

ANALISIS FAKOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI EFISIENSI BAHAN BAKAR KENDARAAN MENGGUNAKAN TEKNIK DATA MINING

Mar'i Musliyadi ¹, Odi Nurdiawan ², Gifthera Dwilestari ³

¹ Teknik Informatika, STMIK IKMI Cirebon

² Manajemen Informatika, STMIK IKMI Cirebon

³ Sistem Informatika, STMIK IKMI Cirebon.

Jl. Perjuangan No.10B Majasem-Kota Cirebon, Indonesia

marimusliyadi@gmail.com

ABSTRAK

Efisiensi bahan bakar kendaraan menjadi isu penting dalam upaya global untuk mengurangi konsumsi energi dan emisi karbon, yang berkontribusi terhadap perubahan iklim dan polusi udara. Meningkatnya jumlah kendaraan bermotor dan meningkatnya permintaan terhadap bahan bakar fosil menambah urgensi untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar guna mengurangi dampak lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi bahan bakar kendaraan dengan menggunakan teknik data mining. Dataset yang digunakan mencakup variabel seperti jenis kendaraan, ukuran mesin, berat kendaraan, kecepatan rata-rata, serta kondisi jalan dan cuaca. Penelitian ini mengadopsi algoritma Naïve Bayes untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap efisiensi bahan bakar, dengan teknik cross-validation yang memastikan akurasi hasil model. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor utama yang memengaruhi efisiensi bahan bakar adalah jenis kendaraan, ukuran mesin, dan kecepatan rata-rata, dengan kecepatan optimal pada rentang 50-70 km/jam untuk efisiensi bahan bakar maksimal. Selain itu, kondisi jalan dan suhu lingkungan juga memiliki pengaruh signifikan, meskipun efeknya bervariasi tergantung pada jenis kendaraan. Model prediktif yang dihasilkan memiliki tingkat akurasi sebesar 99,64%, menunjukkan kemampuan yang sangat baik dalam memprediksi konsumsi bahan bakar berdasarkan variabel input yang diberikan. Penelitian ini mengindikasikan bahwa efisiensi bahan bakar dapat ditingkatkan melalui desain kendaraan yang lebih optimal, seperti pengurangan berat kendaraan dan peningkatan efisiensi mesin. Tantangan yang dihadapi dalam penelitian ini mencakup variabilitas faktor eksternal, seperti data cuaca yang tidak konsisten, dan solusi yang diusulkan melibatkan metode pengumpulan data yang lebih komprehensif untuk memperoleh hasil yang lebih akurat. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar untuk pengembangan strategi penghematan energi, desain kendaraan yang lebih efisien, serta sebagai referensi bagi penelitian lanjutan untuk mengurangi konsumsi bahan bakar dan emisi karbon.

Kata kunci : Efisiensi Bahan Bakar, Data Mining, Prediksi Konsumsi, Penghematan Energi, Kendaraan

1. PENDAHULUAN

Efisiensi bahan bakar kendaraan bermotor sangat penting dalam transportasi modern untuk mengurangi biaya operasional dan emisi gas rumah kaca. Kendaraan listrik (EV) dianggap alternatif untuk mengurangi emisi CO₂, meski proses manufakturnya menimbulkan kekhawatiran tentang emisi selama masa pakai. Kendaraan listrik hibrida (HEV) dan *plug-in hybrid* (PHEV) menawarkan solusi perantara dengan emisi CO₂ lebih rendah. Studi ini menggunakan algoritma pemrograman dinamis (DP) untuk mengoptimalkan emisi CO₂ seumur hidup HEV dan PHEV dan membandingkannya dengan EV dan ICEV global. Hasil menunjukkan bahwa HEV dan PHEV dapat mencapai emisi yang lebih rendah tanpa mengorbankan kinerja kendaraan. [1]

Laju konsumsi bahan bakar (mf) berbanding lurus dengan putaran mesin (rpm), artinya semakin tinggi putaran mesin, semakin besar konsumsi bahan bakar yang digunakan. Namun, konsumsi bahan bakar spesifik (Sfc) berbanding terbalik dengan putaran mesin, yang berarti konsumsi bahan bakar semakin efisien pada putaran mesin yang lebih tinggi, khususnya pada putaran mesin rendah dan dalam kondisi kendaraan sedan. [2]

Faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi bahan bakar melibatkan berbagai aspek, termasuk spesifikasi teknis kendaraan, perilaku pengemudi, dan kondisi lingkungan menunjukkan bahwa keberhasilan efisiensi bahan bakar sangat bergantung pada pengelolaan armada kendaraan, desain aerodinamis, serta pola penggunaan bahan bakar yang konsisten. Sementara itu, pengaruh lingkungan seperti suhu udara dan kelembapan juga berkontribusi pada *variabilitas* konsumsi bahan bakar. [3] Teknik data mining telah muncul sebagai alat yang sangat berguna untuk menganalisis data terkait konsumsi bahan bakar. Dengan kemampuan untuk memproses data dalam jumlah besar, data mining memungkinkan pengungkapan pola tersembunyi yang dapat membantu meningkatkan efisiensi bahan bakar kendaraan. [4] menjelaskan bahwa penerapan algoritma pembelajaran mesin mampu mengidentifikasi perilaku pengemudi yang berkontribusi pada konsumsi bahan bakar tinggi, sehingga memungkinkan pengembangan strategi pengemudian yang lebih efisien.

Di Indonesia, upaya untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar menghadapi tantangan signifikan, terutama dengan tingginya jumlah kendaraan pribadi

yang menggunakan bahan bakar fosil. Kebijakan pemerintah yang mendorong penggunaan kendaraan hemat energi dan ramah lingkungan memerlukan dukungan dari penelitian berbasis data untuk memastikan efektivitasnya. [5] Dalam konteks ini, analisis berbasis data mining dapat menjadi solusi inovatif untuk mengevaluasi faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi bahan bakar kendaraan.

Sebagai tambahan, pengembangan metode prediksi konsumsi bahan bakar secara real-time juga menjadi prioritas dalam industri otomotif. [6] mengemukakan bahwa teknologi prediksi berbasis peta digital memungkinkan optimalisasi rute yang dapat mengurangi konsumsi bahan bakar secara signifikan. Dengan demikian, integrasi teknologi ini dengan analisis data mining dapat memberikan solusi komprehensif untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar. Lebih jauh lagi, [7] menyoroti pentingnya pengumpulan data perilaku pengemudi melalui perangkat pintar untuk mendukung analisis efisiensi bahan bakar. Data ini dapat digunakan untuk mengembangkan model yang lebih akurat dalam memprediksi konsumsi bahan bakar berdasarkan situasi nyata di lapangan.

Namun, penelitian tentang efisiensi bahan bakar masih menghadapi keterbatasan, terutama dalam hal generalisasi hasil pada berbagai jenis kendaraan dan kondisi geografis. [8] menekankan bahwa model efisiensi bahan bakar yang ada sering kali hanya berlaku pada jenis kendaraan tertentu, sehingga dibutuhkan pendekatan yang lebih universal untuk meningkatkan akurasi prediksi pada berbagai kondisi.

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis faktor-faktor utama yang memengaruhi efisiensi bahan bakar kendaraan menggunakan teknik data mining. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam mendukung pengembangan kebijakan transportasi yang lebih efisien dan berkelanjutan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Metode Literatur Review

Metode literature review yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan cara mereview artikel-artikel yang terkait dengan *Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Efisiensi Bahan Bakar Kendaraan Menggunakan Teknik Data Mining*. Langkah-langkah dari literature review meliputi empat tahapan, yaitu (1) formulasi permasalahan, (2) pencarian literatur, (3) evaluasi data, (4) analisis dan interpretasi (Hasibuan, 2024). Formulasi permasalahan dilakukan dengan memilih topik penelitian. Dalam penelitian ini, topik yang dipilih adalah mengenai *Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Efisiensi Bahan Bakar Kendaraan Menggunakan Teknik Data Mining*. Langkah selanjutnya adalah pencarian literatur yang relevan dengan topik penelitian. Pencarian ini bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai penerapan algoritma

klasifikasi dalam memprediksi persetujuan pinjaman. Proses pencarian dan pengumpulan artikel dilakukan dengan menggunakan tools *Publish or Perish*, yang diambil dari database akademik seperti Google Scholar, Sinta, dan Scopus dengan kata kunci “Efisiensi Bahan Bakar Kendaraan” dan “Teknik Data Mining Hasil literature review yang telah dilakukan pada jurnal-jurnal penelitian terkait topik Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Efisiensi Bahan Bakar Kendaraan Menggunakan Teknik Data Mining

