

IMPLEMENTASI ALGORITMA APRIORI DENGAN EVALUASI LIFT RATIO PADA SISTEM REKOMENDASI BUKU PERPUSTAKAAN POLITEKNIK NEGERI BALI BERBASIS WEB

Aliffian Alexander Rahman, Ni Gusti Putu Ayu Harry Saptarini, Luh Gede Putri Suardani

Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Bali

Jalan Kampus Bukit, Jimbaran, South Kuta, Badung Regency, Bali 80364

alexalif853@gmail.com

ABSTRAK

Peningkatan akumulasi data historis transaksi peminjaman di Perpustakaan Politeknik Negeri Bali (PNB) belum dimanfaatkan secara optimal untuk membantu mahasiswa menemukan literatur yang relevan secara efisien. Penelitian ini bertujuan membangun sistem rekomendasi buku berbasis web serta menguji kualitas aturan asosiasi menggunakan validasi *Lift Ratio*. Metode penelitian yang digunakan adalah *Knowledge Discovery in Databases* (KDD) dengan menerapkan algoritma Apriori pada dataset sirkulasi tahun 2025 yang mencakup 1.174 transaksi unik dan 1.010 judul buku, diimplementasikan menggunakan *framework Streamlit*. Hasil eksperimen pada ambang batas *minimum support* 0,001 dan *minimum confidence* 0,01 berhasil mengekstraksi 144 aturan asosiasi. Evaluasi *Lift Ratio* membuktikan bahwa 100% aturan yang terbentuk memiliki nilai $Lift > 1,0$, mengonfirmasi seluruh rekomendasi memiliki korelasi positif nyata dan bukan hubungan acak. Pengujian kuantitatif menggunakan metrik Precision menghasilkan akurasi mutlak sebesar 100% pada sampel aturan teratas. Penelitian ini menyimpulkan bahwa implementasi algoritma Apriori dengan validasi *Lift Ratio* sukses berfungsi sebagai mekanisme verifikasi penjamin mutu kualitas rekomendasi literatur akademik di Perpustakaan PNB.

Kata kunci : Apriori, Sistem Rekomendasi, Perpustakaan, Association Rules, Lift Ratio, Python

1. PENDAHULUAN

Perpustakaan sebagai pusat layanan informasi dan literatur memiliki peran yang sangat krusial dalam mendukung seluruh kegiatan akademik dan iklim riset di lingkungan Politeknik Negeri Bali (PNB). Seiring dengan berjalannya waktu, volume koleksi buku yang tersedia semakin banyak, yang berbanding lurus dengan tingginya frekuensi sirkulasi sirkulasi peminjaman oleh mahasiswa. Namun, lonjakan data sirkulasi harian di Perpustakaan PNB saat ini belum dimanfaatkan secara optimal dan cenderung berakhir sebagai tumpukan rekam jejak historis yang pasif di dalam basis data. Imbasnya, mahasiswa sering kali menghadapi kendala efisiensi waktu dan kesulitan dalam mengeksplorasi serta menemukan buku literatur tingkat lanjut yang relevan atau memiliki keterkaitan fungsional dengan bidang studi mereka [2], [7].

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, penelitian ini memiliki tujuan utama untuk membangun sebuah sistem rekomendasi buku perpustakaan berbasis web yang fungsional dan dinamis, sekaligus menguji serta mengevaluasi validitas aturan asosiasi yang terbentuk menggunakan metrik *Lift Ratio*. Melalui pengembangan sistem ini, diharapkan sirkulasi peminjaman dapat berjalan lebih cerdas, membantu mempercepat penemuan literatur akademik bagi anggota perpustakaan, serta memberikan kontribusi ilmiah berupa jaminan teoretis bahwa seluruh rekomendasi yang disajikan memiliki landasan korelasi statistik yang kuat [3], [8].

Rencana penyelesaian masalah dalam penelitian ini dilakukan melalui pendekatan kuantitatif dengan

menerapkan kerangka kerja *Knowledge Discovery in Databases* (KDD) yang adaptif [1].

