



Penerapan Sistem Rekomendasi Produk pada Marketplace Menggunakan Metode Collaborative Filtering

Petrus J. Darus^{1*}, Vinsensius Aprila Kore Dima², Lidia Lali Momo³

¹Teknik Informatika, Universitas Stella Maris Sumba, Indonesia

²Pendidikan Teknologi Informasi, Universitas Stella Maris Sumba, Indonesia

³Manajemen Informatika, Universitas Stella Maris Sumba, Indonesia

* Penulis Korespondensi : jitodarus5@gmail.com

Abstract. *The rapid development of digital technology has significantly transformed commercial activities, particularly through the emergence of marketplaces as platforms for online transactions. The vast number of products available in a marketplace often creates difficulties for users in finding items that suit their needs and preferences. To address this challenge, a recommendation system is required to provide personalized and relevant product suggestions. This study discusses the implementation of a product recommendation system in a marketplace using the Collaborative Filtering method. This method works by leveraging information from users' previous behavior, such as purchase history, ratings, and similarity of preferences with other users, to generate more accurate product recommendations. The Collaborative Filtering approach has proven effective in identifying user preference patterns based on relationships between users as well as between items. This study employs user interaction data such as ratings and shopping activities as the processing foundation. The process involves data collection, preprocessing, calculation of similarity between users or products, and generating recommendation lists. The results indicate that this method enhances the shopping experience by providing relevant product suggestions tailored to user interests, thereby increasing customer satisfaction and potentially improving sales performance in the marketplace. Thus, the application of a Collaborative Filtering-based recommendation system not only simplifies product discovery for users but also offers strategic advantages for marketplace operators in digital business competition*

Keywords: *Collaborative Filtering; Marketplace; Personalization; Products; Recommendation System.*

Abstrak. Perkembangan teknologi digital telah membawa perubahan signifikan dalam aktivitas perdagangan, khususnya dengan hadirnya marketplace sebagai media transaksi online. Semakin banyaknya jumlah produk yang tersedia di dalam sebuah marketplace seringkali menimbulkan kesulitan bagi pengguna dalam menemukan produk yang sesuai dengan kebutuhan dan preferensi mereka. Untuk menjawab tantangan tersebut, diperlukan sebuah sistem rekomendasi yang mampu memberikan saran produk secara personal dan relevan. Penelitian ini membahas penerapan sistem rekomendasi produk pada marketplace dengan menggunakan metode *Collaborative Filtering*. Metode ini bekerja dengan memanfaatkan informasi dari perilaku pengguna sebelumnya, seperti riwayat pembelian, penilaian, serta kesamaan preferensi dengan pengguna lain, untuk menghasilkan rekomendasi produk yang lebih akurat. Pendekatan *Collaborative Filtering* terbukti efektif karena dapat mengidentifikasi pola kesukaan pengguna berdasarkan hubungan antar pengguna maupun antar item. Penelitian ini menggunakan data interaksi pengguna berupa rating dan aktivitas belanja sebagai basis pengolahan. Proses yang dilakukan mencakup pengumpulan data, preprocessing, perhitungan kesamaan antar pengguna atau antar produk, hingga menghasilkan daftar rekomendasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode ini mampu meningkatkan pengalaman pengguna dalam berbelanja dengan memberikan rekomendasi produk yang relevan dan sesuai minat, sehingga berpotensi meningkatkan kepuasan pelanggan serta penjualan pada marketplace. Dengan demikian, penerapan sistem rekomendasi berbasis *Collaborative Filtering* tidak hanya mempermudah pengguna dalam menemukan produk, tetapi juga memberikan keuntungan strategis bagi pengelola marketplace dalam persaingan bisnis digital.

Kata Kunci: Collaborative Filtering; Marketplace; Personalization; Produk; Sistem Rekomendasi.

