

Identifikasi Pola Pengerjaan Alat Berat Menggunakan Algoritma K-Prototype Clustering

Ahmad Muslih¹, Ajif Yunizar Pratama Yusuf²

Informatika, Ilmu Komputer, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya
Email : ¹ahmad.muslih19@mhs.ubharajaya.ac.id , ²ajif.yunizar@dsn.ubharajaya.ac.id

ABSTRAKSI

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pola pengerjaan alat berat, yaitu dozer, dump truck, dan excavator, menggunakan algoritma K-Prototype Clustering. Algoritma ini dipilih karena kemampuannya untuk menangani data yang memiliki kombinasi atribut numerik dan kategorikal, yang sering ditemukan dalam data operasional alat berat. Dengan menerapkan K-Prototype Clustering, kami dapat mengelompokkan data penggunaan alat berat ke dalam beberapa kluster yang representatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pola penggunaan alat berat dapat dikelompokkan secara efektif, memungkinkan identifikasi kluster dengan karakteristik operasional yang mirip. Kluster ini membantu dalam mengoptimalkan alokasi alat berat, merencanakan pemeliharaan preventif, dan meningkatkan efisiensi operasional secara keseluruhan. Implementasi hasil klustering dalam praktik operasional menunjukkan potensi pengurangan waktu idle dan peningkatan produktivitas alat berat. Penelitian ini menyimpulkan bahwa penggunaan algoritma K-Prototype Clustering merupakan metode yang efektif untuk mengidentifikasi pola pengerjaan alat berat. Rekomendasi strategis yang dihasilkan dari klustering dapat diterapkan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas operasional dalam industri konstruksi dan pertambangan.

Kata Kunci: k-prototype clustering, pola pengerjaan, alat berat, dozer, optimasi operasional

ABSTRACT

This research aims to identify work patterns for heavy equipment, namely dozers, dump trucks and excavators, using the K-Prototype Clustering algorithm. This algorithm was chosen because of its ability to handle data that has a combination of numeric and categorical attributes, which are often found in heavy equipment operational data. By applying K-Prototype Clustering, we can group heavy equipment usage data into several representative clusters. The results show that heavy equipment usage patterns can be grouped effectively, allowing the identification of clusters with similar operational characteristics. This cluster helps in optimizing heavy equipment allocation, planning preventive maintenance, and improving overall operational efficiency. Implementation of clustering results in operational practice shows the potential for reducing idle time and increasing machine productivity. This research concludes that the use of the K-Prototype Clustering algorithm is an effective method for identifying heavy equipment work patterns. Strategic recommendations resulting from clustering can be applied to improve operational efficiency and effectiveness in the construction and mining industries.

Keywords: k-prototype clustering, working patterns, heavy equipment, dozer, operational optimization

Penulis Korespondensi

Ahmad Muslih

Tanggal Submit : 15/06/2024
Tanggal Diterima : 14/12/2024
Tanggal Terbit : 28/02/2025

This is an open access article under the [CC-BY-NC-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) license



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 (CC BY-NC-SA 4.0) International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

Publisher's Note: JPPM stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

I. PENDAHULUAN

Berdasarkan sejarahnya, PT United Tractors Tbk (“United Tractors”) didirikan pada 13 Oktober 1972 dengan nama PT Inter Astra Motor Works dan memulai operasinya pada tahun 1973 sebagai anak perusahaan PT Astra International Tbk (“Astra”). Sejak awal, United Tractors dibentuk untuk mendukung pertumbuhan industri alat berat di Indonesia dan mengagendakan ekspansi layanan yang komprehensif, mulai dari penjualan, penyewaan, hingga layanan purna jual. Kepemilikan di bawah payung Astra memberi United Tractors pijakan yang kuat dalam hal sumber daya, jaringan distribusi, dan dukungan korporasi, sehingga mampu bertahan dan berkembang di tengah fluktuasi ekonomi nasional maupun global.

