

ANALISIS PEMELIHARAAN PREDIKTIF KENDARAAN OPERASIONAL MENGGUNAKAN ALGORITMA NAÏVE BAYES DAN DECISION TREE

Islamia Nuraini¹, Arnowo Hari Wibowo², Muhammad Asrol³, Taufik⁴, Dyah Lang Wilis⁵

^{1,2}. Industrial Engineering Department, BINUS Graduate Program – Master of Industrial Engineering, Bina Nusantara University

Correspondent author: islamianuraini@gmail.com

Jakarta, 11480, Indonesia

Abstract

Utilizing the team to carry out operational vehicle maintenance activities is crucial to maintaining smooth mobility. Well-scheduled maintenance can prevent unexpected problems and minimize disruption to vehicle operations. The problem is that the implementation of operational vehicle maintenance policies is not yet optimal. The aim of this research is to focus on operational vehicles so that use is not disrupted so that mobility runs smoothly, maintenance scheduling is needed. Completion of this research method will use the Naïve Bayes and Decision Tree data mining applications. This research produces a comparison of the two data mining applications to determine maintenance performance with an accuracy level of the Naïve Bayes method of 33.33% and Decision Tree 75.00%. The results of the best algorithm performance analysis are used as a reference for implementing vehicle maintenance scheduling.

Keywords: Body Repair; Decision Tree; General Repair; Naïve Bayes; Periodic Maintenance; Vehicle maintenance

Abstrak

Pendayagunaan tim melakukan kegiatan pemeliharaan kendaraan operasional memang krusial untuk menjaga mobilitas yang lancar. Pemeliharaan yang terjadwal dengan baik dapat mencegah masalah yang tidak terduga dan meminimalkan gangguan pada operasional kendaraan. Adapun permasalahannya pelaksanaan kebijakan pemeliharaan kendaraan operasional belum optimal. Tujuan penelitian ini fokus pada kendaraan operasional supaya tidak terganggu penggunaan supaya mobilitas lancar, maka diperlukan penjadwalan pemeliharaan. Penyelesaian metode penelitian ini akan menggunakan aplikasi data mining *Naïve Bayes* dan *Decision Tree*. Penelitian ini menghasilkan perbandingan pada kedua aplikasi data mining tersebut untuk mengetahui kinerja pemeliharaan dengan tingkat akurasi metode *Naïve Bayes* 33.33% dan *Decision Tree* 75.00%. Hasil analisis kinerja algoritma terbaik digunakan sebagai acuan implementasi penjadwalan pemeliharaan kendaraan.

Kata Kunci: Body Repair; Decision Tree; General Repair, Naïve Bayes; Perawatan Berkala; Perawatan Kendaraan

Open Access at: <https://journalpublicuho.uho.ac.id/index.php/journal/index>

Journal Publicuho is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

PENDAHULUAN

Negara Indonesia mampu mengembangkan teknologi yang membantu kehidupan manusia. Manusia pada konteks ini sebagai user upaya untuk memperoleh informasi secara real time. Perkembangan informasi ini mampu mengelola datamenjadi sangat mudah, sehingga menghasilkan suatu informasi yang dibutuhkan oleh user secara akurat dan real

time. Kebutuhan manusia terhadap penggunaan teknologi sudah menjadi kebutuhan yang mendasar bagi manusia, karena teknologi mampu meringankan pekerjaan. Perkembangan teknologi saat ini mampu menuntut Masyarakat supaya lebih up to date dengan menguasai wawasan teknologi. Lingkup Perusahaan juga menggunakan teknologi untuk mengolah data dengan tujuan mencari kemudahan pada suatu pekerjaan menjadi lebih efektif dan efisien. Hal ini juga mempermudah pekerjaan terutama melibatkan banyak data dan pihak.

Kebutuhan data yang diubah menjadi suatu informasi yang didukung dengan penggunaan teknologi ini memiliki proses untuk mengambil data dan menemukan pola pada sekumpulan data dengan metode ilmu data yang disebut data mining. *Data mining* mampu merancang studi kasus dengan mengetahui kebutuhan user untuk meningkatkan nilai positif dari user. Oleh karena itu, tujuan utama penelitian ini fokus pada perusahaan yang bergerak di bidang otomotif yang memiliki mobilitas operasional tinggi. User sebagai operator di lapangan sangat bergantung pada kendaraan tersebut untuk operasional sehari-hari. Oleh karena itu pemeliharaan kendaraan sangat diperlukan untuk menghindari kerusakan yang dapat mengakibatkan operasional di lapangan terganggu.

