



Prediksi Rekomendasi Buku Berdasarkan Riwayat Peminjaman Menggunakan Collaborative Filtering Pada Perpustakaan Unjaya

Mita Aprilia Damayanti^{a,1,*}, Dini Siskasari^{b,2}, Syarief Hidayatullah^{b,3}, Rois Ali Fernandi^{b,4}, Irmma Dwijayanti^{b,5}

^{a,b} Prodi Sistem Informasi, Fakultas Teknik dan Teknologi Informasi, Universitas Jenderal Achmad Yani Yogyakarta

¹ mitaapriadamay@gmail.com*; ² dinisiskasari00@gmail.com; ³ syariefhya@gmail.com; ⁴ roisa7431@gmail.com; ⁵ irmmadwijayanti@gmail.com

* corresponding author

ABSTRACT

ARTICLE INFO

Perpustakaan Universitas Jenderal Achmad Yani Yogyakarta (Unjaya) berperan penting dalam mendukung ekosistem pendidikan tinggi melalui penyediaan layanan informasi. Untuk meningkatkan relevansi dan kenyamanan layanan, penelitian ini bertujuan memprediksi rekomendasi buku berdasarkan riwayat peminjaman menggunakan metode *Item-based Collaborative Filtering*. Metode yang digunakan melibatkan pemrosesan data peminjaman dan koleksi buku untuk membentuk matriks kesamaan antar item menggunakan *adjusted cosine similarity*. Rekomendasi diberikan berdasarkan kemiripan buku dengan yang pernah dipinjam oleh pengguna. Model dievaluasi menggunakan *Mean Absolute Error* (MAE), dengan hasil menunjukkan nilai MAE sebesar 0.0024 dan 0.0047. Nilai MAE yang mendekati 0 ini menunjukkan bahwa model memiliki tingkat kesalahan prediksi yang sangat rendah, sehingga performa sistem dapat dikategorikan baik. Hasil penelitian membuktikan bahwa sistem mampu menghasilkan rekomendasi yang relevan, mempercepat pencarian informasi, dan mendukung peningkatan kualitas layanan perpustakaan di lingkungan perguruan tinggi. Penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi terhadap pengembangan layanan informasi berbasis teknologi di perpustakaan pendidikan tinggi.

Article history

Received: 07 Januari 2025

Revised: 20 Mei 2025

Accepted: 22 Mei 2025

Keywords

Sistem Rekomendasi

Collaborative Filtering

Perpustakaan Digital

Item-based Collaborative Filtering

Mean Absolute Error (MAE)

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



1. Pendahuluan

Perpustakaan perguruan tinggi (PT) memiliki peran strategis dalam mendukung kegiatan akademik, penelitian, dan pengembangan ilmu pengetahuan melalui penyediaan layanan informasi yang relevan dan mudah diakses [1]. Peran perpustakaan perguruan tinggi yang dahulu dikenal sebagai pusat kegiatan akademik kini telah mengalami transformasi signifikan, baik dalam layanan maupun koleksi, akibat kemajuan teknologi informasi [2]. Dalam era digital, perpustakaan di PT dituntut untuk beradaptasi dengan perkembangan teknologi, sehingga tidak hanya menjadi tempat penyimpanan informasi tetapi juga pusat pengelolaan dan distribusi informasi secara efektif kepada pengguna [1] [3].

Kemajuan teknologi turut memengaruhi secara tidak langsung dengan menjadikan kebutuhan masyarakat sebagai pengguna perpustakaan semakin beragam dan kompleks [4]. Perkembangan ini telah berhasil mengubah cara masyarakat dalam mengakses, memproses, dan berbagi informasi secara signifikan, serta mengubah perilaku pengguna dalam mengakses sumber belajar [5]. Pengguna kini cenderung mencari informasi dari platform digital populer atau mesin pencari umum, yang menyebabkan menurunnya angka peminjaman koleksi perpustakaan, baik fisik maupun digital. Hal ini menjadi tantangan nyata bagi perpustakaan, termasuk Perpustakaan Universitas Jenderal Achmad Yani Yogyakarta (Unjaya), untuk tetap relevan dan kompetitif di era digital.

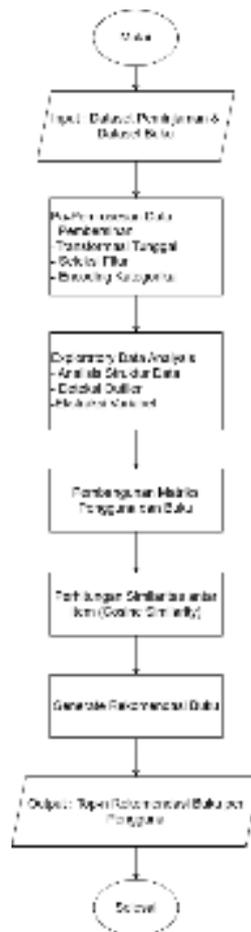
Digitalisasi layanan seperti penyediaan e-book dan e-jurnal telah dilakukan di Unjaya, namun tingkat pemanfaatannya masih rendah. Data internal menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa lebih memilih mencari referensi dari luar sistem perpustakaan. Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan antara layanan yang disediakan dengan kebutuhan dan preferensi pengguna. Untuk mengatasi masalah tersebut, dibutuhkan solusi inovatif berbasis teknologi, salah satunya adalah sistem rekomendasi buku. Sistem ini dapat membantu pengguna menemukan koleksi yang relevan secara personal, sehingga meningkatkan keterlibatan pengguna dan efisiensi pencarian informasi.

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah penerapan sistem rekomendasi berbasis data. Sistem ini mampu menganalisis data peminjaman untuk memberikan saran buku yang relevan sesuai dengan preferensi pengguna, sehingga dapat meningkatkan pengalaman pengguna dan mendukung efisiensi pencarian informasi. Studi sebelumnya telah menunjukkan bahwa metode *collaborative filtering* efektif dalam menghasilkan rekomendasi yang akurat berdasarkan analisis hubungan antar item atau antar pengguna [6] [7]. Meski metode ini telah banyak diterapkan dalam platform komersial seperti *e-commerce* dan layanan *streaming*, penerapannya dalam konteks perpustakaan PT di Indonesia masih terbatas dan belum banyak diteliti. Hal ini menunjukkan adanya gap yang perlu dijawab.

Penelitian oleh Syaifudin Rosyad et al. (2023) menunjukkan bahwa metode *Item-based collaborative filtering* yang mampu menghasilkan rekomendasi buku yang cukup akurat dengan nilai MAE sebesar 1,291 di Perpustakaan Daerah Jepara [6]. Penelitian lain oleh Ritdrix dan Wirawan (2023) juga menunjukkan efektivitas metode ini dalam konteks koleksi statis perpustakaan, dengan MAE sebesar 0,962 [7]. Namun, studi yang secara spesifik mengimplementasikan metode ini dalam lingkungan PT seperti Unjaya masih sangat terbatas, sehingga dibutuhkan kajian lebih lanjut untuk membuktikan efektivitasnya dalam konteks tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi penerapan metode *Item-based collaborative filtering* dalam sistem rekomendasi buku di Perpustakaan Unjaya, dengan harapan dapat meningkatkan relevansi layanan, mempercepat akses informasi, dan memperkuat peran perpustakaan dalam mendukung kegiatan akademik di lingkungan PT.