Kantor pusat United Tractors yang terletak di Jalan Raya Bekasi Km. 22, Cakung, Jakarta 13910, berfungsi sebagai pusat kendali operasional, administratif, dan strategis perusahaan. Dalam jangka waktu kurang dari lima dekade, perusahaan ini berhasil menempatkan diri sebagai distributor peralatan berat terkemuka di Indonesia, dengan portofolio merek ternama dunia seperti Komatsu, UD Trucks, Scania, Bomag, dan Tadano. Keberhasilan ini tidak hanya ditopang oleh keunggulan produk, tetapi juga oleh service excellence yang menjamin ketersediaan spare part, dukungan teknis, serta pelatihan bagi operator dan teknisi.

Untuk menjawab tuntutan digitalisasi dan meningkatkan efisiensi proses bisnis, PT Astra Graphia Information Technology (AGIT) dipilih sebagai mitra strategis dalam proyek implementasi sistem Enterprise Resource Planning (ERP) berbasis SAP. Proyek migrasi ERP ini menitikberatkan pada terintegrasinya seluruh proses transaksi bisnis, mulai dari manajemen persediaan, penjualan, keuangan, hingga perawatan alat berat, sehingga analisis data dapat dilakukan secara real time dan lintas fungsi. Melalui implementasi SAP, United Tractors diharapkan dapat memperkaya arsitektur data, mempercepat respon operasional, serta memperkuat governance dalam pelaporan dan pengambilan keputusan.

Salah satu modul kunci dalam program SAP tersebut adalah pencatatan data perbaikan alat berat, yang melibatkan input informasi oleh tim cabang maupun tim site saat terjadi kegiatan service, penggantian spare part, atau komponen. Idealnya, setiap insiden perbaikan—termasuk durasi pengerjaan, jenis komponen, serta tenaga kerja yang terlibat—terdokumentasi dengan akurat dan konsisten. Namun pada kenyataannya, ditemukan beberapa kasus di mana data yang tertulis di sistem tidak selaras dengan kondisi aktual di lapangan, baik berupa nilai durasi yang terlalu tinggi, kesalahan kategori spare part, maupun entri ganda yang memengaruhi keandalan laporan.

Ketidaksesuaian data tersebut menimbulkan risiko distorsi dalam analisis kinerja perawatan, alokasi sumber daya teknis, serta estimasi biaya pemeliharaan. Oleh

karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan memverifikasi outlier data perbaikan—khususnya waktu pengerjaan yang tampak berlebihan—agar dapat dipilah antara entri valid dan entri yang memerlukan koreksi. Informasi ini krusial untuk memastikan bahwa data reporting yang digunakan manajemen benar-benar mencerminkan efisiensi operasional riil dan mendukung strategi preventive maintenance yang tepat.

Untuk mencapai tujuan tersebut, metode K-Prototype Clustering dipilih sebagai pendekatan utama dalam analisis data perbaikan. Metode ini mampu menangani dataset campuran yang memiliki variabel numerik (durasi pengerjaan, biaya service) dan kategorikal (tipe alat, lokasi site, jenis komponen). Dengan menerapkan algoritma K-Prototype, data repair yang berada pada kluster dengan durasi atau pola pemakaian yang tidak lazim dapat diidentifikasi sebagai kandidat untuk audit lebih lanjut. Selanjutnya, kluster normal akan menjadi basis data valid yang dapat diandalkan untuk keperluan reporting dan dashboard performa maintenance.

Dengan kerangka penelitian dan metodologi yang telah dirancang, diharapkan penerapan K-Prototype Clustering pada data perbaikan alat berat mampu meningkatkan akurasi database, mempermudah proses validasi data oleh tim operasional, dan mendukung keputusan manajemen dalam penjadwalan maintenance, alokasi teknisi, serta pengadaan spare part. Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah tersebut, penulis menetapkan judul penelitian “Identifikasi Pola Pengerjaan Alat Berat Menggunakan Metode K-Prototype Clustering” sebagai wujud kontribusi ilmiah dalam meningkatkan kualitas data dan efektivitas reporting di PT United Tractors Tbk.

