqrt{(2)^2 + (1)^2 + (1)^2 + (0)^2}$$

$$d = \sqrt{4 + 1 + 1 + 0}$$

$$d = \sqrt{6}$$

$$= 2,449$$

Contoh perhitungan data pertama dengan pusat centroid ke tiga:

$$d = \sqrt{(30 - 30)^2 + (23 - 23)^2 + (23 - 23)^2 + (24 - 24)^2}$$

$$d = \sqrt{(0)^2 + (0)^2 + (0)^2 + (0)^2}$$

$$d = \sqrt{0 + 0 + 0 + 0}$$

$$d = \sqrt{0}$$

$$= 0$$

Tabel 7. Data Hasil Iterasi 1

Nama	Kepribadian	Akhlik	Kepemimpinan	Kerajinan	C1	C2	C3	Jarak Terjangkau	Cluster
Evi Dayanti	30	23	23	24	12,96	2,45	0,00	0,00	3
Mesmanto	25	22	23	23	8,66	3,32	5,20	3,32	2
Hariato	29	24	23	23	12,12	2,65	1,73	1,73	3
Suci Yulianingsih	28	22	22	24	10,86	0,00	2,45	0,00	2
Hartono	27	24	21	25	11,27	2,65	3,87	2,65	2
Ilham Efendi	28	25	23	25	12,85	3,32	3,00	3,00	3
Ngatiren	21	19	20	19	1,73	9,33	11,45	1,73	1
Tukisno	20	19	19	18	0,00	10,86	12,96	0,00	1
Misno	21	19	20	19	1,73	9,33	11,45	1,73	1
Herry Gunawan	23	18	20	22	5,20	7,00	9,33	5,20	1
Tugino	24	19	19	19	4,12	7,68	9,64	4,12	1
Sunarto	21	20	19	19	1,73	9,33	11,45	1,73	1
Abdul Hamid	23	19	20	20	3,74	7,35	9,49	3,74	1
Untung	21	20	19	18	1,41	9,90	11,92	1,41	1
Rustina	22	18	20	19	2,65	9,00	11,09	2,65	1
Sutiasih	22	18	18	18	2,45	10,20	12,25	2,45	1
Heru Santoso	22	19	18	19	2,45	9,27	11,40	2,45	1
Dedi Yendika	23	20	18	21	4,47	7,35	9,59	4,47	1
Jullita	21	19	20	19	1,73	9,33	11,45	1,73	1
Suwandi	23	20	19	19	3,32	7,94	9,95	3,32	1

Memastikan Apakah Titik Centroid Berubah

Setelah melakukan perhitungan sebelumnya, perhitungan algoritma selanjutnya adalah mencari tahu apakah posisi centroid berubah atau tidak. Jika posisi centroid berubah maka perhitungan akan dimulai dari awal menentukan titik centroid sampai data nilai centroid sama.

Untuk mencari titik centroid baru adalah menggunakan rumus:

$$C = \sum x_i/n$$

Hasil dari seluruh perhitungan pencarian titik centroid terbaru ada di dalam tabel di bawah ini.

Tabel 8. Tabel Hasil Data Centroid Baru

Centroid	Kepribadian	Akhlak	Kepemimpinan	Kerajinan
C1	21,93	19,07	19,21	19,21
C2	26,67	22,67	22,00	24,00
C3	29,00	24,00	23,00	24,00

Berdasarkan nilai centroid baru yang ada pada tabel 8, maka didapat nilai iterasi kedua adalah sebagai berikut.

