

**PENGGUNAAN LOGISTIC REGRESSION DALAM MEMREDIKSI
EMPLOYEE ATTRITION UNTUK Mendukung STRATEGI
RETENSI KARYAWAN**

Jurnal



Disusun Oleh:

WAHYU BAGUS AFRIYANTO

212231910

**PROGRAM STUDI SARJANA MANAJEMEN
SEKOLAH TINGGI ILMU EKONOMI
YAYASAN KELUARGA PAHLAWAN NEGARA
YOGYAKARTA
JANUARI 2026**

TUGAS AKHIR

SKRIPSI

PENGGUNAAN LOGISTIC REGRESSION DALAM MEMPREDIKSI EMPLOYEE ATTRITION UNTUK MENDUKUNG STRATEGI RETENSI KARYAWAN

Dipersiapkan dan disusun oleh:

WAHYU BAGUS AFRIYANTO

Nomor Induk Mahasiswa: 212231910

telah dipresentasikan di depan Tim Penguji pada hari Rabu tanggal 7 Januari 2026 dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Manajemen (S.M.)



Pembimbing

Dr. Julianto Agung S., SE., S.Kom., M.Si., Ak., CA., CRP.

Penguji

Prof. Nikodemus Hans Setiadi Wijaya, M.Si., Ph.D

Yogyakarta, 6 Februari 2026
Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi YKPN Yogyakarta
Ketua



Dr. Wisnu Prajogo, M.B.A.

PLAGIASI MERUPAKAN TINDAKAN TIDAK TERPUJI

PREDIKSI EMPLOYEE ATTRITION UNTUK Mendukung Keputusan Retensi Strategis: Mengintegrasikan CRISP- DM dan Logistic Regression dalam Analitik Sumber Daya Manusia

ABSTRAK

Employee attrition merupakan permasalahan strategis yang berkelanjutan bagi organisasi karena berdampak langsung pada stabilitas operasional, efektivitas investasi modal manusia, serta kinerja organisasi dalam jangka panjang. Meskipun penelitian terdahulu telah banyak memanfaatkan teknik *machine learning* untuk memprediksi *employee attrition*, sebagian besar studi tersebut cenderung menitikberatkan pada peningkatan akurasi prediktif, dengan perhatian yang relatif terbatas terhadap aspek interpretabilitas manajerial dan integrasi analitik yang terstruktur ke dalam pengambilan keputusan manajemen sumber daya manusia. Penelitian ini bertujuan untuk menjawab kesenjangan tersebut dengan menerapkan *kerangka Cross-Industry Standard Process for Data Mining* (CRISP-DM) sebagai pendekatan sistematis dalam menyusun dan mengelola proyek prediksi *employee attrition* dalam konteks manajemen sumber daya manusia. Dengan menggunakan *Logistic Regression* sebagai model prediktif yang bersifat interpretatif, penelitian ini menganalisis dataset *IBM HR Analytics Employee Attrition and Performance* guna mengidentifikasi faktor-faktor demografis, karakteristik pekerjaan, kompensasi, serta aspek karier yang berpengaruh terhadap *employee attrition* sukarela. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan *Logistic Regression* yang terintegrasi dalam kerangka CRISP-DM menghasilkan proses analitik yang transparan, dapat direplikasi, dan relevan secara manajerial. Pendekatan ini memungkinkan praktisi sumber daya manusia untuk tidak hanya mengidentifikasi karyawan dengan risiko *attrition* yang lebih tinggi, tetapi juga memahami faktor-faktor kunci yang mendasari risiko tersebut, sehingga dapat diterjemahkan ke dalam strategi retensi yang lebih terarah dan berbasis data. Penelitian ini berkontribusi pada literatur analitik sumber daya manusia dan manajemen sumber daya manusia strategis dengan

PLAGIASI MERUPAKAN TINDAKAN TIDAK TERPUJI

menegaskan peran CRISP-DM sebagai kerangka kerja analitik SDM serta menekankan pentingnya interpretabilitas model dalam mendukung pengambilan keputusan retensi karyawan.

Kata kunci: *employee attrition*, analitik sumber daya manusia, CRISP-DM, *Logistic Regression*, retensi karyawan

1. PENDAHULUAN

1.1. Retensi Karyawan sebagai Isu Strategis

Dalam lingkungan bisnis yang kompetitif, kemampuan organisasi untuk menarik, mengembangkan, dan mempertahankan karyawan menjadi faktor penting bagi keberlanjutan kinerja. Karyawan merupakan aset strategis yang pengetahuan, keterampilan, dan komitmennya memengaruhi produktivitas, kualitas layanan, serta daya saing organisasi. Oleh karena itu, manajemen sumber daya manusia berperan penting dalam merancang praktik yang mampu meningkatkan keterlibatan, kepuasan, dan keterlekatan karyawan. Salah satu tantangan utama dalam konteks ini adalah **employee attrition**, yaitu berkurangnya jumlah karyawan akibat pengunduran diri, pensiun, kematian, atau penghapusan posisi. Penelitian ini berfokus pada **voluntary attrition**, karena bentuk perputaran ini berkaitan langsung dengan keputusan individu karyawan. Tingkat attrition yang tinggi dapat menimbulkan biaya rekrutmen dan pelatihan, hilangnya pengetahuan organisasi, serta gangguan terhadap stabilitas tenaga kerja.

1.2. Keterbatasan Pendekatan SDM Tradisional

Secara tradisional, organisasi memahami attrition melalui pendekatan reaktif seperti wawancara keluar, survei kepuasan karyawan, atau observasi manajerial. Meskipun memberikan wawasan retrospektif mengenai pengalaman karyawan, pendekatan ini terbatas dalam mengidentifikasi pola risiko attrition secara sistematis maupun memberikan sinyal peringatan dini. Akibatnya, intervensi organisasi sering dilakukan setelah karyawan meninggalkan organisasi. Perkembangan sistem informasi SDM dan ketersediaan data digital

PLAGIASI MERUPAKAN TINDAKAN TIDAK TERPUJI

membuka peluang bagi organisasi untuk mengadopsi pendekatan yang lebih proaktif melalui HR analytics, yang memungkinkan identifikasi risiko attrition berdasarkan pola dalam karakteristik demografis, pekerjaan, serta pengalaman kerja karyawan.

1.3. Kesenjangan Penelitian: Dari Akurasi Prediktif ke Integrasi Manajerial

Meskipun penelitian mengenai prediksi attrition semakin berkembang, sebagian besar studi berfokus pada peningkatan akurasi prediktif melalui perbandingan algoritma. Pendekatan ini sering mengabaikan interpretasi manajerial dan implementasi praktis dalam konteks SDM. Model machine learning yang kompleks dapat menghasilkan kinerja prediktif tinggi, tetapi sering beroperasi sebagai black box sehingga sulit bagi praktisi SDM memahami faktor-faktor yang mendorong attrition. Dalam konteks ini, Logistic Regression tetap relevan karena mampu menghasilkan hubungan yang transparan antara variabel prediktor dan probabilitas attrition, sehingga lebih mudah diinterpretasikan dalam pengambilan keputusan manajerial.

1.4. Kontribusi CRISP-DM terhadap Analitik SDM

Cross-Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM) menawarkan kerangka kerja terstruktur dan iteratif yang menyelaraskan kegiatan analitis dengan tujuan bisnis. Meskipun CRISP-DM telah banyak diterapkan dalam domain teknis dan komersial, penggunaannya yang eksplisit sebagai kerangka panduan untuk proyek analitik SDM, khususnya analisis *employee attrition*, masih kurang dieksplorasi dalam literatur SDM. Tidak adanya kerangka kerja terstruktur semacam itu, berkontribusi pada kesenjangan antara analitik teknis dan pengambilan keputusan SDM strategis.

