

## PENGEMBANGAN SISTEM REKOMENDASI SUKU CADANG SEPEDA MOTOR MENGGUNAKAN METODE HYBRID FILTERING BERBASIS KONTEKS

<sup>1)</sup>Sherly Santiadi, <sup>2)</sup>Richard Wiputra, <sup>3)</sup>Lay Christian

<sup>1,2,3)</sup>Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Sistem Informasi, Universitas Bina Nusantara

<sup>1)</sup>sherly.santiadi@binus.ac.id, <sup>2)</sup>richard-slc@binus.edu, <sup>1)</sup>lchristian@binus.edu

---

### INFO ARTIKEL

---

**Riwayat Artikel :**

Diterima : 18 April 2026

Disetujui : 29 Mei 2026

---

**Kata Kunci :**

hybrid filtering, sistem rekomendasi, suku cadang

---

### ABSTRAK

Di dalam lingkungan bengkel resmi, diperlukan sistem rekomendasi yang kompatibel dengan jenis kendaraan yang digunakan oleh pengguna dan kondisi aktual dari kendaraan tersebut. Studi ini mengusulkan *framework hybrid filtering* berbasis konteks yang mengintegrasikan *co-occurrence collaborative filtering*, pemetaan kategori fungsional, dan skor siklus perawatan berbasis jarak tempuh dalam kombinasi *weighted linear*. Filter tipe sepeda motor juga digunakan untuk membatasi kandidat pada suku cadang yang kompatibel, selain itu tingkat urgensi perawatan digunakan untuk memastikan komponen yang perlu diganti berdasarkan pembacaan odometer kendaraan. Bobot dikalibrasikan melalui analisis sensitivitas *grid search* pada *validation set* yang terdiri dari 80 *anchor parts*, menghasilkan konfigurasi optimal dengan *validation Precision@5* sebesar 17,1%. Evaluasi ahli oleh mekanik mengonfirmasi validitas rekomendasi sebesar 90,21%. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan beberapa komponen ke dalam *hybrid filtering* menghasilkan rekomendasi yang layak secara teknis.

---

### ARTICLE INFO

---

**Article History :**

Received : Apr 18, 2026

Accepted : May 29, 2026

---

**Keywords:**

hybrid filtering, recommender systems, spare parts

---

### ABSTRACT

*In an authorized workshop environment, a recommendation system is required to be compatible with the type of vehicle used by the customer as well as the actual condition of the vehicle. This study proposes a context-aware hybrid filtering framework that integrates co-occurrence collaborative filtering, functional category mapping, and mileage-based maintenance cycle scoring within a weighted linear combination. A motorcycle type filter is also applied to restrict candidates to compatible spare parts. In addition, maintenance urgency levels are incorporated to ensure that components requiring replacement are identified based on vehicle odometer readings. The weights are calibrated through sensitivity analysis using grid search on a validation set consisting of 80 anchor parts, resulting in an optimal configuration with a validation Precision@5 of 17.1%. Expert evaluation by workshop mechanics confirms the validity of the recommendations at 90.21%. These results indicate that incorporating multiple components into hybrid filtering produces technically feasible recommendations.*

## 1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan pesat kepemilikan sepeda motor di Indonesia telah meningkatkan permintaan layanan servis *aftersales* yang efisien. Di Indonesia, sepeda motor merupakan moda transportasi dominan dan mendukung berbagai aktivitas harian, termasuk mobilitas personal, logistik perkotaan, dan masih banyak lagi. Menurut data statistik, jumlah sepeda motor terdaftar mencapai sekitar 139,45 juta unit pada tahun 2024, merepresentasikan pangsa pasar terbesar kendaraan bermotor di seluruh negeri (Badan Pusat Statistik, 2024). Lebih dari 84% rumah tangga di Indonesia memiliki setidaknya satu sepeda motor, hal ini merupakan indikasi kuat terkait ketergantungan pada kendaraan ini untuk mobilitas sehari-hari (Ahdiat, 2025).