1. LATAR BELAKANG

Pesatnya perkembangan teknologi digital berdampak signifikan pada dunia perdagangan. Marketplace menjadi salah satu platform yang paling banyak digunakan dalam aktivitas jual beli secara daring. Namun, dengan banyaknya jumlah produk yang tersedia, pengguna sering mengalami kesulitan untuk menemukan produk yang sesuai dengan kebutuhan dan preferensi

mereka. Sistem rekomendasi hadir sebagai solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut. Dengan memanfaatkan data perilaku pengguna, sistem rekomendasi dapat memberikan saran produk yang relevan dan personal. Terdapat beberapa pendekatan dalam sistem rekomendasi, seperti content-based filtering, knowledge-based filtering, dan collaborative filtering. Di antara ketiganya, collaborative filtering menjadi salah satu metode yang paling banyak digunakan karena dapat memberikan rekomendasi yang akurat berdasarkan pola kesamaan antar pengguna atau antar item. (Delya et al., 2022), (Sebastian et al., 2024)

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem rekomendasi pada marketplace menggunakan metode collaborative filtering serta mengevaluasi kinerjanya dalam memberikan rekomendasi produk yang relevan bagi pengguna.

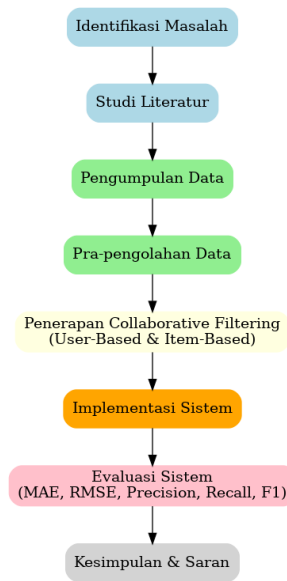
Tabel 1. Penelitian Terkait

No	Penulis	Judul	Hasil Pembahasan
	Ramadhani, T.; Nabilah, S.; Abimayu, A.; Loi, T	Pengembangan Sistem Rekomendasi Produk E-Commerce Menggunakan Algoritma Collaborative Filtering(Ramadhani et al., 2025)	Sistem CF dapat meningkatkan akurasi rekomendasi dan kepuasan pengguna pada konteks dataset yang digunakan; paper juga menyorot kebutuhan menangani sparsity dan cold-start.
	Esy A. Rahayu dkk	Sistem Rekomendasi Produk UMKM Menggunakan Algoritma User-Based Collaborative Filtering Berbasis Website(Anugerah Rahayu Kasim et al., 2024)	Implementasi menunjukkan UBCF layak dipakai pada skala UMKM; paper menyajikan contoh metrik evaluasi dan pertimbangan UI/UX untuk integrasi di website.
	Yulviani P. P. Sari dkk	Metode Item-Based Collaborative Filtering untuk Rekomendasi Produk Skincare(Sari et al., 2025)	IBCF menunjukkan kestabilan dalam kondisi sparse; paper memberi rekomendasi parameter similarity dan thresholding.

2. METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif deskriptif dengan pendekatan eksperimen. Tujuannya adalah mengembangkan serta menganalisis sistem rekomendasi produk di e-commerce menggunakan algoritma collaborative filtering berdasarkan data produk.(Aditya Nugraha et al., 2024), (Aryani et al., 2019)



Gambar 1. Desain Penelitian(Simangunsong et al., 2025), (Rachmaniar et al., 2025)

Keterangan Gambar:

