



Perkembangan dan Efektivitas *Early Warning System* Berbasis *Artificial Intelligence* dalam Prediksi *Financial Distress* Perusahaan: *Systematic Literature Review*

Rizka Dian Misary^{1*}, Reni Oktavia², Ratna Septiyanti³, Doni Sagitarian Warganegara⁴

¹⁻⁴Program Studi Akuntansi, Universitas Lampung, Indonesia

Email: rizkadianm@gmail.com^{1*}, reni.oktavia@feb.unila.ac.id²

*Penulis korespondensi: rizkadianm@gmail.com¹

Abstract. *Financial distress is a condition of declining financial health of a company that can develop gradually and lead to business failure if not detected early. With the increasing complexity of the business environment and the limitations of conventional statistical methods, Artificial Intelligence/AI is increasingly being adopted in the development of early warning systems (EWS) to predict financial distress. This study aims to examine the development of AI-based EWS research, identify the most widely used algorithms, and evaluate the effectiveness of AI models compared to conventional methods in predicting financial distress. The method used is a comprehensive systematic literature review of 15 relevant scientific articles. The results show that the paradigm has shifted from statistical models to machine learning and deep learning. Random Forest and Artificial Neural Network are the most widely used algorithms and have better predictive performance. This study offers a conceptual synthesis of the progress, effectiveness, and challenges of applying AI in predicting financial distress and opens opportunities for further research on the development of contextual and interpretative EWS.*

Keywords: *Artificial Intelligence; Deep Learning; Early Warning; Financial distress; Machine Learning*

Abstrak. *Financial distress* merupakan kondisi penurunan kesehatan keuangan perusahaan yang dapat berkembang secara bertahap dan berujung pada kegagalan usaha apabila tidak terdeteksi secara dini. Seiring meningkatnya kompleksitas lingkungan bisnis dan keterbatasan metode statistik konvensional, *Artificial Intelligence/AI* semakin banyak diadopsi dalam pengembangan *Early Warning System* untuk memprediksi *financial distress*. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji perkembangan penelitian *EWS* berbasis *AI*, mengidentifikasi algoritma yang paling banyak digunakan, serta mengevaluasi efektivitas model *AI* dibandingkan metode konvensional dalam prediksi *financial distress*. Metode yang digunakan adalah tinjauan literatur sistematis menyeluruh terhadap 15 artikel ilmiah yang relevan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa paradigma telah berubah dari model statistik ke *Machine Learning* dan *Deep Learning*. *Random Forest* dan *Artificial Neural Network* adalah algoritma yang paling banyak digunakan dan memiliki kinerja prediktif yang lebih baik. Penelitian ini menawarkan sintesis konseptual mengenai kemajuan, efektivitas, dan tantangan penerapan *AI* dalam prediksi *financial distress* serta membuka peluang untuk penelitian lebih lanjut tentang pengembangan *EWS* yang kontekstual dan interpretatif.

Kata kunci: Kecerdasan Buatan; Kesulitan Keuangan; Pembelajaran Mendalam; Pembelajaran Mesin; Peringatan Dini

1. LATAR BELAKANG

Transformasi dalam perekonomian global saat ini dipengaruhi oleh beragam tren yang muncul, tantangan yang terus berkembang, serta ketidakpastian di bidang geopolitik. Perubahan digital dan kemajuan industri yang cepat menawarkan kesempatan besar untuk pertumbuhan ekonomi serta inovasi dalam teknologi. Bisnis yang berhasil menyesuaikan diri dengan perubahan ini akan tetap mampu bersaing dan berkembang (Surnayanti & Erlina, 2022, hlm. 112–115). Kemudian, muncul pandemi Covid-19, yang memberikan efek merugikan bagi ekonomi global, hingga memicu krisis, di mana 95% negara di seluruh dunia diperkirakan akan mencatat pertumbuhan ekonomi yang negatif. Ketidakpastian dalam prospek ekonomi

mengakibatkan dampak signifikan bagi perekonomian dan masyarakat, menjadikan meningkatnya angka pengangguran dan kemiskinan di berbagai negara di dunia (Sumarni, 2022).

Krisis global yang terjadi mempengaruhi perusahaan-perusahaan lokal, yang mengakibatkan mereka dikeluarkan dari Bursa Efek Indonesia. Ini mengindikasikan bahwa situasi perusahaan-perusahaan di Indonesia rentan terhadap masalah keuangan. Kesulitan keuangan atau *financial distress* adalah kondisi di mana arus kas dari operasi tidak mencukupi untuk memenuhi kewajiban yang harus dibayar, seperti utang dagang atau biaya bunga. Menurut Platt & Platt (2002), *financial distress* adalah fase penurunan keadaan keuangan yang muncul sebelum kebangkrutan atau likuidasi terjadi (Sumarni, 2022). Kesulitan keuangan memberi dampak pada operasi perusahaan menjadi lebih sulit, merusak kepercayaan investor, meningkatkan biaya pinjaman, dan mengurangi kemungkinan pertumbuhan di masa depan. Hal ini juga memengaruhi karyawan, pemasok, dan perekonomian secara keseluruhan, menyebabkan pengangguran dan ketidakmampuan membayar utang. Memahami penyebab kesulitan keuangan, seperti masalah likuiditas, pengelolaan yang tidak baik, dan kondisi pasar yang buruk, sangat penting untuk mengelola risiko dan menjaga kelangsungan usaha perusahaan (Sharif & Saleem, 2024).

