

Deteksi Anomali Penjualan Menggunakan Algoritma *Isolation Forest* Di PT Multi Nabati Bitung

¹ Enjelita Radjakore, ² Irene R. H. T. Tangkawarow, ³ Efraim R. S. Moningkey
^{1*,2,3} Teknik Informatika, Universitas Negeri Manado, Kab. Minahasa, Indonesia
*Korespondensi: radjakoree@gmail.com

Submit : 13 Jul | Diterima : 03 Agust 2026 | Terbit : 08 Sept 2026

ABSTRACT

Sales transaction activities in large companies generate substantial amounts of multidimensional data that require effective monitoring to identify unusual transaction patterns. Manual supervision becomes less efficient when transaction volumes increase and historical data do not contain labels indicating normal or anomalous transactions. This study aims to apply an unsupervised machine learning approach using Isolation Forest to detect anomalies in sales transaction data at PT Multi Nabati Bitung and to implement the detection results in a web-based dashboard. The research used historical sales transaction data obtained from the company's database or Enterprise Resource Planning system in Excel/CSV format. The research stages consisted of data collection, preprocessing, exploratory analysis and visualization, feature construction, data normalization, Isolation Forest modeling, qualitative evaluation, and web-based implementation using Flask. The model used six transaction features, namely quantity sold, unit price, total sales, month, day of week, and average price. StandardScaler was applied before model training, while the Isolation Forest model used 100 isolation trees and a contamination value of 0.05. From 1,000 historical transactions, the model identified 50 transactions or 5% as anomalies and 950 transactions or 95% as normal. The detected anomalies generally showed transaction characteristics that differed significantly from the majority pattern, including unusually high sales volume, prices outside the common range, and unusual combinations of transaction attributes. The results indicate that Isolation Forest can support automated preliminary screening of sales transactions. Further research should use verified labeled data to enable quantitative evaluation using classification metrics.

Keywords: *Anomaly Detection; Isolation Forest; Machine Learning; Sales Data; Transactions.*

ABSTRAK

Aktivitas transaksi penjualan pada perusahaan berskala besar menghasilkan data multidimensi dalam jumlah besar yang membutuhkan pengawasan efektif untuk mengidentifikasi pola transaksi yang tidak wajar. Pengawasan secara manual menjadi kurang efisien ketika jumlah transaksi meningkat dan data historis tidak memiliki label yang menunjukkan transaksi normal maupun anomali. Penelitian ini bertujuan menerapkan pendekatan *unsupervised machine learning* menggunakan algoritma *Isolation Forest* untuk mendeteksi anomali pada data transaksi penjualan PT Multi Nabati Bitung serta mengimplementasikan hasil deteksi ke dalam dashboard berbasis website. Data penelitian berupa riwayat transaksi penjualan yang diperoleh dari database atau sistem *Enterprise Resource Planning* perusahaan dalam format Excel/CSV. Tahapan penelitian meliputi pengumpulan data, *preprocessing*, analisis dan visualisasi, pembentukan fitur, normalisasi data, pemodelan *Isolation Forest*, evaluasi secara kualitatif, dan implementasi sistem menggunakan Flask. Model menggunakan enam fitur transaksi, yaitu *quantity sold*, *unit price*, *total sales*, *month*, *day of week*, dan *average price*. Normalisasi dilakukan menggunakan *StandardScaler*, sedangkan model *Isolation Forest* menggunakan 100 pohon isolasi dan nilai *contamination* sebesar 0,05. Dari 1.000 transaksi historis, model mengidentifikasi 50 transaksi atau 5% sebagai anomali dan 950 transaksi atau 95% sebagai normal. Transaksi anomali umumnya memiliki karakteristik yang berbeda secara signifikan dari pola mayoritas, seperti volume penjualan yang sangat tinggi, harga di luar rentang umum, dan kombinasi atribut transaksi yang tidak umum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Isolation Forest* dapat mendukung proses penyaringan awal transaksi secara otomatis. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan data berlabel yang telah diverifikasi agar evaluasi kuantitatif menggunakan metrik klasifikasi dapat dilakukan.