Penelitian ini menggunakan data historis kendaraan untuk memprediksi kendaraan tersebut akan kembali ke dealer kendaraan untuk dilakukan pemeliharaan. Penelitian ini mengusulkan pendekatan pemecahan masalah menggunakan *Naïve Bayes* dan *Decision Tree*. Tujuan penelitian ini menentukan waktu pemeliharaan prediktif kendaraan berdasarkan database *service record* menggunakan *Naïve Bayes* dan *Decision Tree*. Motivasi penelitian ini untuk melakukan pemeliharaan prediktif kendaraan operasional menggunakan algoritma *Naïve Bayes* supaya tepat sasaran dalam pengambilan keputusan dengan menentukan nilai peluang sehingga perusahaan mampu menghitung cepat dan efisien terhadap kendaraan operasional yang perlu dilakukan pemeliharaan secara berkala. Dikarenakan, urgensi permasalahan selama ini perusahaan tidak melaksanakan pemeliharaan berkala secara tepat sasaran terhadap kendaraan operasional perusahaan itu optimalisasi rute, manajemen waktu, pemeliharaan preventive dan prediktif, *downtime* kendaraan, biaya bahan bakar, biaya pemeliharaan, lingkungan, keberlanjutan, keselamatan dan kepatuhan, teknologi dan inovasi perusahaan terhadap pemeliharaan kendaraan operasional tersebut.

Penelitian tentang kendaraan operasional perusahaan melibatkan berbagai aspek yang perlu dioptimalkan untuk mencapai efisiensi, keandalan, dan keberlanjutan. Permasalahan yang dihadapi mencakup optimalisasi rute, pemeliharaan, biaya operasional, keselamatan, kepatuhan regulasi, teknologi, manajemen pengemudi, pengelolaan armada, dan analitik data. Mengatasi permasalahan ini membutuhkan pendekatan yang holistik dan inovatif, serta penerapan teknologi modern dan praktik

manajemen yang baik. Kemudian, kontribusi penelitian ini mampu memberikan hasil yang signifikan bagi peningkatan efisiensi, pengurangan biaya, dan peningkatan keselamatan serta keberlanjutan operasional

Permasalahan penelitian ini didukung oleh Thakur dan Singh (2014) *Prediction of Online Vehicle Insurance System using Decision Tree Classifier and Bayes Classifier A Comparative Analysis*. Penelitian ini tentang tujuan utama dari algoritma pembelajaran adalah untuk membangun model dengan kemampuan generalisasi yang baik, yaitu model yang secara akurat memprediksi label kelas dari catatan yang sebelumnya tidak diketahui. Akurasi atau tingkat kesalahan yang dihitung dari set pengujian juga dapat digunakan untuk membandingkan kinerja relatif dari pengklasifikasi berbeda pada domain yang sama. Namun, hasil akurasi yang diperoleh baik dan tingkat kesalahan rata-rata yang diperoleh juga dapat diterima untuk rekaman pengujian yang label kelas rekaman pengujianya tidak diketahui, di kedua pengklasifikasi. Dalam hal kompleksitas komputasi, *Bayes Classifier* berkinerja lebih baik daripada *Decision Tree Classifier* di sistem kami. Sedangkan *Decision Tree Classifier* memiliki kinerja lebih baik dibandingkan *Bayes Classifier* berdasarkan prediksi dalam sistem ini

Menurut Attari, Ejlaly et al (2022) *Application of Data Mining Techniques for the Investigation of Factors Affecting Transportation Enterprises*. Penelitian ini tentang menyajikan tiga teknik penambangan data yaitu pengelompokan, aturan asosiasi, dan klasifikasi untuk menyelidiki faktor-faktor yang mempengaruhi biaya dan waktu transportasi jalan raya dan kereta api. Dengan menggunakan metode berdasarkan algoritma K-means dengan membandingkan empat pengelompokan, kami telah mengusulkan klasifikasi *Naive Bayes* (probabilistik) untuk menentukan total akurasi persen transportasi hingga 97,91%. Terakhir, algoritma pohon klasifikasi seperti teori Bayesian dan hutan acak telah digunakan, dan hasil serta aturan keluaran telah dibandingkan. Artikel ini komprehensif dan baru dalam menggunakan berbagai parameter efektif transportasi darat. Kami akan memastikan efisiensinya dengan menggunakan kriteria (5v) (yang akan kami jelaskan sebagai gantinya) dan kemudian hasil di lapangan. Transportasi yang lebih besar, yang disebut transit darat, dapat digeneralisasikan antara kedua negara.

Menurut Irawana et al (2022) *Comparison of Data Mining Classification Methods for Predicting Credit Appropriation through Naïve Bayes and Decision Tree Methods*. Penelitian ini tentang penelitian ini terlihat pada penilaian yang kurang tepat terhadap kemampuan debitur dalam melunasi pinjaman usahanya sehingga sering menimbulkan permasalahan kredit. *Data Mining* digunakan dalam menilai atau memprediksi kelayakan kredit calon debitur. Penulis mencoba membandingkan klasifikasi data mining untuk menganalisis prediksi kelayakan kredit melalui metode *Naïve Bayes* dan *Decision Tree*. Data calon debitur

telah diolah melalui tahapan *data mining* dengan *Naïve Bayes* dan *Decision Tree*. Data diuji melalui validasi silang *k-folds* ($k = 10$). Hasil penelitian ini adalah akurasi metode *Decision Tree* (J-48) lebih tinggi dibandingkan metode *Naïve Bayes*. Hasil perbandingan kedua algoritma tersebut adalah algoritma *Decision Tree* (J-48) mempunyai akurasi sebesar 95,24% dan algoritma *Naïve Bayes* memiliki akurasi sebesar 79,59%.

