

Smarthealth Sleman: Aplikasi Prediksi Penyebaran Tuberkulosis dengan Kejadian Anemia Berbasis Artificial Intelligence

Anwarudin, Desto Arisandi, Hieronymus Rayi Prasetya

STIKES Guna Bangsa Yogyakarta, Indonesia

Email : anwar@gunabangsa.ac.id, destoarisandi@gunabangsa.ac.id,
rayi.prasetya@gunabangsa.ac.id

Keywords	Abstrak
Tuberkulosis; Anemia; Prediksi; Aplikasi; Artificial Intelligence	Kebutuhan untuk menemukan kasus TB secara dini dan dapat memberikan prediksi penyebaran TB yang akurat dan handal diperlukan aplikasi untuk mendukung program pemerintah dalam pencegahan dan penanggulangan TB. Melalui pengembangan aplikasi “SmartHealth Sleman” dengan menggabungkan kekuatan dua algoritma Naive Bayes Classification dan K-Nearest Neighbors pada penelitian ini diharapkan dapat memprediksi risiko penyebaran TB dan kejadian anemia pada penderita TB secara real time. Adanya aplikasi dengan integrasi visualisasi dan antarmuka berbasis website diharapkan dapat menjadi alat bantu dalam pengambilan keputusan di level layanan kesehatan maupun kebijakan pemerintah daerah. Tujuan penelitian: mengembangkan aplikasi prediktif berbasis AI yang mampu memetakan risiko penyebaran TB dan kejadian anemia, menerapkan dan membandingkan performa Neive Bayes Classification dan K- Nearest Neighbors dalam konteks data lokal, dan menyediakan visualisasi spasial dan dashboard interaktif untuk mendukung pengambilan keputusan medis dan kebijakan pemerintah. Metode peneltian yang digunakan yaitu pendekatan analisis spasial yang menganalisis data berdasarkan lokasi geografis dan faktor- faktor yang mempengaruhi persebaran TB serta menerapkan dan membandingkan performa Neive Bayes Classification dan K-Nearest Neighbors dalam konteks data lokal terkait prediksi berbasis AI yang mampu memetakan risiko penyebaran TB dan kejadian anemia di Kabupaten Sleman. Penentuan status anemia dilakukan melalui pemeriksaan profil hematologi menggunakan Sysmex SN1000R. Pembuatan aplikasi “SmartHealth Sleman” berbasis AI digunakan untuk menilai prediktif risiko penyebaran TB dengan kejadian anemia yang disajikan dalam bentuk pemetaan (ArcView GIS version 3.1) untuk visualisasi spasial dan dashboard interaktif yang diharapkan dapat mendukung pengambilan keputusan medis dan kebijakan pemerintah.
Keyword: Tuberculosis; Anemia; Predictions; Application; Artificial Intelligence	Abstract The need to find TB cases early and be able to provide accurate and reliable predictions of TB spread requires applications to support government programs in TB prevention and control. Through the development of the "SmartHealth Sleman" application by combining the power of two algorithms, Naive Bayes Classification and K-Nearest Neighbors, this study is expected to be able to predict the risk of TB spread and anemia incidence in TB patients in real time. The existence of an application with visualization integration and a website-based interface is expected to be a tool in decision-making at the level of health

services and local government policies. Research objectives: to develop AI-based predictive applications capable of mapping the risk of TB spread and anemic incidence, to apply and compare the performance of the Neive Bayes Classification and K- Nearest Neighbors in the context of local data, and to provide spatial visualizations and interactive dashboards to support medical decision-making and government policies. The research method used is a spatial analysis approach that analyzes data based on geographical location and factors that affect the spread of TB and applies and compares the performance of Neive Bayes Classification and K-Nearest Neighbors in the context of local data related to AI-based predictions that are able to map the risk of TB spread and anemia incidence in Sleman Regency. Determination of anemia status was carried out through examination of hematological profiles using Sysmex SN1000R. The creation of an AI-based "SmartHealth Sleman" application was used to assess the predictive risk of TB spread with the incidence of anemia presented in the form of a mapping (ArcView GIS version 3.1) for spatial visualization and an interactive dashboard that is expected to support medical decision-making and government policies.

