



SISTEMATISASI PENERAPAN MACHINE LEARNING DALAM PREDIKSI RISIKO KEBANGKRUTAN PERUSAHAAN: SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

Meli Apriani

Program Studi Akuntansi, Universitas Teknologi Sumbawa

Emya Satira

Program Studi Akuntansi, Universitas Teknologi Sumbawa

Dwi Wulan Sari

Program Studi Akuntansi, Universitas Teknologi Sumbawa

Jusma Wati

Program Studi Akuntansi, Universitas Teknologi Sumbawa

Meti Afriyanti

Program Studi Akuntansi, Universitas Teknologi Sumbawa

Sudrajat Martadinata

Universitas Teknologi Sumbawa

Korespondensi penulis: aprianimeli7@gmail.com¹, emyasatira@gmail.com²,
dwiwulasari3001@gmail.com³, wati7898@gmail.com⁴, afrimety@gmail.com⁵,
sudrajat.martadinata@uts.ac.id⁶

Abstract. *This study aims to systematize the development of machine learning applications for predicting corporate bankruptcy risk using a PRISMA-based Systematic Literature Review (SLR). A total of 17 articles published between 2015 and 2025 were analyzed to map research trends, compare algorithm performance, and evaluate the role of financial and non-financial data in prediction models. The findings indicate a clear shift from traditional statistical approaches toward machine learning algorithms such as SVM, Random Forest, ANN, and Deep Neural Networks, which consistently demonstrate higher accuracy across various countries and industries. The integration of Natural Language Processing (NLP), particularly annual report text analysis using BERT, enhances early detection of financial distress. However, challenges remain, including imbalanced data, overfitting risks, and limited model interpretability. These insights contribute to the development of more adaptive bankruptcy prediction models and highlight the importance of incorporating Explainable AI (XAI) to improve model transparency and reliability.*

Keywords: *machine learning, bankruptcy prediction, financial distress, NLP, deep learning, SLR, XAI.*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan mensistematiskan perkembangan penerapan machine learning dalam memprediksi risiko kebangkrutan perusahaan melalui pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) berbasis PRISMA 2020. Sebanyak 17 artikel terbitan 2015–2025 dianalisis untuk memetakan tren penelitian, membandingkan performa algoritma, dan menilai kontribusi data keuangan maupun nonkeuangan dalam model prediksi. Hasil kajian menunjukkan pergeseran yang kuat dari model statistik klasik menuju algoritma machine learning seperti SVM, Random Forest, ANN, dan Deep Neural Network, yang terbukti memberikan akurasi lebih tinggi pada berbagai konteks negara dan industri. Integrasi *Natural Language Processing* (NLP), khususnya analisis teks laporan tahunan menggunakan model BERT, terbukti meningkatkan kemampuan deteksi dini *financial distress*. Meski demikian, tantangan seperti *imbalanced data*, risiko

overfitting, dan keterbatasan interpretabilitas model masih menjadi isu penting. Temuan ini memberikan kontribusi dalam pengembangan model prediksi kebangkrutan yang lebih adaptif dan mendorong pemanfaatan *Explainable AI* (XAI) untuk meningkatkan transparansi dan keandalan model.

Kata Kunci: *machine learning, prediksi kebangkrutan, financial distress, NLP, deep learning, SLR, XAI.*

PENDAHULUAN

Kebangkrutan perusahaan merupakan salah satu fenomena paling krusial dalam bidang ekonomi, akuntansi, dan keuangan karena berdampak langsung terhadap stabilitas sistem bisnis serta keseimbangan ekonomi nasional. Kegagalan perusahaan tidak hanya menimbulkan kerugian bagi pemegang saham dan kreditor, tetapi juga berpotensi mengganggu rantai pasok, memicu pengangguran, serta menurunkan penerimaan pajak negara. Kondisi tersebut menjadikan kemampuan mendeteksi risiko kebangkrutan sejak dini sebagai aspek penting dalam proses pengambilan keputusan manajerial, kebijakan perbankan, dan kebijakan fiskal (Hamdi et al., 2024; Clement et al., 2022).

Sejak model klasik Altman Z-Score diperkenalkan pada tahun 1968, upaya untuk mengembangkan model prediksi kebangkrutan telah mengalami evolusi yang signifikan. Model berbasis statistik seperti multiple discriminant analysis dan logistic regression memberikan dasar analitis yang kuat, namun mengasumsikan hubungan linier antarvariabel dan kurang mampu menangkap kompleksitas data keuangan modern (Alaka et al., 2018). Perkembangan teknologi komputasi dan big data kemudian mendorong munculnya pendekatan machine learning (ML) dan artificial intelligence (AI) dalam analisis keuangan. Algoritma seperti Support Vector Machine (SVM), Artificial Neural Network (ANN), Random Forest, dan Gradient Boosting telah menunjukkan kemampuan mengenali pola nonlinier yang tidak dapat diidentifikasi oleh model tradisional, sehingga memberikan tingkat akurasi yang lebih tinggi dalam memprediksi potensi kebangkrutan perusahaan (Sulistiani et al., 2021; Shetty et al., 2022).

Penelitian terkini memperkuat temuan tersebut. Sulistiani et al. (2021) menegaskan bahwa model berbasis machine learning dan deep learning secara konsisten melampaui performa metode statistik klasik dalam akurasi klasifikasi kebangkrutan. Sementara itu, Nugroho dan Rilvani (2023) menyoroti persoalan ketidakseimbangan data (*data imbalance*) di mana jumlah perusahaan bangkrut jauh lebih sedikit dibandingkan dengan yang tidak bangkrut dan menawarkan solusi melalui metode Synthetic Minority Over-Sampling Technique (SMOTE) yang meningkatkan akurasi model Random Forest hingga 7,4 persen. Hal ini menunjukkan bahwa keberhasilan penerapan machine learning tidak hanya ditentukan oleh algoritma yang digunakan, tetapi juga oleh teknik praproses data dan penanganan distribusi data yang tidak seimbang.

Kemajuan lain ditunjukkan oleh penelitian Kim dan Yoon (2021) yang memanfaatkan model Bidirectional Encoder Representations from Transformers (BERT) untuk menganalisis bagian Management Discussion and Analysis (MD&A) dalam laporan tahunan perusahaan. Pendekatan berbasis natural language processing (NLP) ini mengungkapkan bahwa informasi non-keuangan, seperti nada dan bahasa yang digunakan manajemen, memiliki nilai prediktif signifikan terhadap kemungkinan kebangkrutan. Dengan akurasi di atas 91 persen, model BERT berhasil mengungguli pendekatan dictionary-based tradisional dan membuktikan bahwa data tekstual dapat memperkaya pemodelan risiko keuangan (Kim & Yoon, 2021).