Penetrasi sepeda motor yang tinggi menyebabkan penggunaan harian yang intensif, mempercepat keausan mekanis, dan meningkatkan kebutuhan perawatan rutin serta penggantian suku cadang yang tepat waktu. Pemilik sepeda motor biasanya mengandalkan penilaian pribadi atau rekomendasi mekanik saat memutuskan komponen mana yang perlu diganti (Giordano *et al.*, 2022). Pendekatan seperti itu dapat menyebabkan pemilihan suku cadang yang tidak kompatibel, pembelian yang tidak perlu, dan tingkat pengembalian produk yang lebih tinggi. Kemajuan terkini dalam kecerdasan buatan dan analitik data memberikan peluang untuk mendukung keputusan tersebut melalui sistem rekomendasi. Pendekatan hybrid recommender menggabungkan *collaborative filtering* dan *content-based filtering* (Masdaliva and Rakhmat Kurniawan R, 2025; Muhamad Arldi Megantara and Ema Utami, 2026), memungkinkan sistem untuk mengurangi keterbatasan *cold-start* sekaligus meningkatkan keragaman dan akurasi rekomendasi (Uta *et al.*, 2024; Ibrahim *et al.*, 2025; Muhammad Ridho Fasya, Muhamad Alda and Adnan Buyung Nasution, 2025).

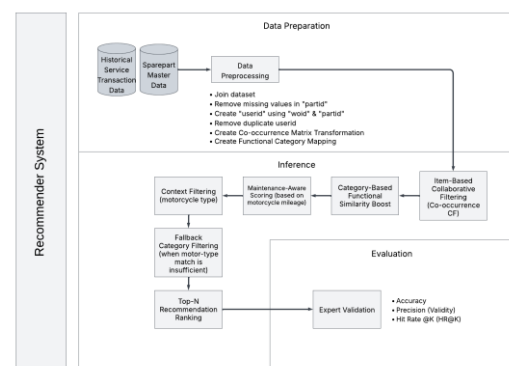
Meski demikian, banyak sistem rekomendasi yang terutama mengandalkan pola interaksi *user-item* dengan perhatian terbatas pada faktor kontekstual dan operasional yang mempengaruhi pengambilan keputusan di dunia nyata (Mateos and Bellogín, 2024). Dalam domain teknis seperti perawatan, kelayakan rekomendasi tidak hanya bergantung pada faktor

historis saja tetapi juga pada faktor kontekstual (Levitin, Xing and Dai, 2021). Untuk mengatasi tantangan ini, studi ini mengusulkan framework *hybrid filtering* berbasis konteks untuk rekomendasi suku cadang sepeda motor. Model yang diusulkan mengintegrasikan *collaborative filtering* dengan pengetahuan domain yang diturunkan dari implementasi servis itu sendiri, termasuk hubungan kategori fungsional dan skor siklus perawatan berbasis jarak tempuh (Coussement, De Bock and Geuens, 2022).

Penelitian ini berkontribusi terhadap tiga gagasan utama. Pertama, mengonseptualisasikan rekomendasi suku cadang sebagai masalah *decision-support* dalam domain servis. Kedua, model yang diusulkan mengintegrasikan *collaborative filtering* dengan pengetahuan pemeliharaan kontekstual dan domain-spesifik untuk menghasilkan rekomendasi yang layak secara teknis. Ketiga, kualitas rekomendasi dievaluasi melalui validasi ahli oleh mekanik profesional.

## 2. METODE

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu: (1) pengumpulan dataset yang berasal dari data transaksi servis (*work order/WO*); (2) pengambilan data master suku cadang; (3) pembersihan dataset; (4) pembangunan model; (5) output dari sistem rekomendasi; (6) validasi ahli (mekanik) seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Kerja Sistem Rekomendasi

Pada penelitian ini terdapat dua sumber data komplementer yang diperoleh dari *main dealer* di Indonesia. Sumber pertama adalah data transaksi servis historis yang disediakan oleh Divisi Servis, yang berisi catatan *work order* yang dilakukan di beberapa cabang bengkel.