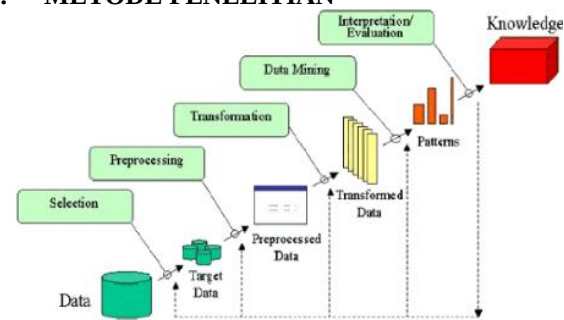
2.2. Data Mining

Data mining adalah metode analisis data yang menggabungkan berbagai teknik untuk mengidentifikasi pola atau informasi tersembunyi dari data yang telah terkumpul. Proses ini memungkinkan pengguna untuk mengakses, memahami, dan mengolah sejumlah besar data dengan cepat dan efisien. Dengan pendekatan yang menyatukan teknologi pembelajaran mesin, pengenalan pola, statistik, pengelolaan basis data, dan visualisasi, data mining dapat menangani permasalahan kompleks dalam pengambilan informasi dari basis data yang besar. Hal ini mendukung pengambilan keputusan berbasis data di berbagai bidang, termasuk bisnis, kesehatan, dan sains. [9]

2.3. Proses Data Mining

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahapan yang dilakukan secara sistematis, bertujuan untuk mempermudah peneliti dalam mengangkat prosedur dan rangkaian dalam sebuah penelitian dan lebih terarah. Knowledge Discovery in Database (KDD) adalah metode yang digunakan untuk dapat memperoleh pengetahuan yang berasal dari database yang ada. Hasil pengetahuan yang diperoleh dapat dimanfaatkan untuk basis pengetahuan (knowledge base) yang digunakan dalam keperluan mengambil keputusan. [10]

3. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Proses KDD

Penelitian ini akan menerapkan proses *Knowledge Discovery Database* (KDD) dengan tujuan untuk memformalkan dan menstandarkan metodologi data mining yang digunakan. Proses KDD meliputi beberapa tahapan yaitu: seleksi data, *preprocessing*, *transformasi*, *data mining*, *evaluasi*, dan pembentukan

pengetahuan. Proses-proses tersebut merupakan langkah awal dalam penerapan metode data mining pada penelitian yang dilakukan. [11]

Proses *Knowledge Discovery Database (KDD)* merupakan tahapan-tahapan sistematis yang dilakukan untuk memperoleh pengetahuan baru dari kumpulan data yang besar dan kompleks. Pada penelitian ini, setiap tahapan KDD dilalui secara berurutan untuk memastikan data yang diolah benar-benar relevan dan hasil akhir dapat diinterpretasi dengan baik. Secara garis besar, proses KDD ini mencakup lima langkah utama: *Data Selection*, *Preprocessing/Cleaning*, *Transformation*, *Data Mining*, dan *Interpretation/Evaluation*. Rincian dari setiap tahapan tersebut diuraikan sebagai berikut. Proses *Knowledge Discovery Database (KDD)* secara garis besar dapat dijelaskan sebagai berikut:

Setiap proses dalam suatu kegiatan melibatkan beberapa tahap yang harus dilalui untuk mencapai hasil yang diinginkan. Hal ini juga berlaku dalam proses Data Mining, yang sering disebut sebagai Knowledge Discovery Data (KDD)[4]. terdapat beberapa proses:

- Pembersihan Data (Data Cleaning) melibatkan penghapusan data duplikat, memeriksa data yang tidak konsisten, dan memperbaiki kesalahan data seperti kesalahan ketik.
- Integrasi Data (Data Intergration) proses penggabungan data dari database yang berbeda ke dalam database baru yang memerlukan KDD
- Seleksi data (Data Selection) Memilih data yang relevan dan dapat dianalisis dari data operasional. Data hasil disimpan dalam database tersendiri.
- Transformasi Data (Data Transformation) Proses mengubah data ke dalam format tertentu sehingga cocok untuk proses data mining. Misalnya, beberapa metode standar seperti analisis asosiasi, klasifikasi dan pengelompokan hanya dapat menerima data kategorikal sebagai masukan.
- Penambangan Data (Data Mining) Proses pencarian pola atau informasi menarik dengan menggunakan teknik, metode, atau algoritma tertentu.
- Evaluasi Pola (Pettern Evaluation) Mengidentifikasi pola yang benar-benar menarik dari hasil data mining. Pada tahap ini, hasil teknik data mining dievaluasi dalam bentuk pola tipikal dan model prediksi untuk menilai apakah hipotesis yang ada terpenuhi atau tidak.
- Presentasi Pengetahuan (Knowledge Presentation) Menampilkan pola informasi hasil proses data mining ini membantu mengkomunikasikan hasil