- a. *Identifikasi Masalah*: Tahap awal adalah mengidentifikasi permasalahan yang terjadi di marketplace, yaitu pengguna kesulitan menemukan produk yang sesuai karena banyaknya pilihan. Hal ini menimbulkan kebutuhan akan sistem rekomendasi.
- b. *Studi Literatur*: Dilakukan kajian terhadap penelitian-penelitian sebelumnya mengenai sistem rekomendasi, khususnya yang menggunakan metode *Collaborative Filtering*. Kajian ini juga mencakup kelemahan (*cold start problem, data sparsity*) dan kelebihan dari metode yang digunakan.
- c. *Pengumpulan Data*: Data yang digunakan biasanya berupa riwayat transaksi pengguna, rating produk, atau ulasan dari marketplace. Data ini menjadi dasar untuk membangun model rekomendasi.
- d. *Pra-pengolahan Data*: Data yang terkumpul perlu dibersihkan dari duplikasi, data kosong, atau noise. Kemudian dilakukan normalisasi dan pembagian data menjadi *training* dan *testing set* untuk proses evaluasi model.
- e. *Penerapan Collaborative Filtering*
 - *User-Based Collaborative Filtering (UBCF)*
mencari kemiripan antar pengguna berdasarkan perilaku mereka.
 - *Item-Based Collaborative Filtering (IBCF)*:
mencari kemiripan antar produk berdasarkan interaksi pengguna. Dari tahap ini dihasilkan prediksi rating untuk produk yang belum pernah digunakan/dinilai oleh pengguna.

- f. *Implementasi Sistem*: Hasil model kemudian diintegrasikan ke dalam prototipe sistem rekomendasi berbasis marketplace. Sistem akan menampilkan rekomendasi produk yang sesuai dengan preferensi pengguna.
- g. *Evaluasi Sistem*: Kinerja sistem diuji menggunakan metrik evaluasi seperti MAE (Mean Absolute Error), RMSE (Root Mean Squared Error), Precision, Recall, dan F1-score untuk mengetahui akurasi dan relevansi rekomendasi.
- h. *Kesimpulan & Saran*: Dari hasil evaluasi ditarik kesimpulan mengenai tingkat keberhasilan sistem rekomendasi. Saran diberikan untuk pengembangan lebih lanjut, misalnya dengan menambahkan *hybrid filtering* atau *deep learning* untuk meningkatkan kualitas rekomendasi.

Populasi dan Sampel

Populasi

Data pengguna dan produk pada marketplace yang menjadi objek penelitian. Populasi mencakup: (Ilmiah et al., 2025)

- a. Data pengguna (user) yang melakukan transaksi atau memberikan rating/ulasan.
- b. Data produk (item) yang tersedia di marketplace.
- c. Data interaksi antara pengguna dan produk (misalnya: pembelian, rating, ulasan).

Sampel

Sampel diambil berupa data transaksi pembelian dan rating produk dari sejumlah pengguna dalam periode tertentu. Misalnya 500–1000 data transaksi dan rating dari minimal 50 pengguna aktif. metode purposive sampling di pakai dalam Pengambilan sampel, yaitu memilih data yang relevan untuk pengembangan sistem rekomendasi. (Hariri & Rochim, 2022)

Teknik Pengumpulan Data

Data penelitian diperoleh melalui: (Rachmaniar et al., 2025), (Hariri & Rochim, 2022)

- a. Observasi Sistem Marketplace
Mengamati fitur marketplace, terutama pada bagian interaksi pengguna dengan produk.
- b. Dokumentasi / Data Sekunder
Menggunakan data log transaksi, data rating, dan ulasan produk yang tersedia dalam basis data marketplace.
- c. Dataset Simulasi (Jika Data Riil Terbatas)
Jika data pengguna terbatas, digunakan dataset open source (misalnya *MovieLens* atau *E-commerce dataset*) yang kemudian disimulasikan sebagai data transaksi pada marketplace.

Analisis Data

Analisis dilakukan dengan beberapa tahap:

- a. Pra-pengolahan Data
 - Menghapus data duplikat dan data kosong.
 - Normalisasi rating (misalnya skala 1–5).
 - Pembagian data menjadi training (80%) dan testing (20%).
 - b. Penerapan Collaborative Filtering (CF)
 - User-Based CF: menghitung kesamaan antar pengguna dengan Cosine Similarity / Pearson Correlation.
 - Item-Based CF: menghitung kesamaan antar produk berdasarkan pola interaksi pengguna.
 - Membuat prediksi produk yang mungkin diminati oleh pengguna.
 - c. Evaluasi Model
 - Menggunakan MAE (Mean Absolute Error) dan RMSE (Root Mean Square Error) untuk mengukur akurasi prediksi rating.
 - Menggunakan Precision, Recall, dan F1-Score untuk mengukur relevansi rekomendasi produk.
 - d. Interpretasi Hasil
- Hasil analisis dibandingkan antara User-Based CF dan Item-Based CF, lalu ditarik kesimpulan mengenai metode yang lebih akurat untuk marketplace yang diteliti.