Kata Kunci: Anomaly Detection; Data Penjualan; Isolation Forest; Machine Learning; Transaksi

PENDAHULUAN

Dalam era digitalisasi industri dan manufaktur, pengelolaan data penjualan yang transparan dan akurat menjadi bagian penting dalam mendukung operasional perusahaan. Perkembangan teknologi informasi mendorong digitalisasi berbagai aktivitas perusahaan dan menghasilkan data transaksi dalam jumlah besar. Pada perusahaan berskala besar seperti PT Multi Nabati Bitung, aktivitas transaksi penjualan menghasilkan data multidimensi yang mencakup informasi harga, volume, tanggal, dan jenis produk. Kondisi tersebut dapat meningkatkan risiko munculnya ketidakwajaran dalam pencatatan yang sulit ditemukan melalui pemeriksaan manual. Permasalahan pengelolaan data dan kebutuhan terhadap sistem digital juga menjadi bagian dari kajian yang telah digunakan dalam skripsi, termasuk (Mario et al., 2025) dan (Liando et al., 2022).

Pemanfaatan data sebagai dasar identifikasi dan analisis juga telah diterapkan dalam berbagai bidang. (Warouw et al., 2022), Penelitian tersebut menunjukkan bahwa proses identifikasi berdasarkan data dapat menghasilkan informasi yang digunakan sebagai dasar untuk melakukan analisis terhadap suatu objek dan mendukung proses pengambilan keputusan. Penerapan metode *machine learning* pada data transaksi juga telah dilakukan untuk mengidentifikasi aktivitas yang memiliki karakteristik tidak normal. (Cut Dinda Rizki Amirillah, 2025) menerapkan pendekatan *rule-based* dan *machine learning* menggunakan *Isolation Forest* untuk mendeteksi transaksi mencurigakan pada sektor perbankan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pendekatan berbasis *machine learning* dapat dimanfaatkan untuk membantu proses penyaringan transaksi yang memiliki pola berbeda dari transaksi pada umumnya.

Penelitian lain menunjukkan penerapan metode deteksi anomali pada data transaksi dengan karakteristik yang kompleks. (Buchdadi, 2025) menggunakan *Isolation Forest* dan *Autoencoder Neural Networks* untuk mendeteksi anomali pada transaksi *blockchain*. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa algoritma deteksi anomali dapat digunakan untuk mengidentifikasi transaksi yang memiliki karakteristik berbeda dari pola transaksi lainnya.

Ketidakwajaran pada transaksi dapat berupa manipulasi volume barang, perubahan harga yang tidak sesuai pola umum, transaksi fiktif, maupun kombinasi atribut transaksi yang jarang terjadi. Permasalahan tersebut menjadi lebih sulit ketika transaksi yang tidak wajar hanya berjumlah sedikit dibandingkan transaksi normal. Penelitian (Anawai Ohwyver et al., 2025) sebagaimana digunakan dalam skripsi menjelaskan pentingnya analisis data keuangan untuk mengidentifikasi data menyimpang yang dapat mengindikasikan kesalahan pencatatan, inefisiensi, maupun potensi fraud. Selain itu, penelitian terkait transaksi dan deteksi anomali menunjukkan bahwa identifikasi aktivitas yang tidak wajar merupakan bagian penting dalam menjaga sistem transaksi.

Pendekatan *machine learning*, khususnya *unsupervised learning*, dapat digunakan ketika data belum memiliki label. Pendekatan ini memungkinkan sistem menemukan pola dan data yang menyimpang berdasarkan karakteristik mayoritas data. (Husnaningtyas & Dewayanto, 2023a) membahas penggunaan *unsupervised learning* untuk mendeteksi fraud, sedangkan penelitian lain menunjukkan bahwa pendekatan *unsupervised anomaly detection* dapat membantu mengidentifikasi pola fraud baru yang belum terdapat pada data berlabel.

