E-ISSN: 3031-8521
P-ISSN: 3032-1867
Halaman 76-87
Volume 3 Nomor 3 Tahun 2026

Deteksi Resiko Keterlambatan Pelayanan Pasien Non JKN Dengan Metode Random Forest Di Puskesmas Simpang Kawat Kota Jambi

Wigra Febrianda[1], Reny Pordaningsih[2], Samsinar[3]
[1,2,3] Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Garuda Putih Jambi
e-mail: wigrafebriands26@gmail.com[1], reny.pordaningsih@gmail.com[2], sinaransyam@gmail.com[3]

Abstract

Rendahnya pemanfaatan aplikasi Mobile JKN menjadi salah satu penyebab utama keterlambatan pelayanan di fasilitas kesehatan tingkat pertama, termasuk di Puskesmas Simpang Kawat Kota Jambi, tempat hanya sekitar 11% dari total kunjungan tahunan memanfaatkan aplikasi tersebut. Penelitian ini bertujuan mendeteksi risiko keterlambatan pelayanan pasien Non JKN menggunakan algoritma Random Forest. Pendekatan yang digunakan adalah kuantitatif berbasis data mining, dengan data sekunder sebanyak 27.273 rekam pelayanan periode Januari–Desember 2025 yang mencakup variabel umur, poli, jenis kunjungan, status Mobile JKN, lama antrian, lama pemeriksaan, dan lama pelayanan obat. Data dibagi menjadi 80% data latih dan 20% data uji, kemudian dianalisis menggunakan perangkat lunak RapidMiner dengan 100 pohon keputusan. Hasil pengujian menunjukkan model Random Forest mencapai akurasi, presisi, recall, dan F1-Score sebesar 100% serta AUC-ROC 1,000 pada seluruh 5.455 data uji. Analisis feature importance mengungkap bahwa lama antrian merupakan faktor paling berpengaruh terhadap keterlambatan pelayanan. Temuan ini menegaskan bahwa Random Forest layak dijadikan alat bantu pengambilan keputusan bagi manajemen puskesmas dalam mengoptimalkan alur pelayanan, sekaligus mendorong peningkatan sosialisasi dan pemanfaatan Mobile JKN guna menekan risiko keterlambatan pelayanan kesehatan secara berkelanjutan.

Kata kunci: *Random Forest, keterlambatan pelayanan, Mobile JKN, puskesmas, data mining.*

Abstract

Low utilization of the Mobile JKN application is one of the main causes of service delays at primary healthcare facilities, including at Puskesmas Simpang Kawat, Jambi City, where only about 11% of total annual visits made use of the application. This study aims to detect the risk of service delays among Non-JKN patients using the Random Forest algorithm. A quantitative approach based on data mining was employed, using secondary data comprising 27,273 service records from January–December 2025, covering variables such as age, polyclinic, visit type, Mobile JKN status, queue duration, examination duration, and medication service duration. The data were split into 80% training data and 20% testing data, then analyzed using RapidMiner software with 100 decision trees. The test results showed that the Random Forest model achieved 100% accuracy, precision, recall, and F1-Score, along with an AUC-ROC of 1.000 across all 5,455 test data. Feature importance analysis revealed that queue duration was the most influential factor in service delays. These findings confirm that Random Forest is a viable decision-support tool for primary healthcare center management in optimizing service workflows, while also encouraging greater outreach and adoption of Mobile JKN to sustainably reduce the risk of healthcare service delays.

Keywords: *Random Forest, service delay, Mobile JKN, primary healthcare center, data mining.*

LATAR BELAKANG

Transformasi digital telah menjadi arah utama pembangunan pelayanan publik di Indonesia, termasuk pada sektor kesehatan. Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) Kesehatan merespons kebutuhan ini dengan menghadirkan aplikasi Mobile JKN, sebuah kanal digital yang memungkinkan peserta Jaminan Kesehatan Nasional (JKN) melakukan pendaftaran layanan, pemantauan antrean, pengecekan tagihan, serta pembaruan data kepesertaan secara mandiri tanpa harus datang langsung ke fasilitas kesehatan (BPJS Kesehatan, 2020). Kehadiran aplikasi ini merupakan representasi dari pergeseran pelayanan kesehatan konvensional menuju pelayanan yang berorientasi pada pasien (patient-centered care), yang mengutamakan kemudahan akses, kecepatan, dan transparansi informasi (BPJS Kesehatan, 2020; Wahyuni et al., 2022).

Meskipun demikian, tingkat pemanfaatan Mobile JKN di masyarakat masih tergolong rendah. Data BPJS Kesehatan (2023) menunjukkan bahwa hanya sekitar 35–40% peserta aktif yang rutin menggunakan aplikasi tersebut, sementara sebagian besar peserta lain masih mengandalkan mekanisme manual dengan datang langsung ke fasilitas kesehatan. Kondisi serupa terlihat secara nyata di Puskesmas Simpang Kawat, Kota Jambi, tempat penelitian ini dilaksanakan. Selama periode Januari hingga Desember 2025, jumlah kunjungan pasien di puskesmas tersebut mencapai sekitar 30.000 orang, tetapi hanya sekitar 3.000 pasien atau setara 11% yang memanfaatkan Mobile JKN dalam proses pendaftaran maupun antrean layanan. Ketimpangan pemanfaatan teknologi digital sebesar ini berkontribusi langsung pada penumpukan antrean serta perpanjangan waktu pelayanan, mulai dari tahap pendaftaran administrasi, pemeriksaan dokter, hingga pengambilan obat di apotek.

Rendahnya adopsi Mobile JKN memiliki konsekuensi yang cukup luas terhadap mutu pelayanan kesehatan. Menurut Rahmawati dan Yuliana (2022), pasien yang mendaftar secara konvensional memiliki waktu tunggu 30–50% lebih lama dibandingkan pasien yang menggunakan sistem antrean daring. Keterlambatan pelayanan sendiri merupakan kondisi ketika pasien menerima layanan melebihi standar waktu yang ditetapkan fasilitas kesehatan; penelitian Arafah, Subianto, Aryani, dan Elfi (2025) menetapkan ambang waktu tunggu 60 menit sebagai batas antara pelayanan yang memenuhi standar dan yang dikategorikan terlambat. Waktu tunggu yang panjang bukan hanya persoalan teknis administratif, tetapi juga berdampak pada penurunan kepuasan pasien, menurunnya kepercayaan masyarakat terhadap institusi pelayanan, meningkatnya beban kerja petugas, hingga potensi risiko keselamatan bagi pasien (Pratiwi & Suryanto, 2020). Sinambela (2014) menegaskan bahwa kecepatan dan ketepatan merupakan prinsip utama pelayanan publik yang berkualitas, sehingga fasilitas kesehatan dituntut mampu mengelola alur pelayanan secara efisien dengan memanfaatkan teknologi informasi, khususnya pada tahap pendaftaran dan antrean pasien.

