

**PREDIKSI DINI BATU EMPEDU BERBASIS BIOIMPEDANSI DAN DATA
LABORATORIUM MENGGUNAKAN *MACHINE LEARNING*
TEROPTIMASI**



TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Komputer (M.Kom)

KIRSO

14230033

Program Studi Ilmu Komputer (S2)

Fakultas Teknologi Informasi

Universitas Nusa Mandiri

Jakarta

2025

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS DAN DAN BEBAS PLAGIARISME

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Kirso
NIM : 14230033
Program Studi : Ilmu Komputer
Fakultas : Teknologi Informasi
Jenjang : Strata Dua (S2)
Peminatan : *Software Engineering & Data Science*

Dengan ini menyatakan bahwa tesis yang telah saya buat dengan judul: **“Prediksi Dini Batu Empedu Berbasis Bioimpedansi Dan Data Laboratorium Menggunakan *Machine Learning* Teroptimasi”** adalah hasil karya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar, serta belum pernah diterbitkan atau dipublikasikan di mana pun dan dalam bentuk apapun.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Apabila dikemudian hari ternyata saya memberikan keterangan palsu dan atau ada pihak lain yang mengklaim bahwa tesis yang telah saya buat adalah hasil karya milik seseorang atau badan tertentu, saya bersedia diproses baik secara pidana maupun perdata dan kelulusan saya dari Program Studi Ilmu Komputer (S2) Fakultas Teknologi Informasi Universitas Nusa Mandiri dicabut/dibatalkan.

Jakarta, 5 Januari 2026



Kirso

**SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Kirso
NIM : 14230033
Program Studi : Ilmu Komputer
Fakultas : Teknologi Informasi
Jenjang : Strata Dua (S2)
Peminatan : *Software Engineering & Data Science*
Jenis Karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, dengan ini menyetujui untuk memberikan izin kepada pihak Program Studi Ilmu Komputer (S2) Fakultas Teknologi Informasi Universitas Nusa Mandiri, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul: **“Prediksi Dini Batu Empedu Berbasis Bioimpedansi Dan Data Laboratorium Menggunakan *Machine Learning* Teroptimasi”** beserta perangkat yang diperlukan (apabila ada).

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini, pihak Universitas Nusa Mandiri berhak menyimpan, mengalih-media atau bentuk-kan, mengelolanya dalam pangkalan data (database), mendistribusikannya dan menampilkan atau mempublikasikannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta karya ilmiah tersebut.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Universitas Nusa Mandiri, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 5 Januari 2026



Kirso

HALAMAN PERSETUJUAN DAN PENGESAHAN TESIS

Tesis ini diajukan oleh:

Nama : Kirso
NIM : 14230033
Program Studi : Ilmu Komputer
Jenjang : Strata Dua (S2)
Konsentrasi : *Software Engineering & Data Science*
Judul Tesis : Prediksi Dini Batu Empedu Berbasis Bioimpedansi Dan Data Laboratorium Menggunakan Machine Learning Teroptimasi

Telah dipertahankan pada periode 2025-2 dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Ilmu Komputer (M.Kom) pada Program Studi Ilmu Komputer (S2) Fakultas Teknologi Informasi Universitas Nusa Mandiri.

Jakarta, 03 Februari 2026

PEMBIMBING TESIS

Pembimbing I : Zico Pratama Putra , S.T., M.Sc., PhD



DEWAN PENGUJI

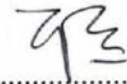
Penguji I : Prof. . Agus Subekti, M.T.



Penguji II : Dr. Muhammad Haris, S.Kom.,
M.Eng.