Langkah penyelesaian diawali dengan tahap *Data Selection* untuk mengisolasi data transaksi sirkulasi sepanjang tahun 2025, diikuti oleh tahap *Preprocessing* guna membersihkan pencatatan data yang tidak valid, serta fase *Transformation* melalui proses one-hot encoding untuk mengubah struktur data menjadi bentuk matriks biner. Selanjutnya, fase *Data Mining* dieksekusi menggunakan implementasi algoritma Apriori berbasis Python untuk mengekstraksi aturan asosiasi (*association rules*) berdasarkan parameter *Minimum Support* dan *Minimum Confidence* [4], [6].

Terakhir, dilakukan fasa *Evaluation* menggunakan pengujian *Lift Ratio* ($Lift > 1,0$) sebagai instrumen validasi untuk memverifikasi kualitas aturan dan memastikan tidak ada hubungan acak yang lolos, sebelum keseluruhan model diintegrasikan ke dalam antarmuka web interaktif berbasis *framework Streamlit*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Dalam merancang sistem rekomendasi ini, kajian terhadap beberapa penelitian terdahulu yang menerapkan algoritma Apriori pada domain perpustakaan dilakukan untuk memahami efektivitas serta keterbatasan model yang sudah ada. Penerapan algoritma ini sebelumnya telah digunakan untuk membangun sistem rekomendasi buku di lingkungan perpustakaan sekolah guna mengoptimalkan penataan tata letak fisik koleksi literatur [4].

Pendekatan serupa juga diimplementasikan pada perpustakaan perguruan tinggi untuk menentukan pola penyusunan buku berdasarkan kecenderungan sirkulasi peminjaman harian secara bersamaan oleh pengunjung [5].

Selain itu, eksplorasi pola sirkulasi pada perpustakaan daerah telah dilakukan menggunakan pendekatan *association rules* untuk memetakan minat baca masyarakat secara makro [7].

Meskipun penelitian-penelitian tersebut berhasil mengekstraksi aturan asosiasi menggunakan parameter *Support* dan *Confidence*, mayoritas sistem yang dikembangkan dalam literatur terdahulu masih memiliki keterbatasan fungsional. Output yang dihasilkan umumnya masih terbatas pada analisis penataan fisik buku secara statis atau berupa analisis deskriptif makro, serta belum diwujudkan dalam bentuk aplikasi web interaktif yang dapat diakses langsung oleh pengguna. Di samping itu, sistem terdahulu belum menyertakan metrik validasi tambahan untuk mengevaluasi kekuatan korelasi antar-item sirkulasi.

Oleh karena itu, penelitian yang diusulkan ini hadir untuk mengisi celah tersebut dengan mengintegrasikan metrik *Lift Ratio* ($Lift > 1,0$) sebagai fase penjamin mutu untuk memverifikasi secara matematis bahwa aturan asosiasi yang lolos ke sistem 100% merupakan korelasi positif dan bukan hubungan acak. Kontribusi praktis lainnya diwujudkan melalui pengembangan sistem rekomendasi berbasis web menggunakan *framework Streamlit* yang memberikan fleksibilitas kepada pengguna untuk mengatur parameter secara *real-time* dengan dukungan antarmuka modern berbasis *Glassmorphism*.

2.2. Sistem Rekomendasi

Sistem rekomendasi adalah sebuah alat atau teknik yang digunakan untuk memberikan saran item yang mungkin menarik bagi pengguna berdasarkan data preferensi atau riwayat perilaku. Dalam ekosistem perpustakaan, sistem ini berfungsi untuk menyaring ribuan koleksi buku guna menyajikan literatur yang paling relevan dengan kebutuhan studi anggota. Secara umum, sistem rekomendasi terbagi menjadi beberapa pendekatan, seperti *content-based filtering* yang berbasis pada kemiripan atribut item, dan *collaborative filtering* yang berbasis pada kesamaan pola antar pengguna. Penelitian ini menggunakan pendekatan berbasis aturan asosiasi (*association rules*) untuk merekomendasikan buku berdasarkan frekuensi peminjaman bersama dalam satu transaksi [2], [3].