Sumber kedua adalah data master suku cadang yang disediakan oleh Divisi Suku Cadang, yang berisi pengidentifikasi suku cadang, deskripsi standar, dan klasifikasi kategori resmi. Setelah penggabungan dan praproses, dataset gabungan terdiri dari 18.240 baris transaksi yang mencakup beberapa seri sepeda motor dengan total ID suku cadang unik sebanyak 61.971. Dataset yang digunakan dalam penelitian ini tersedia secara publik pada repositori *Mendeley Data* (Santiadi, 2026). Dataset ini berasal dari satu *main dealer* di satu wilayah geografis dengan cakupan seri sepeda motor yang terbatas, sehingga keberagaman konteks servis, variasi katalog suku cadang regional, dan representasi tipe kendaraan yang lebih luas belum tercermin dalam dataset ini. Keterbatasan ini perlu dipertimbangkan dalam menginterpretasikan generalisabilitas model. Model *hybrid filtering* berbasis konteks mengintegrasikan empat komponen guna mengatasi keterbatasan utama rekomendasi berbasis interaksi saja, yaitu: (1) *collaborative filtering* berbasis *co-occurrence*; (2) *functional category similarity boost*; (3) *mileage-based maintenance scoring*; (4) *motorcycle-type context filtering* dan juga mekanisme fallback.

Komponen *collaborative filtering* mengidentifikasi suku cadang yang cenderung dibeli atau diganti bersama dalam transaksi servis yang sama, berdasarkan asumsi bahwa suku cadang yang *co-occurring* mencerminkan ketergantungan fungsional dalam praktik bengkel nyata. Mengikuti metodologi *item-based collaborative filtering*, transaksi servis diorganisasikan ke dalam matriks insidensi biner  $M$  di mana baris mewakili work order ( $u$ ) dan kolom mewakili suku cadang ( $i$ ).

Kemiripan dalam *co-occurrence* antara suku cadang  $i$  dan  $j$  dihitung menggunakan koefisien *Jaccard*, yang menormalkan untuk frekuensi suku cadang dengan mengukur proporsi work order bersama relatif terhadap total work order yang melibatkan salah satu suku cadang seperti pada (1). Koefisien *Jaccard* dipilih karena untuk mencegah suku cadang konsumabel bervolume tinggi seperti oli mesin mendominasi rekomendasi berdasarkan frekuensi transaksi.

$$M_{u,i} = \begin{cases} 1, & \text{jika sparepart muncul} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

*Collaborative filtering* saja dapat merekomendasikan suku cadang yang secara statistik *co-occurring* tetapi tidak terkait secara fungsional, sebuah keterbatasan yang diketahui dalam domain teknis di mana kendala kompatibilitas sangat penting. Untuk mengatasi ini, framework yang diusulkan memperkenalkan *category-based functional similarity boost* yang memodulasi skor rekomendasi sesuai dengan hubungan fungsional antara kategori *anchor part* dan kategori setiap kandidat.

Suku cadang sepeda motor dikelompokkan ke dalam kluster fungsional berdasarkan *domain knowledge* yang diturunkan dari panduan perawatan resmi. Pasangan kategori ditetapkan ke salah satu dari empat tingkatan relasional: *Same* (S), *Related* (R), *Weakly Related* (W), dan *Unrelated*, dengan pengganda boost masing-masing 1,0; 0,6; 0,3; dan 0,1. Tabel 1 menyajikan struktur relasional untuk kategori perawatan utama.

