

Jurnal Ilmiah Manajemen, Ekonomi dan Bisnis
VOL 4, No. 1, Januari 2025, pp. 58 - 66
p-ISSN: 2809-1655 (media cetak)
e-ISSN: 2809-1981 (media online)
Link Publikasi: https://ejurnal.provisi.ac.id/index.php/JIMEB/issue/view/144
DOI: https://doi.org/10.51903/h1hep018

Machine Learning-Based Forensic Analytics for the Detection of Financial Statement Fraud

Amelia Ratna Santoso*[1], Budi Prasetyo[2]
[1] Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Airlangga
Jl. Airlangga No. 4–6, 60286, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia
[2] Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Gadjah Mada
Jl. Sosio Humaniora No. 1, 55281, Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia
Email: santoso@gmail.com; prasetyo@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:

Received : Oct 2024
Revised : Oct 2024
Accepted : Nov 2024
Published : Jan 2025

ABSTRACT

The digital transformation in accounting has not only made financial reporting faster but also opened avenues for data manipulation and fraudulent reporting. As a result, there is a need to apply machine learning-based forensic analytics to scale up both objective and contextual anomaly detection. The primary purpose of the research is to introduce a fraud detection model for the financial statements of publicly listed companies in Indonesia by comparing the effectiveness of three major algorithms: Logistic Regression, Random Forest, and XGBoost. The 240 observations from 40 companies for the 2018–2023 period were analyzed using an explanatory quantitative approach, with SMOTE balancing and Beneish M-Score validation methods. The findings indicate that among all models tested, XGBoost stands out as the best, achieving the highest accuracy of 92.1% and an AUC of 0.947, whereas leverage, profit growth, and auditor turnover are identified as the main predictors of fraud risk. The application of this combination of forensic accounting and machine learning has led to the conclusion that it is possible to detect fraud with much higher accuracy than with conventional auditing techniques. One of the most important aspects of this research is the use of interpretable predictive analytics in developing countries. This means the model could serve as a data-based early warning system for auditors and regulators, thereby improving transparency and corporate governance in Indonesia.

Keywords: *Forensic Analytics, Machine Learning, XGBoost, Fraud Detection, Financial Statements.*

OPEN ACCESS

This journal is an open-access publication. All articles are freely and permanently accessible to everyone. Copyright © 2025 by the Author(s). This article is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0).

ABSTRAK

Perkembangan teknologi digital dalam akuntansi meningkatkan efisiensi pelaporan keuangan, namun juga memperbesar risiko manipulasi data dan kecurangan laporan. Kondisi ini menuntut penerapan forensic analytics berbasis machine learning untuk memperkuat deteksi anomali secara objektif dan kontekstual.

Received Oct 2024; Revised Oct 2024; Accepted Nov 2024; Published Jan 2025

p-ISSN: 2809-1655 e-ISSN: 2809-1981

Penelitian ini bertujuan mengembangkan model deteksi kecurangan laporan keuangan perusahaan publik di Indonesia dengan membandingkan efektivitas tiga algoritma utama: Logistic Regression, Random Forest, dan XGBoost. Menggunakan 240 observasi dari 40 perusahaan pada periode 2018–2023, data dianalisis melalui pendekatan kuantitatif eksplanatori dengan SMOTE balancing dan validasi Beneish M-Score. Hasil menunjukkan bahwa XGBoost merupakan model paling unggul dengan akurasi 92,1% dan nilai AUC 0,947, sementara variabel leverage, profit growth, dan pergantian auditor terbukti signifikan terhadap risiko kecurangan. Temuan ini menegaskan bahwa integrasi forensic accounting dengan machine learning mampu menghasilkan deteksi fraud yang lebih presisi dibandingkan dengan metode audit tradisional. Kebaruan penelitian terletak pada penerapan interpretable predictive analytics yang relevan bagi konteks negara berkembang. Implikasinya, model ini dapat berfungsi sebagai early warning system berbasis data untuk auditor dan regulator dalam memperkuat transparansi serta tata kelola perusahaan di Indonesia.