Penelitian ini didukung oleh Juliane et al (2020) Tujuan penelitian ini adalah untuk mengklasifikasikan tren pelanggaran angkutan barang berdasarkan data pelanggaran yang ada di UPPKB. Data penelitian merupakan data primer yang diperoleh dari Direktorat Prasarana Transportasi Jalan Kementerian Perhubungan melalui sistem jembatan timbang online (JTO). Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah dapat mengetahui pola kecenderungan klasifikasi gangguan kendaraan angkutan barang berdasarkan hasil pohon keputusan algoritma C.45, sehingga hasil penelitian tersebut dapat dijadikan acuan dalam mengambil keputusan dan membuat kebijakan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kinerja akurasi pada pengujian data mining untuk klasifikasi kecenderungan gangguan kendaraan angkutan barang dengan *10 fold cross validation linear sampling*.

Pendukung penelitian terdahulu menurut Jain, Vasdev, Sharma et al (2022) *Systematic literature review on predictive maintenance of vehicles and diagnosis of vehicle's health using machine learning techniques* dari industri otomotif, telah mengalihkan perhatian mereka ke arah pemeliharaan prediktif. Industri otomotif menganggap pemeliharaan prediktif sebagai pemain kunci dalam meningkatkan servis dan kendaraan yang mereka kirimkan. Penting juga bagi pemilik kendaraan untuk mendiagnosis kendaraan untuk mencegah risiko yang mungkin dihadapi kendaraan dengan melakukan servis tepat waktu. Manfaat pemeliharaan prediktif, sulit untuk mendeteksi kerusakan pada sektor otomotif sejak dini. Hal ini disebabkan terbatasnya aksesibilitas ke sensor dan tidak tersedianya beberapa aplikasi desain. Namun, dengan kemajuan teknologi yang berkelanjutan, metode pembelajaran mesin (ML) telah menjadi solusi yang tepat untuk menganalisis data dan mengembangkan solusi bahkan ketika data terbatas. Artikel ini bermaksud untuk memberikan tinjauan literatur tentang teknik ML yang digunakan untuk pemeliharaan prediktif mobil dan diagnosis kesehatan kendaraan menggunakan ML. Tinjauan ini berfokus pada teknik pembelajaran mesin dalam praktiknya, ekstraksi data dari sistem diagnosis onboard, dan kesulitan yang dihadapi model

Pendukung penelitian dari Goleiji dan Tarokh (2015) *Fraud Detection in the Insurance using Decision Tree, Naïve Bayesian and Support Vector Machine Data Mining Algorithms (Case Study Automobile's Body Insurance)*. Penelitian ini tentang tujuan memperoleh keuntungan finansial, klaim ini dilakukan. Saat ini, teknik penambangan data dapat membantu dalam menentukan kebenaran dan kesalahan orang yang diasuransikan. Dalam tulisan ini, tiga metode data mining yaitu pohon keputusan, naif

Bayesian dan mesin vektor pendukung telah digunakan untuk mengidentifikasi penipuan dalam asuransi bodi mobil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode pohon keputusan dengan akurasi sebesar 92,50% memiliki efisiensi yang lebih baik dibandingkan dengan metode naïve Bayesian dengan akurasi sebesar 90,28% dan metode *support vector machine* dengan akurasi sebesar 30,28%.

Pendukung penelitian menurut Theissler et al (2021) *Predictive maintenance enabled by machine learning: Use cases and challenges in the automotive industry*. Studi kasus ini mengkategorikan makalah serta menganalisisnya dari perspektif aplikasi dan ML. Setelah itu, kami mengidentifikasi tantangan terbuka dan mendiskusikan kemungkinan arah penelitian. Kami menyimpulkan bahwa (a) data yang tersedia untuk umum akan meningkatkan kegiatan penelitian, (b) sebagian besar makalah bergantung pada metode yang diawasi yang memerlukan data berlabel, (c) menggabungkan berbagai sumber data dapat meningkatkan akurasi, (d) penggunaan metode pembelajaran mendalam akan semakin meningkat tetapi membutuhkan metode yang efisien dan dapat ditafsirkan serta ketersediaan data (yang diberi label) dalam jumlah besar.

