

Pengembangan Model Rekomendasi untuk Mendukung Keputusan *Human Resource* Berbasis Analisis Pola Kehadiran Pegawai dengan Pendekatan Data *Analytics*

Bryan Agam Kottama^{1*}, Baskoro Adi Pratomo², Feby Artwodini Muqtadiroh³

¹Program Studi Magister Manajemen Teknologi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia

²Program Studi Teknik Informatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia

³Program Studi Sistem Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia

Email: 6032241150@email.com¹, baskoro@its.ac.id², feby@its.ac.id³

*Penulis Korespondensi: 6032241150@email.com

Abstract. *Employee attendance is an important indicator reflecting discipline and work commitment in public sector organizations. However, attendance data in higher education institutions is still largely utilized for administrative purposes and has not been fully transformed into information that supports human resource (HR) decision-making. This study aims to develop a recommendation model to support HR decisions based on employee attendance pattern analysis using a data analytics approach. A quantitative exploratory approach was applied using electronic attendance data from 2,151 active employees at a public university during the 2024–2025 period. The data were processed into 54,543 monthly behavioral scorecard observations through preprocessing, feature engineering, exploratory data analysis, K-Means clustering, DBSCAN-based anomaly detection, and model evaluation. The results indicate differences in attendance behavior patterns between lecturers and educational staff. Lecturers were dominated by low punctuality patterns, while educational staff were predominantly categorized as highly disciplined employees. DBSCAN complemented the segmentation process by detecting periodic behavioral deviations aligned with HR risk indicators. The developed DSS dashboard integrates behavioral scorecards, clustering results, anomaly detection, and risk prioritization to support evidence-based HR decision-making.*

Keywords: *Clustering; DBSCAN; Decision Support System; Employee Attendance; Human Resource Analytics.*

Abstrak. Kehadiran pegawai merupakan indikator penting dalam menggambarkan kedisiplinan dan komitmen kerja pada organisasi sektor publik. Namun, data presensi pada institusi pendidikan tinggi masih banyak digunakan untuk kebutuhan administratif dan belum sepenuhnya dimanfaatkan sebagai informasi pendukung keputusan sumber daya manusia (SDM). Penelitian ini bertujuan mengembangkan model rekomendasi untuk mendukung keputusan SDM berbasis analisis pola kehadiran pegawai dengan pendekatan data analytics. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif eksploratif dengan memanfaatkan data presensi elektronik dari 2.151 pegawai aktif pada perguruan tinggi negeri selama periode 2024–2025. Data diolah menjadi 54.543 observasi *behavioral scorecard* bulanan melalui preprocessing, rekayasa fitur, exploratory data analysis, clustering K-Means, deteksi anomali DBSCAN, dan evaluasi model. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan pola perilaku kehadiran antara dosen dan tenaga kependidikan. Dosen didominasi pola ketepatan waktu rendah, sedangkan tenaga kependidikan lebih banyak berada pada kategori disiplin tinggi. DBSCAN melengkapi segmentasi dengan mendeteksi penyimpangan perilaku periodik yang selaras dengan indikator risiko SDM. Dashboard DSS yang dikembangkan mengintegrasikan *scorecard* perilaku, hasil clustering, deteksi anomali, dan prioritas risiko untuk mendukung keputusan SDM berbasis bukti.

Kata kunci: Clustering; DBSCAN; Analisis Sumber Daya; Kehadiran Pegawai; Sistem Pendukung Keputusan.

1. LATAR BELAKANG

Sumber daya manusia (SDM) merupakan elemen strategis dalam keberhasilan organisasi karena berperan dalam menjalankan aktivitas operasional dan mencapai tujuan institusi. Berdasarkan perspektif *Resource-Based View* menurut Wright, Dunford, & Snell, keunggulan organisasi tidak hanya ditentukan oleh faktor eksternal, tetapi juga oleh kemampuan internal seperti kompetensi dan perilaku kerja pegawai (Widyanty, 2023). Salah satu aspek perilaku kerja yang mencerminkan komitmen dan tanggung jawab pegawai adalah

kedisiplinan kehadiran. Armstrong dan Taylor menjelaskan bahwa kehadiran pegawai menjadi salah satu indikator penting dalam pengelolaan SDM karena mencerminkan kepatuhan terhadap aturan dan tanggung jawab organisasi (Muharsono, 2024). Oleh karena itu, data kehadiran tidak hanya berfungsi sebagai catatan administratif, tetapi juga memiliki potensi sebagai sumber informasi strategis dalam mendukung pengambilan keputusan berbasis data (*data-driven human resource management*).

Pemanfaatan data dalam pengelolaan SDM semakin berkembang melalui pendekatan *human resource analytics* yang memungkinkan organisasi mengubah data operasional menjadi informasi untuk mendukung keputusan manajerial (Lawrance et al., 2021). Namun, pada organisasi sektor publik, termasuk perguruan tinggi negeri, pemanfaatan data kehadiran masih cenderung terbatas pada kebutuhan administratif seperti rekapitulasi presensi dan perhitungan tunjangan. Kondisi tersebut menyebabkan proses pengawasan kedisiplinan masih bersifat reaktif, yaitu tindakan dilakukan setelah terjadi akumulasi pelanggaran. Dalam perspektif manajerial, monitoring pada dasarnya merupakan proses pengamatan secara seksama terhadap suatu kondisi atau keadaan, termasuk perilaku atau aktivitas tertentu, dengan tujuan untuk memperoleh data dan informasi yang dapat digunakan sebagai dasar dalam mengambil keputusan (Chayadi, 2025). Padahal, analisis pola kehadiran dapat memberikan informasi mengenai karakteristik perilaku pegawai sehingga organisasi dapat melakukan tindakan preventif melalui pemberian apresiasi, *coaching*, maupun pembinaan secara lebih tepat.

Permasalahan tersebut menjadi semakin kompleks pada lingkungan perguruan tinggi negeri yang memiliki karakteristik pegawai beragam, khususnya dosen dan tenaga kependidikan (tendik). Perbedaan karakteristik pekerjaan menyebabkan pola kehadiran tidak dapat dipahami secara seragam. Dosen memiliki fleksibilitas aktivitas berdasarkan pelaksanaan tridharma perguruan tinggi, sedangkan tendik memiliki keterikatan lebih kuat terhadap jam kerja operasional. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan analitik yang mampu mengidentifikasi pola perilaku kehadiran berdasarkan karakteristik data pegawai sehingga hasil analisis dapat digunakan secara relevan oleh unit SDM dan manajer unit kerja.