2. Metode Penelitian

Untuk mempermudah pemahaman mengenai mekanisme kerja sistem, gambar berikut menyajikan diagram alur proses rekomendasi buku. **Gambar 1** berikut ini mengilustrasikan bagaimana data pengguna diproses dan dianalisis untuk menghasilkan rekomendasi buku yang sesuai dengan minat dan preferensi pengguna.



Gambar 1. Diagram Alur Sistem Rekomendasi Buku Perpustakaan

2.1. Identifikasi Masalah

Permasalahan penelitian merujuk pada isu yang memungkinkan dilakukan penyelidikan secara empiris. Signifikansi masalah memberikan dasar atau alasan mengapa suatu topik itu penting untuk diteliti, serta menjelaskan kepada pembaca mengapa peneliti memilih untuk meneliti masalah tersebut. Mengingat bahwa penelitian memerlukan pengetahuan, keterampilan, perencanaan waktu, dan biaya, maka masalah yang diangkat dalam penelitian harus memiliki relevansi dan urgensi yang jelas [8]. Permasalahan dalam penelitian ini berkaitan dengan hambatan yang dihadapi pemustaka dan pustakawan dalam proses pencarian dan peminjaman buku di Perpustakaan Unjaya. Identifikasi dilakukan melalui wawancara dan kuesioner untuk memahami kesulitan dalam menemukan buku yang sesuai serta keterbatasan sistem rekomendasi manual.

Wawancara dengan pustakawan mengungkap keterbatasan dalam memberikan rekomendasi, sedangkan pemustaka mengeluhkan minimnya sistem yang dapat membantu pencarian berdasarkan minat. Kuesioner memberikan data kuantitatif mengenai rendahnya frekuensi kunjungan dan kebutuhan akan sistem rekomendasi otomatis. Sistem rekomendasi merupakan suatu sistem yang dirancang untuk menyarankan item tertentu guna membantu pengguna dalam membuat Keputusan [9]. Selanjutnya sistem rekomendasi juga merupakan sebuah alat dan teknik dalam perangkat lunak yang berfungsi untuk memberikan saran atau rekomendasi kepada pengguna mengenai item yang diperkirakan bermanfaat dan relevan dalam membantu mereka membuat keputusan [10]. Penelitian ini penting karena menawarkan solusi berupa pengembangan sistem rekomendasi berbasis *collaborative filtering* yang dapat meningkatkan efisiensi dan personalisasi pencarian buku, serta mendorong pemanfaatan layanan perpustakaan secara optimal.

2.2. Pengumpulan Data

Mengumpulkan dan mengidentifikasi informasi di lokasi yang menjadi fokus penelitian untuk menyelesaikan suatu masalah disebut dengan proses pengumpulan data [6]. Data utama diperoleh dari sistem manajemen perpustakaan Unjaya, terdiri atas:

1. Dataset Peminjaman Buku, yang memuat: ID Anggota, Nama Anggota, Kode Eksemplar, Judul, Tanggal Pinjam, Tanggal Harus Kembali, dan Status Peminjaman.
2. Dataset Daftar Buku, yang mencakup metadata seperti Judul, Salin, Tempat Terbit, Penerbit, Tahun, ISBN/ISSN, No. Panggil, dan Subyek.

Data ini digunakan untuk membentuk interaksi pengguna dan buku yang menjadi dasar perhitungan kemiripan antar item. Data digabungkan berdasarkan kolom judul untuk membentuk matriks interaksi pengguna-buku. Pendekatan ini dipilih karena tidak tersedia nilai eksplisit preferensi pengguna (seperti rating dari 1–5). Sistem ini menggunakan rating biner, yaitu:

1. 1 jika seorang pengguna pernah meminjam buku tersebut,
2. 0 jika belum.

2.3. Exploratory Data Analysis (EDA)

EDA merupakan proses awal dalam analisis data yang bertujuan untuk memahami karakteristik data secara mendalam melalui visualisasi, statistik deskriptif, dan pencarian pola atau anomali dalam data [11]. Pada tahap ini, setiap komponen data dianalisis untuk mendapatkan wawasan yang lebih jelas mengenai distribusi, hubungan antar variabel, serta potensi masalah yang mungkin ada dalam *dataset*. Tahapan EDA dilakukan untuk memahami distribusi data, mendeteksi outlier, serta mengevaluasi kepadatan interaksi antar pengguna dan buku [12]. Visualisasi seperti histogram, matriks sparsity, dan analisis frekuensi peminjaman per buku dan per pengguna digunakan untuk mengevaluasi kelayakan model *collaborative filtering*.

2.4. Pra-Pemrosesan Data

Pra-Pemrosesan Data atau *Preprocessing* data adalah tahap krusial dalam analisis *data mining* yang bertujuan untuk membersihkan data, mengubah formatnya, serta mempersiapkannya agar lebih sederhana dan akurat untuk dianalisis. Berikut merupakan tahapan *preprocessing* data [13]:

1. Pembersihan Data: Langkah ini mencakup identifikasi dan penanganan data yang hilang (null), *outlier*, atau data yang tidak valid. Data yang hilang dapat dihapus atau diisi dengan nilai yang sesuai, sedangkan *outlier* dapat ditangani menggunakan metode statistik seperti *trimming* atau *winsorizing*. Selain itu, duplikasi data juga akan dihapus pada tahap ini.
2. Transformasi Data: Beberapa atribut dalam *dataset* mungkin memerlukan penyesuaian skala atau perubahan distribusi agar sesuai dengan kebutuhan analisis atau pemodelan. Normalisasi dan standarisasi adalah metode umum yang digunakan untuk menyesuaikan skala atribut, sementara transformasi logaritmik dapat digunakan untuk mengatasi distribusi data yang bersifat eksponensial.
3. Seleksi Fitur: Proses ini bertujuan untuk menentukan atribut yang paling relevan dan informatif sesuai dengan tujuan analisis. Dengan memilih fitur yang tepat, efisiensi dan kualitas model dapat ditingkatkan. Fitur yang tidak relevan atau memiliki korelasi tinggi dengan fitur lain dapat dihapus dari *dataset*.
4. *Encoding* Variabel Kategorikal: Apabila *dataset* mengandung variabel kategorikal, diperlukan *encoding* untuk mengonversinya menjadi bentuk numerik agar dapat diproses oleh algoritma *machine learning*. Teknik yang sering digunakan mencakup *one-hot encoding* dan label *encoding*.

5. Pengurangan Dimensi: Tahapan ini bertujuan untuk menyederhanakan kompleksitas *dataset* dengan mengurangi jumlah fitur atau atribut yang dianalisis. Metode yang umum digunakan meliputi *Principal component analysis* (PCA) untuk data numerik dan *Linear Discriminant Analysis* (LDA) untuk pemodelan klasifikasi.

