

Edukasi Teknologi Machine Learning dalam Mendukung Deteksi Risiko Sindrom Metabolik di RSUD Siti Fatimah

Egga Asoka^{1*}, Fathoni², Hadipurnawan Satria³, Sony Oktapriandi⁴

^{1,4} Politeknik Negeri Sriwijaya, ^{2,3} Universitas Sriwijaya

*Corresponding author

E-mail: egga.asoka@polsri.ac.id*

Article History:

Received: Dec, 2025

Revised: Dec, 2025

Accepted: Dec, 2025

Abstract: Sindrom metabolik menjadi salah satu isu kesehatan yang terus meningkat dan membutuhkan kesiapsiagaan tenaga kesehatan dalam memahami potensi pemanfaatan teknologi untuk deteksi dini. Kegiatan pengabdian ini berfokus pada edukasi teknologi machine learning sebagai pendekatan pendukung dalam analisis risiko sindrom metabolik di RSUD Siti Fatimah. Tujuan kegiatan adalah meningkatkan literasi digital kesehatan dan memberikan pemahaman dasar mengenai konsep, alur kerja, serta potensi penerapan machine learning dalam proses skrining klinis. Pengabdian dilaksanakan melalui sesi pemaparan, diskusi interaktif, dan studi kasus sederhana yang disesuaikan dengan kebutuhan tenaga kesehatan. Hasil kegiatan menunjukkan meningkatnya pemahaman peserta terhadap penggunaan data klinis dan teknologi prediksi berbasis machine learning, tercermin dari respon positif selama diskusi dan kemampuan peserta menjelaskan kembali konsep dasar yang disampaikan. Kegiatan ini memberikan landasan awal bagi kolaborasi lanjutan terkait implementasi teknologi cerdas dalam pelayanan kesehatan.

Keywords:

Machine Learning, Sindrom Metabolik, Deteksi Dini, Literasi Digital Kesehatan, Edukasi Teknologi, Analisis Risiko Klinis

Pendahuluan

Sindrom Metabolik (SM) merupakan kumpulan faktor risiko metabolik seperti obesitas sentral, hipertensi, hiperglikemia, dan dislipidemia yang secara signifikan meningkatkan risiko penyakit kardiovaskular dan diabetes tipe 2 (Driyah, Oemiati, Rustika, & Nova, 2019; Romero-Saldaña et al., 2016). Di Indonesia, prevalensi SM terus meningkat seiring dengan perubahan pola hidup masyarakat dan kurangnya deteksi dini di fasilitas pelayanan kesehatan primer (Shin, 2024). Menurut studi (Driyah et al., 2019) prevalensi SM cukup tinggi: sekitar 20–25% populasi dewasa global dan ~23,3% di Indonesia. Padahal, skrining awal terhadap sindrom ini sangat penting untuk

mencegah komplikasi serius yang berdampak pada kualitas hidup pasien (Behkamal et al., 2025).

Dalam konteks ini, pemanfaatan teknologi *machine learning* (ML) menjadi peluang besar dalam mendukung sistem deteksi dini penyakit metabolik. ML mampu mengolah data klinis berskala besar secara cepat dan akurat, serta menghasilkan model prediksi yang mendekati kondisi klinis aktual (Shin, 2024; Zheng et al., 2023). Beberapa algoritma yang banyak digunakan dalam studi ML untuk kesehatan antara lain Decision Tree, Random Forest, Support Vector Machine, dan XGBoost (Behkamal et al., 2025).

Dua pendekatan algoritmik yang sangat potensial untuk implementasi skrining SM adalah K-Means dan XGBoost. K-Means digunakan untuk mengelompokkan data berdasarkan karakteristik yang mirip tanpa label kelas, sehingga cocok untuk eksplorasi kluster risiko pada populasi pasien (Xue, Song, Ung, & Hu, 2025). Sementara itu, XGBoost merupakan metode klasifikasi terawasi berbasis boosting yang unggul dalam akurasi prediksi dan efisiensi waktu komputasi (Zheng et al., 2023). Kombinasi kedua pendekatan ini terbukti memperkuat akurasi sistem deteksi dini SM pada berbagai penelitian berbasis data klinis (Behkamal et al., 2025; Nedyalkova, Madurga, & Simeonov, 2021).