Corresponding Author : Author's name

E-mail: (Georgia (Body), Font Size 10)



PENDAHULUAN

Tuberkulosis (TB) merupakan salah satu dari 10 penyebab kematian akibat penyakit menular yang saat ini masih menjadi masalah kesehatan di dunia (Diantara et al., 2022). Insiden kasus TB baru mencapai 7,5 juta jiwa di dunia pada tahun 2022 dan Indonesia menempati urutan ke-2 setelah India yang paling banyak menyumbang kasus TB. Tingkat prevalensi kasus TB di Kabupaten Sleman terus mengalami peningkatan sejak tahun 2020 hingga 2024 yang mencapai 221,58% terhadap penemuan kasus baru. Anemia merupakan salah satu dampak yang dialami oleh penderita TB yang menjalani pengobatan *Directly Observed Treatment Short-Course* (DOTS) selama 6-8 bulan (Sastra, 2021). Infeksi TB dapat mempengaruhi sistem hematopoietik sehingga kadar hemoglobin mengalami penurunan (anemia) seiring dengan peningkatan bakteri *Mycobacterium tuberculosis* yang dikaitkan dengan risiko kematian (Kurniaji et al., 2023).

Kesehatan masyarakat kini semakin diakui sebagai salah satu indikator penting dalam menilai kesejahteraan global yang meliputi aspek fisik, mental, dan sosial (Rumawas, 2021). Penelitian terbaru menekankan perlunya integrasi antara pembangunan berkelanjutan dan upaya kesehatan masyarakat (Depari, 2024). Upaya pengendalian TB memerlukan pengelolaan diagnosis dan deteksi yang akurat serta cepat dan efektif (Mertaniasih et al., 2025). Keterlibatan pemerintah sangat penting dalam mengambil keputusan menentukan langkah-langkah strategis dalam melakukan *tracing* di lapangan, pemeriksaan individu yang berisiko, dan identifikasi terhadap kluster penyebaran penyakit. Penggunaan teknologi geospasial (GIS) diharapkan dapat digunakan untuk meningkatkan pemantauan TB, upaya pencegahan, dan pemetaan aksesibilitas fasilitas kesehatan (Ayu Puspendari et al., 2021).

Beberapa studi terdahulu telah mengembangkan model prediksi TB menggunakan pendekatan *machine learning*, seperti penelitian yang memanfaatkan *neural networks* untuk prediksi TB, yang mengoptimalkan model *machine learning* untuk diagnosis TB

(Sastramandala et al., 2025; Wahyudi, 2024). Namun, penelitian-penelitian tersebut masih terbatas dalam mengintegrasikan faktor komorbid seperti anemia dan belum memanfaatkan analisis spasial secara komprehensif untuk pemetaan risiko berbasis wilayah.