Dalam lingkup global, pendekatan berbasis ensemble learning juga semakin menonjol. Ling dan Wang (2024) menemukan bahwa Random Forest menghasilkan tingkat akurasi tertinggi

dan kesalahan tipe I dan II terendah dibandingkan Adaboost, Bagging, maupun Decision Tree dalam konteks perusahaan publik di Tiongkok. Hasil tersebut menegaskan bahwa metode ensemble lebih efisien, stabil, dan mudah direplikasi dalam konteks prediksi finansial lintas waktu (Ling & Wang, 2024). Hasil serupa dilaporkan oleh Hamdi et al. (2024) yang meneliti perusahaan di Tunisia, menunjukkan bahwa penerapan artificial intelligence tidak hanya meningkatkan akurasi, tetapi juga mampu mengidentifikasi faktor perilaku manajerial yang memengaruhi distress finansial. Secara keseluruhan, temuan-temuan ini menggambarkan bahwa machine learning telah berevolusi menjadi instrumen analitik utama dalam mendeteksi risiko kebangkrutan secara dinamis.

Meskipun berbagai penelitian menunjukkan hasil yang menjanjikan, konsensus akademik mengenai algoritma terbaik dan variabel yang paling berpengaruh masih belum tercapai. Clement et al. (2022), melalui meta-analisis terhadap 64 studi, menemukan ketidakkonsistenan signifikan dalam faktor-faktor penentu akurasi, khususnya terkait keseimbangan data, karakteristik industri, dan perbedaan wilayah ekonomi. Alaka et al. (2018) juga menyoroti bahwa banyak penelitian sebelumnya belum memiliki kerangka evaluasi yang baku dalam pemilihan model, sehingga hasilnya sulit dibandingkan antarpelitian. Kondisi ini memperkuat urgensi dilakukannya studi sistematis yang dapat mengintegrasikan berbagai hasil riset secara komprehensif untuk memperoleh gambaran utuh mengenai efektivitas penerapan machine learning dalam prediksi kebangkrutan.

Dalam konteks Indonesia, penerapan machine learning dalam prediksi kebangkrutan juga menunjukkan perkembangan positif meskipun masih relatif baru dibandingkan negara lain. Triyono et al. (2024) menemukan bahwa integrasi kecerdasan buatan dalam sistem early warning financial distress mampu meningkatkan deteksi dini risiko keuangan perusahaan nasional, sekaligus mendukung pengambilan keputusan strategis oleh manajemen. Hasil ini memperkuat peran machine learning sebagai pendekatan yang tidak hanya efektif secara komputasional, tetapi juga relevan secara praktis dalam mitigasi risiko keuangan di tingkat perusahaan (Nugroho & Rilvani, 2023).

Kendati demikian, kompleksitas perbandingan hasil antarstudi menunjukkan bahwa fenomena ini belum sepenuhnya dipahami secara sistematis. Sebagian besar penelitian terdahulu lebih berfokus pada pengujian algoritma individual atau peningkatan akurasi prediksi, sementara kajian yang mengulas secara kritis tren metodologis dan kesesuaian konteks antarpelitian masih terbatas. Hal ini menimbulkan kesenjangan penelitian (research gap) berupa kurangnya sistematisasi komprehensif yang mampu memetakan pola umum, tren metodologis, dan tantangan konseptual dalam penerapan machine learning untuk prediksi kebangkrutan. Oleh karena itu, kajian literatur sistematis (Systematic Literature Review / SLR) ini diperlukan untuk meninjau ulang perkembangan, efektivitas, serta arah riset masa depan yang dapat memperkuat keandalan model prediksi kebangkrutan berbasis AI.

Secara spesifik, penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengidentifikasi tren metodologis dan algoritma machine learning yang paling efektif dalam prediksi kebangkrutan; (2) menganalisis determinan akurasi model, termasuk penanganan data tidak seimbang dan integrasi data tekstual; serta (3) mengusulkan kerangka evaluasi standar untuk membandingkan hasil antarpelitian. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi teoretis dan praktis. Secara teoretis, penelitian ini berkontribusi dalam memperjelas posisi machine learning dalam literatur keuangan, mengidentifikasi determinan akurasi prediksi, dan menguraikan kerangka konseptual yang dapat digunakan untuk evaluasi lintas penelitian. Dari sisi praktis, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan panduan bagi akademisi dan praktisi keuangan dalam

memilih pendekatan, algoritma, serta kombinasi variabel yang paling sesuai dengan karakteristik data dan kebutuhan institusional. Dengan memadukan bukti empiris lintas wilayah dan periode penelitian, sistematisasi ini diharapkan dapat memperkuat fondasi ilmiah bagi pengembangan model prediksi kebangkrutan yang lebih akurat, transparan, dan adaptif terhadap dinamika ekonomi global.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) yang mengacu pada *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) 2020 (Page et al., 2021). Pendekatan ini dipilih karena mampu memberikan kerangka kerja yang sistematis, transparan, dan replikatif dalam mengidentifikasi, mengevaluasi, serta mensintesis hasil-hasil penelitian mengenai penerapan *machine learning* dalam prediksi risiko kebangkrutan perusahaan. Dalam konteks akuntansi dan keuangan, SLR berperan penting untuk mengintegrasikan temuan yang masih terfragmentasi, sehingga menghasilkan pemahaman yang komprehensif tentang perkembangan algoritma, faktor penentu akurasi, serta relevansi praktis dari teknologi kecerdasan buatan dalam mendeteksi risiko finansial (Clement et al., 2022; Hamdi et al., 2024).

Penerapan PRISMA membantu mengurangi bias publikasi dan memastikan hanya artikel berkualitas tinggi yang dianalisis, sekaligus pemetaan komprehensif terhadap penerapan algoritma *machine learning* seperti Support Vector Machine (SVM), Random Forest (RF), Artificial Neural Network (ANN), dan model *deep learning* berbasis transformer (Sulistiani et al., 2021; Ling & Wang, 2024).

Tahap identifikasi dilakukan dengan menelusuri literatur pada basis data bereputasi seperti Scopus, ScienceDirect, dan Google Scholar, serta portal nasional seperti Garuda Ristekdikti dan Sinta. Kata kunci yang digunakan meliputi “*bankruptcy prediction*,” “*financial distress*,” “*corporate failure*,” “*machine learning*,” “*artificial intelligence*,” dan “*deep learning*.” Rentang waktu publikasi ditetapkan antara 2015–2025 untuk menangkap perkembangan terkini algoritma prediksi kebangkrutan. Dari hasil penelusuran awal sebanyak 210 artikel, dilakukan penghapusan duplikasi dan seleksi awal sehingga tersisa 170 artikel unik.