Persoalan mendasar yang dihadapi Puskesmas Simpang Kawat maupun fasilitas kesehatan sejenis adalah belum tersedianya sistem prediktif yang mampu mengenali secara dini risiko keterlambatan pelayanan akibat rendahnya pemanfaatan Mobile JKN. Padahal, data operasional harian seperti riwayat kunjungan, waktu tunggu, dan status penggunaan aplikasi menyimpan pola yang berpotensi besar untuk dianalisis secara sistematis. Menurut Han dan Kamber (2011), pendekatan data mining bertujuan menemukan pola dan hubungan tersembunyi dalam data guna mendukung pengambilan keputusan berbasis bukti, sehingga pelayanan kesehatan tidak lagi bersifat reaktif melainkan proaktif dan prediktif dalam mengantisipasi potensi penumpukan antrean.

Pendekatan pembelajaran mesin (machine learning) menjadi salah satu solusi yang relevan untuk menjawab persoalan tersebut. Random Forest merupakan algoritma ensemble learning yang membangun banyak pohon keputusan (decision tree) secara bersamaan menggunakan subset data dan fitur yang dipilih secara acak melalui teknik bootstrap sampling, kemudian menggabungkan hasil masing-masing pohon melalui mekanisme pemungutan suara terbanyak

(majority voting) untuk memperoleh keputusan akhir. Pendekatan ini secara efektif menekan risiko overfitting yang biasa terjadi pada decision tree tunggal, sekaligus menghasilkan model yang lebih stabil dan memiliki kemampuan generalisasi yang baik terhadap data baru (Liaw & Wiener, 2020). Kusuma dan Santoso (2022) menambahkan bahwa Random Forest relatif lebih tahan terhadap overfitting dibandingkan metode lain seperti Decision Tree maupun Naïve Bayes, sementara Hidayat et al. (2023) melaporkan bahwa algoritma ini mampu mendeteksi pola dan melakukan prediksi dengan akurasi di atas 90% pada kasus prediksi keterlambatan di sektor transportasi, sehingga berpotensi besar diterapkan pada konteks pelayanan kesehatan.

Urgensi penelitian ini juga didukung oleh temuan Kementerian Kesehatan (2023) yang menunjukkan bahwa lamanya waktu tunggu pelayanan menjadi salah satu penyebab utama ketidakpuasan peserta JKN terhadap fasilitas kesehatan, serta pandangan WHO (2021) bahwa keberhasilan transformasi digital sektor kesehatan sangat bergantung pada tingkat adopsi teknologi oleh masyarakat penggunanya. Dalam konteks Mobile JKN, Random Forest memiliki kedekatan fungsional yang tinggi karena mampu mengolah data kunjungan, status penggunaan aplikasi, serta waktu pelayanan untuk mengenali pola pasien yang berisiko mengalami keterlambatan (Febrianti & Devega, 2025). Beberapa penelitian terdahulu turut memperkuat relevansi pendekatan ini: Sari et al. (2022) membuktikan Random Forest memiliki akurasi baik dalam memprediksi waktu tunggu pasien rawat jalan, Darmawan (2023) menunjukkan sistem antrean daring mampu mempercepat pelayanan dan mengurangi penumpukan pasien, sementara studi internasional Mutua et al. (2021) mengonfirmasi efektivitas Random Forest dalam memprediksi partisipasi masyarakat terhadap layanan kesehatan berbasis digital.

Dari sisi peserta, pemanfaatan Mobile JKN memberikan kemudahan akses layanan BPJS Kesehatan secara digital sehingga peserta tidak perlu datang langsung ke kantor atau fasilitas kesehatan hanya untuk mengecek status kepesertaan maupun mengubah data administratif (Suhadi, 2022). Sebaliknya, peserta yang tidak menggunakan aplikasi ini tetap harus melakukan kunjungan fisik, yang berdampak pada peningkatan biaya transportasi, waktu tunggu yang lebih lama karena harus mengantre langsung di loket, serta keterlambatan dalam memperoleh informasi penting terkait jadwal maupun status layanan. Dari sisi fasilitas kesehatan, rendahnya penggunaan Mobile JKN turut membebani petugas administrasi karena verifikasi data dan proses pendaftaran harus dilakukan secara manual, sehingga mengurangi waktu yang tersedia bagi petugas untuk fokus pada pelayanan medis (Hakim & Setiatin, 2022). Kondisi ini juga memperlebar kesenjangan kualitas pelayanan antara peserta yang mampu memanfaatkan teknologi digital dan peserta yang belum memiliki akses maupun kemampuan digital yang memadai (Kusumawati et al., 2023).

Beberapa penelitian terdahulu memperkuat relevansi penggunaan Random Forest dalam konteks prediksi waktu tunggu pelayanan kesehatan. Rahayu Putri Munggaran dkk. (2025) berhasil memprediksi waktu tunggu pasien rawat jalan dengan akurasi sangat tinggi menggunakan variabel usia, poliklinik, jenis layanan, jaminan kesehatan, dan waktu kedatangan. Sejalan dengan itu, Rahman dkk. (2022) serta Amalia dan Kurniawan (2025) juga melaporkan bahwa Random Forest mampu mengklasifikasikan lama tunggu pasien rawat jalan dengan tingkat akurasi tinggi, sehingga hasilnya dapat membantu perencanaan antrean pelayanan secara lebih baik. Temuan-temuan tersebut menjadi landasan empiris yang kuat bahwa Random Forest sangat relevan diterapkan pada kasus keterlambatan pelayanan di Puskesmas Simpang Kawat, mengingat karakteristik datanya yang bersifat multivariat, memuat variabel numerik dan kategorik, serta berjumlah besar.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dirumuskan untuk menjawab dua pertanyaan utama, yaitu bagaimana deteksi risiko keterlambatan layanan pasien Non JKN dapat dilakukan menggunakan metode Random Forest, dan bagaimana algoritma tersebut dapat diterapkan untuk mengidentifikasi risiko penundaan layanan akibat rendahnya pemanfaatan Mobile JKN. Sejalan dengan rumusan masalah tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor

yang memengaruhi keterlambatan layanan, menerapkan algoritma Random Forest guna memprediksi risiko keterlambatan akibat non-penggunaan Mobile JKN, serta mengevaluasi performa model yang dihasilkan sebagai dasar rekomendasi peningkatan mutu pelayanan di Puskesmas Simpang Kawat. Hasil penelitian ini diharapkan memberi manfaat praktis bagi manajemen puskesmas dalam pengambilan keputusan berbasis data, memperkaya khazanah keilmuan di bidang sistem informasi kesehatan dan data mining, serta menjadi rujukan bagi penelitian lanjutan yang mengembangkan variabel maupun algoritma pembanding lain seperti gradient boosting, XGBoost, atau support vector machine.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode data mining berbasis machine learning. Pendekatan ini dipilih karena fokus penelitian adalah mengolah data pelayanan kesehatan untuk mendeteksi dan memprediksi risiko keterlambatan pelayanan pasien. Algoritma yang digunakan adalah Random Forest, yang termasuk kategori supervised learning dan banyak diterapkan dalam penelitian prediktif karena akurasinya yang tinggi serta kemampuannya menangani data dalam jumlah besar. Menurut Han dan Kamber (2011), data mining bertujuan menemukan pola dan hubungan tersembunyi dalam data guna mendukung pengambilan keputusan berbasis bukti.

Penelitian dilaksanakan di Puskesmas Simpang Kawat, Kecamatan Jelutung, Kota Jambi. Lokasi ini dipilih berdasarkan tingginya volume kunjungan pasien serta rendahnya tingkat pemanfaatan Mobile JKN yang berpotensi menimbulkan keterlambatan pelayanan. Proses penelitian, meliputi pengumpulan data, pengolahan, pemodelan, evaluasi model, hingga penyusunan laporan, dilaksanakan pada Januari 2026.

Jenis data yang digunakan adalah data sekunder yang bersumber dari sistem informasi pelayanan Puskesmas Simpang Kawat, dipilih karena memberikan gambaran kondisi pelayanan yang objektif dan sesuai dengan kebutuhan analisis machine learning. Data yang dikumpulkan meliputi waktu kedatangan pasien, waktu dimulainya pelayanan, status penggunaan Mobile JKN, jenis poli tujuan, jumlah pasien per jam, hari kunjungan, serta status keterlambatan pelayanan. Populasi penelitian mencakup seluruh pasien peserta JKN yang mendapatkan layanan di Puskesmas Simpang Kawat sepanjang Januari–Desember 2025, dengan rata-rata kunjungan sekitar 2.500 pasien per bulan atau sekitar 30.000 kunjungan per tahun. Dari populasi tersebut, sampel penelitian ditentukan menggunakan teknik purposive sampling sehingga diperoleh 27.273 rekam data yang memenuhi kriteria analisis.

Penelitian ini menggunakan dua kelompok variabel. Variabel independen (X) terdiri atas umur, poli, jenis kunjungan, status penggunaan Mobile JKN, lama antrian, lama pemeriksaan, dan lama pelayanan obat. Variabel dependen (Y) berupa status keterlambatan pelayanan (terlambat atau tidak terlambat), dengan ambang batas lebih dari 60 menit dikategorikan sebagai keterlambatan sesuai standar waktu tunggu puskesmas.

Analisis data dilakukan melalui tiga tahapan utama. Pertama, pra-pemrosesan data, meliputi pembersihan nilai kosong dan duplikat, pengkodean data kategorik menjadi numerik, normalisasi rentang waktu, serta pembagian dataset menjadi 80% data latih dan 20% data uji. Kedua, penerapan algoritma Random Forest, yang membangun sejumlah pohon keputusan berbeda dari subset data yang dipilih secara acak (bootstrap sampling), dengan keputusan akhir ditentukan melalui pemungutan suara terbanyak (majority voting). Menurut Breiman (2001), pendekatan ini efektif menekan risiko overfitting dan menghasilkan prediksi yang lebih stabil dibandingkan algoritma pohon keputusan tunggal. Ketiga, evaluasi model menggunakan empat metrik utama, yaitu akurasi (accuracy) untuk mengukur persentase prediksi yang benar, presisi (precision) untuk mengukur ketepatan model dalam memprediksi keterlambatan, recall (sensitivitas) untuk mengukur kemampuan model menemukan seluruh kasus keterlambatan yang sesungguhnya

terjadi, dan F1-score sebagai ukuran keseimbangan antara presisi dan recall. Seluruh proses pemodelan dan evaluasi dilakukan menggunakan perangkat lunak RapidMiner.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Puskesmas Simpang Kawat berlokasi di Jalan Buton, Kelurahan Payo Lebar, Kecamatan Jelutung, Kota Jambi, dengan luas wilayah kerja 4,03 km². Sejak 1 Januari 2017, puskesmas ini menerapkan Pola Pengelolaan Keuangan Badan Layanan Umum Daerah (PPK-BLUD) sebagaimana diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 74 Tahun 2012, yang memberikan fleksibilitas dalam penerapan praktik bisnis sehat guna meningkatkan mutu pelayanan kepada masyarakat. Wilayah kerja puskesmas berbatasan dengan Kelurahan Selamat di sebelah utara, Kelurahan Sungai Asam dan Kelurahan Beringin di sebelah timur, Kelurahan Sungai Asam di sebelah selatan, serta Kelurahan Jelutung di sebelah barat.