Kata Kunci: *Forensic Analytics*, *Machine Learning, Xgboost*, Deteksi Kecurangan, Laporan Keuangan.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital telah mentransformasi sistem akuntansi dan pelaporan keuangan secara signifikan, menjadikannya lebih cepat, terintegrasi, dan berbasis data (Calista & Nugroho, 2022; Naseer & Ahmed, 2025). Di satu sisi, transformasi ini meningkatkan efisiensi dan transparansi pelaporan korporasi; namun di sisi lain, kompleksitas sistem digital justru membuka ruang baru bagi manipulasi data dan kecurangan laporan keuangan yang semakin sulit dideteksi melalui prosedur audit konvensional (Cantona et al., 2024); (Ludivia Hernandez Aros et al., 2024). *Association of Certified Fraud Examiners* (ACFE, 2024) melaporkan bahwa kerugian global akibat kecurangan keuangan mencapai lebih dari USD 4,7 triliun per tahun, dengan manipulasi laporan keuangan sebagai salah satu bentuk *fraud* paling merugikan. Di Indonesia, Otoritas Jasa Keuangan mencatat peningkatan signifikan kasus ketidaksesuaian pelaporan dan dugaan fraud korporasi dalam lima tahun terakhir, yang menegaskan keterbatasan pendekatan audit tradisional dalam menghadapi pola kecurangan yang semakin kompleks dan berbasis teknologi (Bhattacharya & Mickovic, 2024).

Merespons tantangan tersebut, literatur akademik menunjukkan peningkatan pemanfaatan machine learning dalam mendeteksi kecurangan laporan keuangan. Berbagai studi membuktikan bahwa algoritma seperti *Random Forest, Support Vector Machine, neural network*, dan pendekatan *ensemble* mampu mengidentifikasi pola anomali dengan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan metode statistik klasik (Nhien et al., 2024); (Poutre et al., 2024); (Li et al., 2022). Perkembangan ini menandai pergeseran penting menuju forensic analytics berbasis data yang menekankan kemampuan prediktif dan pengolahan informasi keuangan berskala besar (Nejla Ellili et al., 2024). Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut dilakukan dalam konteks negara maju dengan struktur regulasi, tata kelola, dan karakteristik pasar yang relatif stabil, sehingga temuan dan model yang dihasilkan belum tentu relevan ketika diterapkan pada pasar negara berkembang seperti Indonesia (El & El, 2024).

Kesenjangan penelitian muncul karena masih terbatasnya studi yang mengintegrasikan pendekatan forensic accounting dan machine learning dengan mempertimbangkan konteks institusional negara berkembang. Penelitian terdahulu umumnya berfokus pada peningkatan akurasi model prediksi semata, tanpa mengaitkan hasil algoritmik dengan karakteristik lokal seperti dinamika tata kelola perusahaan, perilaku manajerial, serta perbedaan regulasi pelaporan keuangan di Indonesia (Gianluca Gabrielli et al., 2024). Selain itu, penggunaan dataset lokal yang merepresentasikan praktik riil perusahaan publik domestik masih relatif jarang, sehingga model deteksi fraud yang dikembangkan cenderung bersifat generik dan kurang sensitif terhadap pola kecurangan yang khas di pasar Indonesia (Brid Murphy et al., 2024). Kondisi ini menegaskan perlunya pengembangan kerangka forensic analytics yang tidak hanya akurat secara teknis, tetapi juga kontekstual dan dapat diinterpretasikan oleh auditor serta regulator.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan model deteksi kecurangan laporan keuangan berbasis machine learning yang relevan dengan konteks perusahaan publik di Indonesia. Secara khusus, penelitian ini membandingkan efektivitas *Logistic Regression, Random Forest, dan XGBoost* dalam menganalisis kombinasi indikator keuangan dan non-keuangan untuk mengidentifikasi potensi fraud, dengan dukungan teknik penyeimbangan data dan validasi menggunakan *Beneish M-Score* (Zhu et al., 2024). Untuk memperkuat makna empiris hasil analisis, penelitian ini juga mengintegrasikan teori fraud triangle dan

p-ISSN: 2803-1507 e-ISSN: 2803-1531

fraud diamond sebagai landasan konseptual dalam menafsirkan faktor-faktor pemicu kecurangan (Beemamol M et al., 2024).

Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi antara forensic accounting dan machine learning yang bersifat interpretatif dalam konteks pelaporan keuangan Indonesia. Berbeda dari penelitian sebelumnya yang menitikberatkan pada performa prediksi, studi ini menekankan pentingnya model interpretability agar hasil deteksi dapat dipahami dan digunakan secara praktis oleh auditor dan regulator (Cerneviciene & Kabasinskas, 2024). Dengan demikian, kontribusi ilmiah penelitian ini mencakup pengembangan model deteksi fraud yang adaptif terhadap karakteristik lokal, penyediaan kerangka forensic analytics yang menghubungkan hasil algoritmik dengan prinsip audit forensik, serta penyajian bukti empiris bahwa pendekatan berbasis data mampu memperkuat transparansi dan akuntabilitas perusahaan publik di Indonesia (Abdullah & Almaqtari, 2024).