Tabel 9. Tabel Hasil Data Iterasi 2

Nama	Kepribadian	Akhlak	Kepemimpinan	Kerajinan	C1	C2	C3	Jarak Terjangkau	Cluster
Evi Dayanti	30	23	23	24	10,85	3,50	1,41	1,41	3
Mesmanto	25	22	23	23	6,83	2,29	4,58	2,29	2
Hariato	29	24	23	23	10,15	3,04	1,00	1,00	3
Suci Yulianingsih	28	22	22	24	8,72	1,49	2,45	1,49	2
Hartono	27	24	21	25	9,31	1,97	3,00	1,97	2
Ilham Efendi	28	25	23	25	10,95	3,04	1,73	1,73	3
Ngatiren	21	19	20	19	1,24	8,63	11,09	1,24	1
Tukisno	20	19	19	18	2,29	10,14	12,57	2,29	1
Misno	21	19	20	19	1,24	8,63	11,09	1,24	1
Herry Gunawan	23	18	20	22	3,27	6,57	9,22	3,27	1
Tugino	24	19	19	19	2,09	7,39	9,54	2,09	1
Sunarto	21	20	19	19	1,35	8,56	11,00	1,35	1
Abdul Hamid	23	19	20	20	1,55	6,85	9,27	1,55	1
Untung	21	20	19	18	1,80	9,18	11,49	1,80	1
Rustina	22	18	20	19	1,35	8,52	10,91	1,35	1
Sutiasih	22	18	18	18	2,03	9,78	12,08	2,03	1
Heru Santoso	22	19	18	19	1,24	8,73	11,14	1,24	1
Dedi Yendika	23	20	18	21	2,58	6,75	9,27	2,58	1
Jullita	21	19	20	19	1,24	8,63	11,09	1,24	1
Suwandi	23	20	19	19	1,45	7,39	9,64	1,45	1

Pencarian titik centroid selanjutnya sudah selesai atau berhenti dikarenakan nilai *cluster* pada data iterasi 2 dengan hasil iterasi 1 sama, dengan demikian nilai centroid akan sama maka iterasi selesai dengan nilai akhir seperti pada tabel 9.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis Data Penilaian Pegawai

Dalam 1 bulan mulai dari bulan September 2023 sampai bulan Oktober 2023 berhasil mengumpulkan sebanyak 20 data. Informasi yang dihasilkan meliputi nama dan posisi penilai dan yang dinilai. Untuk dapat menganalisa data penilaian, penilai akan diminta untuk mengisi *form* kuisioner terlebih dahulu. *Form* kuisioner yang sudah diisi oleh penilai akan dihitung berdasarkan nilai hasil dari masing-masing pertanyaan yang kemudian akan dihitung sesuai *clustering* yang sesuai dengan hasil nilai dari jawaban penilai di *form* kuisioner.

Tabel 10. Hasil Penilaian Dari Kuisioner

No	Nama	Kepribadian	Akhlik	Kepemimpinan	Kerajinan
1	Evi Dayanti	30	23	23	24
2	Mesmanto	25	22	23	23
3	Hariato	29	24	23	23
4	Suci Yulianingsih	28	22	22	24
5	Hartono	27	24	21	25
6	Ilham Efendi	28	25	23	25
7	Ngatiren	21	19	20	19
8	Tukisno	20	19	19	18
9	Misno	21	19	20	19
10	Herry Gunawan	23	18	20	22
11	Tugino	24	19	19	19
12	Sunarto	21	20	19	19
13	Abdul Hamid	23	19	20	20
14	Untung	21	20	19	18
15	Rustina	22	18	20	19
16	Sutiasih	22	18	18	18
17	Heru Santoso	22	19	18	19
18	Dedi Yendika	23	20	18	21
19	Jullita	21	19	20	19
20	Suwandi	23	20	19	19