Untuk mengurangi kemungkinan kebangkrutan dalam suatu perusahaan, manajemen perlu mengawasi kondisi keuangan yang ada. Dengan deteksi dini mengenai adanya tekanan keuangan, manajemen perusahaan bisa mengambil langkah-langkah yang paling sesuai untuk memperbaiki keadaan keuangan perusahaannya (Sumarni, 2022). Prediksi *financial distress* menjadi aspek penting, terutama dalam lingkungan yang sangat kompetitif. Hal ini menjadikan topik ini cukup relevan di sektor keuangan dan harus memberikan sinyal peringatan awal kepada pembuat keputusan mengenai kemungkinan *financial distress*. Selama beberapa dekade, model untuk memprediksi *financial distress* masih mengandalkan penggunaan rasio keuangan yang klasik, yang mencakup *Altman Z-Score* (1968) dan *Ohlson O-Score* (1980). Walaupun demikian, bidang penelitian ini terus mengalami perkembangan dan setiap model prediksi memiliki kelemahan serta batasan (Peralungal & Natchimuthu, 2024).

Model prediksi tekanan keuangan yang menggunakan rasio keuangan klasik biasanya bersifat statis sehingga belum sepenuhnya mampu menangkap dinamika tekanan keuangan yang berkembang secara bertahap dalam suatu perusahaan. Akibatnya, peringatan yang dihasilkan sering muncul ketika keadaan keuangan perusahaan telah memasuki tahap yang serius, sehingga waktu manajemen untuk melakukan perbaikan menjadi semakin terbatas. Pengembangan sistem peringatan dini (*Early Warning System/EWS*) menjadi sangat penting

untuk mengatasi masalah tersebut. *EWS* dibuat untuk mengidentifikasi gejala awal tekanan keuangan melalui pemantauan indikator yang relevan secara konsisten. Ini memungkinkan untuk memberi tahu pembuat keputusan dan pelaku bisnis agar segera mengambil tindakan mitigasi yang diperlukan (Hacibedel & Qu, 2022 dalam Judijanto et al., 2025) Oleh karena itu, *EWS* tidak hanya berfungsi sebagai alat prediksi tetapi juga sebagai alat preventif untuk membantu pengambilan keputusan.

Dalam beberapa tahun terakhir, kecerdasan buatan (*AI*) telah menawarkan cara baru untuk membuat sistem peringatan dini krisis keuangan. Pengolahan data yang sangat besar, identifikasi pola non-linier, dan pemanfaatan pembelajaran dari data historis untuk meningkatkan ketepatan hasil prediksi dimungkinkan oleh teknologi ini. *AI* dapat digunakan dalam sistem peringatan dini untuk mempercepat identifikasi risiko dan meningkatkan akurasi dalam mendeteksi tekanan keuangan yang mungkin (Arefin et al., 2025). *AI* memiliki kemampuan untuk menunjukkan hubungan yang kompleks antara variabel ekonomi yang sulit ditemukan dengan metode analisis konvensional. Algoritma seperti *Artificial Neural Networks (ANN)* dan berbagai model ensemble telah terbukti lebih baik dalam memprediksi tekanan pada sektor keuangan dan kebangkrutan perusahaan. Selain itu, pendekatan berbasis kecerdasan buatan memungkinkan penggabungan data keuangan dengan sumber data non-keuangan, seperti berita ekonomi dan sentimen pasar. Ini membuat analisis risiko yang dihasilkan lebih komprehensif dan informatif (Judijanto et al., 2025).

2. KAJIAN TEORITIS

Studi tentang prediksi kesulitan keuangan, atau distress keuangan, sangat penting, terutama di Indonesia, yang ditandai oleh fluktuasi ekonomi, ketidakstabilan pasar, dan dinamika struktural yang kompleks. Dalam literatur nasional dan internasional, ada banyak definisi kesulitan keuangan. Menurut Altman (1968), *financial distress* adalah kondisi perusahaan yang mengakibatkan kebangkrutan secara hukum (Ha et al., 2023). Selanjutnya Qi Gu dan Shulian Liu (1999) menganggap kesulitan keuangan sebagai fenomena ekonomi ketika perusahaan tidak dapat membayar utang atau biaya yang harus mereka bayar pada tanggal jatuh tempo. Changjiang Lv (2004) menawarkan perspektif yang lebih dinamis, menggambarkan kesulitan keuangan sebagai proses dan kondisi yang berkelanjutan bukan hanya situasi sementara, tetapi memiliki sifat yang berkelanjutan dan memiliki peluang untuk kembali (Ke & Wang, 2023).