Tabel 1 Matriks Kategori Fungsional

Spare parts	Matriks Kategori Fungsional				
	Oli	Filter	...	Shock	Belt
Oli	S	R	...	W	W
Filter	R	S	...	W	W
...	...	..	...	...	...
Shock	W	W	...	S	W
Belt	W	W	...	W	S

Keterbatasan mendasar rekomendasi berbasis interaksi adalah ketidakmampuannya untuk membedakan antara suku cadang yang saat ini perlu diservis dan suku cadang yang secara historis umum tetapi tidak diperlukan saat ini. Komponen skor berbasis siklus perawatan mengatasi hal ini dengan pembacaan odometer yang dilaporkan sepeda motor pada saat kunjungan servis. Jadwal perawatan resmi menentukan interval penggantian untuk komponen konsumabel utama. Interval ini dikodekan sebagai aturan perawatan yang menetapkan skor urgensi perawatan 1,0 untuk suatu suku cadang ketika jarak tempuh kendaraan  $k$  berada dalam jendela toleransi  $[\pm 500 \text{ km}]$  di sekitar interval terjadwal, dan 0,0 sebaliknya seperti pada (2).

$$Maintenance_m = \begin{cases} 1, & \text{jika } |k - KM_m^{od}| \leq \delta \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

Kemudian pada Tabel 2 merupakan *domain knowledge* terkait interval perawatan yang dimasukkan dalam model.

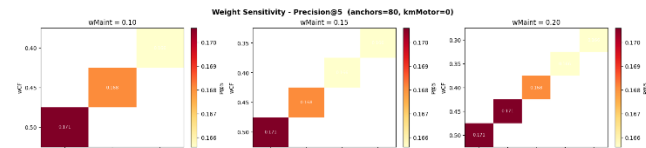
Tabel 2 Interval Perawatan

Kategori	Interval Perawatan		
	Keywords	Interval (km)	Toleransi (δ)
Engine Oil	"OIL", "MPX", "SPX"	6,000 / 12,000 / 18,000 / ...	±500 km
Gear Oil	"SCOOTER GEAR OIL", "GEAR OIL"	8,000 / 16,000 / 24,000 / ...	±500 km
Spark Plug	"SPARK", "BUSI"	12,000 / 24,000 / ...	±500 km
Air Filter	"AIR FILTER", "ELEMENT AIR"	18,000 / 36,000 / ...	±500 km

Meskipun kandidat suku cadang mencapai skor co-occurrence dan kemiripan kategori yang tinggi, suku cadang tersebut tidak dapat menjadi rekomendasi yang valid jika tidak kompatibel dengan model sepeda motor target. Komponen *context filtering* menegakkan kompatibilitas mekanis dengan membatasi kumpulan kandidat pada suku cadang yang diasosiasikan dengan tipe sepeda motor yang sama dengan *anchor part*. Mekanisme fallback digunakan untuk memastikan cakupan rekomendasi di seluruh rentang model sepeda motor dalam dataset: ketika *context filtering* menghasilkan kurang dari dua kandidat yang layak, sistem melonggarkan kendala tipe dan memfilter berdasarkan kategori fungsional.

Empat komponen diintegrasikan melalui kombinasi *weighted linear* yang menghasilkan skor rekomendasi akhir untuk setiap kandidat suku cadang. Bobot dipilih melalui analisis sensitivitas *grid search* pada *held-out validation*

set yang terdiri dari 80 anchor parts, menggunakan pembagian train-validation 80/20. Beberapa konfigurasi mencapai skor tertinggi yang setara sebesar 0,171, menunjukkan bahwa model ini robust terhadap perturbasi bobot moderat di wilayah ini. Di antara konfigurasi co-optimal, (w\_CF = 0,50, w\_Cat = 0,40, w\_Maint = 0,10) dipilih sebagai konfigurasi akhir seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Sensitivitas Bobot Precision@5 (anchors = 80, kmMotor = 0)

Konfigurasi yang dipilih mencapai validation Precision@5 sebesar 17,1%, dibandingkan 16,8% untuk konfigurasi heuristik awal (0,45; 0,40; 0,15), mewakili peningkatan marginal namun konsisten sebesar +0,25 poin persentase. Empat komponen diintegrasikan melalui kombinasi *weighted linear* yang menghasilkan skor rekomendasi akhir untuk setiap kandidat suku cadang sebagaimana pada Persamaan (3).

$$Score_i = 0,5 \times CF_i + 0,4 \times Cb_i + 0,1 \times M_i \quad (3)$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Perbandingan Evaluasi Model