1.5. Tujuan dan Kontribusi Penelitian

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis *employee attrition* dengan mengintegrasikan Logistic Regression ke dalam kerangka kerja CRISP-DM menggunakan dataset IBM HR Analytics Employee Attrition and Performance sebagai dataset benchmark. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi

PLAGIASI MERUPAKAN TINDAKAN TIDAK TERPUJI

attrition, mendemonstrasikan penerapan CRISP-DM dalam analitik SDM, serta menunjukkan bagaimana hasil analitik yang dapat diinterpretasikan dapat mendukung strategi retensi berbasis data. Dengan menekankan transparansi metodologis dan relevansi manajerial, studi ini memosisikan prediksi employee attrition sebagai alat pendukung keputusan dalam manajemen sumber daya manusia strategis.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Employee Attrition dari Perspektif Manajemen Sumber Daya Manusia

Employee attrition merupakan isu penting dalam manajemen sumber daya manusia karena berdampak pada kinerja organisasi, stabilitas tenaga kerja, serta pelestarian sumber daya manusia yang spesifik terhadap organisasi. Literatur awal memandang attrition sebagai fenomena perilaku dan psikologis yang berkaitan dengan kepuasan kerja, komitmen organisasi, dukungan organisasi yang dirasakan, serta niat keluar (*turnover intention*). Dalam perspektif ini, keputusan keluar dipahami sebagai hasil evaluasi kognitif dan emosional karyawan terhadap hubungan kerja mereka dengan organisasi. Penelitian menunjukkan bahwa keputusan tersebut dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti persepsi keadilan, peluang pengembangan karier, keseimbangan kehidupan kerja, dan kualitas lingkungan kerja. Wulandari [1] menemukan bahwa retensi karyawan lebih dipengaruhi oleh persepsi dukungan dan keadilan organisasi dibandingkan oleh kompensasi semata, sejalan dengan teori ekuitas Adams [2] yang menekankan evaluasi berkelanjutan antara kontribusi dan imbalan. Dari perspektif sistem SDM, penelitian mengenai *High-Performance Work Systems* (HPWS) menunjukkan bahwa praktik seperti pelatihan, manajemen kinerja, keterlibatan, dan pemberdayaan karyawan dapat menekan attrition dengan memperkuat komitmen organisasi [3]. Selain itu, fenomena attrition juga dapat dijelaskan melalui *Two-Factor Theory* Herzberg, yang membedakan faktor pekerjaan menjadi *hygiene factors* dan *motivator factors*. Faktor higiene seperti kondisi kerja dan kebijakan organisasi berfungsi mencegah ketidakpuasan, sedangkan faktor motivator

PLAGIASI MERUPAKAN TINDAKAN TIDAK TERPUJI

seperti pencapaian dan pengembangan meningkatkan kepuasan serta keterikatan kerja. Dengan demikian, employee attrition dipahami sebagai fenomena multidimensional yang dipengaruhi oleh interaksi karakteristik individu, desain pekerjaan, dan praktik organisasi. Meskipun literatur ini memberikan dasar teoretis yang kuat, sebagian besar penelitian masih bersifat retrospektif dan bergantung pada data persepsi, sehingga membatasi kemampuan pendekatan tradisional SDM dalam mendukung strategi retensi yang proaktif dan prediktif.

2.2. Kemunculan Analitik SDM Prediktif dalam Penelitian Attrition

Peningkatan ketersediaan data tenaga kerja digital serta kemajuan teknik analitik mendorong adopsi analitik prediktif dalam manajemen sumber daya manusia. Analitik SDM prediktif bertujuan mengantisipasi hasil tenaga kerja, termasuk attrition, dengan mengidentifikasi pola dalam data historis karyawan. Pergeseran ini mencerminkan transformasi menuju praktik SDM berbasis data, di mana keputusan manajerial semakin didukung oleh analisis kuantitatif. Berbagai penelitian memanfaatkan teknik machine learning untuk memprediksi attrition menggunakan dataset organisasi, termasuk dataset IBM HR Analytics Employee Attrition and Performance. Studi-studi tersebut menguji algoritma seperti Logistic Regression, Support Vector Machines (SVM), Random Forest, K-Nearest Neighbours (KNN), serta jaringan saraf tiruan [5][6]. Hasilnya menunjukkan bahwa model prediktif mampu mengidentifikasi karyawan dengan risiko attrition lebih tinggi, khususnya ketika tahap *data preprocessing* dan penanganan ketidakseimbangan kelas dilakukan dengan tepat. Penelitian selanjutnya mengembangkan pendekatan yang lebih kompleks melalui model ensemble dan deep learning. Nandal dkk. [7] melaporkan akurasi prediktif yang tinggi menggunakan model deep learning, sedangkan Raza dkk. [8] menunjukkan bahwa kombinasi metode ensemble berbasis pohon dengan teknik resampling seperti Synthetic Minority Over-sampling Technique (SMOTE) dapat meningkatkan kinerja klasifikasi secara signifikan. Temuan-temuan tersebut menegaskan kelayakan teknis machine learning dalam memprediksi employee attrition serta mencerminkan

PLAGIASI MERUPAKAN TINDAKAN TIDAK TERPUJI

meningkatnya kecanggihan metodologis dalam penelitian analitik SDM. Namun demikian, sebagian besar studi masih berfokus pada metrik kinerja algoritmik seperti akurasi, recall, dan F1-score, dengan perhatian yang relatif terbatas pada interpretasi manajerial dan integrasi hasil analisis dalam pengambilan keputusan SDM.

2.3. Keterbatasan Model Black-Box dalam Pengambilan Keputusan SDM

Meskipun model *machine learning* yang kompleks sering menghasilkan kinerja prediktif tinggi, penerapannya dalam konteks manajemen sumber daya manusia menghadapi tantangan terkait interpretabilitas. Banyak model tingkat lanjut beroperasi sebagai *black box*, sehingga mekanisme yang menghubungkan variabel input dengan hasil prediksi sulit dijelaskan. Kurangnya transparansi ini menjadi masalah dalam praktik SDM, di mana keputusan manajerial harus dapat dijelaskan dan dipertanggungjawabkan kepada berbagai pemangku kepentingan. Profesional SDM sering perlu menjelaskan dasar keputusan terkait intervensi retensi, penyesuaian kompensasi, atau redistribusi pekerjaan. Model yang hanya menghasilkan output numerik tanpa penjelasan yang memadai berpotensi menurunkan tingkat kepercayaan dan menghambat adopsi organisasi. Oleh karena itu, akurasi prediktif yang tinggi tidak secara otomatis menjamin nilai manajerial suatu model analitik. Dalam konteks ini, interpretabilitas menjadi prasyarat penting bagi penerapan analitik SDM. Logistic Regression tetap banyak digunakan karena kemampuannya menyediakan interpretasi langsung terhadap pengaruh masing-masing prediktor melalui odds ratio dan pengujian signifikansi statistik [9][10], sehingga memungkinkan manajer SDM memahami faktor-faktor yang meningkatkan atau menurunkan risiko attrition.

2.4. CRISP-DM sebagai Kerangka Kerja Terstruktur untuk Analitik SDM

Selain pemilihan algoritma, efektivitas analitik SDM juga bergantung pada kerangka proses yang menghubungkan permasalahan bisnis dengan solusi berbasis data. *Cross-Industry Standard Process for Data Mining* (CRISP-DM) menyediakan kerangka kerja sistematis yang

PLAGIASI MERUPAKAN TINDAKAN TIDAK TERPUJI

memandu proyek analitik melalui enam fase iteratif: *Business Understanding*, *Data Understanding*, *Data Preparation*, *Modeling*, *Evaluation*, dan *Deployment*. Kerangka ini banyak diadopsi dalam berbagai domain karena menekankan keselarasan antara aktivitas analitik dan tujuan bisnis. Namun, dalam penelitian mengenai *employee attrition*, penerapan CRISP-DM secara eksplisit masih relatif terbatas. Sebagian besar studi *attrition* secara implisit mengikuti elemen-elemen proses ini, tetapi jarang mengartikulasikannya sebagai kerangka metodologis yang terstruktur. Ketiadaan kerangka proses yang jelas berpotensi memperlebar kesenjangan antara analisis teknis dan kebutuhan pengambilan keputusan strategis dalam manajemen sumber daya manusia.