Oleh karena itu, penelitian ini menghasilkan usulan pendekatan dalam pemecahan masalah menggunakan *Naïve Bayes* dan *Decision Tree* dengan cara menentukan waktu pemeliharaan prediktif kendaraan berdasarkan tools database service record didalam perusahaan. Rumusan masalah yang dikaji dan dijawab dalam tulisan ini antara lain Kapan kendaraan tersebut akan kembali ke dealer kendaraan untuk dilakukan pemeliharaan?

METODE

Kajian yang dilakukan bersumber dari beberapa penelitian pendahulu Perusahaan perlu memprediksi kapan mesin dilakukan pemeliharaan. Metode menggunakan Algoritma *Naïve Bayes* untuk membantu menemukan prediksi dari 2 jenis pemeliharaan (WP: Preventive & WE: Emergency). Hasil menunjukkan bahwa Preventive Maintenance di Plant Cold Roll Mills sudah berjalan dengan baik (Pardede et al., 2022).

Pemeliharaan prediktif sangat penting dalam memelihara armada dan menjaganya agar tetap tersedia untuk beroperasi dengan waktu henti minimum. Hasil menggunakan *Gradient Boosted Trees* mencapai akurasi prediksi 41,24%. Manajer armada harus melihat data historis yang dimiliki dan membiarkan algoritma AI menemukan pola untuk diterapkan pada jadwal pemeliharaan prediktif yang lebih baik (AlGanem et al., 2022).

Decision Tree

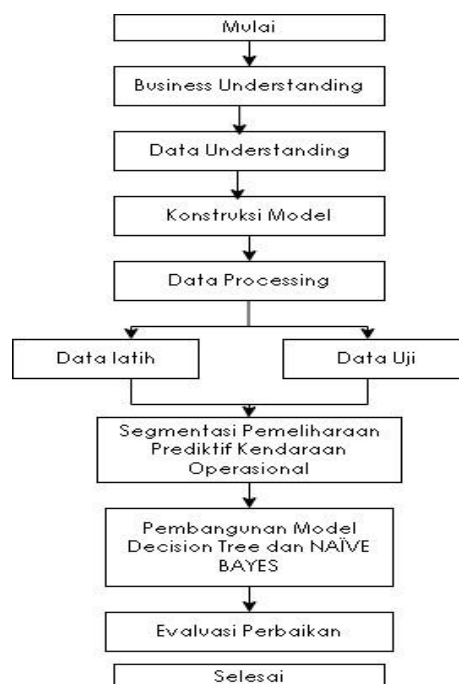
Decision tree adalah algoritma yang paling banyak digunakan untuk masalah klasifikasi. Sebuah decision tree terdiri dari beberapa simpul yaitu tree's roo, internal nod dan leafs.

Konsep entropi digunakan untuk penentuan pada atribut mana sebuah pohon akan terbagi (split). Semakin tinggi entropy sebuah sampel, semakin tidak murni sampel tersebut. Rumus yang digunakan untuk menghitung entropy sampel S adalah $Entropy(S) = -p_1 \log_2 p_1 - p_2 \log_2 p_2$. Pada persamaan 1, p_1 adalah proporsi sampel atau grup yang akan jatuh bangkrut dan p_2 adalah proporsi untuk perusahaan yang tidak akan jatuh bangkrut

Naïve Bayes

Klasifikasi Bayesian adalah klasifikasi statistik yang bisa memprediksi probabilitas sebuah class. Klasifikasi Bayesian ini dihitung berdasarkan Teorema Bayes dengan rumus ini $P(H|X) = P(H|X)P(H) / P(X)$ memiliki konteks prediksi kebangkrutan, berdasarkan rumus di atas, kejadian H merepresentasikan kebangkrutan perusahaan. $P(H)$ adalah prior probability di mana dalam kasus ini merupakan probabilitas perusahaan yang mendeklarasikan bangkrut. $P(H|X)$ merefleksikan probabilitas perusahaan dengan data X akan mengalami kebangkrutan. $P(X|H)$ adalah posterior probability yang menunjukkan kemungkinan terjadinya kebangkrutan berdasarkan prediktor X . $P(X)$ merupakan prior probability dalam hal ini adalah probabilitas sebuah perusahaan dengan kriteria X .

Metode penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus 2023 dengan menggunakan data historis perawatan kendaraan operasional. Untuk metode penelitian dimulai dengan mengumpulkan service record, kemudian melakukan analisa dengan metode Naïve Bayes dan Decision Tree, dan terakhir melihat akurasi dan prediksi pemeliharaan yang dihasilkan algoritma terbaik. Metode penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Metode penelitian.