Dengan demikian tantangan besar masih dihadapi di tingkat tenaga medis dan akademisi, khususnya dalam hal literasi teknologi dan pemahaman implementasi ML di dunia kesehatan. Studi menunjukkan bahwa rendahnya pemahaman terhadap teknologi digital menjadi penghambat utama pemanfaatan kecerdasan buatan di rumah sakit (Avianta, Putra, Satrya, & Fuad Iqbal, 2025). Oleh karena itu, upaya edukasi dan sosialisasi teknologi ML kepada tenaga medis dan akademisi menjadi kebutuhan mendesak.

Program edukasi teknologi ini difokuskan di RSUD Siti Fatimah sebagai rumah sakit mitra yang memiliki jumlah pasien dengan risiko SM cukup tinggi. Dengan memberikan pengenalan teknis tentang cara kerja K-Means dan XGBoost dalam klasifikasi risiko metabolik, tenaga kesehatan dapat memperoleh wawasan baru mengenai penerapan teknologi untuk meningkatkan efektivitas layanan. Di sisi lain, bagi akademisi IT, kegiatan ini memperkuat kolaborasi lintas-disiplin dan membuka peluang riset terapan berbasis kebutuhan nyata di dunia klinis (Lovelia Sukamtini, Yoke Pribadi Kornarius, Angela Caroline, 2025). Kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk membekali tenaga medis dan akademisi dengan pengetahuan dasar serta pemahaman aplikasi teknologi ML dalam mendukung sistem deteksi dini SM, dengan

harapan tercipta ekosistem kolaboratif antara sektor IT dan pelayanan kesehatan berbasis data.

Metode

Kegiatan pengabdian ini menggunakan pendekatan edukasi partisipatif yang memfokuskan pada peningkatan pemahaman tenaga kesehatan terhadap konsep dasar ML untuk skrining SM. Metode pelaksanaan terdiri atas empat tahapan: persiapan, pelaksanaan, evaluasi, dan penyusunan rencana keberlanjutan program.

A. Tahap Persiapan

Pada tahap ini, tim pengabdian melakukan koordinasi dengan RSUD Siti Fatimah Provinsi Sumatera Selatan untuk penetapan jadwal, daftar peserta, dan kebutuhan teknis. Materi edukasi disusun berdasarkan kebutuhan mitra, mencakup pengenalan SM, urgensi deteksi dini, konsep dasar pengolahan data klinis, serta ilustrasi penerapan algoritma K-Means dan XGBoost. Selain itu, tim menyiapkan bahan presentasi dan contoh dataset sederhana untuk simulasi. Dalam hal ini dataset yang digunakan berasal dari NHANES (National Health and Nutrition Examination Survey) yang secara bebas dapat diakses dan didapatkan, dimana dataset tersebut berisikan populasi masyarakat Amerika Serikat yang menderita kelompok gejala SM.

B. Tahap Pelaksanaan

Kegiatan dilaksanakan dalam bentuk *workshop* tatap muka. Sesi diawali dengan pemaparan mengenai SM dan tantangan deteksi dini di fasilitas kesehatan. Selanjutnya, peserta memperoleh penjelasan mengenai konsep ML, alur kerja pengolahan data, serta contoh penerapan K-Means dan XGBoost dalam skrining risiko pasien. Penjelasan disertai visualisasi sederhana agar peserta dapat memahami logika dasar algoritma. *Workshop* diakhiri dengan diskusi interaktif untuk mengidentifikasi kebutuhan peserta terkait pemanfaatan teknologi dalam praktik klinis.