Penurunan pendapatan, peningkatan biaya produksi, struktur permodalan yang lemah, dan strategi bisnis yang tidak efektif adalah beberapa penyebab perusahaan menghadapi

kesulitan keuangan. Dalam situasi seperti itu, perusahaan biasanya menghadapi tekanan besar untuk memenuhi kewajiban keuangan mereka, menjaga likuiditas, dan mempertahankan keberlangsungan operasional. Kompleksitas faktor penyebab tersebut menjadikan prediksi kesulitan keuangan sebagai tantangan metodologis yang signifikan bagi peneliti dan praktisi.

Paradigma penelitian tentang stres keuangan telah berubah sebagai akibat dari penggunaan *AI*. Paradigma ini beralih dari pendekatan statistik tradisional ke pendekatan berbasis *machine learning* dan *deep learning*. *Random Forest (RF)* dianggap sebagai algoritma yang paling populer dalam penelitian terbaru, dan selalu menunjukkan kinerja prediktif yang unggul (Zhong & Wang, 2022). Selain itu, beberapa peneliti menggunakan *Artificial Neural Network (ANN)*, terutama di pasar berkembang dan beberapa industri. Ada beberapa penelitian yang menunjukkan bahwa *ANN* memiliki tingkat akurasi yang sangat tinggi, berkisar antara 87% dan 98%. Ini menunjukkan kemampuan *ANN* untuk mengidentifikasi hubungan antar rasio keuangan yang kompleks dan non-linear (Nyabera et al., 2024; Lokanan & Ramzan, 2024; Ayuni et al., 2024).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review (SLR)* untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis hasil penelitian ilmiah yang relevan terkait pengembangan *Early Warning System (EWS)* berbasis kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) dalam memprediksi *financial distress*. *SLR* merupakan metode penelitian yang sistematis dengan mengandalkan hasil penelitian sebelumnya. Bukti ilmiah dikumpulkan dan dianalisis melalui proses sintesis literatur yang terstruktur berdasarkan topik atau pertanyaan penelitian. Untuk meningkatkan transparansi dan keterulangan penelitian, jenis penelitian ini termasuk dalam tinjauan literatur tersier, di mana seluruh proses penelitian didokumentasikan secara menyeluruh (Kitchenham et al., 2009).

Penelitian ini menggunakan data sekunder, yaitu *Scispace* dan *Google Scholar* untuk mencari artikel ilmiah yang relevan. Fokus penelitian ini pada pengembangan *Early Warning System (EWS)* dalam konteks prediksi *financial distress* dan periode publikasi dalam 5 tahun terakhir (2021–2025). Kata kunci seperti "*Early Warning System*", "*Prediksi Financial Distress*", "*Machine Learning*", dan "*Artificial Intelligence*" digunakan untuk proses pencarian literatur penelitian. Selain itu, kriteria inklusi digunakan untuk menilai kelayakan artikel-artikel tersebut. Kriteria inklusi meliputi: (a) penelitian yang membahas *early warning system* atau *machine learning* dalam konteks *financial distress*; (b) artikel yang dipublikasikan dalam jurnal ilmiah terakreditasi SCOPUS dan SINTA dan tersedia dalam bentuk teks lengkap yang

dapat diakses. Selanjutnya, artikel yang memenuhi semua kriteria tersebut digunakan sebagai dasar untuk proses sintesis dan analisis.

Penelitian ini berfokus pada beberapa pertanyaan penelitian berdasarkan pendekatan *Systematic Literature Review*, sebagai berikut: 1) Bagaimana kemajuan penelitian *EWS* berbasis *AI* dalam memprediksi *financial distress*?; 2) Algoritma mana yang paling banyak digunakan?; 3) Seberapa efektif model *AI* dibandingkan dengan metode konvensional?

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil dan diskusi berdasarkan pemetaan dari 15 artikel ilmiah yang membahas pengembangan model prediksi *financial distress* sebagai sistem peringatan dini berbasis *AI* dan *Machine Learning*. Penelitian ini mencakup berbagai konteks negara, seperti Tiongkok, Indonesia, dan pasar berkembang dan berada pada sektor industri (manufaktur, farmasi, perbankan, properti), dan metode algoritmik yang berbeda, mulai dari *machine learning* klasik hingga *deep learning*. Secara umum, hasil pemetaan menunjukkan bahwa paradigma penelitian telah berubah dari model statistik konvensional ke model kecerdasan buatan yang lebih fleksibel, non-linear, dan mampu memahami kompleksitas data keuangan perusahaan.

Table 1. Hasil pemetaan.