Penguji III /
Pembimbing I : Zico Pratama Putra , S.T., M.Sc., PhD



**LEMBAR BIMBINGAN TESIS****UNIVERSITAS NUSA MANDIRI**

NIM : 14230033
Nama Lengkap : Kirso
Dosen Pembimbing : Zico Pratama Putra, S.T., M. Sc., PhD
Judul Tesis : Prediksi Dini Batu Empedu Berbasis Bioimpedansi Dan Data Laboratorium Menggunakan *Machine Learning* Teroptimasi

No	Tanggal Bimbingan	Pokok Bahasan	Paraf Dosen Pembimbing
1	11 September 2025	Pengajuan Judul dan Pengajuan Bab I	
2	13 September 2025	Revisi Bab I dan Pengajuan Bab II	
3	02 Oktober 2025	Revisi Bab II dan Pengajuan Bab III	
4	05 Oktober 2025	Revisi Bab III	
5	19 Oktober 2025	Revisi Bab III dan Pengajuan Bab IV	
6	26 Desember 2025	Revisi Bab IV	
7	29 Desember 2025	Revisi Bab IV dan Pengajuan Bab V	
8	02 Januari 2026	Acc Keseluruhan	

Catatan untuk dosen pembimbing
Bimbingan Tesis

- Dimulai pada tanggal : 11 September 2025
- Diakhiri pada tanggal : 02 Januari 2026
- Jumlah pertemuan bimbingan : 8 (delapan) kali bimbingan

Disetujui oleh,
Dosen Pembimbing

(Zico Pratama Putra, S.T., M. Sc., PhD)

KATA PENGANTAR

Puji syukur alhamdulillah, penulis panjatkan kehadirat Allah, SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan laporan tesis ini tepat pada waktunya. Dimana laporan tesis ini penulis sajikan dalam bentuk buku yang sederhana. Adapun judul tesis, yang penulis ambil sebagai berikut “Prediksi Dini Batu Empedu Berbasis Bioimpedansi Dan Data Laboratorium Menggunakan *Machine Learning* Teroptimasi”.

Tesis ini membahas pengembangan sebuah model prediksi dini untuk mendeteksi keberadaan batu empedu dengan memanfaatkan kombinasi data bioimpedansi (sebagai parameter non-invasif) dan data laboratorium klinis, yang kemudian diolah menggunakan teknik *Machine Learning* Teroptimasi. Inovasi ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam diagnosis medis, khususnya dalam menyediakan alat skrining yang cepat, akurat, dan minim invasif.

Dalam proses penyelesaian tesis ini, penulis tidak hanya melakukan riset dan implementasi model secara mendalam, tetapi juga melakukan kajian komprehensif dari berbagai sumber referensi, termasuk jurnal ilmiah, literatur, dan sumber data digital lainnya yang relevan dengan bidang *Bioinformatika*, *Machine Learning*, dan Kedokteran.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyelesaian laporan tesis ini tidak mungkin tercapai tanpa bantuan, bimbingan, dan dukungan moral maupun materiil dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Rektor Universitas Nusa Mandiri, atas izin dan fasilitas yang diberikan selama masa studi penulis.
2. Wakil Rektor I Bidang Akademik Universitas Nusa Mandiri, atas kebijakan dan dukungan di bidang akademik.
3. Dekan Fakultas Teknologi Informasi Universitas Nusa Mandiri, atas dukungan dan arahan dalam kelancaran proses studi di Fakultas.
4. Ketua Program Studi Ilmu Komputer (S2), atas bimbingan dan seluruh fasilitas yang disediakan selama penulis menempuh pendidikan Magister.

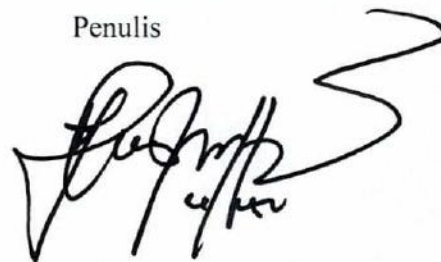
5. Bapak Zico Pratama Putra, S.T., M. Sc., PhD selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, pikiran dan tenaga dalam membimbing penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
6. Seluruh Dosen Program Studi Ilmu Komputer (S2) Fakultas Teknologi Informasi Universitas Nusa Mandiri, yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang sangat berarti dan membekali penulis selama masa perkuliahan.
7. Direktur Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Prof. Dr. Margono Soekarjo Purwokerto, atas izin dan kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk melakukan penelitian dan pengambilan data yang krusial bagi tesis ini.
8. Kepala Bagian Diklat, Kepala Sub Bagian Rekam Medis, dan seluruh staf di lingkungan RSUD Prof. Dr. Margono Soekarjo Purwokerto, atas bantuan dan kerja sama yang baik dalam memfasilitasi kebutuhan data penelitian.
9. Orang tua tercinta, atas doa tak henti, dukungan material dan moral yang tak terhingga, serta pengorbanan yang menjadi sumber kekuatan utama bagi penulis dalam menyelesaikan studi.
10. Seluruh staf di lingkungan Universitas Nusa Mandiri, atas pelayanan yang ramah dan memadai yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh perkuliahan.