2.3. Data Mining

Data mining adalah proses mengekstraksi informasi atau pola penting dari data dalam jumlah besar yang sebelumnya tidak diketahui. Dalam konteks perpustakaan, *data mining* digunakan untuk menemukan pengetahuan tersembunyi dari riwayat transaksi peminjaman buku guna meningkatkan layanan kepada anggota [1], [6].

2.4. Algoritma Apriori

Algoritma Apriori merupakan salah satu algoritma dasar untuk menemukan *frequent itemsets* dalam analisis aturan asosiasi (*association rule mining*). Algoritma ini bekerja dengan menggunakan pengetahuan sebelumnya mengenai properti *frequent itemsets* untuk menentukan kandidat itemset berikutnya [4], [6], [10].

Proses utama dalam algoritma ini meliputi penentuan nilai *support* (dukungan) dan *confidence* (kepercayaan) untuk setiap aturan yang terbentuk [9].

2.5. Aturan Asosiasi (Association Rule)

Aturan asosiasi bertujuan untuk menemukan keterkaitan atau korelasi antar item dalam sebuah dataset [5].

Persamaan untuk menghitung nilai *support* dan *confidence* adalah sebagai berikut:

$$Support(A) = \frac{Jumlah\ Transaksi\ Mengandung\ A}{Total\ Transaksi\ (N)} \quad (1)$$

$$Confidence(A \rightarrow B) = \frac{Jumlah\ Transaksi\ Mengandung\ A\ dan\ B}{Jumlah\ Transaksi\ Mengandung\ A} \quad (2)$$

2.6. Lift Ratio

Lift Ratio digunakan sebagai parameter pengukur kekuatan aturan asosiasi yang telah terbentuk. Nilai ini menunjukkan apakah hubungan antara item A dan B terjadi secara kebetulan atau memang memiliki korelasi yang kuat [5], [8].

Jika nilai *Lift Ratio* lebih besar dari 1 ($LR > 1$), maka aturan tersebut dinyatakan valid dan memiliki kekuatan asosiasi yang baik. Rumus untuk menghitung lift ratio adalah sebagai berikut:

$$Lift(A \rightarrow B) = \frac{Support(A \cup B)}{Support(A) \times Support(B)} \quad (3)$$

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif dengan pendekatan Knowledge Discovery in Databases (KDD) yang difokuskan pada teknik Association Rule Mining [1].

Secara garis besar, metode ini berfokus pada pengolahan data historis untuk menemukan pengetahuan baru (pola peminjaman buku).

3.1. Tahapan Penelitian (KDD Framework)

Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif dengan pendekatan Knowledge Discovery in Databases (KDD) yang difokuskan pada teknik Association Rule Mining. Secara garis besar, metode ini berfokus pada pengolahan data historis untuk menemukan pengetahuan baru berupa pola peminjaman buku.

- Data Selection: Melakukan pengumpulan dan ekstraksi data sekunder dari *database* perpustakaan berupa riwayat peminjaman buku oleh anggota.
- Preprocessing Data: Membersihkan data dari nilai kosong (*null*) pada atribut kunci serta menerapkan *lowercase fallback* untuk mengatasi inkonsistensi penulisan judul buku.

- c. Data Transformation: Melakukan rekonstruksi transaksi dengan menggabungkan *Member ID* dan *Loan Date* menjadi *Transaction ID*, lalu mentransformasikannya ke dalam format matriks biner (*One-Hot Encoding*).
 - d. Data Mining: Menerapkan algoritma Apriori menggunakan pustaka *Mlxtend* untuk mencari kombinasi buku (*frequent itemsets*) serta membangun aturan asosiasi berdasarkan parameter yang ditentukan.
 - e. Interpretation / Evaluation: Melakukan validasi terhadap aturan asosiasi menggunakan metrik *Lift Ratio* ($Lift > 1,0$) untuk menyaring rekomendasi yang valid, kemudian menyajikannya ke dalam antarmuka web *Streamlit* berbasis *Glassmorphism*.
- b. Akomodasi Rare Items: Nilai *support* yang rendah memungkinkan sistem untuk tetap menangkap hubungan antara buku-buku referensi khusus yang jarang dipinjam tetapi memiliki keterkaitan fungsional yang kuat dengan buku lainnya.
 - c. Filter Berlapis: Meskipun ambang batas awal diatur rendah untuk menjaring banyak kandidat aturan, kualitas rekomendasi tetap terjamin melalui evaluasi akhir menggunakan *Lift Ratio*. Nilai *Lift Ratio* > 1 akan membuang aturan yang muncul secara acak, meskipun aturan tersebut memiliki nilai *support* atau *confidence* yang memenuhi syarat.