Hasil Pegolahan Data Penilaian dengan Menggunakan Algoritma K- Means Clustering

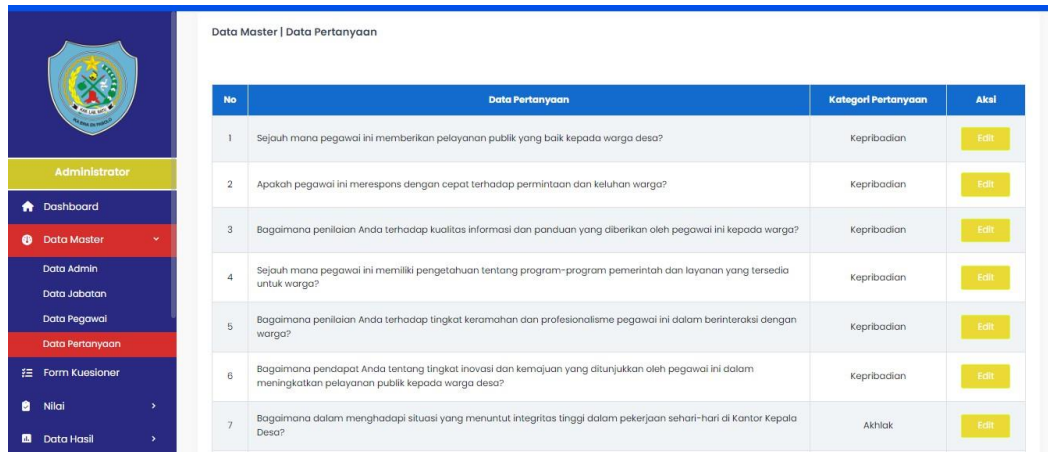
Dari data 20 orang dinilai yang telah diinputkan di aplikasi dengan 1 orang penilai diperoleh nilai tiap *clustering* dan jarak terdekat pada perhitungan penilaian pegawai terbaik. Hasil penilaian dengan algoritma K-Means *Clustering* adalah sebagai berikut:

Tabel 11. Hasil Penilaian dengan Menggunakan Algoritma K-Means *Clustering*

Nama	Kepribadian	Akhlik	Kepemimpinan	Kerajinan	C1	C2	C3	Jarak Terjangkau	Cluster
Evi Dayanti	30	23	23	24	10,85	3,50	1,41	1,41	3
Mesmanto	25	22	23	23	6,83	2,29	4,58	2,29	2
Hariato	29	24	23	23	10,15	3,04	1,00	1,00	3
Suci Yulianingsih	28	22	22	24	8,72	1,49	2,45	1,49	2
Hartono	27	24	21	25	9,31	1,97	3,00	1,97	2
Ilham Efendi	28	25	23	25	10,95	3,04	1,73	1,73	3
Ngatiren	21	19	20	19	1,24	8,63	11,09	1,24	1
Tukisno	20	19	19	18	2,29	10,14	12,57	2,29	1
Misno	21	19	20	19	1,24	8,63	11,09	1,24	1
Hery Gunawan	23	18	20	22	3,27	6,57	9,22	3,27	1
Tugino	24	19	19	19	2,09	7,39	9,54	2,09	1
Sunarto	21	20	19	19	1,35	8,56	11,00	1,35	1
Abdul Hamid	23	19	20	20	1,55	6,85	9,27	1,55	1
Untung	21	20	19	18	1,80	9,18	11,49	1,80	1
Rustina	22	18	20	19	1,35	8,52	10,91	1,35	1
Sutiasih	22	18	18	18	2,03	9,78	12,08	2,03	1

Heru Santoso	22	19	18	19	1,24	8,73	11,14	1,24	1
Dedi Yendika	23	20	18	21	2,58	6,75	9,27	2,58	1
Jullita	21	19	20	19	1,24	8,63	11,09	1,24	1
Suwandi	23	20	19	19	1,45	7,39	9,64	1,45	1