Serta semua pihak yang terlalu banyak untuk penulis sebutkan satu persatu sehingga terwujudnya penulisan laporan tesis ini. Penulis menyadari bahwa penulisan laporan tesis ini masih jauh sekali dari sempurna, untuk itu penulis mohon kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan karya ilmiah di masa yang akan datang.

Akhir kata semoga laporan tesis ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi para pembaca yang berminat pada umumnya.

Jakarta, 5 Januari 2026

Penulis

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Kirso', written in a cursive style with a large flourish at the end.

Kirso

ABSTRAK

Nama : Kirso
NIM : 14230033
Program Studi : Ilmu Komputer
Fakultas : Teknologi Informasi
Jenjang : Strata Dua (S2)
Peminatan : Software Engineering & Data Science
Judul Tesis : Prediksi Dini Batu Empedu Berbasis Bioimpedansi Dan Data Laboratorium Menggunakan *Machine Learning* Teroptimasi

Penyakit batu empedu (kolelitiasis) merupakan gangguan gastrointestinal yang sering bersifat asimtomatik pada tahap awal, namun berisiko menimbulkan komplikasi serius jika tidak terdeteksi. Penelitian ini mengembangkan kerangka kerja *machine learning* teroptimasi untuk prediksi dini non-invasif menggunakan data bioimpedansi dan pemeriksaan laboratorium rutin. *Dataset* publik UCI Gallstone digabungkan dengan data rumah sakit lokal dan diperkaya melalui *feature engineering* untuk membentuk fitur komposit bermakna secara klinis, seperti rasio lipid, indeks komposisi tubuh, skor komorbiditas, dan laju filtrasi glomerulus. Tujuh model klasifikasi dioptimasi menggunakan *Random Search* dan dievaluasi melalui skema *holdout* (80:20) serta 10 *fold stratified cross-validation*. Hasil evaluasi menunjukkan ANN teroptimasi mencapai akurasi 91,19%, recall 95,65%, dan ROC-AUC 0,979, sementara *Random Forest* teroptimasi memperoleh AUC tertinggi 0,982. Analisis interpretabilitas menggunakan SHAP mengidentifikasi jenis kelamin, *total body water*, hemoglobin, serta rasio lipid sebagai prediktor utama. Temuan ini menunjukkan potensi pendekatan sebagai sistem pendukung keputusan klinis yang akurat dan hemat biaya untuk skrining dini batu empedu.

Kata kunci: Penyakit Batu Empedu, Pembelajaran Mesin, Optimasi Hiperparameter, Bioimpedansi, Rekayasa Fitur, Interpretabilitas SHAP, Prediksi Dini

UNIVERSITAS
NUSA MANDIRI

ABSTRACT

Name : Kirso
NIM : 14230033
Study of Program : Computer Science
Faculty : Information Technology
Levels : Master Degree (S2)
Concentration : Software Engineering & Data Science
Title : Early Prediction of Gallstone Disease Using Optimized Machine Learning Models on Bioimpedance and Laboratory Data

Gallstone disease (cholelithiasis) is often asymptomatic in its early stages but may lead to serious complications if undetected. This study proposes an optimized machine learning framework for non-invasive early prediction using bioimpedance and routine laboratory data. A public UCI Gallstone dataset was combined with local hospital data and enhanced through feature engineering to generate clinically meaningful composite features, including lipid ratios, body composition indices, comorbidity score, and glomerular filtration rate. Seven classification models were optimized using Random Search and evaluated with an 80:20 holdout scheme and 10-fold stratified cross-validation. The optimized ANN achieved 91.19% accuracy, 95.65% recall, and a ROC-AUC of 0.979, while the optimized Random Forest attained the highest AUC (0.982). SHAP analysis identified gender, total body water, hemoglobin, and lipid ratios as key predictors. These results demonstrate the potential of the proposed approach as an accurate and cost-effective clinical decision support tool for early gallstone screening.