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksplanatori dengan desain eksperimental komparatif untuk menguji efektivitas berbagai algoritma *machine learning* dalam mendeteksi kecurangan laporan keuangan perusahaan publik di Indonesia. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan pengujian empiris hubungan antarvariabel serta evaluasi kinerja algoritmik secara objektif dalam kerangka forensic analytics, yaitu integrasi antara akuntansi forensik dan analisis prediktif berbasis data. Melalui kerangka ini, penelitian tidak hanya berorientasi pada akurasi prediksi, tetapi juga pada kemampuan interpretasi hasil yang relevan bagi auditor dan regulator.

Populasi penelitian mencakup seluruh perusahaan publik yang terdaftar di Bursa Efek Indonesia (BEI) selama periode 2018-2023. Pemilihan periode ini didasarkan pada meningkatnya penerapan digital reporting yang memungkinkan konsistensi dan keterbandingan data. Sampel ditentukan secara purposive dengan kriteria kelengkapan laporan keuangan, konsistensi sektor usaha, keterolahan data secara numerik, serta adanya indikasi ketidaksesuaian pelaporan atau kasus fraud yang tercatat oleh OJK atau BEI. Berdasarkan kriteria tersebut, diperoleh 240 observasi (40 perusahaan × 6 tahun) yang mencakup sektor keuangan, manufaktur, dan jasa. Dataset dibagi menjadi 70% data pelatihan dan 30% data pengujian untuk menjaga kemampuan generalisasi model.

Data penelitian diperoleh dari laporan keuangan tahunan yang diakses melalui situs resmi BEI dan database Refinitiv Eikon. Variabel yang digunakan mencakup indikator keuangan seperti ROA, *leverage, current ratio, inventory turnover, dan profit growth,* serta indikator non-keuangan seperti ukuran dewan direksi, pergantian auditor, dan opini audit. Pemilihan variabel tidak semata-mata didasarkan pada ketersediaan data, tetapi pada relevansinya dengan teori *fraud triangle* dan *fraud diamond*, sehingga setiap variabel memiliki dasar konseptual dalam menjelaskan tekanan, peluang, dan rasionalisasi kecurangan.

Tahap preprocessing dilakukan secara terstruktur dengan tujuan memastikan kualitas dan representativitas data, bukan sebagai prosedur teknis generik. Proses ini meliputi pembersihan data, normalisasi skala, dan pengkodean variabel kategorikal. Aspek kunci preprocessing dalam penelitian ini terletak pada penanganan ketidakseimbangan kelas antara observasi fraud dan non-fraud. Mengingat data fraud secara empiris bersifat minoritas, penelitian ini menggunakan *Synthetic Minority Oversampling Technique* (SMOTE) untuk meningkatkan proporsi kelas fraud tanpa menghilangkan karakteristik distribusi data asli. Penggunaan SMOTE menjadi elemen pembeda penelitian karena bertujuan mengurangi bias model terhadap kelas mayoritas serta meningkatkan sensitivitas deteksi terhadap kecurangan yang jarang terjadi.

Feature engineering dalam penelitian ini tidak diarahkan pada pembentukan fitur teknis yang kompleks, melainkan pada optimalisasi variabel yang memiliki makna forensik. *Variabel leverage* dan *profit growth* diposisikan sebagai indikator tekanan finansial, sementara pergantian auditor diperlakukan sebagai sinyal non-keuangan yang merefleksikan potensi upaya penyembunyian informasi. Pendekatan ini memastikan bahwa hasil prediksi model tetap dapat ditafsirkan secara substantif dan tidak terlepas dari konteks akuntansi forensik.

Pemodelan dilakukan menggunakan tiga algoritma utama, yaitu *Logistic Regression, Random Forest*, dan XGBoost. Ketiga algoritma ini dipilih karena merepresentasikan pendekatan analitik yang berbeda, mulai dari model linier yang interpretatif hingga metode ensemble dan *boosting* yang mampu menangkap hubungan non-linear antarvariabel. Pemilihan algoritma tidak bertujuan mengeksplorasi sebanyak mungkin model, melainkan membandingkan efektivitas pendekatan yang paling relevan untuk deteksi anomali laporan

p-ISSN: 2809-1655 e-ISSN: 2809-1981

keuangan. Implementasi model dilakukan menggunakan Python 3.11 dengan dukungan library Pandas, NumPy, dan Scikit-learn, sementara evaluasi kinerja didasarkan pada metrik *accuracy, precision, recall*, F1-*score*, dan AUC-ROC.

Sebagai bentuk penguatan validitas hasil, penelitian ini mengintegrasikan Beneish M-Score sebagai alat validasi eksternal. Validasi ini bertujuan memastikan bahwa perusahaan yang diklasifikasikan berisiko tinggi oleh model machine learning juga menunjukkan indikasi manipulasi laba berdasarkan ukuran forensik yang telah mapan secara akademis. Pendekatan ini menjadi ciri khas penelitian karena menghubungkan hasil algoritmik dengan kerangka akuntansi forensik klasik, sehingga meningkatkan reliabilitas dan kredibilitas temuan.