Tahapan penelitian yang dijelaskan pada gambar 2, maka setelah data sudah dikumpulkan, maka dilakukan data pre-processing (pra-pemrosesan data) untuk diolah dengan tahap

seleksi data, deskripsi data, pembersihan data, dan transformasi data. Berdasarkan apa yang dijelaskan oleh Raschka (2020), bahwa data yang sudah dipersiapkan akan dipisah menjadi data latih dan data uji, kemudian proporsi data dibuat berdasarkan rasio data yang umumnya adalah 60/40, 70/30, atau 80/20. Dengan penjelasan tersebut, maka data dibagi menjadi data latih dan data uji dengan rasio 70% : 30% yang dianggap rasio yang optimal untuk menghasilkan model data. Kemudian, pemodelan dilakukan dengan algoritma klasifikasi Naive Bayes, Decision Tree. Data yang sudah dimodelkan akan dievaluasi untuk hasil klasifikasinya, untuk tahapannya dapat diketahui sebagai berikut:

Business Understanding

Business understanding merupakan proses bisnis untuk menilai suatu situasi dengan mengetahui tujuan data mining. Penelitian ini memiliki tujuan data mining untuk mendukung proses pemeliharaan kendaraan operasional secara berkala efektif dengan menghindari aspek permasalahan penelitian, sehingga menghasilkan nilai tambah pada suatu perusahaan.

Data Understanding

Tahapan ini menjelaskan proses pengumpulan data, dengan melakukan Analisa data juga evaluasi kualitas data yang digunakan pada penelitian ini Proses perijinan data diajukan untuk memperoleh data transaksi penggunaan kendaraan operasional tahun 2022 sejumlah 44 record data, dan tahun 2023 sejumlah 78 record data.

Konstruksi Model

Konstruksi model penelitian ini memiliki kerangka waktu yang digunakan dari data window di data latih. Data latih adalah data pemeliharaan kendaraan operasional selama 1 tahun dimulai dari tahun 2022-2023.

Data Processing

Tahapan ini merupakan pembersihan data dengan mengelompokkan atribut-atribut atau field yang telah terpilih menjadi 1 tabel.

Tabel 1. Data Prosesing Pemeliharaan Kendaraan Operasional

Field	Keterangan
GeneralRepair	kegiatan yang dilakukan untuk memelihara dan memperbaiki peralatan, mesin, kendaraan, atau infrastruktur agar tetap berfungsi dengan aman dalam kondisi optimal dan menghindari kerusakan yang lebih serius.
PeriodicMaintenance	Kegiatan pemeriksaan, pelumasan, penyetelan, dan penggantian komponen tertentu untuk mencegah kerusakan dan memperpanjang umur kendaraan
BodyRepair	Kegiatan mengembalikan penampilan dan fungsi struktur luar kendaraan, termasuk rangka, panel bodi, dan cat.

Data latih dan Data Uji

Tahapan ini merupakan data yang sudah dipersiapkan akan dipisah menjadi data latih dan data uji, kemudian proporsi data dibuat berdasarkan rasio data yang umumnya adalah 60/40, 70/30, atau 80/20. Dengan penjelasan tersebut, maka data dibagi menjadi data latih dan data uji dengan rasio 70%:30% yang dianggap rasio yang optimal untuk menghasilkan model data.

Segmentasi Pemeliharaan Prediktif Kendaraan Operasional

Segmentasi adalah proses mengidentifikasi pemeliharaan kendaraan operasional berdasarkan aspek permasalahan perusahaan dengan 3 kategori yaitu:

1. General repair

General repair atau perbaikan umum adalah kegiatan yang dilakukan untuk memelihara dan memperbaiki peralatan, mesin, kendaraan, atau infrastruktur agar tetap berfungsi dengan baik dan aman. Dalam konteks kendaraan operasional perusahaan, general repair mencakup berbagai jenis perawatan dan perbaikan yang diperlukan untuk menjaga kendaraan dalam kondisi optimal dan menghindari kerusakan yang lebih serius.

- a. Keandalan: Memastikan kendaraan selalu siap digunakan tanpa risiko kerusakan mendadak yang dapat mengganggu operasional.
- b. Keselamatan: Meningkatkan keselamatan pengemudi dan penumpang dengan memastikan semua sistem kendaraan berfungsi dengan baik.
- c. Efisiensi Biaya: Mengurangi biaya perbaikan besar dengan melakukan perawatan rutin dan perbaikan kecil secara tepat waktu.
- d. Umur Panjang Kendaraan: Memperpanjang masa pakai kendaraan dengan menjaga kondisi komponen dan sistem kendaraan.

2. Periodic Maintenance

Perawatan berkala adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan secara rutin pada interval waktu tertentu atau berdasarkan jarak tempuh untuk memastikan bahwa peralatan, mesin, atau kendaraan tetap berfungsi dengan baik dan dapat diandalkan. Dalam konteks kendaraan operasional perusahaan, periodic maintenance melibatkan pemeriksaan, pelumasan, penyetelan, dan penggantian komponen tertentu untuk mencegah kerusakan dan memperpanjang umur kendaraan.