3.3. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari Perpustakaan Pusat Politeknik Negeri Bali (PNB). Data tersebut merupakan data sekunder yang diambil dari log transaksi peminjaman buku oleh mahasiswa dan staf. Beberapa poin utama terkait data ini adalah:

- a. Dataset: Menggunakan data riwayat peminjaman pada tahun 2025 yang bersumber dari database perpustakaan PNB yang didalamnya ada 619 jumlah anggota yang meminjam pada periode tersebut.
- b. Atribut Data: Data mentah memiliki beberapa kolom informasi utama, yaitu *Member ID*, *Title*, dan *Loan Date*.
- c. Volume Data: Sebanyak 2021 baris data transaksi diambil untuk diolah dan ditentukan aturan asosiasinya.

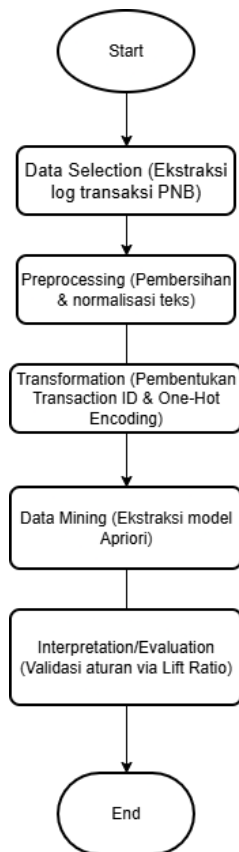
Tabel 1. Contoh data transaksi peminjaman

Member ID	Title	Loan Date
2215354063	Pemrograman Python	2025-01-10
2215354059	Struktur Data	2025-01-10
2215354067	Dasar Akuntansi	2025-01-12

3.4. Preprocessing Data

Tahap prapemrosesan data merupakan langkah krusial untuk mentransformasi data mentah menjadi format yang sesuai bagi algoritma Apriori. Proses ini dilakukan menggunakan pustaka *Pandas* dan *Mlxtend* dengan urutan sebagai berikut:

- a. Ekstraksi Data: Sistem secara otomatis memindai dan memuat berkas dengan ekstensi *.xlsx* dari direktori data lokal.
- b. Standardisasi Atribut: Dilakukan pembersihan spasi (*trailing spaces*) pada nama kolom serta implementasi *lowercase fallback* untuk mendeteksi kolom kunci seperti *Title*, *Member ID*, dan *Loan Date* secara otomatis tanpa terpengaruh perbedaan kapitalisasi.
- c. Pembersihan dan Normalisasi: Baris data yang mengandung nilai kosong (*null*) pada atribut kunci dihapus untuk menghindari data fiktif. Selanjutnya, dilakukan normalisasi teks pada judul buku dengan mengubahnya menjadi huruf kecil



Gambar 1. Alur tahapan penelitian KDD

3.2. Pemilihan Parameter

Dalam implementasi algoritma Apriori pada sistem ini, parameter *Minimum Support* ditetapkan sebesar 0,001 (0,1%) dan *Minimum Confidence* sebesar 0,01 (1%). Terdapat alasan ilmiah mendasar di balik pemilihan angka yang relatif rendah tersebut:

- a. Keberagaman Koleksi (*Large Itemset*): Perpustakaan memiliki ribuan judul buku yang berbeda, namun frekuensi peminjaman untuk satu judul tertentu sering kali tidak terlalu tinggi dibandingkan dengan total seluruh transaksi. Jika nilai *support* diatur terlalu tinggi (misalnya 5% atau 10%), maka sebagian besar buku pendukung yang relevan tidak akan pernah terdeteksi oleh sistem karena gagal memenuhi ambang batas minimal.

(lowercase) dan menghapus spasi berlebih agar variasi penulisan judul yang sama terdeteksi sebagai satu entitas unik.