Untuk menjaga transparansi dan interpretabilitas hasil, analisis kontribusi variabel dilakukan menggunakan pendekatan SHAP, sehingga pengaruh masing-masing variabel terhadap keputusan model dapat dijelaskan secara sistematis. Seluruh proses analisis dilakukan dalam lingkungan Jupyter Notebook agar alur penelitian terdokumentasi dengan baik dan dapat direplikasi. Secara keseluruhan, metodologi penelitian ini dirancang sebagai kerangka analitik terintegrasi yang menekankan relevansi variabel, penanganan ketidakseimbangan data fraud, serta validasi forensik hasil prediksi. Dengan demikian, model yang dihasilkan tidak hanya unggul secara statistik, tetapi juga memiliki makna praktis sebagai sistem peringatan dini (*early warning system*) bagi auditor dan regulator dalam konteks pelaporan keuangan Indonesia.

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1. Hasil

3.1.1. Deskripsi Data Penelitian dan Karakteristik Sampel

Penelitian ini menggunakan 240 observasi yang terdiri atas 40 perusahaan publik dari sektor keuangan, manufaktur, dan jasa selama periode 2018-2023. Setiap observasi mencakup variabel keuangan dan non-keuangan yang relevan dengan kerangka fraud triangle dan fraud diamond. Statistik deskriptif pada Tabel 1 disajikan untuk memberikan gambaran umum karakteristik data dan tingkat variasi antarperusahaan, tanpa mengulang interpretasi numerik secara rinci. Secara umum, sampel menunjukkan kondisi profitabilitas dan likuiditas yang relatif stabil, sementara variasi leverage dan profit *growth* mencerminkan perbedaan tekanan finansial yang berpotensi relevan dalam konteks risiko kecurangan.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Variabel Penelitian

Variabel	Mean	Std. Dev	Min	Max
ROA	0.062	0.048	-0.12	0.18
Leverage	0.58	0.25	0.15	0.95
Current Ratio	1.74	0.93	0.45	3.90
Inventory Turnover	4.20	2.18	0.90	9.80
Profit Growth	0.07	0.16	-0.30	0.45
Ukuran Dewan Direksi	6.7	1.9	3	11
Pergantian Auditor	0.29	0.45	0	1
Opini Audit (WTP=1)	0.84	0.37	0	1

Distribusi kategori fraud dan non-fraud setelah proses penyeimbangan kelas menggunakan SMOTE ditampilkan pada Gambar 1 untuk menegaskan bahwa data telah proporsional, sehingga hasil pemodelan tidak bias terhadap kelas mayoritas.

p-ISSN: 2803-1507 e-ISSN: 2803-1531



Gambar 1. Distribusi Kategori Fraud Dan Non-Fraud Setelah Oversampling

3.1.2. Perbandingan Kinerja Model Machine Learning dalam Deteksi Fraud

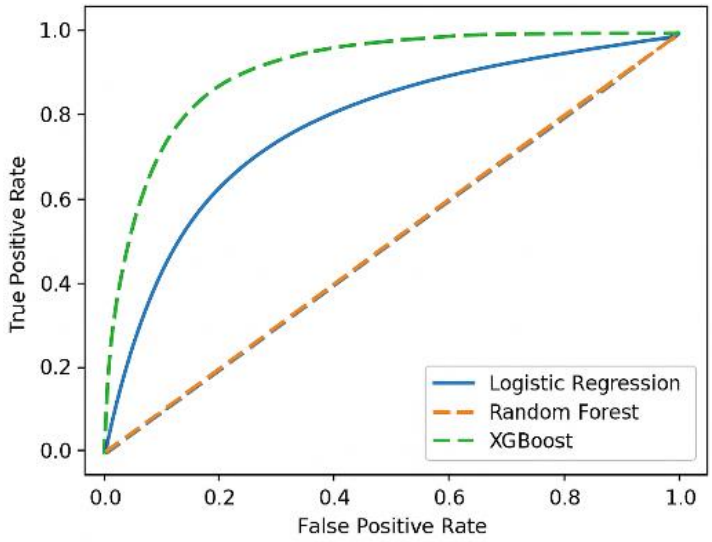
Untuk menilai efektivitas model machine learning dalam mendeteksi kecurangan laporan keuangan, penelitian ini menguji tiga algoritma utama yaitu *Logistic Regression* (LR), *Random Forest* (RF), dan XGBoost (XGB). Pengujian dilakukan menggunakan dataset pengujian sebesar 30% dari total data, sedangkan 70% sisanya digunakan untuk pelatihan model. Evaluasi kinerja dilakukan melalui lima metrik utama: accuracy, precision, recall, F1-score, dan AUC (*Area Under the Curve*). Hasil perbandingan kinerja ketiga model ditampilkan pada Tabel 2, yang menunjukkan bahwa algoritma XGBoost memberikan hasil terbaik dibandingkan model lainnya.