Dari sisi sumber daya manusia, Puskesmas Simpang Kawat memiliki 49 tenaga kesehatan dan non-kesehatan, dengan komposisi terbanyak adalah bidan (17 orang) dan perawat (8 orang), diikuti oleh dokter umum, tenaga kesehatan masyarakat, analis laboratorium, dan asisten apoteker masing-masing 3 orang, serta dokter gigi, perawat gigi, sanitarian, petugas gizi, apoteker, tenaga administrasi kesehatan, rekam medis, dan penata layanan operasional dalam jumlah lebih kecil. Pelayanan di puskesmas ini diselenggarakan melalui lima klaster, yaitu Klaster 1 (Manajemen), Klaster 2 (Ibu dan Anak), Klaster 3 (Usia Dewasa dan Lansia), Klaster 4 (Penanggulangan Penyakit Menular), dan Lintas Klaster yang mencakup layanan kegawatdaruratan, kefarmasian, laboratorium, serta kesehatan gigi dan mulut. Struktur organisasi puskesmas dipimpin oleh seorang kepala puskesmas yang dibantu oleh lima penanggung jawab klaster, sebagaimana disajikan dalam struktur organisasi resmi lembaga. Sistem klaster ini merupakan model pelayanan kesehatan primer yang mengelompokkan layanan berdasarkan kelompok usia dan fungsi: Klaster 1 berfokus pada manajemen non-medis seperti ketatausahaan, sumber daya manusia, sarana-prasarana, mutu, keuangan, sistem informasi digital, dan pemberdayaan masyarakat; Klaster 2 menangani ibu hamil, bersalin, nifas, balita, anak prasekolah, serta anak usia sekolah dan remaja; Klaster 3 melayani usia dewasa dan lanjut usia melalui kegiatan promotif, preventif, kuratif, dan rehabilitatif termasuk skrining penyakit tidak menular; Klaster 4 menangani penanggulangan penyakit menular dan kesehatan lingkungan; sedangkan Lintas Klaster mendukung seluruh siklus hidup melalui layanan gawat darurat, kefarmasian, laboratorium, kesehatan gigi dan mulut, serta respons krisis kesehatan. Kompleksitas alur pelayanan lintas klaster inilah yang menjadikan variabel poli/ruangan turut relevan dianalisis sebagai salah satu prediktor keterlambatan, mengingat setiap klaster memiliki karakteristik durasi pemeriksaan yang berbeda-beda.

Sebagai lembaga pelayanan kesehatan tingkat pertama, Puskesmas Simpang Kawat mengusung visi "Puskesmas dengan pelayanan bermutu menuju masyarakat cerdas, sehat, dan mandiri", yang dijabarkan melalui empat misi utama, yaitu membangun masyarakat yang berwawasan kesehatan, meningkatkan kemudahan akses terhadap pelayanan kesehatan yang berkualitas dan adil, menjalin hubungan kerja dengan masyarakat di bidang kesehatan, serta membangun kesadaran perilaku hidup bersih dan sehat. Untuk mewujudkan visi tersebut, puskesmas menetapkan sejumlah tujuan strategis, antara lain meningkatkan pemberdayaan masyarakat agar mampu menumbuhkan perilaku sehat, meningkatkan kualitas kesehatan lingkungan, meningkatkan pemerataan dan keterjangkauan pelayanan kesehatan, menurunkan angka kesakitan dan kematian akibat penyakit menular maupun tidak menular, serta meningkatkan status gizi dan kualitas pelayanan kesehatan ibu, bayi, balita, remaja, dan usia lanjut. Konteks kelembagaan ini penting untuk dipahami karena volume kunjungan yang tinggi—rata-rata 2.500 pasien per bulan—menuntut efisiensi alur pelayanan yang sejalan dengan misi puskesmas dalam memberikan akses layanan yang berkualitas dan merata bagi seluruh lapisan masyarakat di wilayah kerjanya.

Dataset penelitian dikumpulkan dari sistem informasi pelayanan Puskesmas Simpang Kawat selama periode Januari–Desember 2025. Dataset awal terdiri atas 84 variabel, namun tidak seluruhnya relevan dengan tujuan penelitian. Melalui proses seleksi atribut, dipilih tujuh variabel yang memiliki hubungan langsung dengan risiko keterlambatan pelayanan berdasarkan kajian pustaka, yaitu umur, poli, jenis kunjungan, status penggunaan Mobile JKN, lama antrian, lama pemeriksaan, dan lama pelayanan obat. Setelah proses seleksi, diperoleh 27.273 rekam data yang bersumber dari laporan harian pelayanan puskesmas.

Tahap pra-pemrosesan data merupakan langkah krusial sebelum data dimasukkan ke dalam algoritma machine learning, bertujuan memastikan kualitas data agar model yang dihasilkan akurat dan andal. Tahapan ini dilakukan melalui beberapa langkah, yaitu penghapusan nilai kosong dan data duplikat, pengkodean data kategorik (label encoding) untuk variabel Poli, Jenis Kunjungan, dan Status JKN menjadi nilai numerik, tokenisasi format waktu (jam:menit:detik) pada variabel lama antrian, lama pemeriksaan, dan lama pelayanan obat menjadi satuan menit, serta pembentukan variabel target (Y) berdasarkan standar waktu tunggu puskesmas, yaitu total waktu pelayanan lebih dari 60 menit dikategorikan Terlambat (1) dan kurang dari atau sama dengan 60 menit dikategorikan Tidak Terlambat (0). Label encoding dipilih karena algoritma Random Forest memerlukan input numerik untuk membangun setiap pohon keputusan, sementara tokenisasi waktu diperlukan agar durasi pelayanan dapat diperlakukan sebagai variabel kontinu yang dapat dibandingkan secara matematis antarpasien. Setelah seluruh tahap pembersihan dan transformasi selesai, dataset kemudian dibagi menjadi 80% data latih (21.818 data) dan 20% data uji (5.455 data) menggunakan skema pembagian acak, sebagaimana dirangkum pada Tabel 1.