2.5. Modeling

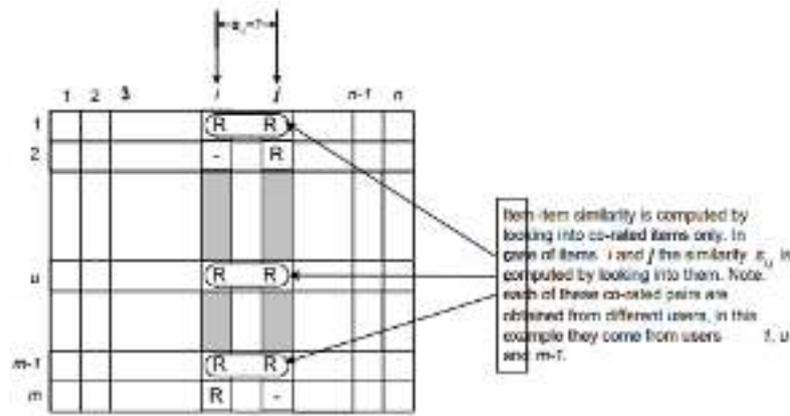
Setelah tahap *preprocessing* data selesai, data siap digunakan dalam proses analisis *data mining*. Kemudian data tersebut dapat diterapkan pada berbagai teknik *data mining* seperti *clustering*, klasifikasi, atau prediksi untuk memperoleh wawasan baru yang mendukung pengambilan keputusan di bidang Pendidikan [13].

Metode utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Collaborative Filtering*. *Collaborative filtering* dalam sistem rekomendasi merupakan salah satu metode yang memanfaatkan informasi dari pengguna yang berupa nilai peringkat produk atau pilihan sesuai dengan keinginan atau preferensi pengguna [11]. Pendekatan ini dipilih karena kemampuannya untuk memanfaatkan data historis interaksi pengguna tanpa memerlukan informasi eksplisit mengenai karakteristik buku. Metode ini bekerja dengan menganalisis pola peminjaman untuk memberikan rekomendasi yang relevan berdasarkan hubungan antar pengguna atau antar buku. *Collaborative filtering* terbagi menjadi dua pendekatan dalam memperoleh informasi dari data peringkat. Kedua pendekatan tersebut adalah berdasarkan pengguna (*user-based collaborative filtering*) dan berdasarkan produk (*Item-based collaborative filtering*) [11]. Metode alternatif seperti *content-based filtering* tidak digunakan karena metadata buku yang tersedia sangat terbatas dan tidak mencerminkan kesamaan semantik antar buku.

Item-based collaborative filtering adalah salah satu pendekatan dalam sistem rekomendasi yang berfokus pada kemiripan antar item untuk menghasilkan prediksi rekomendasi. Berbeda dengan *user-based collaborative filtering* yang menggunakan kemiripan antar pengguna sebagai dasar rekomendasi, metode ini memanfaatkan pola kesamaan antar item yang telah diberi rating oleh pengguna. Pendekatan *item-based* fokus pada daftar item yang telah diberi rating oleh pengguna target dan menghitung sejauh mana kemiripan item sasaran dengan item lain. Kemudian, item yang paling mirip, yaitu $\{i_1, i_2, \dots, i_k\}$, dipilih. Nilai kemiripan $\{s_{i_1}, s_{i_2}, \dots, s_{i_k}\}$ masing-masing item tersebut juga dihitung. Setelah itu, prediksi rekomendasi dibuat dengan menghitung rata-rata berbobot dari rating yang diberikan oleh pengguna target pada item-item yang paling mirip tersebut. Dua aspek utama dalam *Item-based collaborative filtering* adalah perhitungan kemiripan antar item dan perhitungan prediksi rekomendasi [14]. Berikut adalah langkah utama dalam *Item-based collaborative filtering* :

1. *Adjusted Cosine Similarity*

Salah satu langkah utama dalam metode *Item-based collaborative filtering* adalah menentukan nilai kemiripan antar item dan mengidentifikasi item yang paling mirip. Konsep dasarnya adalah memisahkan pengguna-pengguna yang telah memberikan rating untuk kedua item, yaitu item i dan item j . Setelah itu, perhitungan kemiripan dilakukan untuk menentukan nilai kemiripan ($S_{i,j}$) antara kedua item tersebut [7]. Berikut **Gambar 2.** adalah prinsip dasar metode *Item-based collaborative filtering*.



Gambar 2. Prinsip Dasar Metode Item-based Collaborative Filtering

Gambar 2. menggambarkan bahwa perhitungan nilai kemiripan antar item hanya melibatkan pengguna 1, pengguna u, dan pengguna m-1, karena ketiga pengguna tersebut telah memberikan rating untuk kedua item yang akan dibandingkan, yaitu item i dan item j. Nilai kemiripan antar item diukur pada skala 0 hingga 1, di mana nilai yang mendekati 1 menunjukkan tingkat kemiripan yang tinggi. Metode yang digunakan untuk menghitung nilai kemiripan ini adalah *adjusted cosine similarity*, dengan rumus sebagai berikut.

$$sim(i, j) = \frac{\sum_{u \in U} (R_{u,i} - \bar{R}_u)(R_{u,j} - \bar{R}_u)}{\sqrt{\sum_{u \in U} (R_{u,i} - \bar{R}_u)^2} \sqrt{\sum_{u \in U} (R_{u,j} - \bar{R}_u)^2}} \tag{1}$$

- $sim(i, j)$ = Nilai kemiripan antara item i dan j
- $u \in U$ = Himpunan pengguna yang merating baik item i dan item j
- $R_{u,i}$ = Rating pengguna u pada item i
- $R_{u,j}$ = Rating pengguna u pada item j
- \bar{R}_u = Nilai rating rata – rata pengguna u

2. *Adjusted Weighted Sum*

Tahap paling krusial dalam metode *Item-based collaborative filtering* adalah menghasilkan output berupa prediksi. Setelah pasangan item yang memiliki nilai kemiripan tinggi diidentifikasi, langkah berikutnya adalah menganalisis rating dari pengguna target dan menerapkan teknik tertentu untuk menghasilkan prediksi berdasarkan rating item yang mirip. Metode yang digunakan untuk menghitung prediksi adalah *adjusted weighted sum*, dengan persamaan sebagai berikut [7].

$$P_{u,j} = \bar{R}_j + \frac{\sum_{i=1}^n (R_{u,i} - \bar{R}_i) \times sim(i, j)}{\sum_{i=1}^n |sim(i, j)|} \tag{2}$$

- $P_{u,j}$ = Prediksi nilai item j untuk pengguna u
- \bar{R}_j = Nilai rating rata – rata item j
- $R_{u,i}$ = Rating pengguna u pada item i
- \bar{R}_i = Nilai rating rata – rata item i
- $sim(i, j)$ = Nilai kemiripan antara item i dan item j

2.6. Perhitungan Akurasi Rekomendasi

Perhitungan akurasi ini bertujuan untuk mengukur tingkat kesalahan sistem rekomendasi. Proses ini melibatkan perbandingan antara nilai prediksi dan nilai aktual yang diberikan oleh pengguna untuk setiap pasangan pengguna dan item. Pendekatan yang digunakan untuk menghitung akurasi rekomendasi adalah *Mean Absolute Error (MAE)*, yang dirumuskan sebagai berikut [7].