Tabel 2. Perbandingan Kinerja Model Machine Learning

Model	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score	AUC
Logistic Regression	0.842	0.816	0.781	0.798	0.864
Random Forest	0.903	0.889	0.872	0.880	0.928
XGBoost	**0.921**	**0.910**	**0.897**	**0.903**	**0.947**

Hasil pengujian menunjukkan bahwa XGBoost merupakan algoritma paling unggul dengan tingkat akurasi sebesar 92,1% dan nilai AUC sebesar 0.947. Hal ini menegaskan kemampuan model tersebut dalam mengenali pola dan anomali pada laporan keuangan dengan lebih presisi dibandingkan dua model lainnya. Random Forest menunjukkan performa cukup baik, sedangkan Logistic Regression memiliki akurasi paling rendah karena keterbatasannya dalam menangkap hubungan non-linear antarvariabel. Visualisasi perbandingan kinerja model disajikan pada Gambar 2, di mana kurva ROC untuk XGBoost terlihat paling dekat dengan sudut kiri atas, menandakan tingkat prediksi terbaik.

p-ISSN: 2809-1655 e-ISSN: 2809-1981



Gambar 2. Kurva ROC Untuk Tiga Model Machine Learning

3.1.3. Analisis Signifikansi Variabel dan Validasi Model

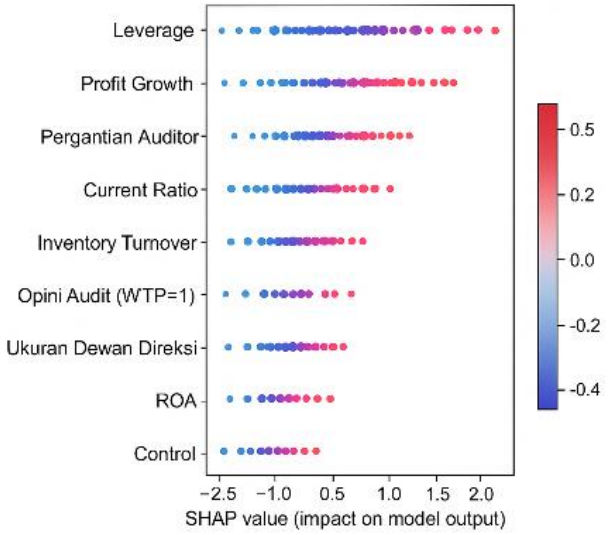
Hasil uji signifikansi variabel pada Tabel 3 dan analisis SHAP digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor utama yang berkontribusi terhadap prediksi risiko fraud. Leverage dan profit growth mencerminkan tekanan finansial, sedangkan pergantian auditor berfungsi sebagai sinyal non-keuangan yang relevan dalam perspektif akuntansi forensik. Konsistensi temuan pada pendekatan statistik dan machine learning menunjukkan bahwa kombinasi indikator keuangan dan non-keuangan lebih informatif dibandingkan penggunaan rasio keuangan secara terpisah. Validasi menggunakan Beneish M-Score diposisikan sebagai pengujian silang atas kewajaran hasil prediksi, bukan sebagai metrik performa tambahan, sehingga memperkuat kredibilitas temuan empiris.

Tabel 3. Uji Signifikansi Variabel Utama (Model Logistic Regression)

Variabel	Koefisien	Std. Error	z-Value	p-Value
ROA	-0.327	0.214	-1.53	0.126
Leverage	0.692	0.182	3.80	0.000***
Profit Growth	0.431	0.201	2.14	0.032**
Pergantian Auditor	0.556	0.231	2.41	0.017**
Ukuran Dewan Direksi	-0.138	0.109	-1.27	0.204

Temuan ini diperkuat oleh analisis SHAP Summary pada Gambar 3, yang menunjukkan bahwa leverage memiliki kontribusi paling dominan terhadap prediksi model, diikuti oleh profit growth dan pergantian auditor. Artinya, semakin tinggi rasio hutang perusahaan atau semakin besar pertumbuhan laba yang tidak sejalan dengan performa operasional, semakin besar kemungkinan laporan keuangan mengandung anomali yang mengarah pada indikasi kecurangan.