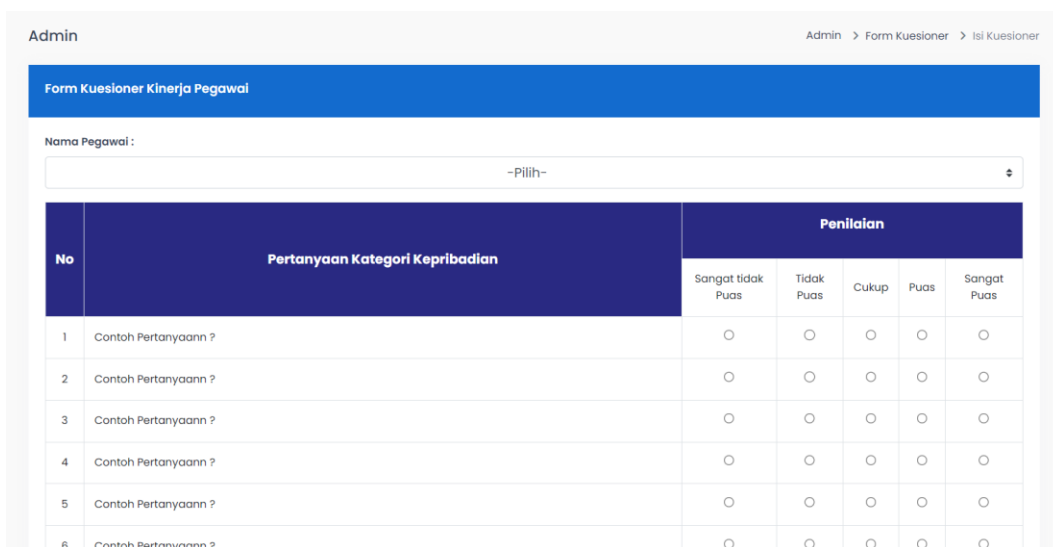
Tampilan Halaman Data Pertanyaan Admin



Gambar 4. Halaman Data Pertanyaan Admin

Pada gambar 4 di atas merupakan tampilan halaman data pertanyaan admin yang akan admin gunakan untuk mengelola data-data pertanyaan yang harus admin isi nantinya. Data pertanyaan tersebut dapat diedit oleh admin.

Tampilan Halaman Form Kuisisioner Admin



Gambar 5. Tampilan Halaman Form Kuisisioner Admin

Pada gambar 5 di atas tampilan halaman form kuisisioner ini hanya dapat dilakukan oleh admin yaitu bapak Ego Wiharno. Pada saat pengisian form kuisisioner admin harus mengisi nama pegawai yang hendak dinilai terlebih dahulu, setelah itu admin harus memilih salah satu dari 5 pilihan yang ada.

Tampilan Halaman Data Hasil Sampel

Hasil Nilai Kepribadian Pegawai

No	Pegawai Dinilai	Kepribadian 1	Kepribadian 2	Kepribadian 3	Kepribadian 4	Kepribadian 5	Kepribadian 6
1	Evi Dayanti	5	5	5	5	5	5
2	Mesmanto	5	1	5	4	5	5
3	Harianto	5	5	5	4	5	5
4	Suci Yulianingsih	5	5	4	4	5	5
5	Hartono	5	5	5	2	5	5
6	Ilham Efendi	5	5	4	5	4	5
7	Ngatiren	4	4	3	4	3	3
8	Tukisno	4	4	3	3	3	3
9	Misno	3	4	3	3	5	3
10	Herry Gunawan	3	3	5	4	3	5
11	Tugino	3	5	3	5	5	3
12	Sunarto	4	3	4	3	4	3
13	Abdul Hamid	4	3	4	5	3	4
14	Untung	3	3	5	3	4	3
15	Rustina	3	4	4	4	3	4

Gambar 6. Tampilan Data Hasil Sampel Kepribadian

Hasil Nilai Akhlak Pegawai

No	Pegawai Dinilai	Akhlak 1	Akhlak 2	Akhlak 3	Akhlak 4	Akhlak 5
1	Evi Dayanti	5	5	4	5	4
2	Mesmanto	5	5	4	4	4
3	Harianto	5	5	4	5	5
4	Suci Yulianingsih	5	4	5	4	4
5	Hartono	5	5	4	5	5
6	Ilham Efendi	5	5	5	5	5
7	Ngatiren	4	4	3	4	4
8	Tukisno	4	4	4	4	3
9	Misno	4	3	4	4	4
10	Herry Gunawan	4	4	3	4	3
11	Tugino	3	4	4	4	4
12	Sunarto	4	4	4	4	4
13	Abdul Hamid	4	3	4	4	4
14	Untung	4	4	4	4	4
15	Rustina	4	3	3	4	4