II. PENELITIAN YANG TERKAIT

Penelitian mengenai identifikasi pola pengerjaan alat berat menggunakan metode K-Prototype Clustering sering berfokus pada pengelompokan data yang mengandung fitur numerik dan kategorikal. Metode ini sangat berguna dalam bidang seperti pemeliharaan prediktif, optimalisasi operasi, dan manajemen sumber daya di industri yang menggunakan alat berat, seperti konstruksi, pertambangan, dan manufaktur. Berikut adalah beberapa poin penting yang biasanya dibahas dalam penelitian semacam itu:

1. Pengumpulan Data: Mengumpulkan data operasi alat berat yang mencakup fitur-fitur numerik (seperti waktu operasi, jumlah bahan bakar yang digunakan, kecepatan operasi) dan fitur-fitur kategorikal (seperti jenis alat, lokasi operasi, kondisi cuaca).
2. Praproses Data: Melakukan praproses data untuk menangani data yang hilang, mengkonversi data kategorikal ke bentuk yang sesuai, dan menormalisasi data numerik agar siap untuk proses clustering.
3. Pemilihan Metode K-Prototype: Menjelaskan mengapa metode K-Prototype dipilih. Metode ini dirancang khusus untuk mengatasi dataset yang

memiliki kombinasi fitur numerik dan kategorikal. K-Prototype adalah gabungan dari K-Means (untuk data numerik) dan K-Modes (untuk data kategorikal).

4. Implementasi K-Prototype Clustering: Proses implementasi algoritma K-Prototype pada dataset yang telah diproses. Ini termasuk pemilihan jumlah cluster yang optimal, biasanya dengan menggunakan metode seperti Elbow Method atau Silhouette Score.
5. Analisis Hasil: Menganalisis hasil clustering untuk mengidentifikasi pola-pola yang signifikan. Misalnya, menemukan kelompok alat berat yang memiliki pola penggunaan bahan bakar yang efisien atau kelompok yang sering mengalami kerusakan di lokasi tertentu.
6. Interpretasi dan Aplikasi Praktis: Menyajikan bagaimana hasil dari clustering dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi downtime, atau mengoptimalkan jadwal pemeliharaan alat berat.

III. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data operasional alat berat dari berbagai proyek konstruksi dan pertambangan, yang mencakup variabel numerik (misalnya jam operasi harian, tingkat konsumsi bahan bakar, frekuensi pemakaian) serta variabel kategorikal (jenis mesin, lokasi proyek, shift operasional). Setelah data terkumpul, langkah preprocessing dilakukan, meliputi pembersihan data (penanganan nilai hilang dan outlier), normalisasi variabel numerik agar berada pada skala yang sama, dan encoding variabel kategorikal menggunakan teknik one-hot atau label encoding sesuai kebutuhan. Untuk menentukan jumlah kluster yang optimal, digunakan kombinasi metode elbow dan analisis nilai silhouette, yang memberikan gambaran trade-off antara

kompleksitas model dan kualitas pemisahan kluster. Dengan parameter jumlah kluster (K) yang telah terpilih, algoritma K-Prototype Clustering kemudian dijalankan, memanfaatkan fungsi jarak gabungan—jarak Euclidean untuk komponen numerik dan jarak Hamming untuk komponen kategorikal—sehingga setiap alat berat dikelompokkan berdasarkan kemiripan pola operasi dan karakteristik teknisnya.