Beberapa penelitian sebelumnya telah menerapkan pendekatan *machine learning* dalam analisis kehadiran pegawai. Deteksi terhadap pola perilaku ketidakhadiran maupun perilaku kehadiran yang abnormal dapat dilakukan secara objektif menggunakan metode *machine learning* berbasis *unsupervised clustering* (Zupančič & Panov, 2024), sementara itu pendekatan *supervised learning* untuk memprediksi risiko absensi manajerial (Lawrance et al., 2021). Meskipun penelitian tersebut memberikan kontribusi dalam mengidentifikasi pola dan risiko kehadiran, hasil analisis masih terbatas pada prediksi atau deteksi dan belum banyak

dikembangkan menjadi rekomendasi tindakan yang dapat membantu pengambilan keputusan HR. Kesenjangan tersebut menunjukkan perlunya model analitik yang tidak hanya mengolah data kehadiran, tetapi juga mampu menghasilkan rekomendasi kebijakan yang aplikatif.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini mengembangkan model rekomendasi berbasis *data analytics* untuk mendukung keputusan manajemen sumber daya manusia melalui analisis pola kehadiran pegawai. Model yang dikembangkan menggunakan pendekatan *unsupervised learning* untuk melakukan segmentasi perilaku kehadiran dan menerjemahkan hasil analisis menjadi rekomendasi tindakan manajerial, seperti pemberian apresiasi, *coaching*, dan pembinaan kedisiplinan. Hasil analisis kemudian disajikan melalui dashboard interaktif sebagai sistem pendukung keputusan bagi unit SDM dan manajer unit. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model rekomendasi berbasis analisis pola kehadiran pegawai yang dapat mendukung pengambilan keputusan HR secara objektif dan berbasis data.

2. KAJIAN TEORITIS

Resource-Based View dan Human Resource Analytics

Teori *Resource-Based View* (RBV) yang dikembangkan Barney menjelaskan bahwa keunggulan organisasi berasal dari kemampuan internal yang bernilai dan sulit ditiru, termasuk sumber daya manusia sebagai aset strategis organisasi (Lubis, 2023). Dalam perspektif manajemen SDM, perilaku dan kompetensi pegawai menjadi faktor penting yang mendukung pencapaian tujuan organisasi (Halim et al., 2021). Salah satu indikator perilaku kerja yang dapat diamati menurut Armstrong & Taylor adalah kehadiran pegawai, yang mencerminkan tingkat kedisiplinan dan tanggung jawab terhadap organisasi (Muharsono, 2024). Perkembangan *Human Resource Analytics* memungkinkan organisasi mengolah data kepegawaian, termasuk data kehadiran, menjadi informasi yang mendukung pengambilan keputusan berbasis bukti (Heuvel & Bondarouk, 20217). Dengan demikian, data presensi tidak hanya berfungsi sebagai catatan administratif, tetapi dapat dimanfaatkan untuk memahami pola perilaku pegawai dan mendukung strategi pengelolaan SDM.

Perilaku Kehadiran sebagai Indikator Disiplin Pegawai

Kehadiran pegawai merupakan salah satu indikator perilaku kerja yang menggambarkan kepatuhan terhadap aturan organisasi. Dalam konteks instansi pemerintah, data kehadiran memiliki peran penting dalam pemantauan disiplin administratif pegawai sesuai regulasi yang berlaku. Namun, disiplin kehadiran perlu dibedakan dengan kinerja karena kehadiran hanya menggambarkan kepatuhan terhadap kewajiban kerja, sedangkan kinerja

berkaitan dengan pencapaian hasil pekerjaan (Jamaluddin; et al., 2024). Pada perguruan tinggi, perbedaan karakteristik pekerjaan antara dosen dan tenaga kependidikan menyebabkan pola kehadiran perlu dianalisis secara kontekstual. Dosen memiliki fleksibilitas aktivitas karena menjalankan tridharma perguruan tinggi, sedangkan tenaga kependidikan lebih terkait dengan aktivitas operasional dan jam kerja administratif. Oleh karena itu, analisis perilaku kehadiran perlu mempertimbangkan karakteristik kelompok pegawai agar menghasilkan informasi yang relevan bagi pengambilan keputusan HR.

Data Analytics untuk Segmentasi Perilaku Pegawai

Data analytics memberikan pendekatan untuk mengidentifikasi pola tersembunyi dalam data pegawai dan mengubahnya menjadi informasi yang dapat digunakan dalam pengelolaan organisasi. Salah satu pendekatan yang relevan adalah *unsupervised learning*, yaitu metode yang mampu menemukan kelompok berdasarkan kemiripan karakteristik data tanpa membutuhkan label awal. Dalam analisis perilaku kehadiran, Hartigan & Wong menjelaskan metode *clustering* dapat digunakan untuk mengelompokkan pegawai berdasarkan pola kedisiplinannya sehingga organisasi memperoleh gambaran mengenai variasi perilaku yang muncul. K-Means merupakan salah satu metode yang banyak digunakan untuk melakukan segmentasi berdasarkan kemiripan data (Darma et al., 2024), Sementara itu, algoritma DBSCAN juga dapat digunakan untuk mendeteksi pola yang berbeda atau tidak umum di dalam karakteristik data (Yolandari et al., 2025). Pendekatan ini memungkinkan data kehadiran dikembangkan dari sekadar laporan administratif menjadi informasi analitik yang mendukung identifikasi pola dan prioritas pengelolaan pegawai.

Decision Support System dalam Pengambilan Keputusan HR

Analisis data SDM akan memberikan manfaat optimal apabila hasilnya dapat diterjemahkan menjadi rekomendasi yang mendukung keputusan manajerial. Konsep *evidence-based human resource management* menekankan pentingnya penggunaan data dan informasi objektif dalam menentukan kebijakan pengelolaan pegawai (Muktamar & Nurmaningsih, 2024). Dalam penelitian ini, hasil segmentasi perilaku kehadiran diarahkan untuk mendukung rekomendasi tindakan seperti pembinaan, *coaching*, maupun penghargaan pegawai. Penerapan *Decision Support System* (DSS) memungkinkan hasil analisis disajikan secara lebih mudah dipahami oleh pengambil keputusan melalui tampilan informasi yang terstruktur (Matsatsinis & Mallios, 2024). Dengan dukungan dashboard analitik, unit SDM dan manajer dapat memperoleh gambaran mengenai pola perilaku pegawai serta menentukan strategi pengelolaan yang lebih objektif dan berbasis data (Marler & Boudreau, 2016).

K-Means versus *Agglomerative Clustering*

Agglomerative Clustering dipilih sebagai metode pembandingan dalam proses segmentasi karena termasuk dalam pendekatan *hierarchical clustering* yang sering dibandingkan dengan metode *partition-based clustering* seperti K-Means (Hakim & Usino, 2024). Dengan pendekatan *Ward linkage*, *Agglomerative Clustering* berupaya meminimalkan variasi dalam kelompok sehingga memiliki prinsip yang serupa dengan K-Means dalam mengoptimalkan homogenitas cluster. Perbandingan kedua metode ini dilakukan untuk melihat perbedaan karakteristik antara pendekatan partisi dan hierarki. Dalam penelitian ini, K-Means dipilih sebagai metode utama karena memiliki efisiensi komputasi yang lebih baik untuk jumlah observasi yang besar pada data *employee-month*, serta menghasilkan nilai centroid yang lebih mudah diinterpretasikan sebagai profil perilaku kehadiran pegawai bagi kebutuhan manajerial HR. Selain itu, evaluasi kualitas segmentasi menggunakan indikator internal seperti *Silhouette Coefficient* dan *Davies-Bouldin Index (DBI)* telah banyak digunakan untuk menilai kualitas hasil clustering pada data berdimensi serupa (Ikotun et al., 2025). K-Means juga dipertimbangkan lebih sesuai karena mampu menghasilkan distribusi kelompok yang relatif seimbang sehingga mendukung proses segmentasi perilaku pegawai berdasarkan karakteristik kehadiran yang berbeda.