Gambar 7. Data Hasil Sampel Akhlak

Hasil Nilai kepemimpinan Pegawai

No	Pegawai Dinilai	kepemimpinan 1	kepemimpinan 2	kepemimpinan 3	kepemimpinan 4	kepemimpinan 5
1	Evi Dayanti	5	5	5	4	4
2	Mesmanto	5	4	4	5	5
3	Harianto	4	5	5	4	5
4	Suci Yulianingsih	4	5	5	4	4
5	Hartono	4	4	4	5	4
6	Ilham Efendi	4	0	5	4	5
7	Ngatiren	3	4	5	4	4
8	Tukisno	3	4	4	4	4
9	Misno	3	4	4	5	4
10	Herry Gunawan	5	4	3	4	4
11	Tugino	5	3	4	3	4
12	Sunarto	4	4	3	4	4
13	Abdul Hamid	4	3	4	5	4
14	Untung	5	4	0	3	4
15	Rustina	5	4	3	4	4

Gambar 8. Data Hasil Sampel Kepemimpinan

Hasil Nilai Kerajinan Pegawai

No	Pegawai Dinilai	Kerajinan 1	Kerajinan 2	Kerajinan 3	Kerajinan 4	Kerajinan 5
1	Evi Dayanti	5	4	5	5	5
2	Mesmanto	4	5	4	5	5
3	Hariato	5	4	5	4	5
4	Suci Yulianingsih	5	5	4	5	5
5	Hartono	5	5	5	5	5
6	Ilham Efendi	5	5	5	5	5
7	Ngatiren	4	3	3	4	5
8	Tukisno	4	4	3	4	3
9	Misno	4	3	5	3	4
10	Herry Gunawan	3	5	5	4	5
11	Tugino	3	4	3	5	4
12	Sunarto	4	4	3	4	4
13	Abdul Hamid	5	3	4	4	4
14	Untung	3	4	3	4	4
15	Rustina	5	3	4	4	3

Gambar 9. Data Hasil Sampel Kerajinan

Pada gambar 6 sampai 9 di atas merupakan tampilan data nilai kinerja pegawai berdasarkan hasil dari pengisian kuisioner yang dilakukan oleh admin atau penilai. Hasil penilaian ini sesuai berdasarkan kriteria pertanyaan yang sebelumnya sudah admin siapkan.

Tampilan Halaman Data Hasil

No	Nama Pegawai	Hasil Jumlah Kepribadian	Hasil Jumlah Akhlak	Hasil Jumlah Kepemimpinan	Hasil Jumlah Kerajinan
1	Evi Dayanti	30	23	23	24
2	Mesmanto	25	22	23	23
3	Hariato	29	24	23	23
4	Suci Yulianingsih	28	22	22	24
5	Hartono	27	24	21	25
6	Ilham Efendi	28	25	18	25
7	Ngatiren	21	19	20	19
8	Tukisno	20	19	19	18
9	Misno	21	19	20	19
10	Herry Gunawan	23	18	20	22
11	Tugino	24	19	19	19
12	Sunarto	21	20	19	19
13	Abdul Hamid	23	19	20	20
14	Untung	21	20	16	18
15	Rustina	22	18	20	19
16	Sutiasih	22	18	18	18

Gambar 10. Hasil Jumlah Kategori Tiap Pegawai

Pada gambar 10 di atas merupakan hasil jumlah kategori tiap pegawai yang akan digunakan sebagai data perhitungan *clustering*. Data jumlah kategori dihitung dari tiap pertanyaan yang admin isi.