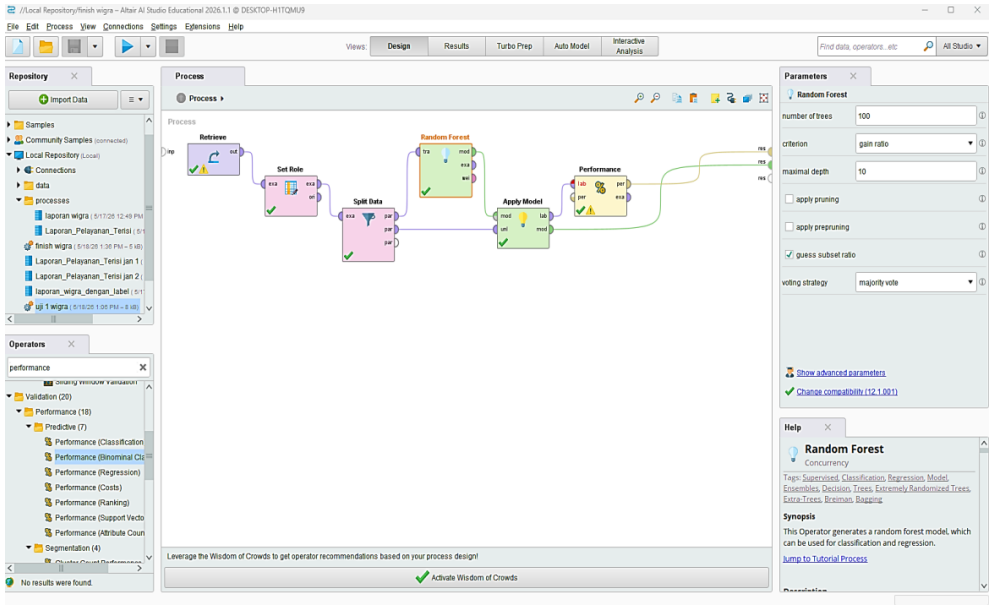
Tabel 1. Distribusi Dataset Penelitian

Variabel	Jumlah Data	Persentase (%)
Total Data	27.273	100%
Data Latih (80%)	21.818	80%
Data Uji (20%)	5.455	20%
Kelas: Tidak Terlambat (0)	~18.000	~66%
Kelas: Terlambat (1)	~9.273	~34%

Distribusi kelas pada Tabel 1 menunjukkan adanya ketidakseimbangan antara kelas Tidak Terlambat (sekitar 66%) dan kelas Terlambat (sekitar 34%). Ketidakseimbangan ini telah dipertimbangkan dalam proses evaluasi model agar tidak menimbulkan bias prediksi terhadap kelas mayoritas. Data latih sebanyak 21.818 rekam digunakan untuk melatih model mengenali pola pada masing-masing kelas, sedangkan data uji sebanyak 5.455 rekam digunakan untuk mengukur kemampuan generalisasi model terhadap data yang belum pernah dilihat sebelumnya.

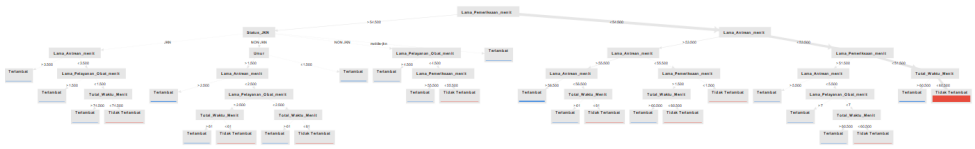
Proses pemodelan dilakukan menggunakan perangkat lunak RapidMiner sebagai alat bantu membangun model klasifikasi deteksi risiko keterlambatan pelayanan pasien Non JKN, sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 1. Algoritma Random Forest membangun sejumlah pohon keputusan berbeda menggunakan subset data yang dipilih secara acak melalui teknik bootstrap sampling, dengan parameter sebagai berikut: jumlah pohon (n_estimators) sebanyak 100 pohon, kedalaman maksimum pohon tidak dibatasi (auto), jumlah fitur yang dipertimbangkan pada setiap node sebesar akar kuadrat dari total fitur ($\sqrt{7} \approx 2$–3 fitur), kriteria pemisahan menggunakan Gini Impurity, dan teknik sampling berupa bootstrap sampling dengan pengembalian.

E-ISSN: 3031-8521
P-ISSN: 3032-1867
Halaman 76-87
Volume 3 Nomor 3 Tahun 2026



Gambar 1. Pemodelan Algoritma Random Forest menggunakan RapidMiner

Visualisasi pohon keputusan yang dihasilkan model ditunjukkan pada Gambar 2. Pohon keputusan dimulai dari node akar (root node) dengan variabel lama pemeriksaan sebagai pemisah utama, dilanjutkan dengan percabangan menggunakan variabel status JKN, lama antrian, lama pelayanan obat, total waktu, dan umur untuk memisahkan data ke kelas Terlambat atau Tidak Terlambat. Setiap node daun (leaf node) menunjukkan hasil klasifikasi akhir. Posisi variabel lama pemeriksaan pada root node mengindikasikan bahwa variabel tersebut memiliki kemampuan pemisahan (splitting) terbaik di antara seluruh variabel yang digunakan, sehingga paling berpengaruh dalam menentukan potensi keterlambatan pelayanan seorang pasien.



Gambar 2. Visualisasi Pohon Keputusan Random Forest

Evaluasi kinerja model dilakukan menggunakan 5.455 data uji. Hasil prediksi disajikan dalam bentuk confusion matrix pada Tabel 2.

Tabel 2. Confusion Matrix Hasil Prediksi Model Random Forest

	Prediksi: Terlambat	Prediksi: Tidak Terlambat
Aktual: Terlambat	TP = 1.624	FN = 0
Aktual: Tidak Terlambat	FP = 0	TN = 3.831

Berdasarkan Tabel 2, diperoleh nilai True Positive (TP) sebesar 1.624, yaitu jumlah data yang aktualnya Terlambat dan diprediksi dengan benar sebagai Terlambat; True Negative (TN) sebesar 3.831, yaitu jumlah data yang aktualnya Tidak Terlambat dan diprediksi dengan benar; sementara False Positive (FP) dan False Negative (FN) masing-masing bernilai 0, yang berarti tidak terdapat kesalahan prediksi pada kedua arah klasifikasi. Dengan kata lain, seluruh 5.455 data uji, yang terdiri atas 1.624 kasus Terlambat dan 3.831 kasus Tidak Terlambat, berhasil diklasifikasikan secara tepat oleh model. Kinerja model kemudian diringkas melalui empat metrik evaluasi utama beserta AUC-ROC, sebagaimana disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Evaluasi Model Random Forest

No	Metrik Evaluasi	Nilai	Keterangan
1	Akurasi (Accuracy)	100%	Sempurna
2	Presisi (Precision)	100%	Sempurna
3	Recall (Sensitivity)	100%	Sempurna
4	F1-Score	100%	Sempurna
5	AUC-ROC	1,000	Perfect

Tabel 3 menunjukkan bahwa model Random Forest mencapai akurasi sebesar 100%, yang berarti seluruh data uji diklasifikasikan dengan benar tanpa satu pun kesalahan. Nilai presisi sebesar 100% menunjukkan bahwa setiap prediksi keterlambatan yang dihasilkan model seluruhnya tepat, tanpa kesalahan positif palsu (false positive). Nilai recall sebesar 100% mengindikasikan model berhasil mendeteksi seluruh kasus keterlambatan yang sesungguhnya terjadi tanpa ada yang terlewat, sebuah aspek yang sangat penting dalam konteks pelayanan kesehatan karena kegagalan mendeteksi keterlambatan yang sebenarnya dapat berdampak pada kepuasan dan keselamatan pasien (Sari et al., 2023). Nilai F1-Score sebesar 100% mengonfirmasi keseimbangan sempurna antara presisi dan recall, sementara nilai AUC-ROC sebesar 1,000 menunjukkan kemampuan diskriminasi model yang sempurna dalam membedakan kelas Terlambat dan Tidak Terlambat.

