



ISSN : 2339 - 1871

# BETRIK

## BESEMAH TEKNOLOGI INFORMASI & KOMPUTER

Editor Office : Pusat Penelitian & Pengabdian Pada Masyarakat  
(PPPM) ITPA

Phone : 0857-9716-9578

email : [betriktpa@itpa.ac.id](mailto:betriktpa@itpa.ac.id)

## Perancangan Aplikasi Pintar Monitoring Dan Deteksi Anomali BBM Menggunakan *Machine Learning* Di PT. BDR

Ahmad Munawir<sup>1</sup>, Solehudin<sup>2</sup>, Wahyu Amaldi<sup>3</sup>

Ilmu Komputer, Ilmu Komputer, Universitas Bina Bangsa, Indonesia<sup>1,2,3</sup>

Jl. Raya Serang-Jakarta KM. 03 No. 1B Pakupatan, Kota Serang, Banten

Sur-el : \* [ahmadmunawir@gmail.com](mailto:ahmadmunawir@gmail.com)<sup>1</sup>, [solehudin1725@gmail.com](mailto:solehudin1725@gmail.com)<sup>2</sup>,

[wahyu.amaldi@outlook.com](mailto:wahyu.amaldi@outlook.com)<sup>3</sup>

Penulis Korespondensi : Solehudin, [solehudin1725@gmail.com](mailto:solehudin1725@gmail.com)

**Abstrak:** Dalam era digitalisasi, kebutuhan akan sistem pemantauan berbasis teknologi semakin meningkat, khususnya dalam industri transportasi dan logistik. PT BDR menghadapi permasalahan dalam pelaporan dan monitoring penggunaan bahan bakar minyak (BBM) kendaraan operasional karena proses pencatatan yang masih dilakukan secara manual, sehingga sulit mendeteksi data yang tidak wajar (anomali) dan kurang efisien dalam pengawasan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi berbasis *web* yang mampu memonitor dan mendeteksi anomali konsumsi BBM secara otomatis dengan memanfaatkan teknologi *machine learning* dan *deep learning*. Metode pengembangan sistem menggunakan pendekatan CRISP-DM yang mencakup tahapan pemahaman bisnis, pemahaman data, persiapan data, pemodelan, evaluasi, dan implementasi. Algoritma *Isolation Forest* digunakan untuk mendeteksi anomali berdasarkan data volume BBM, jarak tempuh, dan rasio konsumsi kendaraan, sedangkan metode *Content-Based Image Retrieval* (CBIR) berbasis MobileNetV2 diterapkan untuk memvalidasi kesesuaian foto SPBU. Model yang telah dilatih kemudian diintegrasikan ke dalam API menggunakan *framework Flask*, dengan pengujian dilakukan melalui *blackbox testing* dan *whitebox testing*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi anomali dengan tingkat akurasi yang baik dan dapat digunakan secara praktis oleh pengguna. Implementasi aplikasi ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi operasional perusahaan, mengurangi potensi kerugian akibat penyimpangan BBM, serta mendukung digitalisasi proses monitoring BBM yang lebih akurat, efektif, dan terintegrasi.

**Kata kunci :** Anomali, BBM, *Machine Learning*, Monitoring, *Isolation Forest*, Transportasi.

**Abstract:** In the digital era, the need for technology-based monitoring systems is increasing, especially in the transportation and logistics industry. PT BDR faces challenges in reporting and monitoring fuel consumption for operational vehicles due to the manual recording process, making it difficult to detect anomalous data and making monitoring less efficient. This study aims to develop a web-based application capable of automatically monitoring and detecting fuel consumption anomalies by utilizing machine learning and deep learning technologies. The system development method uses the CRISP-DM approach, which includes the stages of business understanding, data understanding, data preparation, modeling, evaluation, and implementation. The Isolation Forest algorithm is used to detect anomalies based on fuel volume data, mileage, and vehicle consumption ratio, while the MobileNetV2-based Content-Based Image Retrieval (CBIR) method is applied to validate the suitability of gas station photos. The trained model is then integrated into the API using the Flask framework, with testing conducted through blackbox and whitebox

Received: 12-07-2025 | Accepted: 28-07-2025 | Published Online: 30-08-2025

All author: Ahmad Munawir, Solehudin, Wahyu Amaldi

*testing. The test results show that the system is able to detect anomalies with a good level of accuracy and can be used practically by users. The implementation of this application is expected to improve the company's operational efficiency, reduce potential losses due to fuel misappropriation, and support the digitalization of the fuel monitoring process to be more accurate, effective, and integrated.*

**Keywords:** *Anomaly, Fuel, Machine Learning, Monitoring, Forest Isolation, Transportation.*

## 1. PENDAHULUAN

Industri logistik memegang peranan penting dalam distribusi barang, di mana efisiensi operasional menjadi faktor kunci keberhasilan. Salah satu aspek penting dalam efisiensi tersebut adalah pengelolaan Bahan Bakar Minyak (BBM) kendaraan, mengingat biaya BBM merupakan komponen signifikan dalam operasional transportasi. Penelitian Poolkrajang et al. (2023) menegaskan bahwa efisiensi penggunaan BBM mampu mengurangi pengeluaran secara substansial dan meningkatkan profitabilitas perusahaan [1]. Namun, di PT Balaraja Distribusindoraya, pengawasan transaksi BBM masih dilakukan secara manual melalui laporan sopir di *WhatsApp* dan pencatatan ke *Google Spreadsheet*. Sistem ini menyulitkan stakeholder untuk mendeteksi transaksi tidak wajar karena ketiadaan tolok ukur yang jelas, sehingga rawan terjadi kecurangan (*fraud*) dan pembengkakan biaya operasional [2].