p-ISSN: 2803-1507 e-ISSN: 2803-1531



Gambar 3. Diagram SHAP Summary untuk Model XGboost

3.1.4. Temuan Empiris Utama Penelitian

Temuan empiris utama penelitian ini menunjukkan bahwa forensic analytics berbasis machine learning efektif dalam mendeteksi kecurangan laporan keuangan perusahaan publik di Indonesia, dengan XGBoost sebagai model yang paling unggul dan konsisten. Keunggulan model ini mencerminkan kemampuannya menangkap pola non-linear dan interaksi kompleks antara indikator keuangan dan non-keuangan secara lebih akurat. Analisis faktor penentu menunjukkan bahwa leverage dan profit growth merupakan indikator tekanan finansial yang paling dominan dalam meningkatkan risiko fraud, sementara pergantian auditor berperan sebagai sinyal non-keuangan yang relevan terkait potensi upaya manajemen mengurangi pengawasan eksternal. Sebaliknya, ROA dan ukuran dewan direksi tidak menunjukkan pengaruh empiris yang signifikan, yang mengindikasikan bahwa kinerja keuangan dan struktur tata kelola formal belum tentu merefleksikan efektivitas pengendalian fraud dalam konteks Indonesia. Validasi menggunakan Beneish M-Score memperkuat keandalan temuan, sehingga secara keseluruhan hasil penelitian menegaskan bahwa model yang dikembangkan memiliki relevansi prediktif dan substantif sebagai sistem peringatan dini (early warning system) bagi auditor dan regulator.

3.2. Diskusi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dominannya leverage, profit growth, dan pergantian auditor sebagai prediktor risiko kecurangan tidak hanya mencerminkan kinerja statistik model XGBoost, tetapi juga menggambarkan karakteristik tata kelola perusahaan publik di Indonesia. Tingginya leverage merefleksikan ketergantungan perusahaan pada pembiayaan berbasis utang, yang dalam konteks pasar berkembang sering kali disertai tekanan kuat untuk memenuhi kewajiban kontraktual dan menjaga persepsi stabilitas keuangan (Alter et al., 2020). Kondisi ini memperkuat insentif manajerial untuk melakukan manipulasi pelaporan guna mempertahankan kepercayaan kreditur dan investor, sehingga leverage berfungsi sebagai indikator tekanan (pressure) yang relevan dalam kerangka fraud *triangle* (Gepp et al., 2024).

Profit growth yang terbukti signifikan perlu dipahami bukan semata sebagai indikator kinerja positif, melainkan sebagai potensi sinyal agresivitas pelaporan (Habib et al., 2022). Dalam lingkungan bisnis Indonesia yang relatif volatil, pertumbuhan laba yang tinggi tidak selalu sejalan dengan kapasitas operasional atau arus kas yang berkelanjutan (Zhou, 2025). Ketidaksesuaian tersebut dapat mendorong praktik earnings management sebagai bentuk rasionalisasi manajemen untuk mempertahankan narasi kinerja yang diharapkan pasar, sebagaimana juga disoroti dalam penelitian deteksi fraud berbasis machine learning (Li & Duan, 2024). Dengan demikian, profit growth mencerminkan kombinasi tekanan dan rasionalisasi dalam perilaku kecurangan.

p-ISSN: 2809-1655 e-ISSN: 2809-1981

Pergantian auditor muncul sebagai indikator non-keuangan yang signifikan dalam konteks tata kelola perusahaan di Indonesia. Meskipun regulasi mewajibkan rotasi auditor, frekuensi pergantian yang relatif tinggi dapat mengindikasikan dinamika relasi yang tidak stabil antara manajemen dan auditor eksternal (Filipovic et al., 2021). Dalam praktik, pergantian auditor sering dikaitkan dengan upaya manajemen untuk mengurangi intensitas pengawasan atau mencari fleksibilitas dalam penerapan kebijakan akuntansi, sehingga variabel ini menjadi sinyal oportunisme manajerial yang relevan (Ebaid, 2023). Temuan ini menegaskan bahwa indikator perilaku tata kelola dapat lebih informatif dibandingkan ukuran struktural formal. Tidak signifikannya ROA dan ukuran dewan direksi menunjukkan bahwa indikator kinerja dan struktur tata kelola formal belum tentu mencerminkan efektivitas pengendalian kecurangan (Ismail et al., 2025). Dalam konteks Indonesia, ukuran dewan yang lebih besar tidak secara otomatis meningkatkan kualitas pengawasan apabila independensi dan kompetensi dewan belum optimal. Hal ini menguatkan argumen bahwa tekanan finansial dan sinyal perilaku lebih sensitif dalam mendeteksi risiko kecurangan dibandingkan rasio kinerja konvensional (Shanikat, 2025).