2.5. Kesenjangan Penelitian dan Posisi Studi ini

Secara keseluruhan, penelitian terdahulu mengenai *employee attrition* telah memberikan kontribusi teoretis yang penting serta membuktikan kelayakan teknis penerapan analitik prediktif. Namun, dua kesenjangan utama masih dapat diidentifikasi. Pertama, literatur analitik SDM prediktif cenderung mengutamakan akurasi prediktif dibandingkan interpretabilitas, sehingga membatasi nilai praktis temuan analitis bagi pengambil keputusan SDM. Kedua, masih terbatas penelitian yang secara eksplisit mengintegrasikan pemodelan prediktif ke dalam kerangka kerja analitik terstruktur yang menyelaraskan proses teknis dengan tujuan strategis manajemen SDM.

Studi ini mengisi kesenjangan tersebut dengan memosisikan prediksi *employee attrition* sebagai permasalahan analitik SDM strategis, bukan sekadar tugas klasifikasi teknis. Dengan mengintegrasikan *Logistic Regression* ke dalam kerangka kerja CRISP-DM, penelitian ini menekankan transparansi metodologis, interpretabilitas manajerial, dan keselarasan strategis. Dengan demikian, studi ini berkontribusi pada literatur manajemen sumber daya manusia dengan mendemonstrasikan bagaimana analitik prediktif dapat disusun secara sistematis dan diterjemahkan menjadi strategi retensi karyawan yang dapat ditindaklanjuti.

PLAGIASI MERUPAKAN TINDAKAN TIDAK TERPUJI

Tabel 1. Ringkasan Studi Employee Attrition Sebelumnya

Studi	Dataset	Metodologi	Fokus Utama	Keterbatasan
Alduayj & Rajpoot [5]	Dataset SDM IBM	Perbandingan <i>Machine Learning</i>	Akurasi prediktif	Interpretasi terbatas
Ozdemir dkk. [6]	Dataset SDM IBM	<i>Machine Learning & Ensemble</i>	Kinerja model	Keterkaitan SDM lemah
Nandal dkk. [7]	Dataset SDM IBM	<i>Deep Learning</i>	Akurasi tinggi	Model <i>black-box</i>
Raza dkk. [8]	Dataset SDM IBM	<i>Ensemble + SMOTE</i>	Peningkatan akurasi	Wawasan manajerial terbatas
Studi ini	Dataset SDM IBM	CRISP-DM + <i>Logistic Regression</i>	Interpretasi & Dukungan Keputusan	Fokus metodologis

3. KERANGKA DAN METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Desain Penelitian dan Orientasi Analitis

Studi ini menggunakan desain kuantitatif berbasis Human Resource Analytics untuk menganalisis employee attrition sebagai isu strategis dalam manajemen sumber daya manusia. Prediksi attrition tidak diposisikan semata sebagai tugas klasifikasi teknis, melainkan sebagai bagian dari pendekatan evidence-based HRM, di mana hasil analitis mendukung pertimbangan manajerial dalam pengambilan keputusan retensi. Oleh karena itu, pendekatan metodologis penelitian ini menekankan interpretabilitas, transparansi, dan relevansi manajerial, bukan hanya optimalisasi akurasi prediktif. Untuk memastikan proses analitik yang sistematis dan selaras dengan tujuan organisasi, penelitian ini menggunakan Cross-Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM) sebagai kerangka kerja metodologis utama.

3.2. CRISP-DM sebagai Kerangka Kerja Strategis untuk Analitik SDM

Cross Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM) merupakan kerangka kerja analitik yang sistematis dan iteratif yang memandu proyek data mining melalui enam fase utama: *Business Understanding*, *Data Understanding*, *Data Preparation*, *Modeling*, *Evaluation*, dan *Deployment*. Kerangka ini banyak digunakan dalam berbagai domain karena kemampuannya menyelaraskan proses analitik dengan tujuan bisnis. Dalam konteks penelitian ini, CRISP-DM digunakan untuk menerjemahkan permasalahan manajerial terkait employee attrition menjadi rangkaian aktivitas analitik yang terstruktur, sehingga menghasilkan keluaran yang tidak hanya akurat secara statistik tetapi juga relevan bagi pengambilan keputusan SDM.

PLAGIASI MERUPAKAN TINDAKAN TIDAK TERPUJI

3.3 Business Understanding

Pada tahap *Business Understanding*, employee attrition diposisikan sebagai risiko strategis yang berkaitan dengan biaya rekrutmen, kehilangan produktivitas, erosi pengetahuan organisasi, serta stabilitas tenaga kerja. Pendekatan SDM tradisional seperti exit interview umumnya bersifat reaktif dan memiliki keterbatasan dalam mendukung intervensi dini. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah membantu manajer SDM mengidentifikasi risiko attrition secara proaktif serta memahami faktor yang mendasarinya sebelum keputusan keluar terjadi. Tujuan tersebut diterjemahkan ke dalam tiga sasaran analitis: (1) mengidentifikasi faktor individu dan pekerjaan yang berasosiasi dengan attrition, (2) memperkirakan probabilitas attrition pada tingkat individu sebagai mekanisme early warning, dan (3) menghasilkan wawasan yang dapat diinterpretasikan untuk mendukung strategi retensi yang terarah.

3.4. Data Understanding: Kontekstualisasi Tenaga Kerja

Fase *Data Understanding* mencakup eksplorasi awal dataset untuk memahami karakteristik tenaga kerja dan kualitas data. Penelitian ini menggunakan IBM HR Analytics Employee Attrition and Performance dataset, yang terdiri dari 1.470 catatan karyawan dengan 35 variabel yang mencakup atribut demografis, karakteristik pekerjaan, kompensasi, pengalaman karier, dan lingkungan kerja. Variabel target, Attrition, merepresentasikan status keluar sukarela karyawan. Analisis eksploratori pada tahap ini berfokus pada pemeriksaan kualitas data, distribusi variabel, serta identifikasi pola awal yang berkaitan dengan attrition.

3.5. Data Preparation: Menjamin Interpretability dan Validitas Analitis

Data Preparation bertujuan memastikan validitas statistik dan interpretabilitas model. Variabel kategorikal seperti JobRole, MaritalStatus, dan OverTime dikodekan menggunakan one-hot encoding dengan pemilihan kategori referensi untuk memudahkan interpretasi koefisien. Variabel kontinu distandardisasi guna meningkatkan stabilitas estimasi dan memungkinkan perbandingan efek antar prediktor. Potensi multikolinearitas diuji menggunakan Variance

PLAGIASI MERUPAKAN TINDAKAN TIDAK TERPUJI

Inflation Factor (VIF), dan variabel dengan nilai VIF di atas ambang batas dieliminasi untuk memastikan estimasi koefisien yang stabil. Pada variabel yang tumpang tindih secara konseptual, seperti Department dan JobRole, pemilihan variabel dipandu oleh relevansi manajerial, sehingga JobRole dipertahankan sebagai representasi yang lebih informatif. Selain itu, ketidakseimbangan kelas pada variabel target ditangani melalui pembobotan kelas pada tahap pemodelan, sehingga observasi pada kelas minoritas memperoleh bobot yang proporsional selama estimasi model.

3.6. Modeling: Logistic Regression untuk Mendukung Keputusan SDM

Fase Modeling menerapkan Logistic Regression untuk memperkirakan probabilitas employee attrition. Metode ini dipilih karena kesesuaiannya untuk variabel dependen biner serta kemampuannya menghasilkan model yang mudah diinterpretasikan. Logistic Regression memungkinkan analisis pengaruh masing-masing prediktor melalui odds ratio, sehingga manajer SDM dapat memahami bagaimana karakteristik karyawan memengaruhi risiko attrition. Untuk mengatasi ketidakseimbangan kelas, model diestimasi menggunakan pembobotan kelas sehingga kasus attrition memperoleh perhatian yang proporsional tanpa menggunakan teknik resampling. Pendekatan ini mendukung transparansi dan akuntabilitas analitik dalam konteks pengambilan keputusan SDM.