Berikut adalah perbaikan teknik analisis data yang disesuaikan dengan penelitian yang berfokus pada efisiensi bahan bakar kendaraan, performa kendaraan, dan faktor-faktor yang mempengaruhi konsumsi bahan bakar, menggunakan proses Knowledge Discovery in Database (KDD):



Gambar 2. Metode Penelitian

Aktivitas dan Deskripsi Aktivitas Tahapan Penelitian, seperti yang terlihat pada Tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 1. Tahapan Penelitian

Tahapan	Aktivitas	Deskripsi Aktivitas
Identifikasi Masalah	Mengidentifikasi permasalahan yang akan diteliti.	Mendefinisikan permasalahan dalam memprediksi efisiensi bahan bakar berdasarkan atribut-atribut yang relevan.
Tujuan Penelitian	Merumuskan tujuan penelitian.	Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan model klasifikasi berbasis Naïve Bayes untuk prediksi efisiensi bahan bakar
Literature Review	Mengkaji penelitian terdahulu.	Melakukan kajian terhadap penelitian terdahulu yang menggunakan algoritma klasifikasi pada dataset serupa.
Pengumpulan Data	Mengumpulkan data	Pengumpulan data mencakup variabel-variabel yang terkait dengan prediksi efisiensi bahan bakar.
Analisis Data (KDD)	Melakukan analisis data menggunakan KDD.	Melibatkan analisis data dengan proses <i>Knowledge Discovery in Database (KDD)</i> berbasis Algoritma Naïve Bayes.

3.1. Data Selection

Langkah awal adalah mencari lokasi file yang sebelumnya telah dibuat dalam format xlsx dengan menggunakan operator *Read Excel* seperti pada Gambar 2.1 yang berfungsi untuk membaca data.CSV.



Gambar 3. Operator Read CSV

Setelah operator *Read CSV* dijalankan, tombol yang ada di operator *Read CSV* tidak lagi memiliki tanda seru berwarna kuning. Hal ini menandakan bahwa operator tersebut sudah memasukkan data dan siap memprosesnya.

Dataset yang digunakan pada penelitian ini adalah data Car_data.csv yang terdiri dari 12 atribut dengan jumlah data yang dijadikan bahan penelitian sebanyak 551 data. dataset tersebut memuat atribut-atribut yang dibutuhkan dalam penelitian, seperti yang terlihat pada Tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2. Atribut Dataset

Nama Atribut	Tipe Data	Deskripsi
city_mpg	Numerik (Float)	Konsumsi bahan bakar di kota (miles per gallon).
highway_mpg	Numerik (Float)	Konsumsi bahan bakar di jalan raya (miles per gallon).
combination_mpg	Numerik (Float)	Konsumsi bahan bakar gabungan (miles per gallon).
cylinders	Kategorikal	Jumlah silinder mesin kendaraan (misalnya, 4, 6, 8).
displacement	Numerik (Float)	Ukuran mesin kendaraan (dalam liter atau cc).
fuel_type	Kategorikal	Jenis bahan bakar kendaraan (misalnya, Gasoline, Diesel, Electric).
drive	Kategorikal	Jenis penggerak kendaraan (misalnya, FWD - Front-Wheel Drive, AWD - All-Wheel Drive).
make	Kategorikal	Merek kendaraan (misalnya, Toyota, Ford, BMW).
model	Kategorikal	Model kendaraan (misalnya, Corolla, F-150, Model 3).
transmission	Kategorikal	Jenis transmisi kendaraan (misalnya, Manual atau Automatic).
year	Numerik (Integer)	Tahun pembuatan kendaraan.
mileage	Numerik (Float)	Jarak tempuh kendaraan (dalam mil atau kilometer).
mpg_category	Kategorikal	Kategori efisiensi bahan bakar, misalnya "Efficient" atau "Inefficient".
price	Numerik (Float)	Harga kendaraan (dalam satuan mata uang tertentu).
weight	Numerik (Float)	Berat kendaraan (dalam kilogram atau pound).