Pada sesi pendahuluan, tim pengabdian memberikan pemaparan terkait peningkatan kasus SM dan pentingnya pendekatan berbasis data untuk mendukung proses skrining awal pada pasien, guna mencegah terjadinya kenaikan kasus tersebut. Dokumentasi kegiatan tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pemaparan Materi Awal Mengenai Urgensi Deteksi Dini SM Kepada Tenaga Kesehatan RSUD Siti Fatimah Provinsi Sumatera Selatan

C. Tahap Evaluasi

Evaluasi dilakukan dengan pendekatan sederhana yang tidak menggunakan formulir tertulis.

1. Evaluasi respons langsung dilakukan melalui diskusi terbuka di akhir sesi untuk mengetahui sejauh mana peserta menangkap relevansi materi terhadap pekerjaan mereka.
2. Evaluasi pengetahuan dilakukan dengan meminta peserta menjelaskan kembali konsep yang telah dipresentasikan, seperti perbedaan pengelompokan dan klasifikasi, atau bagaimana ML dapat membantu skrining awal SM.

D. Tahap Akhir: Penyusunan Rencana Keberlanjutan Program

Pada tahap ini, tim pengabdian dan pihak RSUD Siti Fatimah menyusun rencana tindak lanjut berupa pengembangan modul sederhana, peluang pendampingan teknis lanjutan, serta kemungkinan kolaborasi penelitian yang berfokus pada pemanfaatan data klinis rumah sakit. Rencana keberlanjutan ini disusun untuk memastikan kegiatan edukasi tidak berhenti pada satu pertemuan, tetapi dapat menjadi dasar bagi pengembangan sistem skrining berbasis teknologi di masa mendatang.

Hasil

Pelaksanaan kegiatan edukasi teknologi ML di RSUD Siti Fatimah Provinsi Sumatera Selatan menghasilkan beberapa capaian penting yang mencerminkan dinamika proses pendampingan serta perubahan pengetahuan dan perilaku peserta.

A. Dinamika Proses Pendampingan

Proses pendampingan berlangsung melalui beberapa rangkaian aktivitas yang saling melengkapi. Pada tahap awal *workshop*, peserta menunjukkan minat kuat terhadap isu SM yang menjadi perhatian utama rumah sakit. Diskusi pembuka memungkinkan tenaga kesehatan menyampaikan tantangan riil dalam melakukan deteksi dini pasien dengan risiko metabolik, seperti keterbatasan waktu pemeriksaan dan variabilitas data klinis yang diterima.

Pemaparan materi mengenai konsep ML, K-Means, dan XGBoost mendorong interaksi aktif, terutama ketika peserta mulai memahami bahwa teknologi tersebut dapat membantu menyederhanakan proses skrining awal. Ragam kegiatan yang dilakukan meliputi presentasi interaktif, visualisasi teknik pengelompokan data, penjelasan logika klasifikasi, serta pemahaman dasar pengolahan data klinis. Antusiasme peserta terlihat saat sesi penjelasan algoritma pengelompokan. Gambar 2 menunjukkan suasana ketika peserta mengikuti penjelasan mengenai bagaimana data klinis dapat dikelompokkan menggunakan teknik K-Means.



Gambar 2. Penyampaian Materi *Machine Learning*

Simulasi sederhana menggunakan dataset NHANES menjadi salah satu bagian

yang paling menarik bagi peserta. Pada simulasi tersebut, peserta dapat melihat bagaimana data pasien dapat digolongkan ke dalam kelompok risiko tertentu, sehingga memberikan gambaran langsung mengenai potensi pemanfaatan ML dalam praktik klinis.

B. Aksi Teknis untuk Memecahkan Masalah Mitra

Aksi teknis yang dilakukan dalam program ini tidak bersifat implementatif penuh, melainkan berfokus pada pembangunan kapasitas (*capacity building*) melalui penguatan literasi digital tenaga kesehatan. Program secara langsung membantu menjawab kebutuhan mitra terkait peningkatan pemahaman terhadap teknologi diagnostik berbasis data.