DBSCAN versus *Isolation Forest*

Isolation Forest digunakan sebagai metode pembandingan dalam deteksi anomali karena merupakan pendekatan *ensemble-based outlier detection* yang mampu mengidentifikasi data ekstrem tanpa memerlukan asumsi distribusi tertentu serta tidak membutuhkan penentuan parameter kepadatan seperti pada DBSCAN (Artika et al., 2025). Metode ini relevan sebagai alternatif untuk mendeteksi pola abnormal pada data *scorecard* kehadiran yang memiliki banyak variabel. Namun, penelitian ini memilih DBSCAN sebagai metode utama karena pendekatan berbasis kepadatan lebih sesuai dengan karakteristik data kehadiran yang memiliki variasi perilaku dan tingkat heterogenitas tinggi antarpegawai. DBSCAN mampu mengidentifikasi observasi dengan kepadatan rendah sebagai pola anomali berdasarkan parameter *eps* dan *min_samples*, yang dapat disesuaikan melalui analisis *K-Distance Graph* serta mempertimbangkan ambang operasional risiko kehadiran. Selain itu, kemampuan DBSCAN dalam menghasilkan label *noise* (-1) memberikan interpretasi yang sesuai untuk sistem peringatan dini (*early warning*) terhadap pola ketidakhadiran atau penyimpangan perilaku secara periodik, khususnya ketika analisis dilakukan secara berbeda antara kelompok dosen dan tenaga kependidikan.

Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai analisis perilaku kehadiran pegawai telah banyak menggunakan pendekatan *data analytics*, khususnya metode *clustering*, untuk mengidentifikasi pola kedisiplinan secara objektif. Kristian et al., (2023) menerapkan metode K-Means untuk mengelompokkan tingkat kedisiplinan berdasarkan data absensi, sedangkan Darma et al., (2024) menggunakan K-Means pada data kehadiran pegawai sektor publik untuk memetakan pola ketepatan waktu. Pada pendekatan deteksi anomali, Lan & Yoon (2023) menunjukkan bahwa DBSCAN efektif dalam menemukan pola tidak umum pada data dengan distribusi yang kompleks. Temuan tersebut menunjukkan bahwa metode berbasis *clustering* dan kepadatan memiliki potensi untuk diterapkan dalam analisis pola kehadiran pegawai.

Dalam konteks *Human Resource Analytics*, beberapa penelitian telah mengembangkan model analitik untuk memahami perilaku absensi pegawai. Salah satunya yaitu penerapan pendekatan *supervised learning* untuk memprediksi risiko ketidakhadiran guna mendukung keputusan manajerial (Lawrance et al., 2021), sedangkan metode *unsupervised learning* digunakan untuk mendeteksi perilaku kehadiran yang abnormal (Zupančič & Panov, 2024). Meskipun penelitian tersebut memberikan kontribusi penting dalam pengembangan analitik SDM, sebagian besar masih berfokus pada identifikasi pola atau prediksi risiko dan belum mengintegrasikan hasil analisis menjadi rekomendasi tindakan manajerial yang dapat digunakan secara langsung oleh unit HR.

Berdasarkan kajian penelitian terdahulu, masih terdapat kesenjangan dalam pengembangan model yang mampu menggabungkan segmentasi perilaku kehadiran, deteksi anomali, penyusunan *scorecard* perilaku, serta penyajian hasil melalui sistem pendukung keputusan (*Decision Support System*). Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan pendekatan integratif menggunakan kombinasi K-Means dan DBSCAN untuk mengidentifikasi pola perilaku kehadiran pegawai pada lingkungan perguruan tinggi negeri. Hasil analisis selanjutnya diterjemahkan menjadi rekomendasi pengelolaan SDM melalui dashboard interaktif yang mendukung proses pengambilan keputusan berbasis data.

3. METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksploratif dengan menerapkan metode *unsupervised learning* untuk mengidentifikasi pola perilaku kehadiran pegawai dalam konteks *Human Resource Analytics*. Pendekatan eksploratif dipilih karena penelitian tidak menggunakan label perilaku yang telah ditentukan sebelumnya, melainkan bertujuan

menemukan struktur alami dan pola tersembunyi pada data presensi melalui proses *pattern discovery*.

Unit analisis penelitian terdiri atas dua tingkat, yaitu tingkat individu dan tingkat organisasi. Pada tingkat individu, observasi direpresentasikan dalam bentuk pasangan pegawai per bulan (*employee-month*), sedangkan pada tingkat organisasi observasi dibentuk melalui agregasi karakteristik anggota unit kerja dalam bentuk pasangan unit kerja per bulan (*unit-month*). Pemisahan analisis dilakukan terhadap kelompok dosen dan tenaga kependidikan (tendik) untuk mempertahankan karakteristik pola kerja masing-masing populasi.

Tahapan penelitian terdiri atas pengumpulan data presensi, preprocessing data, pembentukan *behavioral scorecard*, eksplorasi karakteristik data, pemodelan segmentasi dan deteksi anomali, interpretasi hasil analitik ke dalam kategori perilaku HR, serta implementasi hasil model dalam bentuk prototipe *Decision Support System* (DSS).

Sumber Data

Data penelitian diperoleh dari sistem presensi elektronik pada sebuah perguruan tinggi negeri yang mencatat aktivitas kehadiran pegawai sebagai bagian dari pemantauan disiplin dan kebutuhan administrasi kepegawaian. Dataset penelitian mencakup data seluruh pegawai aktif selama periode 2024–2025 dengan jumlah 2.151 pegawai yang tersebar pada 646 unit kerja.

Variabel utama yang digunakan meliputi informasi waktu masuk dan keluar pegawai (*clock-in* dan *clock-out*), jadwal kerja, shift, status cuti, hari libur, penyesuaian jam kerja Ramadan, indikator keterlambatan, ketidakhadiran, serta durasi kerja aktual. Data pendukung berupa kalender hari libur nasional dan penyesuaian aturan kerja diperoleh dari unit pengelola sumber daya manusia untuk mendukung proses pembersihan dan transformasi data.

Karena data mengandung informasi kepegawaian yang bersifat sensitif, penelitian menerapkan mekanisme anonimisasi dengan menghilangkan identitas personal seperti nama dan nomor induk pegawai sebelum proses analisis dilakukan. Pendekatan anonimisasi digunakan untuk menjaga kerahasiaan subjek penelitian dan memastikan data tidak dapat dikaitkan kembali dengan individu tertentu (Creswell, 2019). Variabel utama yang digunakan dalam penelitian dirangkum pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel Utama Data Presensi dan Behavioral Scorecard.