Salah satu algoritma yang sesuai dengan kondisi tersebut adalah *Isolation Forest*. Algoritma ini menggunakan pendekatan berbasis pohon untuk mengisolasi observasi yang berbeda dari mayoritas data. Data yang memiliki karakteristik ekstrem cenderung membutuhkan panjang jalur yang lebih pendek untuk terisolasi. (Husnaningtyas & Dewayanto, 2023b) menunjukkan penerapan *Isolation Forest* untuk deteksi anomali, sedangkan (Taksa Wibawa, 2023) menerapkannya pada data transaksi. Penelitian Wibawa dan Karyawati menggunakan dataset transaksi dengan lebih dari 500.000 catatan dan menunjukkan bahwa *Isolation Forest* dapat digunakan untuk proses deteksi anomali transaksi.

Penelitian terdahulu lain juga memperlihatkan penerapan *Isolation Forest* pada berbagai objek. (Zulfikar et al., 2023) menerapkannya untuk mendeteksi anomali belanja barang persediaan pada satuan kerja Kepolisian Republik Indonesia dan memperoleh hasil deteksi pada transaksi dengan pola tidak normal. (Saputra et al., 2024) menggunakan pendekatan *ensemble learning* dan *random oversampling* pada deteksi penipuan transaksi keuangan, sedangkan penelitian (Safikri et al., 2025) menggabungkan *Isolation Forest* dengan K-Means untuk mendeteksi anomali transaksi digital. Penelitian (Wijayanto et al., 2024) menggunakan *Isolation*

Forest bersama LSTM pada data curah hujan, sedangkan (Brawijaya et al., 2026) menerapkan *Isolation Forest* pada log sistem Linux.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu terletak pada objek data dan penerapan model. Penelitian ini menggunakan data transaksi penjualan PT Multi Nabati Bitung dengan pendekatan *Isolation Forest* tunggal, tanpa proses pelabelan manual dan tanpa kombinasi model lain. Skripsi menyatakan bahwa fokus penelitian adalah mengidentifikasi transaksi penjualan yang memiliki karakteristik menyimpang dan mengimplementasikan hasilnya ke dalam sistem berbasis Flask.

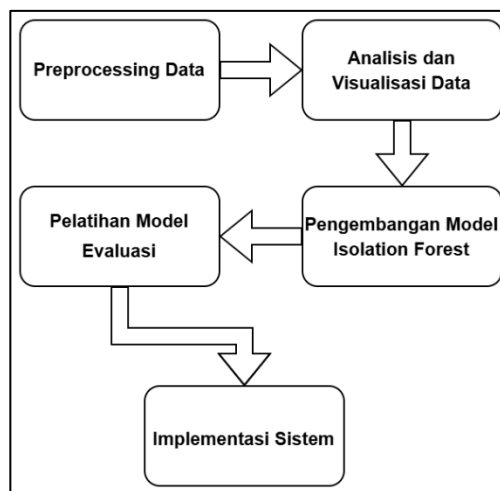
Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan menerapkan algoritma *Isolation Forest* untuk mendeteksi anomali pada transaksi penjualan PT Multi Nabati Bitung dan mengimplementasikan hasil deteksi dalam bentuk dashboard berbasis website. Kontribusi penelitian adalah menghasilkan proses penyaringan otomatis terhadap transaksi yang memiliki karakteristik berbeda dari mayoritas data sehingga transaksi tersebut dapat menjadi prioritas untuk pemeriksaan lebih lanjut.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada bulan Desember 2025 dengan lokasi penelitian di PT Multi Nabati Bitung, Provinsi Sulawesi Utara. Data penelitian berupa laporan dan riwayat transaksi penjualan yang diperoleh dari database atau sistem Enterprise Resource Planning perusahaan. Data dikumpulkan dalam format Excel/CSV dan mencakup variabel harga, volume, tanggal, serta jenis produk yang didistribusikan.

Perangkat yang digunakan dalam penelitian terdiri atas laptop dengan prosesor Intel Core i5 dan RAM 8 GB, Visual Studio Code, Google Chrome, Python, Pandas, Matplotlib, Seaborn, Scikit-Learn, dan Flask. Bahan penelitian berupa file Excel/CSV data historis transaksi penjualan PT Multi Nabati Bitung.

Tahapan penelitian dilakukan secara kronologis mulai dari pengumpulan data, preprocessing, analisis dan visualisasi data, pengembangan model *Isolation Forest*, evaluasi, hingga implementasi sistem. Alur penelitian tersebut mengikuti tahapan yang digunakan pada skripsi.