No.	Judul dan Penulis	Tujuan	Metode/ Algoritma	Hasil Penelitian
1.	Research on Financial Distress Prediction Models of Chinese Listed Companies in Pharmaceutical Manufactures Based on Machine Learning (Ke & Wang, 2023)	Membangun dan mengevaluasi model machine learning untuk prediksi financial distress	Random Forest (RF), Decision Tree (DT), Logistic Regression (LR), Support Vector Machine (SVM)	Berdasarkan sampel uji, model random forest efektif untuk memprediksi financial distress di Tiongkok
2.	Bankruptcy Prediction Using Machine Learning and Data Preprocessing Techniques (Samara & Shinde, 2025)	Mengembangkan dan mengevaluasi model prediksi kebangkrutan (<i>bankruptcy prediction</i>) berbasis machine learning yang memiliki tingkat akurasi lebih tinggi dibandingkan	Regresi Logistik, SVM, Random Forest, ANN, RNN	Random Forest memiliki akurasi sekitar 95%, jauh lebih tinggi dari Regresi Logistik sekitar 57%. Selain itu, model ANN memiliki performa lebih tinggi daripada

		pendekatan statistik tradisional		metode konvensional
3.	Artificial Intelligence Techniques for Financial Distress Prediction (Zhong & Wang, 2022)	Menguji efektivitas teknik <i>artificial intelligence</i> (AI) dalam memprediksi <i>financial distress</i> pada perusahaan manufaktur yang terdaftar di pasar modal Tiongkok	Random Forest	Model Random Forest memiliki akurasi tinggi dalam hal prediksi empiris kesulitan keuangan perusahaan manufaktur Tiongkok
4.	Prediction of Financial Distress Using Dynamic Artificial Neural Network for Early Warning System (Nyabera et al., 2024)	Mengembangkan model prediksi <i>financial distress</i> berbasis <i>machine learning</i> pada perusahaan di pasar berkembang serta membandingkan kinerja algoritma tradisional dan modern	Dynamic Artificial Neural Networks Model	Model ANN dinamis memiliki tingkat kurasi 94% dengan nilai presisi dan recall sebesar 92%, yang mengindikasikan efektivitas model dalam mendeteksi financial distress secara akurat
5.	Predicting Financial Distress in Indonesian Companies using Machine Learning (Kristanti et al., 2024)	Mengevaluasi dan membandingkan algoritma machine learning untuk menentukan model EWS terbaik untuk prediksi financial distress perusahaan BEI	Random Forest, XGBoost, Support Vector Classification (SVC), dan Long Short-Term Memory (LSTM)	Random Forest dengan SMOTE menjadi model paling optimal, dengan akurasi sekitar 96%
6.	Predicting Financial Distress in TSX-Listed Firms Using Machine Learning Algorithms (Lokanan & Ramzan, 2024)	Mengevaluasi kemampuan algoritma machine learning untuk memprediksi financial distress dan menemukan kemungkinan manipulasi laba	Decision Trees, Random Forests, Support Vector Machines (SVM), and Artificial Neural Networks (ANN)	Pengklasifikasi ANN mencapai akurasi tertinggi sebesar 98%, mengungguli algoritma lainnya
7.	Financial Distress Prediction Using GA-BP Neural Network Model (Ruan & Liu, 2021)	Melakukan pelatihan dan pengujian pada model jaringan saraf GA-BP yang dioptimalkan dengan data financial distress dari perusahaan yang terdaftar di bursa saham Tiongkok	Back-Propagation (BP) menggunakan Genetic Algorithm (GA)	Akurasi prediksi financial distress dengan jaringan saraf BP meningkat dari 77,27% menjadi 81,82%

8.	Prediksi Timing Financial Distress Pada Bank Perkreditan Rakyat di Indonesia Menggunakan Machine Learning (Urrochman et al., 2023)	Memanfaatkan teknik machine learning dua tahap klasifikasi dan regresi serta adanya pembentukan model prediksi kepailitan	LightGBM Model	Menunjukkan bahwa model klasifikasi memanfaatkan teknik Machine Learning dengan fitur MLP Classifier lebih efektif dibandingkan dengan menggunakan fitur SVC. Tingkat akurasi yang dihasilkan oleh MLP Classifier sebesar 83% sedangkan SVC sebesar 79%
9.	Artificial Neural Networks: A Deep Learning Approach in Financial Distress Prediction (Ayuni et al., 2024)	Menguji efektivitas Artificial Neural Network (ANN) dalam memprediksi financial distress pada perusahaan properti dan real estat yang terdaftar di Bursa Efek Indonesia	Artificial Neural Networks (ANN)	Akurasi prediksi ANN lebih tinggi sebesar 88,88%, dibandingkan dengan SVM 80,47% dan PSO-SVM 83,16%
10.	Anticipating Corporate's Distresses (Barboza et al., 2022)	Menyajikan model prediksi financial distress dari sudut pandang Machine Learning Techniques/TAM	XGBoost, Random Forest, dan Regresi Logistik	XGBoost menghasilkan akurasi sebesar 96%
11.	Prediksi Kebangkrutan dengan Metode ANN, SVM, dan CART Pada Perusahaan Properti, Konstruksi, dan Industri Sejenis yang Terdaftar di BEI (Lorens et al., 2022)	Menggunakan kecerdasan buatan (AI) untuk menemukan model prediksi yang paling akurat untuk memprediksi financial distress	Artificial Neural Network (ANN), Support Vector Machine (SVM), dan Classification and Regression Tree(CART)	CART menghasilkan tingkat akurasi sebesar 85,71% dan ANN sebesar 80,33%