3.2. Preprocessing / Cleaning

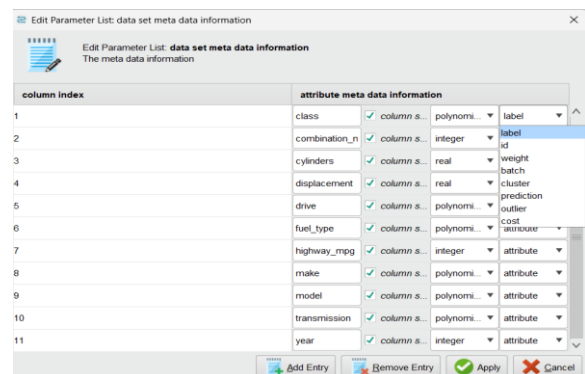
Pada tahap *preprocessing* atau proses pembersihan data, setelah melakukan analisis terhadap atribut dataset yang dipilih, dilakukan penanganan nilai yang *missing* atau tidak konsisten. Sebelumnya, dilakukan evaluasi untuk memastikan apakah atribut tersebut mengandung nilai yang hilang atau tidak konsisten. Hasil dari analisis statistik dataset, seperti yang terlihat pada Gambar 2.4 di bawah ini menunjukkan bahwa tidak ada atribut yang memiliki nilai yang *missing*. Selain itu, pemeriksaan langsung *per-record* menunjukkan bahwa dataset ini konsisten dalam hal nilai-nilainya.

type	class	Polynomial	0	linear minsize 1, 1 wagon (2)	linear min size up 1, 4w (157)	linear min size up 1, 5 vehicle (157), subcompact car (85), 11 more
✓	prediction (acc)	Polynomial	0	linear standard 1 Truck (8)	linear min size up 1, 4w (124)	linear min size up 1, 5 vehicle (124), subcompact car (85), 11 more
✓	confidence (value car)	Real	0	0.0	1.000	0.881
✓	confidence (small sport utility ...)	Real	0	0	1.000	0.225
✓	confidence (subcompact car)	Real	0	0.000	0	0.148
✓	confidence (large car)	Real	0	0.0	1.000	0.000
✓	confidence (low water)	Real	0	0.0	1.000	0.111
✓	confidence (low water)	Real	0	0.0	1.000	0.000
✓	confidence (subcompact car)	Real	0	0.0	1.000	0.000
✓	confidence (small sport utility ...)	Real	0	0	1.000	0.144
✓	confidence (standard sport uti...	Real	0	0	1.000	0.000
✓	confidence (large car)	Real	0	0	1.000	0.000

Gambar 4. Hasil dari Analisis Statistik Dataset

3.3. Transformation

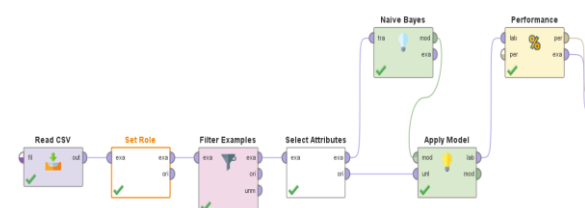
Karena dataset menggunakan tipe data nominal, sementara algoritma *Naive Bayes* memerlukan tipe data numerik, maka transformasi diperlukan untuk mengubah data nominal menjadi numerik. Untuk melakukan hal ini, digunakan operator *Nominal to Numerical*, seperti yang terlihat pada Gambar 2.5 di bawah ini.



Gambar 5. proses tahap Transformation di RapidMiner

3.4. Data Mining

Dalam penelitian ini, sesi modeling mencoba menggunakan metode *data mining*, yaitu klasifikasi dengan menggunakan algoritma *Naïve Bayes*. Pemrosesan informasi training dilakukan untuk menciptakan keputusan dari proses klasifikasi, yang bertujuan untuk memastikan layak atau tidaknya aplikasi bantuan sosial menggunakan model *data mining* dengan algoritma *Naïve Bayes*.



Gambar 6. Pemodelan Naïve Bayes

3.5. Interpretation / Evaluation

Kebenaran hasil klasifikasi akan dijadikan model dengan mempertimbangkan kriteria akurasi pada saat penelitian.

Confusion matrix for Naïve Bayes classification. The matrix shows the relationship between predicted and actual classes for 13 categories. The overall accuracy is 99.64%.