Kelompok Variabel	Variabel	Deskripsi
Identitas	ID pegawai dan unit kerja	Identifikasi observasi pegawai dan organisasi
Kehadiran	<i>Attendance rate</i>	Persentase kehadiran pegawai
Ketepatan waktu	<i>Punctuality rate</i>	Persentase kehadiran sesuai jadwal
Keterlambatan	<i>Late frequency</i>	Jumlah kejadian keterlambatan
Ketidakhadiran	<i>Absence frequency</i>	Jumlah ketidakhadiran tanpa kehadiran
Durasi kerja	<i>Working fulfillment</i>	Tingkat pemenuhan jam kerja aktual terhadap target
Pola ekstrem	<i>Consecutive absence</i>	Rentang ketidakhadiran berturut-turut

Preprocessing Data

Tahap *preprocessing* dilakukan untuk meningkatkan kualitas data sebelum digunakan dalam proses analitik. Data presensi mentah terlebih dahulu difilter berdasarkan periode observasi 2024–2025 untuk memastikan konsistensi cakupan penelitian. Selanjutnya dilakukan proses deduplikasi terhadap kemungkinan pencatatan ganda berdasarkan kombinasi identitas pegawai dan tanggal presensi. Apabila ditemukan lebih dari satu catatan waktu masuk atau keluar dalam satu hari, sistem memilih waktu masuk paling awal dan waktu keluar paling akhir untuk merepresentasikan aktivitas presensi aktual.

Penanganan *missing value* dilakukan berdasarkan aturan operasional organisasi. Data *clock-out* yang tidak tercatat tetapi memiliki aktivitas *clock-in* disesuaikan menggunakan batas waktu kerja konservatif agar tidak menghasilkan estimasi durasi kerja yang tidak realistis. Tahap preprocessing juga mencakup normalisasi durasi kerja dan identifikasi pola presensi ekstrem pada tingkat harian. Eksplorasi harian dilakukan untuk mendeteksi pola seperti keterlambatan ekstrem dan rentetan ketidakhadiran sebelum data diagregasi menjadi indikator perilaku bulanan. Ringkasan transformasi data penelitian disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Tahapan Transformasi Data dan Pipeline Analitik.

Tahap	Proses	Output
1	Pengumpulan data presensi elektronik	Dataset presensi harian
2	Cleaning dan validasi data	Dataset presensi bersih
3	Identifikasi pola ekstrem harian	Indikator risiko awal
4	Agregasi data bulanan	Employee-month dan unit-month <i>scorecard</i>
5	Standardisasi fitur	Dataset siap pemodelan
6	Pemodelan analitik	Cluster dan anomali
7	Integrasi DSS	Informasi keputusan HR

Pembentukan Fitur

Data presensi harian yang telah melalui proses preprocessing kemudian ditransformasikan menjadi *behavioral scorecard* bulanan pada tingkat individu (*employee-month*) dan tingkat unit kerja (*unit-month*). Transformasi ini dilakukan untuk mengubah data operasional presensi menjadi representasi perilaku yang dapat dianalisis oleh algoritma pembelajaran mesin.

Fitur yang dibentuk mencakup indikator kehadiran, ketepatan waktu, ketidakhadiran, durasi kerja, serta pemenuhan jam kerja. Beberapa indikator turunan digunakan untuk menggambarkan tingkat kedisiplinan, seperti persentase kehadiran, persentase ketepatan waktu, frekuensi keterlambatan, jumlah ketidakhadiran, dan rentang ketidakhadiran berturut-turut. Pembentukan fitur dilakukan secara terpisah untuk kelompok dosen dan tendik karena terdapat perbedaan karakteristik pola kerja. Khusus kelompok tendik, indikator pemenuhan jam kerja digunakan sebagai fitur tambahan karena memiliki keterkaitan lebih kuat dengan

pola kerja berbasis jam operasional. Sebelum proses pemodelan berbasis jarak dilakukan, fitur numerik distandardisasi untuk mengurangi pengaruh perbedaan skala antarvariabel.

Metode Analitik

Analisis penelitian dilakukan melalui tiga tahap utama, yaitu *Exploratory Data Analysis* (EDA), segmentasi perilaku menggunakan K-Means, dan deteksi anomali menggunakan DBSCAN. EDA dilakukan setelah pembentukan *behavioral scorecard* untuk memahami distribusi fitur, karakteristik populasi, serta variasi pola perilaku antarpegawai dan unit kerja. Tahap ini digunakan sebagai dasar interpretasi sebelum penerapan model.

Metode K-Means digunakan untuk melakukan segmentasi pola perilaku kehadiran pegawai berdasarkan kemiripan karakteristik fitur. Algoritma ini mengelompokkan data berdasarkan kedekatan jarak antara observasi terhadap pusat cluster (*centroid*). Jumlah cluster ditentukan melalui evaluasi kualitas cluster dan interpretasi karakteristik hasil segmentasi. Model K-Means diterapkan secara terpisah pada kelompok dosen dan tendik. Selain segmentasi, penelitian menggunakan DBSCAN (*Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise*) untuk mengidentifikasi pola perilaku yang berbeda secara signifikan dari mayoritas populasi. Berbeda dengan K-Means yang berfokus pada pembentukan kelompok dominan, DBSCAN digunakan untuk mendeteksi observasi yang memiliki karakteristik tidak umum sebagai indikasi anomali perilaku.

Hasil cluster numerik dari K-Means kemudian diterjemahkan menjadi kategori interpretatif HR berdasarkan karakteristik centroid. Kategori tersebut meliputi Disiplin Tinggi, Risiko Alpha Tinggi, Ketepatan Waktu Rendah, dan Pemenuhan Jam Kerja Kurang untuk kelompok tendik. Interpretasi ini digunakan sebagai informasi pendukung keputusan dan bukan sebagai label pelatihan model. Metode analitik yang digunakan dirangkum pada Tabel 3.

Tabel 3. Metode Analitik dan Keluaran Model.

Metode	Tujuan	Keluaran
EDA	Memahami karakteristik dan distribusi data	Profil data dan pola perilaku
K-Means	Segmentasi pola kehadiran pegawai	Cluster perilaku dan centroid
DBSCAN	Deteksi perilaku tidak umum	Flag anomali
Interpretasi HR	Mengubah hasil model menjadi informasi manajerial	Kategori HR

Evaluasi Model

Evaluasi dilakukan untuk memastikan bahwa hasil pemodelan memiliki kualitas teknis dan relevansi interpretatif. Evaluasi clustering dilakukan berdasarkan metrik evaluasi internal untuk mengukur kualitas pemisahan cluster dan konsistensi struktur data. Selain evaluasi numerik, validasi interpretatif dilakukan melalui analisis profil centroid dan kesesuaian karakteristik cluster dengan konteks pengelolaan sumber daya manusia. Hasil segmentasi juga

dibandingkan dengan temuan wawancara fungsi HR untuk memastikan bahwa kategori perilaku yang dihasilkan memiliki makna operasional. Deteksi anomali DBSCAN dievaluasi berdasarkan keterkaitan antara hasil *outlier detection* dengan indikator risiko perilaku pada *behavioral scorecard*. Hasil evaluasi digunakan sebagai dasar pembentukan prioritas tindak lanjut pada sistem pendukung keputusan.