12.	Prediksi Financial Distress Menggunakan Artificial Neural Network (ANN) Pada Perusahaan Perbankan yang Terdaftar di Bursa Efek Indonesia (BEI) Periode 2017-2021 (Awalia & Kristanti, 2023)	Memprediksi financial distress pada perbankan yang terdaftar di BEI periode 2017-2021 melalui penggunaan Artificial Neural Network	Artificial Neural Network (ANN)	Akurasi yang dihasilkan sebesar 87%
13.	Comparative Analysis of Machine Learning and Deep Learning Models Integrated with Altman Z-Score for Financial Distress Prediction in Companies Listed on the Indonesia Stock Exchange (IDX) (Irvan, 2024)	Membandingkan tingkat keberhasilan model deep learning dan machine learning untuk memprediksi financial distress pada perusahaan di Indonesia.	K-Nearest Neighbor, Random Forest, Convolutional Neural Networks (CNN), and Recurrent Neural Networks (RNN)	Model <i>deep learning</i> (CNN dan RNN) menunjukkan akurasi lebih tinggi dibandingkan <i>machine learning</i> , dengan CNN sebagai model paling optimal dalam prediksi <i>financial distress</i>
14.	Machine Learning in Financial Distress: A Scoping Review (Peralungal & Natchimuthu, 2024)	Memberikan gambaran tentang tren saat ini, menemukan perbedaan, dan menyarankan arah penelitian masa depan dengan menggunakan model machine learning untuk prediksi financial distress	Support Vector Machine (SVM), Random Forest Classifier dan Artificial Neural Network (ANN)	SVM, RFC, dan ANN terbukti efektif dalam analisis data keuangan, dengan dominasi pengembangan di negara maju dan peluang perluasan adopsi di negara berkembang
15.	A Comparison of Static, Dynamic and Machine Learning Models in Predicting The Financial Distress of Chinese Firms (Yousaf et al., 2022)	Membandingkan kinerja model pembelajaran mesin (ML), model statis, dan dinamis dalam memprediksi financial distress perusahaan di Tiongkok	Random Forest, Dynamic Hazard, Model Statis	model machine learning Random Forest (RF) memiliki kinerja prediksi terbaik, diikuti oleh model Dynamic Hazard dan model statis. Temuan ini menegaskan bahwa model

machine learning
lebih akurat
dibandingkan
model
konvensional
dalam
memprediksi
financial distress
pada konteks
perusahaan di
Tiongkok

Sumber: Hasil Olahan Peneliti (2026).

Perkembangan Penelitian *Early Warning System* (EWS) Berbasis Artificial Intelligence dalam Prediksi *Financial Distress*

Pada awal pengembangan, penelitian tentang prediksi *financial distress* umumnya memanfaatkan algoritma *machine learning* klasik sebagai substitusi langsung terhadap model statistik tradisional yang bersifat linear dan parametrik. Beberapa penelitian empiris, seperti Ke & Wang (2023), Zhong & Wang (2022), dan Yousaf et al. (2022), menunjukkan bahwa algoritma *Random Forest* secara konsisten dapat menghasilkan prediksi yang lebih akurat daripada model konvensional, baik statis maupun dinamis. Hasil ini menunjukkan bahwa metode berbasis pembelajaran data lebih baik dalam menangkap hubungan non-linear dan interaksi kompleks antar variabel keuangan yang tidak dapat dimodelkan secara efektif oleh metode tradisional. Pada tahap ini, terjadi pergeseran yang signifikan dari paradigma prediksi berbasis asumsi statistik menuju pendekatan berbasis data (*data-driven approach*).

Penelitian lebih lanjut mulai menggunakan model jaringan saraf tiruan dan pendekatan deep learning untuk meningkatkan fungsi EWS seiring dengan meningkatnya kompleksitas masalah dan kebutuhan akan deteksi dini yang lebih presisi. Nyabera et al. (2024) mengembangkan *Dynamic Artificial Neural Network* yang dirancang khusus untuk mengidentifikasi perubahan kondisi keuangan perusahaan secara bertahap, yang memungkinkan sistem peringatan dini bekerja lebih efektif. Selain itu, Ruan & Liu (2021) menemukan bahwa penggunaan *Genetic Algorithm* untuk optimalisasi jaringan saraf dapat meningkatkan akurasi dan stabilitas model. Pada titik ini, AI tidak lagi digunakan semata-mata untuk mengklasifikasikan kondisi bangkrut dan tidak bangkrut; sebaliknya, ia telah berkembang menjadi mekanisme analisis yang dapat mengidentifikasi sinyal awal financial distress berdasarkan pola temporal dan perubahan dalam data keuangan.

Integrasi model deep learning sekuensial seperti *Recurrent Neural Network* (RNN), *Convolutional Neural Network* (CNN), dan *Long Short-Term Memory* (LSTM) menandai

kemajuan paling baru dalam penelitian *EWS* berbasis *AI* (Kristanti et al., 2024; Irvan, 2024). Dengan mempertimbangkan dimensi waktu dan perubahan kondisi keuangan secara berkelanjutan, model ini memungkinkan prediksi *financial distress* yang dinamis. Oleh karena itu, metode prediksi sekarang dapat memproyeksikan kesehatan keuangan perusahaan dari waktu ke waktu daripada hanya bergantung pada hasil tahunan. Evolusi ini menunjukkan bahwa *EWS* berbasis *AI* telah berkembang dari sekadar alat prediksi menjadi sistem monitoring risiko keuangan yang berkelanjutan. Dengan demikian, *EWS* memiliki potensi besar untuk membantu manajemen, investor, dan regulator membuat keputusan strategis.