$$MAE = \frac{\sum_{u=1}^N |P_{u,i} - R_{u,i}|}{N} \quad (3)$$

MAE = Nilai Mean Absolute Error

$P_{u,i}$ = Nilai prediksi pengguna u terhadap item i

$R_{u,i}$ = Nilai aktual yang diberikan pengguna u terhadap item i

N = Jumlah pasangan dari nilai prediksi dan nilai aktual

Berdasarkan rumus di atas, MAE menghitung rata-rata kesalahan dengan memberikan bobot yang seragam pada setiap data, yang secara intuitif memudahkan pemahaman. Untuk evaluasi model prediksi, MAE lebih mudah dipahami karena memberikan rata-rata kesalahan untuk seluruh data secara keseluruhan. Dalam konteks ini, pemilihan MAE menjadi tepat karena memberikan bobot yang sama pada seluruh data. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa nilai kesalahan hanya memiliki dua kemungkinan yaitu nilai 1 jika prediksi kelas berbeda dengan kelas sebenarnya, dan nilai 0 jika prediksi sesuai dengan kelas yang sebenarnya [15]. Hasil MAE yang mendekati angka 0 menunjukkan bahwa prediksi yang dihasilkan oleh metode perhitungan tersebut memiliki tingkat keakuratan yang lebih tinggi, karena nilai kesalahannya sangat kecil [16].

2.6. Tools dan Perangkat Lunak

Pengembangan dan pemodelan sistem dilakukan menggunakan *Python* dalam lingkungan *Google Colab*. File dataset diakses langsung dari *Google Drive* menggunakan integrasi *google.colab.drive*. Adapun *library* yang digunakan antara lain:

1. *pandas* dan *numpy* untuk manipulasi data,
2. *scikit-learn* untuk perhitungan *cosine similarity* dan evaluasi MAE,
3. *matplotlib* dan *seaborn* untuk visualisasi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Identifikasi Masalah

Berdasarkan data real peminjaman buku di Perpustakaan UNJAYA selama Januari hingga November 2024, terlihat adanya fluktuasi signifikan dalam jumlah peminjaman setiap bulannya. Puncak tertinggi terjadi pada bulan Maret dan September, masing-masing dengan jumlah peminjaman mendekati atau melebihi 200 buku. Sebaliknya, terjadi penurunan drastis pada bulan Juli, Agustus, dan November. Tren ini mengindikasikan bahwa aktivitas peminjaman buku dipengaruhi oleh periode akademik dan kebutuhan mahasiswa yang tidak merata sepanjang tahun. Berikut **Gambar 3. Tren Peminjaman Buku Bulanan** visualisasi dari tren peminjaman buku bulanan.



Gambar 3. Tren Peminjaman Buku Bulanan

Masalah kebutuhan sistem rekomendasi diidentifikasi melalui kuesioner dan wawancara dengan pengguna layanan Perpustakaan Unjaya. Mayoritas responden (95%) adalah mahasiswa, dan sebagian besar jarang mengakses perpustakaan. Layanan ruang belajar lebih sering digunakan dibandingkan peminjaman buku. Sebanyak 80% responden menilai sistem mudah digunakan, namun masih menghadapi kendala seperti kesulitan menemukan buku sesuai preferensi, keterbatasan fitur sistem informasi, dan layanan yang kurang menarik.

Saran utama dari responden adalah pengembangan sistem rekomendasi buku, peningkatan sistem informasi, serta penyediaan aplikasi perpustakaan. Wawancara dengan pustakawan dan pemustaka menguatkan hasil kuesioner, menunjukkan bahwa sistem saat ini belum terintegrasi optimal dan kurang mendukung pencarian buku. Oleh karena itu, pengembangan sistem rekomendasi berbasis *collaborative filtering* dinilai sangat penting, disertai peningkatan layanan TI dan pengembangan aplikasi untuk menunjang kemudahan akses dan kepuasan pengguna.

3.2. Pengumpulan Data

Dataset yang dikumpulkan terdiri dari dua bagian utama, yaitu peminjaman dan buku, yang masing-masing merepresentasikan data aktivitas peminjaman dan informasi terkait buku, yaitu :

1. *Dataset* peminjaman buku pada bulan Januari-November 2024 memiliki ukuran 1.381 baris dan 7 kolom, yang mencakup atribut seperti ID Anggota, Nama Anggota, Kode Eksemplar, Judul, Tanggal Pinjam, Tanggal Harus Kembali, dan Status Peminjaman. Semua kolom di *dataset* ini terisi penuh tanpa nilai kosong, dengan tipe data yang terdiri dari objek untuk sebagian besar kolom dan tipe integer untuk kolom Status Peminjaman. Statistik deskriptif menunjukkan bahwa nilai rata-rata dari Status Peminjaman adalah 0,942, dengan nilai minimum 0 dan maksimum 1, yang merepresentasikan status apakah buku sudah dikembalikan atau masih dipinjam.
2. *Dataset* buku berisi 8.465 baris dan 8 kolom, yang mencakup atribut seperti Judul, Salin (jumlah eksemplar), Tempat Terbit, Penerbit, Tahun, ISBN/ISSN, No. Panggil, dan Subyek. Tidak semua kolom pada *dataset* ini terisi penuh; beberapa kolom seperti Tempat Terbit dan ISBN/ISSN memiliki nilai kosong, dengan jumlah data terisi masing-masing sebanyak 7.899 dan 7.398. Kolom Salin memiliki nilai rata-rata 2,42 dan maksimum 120, menunjukkan jumlah eksemplar buku yang tersedia.

Secara keseluruhan, kedua *dataset* ini memberikan gambaran rinci tentang peminjaman dan koleksi buku di perpustakaan, yang dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut.

3.3. Exploratory Data Analysis (EDA)

Analisis eksploratif dilakukan untuk memahami struktur data, mendeteksi anomali, serta mengidentifikasi variabel penting dalam pengembangan sistem rekomendasi.

1. Memaksimalkan Wawasan ke dalam Kumpulan Data

Proses eksplorasi dimulai dengan membaca dan memahami dua *dataset* yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu data peminjaman buku dan data daftar buku. *Dataset* peminjaman berisi 1381 entri dengan 7 kolom yang mencakup ID anggota, nama anggota, kode eksemplar, judul buku, tanggal pinjam, tanggal harus kembali, dan status peminjaman. Sedangkan *dataset* daftar buku terdiri dari 8465 entri dan 8 kolom yang mencakup judul buku, jumlah salinan, tempat terbit, penerbit, tahun terbit, ISBN/ISSN, nomor panggil, dan subyek buku.

2. Mengungkap Struktur Data

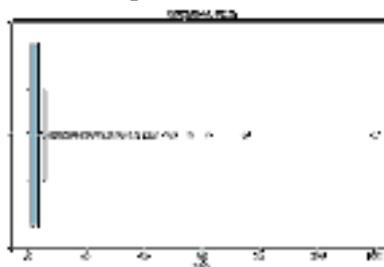
Struktur data menunjukkan bahwa *dataset* peminjaman tidak memiliki nilai yang hilang pada kolom-kolom utama, namun terdapat kolom dengan tipe data objek seperti ID anggota, nama anggota, judul buku, dan tanggal. *Dataset* buku memiliki beberapa nilai yang hilang pada kolom tempat terbit, penerbit, tahun terbit, ISBN/ISSN, dan subyek buku. Pembersihan dan pemrosesan lebih lanjut diperlukan untuk memastikan integritas data, seperti mengisi atau menghapus nilai yang hilang.