Setelah model clustering terbentuk, proses validasi internal dilakukan melalui analisis koefisien silhouette serta visualisasi profil kluster (centroid numerik dan distribusi kategori), sedangkan validasi eksternal melibatkan konfirmasi dengan tim teknis lapangan dan manajer pemeliharaan untuk memastikan interpretasi kluster sesuai dengan praktik operasional riil. Hasil klusterisasi ini kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi pola-pola utama—misalnya kelompok mesin dengan intensitas pemakaian tinggi di shift malam atau kelompok dengan konsumsi bahan bakar di atas rata-rata—yang selanjutnya dijadikan dasar rekomendasi strategis. Rekomendasi tersebut mencakup jadwal preventive maintenance yang disesuaikan per kluster, alokasi sumber daya teknis dan suku cadang, serta optimasi penugasan alat berat pada proyek, sehingga diharapkan mampu meningkatkan efisiensi operasional, menekan biaya tidak terduga, dan mendorong produktivitas perusahaan secara keseluruhan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan Sistem bertujuan untuk mengidentifikasi pola operasional yang dapat meningkatkan efisiensi dan kinerja alat berat. Oleh karena itu sistem Metode yang diusulkan adalah dengan menggunakan metode K-Prototype untuk menentukan pola pengerjaan alat berat dengan adanya pengujian model ini dapat membantu mengidentifikasi Pola Pengerjaan Alat Berat Menggunakan Metode K-Prototype Clustering. Lihat Gambar 1 untuk hasil kluster.



Gambar 1 Pengolahan Data

Kesimpulan 3 Material

1. Dozer

a. Komponen yang Sering Bermasalah

Komponen yang paling sering terkait dengan masalah adalah Electrical System - related (36 kejadian) dan Engine - related (25 kejadian). Hal ini menunjukkan bahwa sistem kelistrikan dan mesin adalah area utama yang memerlukan perhatian dalam pemeliharaan dan perbaikan.

b. Jenis Notifikasi

Sebagian besar notifikasi adalah tipe ZU (187 kejadian), yang menunjukkan bahwa masalah yang dilaporkan lebih sering bersifat urgent atau membutuhkan perhatian segera. Tipe ZC hanya memiliki 5 kejadian, menunjukkan masalah bersifat lebih minor atau tidak memerlukan perhatian segera.

c. Kode Masalah yang Sering Muncul

- 1) Masalah paling umum adalah yang tidak dijelaskan secara spesifik (See Description) dengan 135 kejadian. Ini menunjukkan perlunya dokumentasi lebih rinci mengenai masalah yang terjadi.
- 2) Masalah Can't Lift/ Dump/ Swing/ Steer/ Brake/ S dan Leaking Oil/Coolant/Fuel/Air/Gas/Grease juga cukup sering muncul, masing-masing dengan 13 dan 11 kejadian. Masalah ini menunjukkan adanya

tantangan dalam fungsi mekanis utama dan kebocoran yang perlu segera diatasi.

d. Fokus Pemeliharaan dan Perbaikan

- 1) Prioritas utama dalam pemeliharaan dan perbaikan harus diberikan pada sistem kelistrikan dan mesin, mengingat tingginya jumlah kejadian masalah terkait komponen tersebut.
- 2) Dokumentasi yang lebih baik dan rinci diperlukan untuk masalah yang masuk dalam kategori See Description agar tindakan perbaikan dapat lebih tepat sasaran.
- 3) Perhatian khusus juga harus diberikan pada masalah kebocoran dan kegagalan mekanis yang dapat berdampak signifikan pada operasional alat berat.

Dengan memahami distribusi masalah dan komponen yang sering mengalami kerusakan, langkah-langkah preventif dan pemeliharaan yang tepat dapat diimplementasikan untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi operasional material Dozer.

2. Dump Truck

a. Komponen yang Sering Bermasalah

Komponen yang paling sering terkait dengan masalah adalah Electrical System - related (248 kejadian) dan Suspension (231 kejadian). Ini menunjukkan bahwa

sistem kelistrikan dan suspensi adalah area utama yang memerlukan perhatian dalam pemeliharaan dan perbaikan.

b. Jenis Notifikasi

Sebagian besar notifikasi adalah tipe ZU (1889 kejadian), yang menunjukkan bahwa masalah yang dilaporkan lebih sering bersifat urgent atau membutuhkan perhatian segera. Tipe ZC dan ZM hanya memiliki masing-masing 10 dan 8 kejadian, menunjukkan bahwa masalah bersifat lebih minor atau tidak memerlukan perhatian segera.