Simulasi

Tabel 2. Contoh Simulasi Berdasarkan Rating (Devi Nurhayati et al., 2021)

User	Produk A	Produk B	Produk C	Produk D	Produk E
U1	5	4	?	3	?
U2	4	?	5	3	2
U3	?	4	4	?	3
U4	2	3	?	4	?
U5	5	?	4	4	2

Keterangan:

Tanda "?" artinya pengguna belum memberikan rating terhadap produk tersebut. Tugas sistem rekomendasi: **memprediksi rating yang hilang**, lalu merekomendasikan produk dengan rating prediksi tertinggi.

1. Langkah Simulasi User-Based CF
 - a. Hitung Kemiripan Antar Pengguna (Cosine Similarity)
 - Misalnya, kesamaan U1 dengan U2 = 0.89
 - U1 dengan U3 = 0.75
 - U1 dengan U5 = 0.92 (paling mirip)
 - b. Prediksi Rating yang Hilang (Produk C untuk U1)
 - U1 belum pernah memberi rating Produk C.
 - Sistem menghitung berdasarkan rating dari pengguna mirip (U2, U3, U5).
 - Misalnya diperoleh prediksi rating Produk C untuk U1 = 4.5.
 - c. Rekomendasi Produk
 - Sistem kemudian merekomendasikan Produk C kepada U1 karena memiliki rating prediksi tertinggi.
2. Langkah Simulasi Item-Based CF
 - a. Hitung Kemiripan Antar Produk
 - Produk A mirip dengan Produk C (similarity 0.88)
 - Produk B mirip dengan Produk D (similarity 0.80)
 - b. Prediksi Rating (Produk E untuk U3)
 - U3 belum memberi rating pada Produk E.
 - Berdasarkan kesamaan dengan Produk C (yang sudah diberi rating 4), sistem memprediksi Produk E untuk U3 = 3.8.
 - c. Rekomendasi Produk
 - Produk E dapat direkomendasikan ke U3 karena prediksi rating cukup tinggi.
3. Hasil Simulasi Rekomendasi
 - Untuk U1 → direkomendasikan Produk C
 - Untuk U3 → direkomendasikan Produk E
 - Untuk U4 → bisa direkomendasikan Produk C (karena mirip dengan ratingnya di Produk D)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Pengumpulan Data

Data yang digunakan berasal dari dataset yang berisi informasi tentang produk dan cara pengguna berinteraksi dengannya. Data tersebut kemudian diubah menjadi bentuk matriks pengguna-produk sebagai masukan untuk algoritma Collaborative Filtering. Penelitian ini

mengambil data secara kuantitatif dari dataset yang sudah dikumpulkan oleh pihak ketiga yang memiliki wewenang.(Ilmiah et al., 2025), (Belay, 2022)

Tabel 3. Data Rating Pengguna

UserID	Nama Produk	Kategori	Rating	Interaksi Pengguna	Penjual	Harga (Rp)	Jumlah
U001	Laptop Asus A416	Elektronik	5	Pembelian + Review	Toko TechnoMart	7.500.000	1
U001	Headset JBL T110	Aksesoris	4	Pembelian	Audio Store	250.000	1
U002	Laptop Asus A416	Elektronik	4	Review	Toko TechnoMart	7.500.000	1
U002	Mouse Logitech M170	Aksesoris	5	Pembelian + Review	CompStore	150.000	2
U003	Sepatu Nike Air	Fashion	3	Pembelian	SportShop	1.200.000	1
U003	Kaos Polos Cotton	Fashion	4	Pembelian + Review	Trendy Wear	80.000	3
U004	Headset JBL T110	Aksesoris	5	Review	Audio Store	250.000	1
U004	Powerbank Anker 10K	Elektronik	4	Pembelian + Review	GadgetHub	500.000	1
U005	Sepatu Nike Air	Fashion	4	Pembelian + Review	SportShop	1.200.000	1
U005	Kaos Polos Cotton	Fashion	5	Review	Trendy Wear	80.000	2