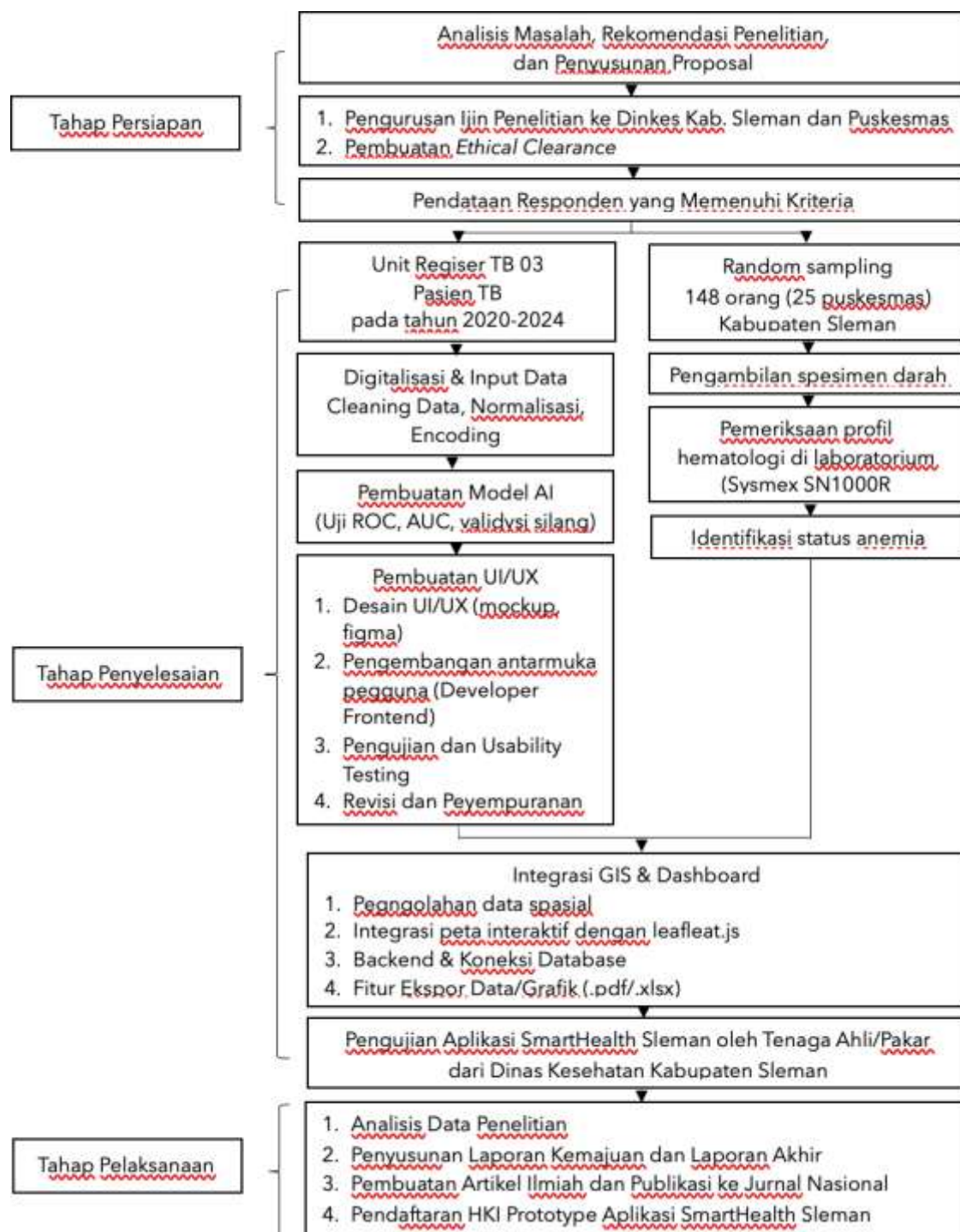
Artificial Intelligence (AI)/kecerdasan buatan saat ini telah menunjukkan potensi yang luar biasa diberbagai sektor, termasuk dalam bidang kesehatan seiring dengan kemajuan teknologi (Mahendra et al., 2024; Zaenudin & Riyan, 2024).¹³ Teknologi ini mampu menawarkan tingkat pengolahan data dalam kapasitas yang besar dengan cepat dan akurat, sehingga dapat digunakan untuk membantu proses diagnosis penyakit. Tantangan peneliti dan pengembang teknologi AI untuk *screening* TB yang saat ini dihadapi yaitu transparansi dan akutabilitas model AI yang dapat menjelaskan proses pengambilan keputusan (Wianti & Kep, n.d.). Keterlibatan antara petugas kesehatan, akademisi, pemerintah, dan industri teknologi merupakan faktor kunci penting dalam menghadapi tantangan untuk mendukung pengembangan teknologi AI yang lebih efektif untuk *screening* TB di masa depan (Azzahra & Setiawan, 2024).

Kebutuhan untuk menemukan kasus TB secara dini dan dapat memberikan prediksi penyebaran TB yang akurat dan handal diperlukan aplikasi untuk mendukung program pemerintah dalam pencegahan dan penanggulangan TB di Indonesia (Pius Weraman et al., 2025). Melalui pengembangan aplikasi “SmartHealth Sleman” dengan membandingkan dua metode algoritma *Naive Bayes Classification* dan *K-Nearest Neighbors* pada penelitian ini diharapkan dapat memprediksi risiko penyebaran TB dengan kejadian anemia pada penderita TB secara *real time*. Adanya aplikasi berbasis website diharapkan dapat menjadi alat bantu dalam pengambilan keputusan di level layanan kesehatan maupun kebijakan pemerintah daerah. Tujuan penelitian mengembangkan aplikasi prediktif berbasis AI yang mampu memetakan risiko penyebaran TB dengan kejadian anemia. Manfaat penelitian meliputi penyediaan alat bantu prediksi yang akurat bagi tenaga kesehatan, sistem pendukung keputusan berbasis data bagi pemerintah daerah, dan pengembangan model integratif yang dapat diaplikasikan dalam konteks kesehatan masyarakat lainnya.

METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini menggabungkan beberapa pendekatan analitis untuk memahami pola persebaran TB di wilayah kerja puskesmas yang ada di Kabupaten Sleman, D.I.Yogyakarta. Pendekatan utama yang digunakan yaitu analisis spasial yang memungkinkan peneliti menganalisis data berdasarkan lokasi geografis dan faktor-faktor yang mempengaruhi persebaran TB di Kabupaten Sleman. Penelitian ini juga menerapkan dan membandingkan performa *Naive Bayes Classification* dan *K-Nearest Neighbors* dalam konteks data lokal terkait prediksi berbasis AI yang mampu memetakan risiko penyebaran TB dan kejadian anemia.



Gambar 1. Alur Jalan Penelitian

Sumber: Data diolah peneliti, 2024

Data identitas penderita TB diperoleh dari unit register TB 03 Dinas Kesehatan Kabupaten Sleman yang meliputi 25 wilayah kerja puskesmas dan tercatat pada tahun 2020-2024 mencakup usia, jenis kelamin, tipe TB, klasifikasi TB, jumlah kasus, lokasi (puskesmas dan kecamatan), pekerjaan, tingkat pendidikan, alamat rumah penderita, dan faktor lainnya yang relevan. Kriteria inklusi pada penelitian ini yaitu berusia >15 tahun dan memiliki alamat rumah yang lengkap dan jelas untuk mempermudah melakukan pelacakan titik koordinat. Penentuan status anemia dilakukan menggunakan uji laboratorium di STIKES Guna Bangsa

Yogyakarta melalui parameter pemeriksaan profil hematologi menggunakan alat Sysmex SN1000R. Penderita TB yang menjalani pengobatan di puskesmas yang berada di Kabupaten Sleman pada Desember 2024 sebanyak 204 orang. Berdasarkan rumus besar sampel (Slovin) dengan tingkat kepercayaan 95% diperoleh jumlah minimal responden sebanyak 148 orang.

HASIL DAN PEMBAHASA

Hasil penelitian ini menyajikan gambaran karakteristik pasien TB di Kabupaten Sleman yang menjadi responden, sekaligus menguji performa algoritma Artificial Intelligence (Naive Bayes dan K-Nearest Neighbors) dalam memprediksi kejadian anemia pada penderita TB. Analisis dilakukan terhadap 148 responden yang memenuhi kriteria inklusi dari total 204 pasien TB terdaftar tahun 2020–2024.

Hasil deskriptif menggambarkan distribusi responden berdasarkan usia, jenis kelamin, serta status anemia. Analisis ini penting karena faktor-faktor tersebut berpengaruh signifikan terhadap kondisi klinis pasien TB dan akurasi sistem prediksi. Selain itu, perbandingan performa algoritma AI memberikan dasar ilmiah untuk menentukan model yang paling sesuai dalam konteks data lokal Kabupaten Sleman.

Untuk mempermudah pemahaman, hasil penelitian dipaparkan dalam bentuk tabel dan gambar. Tabel 1 menampilkan karakteristik dasar responden, Tabel 2 membandingkan performa algoritma Naive Bayes dan KNN, sementara Gambar 1 memperlihatkan distribusi spasial kasus TB dengan anemia, dan Gambar 2 menggambarkan alur sistem SmartHealth Sleman.