Seiring perkembangan teknologi, data operasional kendaraan seperti volume BBM, jarak tempuh, dan rasio konsumsi dapat direkam secara otomatis. Tantangan utama adalah mendeteksi anomali pada data besar secara akurat [3]. Penelitian Rafael Canal, Felipe K. Riffel, dan Giovanni Gracioli (2024) menunjukkan bahwa data *real-time* dari ECU kendaraan dapat dimanfaatkan untuk mengidentifikasi pola konsumsi BBM yang abnormal menggunakan algoritma *unsupervised learning*, tanpa memerlukan data pelabelan awal [4]. Sementara itu, studi Zhiguo Ding dan Minrui Fei membuktikan bahwa *Isolation Forest* memiliki kinerja tinggi untuk deteksi anomali karena kompleksitas rendah dan kemampuannya mengolah data tanpa label [5].

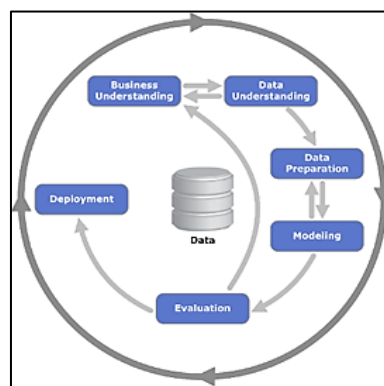
Penelitian ini menawarkan solusi berupa sistem deteksi anomali transaksi BBM berbasis *machine learning* yang terintegrasi dengan validasi foto SPBU menggunakan pendekatan *Content-Based Image Retrieval* (CBIR) berbasis *deep learning* dengan arsitektur *MobileNetV2* [6]. Sistem ini dirancang untuk mendeteksi pola konsumsi BBM yang tidak wajar, memastikan pengisian dilakukan di SPBU resmi perusahaan, serta mengotomatisasi proses analisis data untuk meningkatkan akurasi pengawasan. Adapun perbedaan antara penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yang relevan terletak pada integrasi metode deteksi anomali *unsupervised learning* (*Isolation Forest*, *SVM*, *DBSCAN*) dengan sistem validasi visual SPBU berbasis CNN dalam satu *platform* yang belum banyak diterapkan pada sektor logistik di Indonesia. Dengan pendekatan ini, diharapkan risiko kecurangan BBM dapat diminimalkan, efisiensi operasional meningkat, serta biaya operasional perusahaan logistik dapat ditekan.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini mencakup pengumpulan data historis transaksi BBM dari 14 kendaraan perusahaan selama satu tahun. Data yang dikumpulkan diproses melalui tahap *preprocessing* untuk memilih fitur relevan, seperti volume BBM, jarak tempuh, tipe kendaraan, dan rasio penggunaan. Untuk deteksi anomali, digunakan algoritma *Isolation Forest*, *Support Vector Machine* (SVM), dan

DBSCAN, dengan hasil perbandingan kinerja model yang diekstrak ke dalam *format .pkl* menggunakan *library Pickle*. Di sisi lain, sistem CBIR dengan *MobileNetV2* digunakan untuk mengekstraksi vektor fitur foto SPBU [7], yang kemudian dibandingkan menggunakan metode *cosine similarity* [8]. Sistem ini diimplementasikan sebagai aplikasi berbasis web dengan API menggunakan *Flask*, serta dilengkapi antarmuka berbasis *HTML, CSS, Bootstrap*, dan *JavaScript*.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode CRISP-DM (*Cross Industry Standard Process for Data Mining*) yang merupakan kerangka kerja standar yang digunakan untuk menyelesaikan proyek data mining atau *data science* secara sistematis. Metode ini bersifat industri-independen dan telah menjadi panduan populer karena fleksibel dan mudah diadaptasi ke berbagai jenis proyek data.



Gambar 1. Model CRISP-DM

Metode ini terdiri dari enam proses, yaitu *Business Understanding, Data Understanding, Data Preparation, Modeling, Evaluation*, dan *Deployment*.

### 1. *Business Understanding*

Penelitian ini diawali dengan memahami permasalahan bisnis yang ada pada perusahaan logistik, yaitu kebutuhan untuk mendeteksi dan mencegah kecurangan dalam pengisian BBM. Kecurangan tersebut dapat berupa pengisian yang melebihi kebutuhan sebenarnya, manipulasi data, atau pola penggunaan yang tidak wajar. Tujuan utama adalah mengembangkan sistem yang dapat secara otomatis mengenali anomali pada data pengisian BBM berdasarkan pola penggunaan normal untuk setiap kendaraan. Sistem ini diharapkan dapat mengurangi kerugian finansial dan meningkatkan efisiensi operasional.

### 2. *Data Understanding*

Data transaksi BBM dikumpulkan dari 14 kendaraan perusahaan selama periode Oktober 2023 hingga September 2024, dengan atribut utama berupa kode kendaraan, volume BBM, jarak tempuh, rasio konsumsi (km/liter), dan nomor polisi kendaraan. Data diperoleh dari integrasi sistem SAP dan catatan manual sopir, kemudian dianalisis untuk memahami distribusi dan mendeteksi outlier. Proses ini dilengkapi dengan wawancara dengan pihak manajemen transportasi untuk memahami alur bisnis, serta studi literatur terkait metode *machine learning* untuk deteksi anomali dan *content-based image retrieval* (CBIR) [9].