- a. Mencegah Kerusakan Mendadak: Dengan melakukan perawatan berkala, potensi kerusakan dapat dideteksi dan diperbaiki sebelum menjadi masalah besar.
- b. Menjaga Performa Optimal: Kendaraan yang dirawat secara berkala akan beroperasi pada performa optimal, yang berarti efisiensi bahan bakar lebih baik dan kinerja keseluruhan yang lebih stabil.
- c. Meningkatkan Keselamatan: Perawatan berkala memastikan semua sistem kendaraan berfungsi dengan baik, sehingga mengurangi risiko kecelakaan akibat kerusakan teknis.

- d. Memperpanjang Umur Kendaraan: Pemeliharaan rutin membantu mengurangi keausan komponen, memperpanjang masa pakai kendaraan.

3. Body Repair

Proses perbaikan dan pemulihan komponen eksterior kendaraan yang mengalami kerusakan akibat kecelakaan, benturan, atau keausan alami. Body repair melibatkan berbagai teknik untuk mengembalikan penampilan dan fungsi struktur luar kendaraan, termasuk rangka, panel bodi, dan cat.

- a. Estetika: Mengembalikan penampilan kendaraan sehingga terlihat seperti baru dan meningkatkan nilai jual kembali
- b. Keselamatan: Memastikan bahwa komponen struktural dan bodi kendaraan berfungsi dengan baik, yang penting untuk keselamatan pengemudi dan penumpang.
- c. Perlindungan: Mencegah kerusakan lebih lanjut akibat korosi atau keausan dengan memperbaiki dan melindungi permukaan yang rusak.
- d. Kepuasan Pengemudi: Meningkatkan kepuasan pengguna kendaraan dengan mengembalikan kondisi estetis dan fungsional kendaraan.

Pembangunan Model Decision Tree dan Naïve Bayes

Tahapan Pembangunan model decision tree yaitu algoritma yang membagi data ke dalam subset berdasarkan fitur yang paling penting untuk klasifikasi atau regresi. Sedangkan Naïve Bayes adalah algoritma berbasis probabilitas yang mengasumsikan independensi antara fitur-fitur dengan perbandingan persentase 70/30 (70% sebagai data training & 30% data testing) dengan tabel 2. Sebagai berikut.

Tabel 2. Ratio Parameter

Ratio Parameter	Hasil
Data Training	0.70
Data Testing	0.30

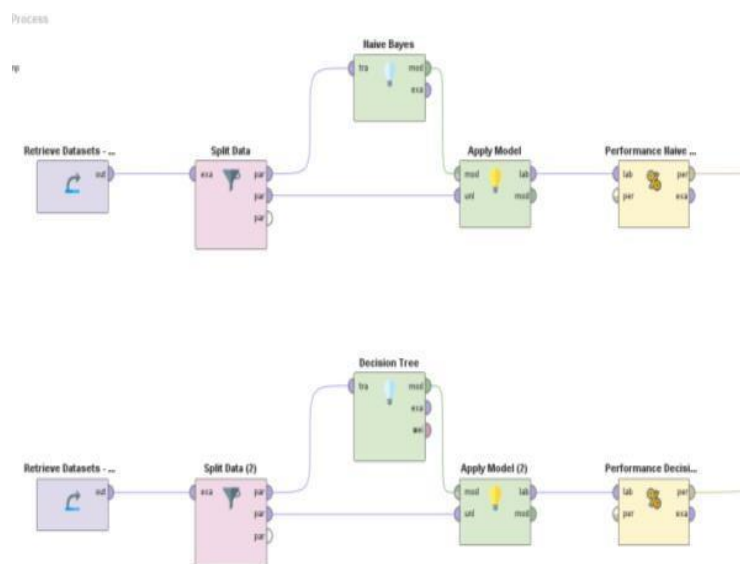
Evaluasi Perbaikan

Evaluasi perbaikan analisis pemeliharaan prediktif menggunakan algoritma Naïve Bayes dan Decision Tree memerlukan analisis menyeluruh terhadap kinerja model, identifikasi area perbaikan, dan implementasi perbaikan tersebut. Dengan menggunakan metrik evaluasi yang tepat, dan pemantauan berkelanjutan, model dapat terus dioptimalkan untuk memberikan prediksi yang lebih akurat dan andal dalam pemeliharaan prediktif kendaraan operasional perusahaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan Naïve Bayes dan Decision Tree.

Penelitian ini menggunakan aplikasi *RapidMiner Studio Educational 10.1.003* untuk melakukan pemodelan *Naïve Bayes* dan *Decision tree* seperti yang terlihat pada Gambar 2. Implementasi pengolahan data mining dengan Example Set (44 examples, 1 special attribute, 6 regular attribute) kemudian split data 70% untuk data training dan 30% untuk data testing. Untuk label menggunakan *Service Type*, yaitu *Periodic Maintenance (PM)*, *General Repair (GR)*, dan *Body Repair (BR)*.



Gambar 2. Pemodelan Naïve Bayes dan Decision Tree.