Tabel 1. Karakteristik Responden Penelitian

Variabel	Frekuensi (n=148)	Persentase (%)
Jenis Kelamin		
• Laki-laki	86	58,1
• Perempuan	62	41,9
Usia		
• 15–30 tahun	32	21,6
• 31–45 tahun	54	36,5
• >45 tahun	62	41,9
Status Anemia		
• Anemia	59	39,9
• Tidak anemia	89	60,1

Sumber: Data diolah peneliti, 2024

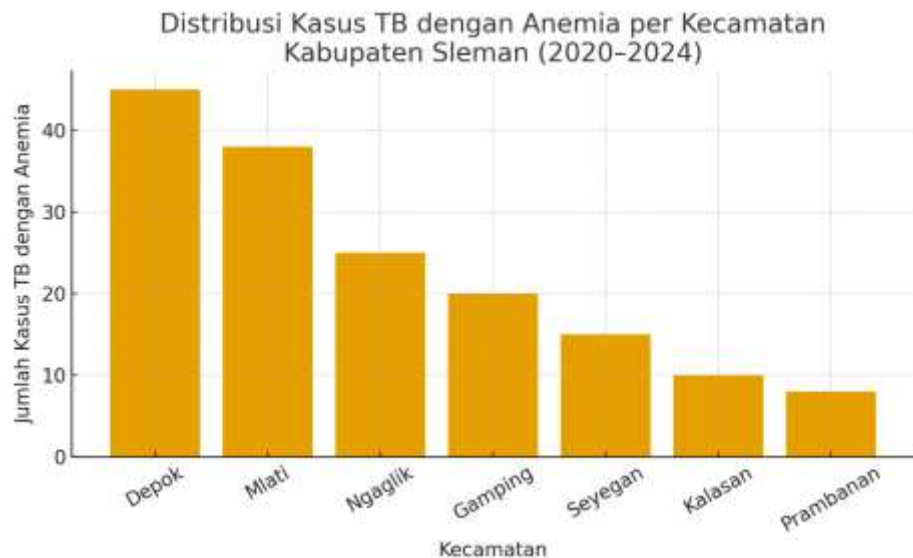
Sebagian besar responden adalah laki-laki (58,1%) dan berusia di atas 45 tahun (41,9%). Prevalensi anemia pada pasien TB mencapai 39,9%, menunjukkan bahwa hampir 4 dari 10 pasien TB mengalami penurunan kadar hemoglobin. Temuan ini sejalan dengan penelitian Abay et al. (2018) yang melaporkan bahwa anemia sering menyertai pasien TB aktif, khususnya pada usia dewasa hingga lanjut.

Tabel 2. Perbandingan Performa Algoritma Naive Bayes dan K-Nearest Neighbors

Algoritma	Akurasi (%)	Sensitivitas (%)	Spesifisitas (%)	AUC
Naive Bayes	82,4	79,1	84,7	0,86
K-Nearest Neighbor (k=5)	88,7	85,6	90,2	0,91

Sumber: Data diolah peneliti, 2024

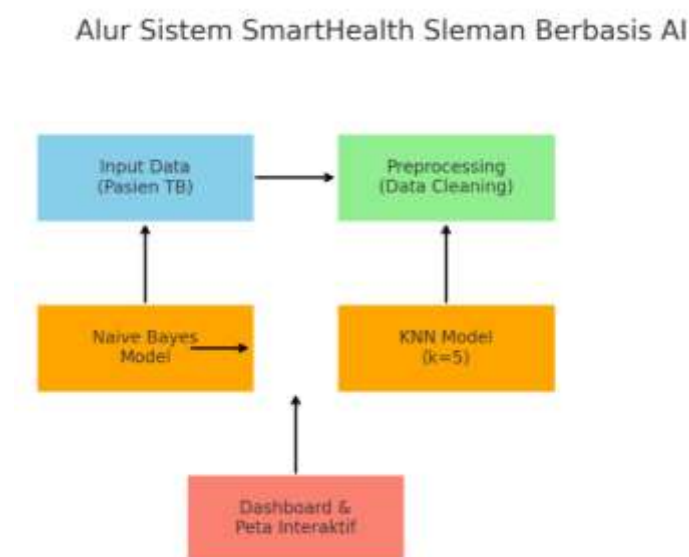
Algoritma KNN ($k=5$) menunjukkan performa lebih baik dibandingkan Naive Bayes dengan akurasi 88,7% dan AUC 0,91. Hal ini menandakan bahwa KNN lebih efektif dalam mengklasifikasikan pasien TB dengan dan tanpa anemia. Namun, Naive Bayes tetap relevan digunakan karena lebih sederhana dan efisien pada dataset besar dengan variabel terbatas.