Gambar 1. Alur Penelitian
Referensi Gambar (Zulfikar et al., 2023)

Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui dokumentasi dan studi pustaka. Dokumentasi dilakukan dengan mengambil data transaksi penjualan dari database atau sistem ERP PT Multi Nabati Bitung. Data kemudian disimpan dalam format Excel/CSV. Studi pustaka dilakukan dengan mempelajari jurnal ilmiah, buku, dan artikel yang berkaitan dengan unsupervised learning, deteksi anomali, fraud, dan *Isolation Forest*.

Preprocessing Data

Data transaksi dibersihkan menggunakan Pandas. Proses preprocessing meliputi penanganan missing values, penghapusan data duplikat, serta penyesuaian tipe data pada kolom numerik seperti harga dan volume penjualan. Tahapan tersebut dilakukan agar data siap digunakan pada proses pemodelan.

Dataset yang digunakan berjumlah 1.000 transaksi.

Analisis dan Visualisasi

Setelah preprocessing, data dianalisis menggunakan Matplotlib dan Seaborn. Analisis dilakukan untuk memahami distribusi transaksi, tren penjualan, serta persebaran data yang berpotensi menjadi outlier. Visualisasi digunakan sebagai analisis awal sebelum proses pemodelan Isolation Forest.

Pembentukan Fitur

Fitur yang digunakan dalam proses pemodelan terdiri atas `quantity_sold`, `unit_price`, `total_sales`, `month`, `day_of_week`, dan `avg_price`. Pemilihan atribut tersebut didasarkan pada kemampuannya dalam merepresentasikan jumlah barang, harga, nilai transaksi, dan waktu transaksi.

Normalisasi

Sebelum model dilatih, seluruh fitur dinormalisasi menggunakan `StandardScaler`. Normalisasi bertujuan menyamakan skala antaratribut sehingga fitur dengan rentang nilai besar tidak mendominasi proses pemodelan.

Pemodelan Isolation Forest

Model *Isolation Forest* dibangun menggunakan 100 pohon isolasi (`n_estimators = 100`) dan `contamination = 0,05`. Nilai `contamination` digunakan untuk menentukan proporsi transaksi yang diperlakukan sebagai kandidat anomali.

Pada tahap prediksi, fungsi `predict()` digunakan untuk menentukan status transaksi, sedangkan `decision_function()` digunakan untuk menghasilkan `anomaly score`. Semakin berbeda karakteristik transaksi dari pola mayoritas, semakin besar kecenderungannya untuk diisolasi sebagai anomali.

Secara konseptual, panjang jalur menjadi dasar dalam menentukan tingkat keanehan suatu observasi. Skripsi memberikan simulasi dengan empat data `quantity_sold`, yaitu 108, 120, 138, dan 1.032. Nilai 1.032 lebih cepat terisolasi karena jauh dari kelompok data lainnya.

Evaluasi

Karena data penelitian tidak memiliki label ground truth, evaluasi dilakukan secara kualitatif. Penelitian tidak menggunakan confusion matrix, accuracy, precision, maupun recall. Evaluasi dilakukan melalui distribusi hasil deteksi, karakteristik transaksi anomali, dan `anomaly score`.

Implementasi Sistem

Model yang telah dibangun kemudian diimplementasikan ke dalam dashboard berbasis website menggunakan Flask. Sistem digunakan untuk menampilkan hasil deteksi anomali, visualisasi data transaksi, serta informasi transaksi yang perlu mendapatkan pemeriksaan lebih lanjut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Preprocessing