### 3. *Data Preparation*

Setelah pemahaman data diperoleh, data dibersihkan dan diolah agar siap digunakan dalam model. Proses ini melibatkan pengisian data yang hilang, penghapusan data duplikat, normalisasi, dan transformasi data sesuai kebutuhan algoritma yang digunakan. Fitur penting seperti rasio penggunaan BBM dihitung dari data mentah. Selain itu, data diatur ke dalam format yang mendukung proses pembelajaran mesin, dengan mempertimbangkan konsistensi dan integritas data.

### 4. *Modeling*

Pada tahap modeling, dilakukan pengujian tiga algoritma *unsupervised learning* yaitu *Isolation Forest*, *Support Vector Machine (SVM)*, dan *DBSCAN* untuk mendeteksi anomali transaksi [10] [11] [12]. Model terbaik (*Isolation Forest*) dipilih berdasarkan evaluasi akurasi, *precision*, *recall*, dan *F1-score*. Model ini diekstraksi ke dalam *format .pkl* untuk proses integrasi sistem [13].

### 5. *Evaluation*

Tahap evaluasi dilakukan untuk menentukan model deteksi anomali dengan performa terbaik. Dari hasil pengujian, *Isolation Forest* dipilih karena mampu mendeteksi pola konsumsi BBM *abnormal* dengan akurasi lebih baik dan tingkat *false positive* lebih rendah dibandingkan *SVM* dan *DBSCAN* [14]. Model ini menghasilkan dua atribut baru, yaitu *anomaly* dan *anomaly score*, di mana *anomaly score* digunakan sebagai dasar penentuan ambang batas (*threshold*) melalui validasi manual oleh pakar (*domain knowledge*). Hasil validasi disimpan dalam *anomaly correction* dan dijadikan acuan evaluasi dengan metrik *precision*, *recall*, dan *F1-score*, di mana *anomaly correction* digunakan sebagai *y\_true* dan prediksi model (*anomaly*) sebagai *y\_pred*. Evaluasi ini memastikan bahwa *Isolation Forest* layak diintegrasikan ke tahap *deployment* [15].

### 6. *Deployment*

Setelah model memenuhi kriteria evaluasi, model disimpan dalam *format.pkl* dan diintegrasikan ke dalam *framework Flask* untuk pengembangan *backend* serta pembuatan *API*. Pada sisi *frontend*, dirancang antarmuka berbasis *Laravel*, *HTML*, *CSS*, dan *JavaScript* untuk menampilkan hasil deteksi anomali secara *real-time*, sehingga laporan dapat langsung diakses oleh manajemen. Proses *deployment* dalam penelitian ini meliputi tiga tahap: (1) Perancangan, yang mencakup pembuatan arsitektur sistem, diagram UML, desain *database*, dan rancangan *User Interface*; (2) Implementasi, di mana sistem dibangun menggunakan Python untuk model *machine learning*, *Flask* untuk *API*, serta *MySQL* sebagai basis data; dan (3) Pengujian, yang dilakukan melalui unit testing pada setiap modul serta validasi model *machine learning* untuk memastikan akurasi dan kestabilan sistem dalam lingkungan operasional perusahaan logistik.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Analisis Sistem Berjalan

Dari analisa sistem yang berjalan saat ini ditemukan beberapa kekurangan dan permasalahan yang terjadi:

- 1) Prediksi pengisian BBM yang ada di sistem SAP tidak akurat dan tidak sesuai dengan jarak tempuh aktual pengiriman, karena sistem SAP hanya menghitung jarak rute secara global tanpa menghitung setiap titik lokasi yang dituju, misalnya rute A di SAP terhitung 40 KM, maka prediksi untuk pengiriman yang rute terjauhnya adalah rute A hanyalah 40 KM tanpa menghitung rute-rute lain yang ada pada pengiriman tersebut, karena aktualnya dalam satu pengiriman terdapat beberapa rute dan banyak titik tujuan pengiriman sedangkan SAP hanya menghitung rute terjauh saja.
- 2) *Deliveryman* (sopir) seringkali melakukan penambahan BBM manual karena pengisian awal yang merupakan prediksi dari SAP tidak mencukupi saat proses pengiriman. Hal tersebut dapat berpotensi menyebabkan kecurangan karena tidak ada bukti yang jelas apakah suatu kendaraan perlu penambahan BBM atau tidak. Hal tersebut dapat membuka peluang *deliveryman* (sopir) melakukan penambahan BBM fiktif.
- 3) Proses laporan pengisian BBM tidak efisien karena sistem yang digunakan masih manual, dimana *deliveryman* (sopir) memasukkan laporan di *grup whatsapp* kemudian admin ekspedisi merekap dan memasukkannya lagi ke *Google Spreadsheet*, hal tersebut dapat menghabiskan waktu dan pekerjaan yang berkali-kali.
- 4) Tidak ada sistem monitoring yang jelas, karena data yang dimasukkan hanyalah laporan pengisian BBM tanpa adanya pengawasan dari tim ekspedisi, terkait data anomali yang dimasukkan, hal tersebut menyebabkan kecurangan tidak terdeteksi.