Hasil akurasi prediksi dari Naïve Bayes dan Decision Tree dapat dilihat pada Gambar 3.

Performance Vector (Performance Naive Bayes)				
Result not stored in repository				
PerformanceVector:				
accuracy: 33.33%				
ConfusionMatrix:				
True:	PM	GR	BR	
PM:	1	0	0	
GR:	4	2	0	
BR:	3	1	1	

Performance Vector (Performance Decision Tree)				
Result not stored in repository				
PerformanceVector:				
accuracy: 75.00%				
ConfusionMatrix:				
True:	PM	GR	BR	
PM:	7	2	0	
GR:	1	1	0	
BR:	0	0	1	

Gambar 3. Hasil akurasi prediksi dari Naïve Bayes dan Decision Tree.

Performance Vector Naïve Bayes dengan *accuracy 33.33%* dan *Performance Vector Decision Tree* dengan *accuracy 75.00%*. Kinerja algoritma *Decision Tree* lebih baik dari *Naïve Bayes*. Detail *confusion matrix* hasil dari algoritma *Decision Tree* dapat dilihat pada Gambar 4.

accuracy: 33.33%

	true PM	true GR	true BR	class precision
pred. PM	1	0	0	100.00%
pred. GR	4	2	0	33.33%
pred. BR	3	1	1	20.00%
class recall	12.50%	66.67%	100.00%	

Gambar 4. Performansi *Naïve Bayes*

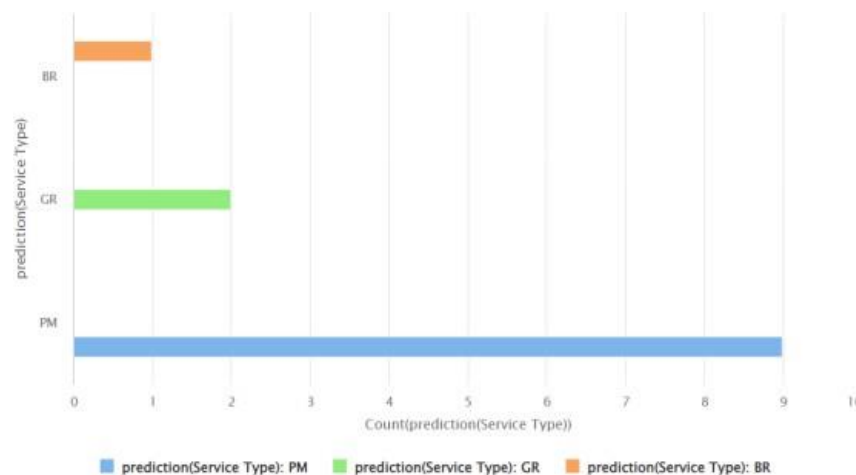
Gambar 5 menjelaskan bahwa performansi *Naïve Bayes* dengan nilai akurasi GR (General Repair) persentase 33.333%, PM (Periodic Maintenance) persentase 100%, dan BR (Body Repair) persentase 20%.

accuracy: 75.00%

	true PM	true GR	true BR	class precision
pred. PM	7	2	0	77.78%
pred. GR	1	1	0	50.00%
pred. BR	0	0	1	100.00%
class recall	87.50%	33.33%	100.00%	

Gambar 5. *Confusion matrix* hasil algoritma *Decision Tree*.

Gambar 6 merupakan hasil prediksi pemeliharaan kendaraan dapat dilihat pada dengan total pemeliharaan sebanyak 12 kali (BR 1 kali, GR 2 kali, dan PM 9 kali).



Gambar 6. Hasil prediksi algoritma *Decision Tree* untuk PM, GR, dan BR.

Gambar 6 menjelaskan bahwa Prediction Service Type (PM) menghasilkan nilai lebih tinggi mencapai 9.

Kontribusi penelitian ini mampu memberikan hasil yang signifikan bagi peningkatan efisiensi, pengurangan biaya, dan peningkatan keselamatan serta keberlanjutan operasional. Dikarenakan, manajerial perusahaan selama ini tidak melaksanakan pemeliharaan berkala secara tepat sasaran terhadap kendaraan operasional perusahaan itu optimalisasi rute, manajemen waktu, pemeliharaan preventive dan prediktif, *downtime* kendaraan, biaya bahan bakar, biaya pemeliharaan, lingkungan, keberlanjutan, keselamatan dan kepatuhan, teknologi dan inovasi perusahaan dengan melakukan pemeliharaan kendaraan operasional tersebut.

KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa tingkat akurasi metode *Naïve Bayes* 33.33% dan *Decision Tree* 75.00%, sehingga untuk penelitian ini metode *Decision Tree* diteruskan untuk prediksi. Hasil *Decision Tree* prediksi pemeliharaan kendaraan dengan total pemeliharaan sebanyak 12 kali (BR 1 kali, GR 2 kali, dan PM 9 kali). Selanjutnya, penelitian diharapkan dapat menampilkan detail penjadwalan pemeliharaan dari hasil proses data mining tersebut.