Hasil *preprocessing* menunjukkan bahwa data transaksi telah disiapkan untuk proses pemodelan. Data transaksi berjumlah 1.000 baris dan terdiri atas informasi yang berkaitan dengan volume penjualan, harga, nilai transaksi, tanggal, serta karakteristik produk. Pembersihan data dilakukan untuk memastikan nilai yang digunakan dalam pemodelan memiliki format yang sesuai.

```
df["date"] = pd.to_datetime(df["date"], errors="coerce")
for col in ["quantity_sold", "unit_price", "total_sales"]:
    df[col] = pd.to_numeric(df[col], errors="coerce")

df_clean = df.dropna(subset=["date", "quantity_sold", "unit_price", "total_sales"]).copy()
logging.info(f"Data setelah drop NA: {len(df_clean)}")

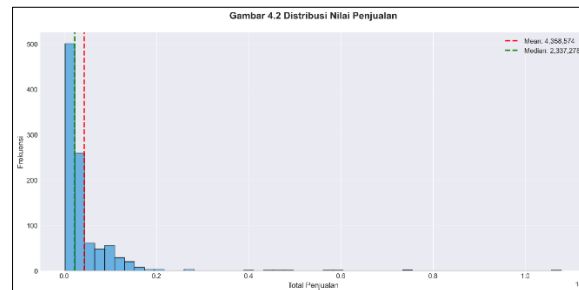
# Validasi nilai
df_clean = df_clean[
    (df_clean["quantity_sold"] > 0) &
    (df_clean["unit_price"] > 0) &
    (df_clean["total_sales"] > 0)
]
```

Gambar 2. Proses Preprocessing Data

Tahapan ini menjadi penting karena data yang memiliki nilai kosong, duplikasi, atau tipe data yang tidak sesuai dapat memengaruhi proses analisis dan pembentukan model. Proses *preprocessing* yang digunakan dalam penelitian mengikuti tahapan pada skripsi, yaitu penanganan nilai kosong, penghapusan duplikasi, dan penyesuaian tipe data numerik.

Analisis Distribusi Penjualan

Analisis awal dilakukan untuk mengetahui pola distribusi nilai penjualan sebelum model diterapkan.

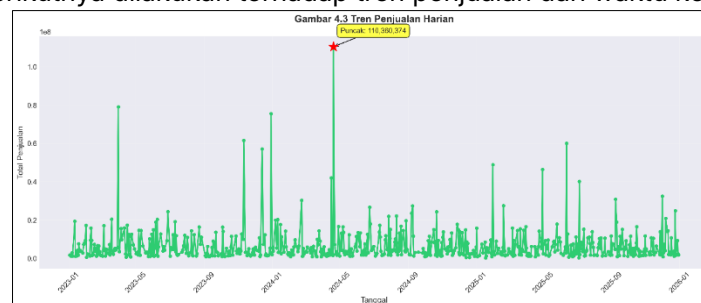


Gambar 3. Distribusi Nilai Penjualan

Distribusi tersebut digunakan untuk melihat pola umum transaksi dan mengetahui kemungkinan terdapatnya nilai yang berada jauh dari mayoritas data. Pemeriksaan visual tidak digunakan sebagai penentu akhir anomali, tetapi sebagai bagian dari eksplorasi data sebelum penerapan Isolation Forest.

Analisis Tren Penjualan

Analisis berikutnya dilakukan terhadap tren penjualan dari waktu ke waktu.



Gambar 4. Tren Penjualan Harian

Visualisasi tren memberikan informasi mengenai perubahan aktivitas transaksi dan membantu mengidentifikasi kondisi transaksi yang memiliki pola berbeda. Dalam penelitian ini, informasi tersebut digunakan sebagai pendukung proses analisis, sedangkan keputusan klasifikasi anomali dilakukan oleh model Isolation Forest.

Hasil Pemodelan Isolation Forest

Setelah fitur dinormalisasi menggunakan *StandardScaler*, model *Isolation Forest* dibangun menggunakan 100 pohon isolasi dengan *contamination* sebesar 0,05. Parameter tersebut membuat model memfokuskan deteksi pada sekitar 5% data yang memiliki penyimpangan paling tinggi.

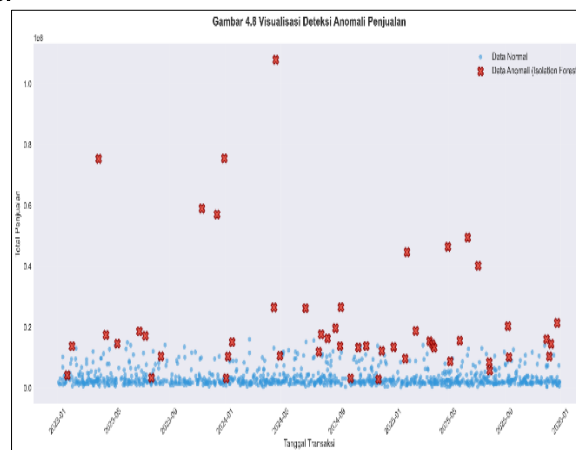
Hasil pengujian terhadap 1.000 transaksi menunjukkan bahwa 50 transaksi atau 5% diklasifikasikan sebagai anomali, sedangkan 950 transaksi atau 95% diklasifikasikan sebagai normal.