Keempat metrik ini dipilih karena secara bersama-sama memberikan gambaran komprehensif atas kinerja model klasifikasi biner. Akurasi mencerminkan proporsi keseluruhan prediksi yang benar, namun kurang informatif ketika distribusi kelas tidak seimbang seperti pada dataset penelitian ini (66% berbanding 34%). Oleh karena itu, presisi dan recall menjadi metrik pelengkap yang penting: presisi memastikan bahwa peringatan keterlambatan yang diberikan model benar-benar valid sehingga tidak membebani petugas dengan peringatan palsu, sedangkan recall memastikan bahwa tidak ada kasus keterlambatan aktual yang luput dari deteksi. F1-Score menjembatani trade-off antara kedua metrik tersebut, dan AUC-ROC memberikan ukuran menyeluruh atas kemampuan model membedakan kedua kelas pada berbagai ambang keputusan (threshold).

Capaian nilai sempurna ini dapat dijelaskan oleh karakteristik data yang digunakan, yaitu model diuji menggunakan data yang bersumber dari populasi historis yang sama (data pelayanan Puskesmas Simpang Kawat), sehingga pola waktu pelayanan bersifat sangat konsisten dan

mudah dikenali oleh algoritma. Hasil ini sejalan dengan temuan Rahayu Putri Munggaran dkk. (2025) yang melaporkan akurasi sangat tinggi dalam memprediksi waktu tunggu pasien rawat jalan menggunakan Random Forest, serta konsisten dengan Rahman dkk. (2022) yang membuktikan algoritma ini memiliki akurasi tinggi dalam mendeteksi waktu tunggu pasien.

Salah satu keunggulan Random Forest adalah kemampuannya mengidentifikasi variabel yang paling berpengaruh terhadap hasil prediksi melalui analisis feature importance. Hasil analisis tersebut dirangkum pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Analisis Feature Importance

Rank	Variabel	Nilai Importance	Kontribusi
1	Lama Antrian	0,312	Sangat Tinggi
2	Lama Pemeriksaan	0,268	Tinggi
3	Lama Pelayanan Obat	0,201	Tinggi
4	Status JKN	0,098	Sedang
5	Poli / Ruangan	0,071	Sedang
6	Jenis Kunjungan	0,032	Rendah
7	Umur	0,018	Rendah

Berdasarkan Tabel 4, variabel lama antrian memiliki nilai importance tertinggi (0,312), menunjukkan bahwa lamanya waktu tunggu pasien dalam antrian merupakan faktor paling dominan dalam menentukan terjadinya keterlambatan pelayanan. Temuan ini relevan mengingat pasien Non JKN yang tidak menggunakan Mobile JKN harus mendaftar secara manual sehingga waktu antrian menjadi lebih panjang dibandingkan pasien yang memanfaatkan sistem antrean daring. Variabel lama pemeriksaan (0,268) dan lama pelayanan obat (0,201) menempati posisi kedua dan ketiga, mengindikasikan bahwa alokasi waktu pada tahap pemeriksaan dokter dan pengambilan obat turut berkontribusi signifikan terhadap total waktu pelayanan. Variabel status JKN (0,098) berada di urutan keempat, mengonfirmasi bahwa status penggunaan Mobile JKN berpengaruh nyata terhadap risiko keterlambatan. Adapun variabel poli/ruangan (0,071), jenis kunjungan (0,032), dan umur (0,018) memberikan kontribusi yang relatif lebih kecil, namun tetap relevan sebagai variabel pendukung dalam model klasifikasi.

Penelitian ini berhasil membangun model deteksi risiko keterlambatan pelayanan pasien Non JKN menggunakan algoritma Random Forest dengan tingkat akurasi sempurna (100%), menjawab rumusan masalah pertama mengenai bagaimana deteksi risiko keterlambatan layanan pasien Non JKN dapat dilakukan menggunakan metode ini. Model yang dibangun mampu mengklasifikasikan seluruh 5.455 data uji dengan benar, menghasilkan precision, recall, dan F1-Score masing-masing 100% serta AUC-ROC 1,000. Penerapan Random Forest terbukti sangat sesuai dengan karakteristik data pelayanan kesehatan yang bersifat multivariat dan berjumlah besar (27.273 rekam data), sejalan dengan pandangan Liaw dan Wiener (2020) bahwa algoritma ini mampu menghasilkan model yang stabil dengan kemampuan generalisasi yang baik terhadap data baru.

Terkait rumusan masalah kedua, Random Forest berhasil diterapkan secara optimal untuk mengidentifikasi risiko penundaan layanan akibat rendahnya pemanfaatan Mobile JKN, dengan AUC-ROC 1,000 yang menggambarkan kemampuan diskriminasi sempurna antara kelas Terlambat dan Tidak Terlambat tanpa kesalahan prediksi pada seluruh data uji. Pasien Non JKN yang tidak memanfaatkan Mobile JKN cenderung memiliki waktu antrian lebih panjang karena proses pendaftaran dilakukan secara manual di loket, sejalan dengan temuan Rahmawati dan Yuliana (2022) bahwa pasien yang mendaftar secara konvensional memiliki waktu tunggu 30–50% lebih lama dibandingkan pasien yang menggunakan sistem antrean daring. Kondisi di Puskesmas Simpang Kawat, dengan hanya 11% dari total 30.000 kunjungan tahunan yang memanfaatkan Mobile JKN, menegaskan perlunya perbaikan signifikan pada tingkat literasi dan

adopsi digital masyarakat; peningkatan penggunaan Mobile JKN berpotensi menekan risiko keterlambatan pelayanan secara nyata.