3. Ekstrak Variabel yang Penting

Dari kedua *dataset*, variabel yang paling relevan untuk analisis dan pembuatan rekomendasi adalah ID anggota dan judul buku. Kolom-kolom ini digunakan untuk membuat matriks pengguna-item yang merepresentasikan riwayat peminjaman buku oleh setiap anggota. Dalam hal ini, ID anggota berfungsi sebagai pengguna dan judul buku berfungsi sebagai item. Analisis lebih lanjut menggunakan metode *collaborative filtering* didasarkan pada hubungan antar buku melalui matriks kesamaan (*cosine similarity*).

4. Mendeteksi *Outlier* dan Anomaly

Hasil eksplorasi data menunjukkan adanya *outliers* pada kolom salin, yang terlihat melalui visualisasi *boxplot*. Mayoritas nilai salin berada dalam rentang kecil di sekitar 0 hingga 10, dengan *whisker* bagian atas yang cukup pendek, menandakan bahwa data utama terkonsentrasi dalam rentang *IQR* (*Interquartile Range*). Namun, terdapat sejumlah besar *outliers* di sisi kanan distribusi, dengan nilai tertinggi mencapai sekitar 120. Hal ini menyebabkan distribusi data menjadi sangat *skewed* (miring), karena adanya nilai-nilai yang jauh lebih besar dibandingkan mayoritas data. Adanya *outliers* dapat berdampak pada sistem rekomendasi, seperti dominasi buku tertentu dengan nilai salin yang tinggi sehingga buku dengan nilai moderat, yang mungkin lebih relevan, menjadi terabaikan. Selain itu, sistem rekomendasi juga dapat mengalami bias terhadap pola pengguna ekstrem, sehingga rekomendasi menjadi kurang personal bagi mayoritas pengguna. berikut adalah **Gambar 4**. visualisasi *outlier* pada kolom salin pada *dataset* buku.



Gambar 4. Visualisasi *Outlier* Pada Kolom Salin

5. Melakukan Uji Asumsi

Uji asumsi statistik tidak dilakukan secara rumit, karena analisis fokus pada pengolahan data untuk membangun model rekomendasi. Namun, asumsi dasar dalam *collaborative filtering* adalah bahwa jika dua pengguna memiliki kesamaan dalam memilih

buku, mereka cenderung untuk memilih buku yang serupa di masa depan. Oleh karena itu, model mengasumsikan bahwa pola peminjaman yang ada akan tetap konsisten.

6. Mengembangkan Model

Model recommendation system menggunakan metode *collaborative filtering* berbasis *cosine similarity* untuk menghitung kesamaan antar buku. Dengan menggunakan matriks pengguna-item, model ini menghitung kesamaan antara buku-buku yang dipinjam oleh pengguna. Hasilnya digunakan untuk memberikan rekomendasi buku yang belum dipinjam oleh pengguna, berdasarkan kesamaan dengan buku yang telah dipinjam.

7. Menentukan Faktor yang Optimal

Faktor yang optimal dalam model ini adalah penggunaan *cosine similarity* untuk menghitung kesamaan antar item dan pemilihan sejumlah N rekomendasi teratas berdasarkan skor kemiripan. Berdasarkan uji pada pengguna dengan ID tertentu (misalnya, '222302022'), model berhasil memberikan rekomendasi buku yang relevan dengan topik yang sama atau serupa dengan buku-buku yang sudah dipinjam oleh pengguna tersebut.

3.4. Pra-Pemrosesan

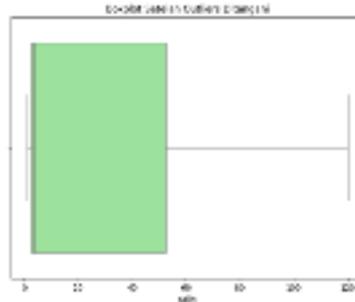
Pada tahapan pra-pemrosesan ini, sejumlah langkah telah dilakukan untuk mempersiapkan *dataset* peminjaman buku di Perpustakaan Unjaya agar dapat digunakan dalam analisis selanjutnya, khususnya untuk membangun sistem rekomendasi buku berbasis *Collaborative Filtering*.

1. Pembersihan Data

Proses pembersihan data dilakukan dengan tujuan untuk mengidentifikasi dan menangani data yang hilang, duplikasi, serta data yang tidak valid. Pada tahap ini, kolom-kolom dalam *dataset* diubah menjadi huruf kecil dan spasi digantikan dengan underscore untuk menjaga konsistensi dan mempermudah pemrosesan. Tidak ditemukan data yang hilang dalam *dataset*, namun beberapa duplikasi entri telah teridentifikasi dan dihapus. Sebagai contoh, ditemukan entri duplikat pada tabel peminjaman buku yang melibatkan anggota yang sama dengan judul buku yang sama, yang dapat menyebabkan redundansi dalam analisis.

Selain itu, terdeteksi adanya *outlier* yang signifikan pada kolom "salin". Tahap penanganan *outliers* dilakukan menggunakan metode *IQR (Interquartile Range)* untuk memastikan distribusi data lebih representatif dan analisis yang dilakukan tidak bias. Metode ini diawali dengan perhitungan kuartil pertama (Q1) dan kuartil ketiga (Q3) serta selisih antara keduanya, yang dikenal sebagai *IQR (Q3 - Q1)*. Selanjutnya, batas bawah dan batas atas ditentukan dengan formula $Q1 - 1.5 \times IQR$ untuk batas bawah, dan $Q3 + 1.5 \times IQR$ untuk batas atas. Data yang berada di luar rentang ini diidentifikasi sebagai *outliers*.

Dalam penanganannya, pendekatan yang diterapkan adalah penghapusan *outliers*, yaitu dengan menyaring data yang berada di dalam rentang batas bawah dan batas atas. Data yang berada di luar rentang tersebut akan dihapus untuk meminimalkan dampak dari nilai ekstrem yang dapat mempengaruhi analisis. Setelah *outliers* dihapus, distribusi data divisualisasikan kembali menggunakan *boxplot*. Hasil visualisasi menunjukkan bahwa distribusi data menjadi lebih seimbang setelah nilai *outliers* dihapus. Penanganan *outliers* ini penting untuk meningkatkan validitas hasil analisis dan memastikan bahwa interpretasi data tidak dipengaruhi oleh nilai ekstrem yang tidak merepresentasikan populasi utama. **Gambar 5.** berikut merupakan visualisasi *outlier* setelah ditangani.