### 3.2 Perancangan dan Implementasi Machine Learning

#### 1) *Import Dataset and Library*

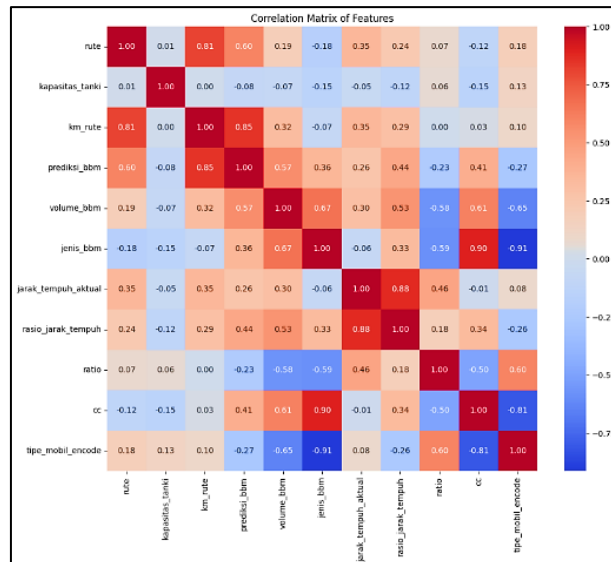
*Dataset* transaksi BBM satu tahun terakhir (4213 baris, 26 kolom) diolah menggunakan *Google Colab* dengan *library* utama seperti *Pandas*, *NumPy*, *Matplotlib*, *Seaborn*, dan *Scikit-Learn*.

#### 2) *Data Understanding dan Preprocessing*

Analisis data dilakukan dengan memeriksa nilai maksimum, minimum, median, rata-rata, dan missing value. Kemudian kolom tidak relevan dihapus, nilai kosong diisi dengan median/rata-rata, dan data anomali dibersihkan.

#### 3) *Feature Engineering* dan *EDA*

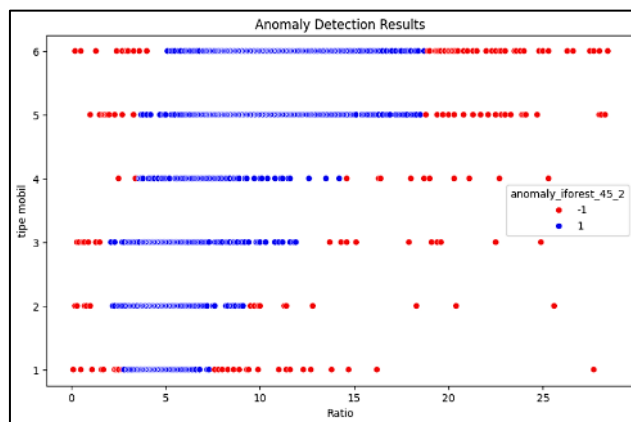
Fitur tipe kendaraan dibuat *encode ranking* berdasarkan rasio BBM. Dan korelasi antar fitur dianalisis menggunakan heatmap. Fitur dengan korelasi tinggi seperti rasio vs tipe kendaraan dipilih untuk model. Berikut ini adalah visualisasi korelasi pada masing-masing fitur. Kotak yang berwarna semakin gelap artinya memiliki korelasi yang kuat sedangkan kotak yang berwarna lebih cerah memiliki korelasi yang rendah.



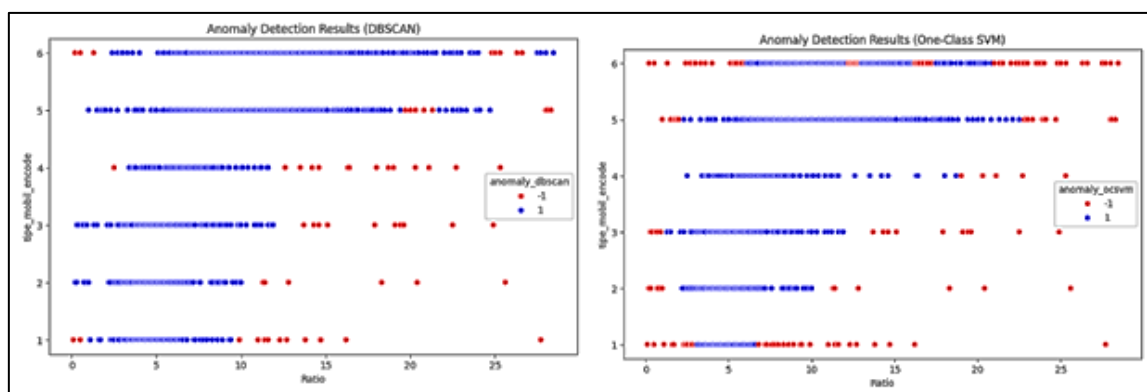
Gambar 2. Visualisasi Korelasi Fitur

#### 4) *Modeling dan Evaluation*

Tiga model *unsupervised learning* diuji: *Isolation Forest*, *DBSCAN*, dan *One-Class SVM* [16]. Setelah ketiga model tersebut diimplementasikan, dari hasil visualisasi ketiga model tersebut *Isolation Forest* menduduki hasil visualisasi yang paling sesuai dengan hasil yang diharapkan oleh domain knowledge sebagaimana terlihat pada gambar 3 dan gambar 4 di bawah ini.