Algoritma yang Paling Banyak Digunakan dalam Prediksi *Financial Distress*

Hasil pemetaan literatur menunjukkan bahwa *Random Forest (RF)* adalah algoritma yang paling dominan dan secara empiris paling konsisten untuk membuat prediksi yang unggul dalam penelitian tentang *financial distress*. Penelitian yang dilakukan oleh Ke & Wang (2023); Zhong & Wang (2022); Barboza et al. (2022); Kristanti et al. (2024); Yousaf et al. (2022); Irvan (2024) menunjukkan bahwa algoritma ini digunakan secara luas dalam berbagai konteks penelitian. Dominasi *RF* dapat dijelaskan oleh fitur teknisnya yang mampu menangani hubungan non-linear antar variabel keuangan, mengurangi risiko overfitting melalui mekanisme ensemble learning, dan mempertahankan tingkat akurasi yang tinggi pada kondisi data yang tidak seimbang sebagai karakteristik umum dari data *financial distress*. Keunggulan ini membuat *RF* sering diposisikan sebagai standar model untuk pengembangan sistem peringatan dini berbasis *AI*.

Selain *Random Forest*, *Artificial Neural Network (ANN)* telah menjadi algoritma yang sangat populer, terutama dalam penelitian yang mempelajari pasar dan industri berkembang. Beberapa penelitian empiris oleh Nyabera et al., 2024, Awalia & Kristanti (2023); Ayuni et al. (2024); Lokanan & Ramzan (2024); Lorens et al. (2022), ditemukan bahwa *ANN* memiliki tingkat akurasi prediksi yang sangat tinggi, antara 87% dan 98%. Ini menunjukkan kemampuan *ANN* untuk memodelkan hubungan non-linear dan pola tersembunyi antar rasio keuangan yang tidak dapat ditangkap secara optimal oleh model linier maupun *machine learning* klasik. Dalam konteks *EWS*, *ANN* dinilai dapat menemukan sinyal awal *financial distress* yang kompleks dan multidimensional.

Namun, algoritma seperti *Support Vector Machine (SVM)* dan *XGBoost* juga sering digunakan, tetapi biasanya digunakan sebagai model pembanding dalam analisis komparatif. Dalam penelitian Barboza et al. (2022), *XGBoost* menunjukkan kinerja prediksi yang sangat kompetitif. Sebaliknya, *SVM* cenderung memiliki kinerja yang lebih rendah dibandingkan *RF* dan *ANN* dalam sebagian besar penelitian. Ini terutama berlaku untuk dataset berskala besar

atau ketidakseimbangan kelas yang tinggi. Dengan demikian, *SVM* tidak lagi berfungsi sebagai algoritma utama dalam pembuatan *EWS* berbasis *AI*.

Efektivitas Model *AI* Dibandingkan Metode Konvensional

Beberapa penelitian membandingkan secara empiris model *AI* dengan metode statistik tradisional. Penelitian oleh Samara & Shinde (2025) menunjukkan bahwa algoritma *Random Forest* memiliki tingkat akurasi sekitar 95%, jauh melampaui regresi logistik dengan tingkat akurasi hanya sekitar 57%. Temuan ini serupa dengan penelitian yang dilakukan oleh Yousaf et al. (2022), yang menunjukkan bahwa model *Random Forest* secara konsisten mengungguli model statis dan *dynamic hazard* pada berbagai metrik evaluasi, termasuk akurasi, presisi, dan recall. Bukti empiris ini menegaskan bahwa keunggulan model *AI* konsisten lintas desain penelitian.

Kemampuan adaptif model *AI* dan kepekaan terhadap sinyal awal *financial distress* menunjukkan seberapa efektif model ini. Model *AI* memiliki kemampuan untuk mengidentifikasi pola non-linear, interaksi kompleks antar variabel keuangan, dan perubahan kondisi keuangan secara bertahap. Ini membedakannya dari model konvensional, yang biasanya bergantung pada hubungan linear dan asumsi distribusi tertentu. Kapasitas ini memungkinkan *AI* untuk mengidentifikasi fase transisi yang terjadi dalam kehidupan bisnis, mulai dari kondisi sehat menuju *grey area* dan akhirnya *distress*. Fase-fase ini seringkali tidak terdeteksi oleh indikator konvensional seperti *Altman Z-Score* atau regresi logistik.