Model yang diusulkan mencapai precision sebesar 90,21% dan HR@3 sebesar 94,25%, secara substansial mengungguli baseline CF saja (24,92% dan 43,00%). Peningkatan 65 poin persentase dalam precision mencerminkan ketidakmampuan mendasar model berbasis interaksi saja dalam domain teknis yang dibatasi. Pemeriksaan rekomendasi 'not fit' dari baseline mengungkapkan kesalahan lintas tipe, di mana suku cadang yang kompatibel dengan model sepeda motor yang berbeda direkomendasikan. Model yang diusulkan menekan kedua kelas kesalahan melalui motorcycle-type filtering dan category boosting.

HR@3 yang tinggi sebesar 94,25% menunjukkan bahwa dalam hampir semua kasus evaluasi, setidaknya satu dari tiga rekomendasi teratas adalah valid secara operasional. 5,75%

kasus di mana tidak ada rekomendasi valid yang muncul dalam tiga teratas terutama melibatkan anchor parts dari kategori frekuensi rendah atau model sepeda motor dengan riwayat transaksi terbatas seperti pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Evaluasi Model

Metrik	Hasil Evaluasi		
	Baseline (CF saja)	Proposed Model	Kenaikan
Precision (Validity Rate)	24.92%	90.21%	+65.29 pp
Hit Rate @3 (HR@3)	43.00%	94.25%	+51.25 pp

### 3.2 Analisis Kontribusi Komponen

Perbandingan antara model hybrid penuh dan baseline CF saja mengisolasi kontribusi agregat dari tiga komponen kontekstual. Di antara 400 *anchor parts* yang dievaluasi, baseline CF saja mengembalikan rekomendasi di mana suku cadang yang direkomendasikan diasosiasikan dengan tipe sepeda motor yang berbeda dari anchor dalam proporsi kasus yang substansial, mengonfirmasi bahwa *motorcycle-type filtering* adalah komponen tunggal yang paling berpengaruh dalam model yang diusulkan. Koreksi category boost paling terlihat dalam skenario yang melibatkan konsumabel bervolume tinggi seperti oli mesin. Meskipun demikian, setiap komponen filtering memiliki keterbatasan teknis yang perlu diakui. Pertama, *collaborative filtering* berbasis *co-occurrence* mengalami penurunan kualitas pada suku cadang yang jarang muncul bersama (*sparse data*), sehingga kurang efektif untuk suku cadang dengan frekuensi transaksi rendah atau suku cadang baru yang belum memiliki riwayat *co-occurrence* yang cukup. Kedua, category boost bergantung sepenuhnya pada kualitas domain *knowledge* yang dikodekan secara manual ke dalam matriks kategori fungsional; kesalahan atau ketidaklengkapan dalam matriks ini dapat menyebabkan *boosting* yang tidak akurat. Ketiga, komponen *maintenance scoring* bergantung pada keakuratan pembacaan odometer yang diinput oleh mekanik apabila data odometer tidak akurat atau tidak tersedia, sinyal urgensi perawatan tidak dapat diaktifkan secara tepat. Keterbatasan-keterbatasan ini menjadi dasar penting bagi arah pengembangan sistem di masa mendatang.

### 3.3 Studi Kasus

Untuk mengilustrasikan bagaimana sinyal kontekstual berinteraksi dalam skenario rekomendasi konkret, pertimbangkan **Vario 125 CBS** yang datang untuk servis dengan pembacaan **odometer 12.100 km**. **Anchor part** yang dicatat untuk kunjungan servis adalah **cylinder head cover gasket** (Part ID: 12391KZR600, kategori: GST). Jarak tempuh 12.100 km berada dalam jendela toleransi  $\pm 500$  km di sekitar interval perawatan 12.000 km, mengaktifkan sinyal urgensi perawatan untuk komponen terkait oli mesin dan komponen penyegelan. Tabel 4 menunjukkan rekomendasi teratas model untuk anchor part ini.