Implementasi Decision Support System (DSS)

Hasil analitik diintegrasikan ke dalam prototipe *Decision Support System* berbasis dashboard untuk mendukung interpretasi hasil model oleh fungsi HR. Dashboard dikembangkan menggunakan arsitektur *client-server*, dengan backend menggunakan Golang untuk menyediakan layanan data melalui API dan frontend menggunakan Next.js untuk penyajian visualisasi interaktif. Sistem DSS menggunakan pendekatan *batch decision support*, yaitu penyajian hasil analisis berdasarkan proses pemodelan berkala, bukan pengolahan data secara real-time. Pendekatan ini disesuaikan dengan mekanisme evaluasi disiplin pegawai yang dilakukan secara periodik.

Dashboard menyajikan tiga lapisan informasi utama, yaitu segmentasi perilaku berdasarkan K-Means, deteksi anomali berdasarkan DBSCAN, serta *scorecard* individu dan unit sebagai dasar audit keputusan. Hasil model diterjemahkan menjadi informasi manajerial melalui kategori HR (*hr_category*) dan tingkat prioritas tindak lanjut (*dashboard_priority*) sehingga pengguna non-teknis dapat memahami pola perilaku tanpa harus membaca keluaran algoritma secara langsung.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Karakteristik Dataset Penelitian

Dataset penelitian diperoleh dari sistem presensi elektronik selama periode 2024–2025. Setelah dilakukan proses preprocessing, diperoleh 1.368.925 data presensi harian bersih yang digunakan untuk membangun *behavioral scorecard*. Data tersebut kemudian diagregasi menjadi observasi bulanan pada tingkat individu (*employee-month*) dan tingkat unit kerja (*unit-month*). Jumlah observasi akhir yang digunakan dalam analisis adalah 49.457 observasi individu dan 5.086 observasi unit kerja. Distribusi dataset penelitian ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 4. Karakteristik Dataset Penelitian.

Level Analisis	Populasi	Jumlah Observasi
Individu	Dosen	24.557
Individu	Tendik	24.900
Unit kerja	Unit organisasi	5.086

Hasil preprocessing menghasilkan data yang telah memenuhi kebutuhan analisis untuk pembentukan fitur perilaku, segmentasi, dan deteksi anomali.

Hasil Behavioral Scorecard dan Exploratory Data Analysis

Data presensi harian ditransformasikan menjadi *behavioral scorecard* bulanan yang merepresentasikan karakteristik perilaku kehadiran pegawai. Fitur yang digunakan mencakup indikator kehadiran, ketepatan waktu, keterlambatan, ketidakhadiran, dan pemenuhan jam kerja. Analisis eksploratif menunjukkan adanya perbedaan karakteristik antara kelompok dosen dan tendik. Kelompok tendik menunjukkan pola kehadiran yang lebih konsisten, sedangkan kelompok dosen memiliki variasi lebih tinggi pada indikator ketepatan waktu. Selain analisis individu, agregasi *scorecard* pada tingkat unit menunjukkan adanya variasi karakteristik antarunit organisasi berdasarkan tingkat stabilitas dan penyebaran perilaku anggota.

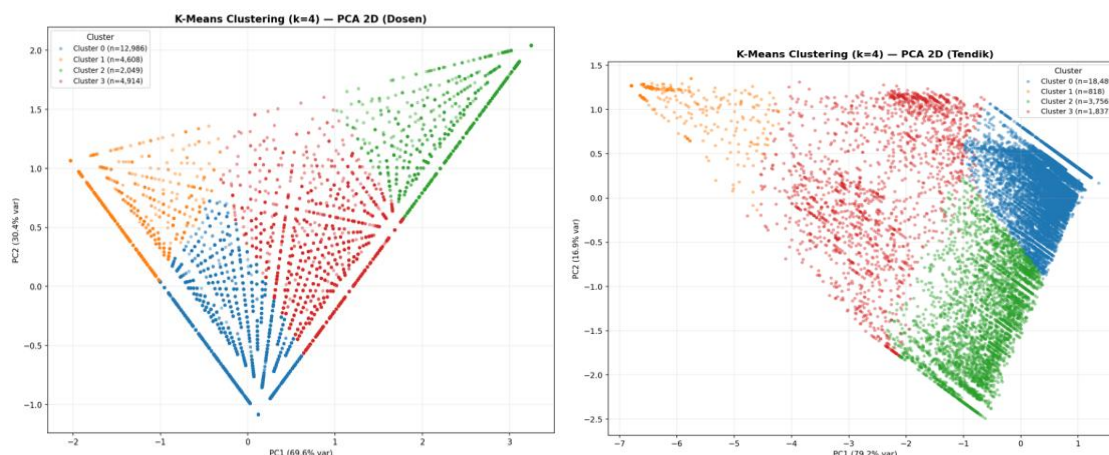
Hasil Segmentasi Perilaku Menggunakan K-Means

Model K-Means diterapkan secara terpisah pada populasi dosen dan tendik menggunakan fitur *behavioral scorecard* yang telah distandardisasi. Hasil segmentasi menghasilkan empat kelompok perilaku pada masing-masing populasi.

Tabel 5. Profil Cluster Berdasarkan Label HR.

Populasi	Cluster	Label HR	Proporsi
Dosen	C0	Ketepatan Waktu Rendah	52,88%
Dosen	C1	Risiko Alpha Tinggi	18,76%
Dosen	C2	Disiplin Tinggi	8,34%
Dosen	C3	Ketepatan Waktu Rendah	20,01%
Tendik	C0	Disiplin Tinggi	74,25%
Tendik	C1	Risiko Alpha Tinggi	3,29%
Tendik	C2	Ketepatan Waktu Rendah	15,08%
Tendik	C3	Pemenuhan Jam Kerja Kurang	7,38%

Hasil visualisasi PCA terhadap hasil clustering ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Visualisasi PCA Hasil Segmentasi K-Means pada Populasi Dosen dan Tendik.

Evaluasi Model Clustering

Evaluasi kualitas clustering dilakukan menggunakan Silhouette Score dan Davies-Bouldin Index.

Tabel 6. Evaluasi Kualitas Clustering K-Means.

Populasi	Silhouette Score	Davies-Bouldin Index
Dosen	0,519	0,653
Tendik	0,638	0,661

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model mampu membentuk kelompok perilaku dengan tingkat pemisahan yang dapat digunakan untuk proses interpretasi HR.

Hasil Deteksi Anomali Menggunakan DBSCAN

DBSCAN digunakan untuk mendeteksi observasi dengan pola perilaku yang berbeda dari mayoritas populasi. Parameter DBSCAN ditentukan berdasarkan karakteristik kepadatan masing-masing populasi.

Tabel 7. Hasil Deteksi Anomali DBSCAN.