Gambar 5. Visualisasi Setelah *Outliers* Ditangani

2. Transformasi Data

Transformasi data dilakukan dengan mengonversi kolom 'tanggal_pinjam' dan 'tanggal_harus_kembali' yang awalnya berbentuk string menjadi tipe data datetime dengan format %d/%m/%Y. Hal ini bertujuan untuk mempermudah analisis yang melibatkan perhitungan durasi peminjaman atau analisis waktu lainnya. Setelah dilakukan perubahan format tanggal, data menjadi lebih terstruktur dan siap untuk analisis lebih lanjut. Selain itu, data peminjaman dan data buku digabungkan berdasarkan kolom 'judul', yang menghasilkan *dataset* yang lebih terintegrasi dan memudahkan akses informasi terkait peminjaman buku oleh anggota.

3. Seleksi Fitur

Pada tahap seleksi fitur, atribut yang relevan dan informatif untuk tujuan analisis dipilih. Dalam hal ini, dua fitur utama yang dipertahankan adalah 'id_anggota' dan 'judul'. Kedua fitur ini dianggap cukup untuk membangun matriks pengguna-item yang diperlukan dalam penerapan metode *Collaborative Filtering*. Fitur lain yang tidak berkontribusi signifikan terhadap model, seperti kolom tanggal peminjaman atau tanggal kembali, tidak digunakan pada tahap ini untuk menghindari kompleksitas yang tidak perlu. Dengan demikian, hanya fitur yang relevan yang dipertahankan untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas model.

4. Encoding Variabel Kategorikal

Dataset mengandung variabel kategorikal pada kolom 'judul', yang menunjukkan judul buku yang dipinjam oleh anggota. Untuk memungkinkan pemrosesan lebih lanjut menggunakan metode *collaborative filtering*, variabel kategorikal ini dikonversi menjadi format numerik. Proses ini dilakukan dengan membuat matriks pengguna-item menggunakan teknik pivot table, di mana setiap 'id_anggota' dipetakan dengan judul buku yang dipinjam. Hal ini memungkinkan representasi data dalam bentuk yang lebih terstruktur, sehingga model dapat menghitung kesamaan antara pengguna dan item secara lebih efisien.

5. Pengurangan Dimensi

Meskipun pengurangan dimensi tidak dilakukan secara eksplisit pada tahap pra-pemrosesan, pembuatan matriks pengguna-item secara otomatis menyederhanakan kompleksitas *dataset*. Matriks ini menggambarkan hubungan antara pengguna dan buku dalam bentuk yang lebih ringkas, memungkinkan model untuk lebih fokus pada interaksi yang relevan antara pengguna dan item tanpa harus memproses seluruh atribut dalam *dataset*. Dengan demikian, langkah ini turut meningkatkan efisiensi analisis dan pemodelan.

Dengan adanya tahapan pra-pemrosesan tersebut, *dataset* siap digunakan untuk langkah selanjutnya, yakni penerapan metode *collaborative filtering* dalam membangun sistem rekomendasi buku yang lebih akurat dan efisien.

3.5. Modeling

Tahap ini menyajikan hasil pemodelan sistem rekomendasi buku di Perpustakaan Unjaya menggunakan *collaborative filtering*, berdasarkan riwayat peminjaman. Proses ini meliputi dua tahap utama yaitu pemberian rekomendasi berdasarkan peminjaman sebelumnya dan analisis kemiripan antar buku. Tujuannya adalah meningkatkan akurasi dan relevansi rekomendasi buku bagi setiap pengguna.

1. Rekomendasi Buku Berdasarkan Peminjaman Sebelumnya

Proses awal dalam sistem rekomendasi ini adalah menghasilkan daftar buku yang direkomendasikan untuk setiap pengguna berdasarkan histori peminjaman mereka. Untuk itu, dibangun matriks pengguna-buku, yang kemudian dianalisis menggunakan pendekatan *item-item similarity* berbasis *cosine similarity*. Sebagai contoh, pengguna dengan ID '222302022' dan '212301012' dipilih secara acak untuk menguji bagaimana sistem bekerja dalam merekomendasikan buku-buku yang relevan, khususnya dalam bidang hukum yang menjadi fokus riwayat peminjamannya. Berikut pada **Table 1** adalah buku yang pernah dipinjam oleh pengguna ini:

Table 1. Data Sampel

| No | ID Pengguna | Judul Buku |
|----|-------------|--|
| 1 | 222302022 | Delik-delik Tertentu (Speciale Delicten) di dalam KUHP Edisi kedua |
| | | Hukum Agraria Indonesia |
| | | Hukum Hak Tanggungan |
| | | Pelaksanaan Hukum Waris di Indonesia |
| | | Penjatuhan Pidana dan Dua Prinsip Dasar Hukum Pidana |
| | | Perlindungan Korban: Suatu perspektif viktimologi dan kriminologi |
| 2 | 212301012 | Teori dan Praktik Peradilan Tata Usaha Negara |
| | | Akuntansi Keperilakuan |
| | | Akuntansi Sektor Publik |
| | | Sistem Informasi Manajemen: Mengelola Perusahaan Digital |
| | | Akuntansi Keuangan Daerah Berbasis Aktual |

Berikut **Table 2** adalah daftar buku yang direkomendasikan untuk pengguna dengan ID '222302022' dan '212301012' berdasarkan hasil perhitungan kemiripan antar buku:

Table 2. Hasil Rekomendasi Buku

| No | ID Pengguna | Buku yang Direkomendasikan |
|----|-------------|--|
| 1 | 222302022 | Pengantar Hukum Organisasi Internasional |
| | | Menuju Pembaruan Hukum Pidana |
| | | Tindak-Tindak Pidana Tertentu Di Indonesia |
| | | Aspek-Aspek Hukum Perikatan |
| | | Konstitusi dan Konstitusionalisme Indonesia |
| 2 | 212301012 | Sistem Informasi Akuntansi: Accounting Information Systems |
| | | Teori Akuntansi: International Financial Reporting Standard (IFRS) |

| No | ID Pengguna | Buku yang Direkomendasikan |
|----|-------------|--|
| | | Audit Internal Berbasis Risiko |
| | | Manajemen Strategik Suatu Pendekatan Keunggulan Bersaing |
| | | Akuntansi Keuangan Lanjutan |

Proses rekomendasi dilakukan dengan mencocokkan buku yang telah dipinjam oleh pengguna dengan koleksi lain yang memiliki tema atau subjek serupa. Melalui perhitungan *cosine similarity*, sistem menilai kemiripan antar buku berdasarkan pola peminjaman pengguna lain. Sebagai contoh, untuk pengguna dengan ID ‘222302022’, sistem merekomendasikan buku-buku bertema hukum seperti “Pengantar Hukum Organisasi Internasional”, “Menuju Pembaruan Hukum Pidana”, “Tindak-Tindakan Pidana Tertentu di Indonesia”, “Aspek-Aspek Hukum Perikatan”, dan “Konstitusi dan Konstitusionalisme Indonesia”. Rekomendasi ini diberikan karena kesesuaian topik dengan minat pengguna sebelumnya yang fokus pada hukum pidana, agraria, dan tata negara.