	True midsize car	True small sport utility vehicle	True subcompact car	True large car	True two seater	True minivan	True standard sport utility vehicle	True compact car	True small station wagon	True standard pickup truck	True minivan	True small pickup truck	True midsize station wagon
Predicted midsize car	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Predicted small sport utility vehicle	0	107	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Predicted subcompact car	0	0	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Predicted large car	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Predicted two seater	0	0	0	0	89	0	0	0	0	0	0	0	0
Predicted minivan	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0
Predicted standard sport utility vehicle	0	0	0	0	0	0	34	0	0	0	0	0	0
Predicted compact car	0	0	0	0	0	0	0	82	0	0	0	0	0
Predicted small station wagon	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0
Predicted standard pickup truck	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0
Predicted minivan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Predicted small pickup truck	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0
Predicted midsize station wagon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
Class mean	100.00%	100.00%	100.00%	97.87%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Gambar 7. Hasil Klasifikasi Naïve Bayes

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

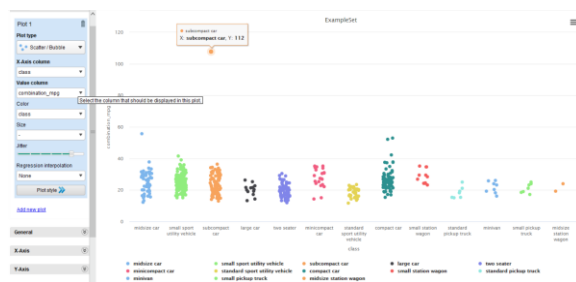
4.1. Hasil

Berdasarkan hasil penelitian dilihat dari 2.5 hasil klasifikasi naïve bayes tersebut menunjukkan matriks kebingungan (confusion matrix) dari hasil evaluasi model klasifikasi dengan akurasi sebesar **99,64%**. Matriks ini memberikan informasi tentang kinerja model dalam memprediksi 13 kelas: *true midsize car*, *true small sport utility vehicle*, *true subcompact car*, *true large car*, *true two seater*, *true minivan*, *true standard sport utility vehicle*, *true compact car*, *true small station wagon*, *true standard pickup truck*, *true minivan*, *true small pickup truck*, *true midsize station wagon*.

Berikut adalah penjelasan elemen-elemen utama dari matrix:

Berikut adalah penjelasan elemen-elemen utama dari matrix yang ditampilkan menunjukkan matriks konfusi hasil evaluasi model klasifikasi, dengan akurasi keseluruhan sebesar **99,64%**. Matriks ini merepresentasikan performa model dalam mengklasifikasikan berbagai kategori data dengan sangat baik. Setiap baris dalam tabel menunjukkan jumlah prediksi untuk setiap kelas, sementara setiap kolom mewakili jumlah sebenarnya dari kelas tersebut.

Hampir semua kelas memiliki presisi dan recall **100%**, menunjukkan bahwa model dapat mengenali kategori dengan sangat baik tanpa kesalahan signifikan. Beberapa pengecualian kecil terjadi pada beberapa kelas, seperti kelas dengan nilai recall **97,65%**, yang menunjukkan sedikit kesalahan dalam mengidentifikasi sampel tertentu.



Gambar 7. Visualisasi Scatter/plot

Secara keseluruhan, matriks konfusi ini menggambarkan bahwa model bekerja dengan sangat baik dalam mengklasifikasikan data, dengan hanya sedikit kesalahan klasifikasi yang tidak signifikan terhadap performa keseluruhan.

Gambar 7 yang ditampilkan merupakan hasil visualisasi scatter plot (bubble plot) yang menggambarkan hubungan antara jenis kendaraan (*class*) pada sumbu X dan nilai konsumsi bahan bakar gabungan (*combination_mpg*) pada sumbu Y. Warna setiap titik dalam scatter plot merepresentasikan kategori kendaraan yang berbeda, seperti midsize car, subcompact car, compact car, large car, small pickup truck, minivan, dan lain-lain.

Dalam visualisasi ini, setiap titik mewakili satu kendaraan, dengan posisinya menunjukkan efisiensi bahan bakar dalam mil per galon (MPG). Dari grafik terlihat bahwa kendaraan subcompact car memiliki konsumsi bahan bakar yang lebih tinggi dibandingkan jenis kendaraan lain, dengan salah satu titik mencapai nilai 112 MPG. Sebaliknya, kendaraan seperti small pickup truck dan minivan cenderung memiliki efisiensi bahan bakar yang lebih rendah.

Selain itu, terdapat sedikit penyebaran data di setiap kategori, menunjukkan variasi dalam efisiensi bahan bakar di dalam satu jenis kendaraan. Fitur jitter tampaknya diaktifkan untuk menyebarkan titik-titik data guna menghindari tumpang tindih yang dapat menyulitkan interpretasi.

Secara keseluruhan, visualisasi ini memberikan wawasan mengenai efisiensi bahan bakar berdasarkan jenis kendaraan, yang dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut terkait performa kendaraan dalam berbagai kategori.