- d. Rekonstruksi Transaksi: Untuk mendefinisikan sebuah "keranjang transaksi", sistem membuat atribut baru bernama *Transaction_ID* yang menggabungkan *Member ID* dan *Loan Date*. Proses deduplikasi kemudian diterapkan untuk memastikan satu judul buku hanya muncul maksimal satu kali dalam satu ID transaksi yang sama.
- e. Transformasi Matriks Biner: Data yang telah dikelompokkan berdasarkan transaksi diubah menggunakan *TransactionEncoder* menjadi format *One-Hot Encoding*. Matriks biner ini merepresentasikan kehadiran (*True*) atau ketidakhadiran (*False*) suatu buku dalam setiap baris transaksi, yang merupakan format wajib sebelum diproses oleh fungsi. Berikut Adalah visualisasi hasil dari *One-Hot Encoding*:

Tabel 2. Contoh hasil *One-Hot Encoding*

Transaksi	Buku a	Buku b	Buku c	Buku d
T1	True	True	False	False
T2	True	False	True	False
T3	False	True	True	True

3.5. Implementasi Algoritma Apriori

Implementasi mesin rekomendasi dilakukan dengan menerapkan algoritma Apriori menggunakan pustaka *MLxtend* pada bahasa pemrograman Python. Proses ini terbagi menjadi dua tahap utama, yaitu pembentukan frequent itemsets dan pembuatan aturan asosiasi (association rules).

- a. Pembentukan Frequent Itemsets: Matriks biner hasil prapemrosesan dimasukkan ke dalam fungsi *apriori()* untuk mencari kombinasi buku yang sering muncul bersamaan. Penelitian ini menetapkan parameter *min_support* sebesar 0,001 (0,1%). Artinya, suatu kombinasi buku hanya akan diproses lebih lanjut jika muncul minimal dalam 0,1% dari total seluruh transaksi peminjaman di Perpustakaan PNB.
- b. Pembentukan Association Rules: Setelah kombinasi buku yang memenuhi ambang batas *support* ditemukan, sistem membangun hubungan sebab-akibat (jika meminjam buku A, maka direkomendasikan buku B) menggunakan fungsi *association_rules()*. Parameter yang digunakan adalah metrik *confidence* dengan ambang batas minimal 0,01 (1%). Aturan hanya akan dibentuk jika peluang seorang anggota meminjam buku B setelah meminjam buku A mencapai minimal 1%.
- c. Ekstraksi Hasil Rekomendasi: Hasil akhir dari proses ini adalah sebuah *data frame* yang memuat informasi *antecedents* (buku pemicu), *consequents* (buku hasil rekomendasi), serta nilai metrik *support*, *confidence*, dan *lift*. Ketika pengguna memilih judul buku tertentu melalui antarmuka *Streamlit*, sistem akan melakukan pencarian

kecocokan (*exact match*) pada kolom *antecedents* untuk menampilkan daftar buku pendukung yang relevan.

3.6. Evaluasi Lift Ratio

Tahap evaluasi dilakukan untuk menyaring aturan asosiasi yang telah terbentuk agar hanya menghasilkan rekomendasi yang memiliki validitas statistik yang kuat. Pada penelitian ini, metrik Lift Ratio digunakan sebagai filter utama untuk menentukan kekuatan hubungan antar buku. Proses evaluasi pada sistem dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Penyaringan Aturan Valid: Sistem menerapkan filter ketat terhadap hasil aturan asosiasi dengan hanya mengambil aturan yang memiliki nilai *Lift* lebih besar dari 1.0 ($Lift > 1.0$). Pemfilteran ini bertujuan untuk mengeliminasi aturan yang bersifat independen (kebetulan) atau memiliki korelasi negatif, sehingga hanya buku yang memiliki korelasi positif nyata yang akan direkomendasikan kepada pengguna.
- b. Pemetaan Rekomendasi (*Matching*): Ketika pengguna memilih satu judul buku spesifik (*exact match*), sistem akan melakukan pemindaian pada kolom *antecedents* dalam tabel aturan yang telah terfilter. Jika ditemukan kecocokan, maka judul buku yang terdapat pada kolom *consequents* akan diekstraksi sebagai kandidat rekomendasi.
- c. Pengurutan Berdasarkan Kekuatan Asosiasi: Daftar buku hasil ekstraksi kemudian diurutkan berdasarkan nilai *Lift* dari yang terbesar hingga terkecil. Hal ini memastikan bahwa buku yang ditampilkan pada urutan teratas adalah buku yang memiliki hubungan paling kuat dengan buku yang sedang dicari oleh anggota perpustakaan.