Keywords: Gallstone Disease, Machine Learning, Hyperparameter Optimization, Bioimpedance, Feature Engineering, SHAP Interpretability, Early Prediction

UNIVERSITAS
NUSA MANDIRI

DAFTAR REFERENSI

- [1] C. Chakraborty and N. Mukherjee, "Bayesian Hybrid Machine Learning of Gallstone Risk," pp. 1–25, 2025, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2506.14561>
- [2] M. W. Jones, C. B. Weir, and M. Marietta, "Gallstones (Cholelithiasis)," in *StatPearls [Internet]*, Updated 20., Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2025. [Online]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459370/>
- [3] C. Calolus, "Batu Empedu (Tidak) Perlu Dioperasi?" Accessed: Sep. 01, 2025. [Online]. Available: <https://rscarolus.or.id/artikel/batu-empedu-tidak-perlu-dioperasi/>
- [4] I. Esen, H. Arslan, S. Akturk Esen, M. Gulsen, N. Kultekin, and O. Ozdemir, "Early prediction of gallstone disease with a machine learning-based method from bioimpedance and laboratory data," *Med. (United States)*, vol. 103, no. 8, p. E37258, 2024, doi: 10.1097/MD.00000000000037258.
- [5] Y. Wang *et al.*, "Establishing a preoperative predictive model for gallbladder adenoma and cholesterol polyps based on machine learning: a multicentre retrospective study," *World J. Surg. Oncol.*, vol. 23, no. 1, 2025, doi: 10.1186/s12957-025-03671-y.
- [6] S. M. Abdu and E. M. Assefa, "Prevalence of gallstone disease in Africa: a systematic review and meta-analysis," *BMJ Open Gastroenterol.*, vol. 12, no. 1, pp. 1–8, 2025, doi: 10.1136/bmjgast-2024-001441.
- [7] Y. Miyah, M. Benjelloun, H. El Omari, K. El-Mouhdi, and M. El Feniche, "Recent investigation of the medicinal plants' effectiveness in the natural management of urinary and gallstones: a review," *Phytomedicine Plus*, vol. 5, no. 3, 2025, doi: 10.1016/j.phyplu.2025.100839.
- [8] M. C. Staff, "Gallstones - Symptoms & causes - Mayo Clinic." Accessed: Sep. 04, 2025. [Online]. Available: <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/gallstones/symptoms-causes/syc-20354214>
- [9] G. P. K. Bali, B. Singh, M. Ashraf, and T. Kamalanathan, "Factors prevailing for gallstone formation," in *Gallstone Formation, Diagnosis, Treatment and Prevention*, Elsevier, 2024, pp. 39–50. doi: 10.1016/B978-0-443-16098-1.00005-9.