4.2. Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi bahan bakar kendaraan

Berdasarkan hasil visualisasi scatter plot, efisiensi bahan bakar kendaraan dipengaruhi oleh beberapa faktor utama. Jenis kendaraan memainkan peran penting, di mana subcompact car dan compact car memiliki efisiensi bahan bakar lebih tinggi dibandingkan pickup truck dan minivan. Bobot dan ukuran kendaraan juga berkontribusi, di mana kendaraan yang lebih besar cenderung memiliki konsumsi bahan bakar lebih tinggi akibat beban dan hambatan aerodinamis yang lebih besar. Selain itu, desain aerodinamis serta teknologi mesin, seperti mesin hybrid atau sistem transmisi yang lebih efisien, turut memengaruhi perbedaan efisiensi bahan bakar dalam kategori yang sama. Variasi dalam setiap jenis kendaraan menunjukkan bahwa selain faktor ukuran dan jenis, aspek teknis seperti kapasitas mesin dan sistem penggerak juga berperan dalam menentukan efisiensi bahan bakar kendaraan.

4.3. Menganalisis penggunaan teknik data mining dalam mengungkap pola dan hubungan antar faktor yang mempengaruhi efisiensi bahan bakar

Berdasarkan hasil visualisasi scatter plot, teknik Naïve Bayes dalam data mining dapat digunakan untuk mengungkap pola dan hubungan antara berbagai faktor yang mempengaruhi efisiensi bahan bakar kendaraan. Scatter plot menunjukkan distribusi efisiensi bahan bakar berdasarkan kelas kendaraan, di mana terlihat bahwa kendaraan dengan ukuran lebih kecil, seperti subcompact car dan compact car, cenderung memiliki efisiensi bahan bakar yang lebih tinggi dibandingkan dengan kendaraan berukuran besar, seperti SUV dan pickup truck.

Dalam konteks Naïve Bayes, algoritma ini dapat mengklasifikasikan kendaraan berdasarkan probabilitas efisiensi bahan bakarnya dengan mempertimbangkan fitur-fitur seperti jenis kendaraan, kombinasi konsumsi bahan bakar (mpg), dan faktor eksternal seperti kecepatan rata-rata serta kondisi jalan. Model ini menghitung distribusi probabilitas dari setiap fitur terhadap efisiensi bahan bakar, kemudian menentukan kategori efisiensi bahan bakar berdasarkan data historis.

Dari scatter plot, dapat terlihat adanya pemisahan alami antar kelas kendaraan dalam hal efisiensi bahan bakar, yang dapat dimanfaatkan oleh Naïve Bayes untuk membangun model klasifikasi. Dengan menggunakan probabilitas bersyarat, model ini dapat membantu mengidentifikasi kendaraan dengan efisiensi tinggi atau rendah berdasarkan karakteristiknya. Selain itu, jika scatter plot menunjukkan pola yang dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti kecepatan atau kondisi jalan, Naïve Bayes dapat memperhitungkan variabel ini untuk meningkatkan akurasi prediksi efisiensi bahan bakar. Dengan demikian, kombinasi antara analisis scatter plot dan penerapan Naïve Bayes memungkinkan identifikasi faktor utama yang mempengaruhi efisiensi bahan bakar serta memberikan wawasan yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan konsumsi energi kendaraan.

4.4. Menemukan pola atau tren dalam data yang mengindikasikan pengaruh kondisi eksternal, seperti kondisi jalan, suhu lingkungan, dan kecepatan rata-rata, terhadap efisiensi bahan bakar kendaraan.

Analisis pola dan tren dalam data menunjukkan bahwa efisiensi bahan bakar kendaraan dapat dipengaruhi oleh beberapa kondisi eksternal, seperti kondisi jalan, suhu lingkungan, dan kecepatan rata-rata. Pada kondisi jalan yang bervariasi, kendaraan yang beroperasi di daerah perkotaan dengan lalu lintas padat cenderung memiliki konsumsi bahan bakar lebih tinggi dibandingkan kendaraan yang beroperasi di jalan tol dengan kecepatan konstan. Selain itu, suhu lingkungan juga berpengaruh, di mana suhu rendah