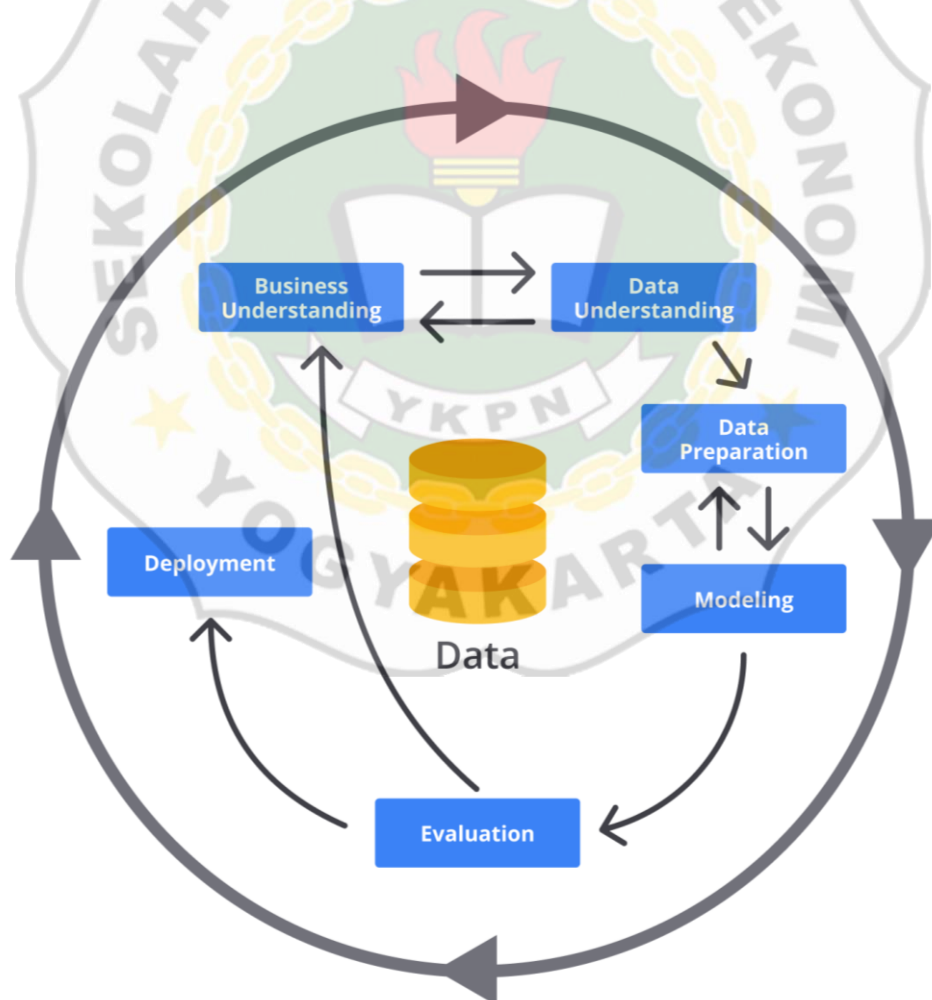
3.7. Evaluation: Menyeimbangkan Kinerja Prediktif dan Manfaat Manajerial

Fase *Evaluation* menilai kinerja model berdasarkan tujuan analitis dan manajerial yang telah ditetapkan. Kinerja model dievaluasi menggunakan metrik klasifikasi seperti accuracy, precision, recall, F1-score, dan ROC-AUC. Mengingat ketidakseimbangan kelas pada variabel target, metrik recall dan ROC-AUC mendapat perhatian khusus karena mencerminkan kemampuan model dalam mengidentifikasi karyawan yang berisiko keluar. Selain kinerja prediktif, evaluasi juga mencakup analisis odds ratio dan signifikansi statistik prediktor untuk memastikan bahwa hubungan yang diidentifikasi bersifat stabil dan relevan secara manajerial.

PLAGIASI MERUPAKAN TINDAKAN TIDAK TERPUJI

3.8. *Deployment*: Menerjemahkan Analitik ke dalam Dukungan Keputusan SDM

Fase *Deployment* berfokus pada penerjemahan hasil analisis ke dalam dukungan keputusan organisasi. Dalam penelitian ini, deployment dipahami sebagai penggunaan hasil model untuk mendukung pertimbangan manajerial, bukan otomatisasi keputusan. Output analitik diimplementasikan melalui dasbor interaktif yang memungkinkan manajer SDM memantau risiko attrition, mengidentifikasi faktor pendorong utama, serta mengeksplorasi segmen karyawan berisiko tinggi. Pendekatan ini memungkinkan organisasi memanfaatkan wawasan prediktif untuk merancang intervensi retensi yang lebih terarah, seperti penyesuaian beban kerja, pengembangan karier, atau program keterlibatan karyawan.



Gambar 3. 1 Kerangka Kerja CRISP-DM

PLAGIASI MERUPAKAN TINDAKAN TIDAK TERPUJI

4. HASIL

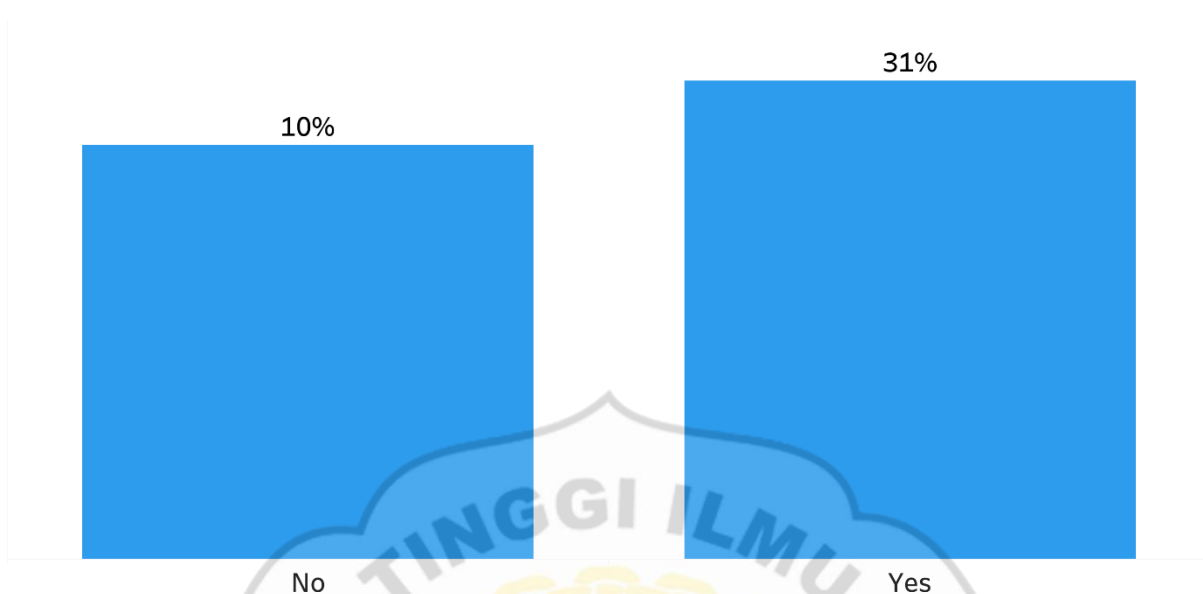
4.1. Statistik Deskriptif dan Distribusi Attrition

Statistik deskriptif digunakan untuk memberikan gambaran awal mengenai karakteristik tenaga kerja dan distribusi employee attrition dalam dataset. Dari total 1.470 observasi, proporsi karyawan yang mengalami attrition lebih kecil dibandingkan yang bertahan, sehingga mengonfirmasi adanya ketidakseimbangan kelas pada variabel target. Pola ini umum ditemukan dalam konteks organisasi, di mana perputaran karyawan biasanya terjadi pada sebagian kecil populasi tenaga kerja. Analisis eksploratori juga menunjukkan bahwa attrition tidak terdistribusi secara merata antar karakteristik karyawan, dengan variasi yang terlihat pada dimensi pekerjaan, intensitas lembur, pola perjalanan dinas, serta faktor karier. Temuan ini memberikan konteks awal mengenai heterogenitas risiko attrition, namun belum dapat diinterpretasikan sebagai hubungan kausal.