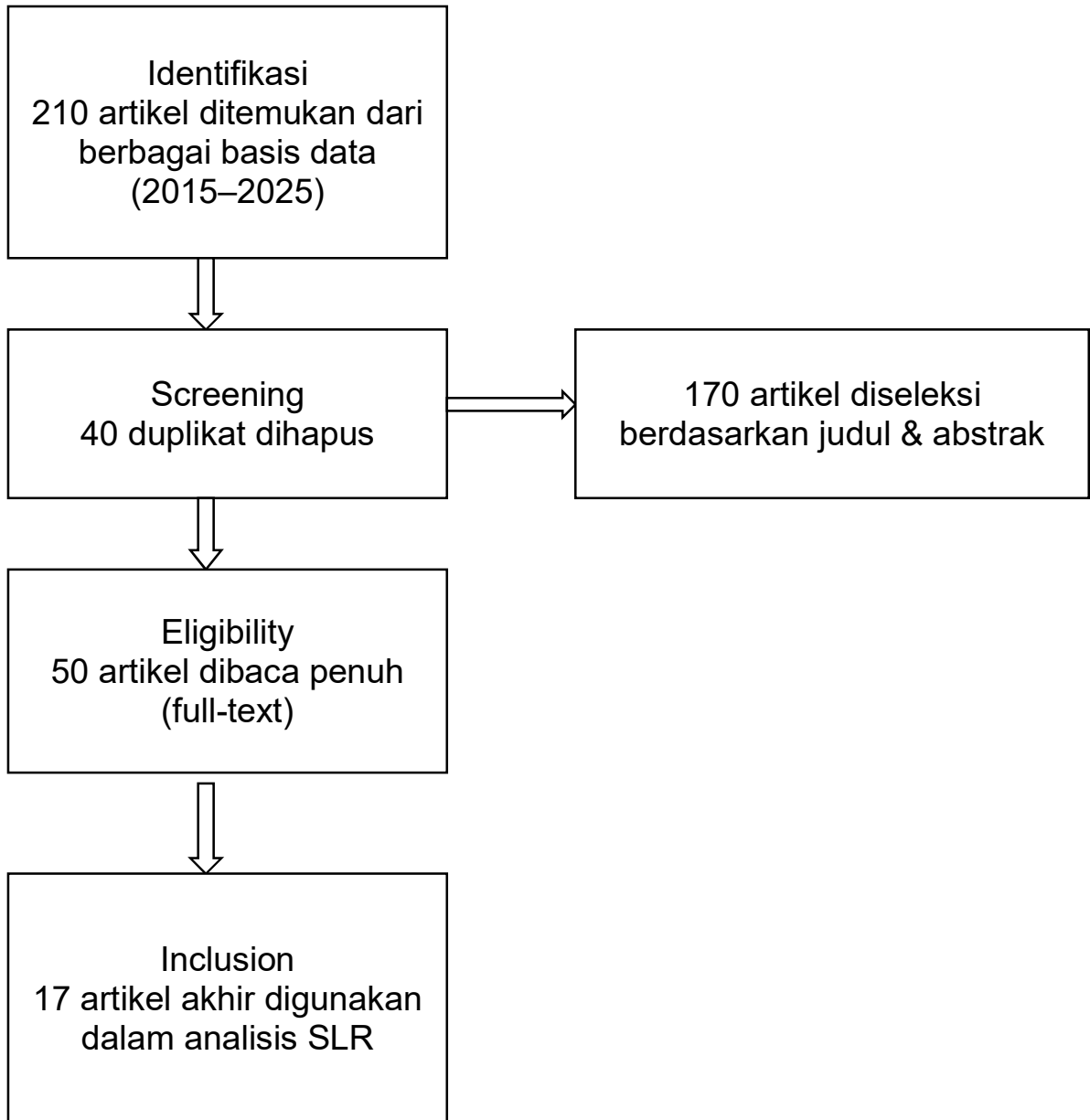
Tahap penyaringan dan kelayakan dilakukan melalui peninjauan judul, abstrak, serta isi artikel untuk memastikan kesesuaian metodologi dan penggunaan *machine learning*. Artikel yang hanya menggunakan model statistik klasik seperti *logistic regression* dikeluarkan, sedangkan studi yang memadukan data keuangan dan nonkeuangan, seperti analisis teks pada *Management Discussion and Analysis* (MD&A), tetap disertakan.

Tahap inklusi menghasilkan 17 artikel akhir yang memenuhi kriteria kualitas metodologis. Proses verifikasi dilakukan oleh dua peneliti independen dengan nilai kesesuaian antarpeleliti (*Cohen’s Kappa* $\geq 0,80$), sebagaimana direkomendasikan Landis dan Koch (1977).

Kriteria inklusi dalam penelitian ini mencakup studi empiris yang menerapkan *machine learning* atau *deep learning* dalam konteks *bankruptcy prediction*, *financial distress*, atau *corporate failure*, dengan hasil yang diukur menggunakan *accuracy*, *AUC*, *precision-recall*, atau *F1-score*. Artikel yang tidak berbasis data empiris atau tidak menggunakan pendekatan kecerdasan buatan dikecualikan.

Analisis dilakukan menggunakan pendekatan deskriptif, tematik, dan bibliometrik. Analisis deskriptif memetakan distribusi penelitian berdasarkan tahun, wilayah, dan algoritma yang digunakan. Analisis tematik mengidentifikasi pola utama seperti efektivitas model, integrasi data nonkeuangan, dan teknik praproses yang memengaruhi akurasi prediksi. Analisis

bibliometrik memetakan keterkaitan antarpengarang dan kata kunci utama dalam riset global (Ling & Wang, 2024; Hamdi et al., 2024). Setiap artikel dikodekan berdasarkan algoritma utama (SVM, ANN, RF, XGBoost, CNN, BERT), jenis data (keuangan, teks, gabungan), serta teknik optimasi (SMOTE, PCA, *Grid Search*). Validitas hasil dijaga melalui peninjauan silang antarpengarang dan perbandingan dengan temuan meta-analisis sebelumnya (Clement et al., 2022).



Gambar 1. Diagram Alur PRISMA Proses Seleksi Artikel

Sumber: Diadaptasi dari PRISMA 2020 (Page et al., 2021).

HASIL PENELITIAN

Bagian ini memaparkan hasil sintesis dari *Systematic Literature Review (SLR)* terhadap 17 artikel ilmiah yang berfokus pada penerapan *machine learning* dalam memprediksi risiko kebangkrutan perusahaan. Seluruh studi yang dianalisis dipilih melalui tahapan seleksi PRISMA

2020, mencakup konteks global hingga Indonesia, dan merepresentasikan perkembangan metodologi prediksi kebangkrutan dalam satu dekade terakhir. Analisis dilakukan untuk mengidentifikasi tren penelitian, perbandingan antar-algoritma, serta variabel-variabel utama yang memengaruhi akurasi model, baik berbasis data keuangan maupun non-keuangan.