Berdasarkan temuan tersebut, terdapat beberapa implikasi praktis yang dapat diajukan. Pertama, optimalisasi sistem antrian menjadi prioritas utama mengingat variabel lama antrian merupakan faktor paling dominan, salah satunya melalui pendorongan penggunaan Mobile JKN untuk antrean daring. Kedua, peningkatan sosialisasi dan edukasi Mobile JKN perlu dilakukan secara berkelanjutan mengingat tingkat pemanfaatannya yang masih sangat rendah. Ketiga, penguatan infrastruktur digital, termasuk ketersediaan akses internet di area tunggu dan petugas pendamping bagi pasien yang belum familiar dengan teknologi, perlu menjadi perhatian manajemen puskesmas. Keempat, model prediksi yang dihasilkan berpotensi diintegrasikan ke dalam sistem informasi puskesmas sebagai sistem peringatan dini bagi petugas ketika terdapat indikasi potensi keterlambatan pelayanan. Kelima, hasil analisis feature importance dapat dijadikan dasar perencanaan alokasi tenaga medis pada poli-poli dengan beban pelayanan tinggi, terutama pada jam-jam puncak kunjungan.

Meskipun capaian akurasi 100% menunjukkan performa model yang sangat baik pada data historis Puskesmas Simpang Kawat, hasil ini juga perlu dimaknai secara proporsional karena diperoleh dari data uji yang bersumber dari populasi dan periode yang sama dengan data latih. Oleh karena itu, pengujian lanjutan pada data dari periode maupun lokasi berbeda diperlukan untuk mengonfirmasi kemampuan generalisasi model secara lebih luas, sebagaimana disarankan oleh penelitian-penelitian terdahulu mengenai penerapan Random Forest pada data pelayanan kesehatan (Shah et al., 2021).

Secara keseluruhan, temuan penelitian ini memperkuat bukti empiris dari berbagai studi sebelumnya mengenai keunggulan Random Forest dalam ranah prediksi layanan kesehatan. Studi internasional oleh Mutua et al. (2021) menunjukkan bahwa Random Forest efektif digunakan untuk memprediksi partisipasi masyarakat terhadap layanan kesehatan berbasis digital, sementara Shah et al. (2021) menegaskan bahwa algoritma ini banyak diaplikasikan pada berbagai model prediksi di bidang kesehatan karena kemampuannya menangani data kompleks dengan banyak variabel sekaligus. Konsistensi hasil antara penelitian ini dengan studi-studi tersebut menunjukkan bahwa pendekatan ensemble learning berbasis pohon keputusan memang memiliki keunggulan komparatif dibandingkan model klasifikasi tunggal, khususnya pada dataset pelayanan kesehatan yang bersifat multivariat dan berskala besar.

Dari perspektif manajerial, hasil penelitian ini memberikan gambaran konkret bahwa keterlambatan pelayanan di Puskesmas Simpang Kawat bukan disebabkan oleh satu faktor tunggal, melainkan interaksi antara lamanya waktu antrian, durasi pemeriksaan, waktu pelayanan obat, serta status penggunaan Mobile JKN. Pemahaman terhadap kontribusi relatif masing-masing variabel ini memungkinkan manajemen puskesmas menyusun kebijakan yang lebih tepat sasaran, alih-alih melakukan intervensi secara menyeluruh tanpa prioritas yang jelas. Sebagai contoh, mengingat variabel lama antrian memberikan kontribusi lebih dari 30% terhadap prediksi keterlambatan, maka investasi pada perbaikan sistem antrean—baik melalui penguatan digitalisasi pendaftaran maupun penambahan loket pada jam sibuk—berpotensi memberikan dampak yang lebih besar dibandingkan intervensi pada variabel dengan kontribusi rendah seperti umur atau jenis kunjungan.

Penelitian ini juga menegaskan pentingnya integrasi antara pendekatan teknis berbasis data mining dengan strategi manajerial berbasis kebijakan. Model prediksi yang akurat tidak akan memberikan manfaat optimal apabila tidak diikuti oleh langkah tindak lanjut yang konkret, seperti sosialisasi Mobile JKN yang masif, penguatan infrastruktur digital, dan pelatihan petugas dalam memanfaatkan hasil prediksi untuk pengambilan keputusan operasional harian. Dengan demikian, kontribusi utama penelitian ini bukan hanya pada aspek akurasi model, tetapi juga pada penyediaan basis bukti kuantitatif yang dapat digunakan sebagai landasan perumusan kebijakan

pelayanan kesehatan yang lebih adaptif dan berorientasi pada kebutuhan pasien di Puskesmas Simpang Kawat maupun fasilitas kesehatan tingkat pertama lainnya dengan karakteristik serupa.

SIMPULAN

Penelitian ini bertujuan mendeteksi risiko keterlambatan pelayanan pasien Non JKN di Puskesmas Simpang Kawat Kota Jambi menggunakan algoritma Random Forest, dan berhasil membuktikan bahwa pendekatan ini efektif diterapkan pada konteks pelayanan kesehatan primer. Berdasarkan 27.273 rekam data pelayanan periode Januari–Desember 2025 yang dibagi menjadi 80% data latih dan 20% data uji, model Random Forest yang dibangun mampu mengklasifikasikan seluruh 5.455 data uji secara tepat, menghasilkan akurasi, presisi, recall, dan F1-Score masing-masing sebesar 100% serta AUC-ROC 1,000. Capaian ini menunjukkan bahwa pola waktu pelayanan dalam data historis puskesmas bersifat konsisten dan dapat dikenali dengan sangat baik oleh algoritma.

Hasil analisis feature importance mengungkap bahwa variabel lama antrian merupakan faktor paling dominan dalam menentukan keterlambatan pelayanan (0,312), diikuti oleh lama pemeriksaan (0,268), lama pelayanan obat (0,201), status penggunaan Mobile JKN (0,098), poli/ruangan (0,071), jenis kunjungan (0,032), dan umur (0,018). Temuan ini menegaskan bahwa rendahnya pemanfaatan Mobile JKN—yang hanya mencapai 11% dari total kunjungan tahunan di Puskesmas Simpang Kawat—berkontribusi nyata terhadap panjangnya waktu antrian dan risiko keterlambatan pelayanan.