No	Nama	C1 Buruk	C2 Cukup	C3 Baik	Jarak Terdekat	Hasil
1	Evi Dayanti	10.86	3.49	1.41	1.41	Baik
2	Mesmanto	6.84	2.29	4.58	2.29	Cukup
3	Harianto	10.15	3.03	1.00	1.00	Baik
4	Suci Yulianingsih	8.73	1.49	2.45	1.49	Cukup
5	Hartono	9.31	1.97	3.00	1.97	Cukup
6	Ilham Efendi	10.95	3.03	1.73	1.73	Baik
7	Ngatiren	1.24	8.64	11.09	1.24	Buruk
8	Tukisno	2.29	10.15	12.57	2.29	Buruk
9	Misno	1.24	8.64	11.09	1.24	Buruk
10	Herry Gunawan	3.27	6.58	9.22	3.27	Buruk
11	Tugino	2.09	7.39	9.54	2.09	Buruk
12	Sunarto	1.35	8.56	11.00	1.35	Buruk
13	Abdul Hamid	1.55	6.85	9.27	1.55	Buruk
14	Untung	1.80	9.18	11.49	1.80	Buruk
15	Rustina	1.35	8.52	10.91	1.35	Buruk
16	Sutiasih	2.02	9.78	12.08	2.02	Buruk

Gambar 11. Hasil Iterasi

Pada gambar 11 merupakan tampilan dari hasil iterasi perhitungan k- means yang sudah dijalankan. Hasil iterasi selanjutnya akan di *cluster* menjadi 3 *clustering*, yaitu *cluster* buruk, *cluster* cukup, dan *cluster* baik.

Data Hasil Perhitungan Cluster Kinerja Pegawai Kantor Kepala Desa Cinta Makmur

No	Nama Pegawai	Hasil Final
1	Evi Dayanti	Baik
2	Mesmanto	Cukup
3	Harianto	Baik
4	Suci Yulianingsih	Cukup
5	Hartono	Cukup
6	Ilham Efendi	Cukup
7	Ngatiren	Buruk
8	Tukisno	Buruk

Gambar 12. Tampilan Data Hasil Perhitungan Cluster

Gambar 12 di atas merupakan tampilan dari data hasil perhitungan *cluster* kinerja pegawai di kantor Kepala Desa Cinta Makmur Labuhanbatu. Data di atas merupakan data hasil setelah di cek tidak ada lagi perubahan pada titik centroid. Hasil dari data di atas menghasilkan hasil di 3 *cluster*, yaitu *cluster* baik, *cluster* cukup dan *cluster* buruk.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam penelitian ini, algoritma K-means telah berhasil diimplementasikan untuk mengelompokkan pegawai berdasarkan berbagai parameter penilaian kinerja mereka, seperti produktivitas, kehadiran, dan kualitas pekerjaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma K-means efektif dalam mengelompokkan pegawai ke dalam kelompok yang berbeda berdasarkan kriteria penilaian. Ini membantu perusahaan dalam mengidentifikasi pegawai yang memiliki kinerja kurang baik. Penggunaan algoritma K-means dalam penilaian pegawai dapat membantu perusahaan dalam mengoptimalkan alokasi sumber daya manusia, meningkatkan manajemen kinerja, dan mengidentifikasi pegawai yang memerlukan perbaikan.

Untuk pengembangan lebih lanjut, penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan penggunaan metode pengelompokan yang lebih canggih, seperti algoritma clustering berhierarki atau algoritma clustering berbasis hierarki fuzzy, untuk