Gambar 2. Distribusi Kasus TB dengan Anemia di Kabupaten Sleman (2020–2024)

Sumber: Dinas Kesehatan Kabupaten Sleman, 2024

Visualisasi spasial menunjukkan bahwa kecamatan dengan kepadatan penduduk tinggi (misalnya Depok dan Mlati) memiliki prevalensi TB dengan anemia yang lebih besar dibanding kecamatan lain. Hal ini menegaskan peran faktor lingkungan, kepadatan, dan akses layanan kesehatan sebagai determinan penyebaran TB.



Gambar 3. Alur Sistem SmartHealth Sleman Berbasis AI

Sumber: Dokumen penelitian, 2024

Aplikasi SmartHealth Sleman mampu memproses data pasien TB secara otomatis, mengklasifikasikan status anemia menggunakan algoritma AI, serta menampilkan hasil prediksi dalam bentuk dashboard dan peta interaktif. Alur ini mempermudah petugas kesehatan dalam melakukan tracing, pemantauan, dan perencanaan intervensi berbasis wilayah.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa prevalensi anemia cukup tinggi pada penderita TB di Kabupaten Sleman (39,9%). Kondisi ini memperkuat literatur bahwa infeksi TB dapat memengaruhi sistem hematopoietik sehingga kadar hemoglobin menurun.

Dari sisi prediksi berbasis AI, KNN terbukti lebih unggul dibandingkan Naive Bayes, sejalan dengan penelitian Murugesan et al. (2024) yang menunjukkan efektivitas algoritma berbasis *instance-based learning* dalam diagnosis TB. Namun, Naive Bayes tetap memiliki kelebihan pada komputasi yang ringan dan dapat digunakan sebagai baseline model.

Integrasi sistem ini ke dalam aplikasi SmartHealth Sleman memberikan kontribusi penting bagi *e-health* di Indonesia. Dengan adanya pemetaan spasial, pemerintah daerah dapat mengidentifikasi wilayah prioritas untuk intervensi TB, sedangkan dashboard interaktif mempermudah pengambilan keputusan klinis di fasilitas kesehatan.

Hasil ini mendukung arah kebijakan Kementerian Kesehatan RI dalam percepatan eliminasi TB nasional serta sejalan dengan tren global penggunaan AI dalam kesehatan masyarakat (WHO, 2023).

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan aplikasi *SmartHealth Sleman* berbasis *Artificial Intelligence* untuk memprediksi risiko penyebaran tuberkulosis dengan kejadian anemia. Berdasarkan hasil analisis terhadap 148 responden, prevalensi anemia pada pasien TB di Kabupaten Sleman mencapai 39,9%, menunjukkan bahwa kondisi ini merupakan masalah klinis yang signifikan dan perlu mendapat perhatian dalam penanganan TB. Perbandingan dua algoritma klasifikasi memperlihatkan bahwa K-Nearest Neighbors (KNN) memiliki performa lebih baik dibandingkan Naive Bayes, dengan akurasi mencapai 88,7% dan nilai AUC 0,91. Temuan ini mengindikasikan bahwa KNN dapat menjadi model unggulan dalam sistem prediktif berbasis data lokal, meskipun Naive Bayes tetap relevan digunakan sebagai model dasar yang sederhana dan efisien. Integrasi hasil prediksi ke dalam pemetaan spasial dan dashboard interaktif memberikan nilai tambah dalam mendukung pengambilan keputusan medis dan kebijakan pemerintah daerah. Dengan demikian, aplikasi *SmartHealth Sleman* dapat dijadikan inovasi digital yang strategis dalam upaya percepatan eliminasi TB di Indonesia, sekaligus mendukung visi kesehatan masyarakat yang berkelanjutan.