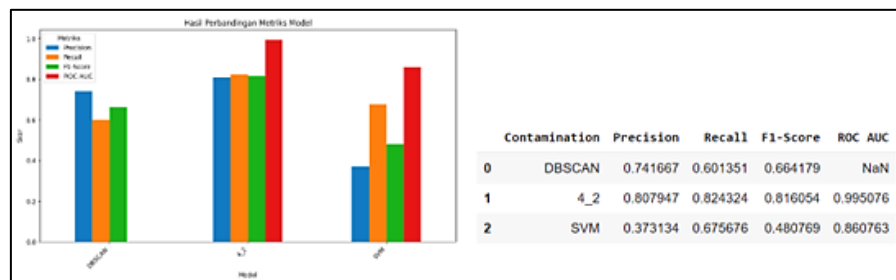


Gambar 3. Visualisasi Hasil Model Isolation Forest



Gambar 4. Visualisasi Hasil Model DBSCAN dan One-Class SVM

Setelah tahapan pemilihan model selesai, untuk menguji keakuratan dan kinerja model machine learning yang digunakan, maka dilakukan evaluasi menggunakan metrik seperti *precision*, *recall*, dan *confusion matrix*, dengan bantuan pustaka *Scikit-learn*. Kemudian *isolation forest* dipilih karena memberikan visualisasi dan skor evaluasi terbaik (*precision*, *recall*, *F1-Score*, *ROC AUC*) [17]. Sedangkan *Hyperparameter tuning* dilakukan untuk meningkatkan akurasi deteksi anomali. Hasil visualisasi dan tabel di bawah ini menunjukkan skor dari ketiga model, dimana model yang menduduki skor metrik tertinggi adalah *mode isolation forest* dengan *precision* sebesar 0.80 dan *ROC-AUC* stabil sebesar 0.99.



Gambar 5. Perbandingan Skor Model

## 5) Deployment

Setelah model memenuhi kriteria evaluasi, model disimpan dalam *format .pkl*, diintegrasikan dengan *Flask (backend API)*, dan dikoneksikan ke *frontend (Laravel, CSS, JS)* untuk antarmuka pengguna. Proses *deployment* dibagi menjadi:

- a. Perancangan: Pembuatan diagram *unified modeling language*, desain database, dan *user interface*.
- b. Implementasi: Pengembangan sistem berbasis *Python (ML)*, *Flask (API)*, *MySQL (database)*, dan *Laravel (frontend)*.
- c. Pengujian: Melakukan unit *testing* dan validasi model untuk memastikan sistem bekerja sesuai spesifikasi.

## 3.3 Perancangan Sistem

Pada tahap ini dilakukan perancangan sistem menggunakan pendekatan diagram UML (*Unified Modeling Language*), dengan menggunakan diagram UML sistem dapat di visualiasikan untuk memudahkan dalam perancangan. Ada tiga jenis diagram yang digunakan, yaitu *Use Case Diagram*, *Activity Diagram*, dan *Sequence Diagram*.

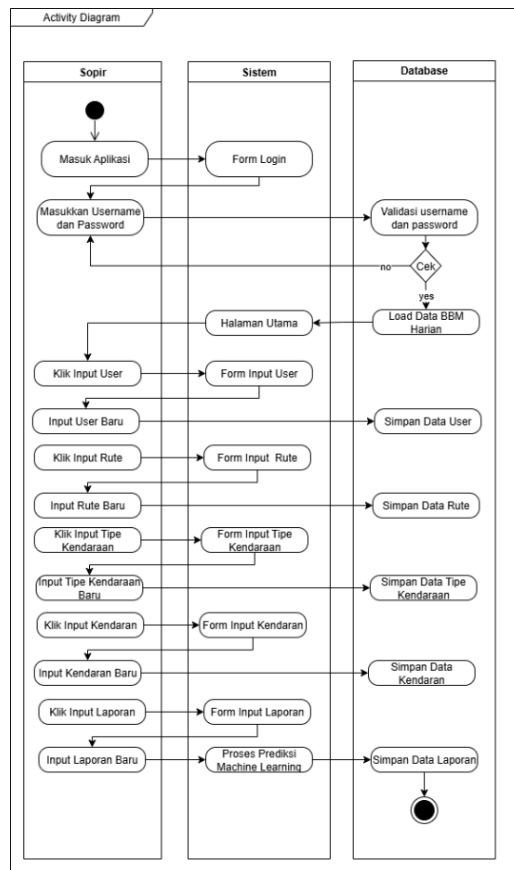
- 1) *Use Case Diagram*: Menjelaskan aktivitas utama antar pengguna, dalam hal ini admin dan sopir. Admin dapat login, melihat dan mengelola seluruh data, dan sopir hanya bisa login, lihat riwayat laporan, input laporan dan ubah profil [18].
- 2) *Activity Diagram*: Menggambarkan alur kerja atau proses dari suatu aktivitas, termasuk urutan langkah-langkah, percabangan, dan Keputusan [19].

3) *Sequence Diagram*: Menggambarkan alur kerja atau proses dari suatu aktivitas, termasuk urutan langkah-langkah, percabangan, dan Keputusan [20].

Sistem ini memiliki dua peran utama, yaitu :

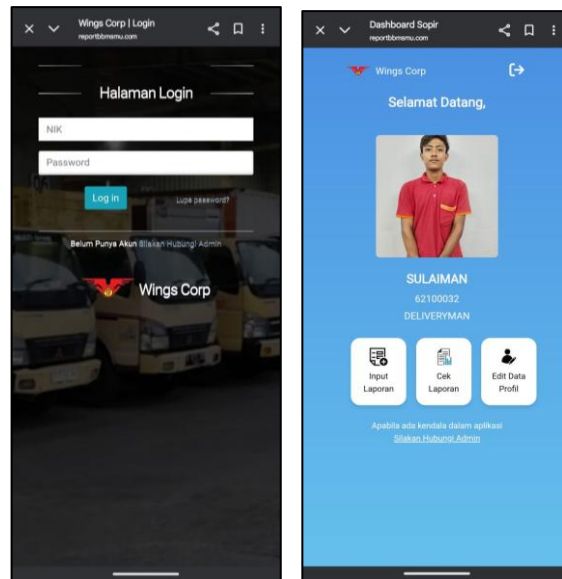
- 1) Admin: bertanggung jawab dalam pengelolaan seluruh data, dan monitoring data laporan BBM.
- 2) Sopir: bertanggung jawab dalam mengisi laporan BBM setiap transaksinya.

Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada gambar diagram dan tampilan aplikasi dibawah ini.:



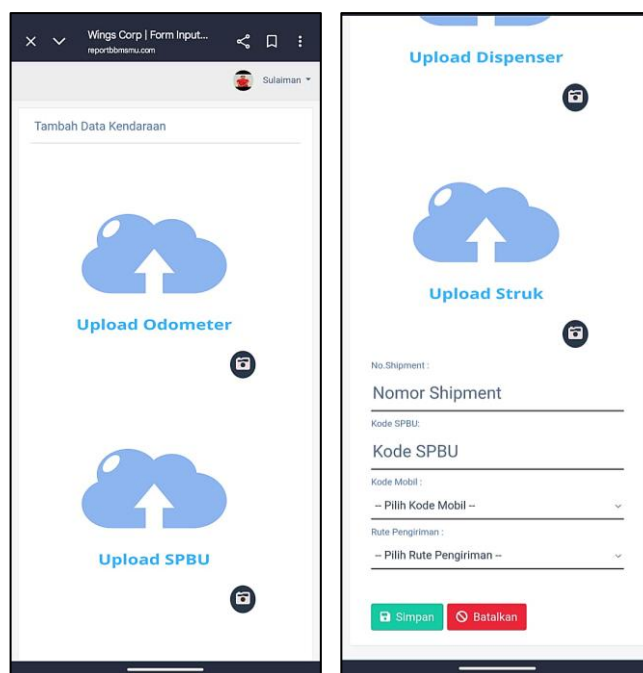
Gambar 6. Activity Diagram

Ketika berhasil melakukan login, *user* akan diarahkan ke halaman dashboard. Setiap *role* memiliki tampilan *dashboard* yang berbeda. *Role* admin memiliki menu yang lebih lengkap daripada *role deliveryman* (sopir). Hal ini dilakukan untuk pembatasan hak akses kepada *role deliveryman* (sopir) agar hanya dapat mengelola data seperlunya, seperti kelola data profil, input laporan, dan melihat laporan. Kemudian admin diberikan hak akses yang lebih lengkap untuk keperluan pengelolaan data secara keseluruhan kecuali kata sandi profil personil *deliveryman* (sopir).



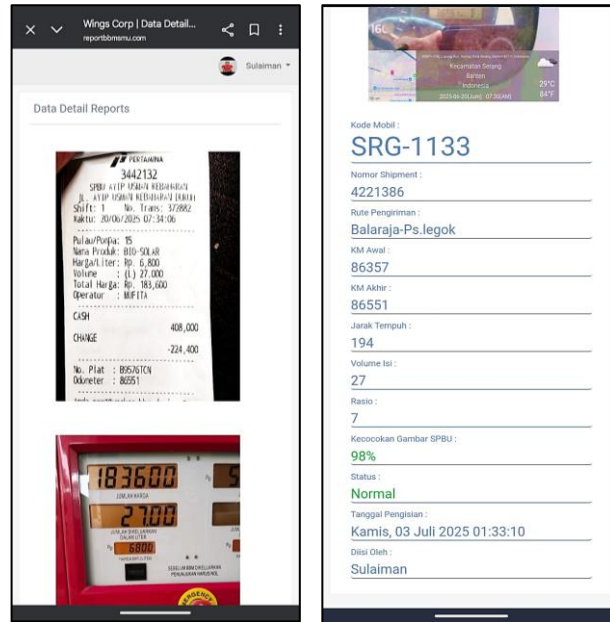
Gambar 7. Halaman Login dan Dashboard Deliveryman

Untuk mengisi laporan sopir dapat memilih menu 'Input Laporan' setelah itu aplikasi akan menampilkan *form input* data laporan. Sopir perlu mengunggah foto *odometer* mobil, foto SPBU, foto dispenser SPBU saat pengisian, dan foto struk pembelian BBM. kemudian sopir perlu memasukkan data berupa nomor pengiriman (*Shipment*), kode SPBU, kode mobil dan rute pengiriman. Kemudian klik 'Simpan' maka data akan diproses oleh model *machine learning* dan *OCR*. Apabila data valid dan foto-foto yang diunggah sesuai serta jelas maka model akan berhasil memprediksi, dan data akan disimpan ke *database*. Namun, jika data tidak valid dan foto yang diunggah kurang jelas maka *OCR* akan gagal membaca gambar dan data akan gagal diprediksi oleh model kemudian gagal disimpan ke *database*, aplikasi akan menampilkan pesan kesalahan yang perlu diperbaiki



Gambar 8. Tampilan Input Laporan Baru (Deliveryman)

Admin dapat melihat data detail laporan dengan mengklik tombol detail maka aplikasi akan menampilkan detail data laporan yang berisi foto SPBU, foto struk pembelian, foto dispenser, foto *odometer* mobil, serta data pendukung lainnya seperti Kode Mobil, Nomor Shipment, Rute Pengiriman, KM Awal, KM Akhir, Jarak Tempuh, Volume BBM, Rasio, Kecocokan Gambar SPBU, Status, Tanggal Pengisian, dan Pengisi.