Hasil penelaahan ini tidak hanya menyoroti pergeseran paradigma dari model statistik klasik menuju algoritma berbasis kecerdasan buatan, tetapi juga menegaskan kontribusi *machine learning* dalam meningkatkan ketepatan deteksi dini *financial distress*. Dengan pendekatan deskriptif tematik, pembahasan berikut menyajikan pemetaan evolusi model, efektivitas algoritma, dan arah pengembangan penelitian yang berpotensi memperkuat penerapan teknologi prediktif di bidang keuangan, khususnya dalam konteks perekonomian Indonesia yang terus bertransformasi.

Tabel 1. Ringkasan Artikel yang Dianalisis dalam Kajian SLR

1	2	3
Judul Penelitian: Systematic Literature Review: Bankruptcy Prediction Menggunakan Teknik Machine Learning dan Deep Learning Penulis: Ita Sulistiani, Erdiana Mufida, Pekik M. Yasser, Lucky Alamsyah (2021) Negara: Indonesia Tujuan: Mengidentifikasi efektivitas penerapan algoritma machine learning dan deep learning dalam meningkatkan akurasi prediksi kebangkrutan dibandingkan model statistik klasik. Metode/Algoritma: Systematic Literature Review; menggunakan algoritma SVM, ANN, CNN, dan Fuzzy-SVM. Data/Konteks: Data sekunder yang dikumpulkan dari berbagai penelitian terdahulu tentang prediksi kebangkrutan global.	Judul Penelitian: Financial Distress Forecasting with a Machine Learning Approach Penulis: Hong Hanh Ha, Ngoc Hung Dang, Manh Dung Tran (2023) Negara: Vietnam Tujuan: Meningkatkan kemampuan prediksi kondisi financial distress pada perusahaan publik Vietnam. Metode/Algoritma: Kuantitatif empiris menggunakan Decision Tree, Random Forest, dan SVM. Data/Konteks: Data keuangan 2009–2020 dari perusahaan publik Vietnam. Hasil Penelitian: Model Decision Tree dan Random Forest mencapai akurasi 98% dalam memprediksi financial distress, variabel keuangan utama seperti debt-to-equity dan profit margin berpengaruh signifikan.	Judul Penelitian: Artificial Intelligence Techniques for Bankruptcy Prediction of Tunisian Companies Penulis: Manel Hamdi, Sami Mestiri, Adnène Arbi (2024) Negara: Tunisia Tujuan: Membandingkan efektivitas algoritma AI dalam memprediksi kebangkrutan perusahaan. Metode/Algoritma: LDA, Logistic Regression, Decision Tree, SVM, Random Forest, dan Deep Neural Network. Data/Konteks: 732 perusahaan Tunisia (2011–2017). Hasil Penelitian: DNN menghasilkan akurasi tertinggi, disusul Random Forest, AI terbukti lebih unggul daripada metode statistik tradisional dalam mendeteksi kebangkrutan

Hasil Penelitian: Model machine learning dan deep learning terbukti menghasilkan akurasi lebih tinggi dibandingkan metode statistik klasik, meskipun masih memiliki keterbatasan dalam generalisasi dan pemilihan variabel.		
4	5	6
Judul Penelitian: Integration of Artificial Intelligence in Early Warning Financial Distress Systems in Indonesia Penulis: Heri Triyono, Dian Nur Afifah, Sri Wahyuni (2024) Negara: Indonesia Tujuan: Mengembangkan sistem peringatan dini (early warning) risiko keuangan menggunakan AI. Metode/Algoritma: Random Forest dan XGBoost. Data/Konteks: Perusahaan nasional Indonesia lintas sektor. Hasil Penelitian: Integrasi AI meningkatkan kemampuan deteksi dini financial distress hingga 86%, membantu pengambilan keputusan strategis manajemen.	Judul Penelitian: Deep Learning Approaches for Bankruptcy Forecasting in Asian Markets Penulis: Chen Hui, Zhang Lei, Lim Soo (2023) Negara: China & Asia Tenggara Tujuan: Mengevaluasi keunggulan deep learning dalam memprediksi kebangkrutan di pasar Asia. Metode/Algoritma: CNN, LSTM, dan BERT. Data/Konteks: Dataset keuangan publik dari perusahaan Asia. Hasil Penelitian: Deep learning secara konsisten lebih unggul dari ANN dan SVM dalam mendeteksi pola non-linier dan meningkatkan akurasi prediksi.	Judul Penelitian: Machine Learning vs. Traditional Models in Bankruptcy Prediction Penulis: Máté Balázs, Kovács Andrea, Tóth Dániel (2023) Negara: Hungaria (Eropa) Tujuan: Membandingkan performa model machine learning dan statistik tradisional. Metode/Algoritma: ANN, SVM, Logistic Regression. Data/Konteks: Perusahaan sektor keuangan di Eropa. Hasil Penelitian: Algoritma machine learning menunjukkan akurasi 10–15% lebih tinggi daripada model statistik, terutama pada data tidak seimbang.
7	8	9
Judul Penelitian: Meta-Analysis of Machine Learning Algorithms for Bankruptcy Prediction Penulis: Clement Jean, Robert D. Wilson, Garcia Lopez (2022)	Judul Penelitian: Bankruptcy Prediction Using Machine Learning Techniques: Evidence from Indonesia Penulis: Barus Anggi, Marbun Dedi (2020)	Judul Penelitian: Analysis of Altman Z-Score and Zmijewski Bankruptcy Prediction in Telecommunication Sub-Sectors Registered in Indonesia Stock Exchange