Sementara itu, untuk pengguna ‘212301012’, sistem merekomendasikan buku-buku di bidang akuntansi dan manajemen seperti “Sistem Informasi Akuntansi: Accounting Information Systems”, “Teori Akuntansi: International Financial Reporting Standard (IFRS)”, “Audit Internal Berbasis Risiko”, “Manajemen Strategik Suatu Pendekatan Keunggulan Bersaing”, dan “Akuntansi Keuangan Lanjutan”. Buku-buku ini direkomendasikan karena sesuai dengan riwayat peminjaman dan minat pengguna terhadap topik akuntansi, audit, dan strategi manajerial.

2. Analisis Similaritas Antar Buku

Table 3 Menunjukkan hasil nilai similaritas antar buku yang direkomendasikan untuk pengguna dengan user_id ‘222302022’ dan ‘212301012’. Hasil tersebut menunjukkan beberapa pola menarik dalam hubungan antar buku yang direkomendasikan.

Table 3. Hasil Nilai Similaritas Antar Buku

| ID Pengguna | Buku yang Direkomendasikan | Buku yang Mirip | Similaritas |
|-------------|--|--|-------------|
| 222302022 | Pengantar Hukum Organisasi Internasional | Ilmu Hukum | 1.0000 |
| | | Hukum Pemerintahan Daerah di Indonesia | 1.0000 |
| | Menuju Pembaruan Hukum Pidana | Tindak-Tindakan Pidana Tertentu di Indonesia | 1.0000 |
| | | Hukum Agraria Indonesia | 0.7071 |
| | Tindak-Tindakan Pidana Tertentu di Indonesia | Menuju Pembaruan Hukum Pidana | 1.0000 |
| | | Hukum Agraria Indonesia | 0.7071 |
| | Aspek-Aspek Hukum Perikatan | Ilmu Hukum | 1.0000 |
| | | Hukum Pemerintahan Daerah di Indonesia | 1.0000 |
| | Konstitusi dan Konstitusionalisme Indonesia | Ilmu Hukum | 1.0000 |
| | Hukum Pemerintahan Daerah di Indonesia | 1.0000 | |
| 212301012 | Sistem Informasi Akuntansi: Accounting Information Systems | Sistem Informasi Manajemen: Mengelola Perusahaan Digital | 0.4066 |
| | | Akuntansi Keuangan Menengah: Intermediate Accounting Volume 1 Edisi IFRS | 0.3086 |
| | Teori Akuntansi: IFRS | Pasar Modal: Manajemen Portofolio dan Investasi | 0.8165 |

| <i>ID Pengguna</i> | <i>Buku yang Direkomendasikan</i> | <i>Buku yang Mirip</i> | <i>Similaritas</i> |
|--------------------|---|--|--------------------|
| | | Mengelola Keuangan Pribadi | 0.8165 |
| | Audit Internal Berbasis Risiko | Sistem Informasi Manajemen: Mengelola Perusahaan Digital | 0.5715 |
| | | Dasar-dasar Manajemen Keuangan Edisi 14 Buku 1 | 0.5002 |
| | Manajemen Strategik: Suatu Pendekatan Keunggulan Bersaing | Sistem Informasi Manajemen: Mengelola Perusahaan Digital | 0.6425 |
| | | Akuntansi Keuangan Lanjutan | 0.5000 |
| | Akuntansi Keuangan Lanjutan | Akuntansi Lanjutan: Advanced Accounting Ed. 9 Jilid 1 | 0.9487 |
| | | Sistem Informasi Manajemen: Mengelola Perusahaan Digital | 0.6047 |

Rekomendasi buku dihasilkan menggunakan pendekatan *item-based collaborative filtering* dengan perhitungan *cosine similarity* antar buku. Sistem mencocokkan buku-buku yang pernah dipinjam dengan koleksi yang memiliki kemiripan tema berdasarkan pola peminjaman pengguna lain. Contohnya, untuk User ID ‘222302022’, yang banyak membaca buku bertema hukum, sistem merekomendasikan buku seperti Pengantar Hukum Organisasi Internasional dan Menuju Pembaruan Hukum Pidana. Kedua buku ini memiliki nilai similaritas 1.0000 dengan buku seperti Ilmu Hukum, Hukum Pemerintahan Daerah di Indonesia, dan Tindak-Tindakan Pidana Tertentu di Indonesia. Hal ini menunjukkan bahwa buku-buku tersebut sering dipinjam bersama oleh pengguna yang sama, atau memiliki distribusi peminjaman yang sangat mirip.

Demikian pula, untuk User ID ‘212301012’ yang meminati akuntansi dan manajemen, sistem merekomendasikan buku seperti Sistem Informasi Akuntansi, Teori Akuntansi: IFRS, dan Akuntansi Keuangan Lanjutan. Buku Akuntansi Keuangan Lanjutan memiliki *similarity* tinggi (0.9487) dengan Akuntansi Lanjutan: Advanced Accounting, sedangkan buku Teori Akuntansi memiliki skor *similarity* 0.8165 terhadap dua buku bertema investasi dan keuangan pribadi.

Nilai *similarity* yang tinggi (≥ 0.7) menunjukkan kecocokan topik dan pola peminjaman, sementara skor 1.0000 menunjukkan kemiripan sempurna secara matematis. Namun, nilai maksimum ini juga bisa menjadi indikasi potensi *overfitting*, terutama jika data peminjaman terbatas. Oleh karena itu, penting untuk mengevaluasi ulang sistem melalui teknik validasi silang dan *threshold* untuk memastikan bahwa rekomendasi tetap relevan dan tidak bias akibat data yang terlalu sempit.

2.7. 3.6. Perhitungan Akurasi Rekomendasi

Pada tahap evaluasi sistem rekomendasi, digunakan metode MAE untuk menilai tingkat akurasi prediksi yang dihasilkan oleh model. MAE mengukur rata-rata dari selisih absolut antara rating yang diprediksi dengan rating aktual berdasarkan data peminjaman buku yang terdapat dalam matriks pengguna buku. Evaluasi ini dilakukan menggunakan fungsi *calculate_mae*, yang terdiri dari dua proses utama yaitu pertama, memprediksi nilai rating untuk buku yang belum dipinjam oleh pengguna dengan memanfaatkan kemiripan antar item dan kedua, menghitung selisih absolut antara rating yang diprediksi dan rating sebenarnya dari buku yang telah dipinjam. **Table 4** berikut ini merangkum hasil perhitungan MAE.

Table 4. Hasil Evaluasi Model

| <i>ID Pengguna</i> | <i>Nilai MAE</i> |
|--------------------|-----------------------|
| 222302022 | 0.0024237967314424823 |
| 212301012 | 0.0046838782091529075 |

Hasil MAE yang diperoleh pada studi ini (rentang 0.0024–0.0047) menunjukkan bahwa model collaborative filtering berbasis kemiripan antar-item sangat efektif dalam memprediksi rating pengguna. Nilai MAE yang sangat kecil (dekat dengan 0) menunjukkan bahwa sistem rekomendasi ini berhasil melakukan prediksi dengan tingkat kesalahan yang minimal, sehingga meningkatkan kemungkinan rekomendasi buku yang relevan untuk pengguna. Jika dibandingkan dengan studi sebelumnya, perbedaan domain dan skala data memberi konteks yang menarik. Suryanto & Muqtadir (2017) menerapkan metode regresi linear sederhana untuk memprediksi produksi padi, dan mengukur akurasi menggunakan metodologi serupa. Mereka melaporkan nilai MEA sebesar 1,48950 pada prediksi produksi padi 2017 sebesar 5.347.763 kwintal. Perbedaan nilai MAE yang jauh lebih besar pada studi tersebut dapat dijelaskan oleh skala data (jutaan kwintal) dan sifat regresi linear yang berbeda dengan collaborative filtering, namun keduanya sama-sama memanfaatkan MAE sebagai tolok ukur akurasi [15].