Tim pengabdian memberikan contoh konkret bagaimana algoritma K-Means dapat mengidentifikasi kelompok pasien berdasarkan karakteristik tertentu, dan bagaimana XGBoost dapat membantu memperkirakan risiko metabolik berdasarkan beberapa variabel klinis. Walaupun tidak dilakukan penerapan sistem secara langsung, kegiatan ini memberikan pondasi teknis yang kuat bagi rumah sakit untuk memulai eksplorasi internal.

C. Perubahan Pengetahuan dan Kesadaran Menuju Transformasi

Hasil paling signifikan dari kegiatan ini adalah munculnya peningkatan pemahaman dan kesadaran baru di kalangan tenaga kesehatan mengenai pentingnya pendekatan berbasis teknologi dalam mendukung pekerjaan klinis. Peserta mampu menjelaskan kembali konsep pengelompokan dan klasifikasi dengan lebih percaya diri, menandakan adanya perubahan pada tingkat literasi teknologi.

Selain itu, kegiatan ini menghasilkan perubahan perilaku awal, terlihat dari kemauan peserta untuk mempertimbangkan penggunaan data klinis secara lebih sistematis. Beberapa peserta bahkan mulai mengajukan pertanyaan tentang kemungkinan integrasi model prediksi sederhana ke dalam alur kerja rumah sakit.

Program juga memunculkan figur *local leader*, yakni salah satu tenaga kesehatan yang menunjukkan inisiatif kuat dalam mempelajari konsep ML lebih dalam. Individu ini berpotensi menjadi penggerak internal bagi rumah sakit untuk mengembangkan inovasi berbasis data di masa depan.

D. Pranata Baru untuk Kolaborasi Jangka Panjang

Dampak lain dari kegiatan ini adalah terbentuknya pranata baru berupa komitmen kolaboratif antara tim pengabdian dan pihak RSUD Siti Fatimah Provisini

Sumatera Selatan. Rumah sakit menyatakan ketertarikan untuk melanjutkan kegiatan pendampingan, terutama dalam pengembangan modul lanjutan mengenai pengolahan data dan pengenalan sistem prediksi sederhana. Pranata kolaboratif ini menjadi awal yang strategis menuju transformasi sosial berbasis teknologi di lingkungan rumah sakit, karena memberikan ruang bagi tenaga kesehatan untuk terus meningkatkan kapasitas digitalnya sejalan dengan perkembangan teknologi medis.

Diskusi

Bab ini membahas dinamika pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang dilaksanakan di RSUD Siti Fatimah Provinsi Sumatera Selatan, mulai dari tahap persiapan materi, proses edukasi, interaksi peserta, hingga perubahan sosial yang mulai terbentuk. Pembahasan ini diperkuat dengan perspektif teoritik dan literatur yang relevan.

Pada tahap awal kegiatan, asesmen kebutuhan menunjukkan adanya variasi pemahaman tenaga kesehatan mengenai konsep SM, pentingnya skrining dini, dan potensi pemanfaatan teknologi kecerdasan buatan (AI) dalam mendukung proses deteksi risiko. Variasi ini merupakan fenomena yang lazim terjadi di fasilitas kesehatan yang sedang bertransisi menuju digitalisasi pelayanan, sebagaimana disampaikan oleh (Xu et al., 2023) bahwa tingkat literasi digital yang tidak merata dapat menghambat pemanfaatan teknologi inovatif. Kondisi tersebut mengonfirmasi relevansi kegiatan edukasi berbasis pendekatan komprehensif yang dilakukan dalam program ini.