Gambar 9. Tampilan Detail Riwayat Transaksi BBM

### 3.4 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan menggunakan dua metode yaitu *Whitebox Testing* dan *Blackbox Testing*. Pengujian dilakukan dengan melibatkan perwakilan dari pihak PT BDR untuk mengevaluasi sistem bekerja secara nyata. Berikut ini merupakan tabel hasil kedua pengujian tersebut.

Tabel 2. Pengujian Whitebox

No.	Uraian Tanggapan Pengguna	Penilaian
1	API mudah digunakan dengan format input yang sederhana	Baik
2	Hasil prediksi mudah dipahami (normal / anomali)	Baik
3	Sistem merespon dengan cepat dan konsisten	Baik
4	OCR mendeteksi tulisan pada gambar secara akurat	Perlu Perbaikan
5	Pengguna menyarankan dokumentasi tambahan untuk API penggunaan	Perlu Perbaikan
6	<i>Error handling</i> pada input tidak valid	Perlu Perbaikan

Sumber: Pengolahan Data Penelitian Tahun 2025

Tabel 2. Pengujian Whitebox

No.	Skenario	Input	Ekspektasi	Hasil
1	Login	Nik : 9289, Password : 123	Sukses, token akses	Berhasil
2	Login gagal	Nik : 9289, Password : salah	Gagal, pesan kesalahan	Berhasil

No.	Skenario	Input	Ekspektasi	Hasil
3	Input data user	Nama, NIK, Password, Status, waktu <i>input</i> data	Data tersimpan, muncul di tabel user	Berhasil
4	Edit password user	Password baru	Password berhasil diperbarui	Berhasil
5	Input data tipe kendaraan	Merek, tipe, cc, rasio, ide <i>user</i> , waktu <i>input</i> data	Data tersimpan, muncul di tabel tipe kendaraan	Berhasil
6	Edit data tipe kendaraan	Merek/ tipe/ cc/ rasio baru, waktu ubah data	Sukses, data berhasil diperbarui	Berhasil
7	Input data kendaraan	Kode, nopol, sampul, tipe, ide <i>user</i> , waktu <i>input</i> data	Data tersimpan, muncul di tabel kendaraan	Berhasil
8	Edit data kendaraan	Kode/nopol/sampul/tipe, waktu ubah data	Sukses, data berhasil diperbarui	Berhasil
9	Input data rute	Kode, deskripsi, jarak, id <i>user</i> , waktu <i>input</i> data	Data tersimpan, muncul di tabel rute	Berhasil
10	Edit data rute	Kode/deskripsi/jarak/id <i>user</i> baru, waktu ubah data	Sukses, data berhasil diperbarui	Berhasil
11	Input data normal <i>report</i>	Shipment, id rute, ide kendaraan, kode SPBU, KM awal, KM akhir, volume, struk pembelian, id <i>user</i> , waktu pengisian	Data tersimpan, prediksi normal	Berhasil
12	Input data anomali <i>report</i>	Input data normal <i>report</i>	Data tersimpan, prediksi anomali	Berhasil
13	Edit data <i>report</i>	Shipment/ id rute/ ide kendaraan/ kode SPBU/ KM awal/ KM akhir/ volume/ struk pembelian/ id <i>user</i> , waktu ubah data	Sukses, data berhasil diperbarui	Berhasil

Sumber: Pengolahan Data Penelitian Tahun 2025

#### 4. KESIMPULAN

Setelah penelitian dilakukan terdapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- a. *Python (Flask)* yang mampu menerima dan memproses data BBM secara *real-time*, implementasi model machine learning Isolation Forest untuk mendeteksi anomali secara otomatis berdasarkan pola konsumsi BBM kendaraan, serta integrasi API dengan basis data untuk menyimpan dan melacak hasil prediksi. Selain itu, sistem ini dilengkapi dengan teknologi *OCR* guna mempermudah input data dari dokumen atau foto, serta aplikasi web yang terhubung dengan model machine learning dan deep learning untuk memvalidasi kesesuaian foto SPBU. Dokumentasi sistem dan visualisasi alur data juga disusun untuk mendukung proses pengembangan dan maintenance di masa depan.
- b. Kontribusi dari aplikasi ini sangat terasa bagi perusahaan, terutama dalam meningkatkan efisiensi waktu, akurasi deteksi penyimpangan, serta pengurangan potensi penyalahgunaan BBM. Sistem ini memungkinkan pihak perusahaan memantau performa kendaraan secara objektif dan berbasis data, sekaligus mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat saat

terjadi anomali. Selain itu, penelitian ini juga memberikan pengalaman praktis bagi penulis dalam pengembangan sistem berbasis machine learning dan API, serta memperdalam pemahaman terhadap kebutuhan nyata di bidang transportasi logistik, teknologi informasi, dan analisis data.