Meskipun model yang dikembangkan menunjukkan kinerja prediktif yang tinggi dan relevan secara empiris, klaim sebagai early warning system perlu dibatasi secara proporsional. Model *forensic analytics* berbasis supervised learning ini dibangun menggunakan data historis dan pola kecurangan yang telah teridentifikasi, sehingga fungsinya adalah sebagai alat pendukung keputusan (*decision support tool*) (Compagnino et al., 2025). Model ini membantu auditor dan regulator dalam memprioritaskan area berisiko tinggi, namun tidak dimaksudkan sebagai pengganti audit forensik, prosedur investigatif mendalam, atau bukti kausal terjadinya kecurangan (Benyasrisawat, 2026). Oleh karena itu, keluaran model harus ditafsirkan sebagai sinyal risiko yang bersifat probabilistik dan tetap memerlukan penilaian profesional auditor, pengujian substantif lanjutan, serta pertimbangan konteks regulasi dan hukum yang berlaku (Friska & Agustia, 2025). Dengan pembatasan tersebut, kontribusi praktis penelitian ini terletak pada penguatan pendekatan pengawasan berbasis risiko dan data, tanpa menegasikan peran judgment profesional dalam praktik audit dan tata kelola perusahaan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa forensic analytics berbasis machine learning dengan algoritma XGBoost merupakan model paling efektif dalam mendeteksi kecurangan laporan keuangan perusahaan publik di Indonesia. Model ini menunjukkan kemampuan terbaik dalam menangkap pola non-linear antara indikator keuangan dan non-keuangan, dengan leverage, profit growth, dan pergantian auditor sebagai prediktor utama risiko fraud, sementara ROA dan ukuran dewan direksi tidak terbukti signifikan. Secara teoretis, temuan ini memperkuat integrasi teori fraud triangle dan fraud diamond ke dalam pendekatan prediktif berbasis data yang bersifat interpretatif, khususnya dalam konteks negara berkembang. Secara praktis, model yang dikembangkan berfungsi sebagai early warning system berbasis risiko yang dapat mendukung auditor dan regulator dalam memprioritaskan pengawasan, tanpa menggantikan penilaian profesional dan prosedur audit forensik yang komprehensif.

REFERENSI

Abdullah, A. A. H., & Almaqtari, F. A. (2024). The Impact of Artificial Intelligence and Industry 4.0 on Transforming Accounting and Auditing Practices. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, *10*(1), 100218. https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2024.100218

ACFE. (2024). CFE. (2024). *Occupational Fraud 2024: A Report to the Nations*. Association of Certified Fraud Examiners. https://legacy.acfe.com/report-to-the-nations/2024

Alter, A., & Elekdag, S. (2020). Emerging Market Corporate Leverage and Global Financial Conditions. *Journal of Corporate Finance, 62*, 101590. https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2020.101590

Benyasrisawat, P., & Ounlert, N. (2026). Fraud Risk and Audit Opinions Across Countries: Complementing Accounting-Based Fraud Risk with Machine Learning Methods. *Journal of Risk and Financial Management, 19*(1), 26. https://doi.org/10.3390/jrfm19010026

Bhattacharya, I., & Mickovic, A. (2024). Accounting Fraud Detection Using Contextual Language Learning. *International Journal of Accounting Information Systems*, *53*, 100682. https://doi.org/10.1016/j.accinf.2024.100682

Brid Murphy et al. (2024). Exploring Accounting and AI Using Topic Modelling. *International Journal of Accounting Information Systems*, *55*, 100709. https://doi.org/10.1016/j.accinf.2024.100709

p-ISSN: 2803-1507 e-ISSN: 2803-1531

Calista, A. N., & Nugroho, A. H. D. (2022). Pengaruh Faktor-Faktor Fraud Diamond dalam Mendeteksi Financial Statement Fraud. *Kompak: Jurnal Ilmiah Komputerisasi Akuntansi*, *15*(2), 308–318. https://doi.org/10.51903/kompak.v15i2.658

Cantona et al. (2024). Pengaruh Akuntabilitas, Tranparansi dan Kualitas SDM terhadap Pengelolaan Anggaran Pendapatan dan Belanja Desa. *Jurnal Ilmiah Manajemen, Ekonomi Dan Bisnis*, *3*(1), 181–194. https://doi.org/10.51903/jimeb.v3i1.708

Černevičienė, J., & Kabašinskas, A. (2024). Explainable Artificial Intelligence (XAI) in Finance: A Systematic Literature Review. *Artificial Intelligence Review*, *57*(8), 216. https://doi.org/10.1007/s10462-024-10854-8

Compagnino, A. A., Maruccia, Y., Cavuoti, S., Riccio, G., Tutone, A., Crupi, R., & Pagliaro, A. (2025). An Introduction to Machine Learning Methods for Fraud Detection. *Applied Sciences, 15*(21), 11787. https://doi.org/10.3390/app152111787