Pelaksanaan kegiatan dihadiri oleh berbagai elemen strategis rumah sakit, yaitu Pelayanan Keperawatan, Kepala Instalasi Penelitian dan Publikasi, Pelayanan Penunjang Medik, Laboratorium, Komite Etik dan Hukum, Komite Etik Penelitian Kesehatan (KEPK), serta Farmasi. Keberagaman latar belakang peserta memberikan dinamika diskusi yang kaya karena masing-masing memiliki perspektif operasional dan klinis yang berbeda. Hal ini sejalan dengan pandangan (Asoka, Fathoni, Primanita, & Isa, 2025) bahwa implementasi teknologi kesehatan akan optimal apabila melibatkan multidisiplin tenaga kesehatan dalam proses pemahaman dan adaptasinya. Sesi tanya jawab berlangsung aktif, terutama ketika peserta mulai mengaitkan konsep ML dengan proses pemeriksaan klinis sehari-hari. Ilustrasi suasana diskusi ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Sesi Diskusi Interaktif Antara Tim Pengabdian dan Tenaga Kesehatan

Diskusi intensif mulai berkembang saat peserta diperkenalkan pada rancangan sistem kecerdasan buatan berbasis K-Means dan XGBoost untuk mendukung skrining risiko SM menggunakan data klinis. Peserta menunjukkan antusiasme tinggi terhadap kemungkinan penerapan metode tersebut dalam mendukung proses pengambilan keputusan klinis. Hal ini selaras dengan temuan (Asoka & Hapsari, 2025) yang menekankan bahwa tenaga kesehatan cenderung lebih menerima teknologi prediktif apabila teknologi tersebut menawarkan manfaat langsung terhadap efisiensi kerja dan akurasi diagnosis.

Para peserta juga memberikan masukan kritis terkait perlunya validasi algoritma berdasarkan data populasi lokal dan karakteristik pasien Indonesia. Selain itu, terdapat ketertarikan terhadap penjelasan mengenai penerapan teknologi visual seperti *computer vision* dalam penentuan titik *acupressure* untuk mendukung terapi pasien berisiko SM. Ketertarikan tersebut menunjukkan terbentuknya pemahaman baru bahwa teknologi tidak hanya dapat membantu proses diagnostik, tetapi juga dapat bersinergi dengan intervensi klinis, termasuk akupunktur medis.

Di sisi lain, keberagaman peserta mampu menciptakan diskusi lintas fungsi yang jarang terjadi dalam kegiatan rutin rumah sakit. Misalnya, unit Laboratorium memberikan perspektif mengenai standar pengukuran biomarker SM, sementara

KEPK dan komite etik memberikan pandangan mengenai pentingnya tata kelola data dan persetujuan etis dalam pengembangan sistem berbasis ML. Diskursus seperti ini mencerminkan munculnya kesadaran institusional terhadap pentingnya integritas data dan tata kelola etis dalam penelitian kesehatan modern.

Dari sisi perubahan sosial, kegiatan ini mulai memunculkan pola pikir baru di antara tenaga kesehatan mengenai pentingnya adopsi teknologi dalam mendukung layanan promotif dan preventif. Beberapa peserta bahkan menyampaikan kesiapan mereka untuk berkolaborasi dalam penyediaan data penelitian dan pengembangan model AI selanjutnya. Selain itu, muncul pula figur-figur internal yang terlihat proaktif dalam diskusi dan bertanya, yang dapat dikategorikan sebagai calon local champions dalam keberlanjutan program.

Foto-foto pelaksanaan yang menunjukkan antusiasme audiens semakin menegaskan dinamika positif yang tercipta selama kegiatan. Dokumentasi visual tersebut memperlihatkan keterlibatan aktif peserta ketika menyimak paparan maupun saat sesi diskusi berlangsung. Secara akademik, bukti visual seperti ini dapat memperkuat interpretasi bahwa kegiatan edukatif yang berbasis penjelasan konseptual dan demonstrasi teknologi mampu meningkatkan motivasi belajar peserta (Kostick-Quenet, Lang, Smith, Hurley, & Blumenthal-Barby, 2024)

Kegiatan pengabdian ini tidak hanya meningkatkan literasi teknologi di lingkungan RSUD Siti Fatimah Provinsi Sumatera Selatan, tetapi juga menumbuhkan ekosistem kolaboratif yang memungkinkan terjadinya inovasi berkelanjutan. Integrasi perspektif teknis informatika dan perspektif klinis dari tenaga kesehatan membuka peluang untuk mengembangkan sistem deteksi risiko SM yang lebih akurat, relevan, dan berorientasi pada kebutuhan lokal.