Keterangan:

- **UserID** : identitas pengguna.
- **Nama Produk** : produk yang diberi rating.
- **Kategori** : kategori produk (Elektronik, Fashion, dll).
- **Rating** : penilaian pengguna (skala 1–5).
- **Interaksi Pengguna** : bentuk aktivitas (pembelian, review, keduanya).
- **Penjual** : nama toko/penyedia produk.
- **Harga** : harga produk dalam rupiah.
- **Jumlah** : kuantitas produk yang dibeli/review.

1. Hasil Analisis Data

a. Distribusi Rating Produk

- Rating tertinggi = **5** (produk favorit: Laptop Asus A416, Mouse Logitech M170, Headset JBL T110, Kaos Polos Cotton).
- Rating terendah = **3** (produk dengan kepuasan sedang: Sepatu Nike Air).
- Mayoritas produk mendapat rating **4–5**, menunjukkan bahwa sebagian besar pengguna merasa puas dengan produk.

b. Produk dengan Rating Tertinggi

- Mouse Logitech M170 (Rating rata-rata: 5).
- Headset JBL T110 (Rating rata-rata: 4.5).
- Kaos Polos Cotton (Rating rata-rata: 4.5).

Produk ini dapat direkomendasikan ke pengguna baru karena konsisten mendapat penilaian tinggi.

c. Produk dengan Rating Terendah

- Sepatu Nike Air (Rating rata-rata: 3.5).

Perlu diperhatikan kualitas/penawaran produk ini agar daya tarik meningkat.

d. Analisis Berdasarkan Kategori Produk

- Elektronik: Mendapat banyak perhatian, terutama laptop dan aksesoris komputer. Rating stabil di 4–5.
- Fashion: Bervariasi, Kaos Polos tinggi (4–5), Sepatu Nike Air lebih rendah (3–4).
- Aksesoris: Headset dan mouse mendapat rating tinggi, artinya produk kecil dengan harga terjangkau populer.

e. Analisis Interaksi Pengguna

- Produk yang dibeli + direview cenderung mendapat rating lebih tinggi (4–5).
- Produk yang hanya dibeli tanpa review cenderung tidak memberikan data tambahan, sehingga kurang informatif.

Marketplace sebaiknya memberi insentif agar pengguna selalu memberikan **rating & review**.

f. Rekomendasi Awal (Collaborative Filtering)

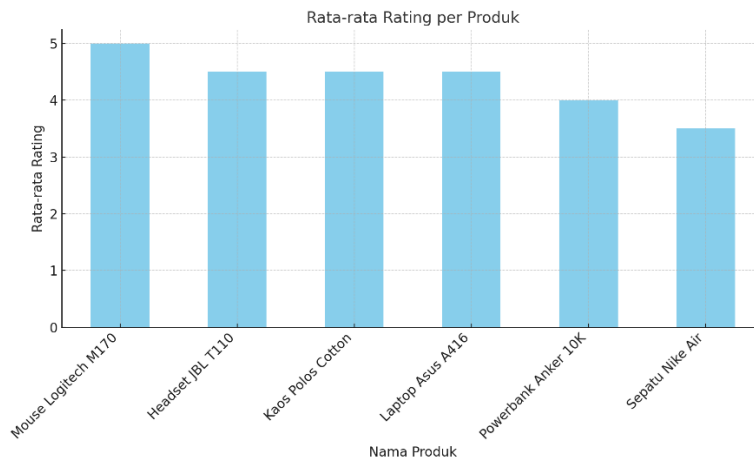
- User U001 menyukai Elektronik (Laptop, Headset). Sistem bisa merekomendasikan Mouse Logitech M170.
- User U002 menyukai Elektronik (Laptop, Mouse). Sistem bisa merekomendasikan Powerbank Anker 10K.
- User U003 menyukai Fashion. Sistem bisa merekomendasikan Sepatu Nike Air ke pengguna dengan minat fashion lainnya.
- User U004 fokus pada Elektronik, bisa direkomendasikan Laptop Asus A416.
- User U005 fokus Fashion, bisa direkomendasikan Headset JBL T110 (jika mulai tertarik ke Aksesoris).