Namun, literatur juga menekankan bahwa konteks empiris di mana model *AI* diterapkan, kualitas data, dan teknik preprocessing sangat memengaruhi efektivitasnya. Ada banyak penelitian yang menekankan betapa pentingnya menangani ketidakseimbangan kelas dengan menggunakan metode seperti SMOTE dan memilih variabel yang tepat sesuai dengan karakteristik industri. Oleh karena itu, meskipun model *AI* biasanya lebih baik, implementasinya sebagai sistem peringatan dini tidak dapat digeneralisasikan. Agar hasil prediksi dapat digunakan secara efektif oleh manajemen perusahaan, auditor, dan regulator dalam proses pengambilan keputusan, desain model harus dirancang secara kontekstual, jelas, dan interpretatif.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini mencapai beberapa kesimpulan. Pertama, penelitian *EWS* berbasis *AI* menunjukkan kemajuan metodologis dan fungsi prediktif yang signifikan. Selama beberapa tahun terakhir, penelitian telah beralih dari penggunaan *machine learning* konvensional sebagai pengganti metode statistik tradisional. Saat ini, penelitian telah beralih ke penggunaan

neural network dan *deep learning*, yang memiliki kemampuan untuk mengamati perubahan temporal dalam kondisi keuangan perusahaan. Paradigma prediksi beralih dari prediksi statis ke sistem peringatan dini yang berkelanjutan dan adaptif. Kedua, Hasil pemetaan menunjukkan bahwa dua algoritma yang paling banyak digunakan dan paling sering digunakan adalah *Random Forest* dan *Artificial Neural Network*. *Random Forest* terkenal karena stabilitas dan kemampuan untuk menangani data non-linear serta ketidakseimbangan kelas, sementara *Artificial Neural Network* unggul dalam memodelkan hubungan kompleks antar variabel keuangan. *Deep learning* tampaknya memiliki keunggulan, tetapi adopsinya masih terbatas dan belum menggantikan kedua algoritma yang dominan dalam praktik *EWS* saat ini. Ketiga, penelitian ini menunjukkan bahwa, secara empiris, metode konvensional tidak efektif dalam memprediksi *financial distress*. Model *AI* lebih akurat dan peka terhadap sinyal awal tekanan keuangan, yang sulit dicapai oleh metode konvensional. Akibatnya, *AI* memiliki potensi besar untuk meningkatkan kemampuan *EWS* untuk mengurangi risiko keuangan perusahaan.

Meskipun memberikan manfaat konseptual dan empiris, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, penelitian ini tidak melakukan pengujian empiris langsung pada data keuangan perusahaan karena menggunakan metode tinjauan literatur berbasis pemetaan studi. Akibatnya, hasilnya sangat bergantung pada desain metodologis yang digunakan dan kualitas data dari studi yang dianalisis. Kedua, jumlah artikel yang dipetakan masih relatif terbatas, yaitu hanya lima belas studi, dan sebagian besar berfokus pada konteks negara tertentu, seperti Tiongkok dan Indonesia. Hal ini dapat membatasi generalisasi temuan, terutama untuk konteks pasar maju atau sektor industri yang belum banyak diteliti. Ketiga, sebagian besar penelitian yang dianalisis masih berfokus pada kinerja prediktif (akurasi, presisi, dan recall). Namun, belum banyak diskusi tentang interpretasi model dan implementasi praktisnya sebagai *EWS*. Keterbatasan ini penting karena penerapan model *AI* dalam praktik membutuhkan transparansi dan pemahaman yang cukup dari pengguna non-teknis. Berdasarkan temuan dan keterbatasan penelitian, saran utama yang dapat diajukan adalah perlunya penelitian selanjutnya untuk mengembangkan *early warning system (EWS)* berbasis *Artificial Intelligence* yang lebih kontekstual dan aplikatif. Pengembangan model perlu mempertimbangkan karakteristik industri, struktur kepemilikan, serta lingkungan institusional perusahaan, sekaligus mengintegrasikan pendekatan *explainable AI (XAI)* agar hasil prediksi tidak hanya unggul secara teknis tetapi juga mudah diinterpretasikan oleh manajemen, auditor, dan regulator.