Tabel 1. Hasil Deteksi Anomali

Status Transaksi	Jumlah	Persentase
Normal	950	95,00%
Anomali	50	5,00%
Total	1.000	100%

Hasil tersebut menunjukkan bahwa model berhasil melakukan penyaringan awal terhadap transaksi yang memiliki karakteristik berbeda dari mayoritas data. Perlu ditegaskan bahwa nilai 5% merupakan proporsi yang digunakan dalam konfigurasi *contamination*, sehingga tidak dapat diartikan sebagai tingkat fraud aktual atau tingkat kesalahan model.

Visualisasi Hasil Deteksi



Gambar 5. Visualisasi Deteksi Anomali Penjualan

Visualisasi memperlihatkan bahwa sebagian besar data berada pada kelompok normal, sedangkan transaksi yang diklasifikasikan sebagai anomali berada pada posisi yang lebih menyimpang. Skripsi menjelaskan bahwa transaksi anomali ditunjukkan sebagai titik yang berada di atas batas *threshold*.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa *Isolation Forest* tidak menentukan anomali hanya berdasarkan satu atribut. Model mempertimbangkan kombinasi karakteristik transaksi yang digunakan sebagai fitur. Dengan demikian, suatu transaksi dapat dikategorikan sebagai anomali karena memiliki volume penjualan yang sangat tinggi, harga yang berada di luar pola umum, nilai transaksi yang tidak biasa, atau kombinasi beberapa atribut yang jarang muncul.

Karakteristik Data Anomali

Berdasarkan hasil analisis pada skripsi, transaksi anomali dapat memiliki nilai transaksi yang jauh lebih tinggi dibandingkan mayoritas data. Salah satu contoh adalah transaksi SAL-VMUH-8000 dengan kuantitas 1.332 unit dan total penjualan Rp49.390.560. Transaksi tersebut memiliki karakteristik yang jauh berbeda dari pola transaksi lainnya sehingga memiliki *anomaly score* rendah dan lebih cepat terisolasi dalam struktur *Isolation Tree*.

Contoh lain adalah transaksi SAL-WDXV-9613 yang memiliki kuantitas 1.892 unit dengan total penjualan Rp75.462.420. Nilai transaksi yang tinggi menyebabkan observasi tersebut berada jauh dari mayoritas data normal sehingga dikategorikan sebagai *outlier*.

Temuan tersebut menunjukkan bahwa karakteristik anomali tidak selalu berupa kesalahan data. Transaksi dengan volume atau nilai tinggi dapat memang merupakan transaksi yang sah. Oleh karena itu, hasil *Isolation Forest* harus dipahami sebagai indikasi anomali yang memerlukan pemeriksaan lebih lanjut, bukan sebagai bukti langsung terjadinya fraud.

Implementasi Sistem

Hasil model kemudian diterapkan pada sistem berbasis Flask.



Gambar 6. Tampilan Dashboard Sistem

Dashboard menampilkan hasil deteksi dan informasi transaksi sehingga pengguna dapat melakukan pemantauan secara lebih mudah. Implementasi sistem tersebut merupakan salah satu kontribusi penelitian karena hasil pemodelan tidak hanya ditampilkan dalam bentuk hasil analisis, tetapi juga diintegrasikan ke dalam antarmuka yang dapat digunakan untuk membantu proses pemeriksaan.

Implementasi Flask juga sejalan dengan penggunaan framework berbasis web pada penelitian lain yang digunakan dalam skripsi. (Wibowo Putri & Susetyo, 2022), misalnya, menggunakan Flask dalam aplikasi monitoring stok. Referensi tersebut digunakan dalam skripsi sebagai salah satu dasar pemilihan Flask.