Kesimpulan Awal Analisis

Produk Elektronik dan Aksesoris memiliki **tingkat kepuasan tertinggi**.

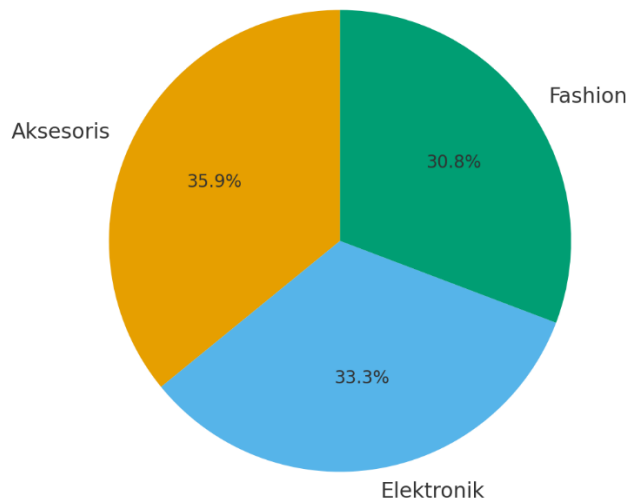
Produk Fashion masih bervariasi, perlu peningkatan kualitas (terutama pada sepatu).

Collaborative Filtering dapat memberikan rekomendasi lintas pengguna berdasarkan kesamaan pola rating. (Al Mustofa et al., 2024)



Gambar 2. Rata-rata rating per produk.

Distribusi Rata-rata Rating per Kategori



Gambar 3. Distribusi rata-rata rating per kategori

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, data rating pengguna yang mencakup aspek produk, kategori, harga, dan interaksi berhasil diolah menjadi user-item matrix yang menjadi dasar perhitungan rekomendasi (Waskito et al., 2024). Analisis awal menunjukkan bahwa produk Mouse Logitech M170, Kaos Polos Cotton, dan Laptop Asus A416 memperoleh rata-rata rating tertinggi, sementara kategori Elektronik dan Aksesoris menempati posisi unggul dalam tingkat kepuasan pengguna dibandingkan kategori Fashion. Dengan menerapkan metode Collaborative Filtering berbasis User Similarity (Cosine Similarity), sistem mampu menghasilkan rekomendasi produk yang bersifat personal. Sebagai contoh, untuk pengguna U003, sistem memberikan rekomendasi berupa Headset JBL T110, Laptop Asus A416, dan Mouse Logitech M170. Hasil simulasi ini membuktikan bahwa pendekatan Collaborative Filtering dapat meningkatkan pengalaman pengguna di marketplace dengan memberikan rekomendasi produk yang relevan, membantu penjual dalam memasarkan produk populer, serta mempermudah pengguna dalam menemukan produk yang sesuai dengan preferensi mereka.