dapat menyebabkan peningkatan konsumsi bahan bakar akibat kinerja mesin yang kurang optimal saat pemanasan awal. Kecepatan rata-rata juga menjadi faktor penting, di mana kendaraan yang melaju dengan kecepatan moderat cenderung lebih hemat bahan bakar dibandingkan dengan kecepatan tinggi yang meningkatkan hambatan angin atau kecepatan rendah dengan seringnya akselerasi dan pengereman. Pola ini menunjukkan bahwa efisiensi bahan bakar tidak hanya bergantung pada spesifikasi kendaraan, tetapi juga pada faktor lingkungan dan kondisi penggunaan kendaraan dalam berbagai situasi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa efisiensi bahan bakar kendaraan dipengaruhi oleh berbagai faktor internal, seperti bobot, ukuran mesin, jenis bahan bakar, teknologi mesin, dan desain aerodinamika, serta faktor eksternal, seperti kondisi jalan, suhu, kecepatan, dan pola akselerasi. Teknik data mining, termasuk clustering, association rule mining, dan classification, terbukti efektif dalam mengidentifikasi pola hubungan antar faktor tersebut. Selain itu, analisis menunjukkan bahwa kendaraan lebih efisien di jalan raya dibandingkan di jalan perkotaan, dan suhu ekstrem serta kecepatan di luar rentang optimal dapat menurunkan efisiensi bahan bakar. Saran untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar termasuk pengembangan teknologi mesin yang lebih efisien, perbaikan infrastruktur jalan, dan adopsi pola berkendara yang lebih efisien, serta penerapan teknik data mining untuk mendukung pengelolaan efisiensi bahan bakar pada kendaraan dan armada.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. T. M. Zhemin Hu, "On the Lifetime Emissions of Conventional, Hybrid and Electric Vehicles," Researchgate, 2023.
- [2] S. Eko Julianto, "ANALISIS PENGARUH PUTARAN MESIN PADA EFISIENSI BAHAN BAKAR MESIN DIESEL 2DG-FTV," Jurnal Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNSIQ, 2020.
- [3] Xing-hang Zhu, Hong-di He, Kai-fa Lu, Zhong-ren Peng, H. Oliver Gao, "Characterizing carbon emissions from China V and China VI gasoline vehicles based on portable emission measurement systems," Journal of Cleaner Production, vol. 378, 2022.
- [4] A. Arif, N. Hidayat, W. Purwanto, M. Y. Setiawan, M. Masykur, "Pengaruh Penggunaan Oli Bekas Sebagai Bahan Bakar Terhadap SFC Dan Efisiensi Termal Mesin Diesel," Jurnal Mekanova Mekanikal Inovasi Dan Teknologi, 2021.
- [5] Jacob W. Ward, Jeremy J. Michalek, Constantine Samaras, Inês L. Azevedo, Alejandro Henao, Clement Rames, Tom Wenzel, Show less, "The impact of Uber and Lyft on vehicle ownership,

- fuel economy, and transit across U.S. cities," *iScience*, 2021.
- [6] Ningyuan Guo, Xudong Zhang, Yuan Zou, Lingxiong Guo, Guodong Du, "Real-time predictive energy management of plug-in hybrid electric vehicles for coordination of fuel economy and battery degradation," *Sciencedirect*, vol. 214, 2021.
- [7] Ying Yao, Xiaohua Zhao, Chang Liu, Jian Rong, Yunlong Zhang, Zhenning Dong, Yuelong Su, "Vehicle fuel consumption prediction method based on driving behavior data collected from smartphones," *Journal Advanced Transportation*, vol. 2020, no. 1, 2020.
- [8] Yan-Tao Zhang, Christian G. Claudel, Mao-Bin Hu, Yu-Hang Yu, Cong-Ling Shi, "Develop of a fuel consumption model for hybrid vehicles," *Energy Conversion and Management*, vol. 207, 2020.
- [9] N. E. Yogi Ordano Tamba, "KLAUSTERISASI PINJAMAN NASABAH KOPERASI MENGGUNAKAN ALGORITMA K-MEANS STUDI KASUS : CV ARYA GUNA USAHA," DOI: <https://doi.org/10.36040/jati.v8i6.11195>, vol. 8, 2024.
- [10] A. W. Wahyu Tities Pambudi, "Penerapan Algoritma K-Means Clustering untuk Menganalisis Penjualan pada Toko Ayu Collection Barbasis Web," *JURNAL INFORMATIKA UNIVERSITAS PAMULANG*, vol. 6, 2021.
- [11] U. H. Asep Surahman, "IMPLEMENTASI ALGORITMA NAÏVE BAYES UNTUK PREDIKSI PENERIMA BANTUAN SOSIAL," *JATI*, no. Vol. 7 No. 1 (2023): *JATI* Vol. 7 No. 1, 2023.