Evaluasi dan Keterbatasan

Evaluasi penelitian dilakukan secara kualitatif karena tidak tersedia label yang menunjukkan status sebenarnya dari setiap transaksi. Oleh karena itu, penggunaan accuracy, precision, recall, dan confusion matrix tidak dilakukan.

Keterbatasan tersebut perlu diperhatikan ketika menginterpretasikan hasil penelitian. Sebanyak 50 transaksi yang diklasifikasikan sebagai anomali tidak dapat langsung disebut sebagai transaksi fraud. Hasil tersebut menunjukkan transaksi yang memiliki karakteristik berbeda berdasarkan model. Verifikasi dari pihak perusahaan tetap diperlukan untuk menentukan apakah penyimpangan tersebut disebabkan oleh kesalahan pencatatan, kondisi operasional yang tidak biasa, transaksi khusus, atau indikasi fraud.

Keterbatasan lain adalah penggunaan *contamination* sebesar 0,05 yang menghasilkan proporsi sekitar 5% anomali. Penelitian selanjutnya dapat melakukan pengujian sensitivitas terhadap beberapa nilai *contamination* dan membandingkan hasilnya. Jika perusahaan telah memiliki data transaksi yang telah diverifikasi dan diberi label, penelitian berikutnya dapat menggunakan data tersebut untuk melakukan evaluasi kuantitatif.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menerapkan algoritma *Isolation Forest* untuk mendeteksi anomali pada data transaksi penjualan PT Multi Nabati Bitung dan mengimplementasikan hasil deteksi ke dalam sistem berbasis website menggunakan Flask. Proses penelitian dilakukan melalui pengumpulan data, preprocessing, analisis dan visualisasi, pembentukan fitur, normalisasi menggunakan StandardScaler, pemodelan *Isolation Forest*, evaluasi secara kualitatif, dan implementasi dashboard. Model menggunakan enam fitur transaksi, yaitu quantity sold, unit price, total sales, month, day of week, dan average price, dengan 100 pohon isolasi dan *contamination* sebesar 0,05. Dari 1.000 transaksi yang dianalisis, sebanyak 50 transaksi atau 5% teridentifikasi sebagai anomali dan 950 transaksi atau 95% dikategorikan sebagai normal. Transaksi anomali umumnya memiliki karakteristik yang berbeda dari mayoritas data, seperti volume penjualan yang sangat tinggi, harga di luar pola umum, maupun kombinasi atribut transaksi yang jarang terjadi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Isolation Forest* dapat digunakan sebagai alat penyaringan awal untuk membantu memprioritaskan transaksi yang perlu diperiksa lebih lanjut. Namun, hasil deteksi tidak dapat langsung dianggap sebagai bukti fraud karena data tidak memiliki label ground truth. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan data transaksi yang telah diverifikasi dan diberi label serta melakukan pengujian beberapa konfigurasi model agar performa deteksi dapat dievaluasi secara kuantitatif.