c. Kode Masalah yang Sering Muncul

- 1) Masalah paling umum adalah yang tidak dijelaskan secara spesifik (See Description) dengan 972 kejadian. Ini menunjukkan perlunya dokumentasi lebih rinci mengenai masalah yang terjadi.
- 2) Masalah Leaking Oil/Coolant/Fuel/Air/Gas/Grease juga cukup sering muncul dengan 213 kejadian, menunjukkan adanya tantangan dalam hal kebocoran yang perlu segera diatasi.
- 3) Optional Multifunction (190 kejadian) dan Low Power serta Short Circuit (masing-masing 78 kejadian) juga sering muncul, menunjukkan adanya berbagai masalah kinerja yang signifikan.

d. Fokus Pemeliharaan dan Perbaikan

- 1) Prioritas utama dalam pemeliharaan dan perbaikan harus diberikan pada sistem kelistrikan dan suspensi, mengingat tingginya jumlah kejadian masalah terkait komponen tersebut.
- 2) Dokumentasi yang lebih baik dan rinci diperlukan untuk masalah yang masuk dalam kategori See Description agar tindakan perbaikan dapat lebih tepat sasaran.
- 3) Perhatian khusus juga harus diberikan pada masalah kebocoran dan kegagalan mekanis yang dapat berdampak signifikan pada operasional alat berat.

3. Excavator

a. Komponen yang Sering Bermasalah

Komponen yang paling sering terkait dengan masalah adalah Engine - related (36 kejadian) dan Electrical System - related (30 kejadian). Ini menunjukkan bahwa sistem mesin dan kelistrikan adalah area utama yang memerlukan perhatian dalam pemeliharaan dan perbaikan.

b. Jenis Notifikasi

Sebagian besar notifikasi adalah tipe ZU (240 kejadian), yang menunjukkan bahwa masalah yang dilaporkan lebih sering bersifat urgent atau membutuhkan perhatian segera. Tipe ZC dan ZM memiliki masing-masing 5 dan 4 kejadian, menunjukkan bahwa masalah bersifat lebih minor atau tidak memerlukan perhatian segera.

c. Kode Masalah yang Sering Muncul

- 1) Masalah paling umum adalah yang tidak dijelaskan secara spesifik (See Description) dengan 164 kejadian. Ini menunjukkan perlunya dokumentasi lebih rinci mengenai masalah yang terjadi.
- 2) Masalah Leaking Oil/Coolant/Fuel/Air/Gas/Grease juga cukup sering muncul dengan 28 kejadian, menunjukkan adanya tantangan dalam hal kebocoran yang perlu segera diatasi.
- 3) Low Power dan Optional Multifunction masing-masing terjadi 13 kali, menunjukkan adanya masalah kinerja yang perlu diperhatikan.

d. Fokus Pemeliharaan dan Perbaikan

- 1) Prioritas utama dalam pemeliharaan dan perbaikan harus diberikan pada sistem mesin dan kelistrikan, mengingat tingginya jumlah kejadian masalah terkait komponen tersebut.
- 2) Dokumentasi yang lebih baik dan rinci diperlukan untuk masalah yang masuk dalam kategori See Description agar tindakan perbaikan dapat lebih tepat sasaran.
- 3) Perhatian khusus juga harus diberikan pada masalah kebocoran dan kegagalan kinerja yang dapat berdampak signifikan pada operasional alat berat.