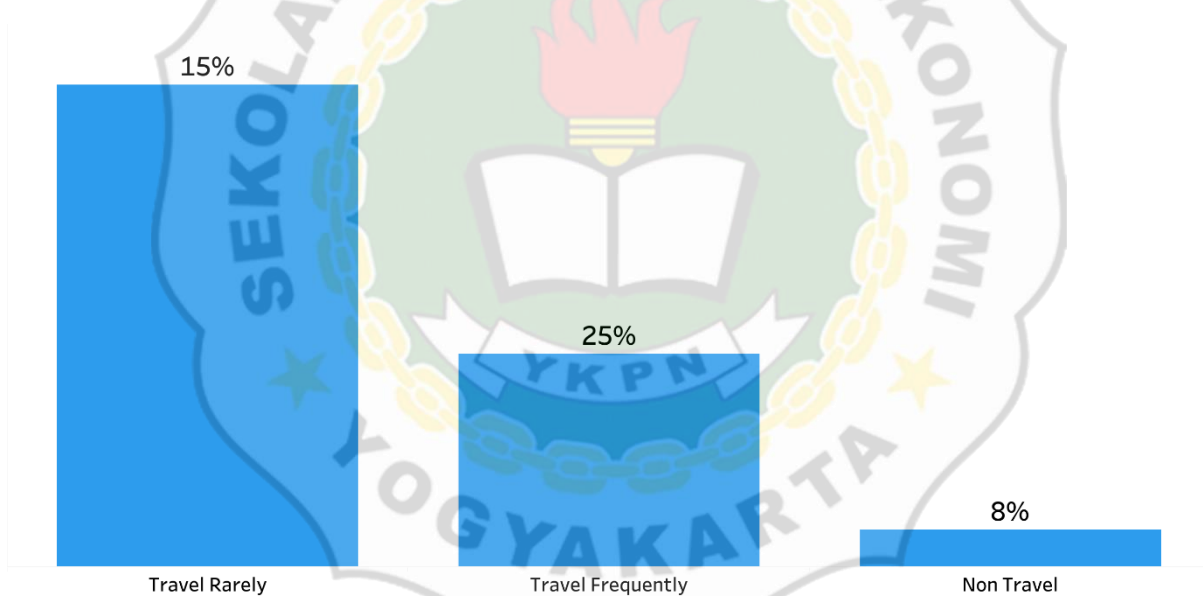


Gambar 4. 1 Distribusi Attrition di dalam Dataset

PLAGIASI MERUPAKAN TINDAKAN TIDAK TERPUJI

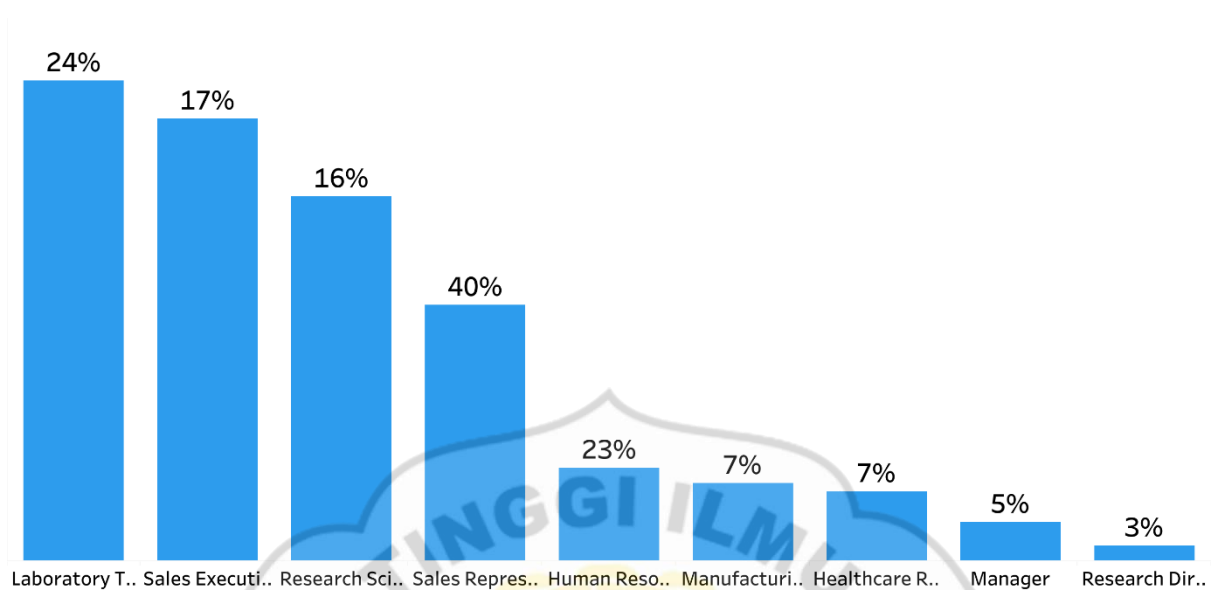


Gambar 4. 2 Distribusi Attrition terhadap Variabel OverTime



Gambar 4. 3 Distribusi Attrition terhadap Variabel BusinessTravel

PLAGIASI MERUPAKAN TINDAKAN TIDAK TERPUJI



Gambar 4. 4 Distribusi Attrition terhadap Variabel JobRole

4.2. Hasil Pemodelan Logistic Regression

Setelah tahap data preparation, model Logistic Regression dibangun untuk memprediksi probabilitas employee attrition. Variabel dependen bersifat biner, dengan nilai 1 menunjukkan karyawan keluar dan 0 menunjukkan karyawan bertahan. Variabel independen mencakup atribut demografis, karakteristik pekerjaan, indikator kompensasi, serta faktor karier. Pada variabel kategorikal, kategori referensi ditetapkan berdasarkan kelompok dengan proporsi terbesar untuk memudahkan interpretasi perbandingan antar kelompok. Mengingat distribusi kelas yang tidak seimbang, pemodelan dilakukan dengan pembobotan kelas sehingga observasi pada kelas minoritas memperoleh bobot yang proporsional. Hasil estimasi model, termasuk koefisien, odds ratio, standar error, nilai z, dan tingkat signifikansi, disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Hasil Logistic Regression untuk Employee Attrition

No	feature	coef	odds_ratio	std_error	z_score	p_value
1	<i>remainder__JobRole_Sales Representative</i>	1,63	5,11	0,18	9,30	0,00
2	<i>remainder__OverTime</i>	1,51	4,54	0,07	22,95	0,00
3	<i>remainder__BusinessTravel_Travel_Frequently</i>	1,38	3,98	0,12	11,85	0,00
4	<i>remainder__EducationField_Technical Degree</i>	1,24	3,47	0,11	11,24	0,00
5	<i>remainder__JobRole_Human Resources</i>	1,01	2,76	0,19	5,34	0,00
6	<i>remainder__JobRole_Laboratory Technician</i>	1,01	2,74	0,13	7,55	0,00
7	<i>remainder__MaritalStatus_Single</i>	0,81	2,26	0,11	7,47	0,00
8	<i>remainder__BusinessTravel_Travel_Rarely</i>	0,72	2,05	0,10	7,12	0,00
9	<i>remainder__JobRole_Sales Executive</i>	0,56	1,75	0,12	4,56	0,00