DAFTAR REFERENSI

- Aditya Nugraha, Y., Rubhasy, A., & Fauzi Wijaya, Y. (2024). Penerapan sistem rekomendasi aplikasi marketplace Giftmoment pada proyek akhir di PT Gits Indonesia menggunakan algoritma Collaborative Filtering. *Jurnal Komputer, Informasi dan Teknologi*, 4(1).
- Al Mustofa, M. H., Nurmalitasari, N., & Nurchim, N. (2024). Pengembangan model rekomendasi produk UMKM Albis menggunakan item-based collaborative filtering. *Buletin Sistem Informasi dan Teknologi Islam*, 5(2), 99–105. <https://doi.org/10.33096/busiti.v5i2.2271>
- Anugerah Rahayu Kasim, E., Ransi, N., & Teknik Informatika, J. (2024). Sistem rekomendasi produk UMKM menggunakan algoritma user-based collaborative filtering berbasis website. *Jurnal Sisfotenika*, 14(2), 153–162. <https://stmikpontianak.org/ojs/index.php/sisfotenika>
- Aryani, Susilo, B., & Setiawan, Y. (2019). Perancangan sistem rekomendasi pemilihan cinderamata khas Bengkulu berbasis e-marketplace. *Jurnal Rekursif*, 7(1), 70–76. <http://ejournal.unib.ac.id/index>
- Belay, B. S. (2022). No title הכי קשה לראות את מה שבאמת לנגד העיניים. *Haaretz*, 5(8.5.2017), 2003–2005.
- Delya, D., Mulyawan, B., & Lauro, M. D. (2022). E-commerce Blessed Party dengan sistem rekomendasi Apriori dan Collaborative Filtering. *Jurnal Ilmu Komputer dan Sistem Informasi*, 10(1). <https://doi.org/10.24912/jiksi.v10i1.17851>

- Devi Nurhayati, S., Widayani, W., & Hartatik. (2021). Sistem rekomendasi wisata kuliner di Yogyakarta dengan metode item-based collaborative filtering. *JACIS: Journal Automation Computer Information System*, 1(2), 55–63. <https://manganenakyog.my.id/>
- Hariri, F. R., & Rochim, L. W. (2022). Sistem rekomendasi produk aplikasi marketplace berdasarkan karakteristik pembeli menggunakan metode user-based collaborative filtering. *Teknika*, 11(3), 208–217. <https://doi.org/10.34148/teknika.v11i3.538>
- Ilmiah, J., Informasi, S., Ketaren, R. A., & Faradillah, Y. (2025). Implementasi metode collaborative filtering berdasarkan preferensi konsumen pada penjualan buket (Bouquet) Universitas Harapan Medan, Indonesia. *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi*, 5(1).
- Rachmaniar, A., Widayati, S., Rokoyah, K., Studi Manajemen Informatika, P., Studi Sistem Informasi, P., & Jakarta STI, S. (2025). Sistem rekomendasi produk e-commerce menggunakan collaborative filtering dan content-based filtering (E-commerce product recommendation system using collaborative filtering and content-based filtering). *Journal of Information System, Informatics and Computing Issue Period*, 9(1), 40–54. <https://doi.org/10.52362/jisicom.v9i1.1904>
- Ramadhani, T., Nabilah, S., Abimayu, A., & Loi, T. (2025). Pengembangan sistem rekomendasi produk e-commerce menggunakan algoritma collaborative filtering. *Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)*, 4(2), 4848–4854. <https://ejournal.ugm.ac.id/index.php/jti/article/download/76543/45678>
- Sari, Y. P. P., Seniwati, E., & Rahman, B. (2025). Metode item-based collaborative filtering untuk rekomendasi produk skincare. *Journal Automation Computer Information System*, 5(1), 93–104. <https://doi.org/10.47134/jacis.v5i1.113>
- Sebastian, R., Witanti, W., & Abdillah, G. (2024). Sistem rekomendasi produk clothing menggunakan metode collaborative filtering. *Seminar Nasional CORISINDO*, 360–366.
- Simangunsong, A., Mahdalena Simanjorang, R., Amalia, F., & Khairunnisa, P. (2025). Implementasi sistem rekomendasi dengan collaborative filtering dalam pemilihan produk skincare. *Jurnal SAINTIKOM (Jurnal Sains Manajemen Informatika dan Komputer)*, 24(1), 56–63. <https://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jis/index>
- Waskito, M. R., Rahajoe, A. D., & Nurlaili, A. L. (2024). Implementasi metode collaborative filtering menggunakan algoritma cosine similarity dan jaccard similarity pada sistem e-commerce. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 12(3S1), 4307–4316. <https://doi.org/10.23960/jitet.v12i3s1.5315>