Pengukuran kinerja sebuah algoritma data mining dapat dilakukan berdasarkan beberapa kriteria antar lain akurasi, kecepatan komputasi, robustness, skalabilitas dan interpretabilitas. Penelitian ini baru menggunakan satu kriteria yaitu berdasarkan akurasi. Akan lebih baik jika semua kriteria diuji coba agar algoritma yang diteliti lebih teruji kinerjanya. Akurasi sebuah algoritma bisa ditingkatkan dengan menggunakan beberapa teknik antara lain teknik bagging dan boosting. Penelitian ini juga belum menggunakan kedua teknik tersebut untuk meningkatkan akurasi karena penelitian ini hanya terbatas pada perbandingan algoritma decision tree dan naïve bayes . Penelitian ini juga menggunakan data sampel yang cukup terbatas pada perusahaan dengan kendaraan operasional yang dengan menentukan waktu pemeliharaan prediktif kendaraan berdasarkan database *service record* menggunakan *Naïve Bayes* dan *Decision Tree*. Untuk mengestimasi akurasi sebuah algoritma akan lebih baik jika jumlah data sampel yang digunakan mendekati populasi yang ada. Diharapkan pada penelitian selanjutnya, data perusahaan yang digunakan lebih banyak dibandingkan penelitian ini agar pengklasifikasian data jauh lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA**Buku**

Daniel T. Larose. *Discovering Knowledge In Data, an Introduction to Data Mining*. Wiley Interscience, New Jersey, 2005.

Data Mining, Teknik Pemanfaatan Data untuk Keperluan Bisnis. Graha Ilmu, Yogyakarta, 2007.

Artikel

AlGanem, H. S., & Abdallah, S. (2022). Exploring the Hidden Patterns Data to Predict Failures of Heavy Vehicles. In *Recent Innovations in Artificial Intelligence and Smart Applications* (pp. 171-187). Cham: Springer International Publishing.

Blank, S. (2013, May). Why the Lean Start-Up Changes Everything. *Harvard Business Review*. <https://hbr.org/2013/05/why-the-lean-start-up-changes-everything>

Dellermann, D., Ebel, P., Lipusch, N., Popp, K. M., & Leimeister, J. M. (2017). Finding the Unicorn: Predicting Early Stage Startup Success Through a Hybrid Intelligence Method. *International Conference on Information Systems (ICIS)*, 1–12. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3159123>

Çınar, Z. M., Abdussalam Nuhu, A., Zeeshan, Q., Korhan, O., Asmael, M., & Safaei, B. (2020). Machine learning in predictive maintenance towards sustainable smart manufacturing in industry 4.0. *Sustainability*, *12*(19), 8211

Glupker, J., Nair, V., Richman, B., Riener, K., & Sharma, A. (2019). Predicting investor success using graph theory and machine learning. *Journal of Investment Management*, *17*(1), 92–103.

Gupta, S., Pienta, R., Tamersoy, A., Chau, D. H., & Basole, R. C. (2015). Identifying Successful Investors in the Startup Ecosystem. *Proceedings of the 24th International Conference on World Wide Web*, 39–40. <https://doi.org/10.1145/2740908.2742743>

Hastuti, K. (2012). Analisis Komparasi Algoritma Klasifikasi Data Mining untuk Prediksi Mahasiswa Non Aktif. *Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan 2012*, *14*(1), 241–249

Jain, M., Vasdev, D., Pal, K., & Sharma, V. (2022). Systematic literature review on predictive maintenance of vehicles and diagnosis of vehicle's health using machine learning techniques. *Computational Intelligence*, *38*(6), 1990-2008.

Massaro, A., Selicato, S., & Galiano, A. (2020). Predictive maintenance of bus fleet by intelligent smart electronic board implementing artificial intelligence. *IoT*, *1*(2), 12.

Prakash P. Shenoy dan Lili Sun. Using bayesian networks for bankruptcy prediction : Some methodological issues. In *European Journal of Operational Research*, volume 18, pages 738– 753, 2007.

Shodiqin, H. (2022). Sustainable Maintenance Melalui Prediksi Preventive Maintenance di Plant Cold Roll Mills (CRM) PT Krakatau Steel (Persero) Tbk dengan Algoritma Naïve Bayes Classifier dan Decision Tree. *JATISI (Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi)*, *9*(2), 876-890

Subqi, F. M., & Anggraini, D. (2021). Data Mining Untuk Pemeliharaan Prediktif Mesin Produksi berdasarkan Database Kerusakan Mesin menggunakan Naïve Bayes

Theissler, A., Pérez-Velázquez, J., Kettelgerdes, M., & Elger, G. (2021). Predictive maintenance enabled by machine learning: Use cases and challenges in the automotive industry. *Reliability engineering & system safety*, *215*, 107864.