V. KESIMPULAN

Dalam kesimpulan penelitian tentang identifikasi pola pengerjaan alat berat (dozer, dump truck, dan excavator) menggunakan algoritma K-Prototype Clustering memberikan beberapa hal penting:

1. Segmentasi Efektif: Algoritma K-Prototype berhasil mengelompokkan data alat berat berdasarkan karakteristik numerik dan kategorikal. Ini memungkinkan identifikasi pola penggunaan yang berbeda di antara berbagai jenis alat berat.
2. Optimasi Penggunaan: Dengan mengidentifikasi pola penggunaan, perusahaan konstruksi dan tambang dapat mengoptimalkan alokasi alat berat, mengurangi waktu idle, dan meningkatkan produktivitas.
3. Pemeliharaan Preventif: Kluster yang terbentuk dapat membantu dalam merencanakan pemeliharaan preventif. Alat berat dengan pola penggunaan yang serupa mungkin memiliki kebutuhan pemeliharaan yang serupa, sehingga pemeliharaan dapat dijadwalkan lebih efisien.
4. Pengambilan Keputusan yang Lebih Baik: Data yang tersegmentasi dengan baik membantu manajemen dalam membuat keputusan yang lebih baik terkait operasional dan investasi alat berat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Safira, R. Salkiawati, and W. Priatna, "Penerapan Algoritma K-Means untuk Mengetahui Pola Persediaan Barang pada Toko Raja Bekasi," *J. Inform. Inf. Secur.*, vol. 3, no. 1, pp. 99–110, 2022, doi: 10.31599/jiforty.v3i1.1253."
- [2]. Y. E. P. Sinaga, G. Ginting, and M. Panjaitan, "Penerapan Data Mining Dalam Meningkatkan Mutu Perawatan dan Perbaikan Perlengkapan Alat-Alat Kapal Laut Menerapkan Metode K-Means Clustering," *J. Sist. Komput. dan Inform.*, vol. 2, no. 3, p. 232, 2021, doi: 10.30865/json.v2i3.2626.
- [3]. P. Pada and S. M. K. Tamansiswa, "Penerapan Metode Klasterisasi K-Means Untuk Strategi Promosi Pada SMK Taman Siswa Sukadamai," vol. 1, no. 2, pp. 141–146, 2021.
- [4]. H. Annur, "Strategi Penjualan Variasi Mobil Menggunakan Metode KMeans Clustering," *CosPhi*, vol. 2, no. 2, pp. 43–46, 2018.
- [5]. F. Nurdiyansyah and I. Akbar, "Implementasi Algoritma K-Means untuk Menentukan Persediaan Barang pada Poultry Shop," *J. Teknol. dan Manaj. Inform.*, vol. 7, no. 2, pp. 86–94, 2021, doi: 10.26905/jtmi.v7i2.6377.
- [6]. Subhan, A., Faqih, A. & Irawan , B., 2022. Clustering Item Fast Moving dan Slow Moving pada Produk Unilever Menggunakan Algoritma K-Prototipe. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, pp. 629-634.
- [7]. E. S. J. Deny, S. Muhammad, M. Herman, *Teknik Evaluasi Cluster: Solusi Menggunakan Python Dan Rapidminer*. CV Budi Utama, 2021.
- [8]. R. Ishak and A. Bengnga, "Clustering Tingkat Pemahaman Mahasiswa Pada Perkuliahan Probabilitas Statistika Dengan Metode K-Means," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 65–69, 2022, doi: 10.37905/jjee.v4i1.11997.
- [9]. F. Muhammad setiawan, "Metode K-Means Untuk Sistem Informasi Pengelompokan Mahasiswa Baru Pada Perguruan Tinggi," *J. Inform.*, pp. 130–145, 2019.
- [10]. N. Manullang, R. W. Sembiring, I. Gunawan, I. Parlina, and I. Irawan, "Implementasi Teknik Data Mining untuk Prediksi Peminatan Jurusan Siswa Menggunakan Algoritma C4.5," *J. Ilmu Komput. dan Teknol.*, vol. 2, no. 2, pp. 1–5, 2021, doi: 10.35960/ikomti.v2i2.700.
- [11]. Nurrahmah et al., "Pengantar Statistika 1," *Tangerang Media Sains Indones.*, 2021.
- [12]. S. Ramadhani, D. Azzahra, and T. Z., "Comparison of K-Means and K-Medoids Algorithms in Text Mining based on Davies Bouldin Index Testing for Classification of Student's Thesis," 2020.