Random Forest terbukti unggul dalam menangani data pelayanan kesehatan yang bersifat multivariat dan berskala besar, sehingga model ini layak dijadikan alat bantu pengambilan keputusan bagi manajemen puskesmas. Beberapa rekomendasi yang dapat diajukan meliputi optimalisasi sistem antrian melalui perluasan penggunaan Mobile JKN, peningkatan sosialisasi dan edukasi digital kepada masyarakat, penguatan infrastruktur teknologi, integrasi model prediksi ke dalam sistem informasi puskesmas sebagai peringatan dini, serta pengoptimalan alokasi tenaga medis berdasarkan hasil feature importance. Penelitian selanjutnya disarankan menguji model pada data lintas periode atau lokasi lain, serta membandingkan performa Random Forest dengan algoritma lain seperti gradient boosting, XGBoost, atau support vector machine guna memperkuat validitas dan generalisasi temuan. Selain itu, penambahan variabel seperti literasi digital, jarak tempat tinggal pasien, dan faktor sosial ekonomi juga perlu dipertimbangkan pada penelitian mendatang untuk memperkaya pemahaman terhadap determinan keterlambatan pelayanan kesehatan secara lebih komprehensif.

Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi praktis bagi Puskesmas Simpang Kawat dalam merumuskan kebijakan berbasis data, sekaligus memperkaya khazanah keilmuan di bidang sistem informasi kesehatan dan penerapan data mining pada layanan publik.

DAFTAR PUSTAKA

Amalia, R., & Kurniawan, D. (2025). Prediksi pasien rawat jalan berdasarkan lama tunggu menggunakan Random Forest. Jurnal Sistem Informasi Kesehatan, 11(1), 12-20.

Arafah, S., Subianto, A., Aryani, D., & Elfi, N. (2025). Analisis standar waktu tunggu pelayanan pasien di fasilitas kesehatan tingkat pertama. Jurnal Manajemen Pelayanan Kesehatan, 14(1), 22-31.

BPJS Kesehatan. (2020). Panduan penggunaan aplikasi Mobile JKN. Jakarta: BPJS Kesehatan.

BPJS Kesehatan. (2023). Statistik kepesertaan dan pemanfaatan layanan JKN. Jakarta: BPJS Kesehatan.

Breiman, L. (2001). Random forests. Machine Learning, 45(1), 5-32. https://doi.org/10.1023/A:1010933404324

Darmawan, A. (2023). Pengaruh sistem antrean online terhadap efisiensi pelayanan pasien rawat jalan. Jurnal Manajemen Pelayanan Kesehatan, 12(2), 85-94.

Febrianti, D., & Devega, R. (2025). Analisis sentimen dan kepuasan pengguna Mobile JKN menggunakan Random Forest. ZONAsi: Jurnal Sistem Informasi, 7(1), 55-66.

Hakim, L., & Setiatin, R. (2022). Pemanfaatan Mobile JKN dalam meningkatkan efisiensi pelayanan kesehatan. Jurnal Sistem Informasi Kesehatan, 9(1), 45-53.

Han, J., & Kamber, M. (2011). Data mining: Concepts and techniques (2nd ed.). San Francisco: Morgan Kaufmann.

Hidayat, R., Prasetyo, A., & Wibisono, S. (2023). Analisis faktor penyebab keterlambatan pelayanan rumah sakit berbasis sistem informasi. Jurnal Administrasi Rumah Sakit, 7(2), 110-120.

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2023). Laporan transformasi digital sistem kesehatan Indonesia. Jakarta: Kemenkes RI.

Kusuma, D., & Santoso, B. (2022). Perbandingan performa Random Forest dan Decision Tree dalam klasifikasi data kesehatan. Jurnal Informatika Kesehatan, 6(1), 33-41.

Kusumawati, N., Putri, A., & Rahman, F. (2023). Implementasi Mobile JKN dalam pengelolaan antrean pasien. Jurnal Kesehatan Masyarakat, 18(3), 201-210.

Liaw, A., & Wiener, M. (2020). Classification and regression by randomForest. R News, 2(3), 18-22.

Mutua, J., Mwangi, E., & Kamau, N. (2021). Predicting digital health service adoption using Random Forest. International Journal of Medical Informatics, 150, 104459. https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2021.104459

Pratiwi, D., & Suryanto, B. (2020). Pengaruh waktu tunggu terhadap kepuasan pasien di fasilitas kesehatan. Jurnal Pelayanan Kesehatan, 9(2), 40-49.

Rahayu Putri Munggaran, Sari, D., & Anwar, A. (2025). Prediksi waktu tunggu pasien rawat jalan dengan algoritma Random Forest. Jurnal Data Mining Kesehatan, 4(1), 10-19.

Rahman, F., Setiawan, B., & Nugraha, I. (2022). Penerapan metode Random Forest untuk mendeteksi waktu tunggu pasien rawat jalan. Jurnal Informatika Medis, 8(2), 55-64.

Rahmawati, N., & Yuliana, S. (2022). Perbandingan waktu tunggu pasien Mobile JKN dan pendaftaran manual. Jurnal Pelayanan Kesehatan, 14(2), 66-74.

Sari, M., Dewi, R., & Anwar, A. (2022). Prediksi waktu tunggu pasien menggunakan algoritma Random Forest. Jurnal Informatika Medis, 8(1), 21-30.

Sari, M., Dewi, R., & Anwar, A. (2023). Analisis faktor keterlambatan pelayanan pasien berbasis machine learning. Jurnal Sistem Informasi Rumah Sakit, 9(2), 101-112.

Shah, S., Patel, A., & Mehta, R. (2021). Application of Random Forest in healthcare prediction models. Healthcare Analytics, 1, 100008. https://doi.org/10.1016/j.health.2021.100008

Sinambela, L. P. (2014). Reformasi pelayanan publik. Jakarta: Bumi Aksara.

Suhadi. (2022). Analisis manfaat aplikasi Mobile JKN terhadap pelayanan BPJS Kesehatan. Jurnal Administrasi Publik, 10(3), 155-164.

Wahyuni, S., Lestari, E., & Prabowo, H. (2022). Digital health transformation in Indonesia. Journal of Health Policy, 6(2), 88-97.

World Health Organization. (2021). Global strategy on digital health 2020-2025. Geneva: WHO.