DAFTAR REFERENSI

- Arefin, S. M. S., Sultana, N., Rafi, M. A., & Rahman, M. M. (2025). AI-powered early warning systems for emerging market crises: Enhancing U.S. foreign. *Journal of Economics, Finance and Accounting Studies*, 7(5), 17–29. <https://doi.org/10.32996/jefas.2025.7.5.3>
- Awalia, R., & Kristanti, F. T. (2023). Prediksi financial distress menggunakan artificial neural network (ANN) pada perusahaan perbankan yang terdaftar di Bursa Efek Indonesia (BEI) periode 2017–202. *Jurnal Kajian Pendidikan Ekonomi dan Ilmu Ekonomi*, 7(2).
- Ayuni, N. W. D., Utthavi, W. H., & Lasmini, N. N. (2024). Artificial neural networks: A deep learning approach in financial distress prediction. In A. A. N. G. Saptaka, I. G. L. M. Parwita, I. K. Wiratama, F. Moi, K. W. Widantha, E. Septevany, D. A. I. C. Dewi, W. E. Mariani, & R. N. Fakhrurozi (Eds.), *Proceedings of the International Conference on Sustainable Green Tourism Applied Science—Engineering Applied Science 2024 (ICoSTAS-EAS 2024)* (Vol. 249, pp. 99–108). Atlantis Press International BV. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-587-4_12
- Barboza, F. L. D. M., Duarte, D. L., & Cunha, M. A. (2022). Anticipating corporate's distresses. *Exacta*, 20(2), 470–496. <https://doi.org/10.5585/exactaep.2021.17494>
- Ha, H. H., Dang, N. H., & Tran, M. D. (2023). Financial distress forecasting with a machine learning approach. *Corporate Governance and Organizational Behavior Review*, 7(3), 90–104. <https://doi.org/10.22495/cgobrv7i3p8>
- Irvan, F. M. (2024). Comparative analysis of machine learning and deep learning models integrated with Altman Z-score for financial distress prediction in companies listed on the Indonesia Stock Exchange (IDX). *EKOMBIS REVIEW: Jurnal Ilmiah Ekonomi Dan Bisnis*, 12(2). <https://doi.org/10.37676/ekombis.v12i2.5478>
- Judijanto, L., Rizani, A., & Devita, H. (2025). Implementation of artificial intelligence in financial crisis early warning system. 3(6).
- Ke, J., & Wang, Q. (2023). Research on financial distress prediction models of Chinese listed companies in pharmaceutical manufactures based on machine learning. In K. Hemachandran, R. S. K. Boddu, & W. Alhasan (Eds.), *Proceedings of the 2023 2nd International Conference on Artificial Intelligence, Internet and Digital Economy (ICAID 2023)* (Vol. 9, pp. 544–552). Atlantis Press International BV. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-222-4_59
- Kitchenham, B., Brereton, O. P., Budgen, D., Turner, M., Bailey, J., & Linkman, S. (2009). Systematic literature reviews in software engineering—A systematic literature review. *Information and Software Technology*, 51(1), 7–15. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2008.09.009>
- Kristanti, F. T., Febrianta, M. Y., Salim, D. F., Riyadh, H. A., & Beshr, B. A. H. (2024). Predicting financial distress in Indonesian companies using machine learning. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 14(6), 17644–17649. <https://doi.org/10.48084/etasr.8520>
- Lokanan, M. E., & Ramzan, S. (2024). Predicting financial distress in TSX-listed firms using machine learning algorithms. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 7, 1466321. <https://doi.org/10.3389/frai.2024.1466321>
- Lorens, R. R., Prayogo, D., & Budiman, J. (2022). Prediksi kebangkrutan dengan metode ANN, SVM, dan CART pada perusahaan properti, konstruksi, dan industri sejenis yang

- terdaftar di BEI. *Dimensi Utama Teknik Sipil*, 9(2).
<https://doi.org/10.9744/duts.9.2.136-155>
- Nyabera, A. M., Ikamari, C., & Mocheche, G. (2024). Prediction of financial distress using dynamic artificial neural network for early warning system. *Asian Journal of Probability and Statistics*, 26(9), 151–159.
<https://doi.org/10.9734/ajpas/2024/v26i9651>
- Peralungal, A., & Natchimuthu, N. (2024). Machine learning in financial distress: A scoping review. *International Research Journal of Multidisciplinary Scope*, 5(3), 457–474.
<https://doi.org/10.47857/irjms.2024.v05i03.0779>
- Ruan, L., & Liu, H. (2021). Financial distress prediction using GA-BP neural network model. *International Journal of Economics and Finance*, 13(3), 1.
<https://doi.org/10.5539/ijef.v13n3p1>
- Samara, K., & Shinde, A. (2025). Bankruptcy prediction using machine learning and data preprocessing techniques. *Analytics*, 4(3), 22.
<https://doi.org/10.3390/analytics4030022>
- Sharif, S., & Saleem, H. M. N. (2024). A review on the determinants of financial distress. 8(4), 473–484. [https://doi.org/10.35484/pssr.2024\(8-IV\)37](https://doi.org/10.35484/pssr.2024(8-IV)37)
- Sumarni, I. (2022). Analisis financial distress perusahaan di Indonesia dimasa pandemic COVID-19. *PubBis: Jurnal Penelitian dan Pemikiran Administrasi Publik dan Administrasi Bisnis*, 6(1). <https://doi.org/10.35722/pubbis.v6i1.584>
- Surnayanti, & Erlina, R. (n.d.). *Dinamika ekonomi internasional: Perubahan, ketidakpastian, dan peluang di era Society 5.0*. Penerbit Adab.
- Urrochman, M. Y., Setyati, E., & Kristian, Y. (2023). Prediksi timing financial distress pada Bank Perkreditan Rakyat di Indonesia menggunakan machine learning. *Jutisi: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 12(2), 576.
<https://doi.org/10.35889/jutisi.v12i2.1219>
- Yousaf, U. B., Jebran, K., & Wang, M. (2022). A comparison of static, dynamic and machine learning models in predicting the financial distress of Chinese firms. *Romanian Journal of Economic Forecasting*.
- Zhong, J., & Wang, Z. (2022). Artificial intelligence techniques for financial distress prediction. *AIMS Mathematics*, 7(12), 20891–20908.
<https://doi.org/10.3934/math.20221145>