- [10] “Gallstones - NIDDK.” Accessed: Sep. 04, 2025. [Online]. Available: <https://www.niddk.nih.gov/health-information/digestive-diseases/gallstones>
- [11] “Definition & Facts for Gallstones - NIDDK.” Accessed: Sep. 04, 2025. [Online]. Available: <https://www.niddk.nih.gov/health-information/digestive-diseases/gallstones/definition-facts?>
- [12] R. Hasan, F. Allahbakhshi, A. D. Shlyk, and K. Allahbakhshi, “Gallstones as a predictor of elevated cardiovascular disease risk: A meta-analysis and meta-regression of over 7.4 million participants,” *PLoS One*, vol. 20, no. 3, p. e0314661, Mar. 2025, doi: 10.1371/journal.pone.0314661.
- [13] W. Y. Dan, Y. S. Yang, L. H. Peng, G. Sun, and Z. K. Wang, “Gastrointestinal microbiome and cholelithiasis: Current status and perspectives,” *World J. Gastroenterol.*, vol. 29, no. 10, pp. 1589–1601, 2023, doi: 10.3748/wjg.v29.i10.1589.
- [14] H. Li *et al.*, “The gut microbiota features and the application value in predicting recurrent risks for gallstone patients who underwent laparoscopic cholecystectomy,” *mSystems*, vol. 10, no. 8, 2025, doi: 10.1128/msystems.01760-24.
- [15] Z. Wu, S. Jiang, J. Li, P. Wang, and Y. Chen, “Association between urinary cadmium levels and increased gallstone disease in US adults,” *Sci. Rep.*, vol. 15, no. 1, pp. 1–11, 2025, doi: 10.1038/s41598-025-00648-5.
- [16] J. Wang *et al.*, “The association between blood heavy metals and gallstones: A cross-sectional study,” *Sci. Total Environ.*, vol. 904, p. 166735, Dec. 2023, doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.166735.
- [17] Q. Zhuang *et al.*, “Association between sleep and gallstone disease in United States adults: A cross-sectional study,” *BMC Public Health*, vol. 24, no. 1, p. 3291, Nov. 2024, doi: 10.1186/s12889-024-20824-y.
- [18] S. Hosseini, A. Asadizeidabadi, E. Tarabrin, S. Muraviev, and D. Orlushin, “Asymptomatic Cholecystitis Presents a New Challenge for Correcting Treatment Tactics in Patients with Gallstone Disease Rather Than Being an Unsolvably Problem of Biliary Surgery,” *Am. J. Intern. Med.*, vol. 12, no. 3, pp. 26–32, 2024, doi: 10.11648/j.ajim.20241203.11.
- [19] M. S. Ul Hassan *et al.*, “Prevalence and Associated Risk Factors of Acute Pancreatitis in Patients With Gallstones: A Cross-Sectional Study,” *Cureus*,

- May 2025, doi: 10.7759/cureus.84220.
- [20] Y. Saiman, “Batu empedu - Gangguan Hati dan Kandung Empedu - Manual MSD Versi Konsumen.” Accessed: Sep. 04, 2025. [Online]. Available: <https://www.msmanuals.com/id/home/gangguan-hati-dan-kandung-empedu/gangguan-kandung-empedu-dan-saluran-empedu/batu-empedu>
- [21] A. R. Amaliya *et al.*, “Komplikasi Kolesistitis : Empiema dan Hidrops Kandung Empedu,” *Unram Med. J.*, vol. 12, no. 4, pp. 429–433, 2023, doi: 10.29303/jku.v12i4.985.
- [22] M. Matan, “Analisis Bioimpedansi | Aplikasi dan Penggunaannya.” Accessed: Sep. 04, 2025. [Online]. Available: <https://www.electricity-magnetism.org/id/analisis-bioimpedansi-aplikasi-dan-penggunaannya/>
- [23] X. Wen *et al.*, “Clinlabomics: leveraging clinical laboratory data by data mining strategies,” *BMC Bioinformatics*, vol. 23, no. 1, pp. 1–20, 2022, doi: 10.1186/s12859-022-04926-1.
- [24] I. S. Maesaroh, K. N. Syaja’Ah, Y. S. Perkasa, S. Hadianti, D. Riana, and R. R. Nurmalasari, “Cervical Cancer Classification From Pap Smear Using Xception Model,” in *2024 10th International Conference on Wireless and Telematics (ICWT)*, IEEE, Jul. 2024, pp. 1–5. doi: 10.1109/ICWT62080.2024.10674721.
- [25] H. D. Saputra, A. I. E. Efendi, E. Rudini, D. Riana, and A. S. Hewiz, “Segmentation in Identifying the Development of Ground Glass Opacity on CT-Scan Images of the Lungs,” *J. Med. Informatics Technol.*, pp. 1–6, 2023, doi: 10.37034/medinftech.v1i1.1.
- [26] W. Dirsam and M. D. Anasanti, “Improving Obesity Classification with Advanced Machine Learning and Feature Selection Methods,” *Int. J. Intell. Eng. Syst.*, vol. 18, no. 7, pp. 373–387, Aug. 2025, doi: 10.22266/ijies2025.0831.26.
- [27] K. Kirso and M. D. Anasanti, “Telematika Improving Alzheimer ’ s Disease Prediction Accuracy using Feature Selection , K Fold Cross Validation , and KNN Imputer Techniques,” *Telematika*, vol. 18, no. 1, pp. 75–90, 2025, [Online]. Available: <https://ejournal.amikompurwokerto.ac.id/index.php/telematika/article/view/3055>
- [28] Mahendra and M. D. Anasanti, “Comprehensive Machine Learning Model for