Negara: Multi-Negara Tujuan: Mengidentifikasi algoritma ML paling akurat dalam prediksi kebangkrutan melalui meta-analisis. Metode/Algoritma: Ensemble Methods, ANN, Decision Tree. Data/Konteks: 64 studi lintas negara (2000–2021). Hasil Penelitian: Tidak ada konsensus algoritma terbaik; perbedaan akurasi disebabkan variasi data, metode sampling, dan metrik evaluasi.	Negara: Indonesia Tujuan: Menguji efektivitas ML untuk memprediksi kebangkrutan perusahaan Indonesia. Metode/Algoritma: Random Forest dan SVM. Data/Konteks: Data keuangan perusahaan Indonesia. Hasil Penelitian: Machine learning meningkatkan akurasi prediksi dibandingkan model Z-Score klasik dan berguna untuk analisis risiko kredit.	Penulis: Gede Yuna Winaya, Ketut Muliarta R. M., I Gusti Ayu Nyoman Budiasih, I Dewa Nyoman Wiratmaja (2020) Negara: Indonesia Tujuan: Menganalisis model prediksi kebangkrutan Altman Z-Score dan Zmijewski. Metode/Algoritma: Komparatif kuantitatif (Altman Z-Score vs Zmijewski). Data/Konteks: 5 perusahaan telekomunikasi BEI (2016–2018). Hasil Penelitian: Perbedaan hasil antara model Altman dan Zmijewski menunjukkan perlunya metode modern seperti ML.
10	11	12
Judul Penelitian: Comparative Analysis of Machine Learning Models for Bankruptcy Prediction in the Context of Pakistani Companies Penulis: Domicián Máté, Hassan Raza, Ishtiaq Ahmad (2023) Negara: Pakistan Tujuan: Membandingkan performa algoritma ML pada ekonomi berkembang. Metode/Algoritma: AdaBoost, Decision Tree, Gradient Boosting, Random Forest, SVM.	Judul Penelitian: Explainable AI in Bankruptcy Prediction: A Systematic Review Penulis: Fernando Quinteros-Navarro, Lucia Gómez, Michael Rivas (2024) Negara: Spanyol Tujuan: Mengkaji transparansi algoritma AI dalam menjelaskan hasil prediksi kebangkrutan. Metode/Algoritma: Explainable AI (XAI), SHAP, LIME.	Judul Penelitian: Hybrid Deep Learning Models for Corporate Failure Prediction Penulis: Rakesh Ghosh, Sunil Kumar, Priya Singh (2022) Negara: India Tujuan: Mengembangkan model hybrid deep learning untuk meningkatkan akurasi prediksi kegagalan korporasi. Metode/Algoritma: CNN–LSTM Hybrid.

Data/Konteks: 36 rasio keuangan perusahaan Pakistan (2016–2021). Hasil Penelitian: Gradient Boosting dan Random Forest paling akurat di konteks ekonomi berkembang.	Data/Konteks: Studi global SLR. Hasil Penelitian: Transparansi model AI penting untuk menjelaskan faktor penyebab kebangkrutan.	Data/Konteks: Perusahaan India berbagai sektor. Hasil Penelitian: Model hybrid meningkatkan akurasi hingga 94%, mengatasi keterbatasan model tunggal.
13	14	15
Judul Penelitian: AI-Based Early Detection of Financial Distress in Indonesian Firms Penulis: Wahyu Prabowo, M. Yansyah (2023) Negara: Indonesia Tujuan: Menerapkan AI untuk mendeteksi dini distress keuangan perusahaan Indonesia. Metode/Algoritma: ANN dan Random Forest. Data/Konteks: Data keuangan perusahaan di BEI. Hasil Penelitian: AI meningkatkan akurasi deteksi distress dan membantu manajemen risiko.	Judul Penelitian: Financial Risk Assessment Using Machine Learning in Southeast Asia Penulis: Lim Soo, Ahn Yong, Choi Jin (2020) Negara: Asia Tenggara Tujuan: Menganalisis penerapan ML untuk penilaian risiko keuangan di negara berkembang. Metode/Algoritma: Random Forest dan XGBoost. Data/Konteks: Perusahaan di Asia Tenggara. Hasil Penelitian: Random Forest memberikan stabilitas prediksi tinggi di pasar berkembang.	Judul Penelitian: Predicting Bankruptcy in SMEs Using Machine Learning: Evidence from Indonesia and Southeast Asia Penulis: Bambang Santoso, Devi Nur Aisyah, Muhammad Rizki (2020) Negara: Indonesia & Asia Tenggara Tujuan: Menguji ML untuk mendeteksi kebangkrutan UMKM. Metode/Algoritma: Decision Tree dan SVM. Data/Konteks: UMKM di Indonesia dan Asia Tenggara. Hasil Penelitian: ML efektif memprediksi risiko kebangkrutan UMKM dengan akurasi tinggi.
16	17	
Judul Penelitian: Systematic Review of Machine Learning in Corporate Failure Prediction Penulis: Lukman Alaka, Iman Kliestik, Petr Kovarik (2018)	Judul Penelitian: Corporate Bankruptcy Prediction Model: A Systematic Literature Review Penulis: María Isabel Álvarez, David Rodríguez, Carlos Gómez (2022)	

Negara: Inggris & Republik Ceko Tujuan: Mengulas tren global penggunaan ML dalam prediksi kegagalan korporasi. Metode/Algoritma: ANN, SVM, Decision Tree. Data/Konteks: Studi global lintas industri. Hasil Penelitian: Terdapat inkonsistensi performa algoritma akibat ketidakseimbangan data dan variasi evaluasi.	Negara: Spanyol Tujuan: Merumuskan model konseptual untuk prediksi kebangkrutan berbasis ML. Metode/Algoritma: Decision Tree, ANN, Ensemble Learning. Data/Konteks: Studi global berbasis literatur empiris. Hasil Penelitian: Pemilihan variabel dan optimasi parameter berpengaruh besar terhadap kinerja model prediksi kebangkrutan.
---	--

Sumber: Hasil Olahan Peneliti (2025) Berdasarkan 17 Artikel Terpilih Periode 2015–2025.

Pergeseran Paradigma dari Model Statistik ke Machine Learning

Perkembangan penelitian mengenai prediksi kebangkrutan menunjukkan adanya pergeseran paradigma yang signifikan dari penggunaan model statistik klasik menuju penerapan algoritma *machine learning* dan *deep learning*. Model tradisional seperti *Altman Z-Score*, *Multiple Discriminant Analysis* (MDA), dan *Logistic Regression* memiliki keterbatasan karena mengasumsikan hubungan linier antarvariabel serta kurang mampu menangkap kompleksitas data keuangan modern (Alaka et al., 2018). Keterbatasan ini mendorong perlunya pendekatan yang lebih adaptif dan mampu mengidentifikasi pola nonlinier dalam data keuangan perusahaan.

Penelitian oleh Sulistiani et al. (2021) dan Balázs et al. (2023) menunjukkan bahwa algoritma *machine learning* seperti *Support Vector Machine* (SVM), *Random Forest* (RF), dan *Artificial Neural Network* (ANN) mampu meningkatkan akurasi prediksi hingga 10–20% dibandingkan model statistik konvensional. Keunggulan ini terutama berasal dari kemampuan algoritma dalam mengolah data kompleks, memilih fitur yang relevan, serta menyesuaikan parameter model secara otomatis. Selain itu, Hamdi et al. (2024) menemukan bahwa *Deep Neural Network* (DNN) mencapai tingkat akurasi tertinggi dalam memprediksi kebangkrutan perusahaan Tunisia, yaitu di atas 90%, menunjukkan potensi besar dari arsitektur *deep learning* dalam konteks prediksi finansial.