menghasilkan hasil yang lebih akurat dan informatif. Penelitian ini dapat ditingkatkan dengan pengumpulan data yang lebih komprehensif dan beragam, termasuk data dari berbagai departemen atau masyarakat untuk analisis yang lebih holistik. Validasi lebih lanjut atas hasil pengelompokan dan dampaknya terhadap kebijakan perusahaan akan menjadi langkah yang berguna. Ini dapat mencakup pengecekan dengan manajemen dan pengukuran dampak tindakan yang diambil berdasarkan hasil penelitian. Dapat menerapkan temuan dari penelitian ini dalam lingkungan yang nyata. Menerapkan solusi yang dihasilkan oleh algoritma K-means dan mengukur dampaknya terhadap produktivitas dan kinerja pegawai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Q. Nada, M. W. I. Fahmi, dan A. T. J. Harjanta, "APLIKASI MONITORING KINERJA PEGAWAI MENGGUNAKAN ALGORITMA SIMPLE ADDITIVE WEIGHTING (SAW) DI BADAN PUSAT STATISTIK KABUPATEN PATI BERBASIS MOBILE," *Jurnal Informatika Upgris*, vol. 6, no. 2, Des 2020, doi: 10.26877/jiu.v6i2.8240.
- [2] A. J. M. Novita, A. W. Rizqi, dan H. Hidayat, "APLIKASI PENILAIAN KINERJA KARYAWAN BERBASIS WEBSITE MENGGUNAKAN METODE TOPSIS DI PT PETROKIMIA GRESIK," *JUSTI (Jurnal Sistem dan Teknik Industri)*, vol. 2, no. 3, Art. no. 3, Apr 2022, doi: 10.30587/justicb.v2i3.3913.
- [3] Y. Filki, "Algoritma K-Means Clustering dalam Memprediksi Penerima Bantuan Langsung Tunai (BLT) Dana Desa," *Jurnal Informatika Ekonomi Bisnis*, hlm. 166–171, Des 2022, doi: 10.37034/infec.v4i4.166.
- [4] F. Handayani, "Aplikasi Data Mining Menggunakan Algoritma K-Means Clustering untuk Mengelompokkan Mahasiswa Berdasarkan Gaya Belajar," *Jurnal Teknologi dan Informasi*, vol. 12, no. 1, hlm. 46–63, Mar 2022, doi: 10.34010/jati.v12i1.6733.
- [5] "Penerapan Metode K-Means dan Optimasi Jumlah Cluster dengan Index Davies Bouldin untuk Clustering Propinsi Berdasarkan Potensi Desa | Muningsih | EVOLUSI: Jurnal Sains dan Manajemen." Diakses: 15 April 2025. [Daring]. Tersedia pada: <https://ejournal.bsi.ac.id/ejournal/index.php/evolusi/article/view/10428>
- [6] B. Ruhiman, A. Ramdan, dan C. Juliane, "Algorithm K-Means Clustering Algorithm to Classify the Level of Legal Information Service Objectives in West Java Province : K-Means Clustering Algorithm to Classify the Level of Legal Information Service Objectives in West Java Province," *JKT*, vol. 8, no. 1, Art. no. 1, Jun 2022, doi: 10.35143/jkt.v8i1.5209.
- [7] T. Hidayat, "Klasifikasi Data Jamaah Umroh Menggunakan Metode K-Means Clustering," *Jurnal Sistim Informasi dan Teknologi*, hlm. 19–24, Feb 2022, doi: 10.37034/jsisfotek.v4i1.115.
- [8] I. Reisandi, D. Daryana, F. S. Mulyati, dan M. Fauzi, "Implementasi Clustering K-Means Terhadap Penilaian Kinerja Karyawan PT. XYZ," *Jurnal Sosial Teknologi*, vol. 1, no. 8, hlm. 757–767, Agu 2021, doi: 10.59188/journalsostech.v1i8.162.
- [9] H. Syahputra, L. Mayola, dan D. Guswandi, "Clustering Tingkat Penjualan Menu (Food and Beverage) Menggunakan Algoritma K-Means," *Jurnal KomtekInfo*, hlm. 29–33, Mar 2022, doi: 10.35134/komtekinfo.v9i1.274.
- [10] S. Sieranoja dan P. Fränti, "Adapting k-means for graph clustering," *Knowl Inf Syst*, vol. 64, no. 1, hlm. 115–142, Jan 2022, doi: 10.1007/s10115-021-01623-y.