PLAGIASI MERUPAKAN TINDAKAN TIDAK TERPUJI

10	<i>standard_NumCompaniesWorked</i>	0,45	1,57	0,03	13,83	0,00
11	<i>remainder_EducationField_Marketing</i>	0,35	1,42	0,11	3,03	0,00
12	<i>standard_DistanceFromHome</i>	0,26	1,30	0,03	8,84	0,00
13	<i>remainder_EducationField_Medical</i>	0,22	1,25	0,07	3,23	0,00
14	<i>robust_YearsSinceLastPromotion</i>	0,20	1,23	0,02	8,82	0,00
15	<i>remainder_Gender</i>	0,20	1,22	0,06	3,32	0,00
16	<i>remainder_PerformanceRating</i>	0,17	1,18	0,07	2,34	0,02
17	<i>remainder_MaritalStatus_Married</i>	0,15	1,16	0,08	1,87	0,06
18	<i>remainder_EducationField_Other</i>	0,14	1,14	0,13	1,02	0,31
19	<i>remainder_JobRole_Manager</i>	0,09	1,09	0,21	0,42	0,67
20	<i>remainder_JobRole_Research Scientist</i>	0,07	1,08	0,13	0,57	0,57
21	<i>robust_YearsAtCompany</i>	-0,02	0,98	0,05	-0,40	0,69
22	<i>robust_MonthlyIncome</i>	-0,02	0,98	0,10	-0,21	0,83
23	<i>remainder_Education</i>	-0,03	0,97	0,03	-0,99	0,32
24	<i>remainder_RelationshipSatisfaction</i>	-0,11	0,90	0,03	-3,91	0,00
25	<i>standard_Age</i>	-0,12	0,89	0,04	-2,83	0,00
26	<i>standard_TrainingTimesLastYear</i>	-0,18	0,84	0,03	-6,01	0,00
27	<i>standard_StockOptionLevel</i>	-0,20	0,82	0,04	-4,87	0,00
28	<i>standard_PercentSalaryHike</i>	-0,22	0,80	0,04	-6,14	0,00
29	<i>remainder_JobRole_Manufacturing Director</i>	-0,28	0,76	0,14	-2,02	0,04
30	<i>remainder_WorkLifeBalance</i>	-0,35	0,70	0,04	-8,73	0,00
31	<i>remainder_JobSatisfaction</i>	-0,37	0,69	0,03	-13,98	0,00
32	<i>remainder_EnvironmentSatisfaction</i>	-0,38	0,68	0,03	-14,34	0,00
33	<i>remainder_JobInvolvement</i>	-0,43	0,65	0,04	-10,85	0,00
34	<i>robust_TotalWorkingYears</i>	-0,57	0,56	0,07	-7,79	0,00
35	<i>remainder_JobRole_Research Director</i>	-1,11	0,33	0,21	-5,30	0,00

4.3. Kinerja Model dan Akurasi Prediktif

Kinerja model dievaluasi menggunakan *accuracy*, *precision*, *recall*, *F1-score*, dan *Area Under the Receiver Operating Characteristic Curve* (ROC-AUC). Penggunaan berbagai metrik dimaksudkan untuk memberikan gambaran yang seimbang mengenai performa model, khususnya dalam konteks variabel target yang tidak seimbang.

Tabel 4. 2 Classification Report

<i>Classification Report</i>				
	<i>precision</i>	<i>recall</i>	<i>f1-score</i>	<i>support</i>
<i>Attrition</i>				
<i>0 (No)</i>	0.94	0.77	0.85	247
<i>1 (Yes)</i>	0.38	0.72	0.50	47
<i>accuracy</i>				
			0.77	294
<i>macro avg</i>				
	0.66	0.75	0.67	294

PLAGIASI MERUPAKAN TINDAKAN TIDAK TERPUJI

weighted avg

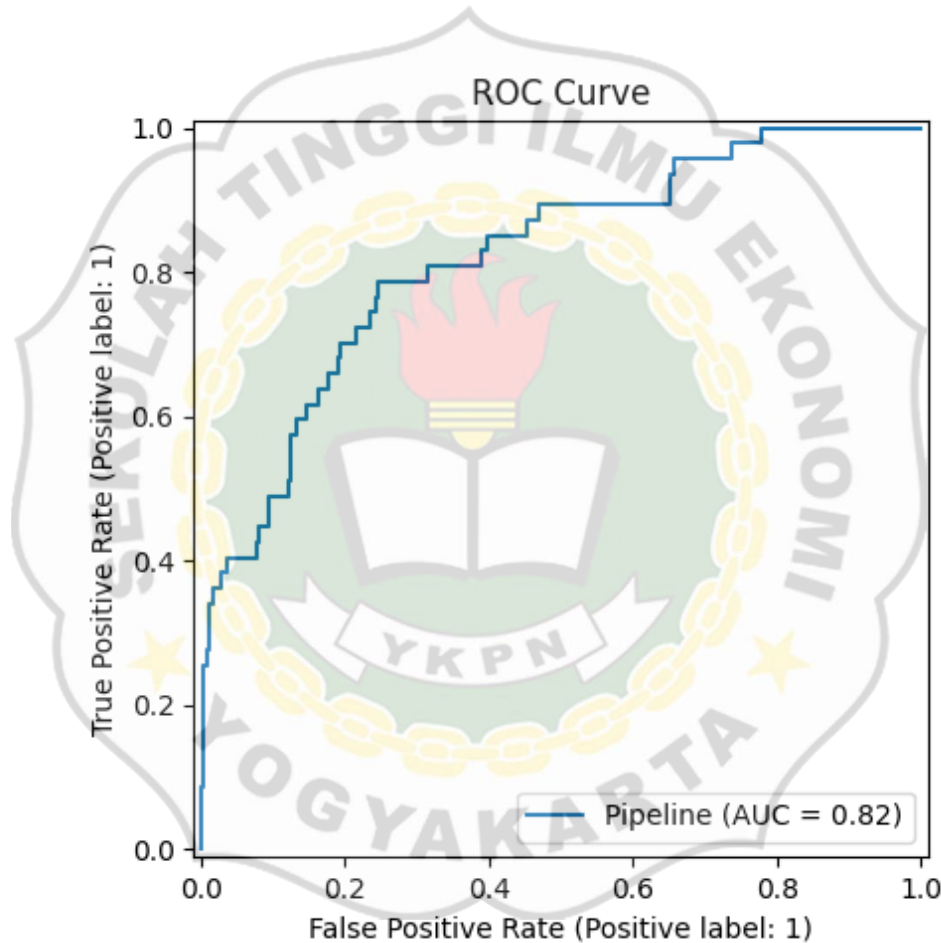
0.85

0.77

0.79

294

Model *Logistic Regression* menunjukkan kinerja prediktif yang memadai, dengan kemampuan yang baik dalam mengidentifikasi karyawan berisiko attrition tanpa meningkatkan kesalahan klasifikasi secara berlebihan. Nilai *recall* dan ROC-AUC mengindikasikan bahwa model mampu membedakan karyawan berisiko tinggi dan rendah secara konsisten.



Gambar 4. 5 Kurva ROC Model Logistic Regression

4.4. Prediktor yang Meningkatkan Probabilitas Attrition

Sejumlah variabel menunjukkan hubungan positif dan signifikan dengan employee attrition, yang tercermin dari odds ratio lebih besar dari satu. Prediktor dengan efek paling kuat berasal dari karakteristik pekerjaan dan intensitas kerja. Karyawan dengan peran Sales Representative memiliki kemungkinan attrition lebih dari lima kali lipat dibandingkan kategori referensi, sementara status OverTime meningkatkan probabilitas attrition lebih dari empat kali lipat.

PLAGIASI MERUPAKAN TINDAKAN TIDAK TERPUJI

Selain itu, karyawan yang sering melakukan BusinessTravel juga menunjukkan risiko attrition yang lebih tinggi.