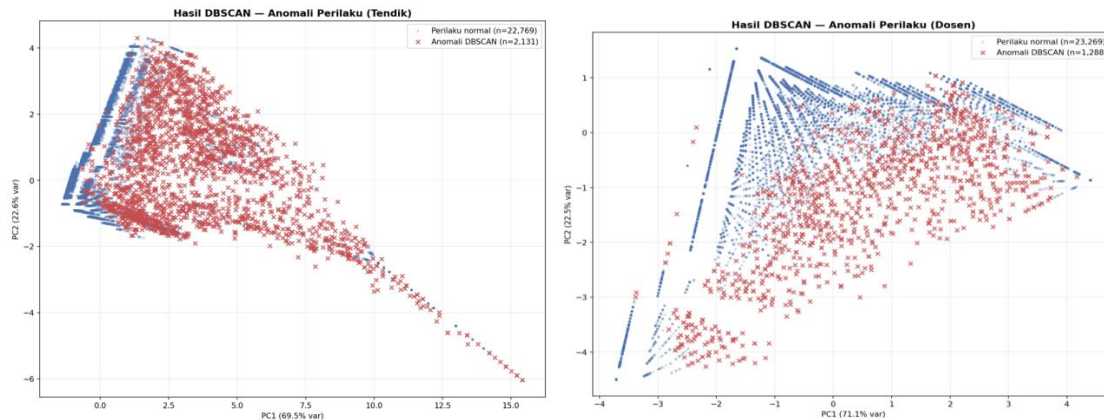
Populasi	eps	Jumlah Anomali	Persentase
Dosen	0,108	1.288	5,24%
Tendik	0,163	2.131	8,56%
Total	-	3.419	6,91%

Validasi terhadap indikator risiko menunjukkan bahwa sebagian besar observasi anomali memiliki kombinasi risiko perilaku

Tabel 8. Validasi Anomali DBSCAN Berdasarkan Indikator Risiko Perilaku.

Indikator	Dosen	Tendik
Risiko ganda (<i>behavioral_risk_count</i> $\geq$ 2)	83,5%	79,3%
Ketepatan waktu rendah	92,3%	-

Visualisasi hasil deteksi anomali DBSCAN ditampilkan pada Gambar 2.

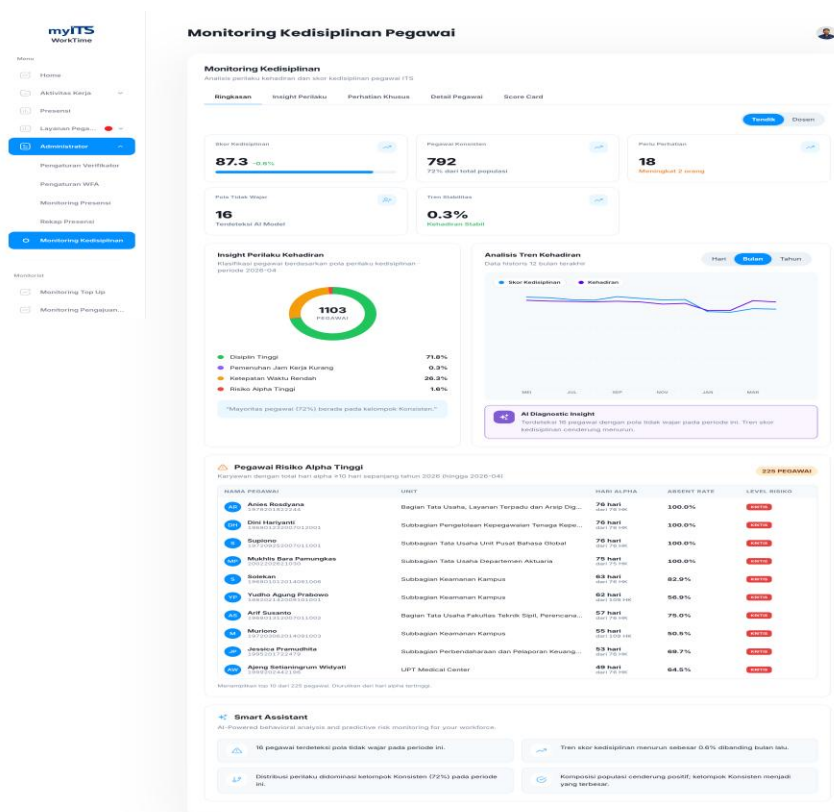


Gambar 2. Visualisasi Deteksi Anomali DBSCAN pada Populasi Dosen dan Tendik Eksperimen Perbandingan Model.

Eksperimen dilakukan untuk membandingkan metode utama dengan metode alternatif pada dataset dan konfigurasi fitur yang sama. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa K-Means menghasilkan nilai Silhouette Score lebih tinggi dibandingkan *Agglomerative Clustering* pada kedua populasi. Selain itu, DBSCAN dibandingkan dengan Isolation Forest untuk mendeteksi anomali. Pada populasi dosen, DBSCAN menghasilkan tingkat kesesuaian lebih tinggi terhadap indikator risiko HR.

Implementasi Dashboard Decision Support System (DSS)

Hasil model analitik kemudian diintegrasikan ke dalam prototipe DSS berbasis dashboard. Sistem menggabungkan keluaran *behavioral scorecard*, K-Means, dan DBSCAN untuk menghasilkan informasi yang dapat digunakan oleh fungsi HR. Dashboard menyediakan tiga informasi utama yaitu pertama, segmentasi perilaku berdasarkan kategori HR, kedua Deteksi periode anomali berdasarkan DBSCAN dan ketiga Audit scorecard individu dan unit kerja. 2.766 tinggi, 31.622 sedang, 15.069 rendah. Proporsi prioritas tinggi (5,6%) selaras tingkat anomali DBSCAN (~6,9%) karena logika prioritas diturunkan dari `is_behavioral_anomaly` dan `behavioral_risk_count` ≥ 2 . Selanjutnya Tampilan utama dashboard DSS ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Dashboard Decision Support System untuk Monitoring Kedisiplinan Pegawai.

Pembahasan

Identifikasi Pola Perilaku Kehadiran Pegawai Berbasis Behavioral Scorecard

Hasil segmentasi K-Means menunjukkan bahwa pola perilaku kehadiran pegawai memiliki karakteristik berbeda antara dosen dan tenaga kependidikan (tendik). Populasi dosen lebih banyak berada pada kelompok dengan permasalahan ketepatan waktu, sedangkan tendik didominasi oleh kelompok dengan karakteristik disiplin tinggi. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa perilaku kehadiran tidak dapat dinilai menggunakan satu indikator tunggal, tetapi perlu dianalisis berdasarkan karakteristik pekerjaan masing-masing populasi.

Temuan ini mendukung konsep *Human Resource Analytics* yang menekankan pemanfaatan data operasional untuk menemukan pola perilaku pegawai sebagai dasar pengambilan keputusan berbasis bukti (Marler & Boudreau, 2016). Pendekatan segmentasi berbasis data kehadiran juga menunjukkan bahwa pola kedisiplinan dapat dikelompokkan berdasarkan karakteristik perilaku tertentu sehingga organisasi dapat memahami variasi antarpegawai (Kristian et al., 2023). Implikasi dari temuan ini adalah pemantauan disiplin tidak cukup dilakukan melalui rekapitulasi pelanggaran secara agregat. Penggunaan *behavioral scorecard* memungkinkan organisasi memahami dimensi risiko dominan pada masing-masing kelompok sehingga intervensi dapat dilakukan secara lebih tepat.