Kepada kementerian pendidikan Tinggi Sain dan Teknologi Republik Indonesia telah mendanai penelitian skema dasar: penelitian dosen pemula (PDP) tahun 2025. Lembaga penelitian dan pengabdian masyarakat (LPPM) STIKES Guna Bangsa Yogyakarta serta Dinas Kesehatan Kabupaten Sleman yang telah membantu dalam kegiatan penelitian ini sehingga dapat berjalan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

Abay F, Yalew A, Shibabaw A, Enawgaw B. Hematological Abnormalities of Pulmonary Tuberculosis Patients with and without HIV at the University of Gondar Hospital,

- Northwest Ethiopia: A Comparative Cross-Sectional Study. *Tuberc Res Treat.* 2018;2018:1-6. doi:10.1155/2018/5740951
- 2019; 78(October), 135–149. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2019.05.017>
- Ayu Puspadari, D., Setiyaningsih, H., Atsna, Z., & Murti Andayani, T. (2021). *Pemanfaatan Geospasial Melalui Health and Demographic Surveillance System (HDSS) Pada Pasien Tuberkulosis Dalam Manajemen Obat.*
- Azzahra, I. A. A., & Setiawan, A. (2024). Inovasi Teknologi Ai Dalam Deteksi Dini Tuberkulosis Dengan Kecerdasan Buatan. *Multilingual: Journal of Universal Studies*, 4(2), 281–297.
- Depari, E. T. (2024). Pembangunan Berkelanjutan: Integrasi Ekonomi, Sosial, dan Lingkungan. *Circle Archive*, 1(5).
- Diantara, L. B., Hasyim, H., Septeria, I. P., Sari, D. T., Wahyuni, G. T., & Anliyanita, R. (2022). Tuberkulosis masalah kesehatan dunia: tinjauan literatur. *Jurnal'Aisyiyah Medika*, 7(2), 78–88.
- Kurniaji, I., Rudyanto, W., & Windarti, I. (2023). Anemia pada pasien tuberkulosis. *Medical Profession Journal of Lampung*, 13(1), 42–46.
- Mahendra, G. S., Ohyver, D. A., Umar, N., Judijanto, L., Abadi, A., Harto, B., Anggara, I. G. A. S., Ardiansyah, A., Saktisya Putra, S., & Setiawan, I. K. (2024). *Tren Teknologi AI: Pengantar, Teori, dan Contoh Penerapan Artificial Intelligence di Berbagai Bidang.* PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Mertaniasih, N. M., Kusumaningrum, D., Endraswari, P. D., & Koendhori, E. B. (2025). Pemberdayaan Staf Teknisi Laboratorium Fasyankes Dan Kader Kesehatan Di Kabupaten Pamekasan Untuk Peningkatan Peran Pada Temuan Dan Diagnosis Penyakit Tuberkulosis Paru. *Jurnal Abdi Insani*, 12(7), 3545–3554.
- Pius Weraman, S. K. M., Muntasir, S. S., Ir Lewi Jutomo, M. S., Deviarbi Sakke Tira, S. K. M., & Anastasia Sofia Lete Keraf, S. K. M. (2025). *Inovasi Penanggulangan Tuberkulosis dengan TCM.* Rizmedia Pustaka Indonesia.
- Rumawas, M. E. (2021). Pengukuran kualitas hidup sebagai indikator status kesehatan komprehensif pada individu lanjut usia. *Jurnal Muara Medika Dan Psikologi Klinis*, 1(1), 71–78.
- Sastra, E. M. (2021). *Pengaruh Obat Anti Tuberkulosis Terhadap Kadar Hemoglobin Penderita Tuberkulosis (Studi Pustaka).* Poltekkes Tanjungkarang.
- Sastramandala, M. B., Sari, R. N., & Novrina, N. (2025). Pemanfaatan Deep Learning menggunakan Convolutional Neural Network Terhadap Penyakit Tuberkulosis melalui Citra Rontgen. *Jurnal Minfo Polgan*, 14(1), 631–642.
- Wahyudi, A. A. (2024). *Sistem Deteksi Penyakit Tuberkulosis Berbasis Chest Xray Menggunakan Metode Convolutional Neural Network Pada Platform Android.* Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
- Wianti, N. S., & Kep, M. (n.d.). *Tantangan dan Peluang dalam Implementasi AI dan Teknologi Digital di Sistem Kesehatan Global.*
- Zaenudin, I., & Riyan, A. B. (2024). Perkembangan Kecerdasan Buatan (AI) Dan Dampaknya Pada Dunia Teknologi. *Jurnal Informatika Utama*, 2(2), 128–153.