- Cervical Cancer Prediction and Risk Factor Identification,” *Hum. Behav. Emerg. Technol.*, vol. 2025, no. 1, 2025, doi: 10.1155/hbe2/6629232.
- [29] S. Agustiani and Y. Rianto, “Deep Learning for Histopathological Image Analysis: A Convolutional Neural Network Approach to Colon Cancer Classification,” *Telematika*, vol. 17, no. 1, pp. 39–51, 2024, doi: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v15i2.141580>.
- [30] N. Merlina, A. Prasetyo, I. Zuniarti, N. A. Mayangky, D. N. Sulistyowati, and F. Aziz, “Improving Early Detection of Cervical Cancer Through Deep Learning-Based Pap Smear Image Classification,” *J. Appl. Data Sci.*, vol. 6, no. 2, pp. 969–980, 2025, doi: 10.47738/jads.v6i2.576.
- [31] R. L. Hasanah, Y. Rianto, and D. Riana, “Identification of Acne Vulgaris Type in Facial Acne Images Using GLCM Feature Extraction and Extreme Learning Machine Algorithm,” *Rekayasa*, vol. 15, no. 2, pp. 204–214, 2022, doi: 10.21107/rekayasa.v15i2.14580.
- [32] M. Mahendra, J. Jumadi, and D. Riana, “Cervical Cancer Papsmear Classification through Meta-Learning Technique using Convolution Neural Networks,” *J. Med. Informatics Technol.*, pp. 105–108, 2023, doi: 10.37034/medinftech.v1i4.23.
- [33] N. Merlina, E. Noersasongko, P. N. Andono, M. Arief Soeleman, and D. Riana, “Optimization of the Preprocessing Method for Edge Detection on Overlapping Cells at PAP Smear Images,” *Int. J. Informatics Vis.*, vol. 7, no. 2, pp. 471–476, 2023, doi: 10.30630/joiv.7.2.1329.
- [34] A. M. Obaid, A. Turki, H. Bellaaj, and M. Ksantini, “Diagnosis of Gallbladder Disease Using Artificial Intelligence: A Comparative Study,” *Int. J. Comput. Intell. Syst.*, vol. 17, no. 1, 2024, doi: 10.1007/s44196-024-00431-w.
- [35] G. Shao *et al.*, “Machine learning models based on dietary data to predict gallstones: NHANES 2017-2020,” 2024, [Online]. Available: <https://www.researchsquare.com/article/rs-4508424/v1>
- [36] N. M. Salem *et al.*, “Machine and deep learning identified metabolites and clinical features associated with gallstone disease,” *Comput. Methods Programs Biomed. Updat.*, vol. 3, no. May, p. 100106, 2023, doi: 10.1016/j.cmpbup.2023.100106.
- [37] E. Mena-Camilo, S. Salazar-Colores, M. A. Aceves-Fernández, E. E. Lozada-