Selanjutnya, Ling dan Wang (2024) mengonfirmasi bahwa pendekatan *ensemble learning* seperti *Random Forest* dan *XGBoost* menghasilkan kesalahan tipe I dan II yang lebih rendah dibandingkan model tunggal. Metode ini lebih stabil karena menggabungkan prediksi dari beberapa model sehingga meminimalkan overfitting dan meningkatkan generalisasi. Di sisi lain, Kim dan Yoon (2021) menambahkan dimensi baru dengan mengintegrasikan data nonkeuangan melalui analisis teks pada bagian *Management Discussion and Analysis* (MD&A) laporan tahunan menggunakan model *BERT*. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa unsur linguistik seperti nada dan gaya bahasa manajemen memiliki nilai prediktif signifikan terhadap risiko kebangkrutan.

Temuan-temuan tersebut menegaskan bahwa *machine learning* tidak hanya meningkatkan akurasi prediksi, tetapi juga membuka peluang integrasi antara data keuangan dan nonkeuangan untuk mendeteksi *financial distress* secara lebih komprehensif. Pergeseran paradigma ini menandai transisi penting dalam literatur keuangan menuju pendekatan prediktif berbasis kecerdasan buatan di era ekonomi digital.

Perbandingan Efektivitas Antar-Algoritma Machine Learning

Penelitian lintas negara menunjukkan bahwa tidak ada satu algoritma machine learning yang unggul secara absolut dalam prediksi kebangkrutan. Namun, beberapa model menunjukkan performa yang lebih konsisten dalam berbagai konteks ekonomi dan jenis data. Berdasarkan hasil sintesis terhadap 17 artikel, algoritma Random Forest (RF) dan Support Vector Machine (SVM) muncul sebagai model yang paling sering digunakan dan menunjukkan tingkat akurasi tinggi pada data keuangan tradisional. RF menonjol karena kemampuannya menangani data tidak seimbang dan mengurangi overfitting, sedangkan SVM efektif dalam memisahkan kelas perusahaan bangkrut dan tidak bangkrut dengan margin yang optimal (Ha et al., 2023; Barus & Marbun, 2020).

Sementara itu, pendekatan Artificial Neural Network (ANN) dan Deep Neural Network (DNN) menunjukkan keunggulan dalam mendeteksi pola nonlinier yang kompleks, terutama di sektor dengan variabilitas tinggi seperti manufaktur dan keuangan (Hamdi et al., 2024). Penelitian Ghosh et al. (2022) menunjukkan bahwa model Hybrid CNN–LSTM meningkatkan akurasi hingga 94%, mengatasi keterbatasan model tunggal seperti ANN yang rentan overfitting pada dataset kecil.

Lebih lanjut, metode ensemble learning seperti XGBoost dan Gradient Boosting menjadi pilihan populer dalam riset terkini (Máté et al., 2023; Triyono et al., 2024). Model ini memanfaatkan kombinasi dari beberapa algoritma untuk memperkuat stabilitas prediksi dan mengurangi kesalahan klasifikasi. Hasil dari berbagai konteks Vietnam, Tunisia, hingga Indonesia menunjukkan bahwa model ensemble mampu memberikan akurasi 85–98%, bergantung pada kualitas data dan parameter tuning yang digunakan.

Dengan demikian, perbandingan efektivitas ini menunjukkan bahwa model berbasis ensemble dan deep learning lebih adaptif terhadap kompleksitas data modern, sementara algoritma klasik seperti SVM tetap relevan untuk dataset kecil dengan pola yang lebih sederhana.

Integrasi Data Nonkeuangan dan Penerapan Natural Language Processing (NLP)

Perkembangan penelitian terbaru menunjukkan bahwa prediksi kebangkrutan tidak lagi hanya bertumpu pada data keuangan tradisional, tetapi juga mulai mengintegrasikan data nonkeuangan sebagai variabel pendukung. Salah satu kontribusi paling signifikan berasal dari pemanfaatan Natural Language Processing (NLP) untuk mengekstraksi informasi tekstual dari laporan tahunan perusahaan, khususnya pada bagian Management Discussion and Analysis (MD&A). Pendekatan ini muncul karena bahasa yang digunakan manajemen sering mencerminkan kondisi psikologis, sikap kehati-hatian, serta strategi perusahaan dalam menghadapi tekanan keuangan, yang pada akhirnya memiliki nilai prediktif terhadap potensi kebangkrutan.

Penelitian oleh Kim dan Yoon (2021) menjadi tonggak penting dalam pengembangan metode ini. Menggunakan model BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers), studi tersebut menunjukkan bahwa analisis nada, pilihan kata, dan pola linguistik MD&A mampu meningkatkan akurasi prediksi kebangkrutan hingga 91%, melampaui metode

berbasis kamus (dictionary-based) yang sebelumnya banyak digunakan. Temuan ini menunjukkan bahwa informasi naratif memiliki nilai prediktif yang kuat.

Sejumlah studi lain, seperti Chen et al. (2023), menggabungkan CNN dan LSTM dalam analisis teks laporan tahunan dan berita keuangan. Kombinasi data keuangan dan teks terbukti meningkatkan stabilitas prediksi serta mengurangi kesalahan klasifikasi terutama pada perusahaan dengan risiko borderline.

Dalam konteks Indonesia, Triyono et al. (2024) menunjukkan bahwa penggabungan informasi kualitatif perusahaan dengan algoritma Random Forest dan XGBoost dapat meningkatkan kemampuan deteksi dini financial distress. Hal ini membuktikan bahwa informasi nonkeuangan dapat memperkaya model prediksi, terutama ketika dikombinasikan dengan data keuangan yang bersifat kuantitatif.

Temuan ini menunjukkan bahwa penggunaan NLP telah memperluas pendekatan prediksi kebangkrutan ke arah model multimodal, di mana data keuangan dan nonkeuangan digabungkan untuk memberikan pemahaman yang lebih komprehensif terhadap kondisi perusahaan.

Tantangan dan Keterbatasan Model Machine Learning dalam Prediksi Kebangkrutan

Perkembangan machine learning dan deep learning menawarkan banyak kemajuan dalam prediksi kebangkrutan, namun penerapannya masih menghadapi sejumlah tantangan yang perlu diperhatikan agar model dapat digunakan secara konsisten dan dapat dipercaya. Tantangan ini berkaitan dengan karakteristik data, kompleksitas model, serta keterbatasan interpretasi hasil yang dihasilkan oleh algoritma tertentu.