Kesimpulan

Kegiatan edukasi teknologi ML di RSUD Siti Fatimah Provinsi Sumatera Selatan menghasilkan peningkatan kapasitas pengetahuan dan kesadaran tenaga kesehatan terhadap potensi pemanfaatan algoritma K-Means dan XGBoost dalam mendukung skrining risiko SM. Proses pendampingan yang dilakukan melalui presentasi interaktif, visualisasi konsep, dan simulasi sederhana terbukti efektif dalam memperkuat literasi digital peserta. Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan capacity building berbasis demonstrasi teknis merupakan strategi yang tepat untuk memperkenalkan teknologi prediktif kepada tenaga kesehatan yang sebelumnya belum familiar dengan konsep ML.

Secara teoritis, kegiatan ini memperkuat temuan dalam literatur bahwa adopsi inovasi di bidang kesehatan memerlukan tahap pemahaman konseptual sebelum implementasi teknis dapat dilakukan. Peningkatan kemampuan peserta dalam menjelaskan ulang konsep pengelompokan dan klasifikasi menunjukkan bahwa tahap kognitif awal telah terpenuhi. Munculnya figur local leader juga merupakan indikator bahwa dinamika sosial internal mulai bergerak menuju pembentukan ekosistem inovasi, sebagaimana dijelaskan dalam teori difusi inovasi. Selain itu, lahirnya komitmen kolaboratif antara tim pengabdian dan pihak rumah sakit menunjukkan bahwa kegiatan ini bukan hanya berdampak pada individu, tetapi juga pada terbentuknya pranata baru untuk pengembangan kapasitas digital jangka panjang.

Berdasarkan temuan tersebut, beberapa rekomendasi dapat diajukan. Pertama, rumah sakit disarankan untuk melanjutkan program pendampingan dengan fokus pada pelatihan pengolahan data klinis menggunakan dataset internal agar peserta dapat mengembangkan kompetensi teknis yang lebih aplikatif. Kedua, perlu dibentuk kelompok kerja kecil yang dipimpin oleh local leader untuk mengkoordinasikan kegiatan literasi data dan mengevaluasi potensi penggunaan model prediksi sederhana dalam alur kerja klinis. Ketiga, kolaborasi antara tim pengabdian dan unit-unit terkait di rumah sakit perlu dipertahankan sebagai pranata keberlanjutan agar transformasi digital dapat berjalan secara bertahap, terarah, dan sesuai kebutuhan klinis.

Secara keseluruhan, kegiatan pengabdian ini memberikan fondasi penting bagi penguatan budaya digital di lingkungan RSUD Siti Fatimah. Dengan dukungan kolaboratif dan program lanjutan, rumah sakit memiliki potensi besar untuk mengembangkan inovasi berbasis data sebagai bagian dari upaya meningkatkan mutu pelayanan dan deteksi dini risiko SM.

Pengakuan/Acknowledgements

Penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih kepada RSUD Siti Fatimah Provinsi Sumatera Selatan atas dukungan, keterbukaan, serta fasilitasi yang diberikan selama pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat. Penghargaan khusus ditujukan kepada jajaran Pelayanan Keperawatan, Kepala Instalasi Penelitian dan Publikasi Kesehatan, Pelayanan Penunjang Medik, Laboratorium, Komite Etik dan Hukum, KEPK, serta Unit Farmasi yang telah berpartisipasi aktif dalam diskusi, sesi edukasi, dan penguatan literasi teknologi.

Ucapan terima kasih juga diberikan kepada seluruh peserta kegiatan yang menunjukkan antusiasme dan komitmen dalam mengikuti proses pendampingan, sehingga kegiatan ini dapat berjalan efektif dan mencapai hasil yang diharapkan. Penulis mengapresiasi kerja sama dan dukungan seluruh pihak yang terlibat, yang telah memungkinkan terbentuknya kolaborasi berkelanjutan antara tim pengabdian dan RSUD Siti Fatimah Provinsi Sumatera Selatan dalam upaya peningkatan kapasitas digital tenaga kesehatan.