4. Kesimpulan

Sistem rekomendasi buku berbasis metode *collaborative filtering* yang diuji pada dua pengguna, yaitu ID 222302022 dan 212301012, menunjukkan kemampuan memberikan rekomendasi yang relevan berdasarkan pola peminjaman sebelumnya. Analisis kemiripan antar buku menggunakan metode *cosine similarity* berhasil mengidentifikasi buku-buku dengan tema serupa, menunjukkan potensi sistem dalam mengenali minat pengguna secara tepat, terutama pada bidang studi yang lebih spesifik. Prediksi buku yang disarankan memperlihatkan relevansi yang cukup tinggi, dengan cakupan yang tetap berada dalam lingkup ketertarikan pengguna namun juga memberikan variasi pilihan. Evaluasi kinerja sistem menggunakan metrik MAE menghasilkan nilai 0.0024 dan 0.0046, yang menunjukkan tingkat kesalahan prediksi yang rendah. Nilai ini mengindikasikan bahwa model mampu memetakan preferensi pengguna secara akurat, meskipun masih terbatas pada skala data uji yang tersedia.

Namun demikian, terdapat beberapa keterbatasan dalam penelitian ini. Nilai similaritas maksimum sebesar 1.0000 pada beberapa pasangan buku dapat menjadi indikasi adanya *overfitting*, terutama jika data peminjaman pengguna yang tersedia relatif terbatas. Hal ini dapat menyebabkan sistem memberikan rekomendasi yang terlihat akurat tetapi kurang general untuk pengguna baru atau konteks yang berbeda. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi tambahan, seperti penerapan validasi silang, *threshold* kemiripan minimum, atau penggunaan teknik pembobotan untuk mengurangi bias akibat keterbatasan data.

Penelitian ini juga belum mengintegrasikan pendekatan *content-based filtering* atau memanfaatkan metadata buku (seperti abstrak, kata kunci, atau klasifikasi subjek) yang dapat memperkaya konteks rekomendasi. Kombinasi metode hybrid berpotensi meningkatkan kemampuan sistem dalam memberikan rekomendasi, khususnya bagi pengguna baru (*cold start problem*) atau buku-buku yang jarang dipinjam. Sebagai kesimpulan, sistem rekomendasi ini menunjukkan performa yang menjanjikan dalam meningkatkan layanan pencarian buku di Perpustakaan Unjaya. Namun, pengembangan lanjutan tetap diperlukan agar sistem lebih adaptif, kontekstual, dan tahan terhadap keterbatasan data.

References

- [1] I. W. Nada and M. H. W. Griadhi, "Perpustakaan Sebagai Pusat Informasi Entrepreneurship," *Media Sains Informasi dan Perpustakaan*, vol. 4, pp. 52-60, 2024.
- [2] I. Maesaroh, *Perpustakaan Digital Dalam Penguatan Akses Informasi*, Jakarta Selatan: Damera Press, 2020.
- [3] A. Maulidiyah and E. Roesminingsih, "Layanan Dan Fasilitas Perpustakaan Dalam Meningkatkan Minat Baca Peserta Didik," *Jurnal Inspirasi Manajemen Pendidikan*, vol. 8, pp. 389-400, 2020.
- [4] I. Sutoto, "Pengembangan Perpustakaan melalui Penerapan Teknologi Informasi," *Buletin Perpustakaan Universitas Islam Indonesia*, vol. 1, pp. 71-82, 2018.
- [5] D. SAFITRI, N. N. AULIA, R. and V. WIJAYA, "Pemanfaatan Teknologi Informasi dalam Memenuhi Kebutuhan Sumber Informasi dan Pembelajaran," *Journal of Strategic Communication*, vol. 15, pp. 1-114, 2024.
- [6] S. Rosyad, D. Mahendra and N. Azizah, "Sistem Rekomendasi Buku Di Perpustakaan Daerah Jepara Menggunakan Metode Item-Based Collaborative Filtering," *Jurnal Ilmiah Informatika dan Komputer*, vol. 2, pp. 76-81, 2023.
- [7] A. H. Ritdrix and P. W. Wirawan, "Sistem Rekomendasi Buku Menggunakan Metode Item-Based Collaborative Filtering," *Jurnal Masyarakat Informatika*, vol. 9, pp. 24-32, 9 November 2018.
- [8] A. R. S. Nasution, "Identifikasi Permasalahan Penelitian," *Journal Of Education*, vol. 2, pp. 13-19, 2021.
- [9] H. Februariyanti, A. D. Laksono, J. S. Wibowo and M. S. Utomo, "Implementasi Metode Collaborative Filtering Untuk Sistem Rekomendasi Penjualan Pada Toko Mebel," *Jurnal Khatulistiwa Informatika*, vol. 9, pp. 43 - 50, 21 Juni 2021.
- [10] F. Ricci, L. Rokach and B. Shapira, *Recommender Systems Handbook*, Springer, Boston, MA, 2010.
- [11] A. Khahar and Y. Yamasari, "Eksplorasi Teknik Pre-Processing Berbasis eXtreme Gradient Boosting (XGBoost) pada Klasifikasi Kredit Default," *Journal of Informatics and Computer Science*, vol. 6, pp. 453-464, Juli 2024.
- [12] M. Radhi, A. D. R. H. Sitompul, S. H. Sinurat and E. Indra, "Analisis Big Data Dengan Metode Exploratory Data Analysis (EDA) Dan Metode Visualisasi Menggunakan Jupyter Notebook," *Jurnal Sistem Informasi dan Ilmu Komputer Prima*, vol. 4, pp. 23-27, 2021.
- [13] A. A. A. Daniswara and I. K. D. Nuryana, "Data Preprocessing Pola Pada Penilaian Mahasiswa Program Profesi Guru," *Journal of Informatics and Computer Science*, vol. 5, pp. 97-100, 2023.
- [14] I. W. Jepriana and S. Hanief, "Analisis dan Implementasi Metode Item-Based Collaborative Filtering untuk Sistem Rekomendasi Konsentrasi di STMIK STIKOM Bali," *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika*, vol. 9, pp. 171-180, 2020.
- [15] A. A. Suryanto and A. Muqtadir, "Penerapan Metode Mean Absolute Error (MEA) dalam Algoritma Regresi Linear untuk Prediksi Produksi Padi," *Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 11, pp. 78-83, 2019.

-
- [16] H. S. D. Nurhayati and W. Widayani, "Sistem Rekomendasi Wisata Kuliner di Yogyakarta dengan Metode Item-Based Collaborative Filtering," *Journal Automation Computer Information System*, vol. 2, pp. 55-63, 2021.