## DAFTAR RUJUKAN

- [1] A. Poolkrajang, "(PDF) An Analysis of Effect on Energy Saving of Trucks in Transport and Logistics Business," *ResearchGate*, vol. 13, no. 5, 2023, doi: 10.32479/ijeeep.14533.
- [2] A. Ali *et al.*, "Financial Fraud Detection Based on Machine Learning: A Systematic Literature Review," *Appl. Sci.*, vol. 12, no. 19, Art. no. 19, Jan. 2022, doi: 10.3390/app12199637.
- [3] P. E. Alcaraz *et al.*, "SCS 5th Annual Conference. São Paulo, Brazil, 2022," *Sports*, vol. 11, no. 5, Art. no. 5, May 2023, doi: 10.3390/sports11050095.
- [4] R. Canal, F. K. Riffel, and G. Gracioli, "Machine Learning for Real-Time Fuel Consumption Prediction and Driving Profile Classification Based on ECU Data," *IEEE Access*, vol. 12, pp. 68586–68600, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3400933.
- [5] Z. Ding and M. Fei, "An Anomaly Detection Approach Based on Isolation Forest Algorithm for Streaming Data using Sliding Window," *IFAC Proc. Vol.*, vol. 46, no. 20, pp. 12–17, Jan. 2021, doi: 10.3182/20130902-3-CN-3020.00044.
- [6] W. Chen *et al.*, "Deep Learning for Instance Retrieval: A Survey," Oct. 30, 2022, *arXiv*: arXiv:2101.11282. doi: 10.48550/arXiv.2101.11282.
- [7] Y. Zou, L. Wu, C. Zuo, L. Chen, B. Zhou, and H. Zhang, "White blood cell classification network using MobileNetv2 with multiscale feature extraction module and attention mechanism," *Biomed. Signal Process. Control*, vol. 99, p. 106820, Jan. 2025, doi: 10.1016/j.bspc.2024.106820.
- [8] S. Narduzzi, E. Türetken, J.-P. Thiran, and L. A. Dunbar, "Adaptation of MobileNetV2 for Face Detection on Ultra-Low Power Platform," Aug. 23, 2022, *arXiv*: arXiv:2208.11011. doi: 10.48550/arXiv.2208.11011.
- [9] C. O. Ogolla, "Security in the sixth generation cellular networks: A review," *World J. Adv. Res. Rev.*, vol. 25, no. 3, Art. no. 3, Mar. 2025, doi: 10.30574/wjarr.2025.25.3.0634.
- [10] W. Rizki and M. Darip, "Penggunaan Algoritma Support Vector Machine Untuk mendeteksi Anomali Aktivitas Pengguna Pada Sistem Informasi Keuangan PT. Digidokat Indonesia," *JATI J. Mhs. Tek. Inform.*, vol. 9, no. 3, Art. no. 3, May 2025, doi: 10.36040/jati.v9i3.13385.
- [11] A. Barbado and Ó. Corcho, "Interpretable machine learning models for predicting and explaining vehicle fuel consumption anomalies," *Eng. Appl. Artif. Intell.*, vol. 115, p. 105222, Oct. 2022, doi: 10.1016/j.engappai.2022.105222.
- [12] P. Sharma, "Advancements in OCR: A Deep Learning Algorithm for Enhanced Text Recognition," *Int. J. Inven. Eng. Sci. IJIES*, vol. 10, no. 8, Art. no. 8, Sept. 2023, doi: 10.35940/ijies.F4263.0810823.
- [13] A. D. Paola, S. Drago, P. Ferraro, and G. L. Re, "Detecting Zero-Day Attacks under Concept Drift: An Online Unsupervised Threat Detection System".
- [14] O. S. Ndibe, "Integrating Machine Learning with Digital Forensics to Enhance Anomaly Detection and Mitigation Strategies," *Int. J. Res. Publ. Rev.*, vol. 6, no. 5, pp. 365–388, May 2025, doi: 10.55248/gengpi.6.0525.1992.
- [15] "Object-Based Multigrained Cascade Forest Method for Wetland Classification Using Sentinel-2 and Radarsat-2 Imagery." Accessed: July 26, 2025. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2073-4441/14/1/82>
- [16] N. Caballé-Cervigón, J. L. Castillo-Sequera, J. A. Gómez-Pulido, J. M. Gómez-Pulido, and M. L. Polo-Luque, "Machine Learning Applied to Diagnosis of Human Diseases: A Systematic Review," *Appl. Sci.*, vol. 10, no. 15, Art. no. 15, Jan. 2020, doi: 10.3390/app10155135.
- [17] E. Richardson, R. Trevizani, J. A. Greenbaum, H. Carter, M. Nielsen, and B. Peters, "The receiver operating characteristic curve accurately assesses imbalanced datasets," *Patterns*, vol. 5, no. 6, June 2024, doi: 10.1016/j.patter.2024.100994.

- [18] M. Darip, "Implementation of Round Robin Algorithm in Public Transportation Scheduling System at Pakupatan Terminal in Serang City-Indonesia," *J. Sisfokom Sist. Inf. Dan Komput.*, vol. 14, no. 2, Art. no. 2, May 2025, doi: 10.32736/sisfokom.v14i2.2362.
- [19] M. Masyhuri and D. Darip, "Analisis Dan Desain Aplikasi Perpustakaan Untuk Transformasi Pembelajaran Di SMK Malnu Menes," *BETRIK*, vol. 16, no. 01, pp. 11–24, June 2025, doi: 10.36050/ag0s0c52.
- [20] M. Darip and H. Hamdan, "Information System Dokumen Perancangan Perangkat Lunak Pelayanan Laboratorium UPTD Dinas Lingkungan Hidup Kota Serang," *J. Ilm. Media Sisfo*, vol. 18, no. 2, Art. no. 2, Oct. 2024, doi: 10.33998/mediasisfo.2024.18.2.1701.