Faktor personal dan latar belakang pendidikan turut berkontribusi terhadap peningkatan risiko, seperti status Single dan bidang pendidikan tertentu. Variabel terkait mobilitas dan dinamika karier, seperti NumCompaniesWorked, DistanceFromHome, serta YearsSinceLastPromotion, juga berasosiasi positif dengan attrition. Secara keseluruhan, temuan ini menunjukkan bahwa intensitas kerja, karakteristik peran, serta mobilitas karier merupakan determinan penting peningkatan risiko attrition.

Tabel 4. 3 Variabel Prediktor dengan Odds Ratio > 1

No	feature	coef	odds_ratio	std_error	z_score	p_value
1	<i>remainder__JobRole_Sales Representative</i>	1,63	5,11	0,18	9,30	0,00
2	<i>remainder__OverTime</i>	1,51	4,54	0,07	22,95	0,00
3	<i>remainder__BusinessTravel_Travel_Frequently</i>	1,38	3,98	0,12	11,85	0,00
4	<i>remainder__EducationField_Technical Degree</i>	1,24	3,47	0,11	11,24	0,00
5	<i>remainder__JobRole_Human Resources</i>	1,01	2,76	0,19	5,34	0,00
6	<i>remainder__JobRole_Laboratory Technician</i>	1,01	2,74	0,13	7,55	0,00
7	<i>remainder__MaritalStatus_Single</i>	0,81	2,26	0,11	7,47	0,00
8	<i>remainder__BusinessTravel_Travel_Rarely</i>	0,72	2,05	0,10	7,12	0,00
9	<i>remainder__JobRole_Sales Executive</i>	0,56	1,75	0,12	4,56	0,00
10	<i>standard__NumCompaniesWorked</i>	0,45	1,57	0,03	13,83	0,00
11	<i>remainder__EducationField_Marketing</i>	0,35	1,42	0,11	3,03	0,00
12	<i>standard__DistanceFromHome</i>	0,26	1,30	0,03	8,84	0,00
13	<i>remainder__EducationField_Medical</i>	0,22	1,25	0,07	3,23	0,00
14	<i>robust__YearsSinceLastPromotion</i>	0,20	1,23	0,02	8,82	0,00
15	<i>remainder__Gender</i>	0,20	1,22	0,06	3,32	0,00
16	<i>remainder__PerformanceRating</i>	0,17	1,18	0,07	2,34	0,02
17	<i>remainder__MaritalStatus_Married</i>	0,15	1,16	0,08	1,87	0,06
18	<i>remainder__EducationField_Other</i>	0,14	1,14	0,13	1,02	0,31
19	<i>remainder__JobRole_Manager</i>	0,09	1,09	0,21	0,42	0,67
20	<i>remainder__JobRole_Research Scientist</i>	0,07	1,08	0,13	0,57	0,57

PLAGIASI MERUPAKAN TINDAKAN TIDAK TERPUJI

4.5. Prediktor yang Menurunkan Probabilitas Attrition

Sejumlah variabel menunjukkan hubungan negatif dan signifikan secara statistik dengan *employee attrition*, yang tercermin dari *odds ratio* lebih kecil dari satu. Faktor sikap kerja dan pengalaman karyawan memiliki efek protektif yang kuat. *JobInvolvement*, *JobSatisfaction*, *EnvironmentSatisfaction*, dan *WorkLifeBalance* secara konsisten menurunkan probabilitas *attrition*. Selain itu, *TotalWorkingYears* menunjukkan hubungan negatif yang substansial, mengindikasikan bahwa pengalaman kerja yang lebih panjang berasosiasi dengan kecenderungan bertahan yang lebih tinggi.

Tabel 4. 4 Variabel Prediktor dengan odds ratio < 1

No	feature	coef	odds_ratio	std_error	z_score	p_value
35	<i>remainder__JobRole_Research Director</i>	-1,11	0,33	0,21	-5,30	0,00
34	<i>robust__TotalWorkingYears</i>	-0,57	0,56	0,07	-7,79	0,00
33	<i>remainder__JobInvolvement</i>	-0,43	0,65	0,04	-10,85	0,00
32	<i>remainder__EnvironmentSatisfaction</i>	-0,38	0,68	0,03	-14,34	0,00
31	<i>remainder__JobSatisfaction</i>	-0,37	0,69	0,03	-13,98	0,00
30	<i>remainder__WorkLifeBalance</i>	-0,35	0,70	0,04	-8,73	0,00
29	<i>remainder__JobRole_Manufacturing Director</i>	-0,28	0,76	0,14	-2,02	0,04
28	<i>standard__PercentSalaryHike</i>	-0,22	0,80	0,04	-6,14	0,00
27	<i>standard__StockOptionLevel</i>	-0,20	0,82	0,04	-4,87	0,00
26	<i>standard__TrainingTimesLastYear</i>	-0,18	0,84	0,03	-6,01	0,00
25	<i>standard__Age</i>	-0,12	0,89	0,04	-2,83	0,00
24	<i>remainder__RelationshipSatisfaction</i>	-0,11	0,90	0,03	-3,91	0,00
23	<i>remainder__Education</i>	-0,03	0,97	0,03	-0,99	0,32
21	<i>robust__YearsAtCompany</i>	-0,02	0,98	0,05	-0,40	0,69
22	<i>robust__MonthlyIncome</i>	-0,02	0,98	0,10	-0,21	0,83

Variabel kompensasi dan pengembangan juga berperan penting. *PercentSalaryHike*, *StockOptionLevel*, dan *TrainingTimesLastYear* berhubungan dengan penurunan risiko *attrition*. Dari sisi demografis, *Age* memiliki efek protektif moderat. Pada dimensi peran pekerjaan, karyawan dengan peran *Research Director* dan *Manufacturing Director* memiliki probabilitas *attrition* yang lebih rendah dibandingkan kategori referensi. Temuan ini menegaskan bahwa kualitas pengalaman kerja, keterlibatan, serta dukungan pengembangan karier merupakan faktor kunci dalam mempertahankan karyawan.

PLAGIASI MERUPAKAN TINDAKAN TIDAK TERPUJI

4.6. Ringkasan Hasil

Secara keseluruhan, model Logistic Regression mengidentifikasi determinan employee attrition yang berasal dari dimensi pekerjaan, intensitas kerja, karakteristik personal, kompensasi, serta pengalaman dan sikap kerja. Model menunjukkan kinerja prediktif yang memadai sekaligus mempertahankan interpretabilitas parameter, sehingga memungkinkan pemahaman yang jelas mengenai arah dan besaran pengaruh masing-masing prediktor. Dengan demikian, hasil analisis ini menyediakan dasar empiris yang kuat untuk pembahasan implikasi teoretis dan manajerial pada bagian diskusi.

5. DISKUSI

5.1. Employee Attrition dalam Perspektif Two-Factor Theory

Two-Factor Theory membedakan faktor pekerjaan menjadi hygiene factors, yang mencegah ketidakpuasan, dan motivator factors, yang meningkatkan kepuasan serta keterikatan kerja. Dalam konteks ini, employee attrition dapat dipahami sebagai konsekuensi dari ketidakcukupan faktor higiene dan lemahnya faktor motivator. Temuan penelitian menunjukkan bahwa variabel seperti OverTime, BusinessTravel, DistanceFromHome, dan WorkLifeBalance berkaitan dengan kondisi kerja dasar dan berasosiasi dengan peningkatan risiko attrition, sehingga dapat dikategorikan sebagai hygiene factors. Sebaliknya, variabel seperti JobInvolvement, JobSatisfaction, EnvironmentSatisfaction, serta indikator penghargaan dan pengembangan seperti TrainingTimesLastYear, PercentSalaryHike, dan StockOptionLevel merepresentasikan motivator factors yang menurunkan probabilitas attrition. Pola ini konsisten dengan proposisi utama Two-Factor Theory.