Ebaid, I. E.-S. (2023). Board Characteristics and the Likelihood of Financial Statements Fraud: Empirical Evidence from an Emerging Market. *Future Business Journal*, *9*(1), 1–12. https://doi.org/10.1186/s43093-023-00218-z

Filipovic et al. (2021). The Effect of Auditor Rotation on the Relationship between Financial Manipulation and Auditor's Opinion. *Business Systems Research, 12*(1), 96–108. https://doi.org/10.2478/bsrj-2021-0007

Friska, R., & Agustia, D. (2025). Enhancing Auditor Judgment Quality: A Review of Evidence from Experimental Research. *Journal of Risk and Financial Management, 18*(3), 115. https://doi.org/10.3390/jrfm18030115

Gepp et al. (2024). Taking the Hunch Out of the Crunch: A Framework to Improve Variable Selection in Models to Detect Financial Statement Fraud. *Accounting and Finance*, *64*(2), 1569–1588. https://doi.org/10.1111/acfi.13192

Gianluca Gabrielli et al. (2024). The Power of Big Data Affordances to Reshape Anti-Fraud Strategies. *Technological Forecasting and Social Change*, *205*, 123507. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123507

Habib, A., Ranasinghe, D., Wu, J. Y., Biswas, P. K., & Ahmad, F. (2022). Real Earnings Management: A Review of the International Literature. *Accounting and Finance, 62*(4), 4279–4344. https://doi.org/10.1111/acfi.12968

Ismail, N. I., Alwi, N. H., & Mohamed Ramli, E. (2025). Corporate Governance and Fraud Risk: Insights From Malaysian Listed Firms. *International Journal of Research and Innovation in Social Science, 9*(15), 1225–1234. https://dx.doi.org/10.47772/ijriss.2025.915ec00743

Li, S., Wang, G., & Luo, Y. (2022). Tone of Language, Financial Disclosure, and Earnings Management: A Textual Analysis of Form 20-F. *Financial Innovation, 8*(1), 43. https://doi.org/10.1186/s40854-022-00346-5

Li, F., & Duan, H. (2024). Research on Fraud Detection Method of Financial Data of Listed Companies Based on HMCRAN. *International Journal of Data Warehousing and Mining*, *20*(1), 1–29. https://doi.org/10.4018/ijdwm.356510

Ludivia Hernandez Aros et al. (2024). Financial Fraud Detection through the Application of Machine Learning techniques: A Literature Review. *Humanities and Social Sciences Communications*, *11*(1), 1–22. https://doi.org/10.1057/s41599-024-03606-0

Naseer, K., & Ahmed, H. N. (2025). Effectiveness and Reliability of Artificial Intelligence in Fraud Detection: A Mixed-Method Study on Financial Audit. *Journal of Management and Informatics*, *4*(1), 706–722. https://doi.org/10.51903/jmi.v4i1.168

Nejla Ellili et al. (2024). Emerging Trends in Forensic Accounting Research: Bridging Research Gaps and Prioritizing New Frontiers. *Journal of Economic Criminology*, *4*, 100065. https://doi.org/10.1016/j.jeconc.2024.100065

p-ISSN: 2809-1655 e-ISSN: 2809-1981

Nhien, C. T., Hung, D. N., & Bình, V. T. T. (2024). Using Random Forest and Artificial Neural Network to Detect Fraudulent Financial Reporting: Data from Listed Companies in Vietnam. *Quality - Access to Success*, *25*(202), 160–173. https://doi.org/10.47750/qas/25.202.17

Poutre et al. (2024). Deep Unsupervised Anomaly Detection in High-Frequency Markets. *Journal of Finance and Data Science*, *10*, 1–18. https://doi.org/10.1016/j.jfds.2024.100129

Shanikat, M., & Aldabbas, M. M. (2025). Perception of Corporate Governance Factors in Mitigating Financial Statement Fraud in Emerging Markets: Jordan Experience. *Journal of Risk and Financial Management, 18*(8), 430. https://doi.org/10.3390/jrfm18080430

Zhou, N., Kang, J., & Park, S. H. (2025). Strategy for Sustained Profitable Growth: The Difference Between Growth- and Profit-Oriented Firms. *Management and Organization Review, 21*(3), 562–585. https://doi.org/10.1017/mor.2024.66

Zhu, S., Wu, H., Ngai, E. W. T., Ren, J., He, D., Ma, T., & Li, Y. (2024). A Financial Fraud Prediction Framework Based on Stacking Ensemble Learning. *Systems*, *12*(12), 1–27. https://doi.org/10.3390/systems12120588