REFERENSI

- Anawai Ohyver, G., Tji Beng, J., Trisnawarman, D., Tiatri, S., Adolf Ohyver, D., Psikologi, F., Studi Magister Psikologi, P., Tarumanagara, U., & Pariwisata Makassar, P. (2025). ANALISIS DATA KEUANGAN MENGGUNAKAN *ISOLATION FOREST* UNTUK MENINGKATKAN AKURASI DETEKSI ANOMALI FINANCIAL DATA ANALYSIS USING *ISOLATION FOREST* TO IMPROVE ANOMALY DETECTION ACCURACY. *Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS)*, 8(6).
- Brawijaya, U., Zahra, S. A., Mochamad, C., Saputra, S., Kom, M., Eng, M. T., Brata, W., & St, S. (2026). *Fakultas Ilmu Komputer Analisis Karakteristik Anomali Pada Dataset Log Sistem Linux Menggunakan Algoritma Isolation Forest* (Vol. 10, Number 3). <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Buchdadi, A. D. (2025). Anomaly Detection in Open Metaverse Blockchain Transactions Using *Isolation Forest* and Autoencoder Neural Networks. *International Journal Research on Metaverse*, 2(1), 24–51. <https://doi.org/10.47738/ijrm.v2i1.20>
- Cut Dinda Rizki Amirillah. (2025). Detecting Fraudulent Transaction in Banking Sector Using Rule-Based Model and Machine Learning. *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi*, 14(2), 96–102. <https://doi.org/10.22146/jnteti.v14i2.17410>
- Husnaningtyas, N., & Dewayanto, T. (2023a). FINANCIAL FRAUD DETECTION AND MACHINE LEARNING ALGORITHM (UNSUPERVISED LEARNING): SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW. *Jurnal Riset Akuntansi Dan Bisnis Airlangga*, 8(2), 2023. <https://e-journal.unair.ac.id/jraba>
- Husnaningtyas, N., & Dewayanto, T. (2023b). FINANCIAL FRAUD DETECTION AND MACHINE LEARNING ALGORITHM (UNSUPERVISED LEARNING): SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW. *Jurnal Riset Akuntansi Dan Bisnis Airlangga*, 8(2), 2023. <https://e-journal.unair.ac.id/jraba>
- Liando, O. E. S., Reimon Batmetan, J., & Demhi, D. M. (2022). Cross-site Scripting Reflected as A Risk High-Level Attack on University Website. In *International Journal of Information Technology and Education (IJITE)* (Vol. 1, Number 3). <http://192.100.0.65/gtadmisi/index.php?act=view&mod=home&sub=homeDaftar&typ=ht>
- Mario, B., Rahanubun, V., Kenap, A. A., & Santa, K. (2025). *Aplikasi Penyewaan Mobil Di Manado Berbasis Website Menggunakan Algoritma Priority Queue*. <https://doi.org/10.37817/ikraith-informatika.v9i3>
- Safikri, R., Ismanda, Tabita, M., Silitonga, A., & Hasanah, S. N. (2025). *Deteksi Hybrid Anomali Transaksi Digital dengan Optimasi Isolation Forest-K-Means untuk Peningkatan Keamanan Finansial*. <file:///C:/Users/user/Downloads/5749-5765.pdf>
- Saputra, D. R. K., Via, Y. V., & Sihananto, A. N. (2024). DETEKSI ANOMALI MENGGUNAKAN ENSEMBLE LEARNING DAN RANDOM OVERSAMPLING PADA PENIPUAN TRANSAKSI KEUANGAN. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 12(3). <https://doi.org/10.23960/jitet.v12i3.4910>
- Taksa Wibawa, I. M. S. (2023). *Isolation Forest dengan Exploratory Data Analysis pada Anomaly Detection untuk Data Transaksi*.
- Warouw, F. F., Mailangkay, S. Davy, J., Katuuk, A. L. G., Lotulung, C. F., Togas, P. V., Kembuan, D. E., Mambo, C. D., & Rotty, V. N. J. (2022). Identification of environmental impacts on the Ton-dano Coastal tourism area as the basis for the de-velopment of environmental documents. *International Journal of Health Sciences*, 6616–6625. <https://doi.org/10.53730/ijhs.v6ns5.10139>
- Wibowo Putri, A. A., & Susetyo, Y. A. (2022). IMPLEMENTATION OF FLASK FOR STOCK CHECKING IN DISTRIBUTION CENTER & STORE ON MONITORING STOCK APPLICATION IN PT. XYZ. *Jurnal Teknik Informatika (Jutif)*, 3(5), 1265–1274. <https://doi.org/10.20884/1.jutif.2022.3.5.334>
- Wijayanto, A., Sugiharto, A., & Santoso, R. (2024). Identifikasi Dini Curah Hujan Berpotensi Banjir Menggunakan Algoritma Long Short-Term Memory (Lstm) Dan Isolation Forest. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 11(3), 637–646. <https://doi.org/10.25126/jtiik.938718>
- Zulfikar, A., Rahmani, F. A., & Azizah, N. (2023). DETEKSI ANOMALI MENGGUNAKAN *ISOLATION FOREST* BELANJA BARANG PERSEDIAAN KONSUMSI PADA SATUAN KERJA KEPOLISIAN REPUBLIK INDONESIA. *Jurnal Manajemen Perbendaharaan*, 4(1), 1–15. <https://doi.org/10.33105/jmp.v4i1.435>