Pemilihan Model Hybrid K-Means dan DBSCAN untuk Analisis Perilaku

Penelitian ini menggunakan kombinasi K-Means dan DBSCAN karena kedua metode memiliki fungsi analitik yang berbeda. K-Means digunakan untuk menemukan pola perilaku dominan, sedangkan DBSCAN digunakan untuk mendeteksi perubahan perilaku yang bersifat episodik. Pendekatan ini sesuai dengan kondisi penelitian yang belum memiliki label disiplin resmi sebagai dasar pembelajaran terawasi.

Penggunaan metode *unsupervised learning* menjadi pilihan yang relevan ketika organisasi belum memiliki data historis dengan label yang konsisten. Model prediktif berbasis *supervised learning* membutuhkan data target yang jelas untuk melakukan proses pembelajaran dan evaluasi (Lawrance et al., 2021). Oleh karena itu, pendekatan clustering dan deteksi anomali memberikan tahap awal untuk memahami struktur perilaku pegawai.

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa kombinasi K-Means dan DBSCAN mampu memberikan informasi yang saling melengkapi. K-Means menjelaskan karakteristik kelompok pegawai secara umum, sedangkan DBSCAN memberikan peringatan terhadap penyimpangan perilaku pada periode tertentu, sebagaimana pendekatan analitik perilaku berbasis deteksi pola dan abnormalitas (Zupančič & Panov, 2024).

Interpretasi Risiko dan Implikasi Segmentasi bagi Pengelolaan SDM

Hasil penelitian menunjukkan bahwa cluster tidak dapat dipandang sebagai peringkat disiplin absolut, tetapi sebagai representasi dimensi risiko yang berbeda. Pada dosen, pembeda utama antarcluster lebih berkaitan dengan ketepatan waktu dan pola absensi, sedangkan pada tendik lebih dipengaruhi oleh pemenuhan jam kerja dan risiko ketidakhadiran. Perbedaan karakteristik tersebut menunjukkan pentingnya menyesuaikan indikator analitik dengan konteks pekerjaan. Penggunaan indikator yang sama untuk seluruh kelompok pegawai dapat menghasilkan interpretasi yang kurang tepat karena setiap kelompok memiliki karakteristik aktivitas dan tanggung jawab yang berbeda (Armstrong & Taylor, 2020). Dengan demikian, hasil segmentasi dapat digunakan untuk menentukan pendekatan intervensi yang berbeda. Kelompok dengan risiko alpha tinggi dapat menjadi prioritas pemantauan, sedangkan kelompok dengan permasalahan ketepatan waktu atau pemenuhan jam kerja dapat diarahkan pada pembinaan dan evaluasi pola kerja.

Peran Dashboard DSS dalam Mendukung Keputusan HR

Implementasi dashboard DSS menunjukkan bahwa hasil analitik dapat diterjemahkan menjadi informasi yang lebih mudah digunakan oleh fungsi HR. Sistem mengintegrasikan *scorecard*, hasil clustering K-Means, deteksi anomali DBSCAN, dan tingkat prioritas tindak lanjut dalam satu platform pemantauan. Integrasi sistem peringatan dini melalui deteksi

anomali ini sangat krusial, sebab tindakan manajerial harus segera dilakukan apabila hasil monitoring menunjukkan adanya penyimpangan atau ketidaksesuaian antara kondisi yang diamati dengan rencana yang telah ditetapkan sebelumnya (Chayadi, 2025). Pemisahan antara halaman Insight Perilaku dan Perhatian Khusus mempertahankan perbedaan fungsi analitik. Segmentasi K-Means digunakan untuk memahami pola perilaku yang relatif stabil, sedangkan DBSCAN digunakan untuk menemukan kondisi tidak normal pada periode tertentu. Pendekatan ini mendukung penerapan *people analytics* yang tidak hanya berfokus pada pelaporan, tetapi juga menghasilkan dukungan keputusan (Marler & Boudreau, 2016). Dibandingkan pemantauan manual yang bersifat reaktif, dashboard memberikan kemampuan pemantauan berbasis data melalui penyajian profil perilaku, prioritas risiko, dan jejak audit skor. Namun, sistem masih memiliki keterbatasan karena pembaruan dilakukan secara batch dan belum melalui pengujian pengguna secara langsung.

Sintesis Temuan dan Kontribusi Penelitian

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa data presensi elektronik dapat dikembangkan menjadi sumber informasi strategis melalui pendekatan *Human Resource Analytics*. Kombinasi *behavioral scorecard*, K-Means, DBSCAN, dan DSS menghasilkan kerangka analitik yang mampu mengidentifikasi pola perilaku, mendeteksi penyimpangan, serta mendukung pengambilan keputusan HR berbasis bukti. Kontribusi utama penelitian terletak pada pendekatan dua lapis analitik, yaitu segmentasi perilaku dan deteksi anomali. Segmentasi memberikan gambaran pola umum pegawai, sedangkan deteksi anomali membantu organisasi mengenali perubahan perilaku yang memerlukan perhatian lebih lanjut. Meskipun demikian, hasil penelitian perlu dipahami sebagai alat bantu keputusan, bukan sistem penilaian disiplin otomatis. Interpretasi hasil tetap membutuhkan konteks organisasi, khususnya pada kelompok pekerjaan dengan karakteristik aktivitas yang berbeda seperti dosen dan tendik.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan kerangka *Human Resource Analytics* berbasis *unsupervised learning* untuk mendukung pengambilan keputusan sumber daya manusia melalui analisis pola kehadiran pegawai. Data presensi elektronik berhasil ditransformasikan menjadi *behavioral scorecard* bulanan yang memungkinkan identifikasi karakteristik perilaku pegawai secara lebih kontekstual dibandingkan pendekatan rekapitulasi kehadiran secara agregat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pola perilaku kehadiran memiliki karakteristik

berbeda antara dosen dan tenaga kependidikan, sehingga analisis perlu mempertimbangkan konteks pekerjaan masing-masing populasi.

Penerapan kombinasi K-Means dan DBSCAN menghasilkan pendekatan analitik yang saling melengkapi, yaitu K-Means untuk mengidentifikasi pola perilaku dominan dan DBSCAN untuk mendeteksi penyimpangan perilaku pada periode tertentu. Hasil analitik tersebut kemudian diterjemahkan menjadi kategori HR interpretatif dan diintegrasikan ke dalam prototipe *Decision Support System* berbasis dashboard. Pendekatan ini memungkinkan organisasi tidak hanya mengidentifikasi pegawai dengan risiko tertentu, tetapi juga memahami dimensi risiko yang mendasari serta menentukan bentuk tindak lanjut yang lebih proporsional.