- Hernández, and J. M. Ramos-Arreguín, “Non-Invasive Prediction of Cholelithiasis Using 1D Convolutional Neural Networks and Clinical Data,” *Diagnostics*, vol. 14, no. 12, pp. 1–14, 2024, doi: 10.3390/diagnostics14121278.
- [38] K. Sun *et al.*, “Convolutional neural network for identifying common bile duct stones based on magnetic resonance cholangiopancreatography,” *Clin. Radiol.*, vol. 79, no. 7, pp. 553–558, 2024, doi: 10.1016/j.crad.2024.02.018.
- [39] J. Blum, S. Hunn, J. Smith, F. Y. Chan, and R. Turner, “Using artificial intelligence to predict choledocholithiasis: can machine learning models abate the use of <sc>MRCP</sc> in patients with biliary dysfunction?,” *ANZ J. Surg.*, vol. 94, no. 7–8, pp. 1260–1265, Jul. 2024, doi: 10.1111/ans.18950.
- [40] S. N. . T. Steinway Bohao; Telezing, Jeremy; Ashok, Aditya; Kamal, Ayesha; Yu, Chung Yao; Jagtap, Nitin; Buxbaum, James L.; Elmunzer, Joseph; Wani, Sachin B.; Khashab, Mouen A.; Caffo, Brian S.; Akshintala, Venkata S., “A machine learning-based choledocholithiasis prediction tool to improve ERCP decision making: a proof-of-concept study,” *Endoscopy*, vol. 56, no. 03, pp. 165–171, 2023, doi: 10.1055/a-2174-0534.
- [41] Y. Wu, D. Li, and S. H. Vermund, “Advantages and Limitations of the Body Mass Index (BMI) to Assess Adult Obesity,” 2024.
- [42] S. Liu, Y. Feng, Q. Zhang, J. Lu, N. Li, and Y. Liu, “Comparison of the Watson formula and bioimpedance spectroscopy for measuring body volume and calculating kt / V in patients with peritoneal dialysis,” *Ren. Fail.*, vol. 46, no. 1, p., 2024, doi: 10.1080/0886022X.2024.2313360.
- [43] J. Kwaśna, W. Jerzy, C. Aleksander, and K. Alina, “The quest for optimal ketamine dosing formula in treatment-resistant major depressive disorder,” pp. 1318–1324, 2024.
- [44] P. Delanaye, H. Pottel, E. Cavalier, M. Flamant, and T. Stehlé, “Diagnostic standard : assessing glomerular filtration rate,” no. November 2023, pp. 1088–1096, 2024, doi: 10.1093/ndt/gfad241.
- [45] D. Zhou, X. Liu, K. Lo, Y. Huang, and Y. Feng, “The effect of total cholesterol / high-density lipoprotein cholesterol ratio on mortality risk in the general population,” no. December, pp. 1–9, 2022, doi: 10.3389/fendo.2022.1012383.
- [46] A. Yakut, “Retrospective cohort evaluation study in terms of cardiovascular and

- metabolic diseases in chronic hepatitis B patients,” no. October, pp. 1–10, 2024, doi: 10.3389/fendo.2024.1426196.
- [47] Z. Wu *et al.*, “Serum LDL - C / HDL - C ratio and the risk of carotid plaques : a longitudinal study,” *BMC Cardiovasc. Disord.*, pp. 1–9, 2022, doi: 10.1186/s12872-022-02942-w.
- [48] T. Sun *et al.*, “Predictive value of LDL / HDL ratio in coronary atherosclerotic heart disease,” *BMC Cardiovasc. Disord.*, pp. 1–11, 2022, doi: 10.1186/s12872-022-02706-6.
- [49] C. E. Kosmas *et al.*, “The Triglyceride / High-Density Lipoprotein Cholesterol (TG / HDL-C) Ratio as a Risk Marker for Metabolic Syndrome and Cardiovascular Disease,” 2023.
- [50] P. P, “Mastering Hyperparameter Tuning in Computer Vision,” <https://blog.roboflow.com/>. Accessed: Sep. 05, 2025. [Online]. Available: <https://blog.roboflow.com/what-is-hyperparameter-tuning/>
- [51] C. V. Mederos-torres *et al.*, “Triglyceride / high-density cholesterol ratio as a predictor of cardiometabolic risk in young population,” no. July, 2024, doi: 10.25122/jml-2024-0117.
- [52] M. Liu *et al.*, “Predicted fat mass and lean mass in relation to all-cause and cause-specific mortality,” no. November 2021, pp. 1064–1075, 2022, doi: 10.1002/jcsm.12921.
- [53] J. Tang, X. Cai, A. Liu, N. Yu, and S. Wang, “Association between predicted fat mass , predicted lean mass , predicted percent fat and type 2 diabetes mellitus in Japanese adults : a retrospective study,” *BMC Endocr. Disord.*, pp. 1–10, 2024, doi: 10.1186/s12902-024-01579-4.
- [54] J. Schierbauer *et al.*, “Acute Fluid Intake Impacts Assessment of Body Composition via Bioelectrical Impedance Analysis . A Randomized , Controlled Crossover Pilot Trial,” 2023.
- [55] S. Okano, H. Nishizawa, J. Yui, and A. Nakamura, “Impact of body fat , body water content , and skeletal muscle mass index on peak salivary lactate levels after squat jump exercise in healthy non - athlete adult males,” *BMC Sports Sci. Med. Rehabil.*, vol. 6, pp. 1–6, 2022, doi: 10.1186/s13102-022-00482-6.
- [56] S. Priyanka and D. Morkar, “AST / ALT Ratio as an indicator of functional severity in chronic heart failure with reduced left ventricular ejection fraction :