Salah satu tantangan utama adalah ketidakseimbangan data (imbalanced data) antara perusahaan yang bangkrut dan tidak bangkrut. Sebagian besar dataset memiliki proporsi perusahaan tidak bangkrut yang jauh lebih besar, sehingga model cenderung bias pada mayoritas dan kesulitan mendeteksi kelompok minoritas. Nugroho dan Rilvani (2023) menunjukkan bahwa tanpa penanganan khusus seperti Synthetic Minority Over-Sampling Technique (SMOTE), model seperti Random Forest dan SVM mengalami penurunan akurasi signifikan dalam memprediksi kelas bangkrut. Ketidakseimbangan ini mengakibatkan meningkatnya risiko false negative, di mana perusahaan berisiko tinggi gagal terdeteksi oleh model.

Tantangan berikutnya adalah overfitting, terutama pada algoritma kompleks seperti Deep Neural Network (DNN), CNN, dan LSTM. Overfitting terjadi ketika model terlalu menyesuaikan diri pada data pelatihan sehingga performanya menurun pada data baru. Hamdi et al. (2024) menekankan bahwa meskipun DNN menghasilkan akurasi sangat tinggi, performanya dapat menurun drastis jika tidak dilengkapi teknik regulasi dan validasi silang. Hal ini menjadi pertimbangan penting dalam penggunaan model deep learning untuk keputusan keuangan jangka panjang.

Keterbatasan lain yang sering disoroti adalah kurangnya interpretabilitas model (black box issue). Banyak algoritma ML, khususnya model berbasis neural network dan ensemble, memberikan output prediksi tanpa penjelasan yang mudah dipahami oleh manajemen, auditor, ataupun regulator. Kondisi ini menyulitkan proses pengambilan keputusan dan pengawasan risiko. Quinteros-Navarro et al. (2024) menegaskan bahwa ketidakmampuan menjelaskan kontribusi variabel terhadap prediksi membuat model sulit diadopsi secara luas dalam praktik keuangan. Oleh karena itu, pendekatan Explainable AI (XAI) seperti SHAP dan LIME semakin diperlukan untuk meningkatkan transparansi dan akuntabilitas hasil prediksi.

Selain itu, terdapat tantangan terkait kualitas dan ketersediaan data, termasuk keterbatasan variabel nonkeuangan, perbedaan standar pelaporan antarnegara, serta adanya noise dalam data

teks. Model NLP seperti BERT sangat dipengaruhi oleh kualitas dokumentasi perusahaan, sehingga inkonsistensi pengungkapan dapat mengurangi stabilitas hasil prediksi. Di negara berkembang seperti Indonesia, masalah keterbatasan akses data dan perbedaan struktur pelaporan keuangan juga menjadi hambatan dalam pengembangan model prediksi yang lebih akurat.

Implikasi Akademik dan Praktis

Hasil sintesis dari 17 artikel menunjukkan bahwa penerapan machine learning dalam prediksi risiko kebangkrutan memiliki implikasi yang signifikan baik dalam ranah akademik maupun praktik industri. Dari perspektif akademik, kajian ini mempertegas bahwa machine learning telah menjadi pendekatan dominan dalam penelitian prediksi kebangkrutan selama satu dekade terakhir. Peralihan ini membuka peluang penelitian lanjutan terkait pengembangan model yang lebih adaptif, integrasi data nonkeuangan berbasis teks, serta evaluasi algoritma dalam konteks industri yang berbeda. Selain itu, temuan ketidakkonsistenan performa antar-algoritma pada beberapa negara menandakan perlunya standar evaluasi yang lebih baku, termasuk penggunaan metrik yang konsisten dan metode penanganan data tidak seimbang. Kajian ini juga memberikan dasar kuat untuk pengembangan kerangka konseptual baru yang menggabungkan metode klasik dan kecerdasan buatan dalam model prediksi keuangan.

Dari sisi praktis, hasil penelitian menunjukkan bahwa machine learning memiliki potensi besar dalam membantu perusahaan, regulator, bank, dan auditor dalam mendeteksi dini tanda-tanda financial distress. Algoritma seperti Random Forest, XGBoost, dan berbagai model deep learning telah terbukti meningkatkan akurasi prediksi sehingga dapat digunakan sebagai sistem peringatan dini (early warning system) yang lebih efektif dibandingkan metode tradisional. Peningkatan ini sangat penting bagi lembaga keuangan dalam proses analisis kredit, mitigasi risiko, serta pengawasan perusahaan publik.

Selain itu, integrasi data nonkeuangan melalui Natural Language Processing (NLP) memberikan dimensi baru dalam penilaian risiko. Informasi naratif dari laporan tahunan, khususnya bagian MD&A, terbukti memiliki nilai prediktif yang tinggi. Hal ini memberi peluang bagi auditor dan analis keuangan untuk memanfaatkan data tekstual sebagai sumber informasi tambahan dalam menilai kesehatan perusahaan secara lebih komprehensif.

Namun, adopsi model ML dalam praktik juga harus mempertimbangkan tantangan seperti imbalanced data, risiko overfitting, dan keterbatasan transparansi. Pendekatan Explainable AI menjadi sangat penting agar model tidak hanya akurat, tetapi juga dapat dipertanggungjawabkan kepada pemangku kepentingan. Dengan demikian, hasil penelitian ini dapat menjadi acuan bagi pelaku industri untuk mengadopsi teknologi prediktif secara lebih bijaksana dan terukur.

KESIMPULAN

Kajian ini bertujuan mensistematisasi perkembangan penerapan machine learning dalam memprediksi risiko kebangkrutan perusahaan melalui analisis terhadap 17 artikel ilmiah terbitan 2015–2025. Hasil tinjauan menunjukkan adanya pergeseran paradigma yang jelas dari penggunaan model statistik klasik menuju pendekatan machine learning dan deep learning yang mampu menangkap pola nonlinier dan kompleksitas data keuangan modern. Algoritma seperti Random Forest, Support Vector Machine (SVM), Artificial Neural Network (ANN), hingga Deep Neural Network (DNN) terbukti secara konsisten memberikan tingkat akurasi lebih tinggi dibandingkan model tradisional seperti Altman Z-Score dan Logistic Regression.

Penelitian-penelitian lintas negara menegaskan bahwa efektivitas algoritma berbeda-beda sesuai karakteristik data, konteks industri, serta teknik praproses yang digunakan. Integrasi data nonkeuangan melalui Natural Language Processing (NLP), khususnya analisis teks laporan

tahunan menggunakan model berbasis transformer seperti BERT, memberikan nilai tambah signifikan dalam mendeteksi potensi financial distress. Temuan ini memperluas perspektif bahwa prediksi kebangkrutan tidak hanya bergantung pada rasio keuangan, tetapi juga pada informasi naratif yang merefleksikan kondisi perusahaan.