Penelitian ini memberikan kontribusi pada pengembangan HR Analytics di lingkungan perguruan tinggi melalui integrasi empat lapisan analitik, yaitu *behavioral scorecard*, segmentasi perilaku, deteksi anomali, dan DSS. Namun demikian, hasil penelitian memiliki keterbatasan karena evaluasi dilakukan berdasarkan data historis presensi, pembaruan sistem masih menggunakan mekanisme batch periodik, dan validasi DBSCAN belum menggunakan label disiplin resmi dari HR. Oleh karena itu, hasil model perlu dipahami sebagai alat bantu keputusan berbasis data dan bukan sebagai pengganti evaluasi manajerial secara langsung.

Saran

Pengembangan selanjutnya dapat dilakukan dengan mengintegrasikan sumber data kepegawaian lain seperti kinerja, beban kerja, aktivitas akademik, atau indikator organisasi lainnya untuk memperoleh representasi perilaku pegawai yang lebih komprehensif. Selain itu, apabila organisasi telah memiliki data historis dengan label disiplin yang konsisten, penelitian lanjutan dapat mengembangkan pendekatan *supervised learning* untuk membangun model prediksi risiko yang lebih spesifik. Pada sisi implementasi, organisasi disarankan melakukan pengujian pengguna dan evaluasi operasional terhadap dashboard DSS untuk mengukur efektivitasnya dalam mendukung proses pengambilan keputusan HR. Pengembangan lebih lanjut juga dapat diarahkan pada sistem rekomendasi tindakan yang tidak hanya mendeteksi risiko, tetapi memberikan rekomendasi intervensi yang sesuai dengan karakteristik perilaku pegawai.

REFERENCES

- Armstrong, M., & Taylor, S. (2020). *Armstrong's Handbook of Human Resource Management Practice*. Kogan Page Publishers.
- Artika, D. A., Rumahorbo, D., Haikal, M., & Kiswanto, D. (2025). Implementasi Sistem Keamanan Website Dengan Analisis Log Dan Deteksi Aktivitas Anomali Menggunakan Isolation Forest. *JITET (Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro*

- Terapan), 13(3), 1868–1877.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.23960/jitet.v13i3S1.8133>
- Chayadi, Y. D. (2025). *Dasar-Dasar Manajemen (Teori, Praktik, dan Penerapan Dalam Organisasi)*. PT Penerbit Naga Pustaka.
- Creswell, J. W. (2019). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Method Approaches*. Sage Publications.
- Darma, S., Yusman, Y., & Hendrawan, J. (2024). Analisis Data Tingkat Kehadiran Pegawai dengan Menggunakan Clustering K-Means Pada Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Langkat. *Jurnal Minfo Polgan*, 13(1), 1105-1116.
<https://doi.org/https://doi.org/10.33395/jmp.v13i1.13958>
- Hakim, H. T., & Usino, W. (2024). Penerapan Algoritma Agglomerative Clustering Untuk Mengelompokkan Provinsi Di Indonesia Berdasarkan Indikator Pendidikan. *Bit (Fakultas Teknologi Informasi Universitas Budi Luhur)*, 21(2), 153–160.
<https://doi.org/10.36080/bit.v21i2.3602>
- Halim, A., Pratikto, H., & Sopia. (2021). An Analysis of Human Resource Competencies and the Implications for MSMe Performance. *Budapest International Research and Critics Institute-Journal (BIRCI-Journal)*, 4(4), 12453–12461.
<https://doi.org/https://doi.org/10.33258/birci.v4i4.3309>
- Heuvel, S. van den, & Bondarouk, T. (2017). The rise (and fall?) of HR analytics: A study into the future application, value, structure, and system support. *Journal of Organizational Effectiveness People and Performance*, 4(2), 157–178.
<https://doi.org/10.1108/JOEPP-03-2017-0022>
- Ikotun, A. M., Habyarimana, F., & Ezugwu, A. E. (2025). Cluster validity indices for automatic clustering: A comprehensive review. *Heliyon*, 11(2).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e41953>
- Jamaluddin, Alimuda, R. La, & Isgunandar. (2024). Analysis of Attendance System for Discipline Enforcement of Bappeda Fakfak Employees. *International Journal of Administration and Education (IJAE)*, 1(4), 175–184.
<https://doi.org/https://doi.org/10.70188/7c40ac17>
- Kristian, R., Defit, S., & Sumijan. (2023). Metode k-means clustering untuk mengukur tingkat kedisiplinan pegawai (studi kasus di pemerintah kabupaten padang pariaman). *Jurnal Computer Science and Information Technology (CoSciTech)*, 4(1), 116-125.
- Lan, D. T., & Yoon, S. (2023). Trajectory Clustering-Based Anomaly Detection in Indoor Human Movement. *Sensors*, 23(6), 3318;
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/s23063318>
- Lawrance, N., Petrides, G., & Guerry, M.-A. (2021). Predicting employee absenteeism for cost effective interventions. *Decision Support Systems*, 147(113539).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.dss.2021.113539>
- Lubis, N. (2023). Resource Based View (RBV) Dalam Meningkatkan Kapasitas Strategis Perusahaan. *Jurnal Ilmu Manajemen METHONOMIX*, 6(1), 14–26.
<https://doi.org/10.46880/mtx.Vol6No1.pp14-26>
- Marler, J. H., & Boudreau, J. W. (2016). An evidence-based review of HR Analytics. *The International Journal of Human Resource Management* November, 28(1), 1–124.
<https://doi.org/10.1080/09585192.2016.1244699>

- Matsatsinis, N., & Mallios, P. (2024). Decision support system applications (1980-2022). Classification and statistical analysis. *International Journal of Decision Support Systems*, 1(1). <https://doi.org/10.1504/IJDSS.2024.10061753>
- Muharsono. (2024). *Manajemen Sumber Daya Manusia Sektor Publik Suatu Pengantar* (1st ed.). PT.Media Penerbit Indonesia.
- Muktamar, A., & Nurmaningsih, A. (2024). The Integration of HR Analytics and Decision Making. *Management Studies and Business Journal (PRODUCTIVITY)*, 1(1), 182–189. <https://doi.org/10.62207/aj4nj061>
- Widyanty, W. (2023). *Strategi Manajemen Sumber Daya Manusia (Budaya Keselamatan Kerja, dan Produktivitas Pekerja Sebagai Keunggulan Bersaing Dalam Rangka Peningkatan Kinerja Perusahaan Konstruksi Di Indonesia)* (1st ed.). Pustaka Aksara.
- Yolandari, N. A., Butarbutar, L. E., Rajagukguk, G. C. H., M. Zulfi, F., Arnita, & Ramadhani, F. (2025). Analisis Perbandingan K-Means Dan DbSCAN Dalam Pengelompokan Data Travel Review Ratings Menggunakan Evaluasi Silhouette Index Dan Davies-Bouldin Index. *ITET (Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan)*, 13(3), 470–481. <https://doi.org/https://doi.org/10.23960/jitet.v13i3.6884>
- Zupančič, P., & Panov, P. (2024). Anomaly Detection in Time-series Employee Absence Data: A Case Study. Conference: 2024 47th MIPRO ICT and Electronics Convention (MIPRO). <https://doi.org/10.1109/MIPRO60963.2024.10569974>