- A prospective cross-sectional study,” *Indian Heart J.*, vol. 76, no. 3, pp. 202–206, 2024, doi: 10.1016/j.ihj.2024.06.004.
- [57] Y. Gorishniy and I. Rubachev, “On Embeddings for Numerical Features in Tabular Deep Learning,” no. NeurIPS, 2022.
- [58] A. Gicic and D. Đonko, “Time Sequence Deep Learning Model for Ubiquitous Tabular Data with Unique 3D Tensors Manipulation,” 2024.
- [59] A. F. Hadi, A. F. Zulva, M. L. Hakim, M. D. Saputra, and H. Sadiyah, “Implementasi Explainable Machine Learning: Visualisasi Global Explainability and Local Interpretability pada Analisis Sentimen dengan SHAP dan LIME,” *BIAStatistics J. Stat. Teor. dan Apl. Biomed. Ind. Bus. Soc. Stat.*, vol. 17, no. 1, pp. 1–18, 2023, [Online]. Available: <https://biastatistics.statistics.unpad.ac.id/?journal=biastatistics&page=article&op=view&path%5B%5D=219>
- [60] M. U. Usman and A. Hidayat, “Algoritma Shapley Additive Explanations untuk Analisis Kejadian Rawan Pangan Rumah Tangga di Kalimantan Barat,” *Pros. Semin. Has. Penelit. dan Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 7, no. 1, pp. 76–81, 2024, doi: 10.47767/sehati_abdimas.v7i1.926.
- [61] S. Muliani, B. Sukma Negara, M. Irsyad, I. Iskandar, and J. Teknik Informatika, “Application of Shapley Additive Explanations (SHAP) in Deep Learning for Lung Disease Detection Using X-ray Images,” *J. Artif. Intell. Softw. Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 709–719, 2025, doi: 10.30811/jaise.v5i2.7044.
- [62] M. T. Syamkalla, S. Khomsah, and Y. S. R. Nur, “Implementasi Algoritma Catboost Dan Shapley Additive Explanations (SHAP) Dalam Memprediksi Popularitas Game Indie Pada Platform Steam,” *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 11, no. 4, pp. 777–786, 2024, doi: 10.25126/jtiik.1148503.
- [63] K. M. F. Fuhad, J. F. Tuba, M. R. A. Sarker, S. Momen, N. Mohammed, and T. Rahman, “Deep learning based automatic malaria parasite detection from blood smear and its smartphone based application,” *Diagnostics*, vol. 10, no. 5, May 2020, doi: 10.3390/diagnostics10050329.
- [64] A. Bozdog, M. Yildirim, M. Karaduman, H. B. Mutlu, G. Karaduman, and A. Aksoy, “Detection of Gallbladder Disease Types Using a Feature Engineering-Based Developed CBIR System,” pp. 1–15, 2025.