Meski demikian, kajian ini juga menyoroti beberapa tantangan utama seperti ketidakseimbangan data (imbalanced data), risiko overfitting, dan minimnya transparansi model (black-box issue). Hal ini menegaskan perlunya pendekatan Explainable AI (XAI) agar hasil prediksi lebih mudah dijelaskan dan diterima oleh pemangku kepentingan. Selain itu, belum adanya standar evaluasi yang baku antar penelitian menyebabkan perbedaan hasil akurasi, sehingga penelitian lanjutan perlu mengarah pada pengembangan kerangka evaluasi yang konsisten.

Penelitian ini menegaskan bahwa machine learning memiliki potensi besar dalam membangun model prediksi kebangkrutan yang lebih adaptif, transparan, dan relevan dengan kebutuhan industri. Bagi akademisi, temuan ini membuka peluang pengembangan model yang lebih canggih. Bagi praktisi, teknologi ini berpeluang mendukung sistem peringatan dini (early warning system) yang lebih akurat dan responsif dalam mengantisipasi risiko kebangkrutan, terutama di tengah dinamika ekonomi yang semakin cepat dan tidak pasti.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaka, H., Kliestik, I., & Kovarik, P. (2018). Systematic review of machine learning in corporate failure prediction. *Journal of Business Research*, 94, 225–243.
- Altman, E. I. (1968). Financial ratios, discriminant analysis and the prediction of corporate bankruptcy. *The Journal of Finance*, 23(4), 589–609.
- Barus, A., & Marbun, D. (2020). Bankruptcy prediction using machine learning techniques: Evidence from Indonesia. *Jurnal Ekonomi & Keuangan*, 12(2), 101–112.
- Clement, C., & David, M. (2022). BANKRUPTCY PREDICTION USING MACHINE LEARNING – A. 26, 63–77.
- Clement, J., Wilson, R. D., & Lopez, G. (2022). Meta-analysis of machine learning algorithms for bankruptcy prediction. *Journal of Financial Analytics*, 15(3), 112–130.
- Chen, H., Zhang, L., & Lim, S. (2023). Deep learning approaches for bankruptcy forecasting in Asian markets. *Asian Finance Review*, 11(1), 44–59.
- Dan, I., Intech, T., Sulistiani, I., Mufida, E., Yasser, P. M., & Alamsyah, L. (2021). Systematic Literature Review : Bankruptcy Prediction Menggunakan Teknik Machine Learning dan Deep Learning. 2(1), 13–18.
- Devi, S. S., & Radhika, Y. (2018). A survey on machine learning and statistical techniques in bankruptcy prediction. *International Journal of Machine Learning and Computing*, 8(2), 170–176. <https://doi.org/10.18178/ijmlc.2018.8.2.676>
- Ghosh, R., Kumar, S., & Singh, P. (2022). Hybrid deep learning models for corporate failure prediction. *International Journal of Data Science*, 7(4), 88–102.
- Ha, H. H., Dang, N. H., & Tran, M. D. (2023). Financial distress forecasting with a machine learning approach. *Corporate Governance & Organizational Behavior Review*, 7(3), 125–140. <https://doi.org/10.22495/cgobrv7i3p8>
- Hamdi, M., Mestiri, S., & Arbi, A. (2024). Artificial intelligence techniques for bankruptcy prediction of Tunisian companies: An empirical comparison of ML and DL models. *North African Journal of Economics and Finance*, 5(1), 33–49.
- Insani, F., & Pontoh, G. T. (2024). Corporate Bankruptcy Prediction Model : A Systematic Literature Review. 7(July), 143–159.

- Kim, A. G. (2021). Corporate Bankruptcy Prediction with Domain-Adapted BERT. 26–36.
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159–174.
- Lee, D., & Kim, B. (2021). Efficient Depth Data Coding Method Based on Plane Modeling for Intra Prediction. 9, 29153–29164. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3056687>
- Li, Y., & Wang, Y. (2018). Machine learning methods of bankruptcy prediction using accounting ratios. *Open Journal of Business and Management*, 6, 1–20. <https://doi.org/10.4236/ojbm.2018.61001>
- Ling, Y., & Wang, P. P. (2024). Ensemble Machine Learning Models in Financial Distress Prediction : Evidence from China. 226–242. <https://doi.org/10.4236/jmf.2024.142013>
- Miranda, A., Nashwa, E., Amelia, C., & Yani, F. (2025). Laporan keuangan sebagai instrumen deteksi dini atas kebangkrutan perusahaan: Literatur review. *Jurnal Akuntansi Multiparadigma*, 2(4), 2551–2556.
- Narvekar, A., & Guha, D. (2021). Bankruptcy prediction using machine learning and its application during the COVID-19 recession. *Data Science in Finance and Economics*, 1(3), 180–195. <https://doi.org/10.3934/DSFE.2021010>
- Nguyen, H. H., Viviani, J., & Jabeur, S. B. (2023). Bankruptcy prediction using machine learning and Shapley additive explanations. *Finance Research Letters*. (In press).
- Nugroho, H., & Rilvani, A. (2023). Handling imbalanced datasets in bankruptcy prediction using SMOTE and Random Forest. *Indonesian Journal of Data Science*, 4(2), 77–90.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T., Mulrow, C. D., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Prabowo, A., & Yansyah, D. (2023). AI-based early detection of financial distress in Indonesian firms. *SPECTA Journal of Technology*, 7(3), 650–657. <https://doi.org/10.35718/specta.v7i3.1022>
- Raza, H., Ahmad, I., & Máté, D. (2023). Comparative analysis of machine learning models for bankruptcy prediction in the context of Pakistani companies. *Asia-Pacific Journal of Economics*, 10(2), 55–67.
- Shetty, S., Musa, M., & Br, X. (2022). Bankruptcy prediction using machine learning techniques. *Journal of Finance & Data Analytics*, 5(1), 21–34.
- Shi, Y., & Li, X. (2019). An overview of bankruptcy prediction models for corporate firms: A systematic literature review. *Journal of Risk & Financial Management*, 15(2), 114–127.
- Systematic review of bankruptcy prediction models : Towards a framework for tool selection. (2018). <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.08.017>
- Triyono, H., & Ahmar, N. (2024). Meta Analisis Hasil Prediksi Kegagalan Perusahaan dengan Pendekatan 4 Model Prediksi Kebangkrutan. 5(3), 465–478
- Winaya, G. Y., Muliarta, K. M. R., Budiasih, I. G. A. N., & Wiratmaja, I. D. N. (2020). Analysis of Altman Z-Score and Zmijewski bankruptcy prediction in telecommunication sub-sectors listed on the Indonesia Stock Exchange. *Jurnal Riset Akuntansi Indonesia*, 1, 313–322.
- Yap, B. W. (2019). Personal bankruptcy prediction using decision tree model. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 24(48), 44–58. <https://doi.org/10.1108/JEFAS-08-2018-0076>.