Tabel 4 Hasil Rekomendasi

ID	Hasil Rekomendasi		
	Nama Part	Kategori	Evaluasi Mekanik
12391KZR600	Gasket, Cylinder Head Cover	GST	(Anchor)
91201K59A11	Oil Seal, 20.8×32×6	OSEAL	Fit
08CLAH50500	Genuine Coolant	COOL	Fit
1210AKZR600	Cylinder Comp	AHM	Fit
12251KZR601	Gasket, Cylinder Head	GST	Fit
19200KWN901	Pump Assy., Water	AHM	Not fit

Kasus ini mengilustrasikan dua fitur penalaran kontekstual model. Pertama, oil seal (91201K59A11) ditingkatkan peringkatnya karena komponen *mileage-aware* mengenali bahwa kendaraan berada pada interval penggantian oli. Kedua, rakitan pompa air (19200KWN901), meskipun sering *co-occurrence* dengan suku cadang gasket, dinilai 'not fit' oleh mekanik karena penggantinya tidak diindikasikan oleh kondisi kendaraan saat ini.

## 4. PENUTUP

#### 4.1 Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan model *hybrid filtering* berbasis konteks yang mampu menghasilkan rekomendasi suku cadang sepeda motor yang tidak hanya relevan tetapi juga kompatibel secara mekanis dengan kendaraan pengguna. Dengan menggabungkan *Co-occurrence Collaborative Filtering*, pemetaan kategori fungsional, dan skor siklus perawatan, sistem secara efektif menangkap kompleksitas perilaku perawatan bengkel dan ketergantungan fungsional di antara suku cadang. Model ini mengatasi kelemahan umum dalam sistem rekomendasi tradisional seperti cold start, saran lintas kategori yang tidak relevan, dan kurangnya pemahaman kontekstual dengan memperkenalkan mekanisme seperti *motorcycle-type filtering*, prioritas perawatan berbasis siklus, dan hubungan kategori fungsional. Evaluasi ahli menunjukkan bahwa 90,21% rekomendasi adalah valid, mendemonstrasikan bahwa sistem dapat mendukung pengambilan keputusan secara andal dalam skenario servis nyata.

#### 4.2 Saran

Terdapat beberapa saran bagi penelitian selanjutnya yaitu dengan cara menggabungkan *ground truth* tingkat transaksi untuk memungkinkan metrik *information retrieval* standar termasuk *Precision@K*, *Recall@K*, dan *Normalised Discounted Cumulative Gain* (NDCG). Selain itu, *held-out validation set* yang digunakan dalam studi ini terdiri dari sekitar 80 *anchor parts* yang diambil dari satu dataset *main dealer*, yang mungkin tidak mewakili keragaman yang lebih luas dari tipe kendaraan, konteks servis, dan katalog suku cadang regional yang ditemukan dalam praktik. Evaluasi online melalui *A/B testing* di lingkungan bengkel langsung, yang mengukur hasil seperti akurasi pemilihan suku cadang dan tingkat penerimaan mekanik, akan memberikan penilaian utilitas sistem yang lebih valid. Desain eksperimen yang direkomendasikan mencakup pembagian antara kelompok kontrol (mekanik tanpa bantuan sistem rekomendasi) dan kelompok eksperimen (mekanik dengan sistem rekomendasi aktif), dengan metrik evaluasi yang meliputi waktu pengerjaan servis, tingkat kecocokan suku cadang yang dipilih, tingkat pengembalian suku

cadang, serta kepuasan pelanggan. Tantangan praktis implementasi meliputi kebutuhan integrasi dengan sistem *point-of-sale* bengkel serta pengelolaan privasi data transaksi pelanggan.