Daftar Referensi

- Asoka, E., Asoka, E., Fathoni, F., Primanita, A., & Isa, I. G. T. (2025). Machine Learning Models for Metabolic Syndrome Identification with Explainable AI. *Jurnal Teknik Informatika (Jutif)*. <https://doi.org/10.52436/1.jutif.2025.6.3.4430>
- Asoka, E., & Hapsari, Y. (2025). Klasifikasi pasien hipertensi menggunakan k-means dan svm pada data sindrom metabolik, *08(01)*, 27–33.
- Avianta, N. S., Putra, D. H., Satrya, B. A., & Fuad Iqbal, M. (2025). MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science Analysis of Artificial Intelligence Implementation in the Indonesian Healthcare Sector: A Literature Review Analisis Implementasi Artificial Intelligence dalam Dunia Kesehatan Indonesia; *5(October)*, 1199–1210.
- Behkamal, B., Asgharian Rezae, F., Mansoori, A., Kolahi Ahari, R., Mahmoudi Shamsabad, S., Esmaeilian, M. R., ... Ghayour-Mobarhan, M. (2025). A machine learning-based framework for predicting metabolic syndrome using serum liver function tests and high-sensitivity C-reactive protein. *Scientific Reports*. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-06723-1>
- Driyah, S., Oemiati, R., Rustika, R., & Nova, S. H. (2019). Prediktor Sindrom Metabolik : Studi Kohor Prospektif Selama. *Media Litbangkes*.
- Kostick-Quenet, K., Lang, B. H., Smith, J., Hurley, M., & Blumenthal-Barby, J. (2024). Trust criteria for artificial intelligence in health: Normative and epistemic considerations. *Journal of Medical Ethics*. <https://doi.org/10.1136/jme-2023-109338>
- Lovelie Sukamtini, Yoke Pribadi Kornarius, Angela Caroline, A. G. (2025). Membangun Budaya Inovasi Digital: Studi Kasus Pelatihan Teknologi Di Rumah Sakit Swasta. *Media Bina Ilmiah*, *32(3)*, 167–186.
- Nedyalkova, M., Madurga, S., & Simeonov, V. (2021). Combinatorial k-means clustering as a machine learning tool applied to diabetes mellitus type 2. *International Journal of Environmental Research and Public Health*.

<https://doi.org/10.3390/ijerph18041919>

- Romero-Saldaña, M., Fuentes-Jiménez, F. J., Vaquero-Abellán, M., Álvarez-Fernández, C., Molina-Recio, G., & López-Miranda, J. (2016). New non-invasive method for early detection of metabolic syndrome in the working population. *European Journal of Cardiovascular Nursing*. <https://doi.org/10.1177/1474515115626622>
- Shin, D. (2024). Prediction of metabolic syndrome using machine learning approaches based on genetic and nutritional factors: a 14-year prospective-based cohort study. *BMC Medical Genomics*. <https://doi.org/10.1186/s12920-024-01998-1>
- Xu, W., Zhang, Z., Hu, K., Fang, P., Li, R., Kong, D., ... Xue, Y. (2023). Identifying metabolic syndrome easily and cost effectively using non-invasive methods with machine learning models. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity*. <https://doi.org/10.2147/DMSO.S413829>
- Xue, Y., Song, M., Ung, C. O. L., & Hu, H. (2025). Using unsupervised machine learning methods to cluster cardio-metabolic profile of the middle-aged and elderly Chinese with general and central obesity. *BMC Cardiovascular Disorders*. <https://doi.org/10.1186/s12872-025-05157-x>
- Zheng, J., Zhang, Z., Wang, J., Zhao, R., Liu, S., Yang, G., ... Deng, Z. (2023). Metabolic syndrome prediction model using Bayesian optimization and XGBoost based on traditional Chinese medicine features. *Heliyon*. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22727>