5.2. Faktor Hygiene dan Risiko Attrition

Prediktor seperti OverTime dan BusinessTravel menunjukkan hubungan kuat dengan peningkatan risiko attrition, yang mengindikasikan bahwa beban kerja tinggi dan mobilitas pekerjaan yang intens dapat menimbulkan ketidakpuasan yang mendorong keinginan keluar.

PLAGIASI MERUPAKAN TINDAKAN TIDAK TERPUJI

Variabel *DistanceFromHome* juga menunjukkan hubungan positif dengan *attrition*, menegaskan pentingnya faktor logistik dan keseimbangan kehidupan kerja. Temuan ini menegaskan bahwa kegagalan organisasi dalam menyediakan kondisi kerja yang memadai dapat meningkatkan tekanan kerja dan memperbesar kemungkinan karyawan meninggalkan organisasi. Dari perspektif manajerial, hasil ini menekankan pentingnya pengelolaan beban kerja, fleksibilitas kerja, dan kebijakan perjalanan dinas yang lebih selektif.

5.3. Faktor Motivator sebagai Penyangga Attrition

Prediktor seperti *JobInvolvement*, *JobSatisfaction*, dan *EnvironmentSatisfaction* menunjukkan efek protektif yang kuat terhadap *attrition*, menandakan bahwa pengalaman kerja yang positif dan keterlibatan yang tinggi dapat memperkuat kecenderungan karyawan untuk bertahan. Selain itu, indikator penghargaan dan pengembangan seperti *TrainingTimesLastYear*, *PercentSalaryHike*, dan *StockOptionLevel* juga berasosiasi dengan penurunan risiko *attrition*. Temuan ini menunjukkan bahwa kesempatan pengembangan kompetensi dan sistem penghargaan yang jelas berfungsi sebagai sinyal pengakuan organisasi terhadap kontribusi karyawan, yang pada akhirnya memperkuat keterikatan kerja.

5.4. Heterogenitas Risiko Berdasarkan Peran dan Karier

Risiko *attrition* juga berbeda antar peran pekerjaan. Posisi seperti *Sales Representative*, *Sales Executive*, dan *Human Resources* menunjukkan probabilitas *attrition* yang lebih tinggi, sedangkan posisi seperti *Research Director* dan *Manufacturing Director* menunjukkan probabilitas yang lebih rendah. Selain itu, *YearsSinceLastPromotion* dan *NumCompaniesWorked* berasosiasi positif dengan *attrition*, sedangkan *TotalWorkingYears* berasosiasi negatif. Pola ini menunjukkan bahwa stagnasi karier dan riwayat mobilitas tinggi berkaitan dengan peningkatan risiko *attrition*, sementara pengalaman kerja yang lebih panjang mencerminkan stabilitas dan keterlekatan yang lebih kuat terhadap organisasi. Temuan ini menekankan pentingnya strategi pengelolaan karier yang berbeda antar segmen karyawan.

PLAGIASI MERUPAKAN TINDAKAN TIDAK TERPUJI

5.5. Implikasi Manajerial dan Kontribusi Metodologis

Temuan penelitian menunjukkan bahwa strategi retensi yang efektif perlu mengombinasikan intervensi pada hygiene factors dan motivator factors. Pendekatan yang hanya berfokus pada kompensasi atau hanya pada keterlibatan karyawan kemungkinan tidak cukup untuk menekan attrition secara berkelanjutan. Dari sisi metodologis, integrasi Logistic Regression dalam kerangka CRISP-DM menunjukkan bahwa analitik prediktif dapat disusun secara sistematis sebagai alat pendukung keputusan SDM. Pendekatan ini menghasilkan model yang tidak hanya memiliki kinerja prediktif memadai, tetapi juga dapat dijelaskan dan digunakan sebagai dasar perumusan kebijakan retensi berbasis data.

6. KESIMPULAN, IMPLIKASI, DAN KETERBATASAN

6.1. Kesimpulan

Penelitian ini memosisikan prediksi employee attrition sebagai permasalahan analitik dalam manajemen sumber daya manusia strategis. Dengan mengintegrasikan Logistic Regression dalam kerangka CRISP-DM, studi ini menunjukkan bahwa analitik prediktif dapat menghasilkan wawasan yang dapat diinterpretasikan dan relevan bagi pengambilan keputusan SDM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa attrition dipengaruhi oleh kombinasi faktor kondisi kerja, karakteristik pekerjaan, pengalaman karier, serta pengalaman psikologis karyawan. Variabel seperti OverTime, BusinessTravel, dan DistanceFromHome meningkatkan risiko attrition, sedangkan JobSatisfaction, EnvironmentSatisfaction, JobInvolvement, WorkLifeBalance, serta TotalWorkingYears menurunkan probabilitas attrition. Temuan ini konsisten dengan Two-Factor Theory, yang menekankan peran faktor hygiene dalam mencegah ketidakpuasan dan faktor motivator dalam memperkuat keterikatan kerja.

6.2. Implikasi Teoretis dan Implikasi Praktis

Penelitian ini memberikan kontribusi dalam tiga aspek utama. Pertama, studi ini memperluas penerapan Two-Factor Theory dalam konteks analitik prediktif dengan menunjukkan bagaimana konstruk teoretis dapat dioperasionalisasikan melalui model statistik yang dapat

PLAGIASI MERUPAKAN TINDAKAN TIDAK TERPUJI

diinterpretasikan. Kedua, penelitian ini menegaskan pentingnya interpretabilitas dalam analitik SDM ketika tujuan analisis adalah mendukung keputusan strategis. Ketiga, penggunaan CRISP-DM menunjukkan bagaimana proyek analitik dapat disusun secara sistematis dan selaras dengan kebutuhan manajerial. Bagi praktisi SDM, temuan ini menunjukkan bahwa strategi retensi perlu menggabungkan pengelolaan kondisi kerja dasar dan penguatan faktor motivasional melalui peningkatan kualitas lingkungan kerja, keterlibatan karyawan, pengembangan kompetensi, dan sistem penghargaan yang adil.

6.3. Keterbatasan dan Agenda Penelitian Selanjutnya

Penelitian ini menggunakan dataset sekunder IBM HR Analytics sebagai dataset acuan, sehingga temuan tidak dimaksudkan untuk digeneralisasi langsung ke konteks organisasi tertentu. Selain itu, pemodelan yang digunakan bersifat cross-sectional, sehingga belum menangkap dinamika attrition secara longitudinal. Penelitian selanjutnya dapat memperluas pendekatan ini dengan menggunakan data organisasi nyata, menambahkan variabel kontekstual tambahan, serta membandingkan Logistic Regression dengan metode machine learning lainnya dalam kerangka CRISP-DM.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wulandari, S. (2020). Dukungan Organisasi dan Retensi Karyawan. *Jurnal Manajemen SDM*, 15(2), 45-60.
- [2] Adams, J.S. (1965). Inequity in Social Exchange. *Advances in Experimental Social Psychology*, 2, 267-299.
- [3] Huselid, M.A. (1995). The Impact of Human Resource Management Practices on Turnover, Productivity, and Corporate Financial Performance. *Academy of Management Journal*, 38(3), 635-672.

PLAGIASI MERUPAKAN TINDAKAN TIDAK TERPUJI

[5] Alduayj, S.S., & Rajpoot, K. (2018). Predicting Employee Attrition using Machine Learning. Proceedings of the International Conference on Innovations in Information Technology.

[6] Ozdemir, S., et al. (2021). A Comparative Study of Machine Learning Algorithms for Employee Attrition Prediction. Journal of HR Analytics, 7(1), 22-35.

[7] Nandal, N., et al. (2022). Deep Learning Approaches for Employee Attrition Prediction. International Journal of Data Science, 9(2), 123-140.

[8] Raza, A., et al. (2023). Ensemble Methods with Resampling for Imbalanced Employee Attrition Data. Data Mining and Knowledge Discovery, 37(1), 89-112.

[9] James, G., et al. (2021). An Introduction to Statistical Learning. Springer.

[10] Shmueli, G., et al. (2020). Data Mining for Business Analytics. Wiley.