Selain itu, sistem dapat diperkuat dengan mengintegrasikan mekanisme umpan balik pengguna secara real-time, di mana mekanik dapat menandai setiap rekomendasi sebagai “fit” atau “not fit” langsung di dalam sistem. Sinyal umpan balik tersebut dapat dimanfaatkan untuk memperbarui bobot model secara inkremental, misalnya melalui pendekatan online learning atau algoritma multi-armed bandit, sehingga sistem dapat beradaptasi terhadap perubahan pola perawatan, pembaruan katalog suku cadang, maupun karakteristik bengkel yang bervariasi secara dinamis. Terakhir, penelitian selanjutnya juga disarankan untuk memperluas cakupan pengumpulan data dengan melibatkan beberapa dealer lintas kota dan wilayah, serta berbagai merek dan tipe sepeda motor. Perluasan dataset ini memerlukan standarisasi kode suku cadang antar dealer dan penanganan aspek privasi data transaksi, namun berpotensi meningkatkan generalisabilitas dan daya terapan sistem secara signifikan dalam industri otomotif yang lebih luas.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Ahdiat, A. (2025) *Proportion of Indonesian Households Owning Motorcycles in 2024*. Available at: <https://databoks.katadata.co.id/en/demographics/statistics/67b31a27e6891/proportion-of-indonesian-households-owning-motorcycles-in-2024> (Accessed: March 16, 2026).
- Badan Pusat Statistik (2024) *Number of Motor Vehicle by Type (Unit)*. Available at: <https://www.bps.go.id/en/statistics-table/2/NTcjMg%3D%3D/number-of-motor-vehicle-by-type--unit-.html> (Accessed: March 16, 2026).
- Coussement, K., De Bock, K.W. and Geuens, S. (2022) “A decision-analytic framework for interpretable recommendation systems with multiple input data sources: a case study for a European e-tailer,” *Annals of Operations Research*, 315(2), pp. 671–694. Available

- at: <https://doi.org/10.1007/s10479-021-03979-4>.
- Giordano, D. *et al.* (2022) “Data-driven strategies for predictive maintenance: Lesson learned from an automotive use case,” *Computers in Industry*, 134. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103554>.
- Ibrahim, O.A.S. *et al.* (2025) “Revisiting recommender systems: an investigative survey,” *Neural Computing and Applications*, 37(4), pp. 2145–2173. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00521-024-10828-5>.
- Levitin, G., Xing, L. and Dai, Y. (2021) “Joint optimal mission aborting and replacement and maintenance scheduling in dual-unit standby systems,” *Reliability Engineering & System Safety*, 216. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.res.s.2021.107921>.
- Masdaliva, F. and Rakhmat Kurniawan R (2025) “Perancangan Sistem E-Commerce J2 Kopi Takengon Berbasis Web Menggunakan Metode Content-Based Filtering,” *STORAGE: Jurnal Ilmiah Teknik dan Ilmu Komputer*, 4(4), pp. 348–359. Available at: <https://doi.org/10.55123/storage.v4i4.6578>.
- Mateos, P. and Bellogín, A. (2024) “A systematic literature review of recent advances on context-aware recommender systems,” *Artificial Intelligence Review*, 58(1). Available at: <https://doi.org/10.1007/s10462-024-10939-4>.
- Muhamad Arldi Megantara and Ema Utami (2026) “Peningkatan Skalabilitas Sistem Rekomendasi Website Berita Menggunakan Content-Based Filtering dan K-Means,” *STORAGE: Jurnal Ilmiah Teknik dan Ilmu Komputer*, 5(1), pp. 54–60. Available at: <https://doi.org/10.55123/storage.v5i1.7651>.
- Muhammad Ridho Fasya, Muhamad Alda and Adnan Buyung Nasution (2025) “Rancang Bangun Sistem Informasi Rekomendasi Produk pada Supermarket Menggunakan Content Based Filtering Berbasis Web,” *JUMINTAL: Jurnal Manajemen Informatika dan Bisnis Digital*, 4(1), pp. 28–37. Available at: <https://doi.org/10.55123/jumintal.v4i1.5114>.
- Santiadi, S. (2026) *Workshop Transaction Records for Motorcycle Spare-Part Recommendation Research*.
- Uta, M. *et al.* (2024) “Knowledge-based recommender systems: overview and research directions,” *Frontiers in Big Data*, 7. Available at: <https://doi.org/10.3389/fdata.2024.1304439>.
-