3.7. Perancangan Antarmuka Sistem

Fokus utama pada tahap ini adalah menyajikan hasil kalkulasi algoritma Apriori ke dalam bentuk visual yang interaktif dan mudah dipahami oleh anggota perpustakaan. Proses perancangan ini mencakup beberapa langkah utama:

- a. Ekstraksi dan Ranking Hasil: Setelah sistem menemukan aturan asosiasi yang cocok (*matched rules*) dengan pencarian pengguna, data tersebut diekstraksi ke dalam sebuah tabel struktur baru. Pada tahap ini, dilakukan proses eliminasi redundansi untuk memastikan tidak ada judul buku yang muncul dua kali. Data kemudian diurutkan kembali secara menurun (*descending*) berdasarkan nilai *Lift Ratio* tertinggi. Hal ini dilakukan agar buku yang memiliki korelasi paling kuat dengan preferensi pengguna selalu menempati posisi pertama sebagai rekomendasi utama.
- b. Penyusunan Struktur Visual Dinamis: Sistem merangkai struktur tampilan secara dinamis menggunakan blok-blok komponen HTML. Setiap hasil rekomendasi dibungkus ke dalam sebuah kontainer *card* yang didesain secara khusus untuk

menampilkan atribut penting seperti judul buku, nilai *Support*, *Confidence*, dan frekuensi kemunculan buku dalam dataset. Seluruh kartu tersebut disusun di dalam sebuah kontainer utama (*grid*) yang bersifat responsif, sehingga tata letak akan menyesuaikan secara otomatis dengan ukuran layar perangkat pengguna.

- c. Implementasi Visual Glassmorphism: Untuk meningkatkan estetika dan pengalaman pengguna, antarmuka sistem menggunakan teknik injeksi CSS khusus (*Custom CSS*). Desain kartu rekomendasi menerapkan konsep *Glassmorphism*, yang memberikan efek transparansi putih tipis menyerupai kaca dengan latar belakang *blur* (*backdrop-filter*). Selain itu, ditambahkan efek animasi hover di mana kartu akan sedikit terangkat saat disorot oleh kursor, memberikan kesan interaktif pada aplikasi.
- d. Render Komponen Kustom: Seluruh rangkaian struktur HTML dan gaya visual CSS tersebut dirender ke layar pengguna melalui fungsi pemformatan teks yang mengizinkan eksekusi kode HTML. Mekanisme ini memungkinkan aplikasi untuk melampaui batasan tampilan standar *Streamlit* dan menghasilkan antarmuka yang setara dengan aplikasi *web* modern berbasis kartu.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Prapemrosesan Data

Tahap pertama dalam pengujian sistem adalah melakukan prapemrosesan terhadap dataset mentah yang diperoleh dari Perpustakaan Pusat PNB. Data

awal terdiri dari sekumpulan catatan peminjaman dalam format Excel (.xlsx). Hasil dari tahapan ini adalah sebagai berikut:

- a. Pembersihan dan Validasi Kolom: Sistem berhasil mengidentifikasi dan melakukan standarisasi terhadap tiga kolom kunci: *Title*, *Member ID*, dan *Loan Date*. Baris data yang memiliki nilai kosong (*missing values*) pada kolom-kolom tersebut dihapus secara otomatis. Berdasarkan pengujian, terdapat 181 baris data yang dibuang karena tidak memiliki informasi judul atau ID anggota yang lengkap.
- b. Normalisasi dan Deduplikasi: Seluruh judul buku berhasil diseragamkan menjadi format huruf kecil (*lowercase*) untuk menghindari redundansi akibat perbedaan penulisan kapital. Selanjutnya, melalui pembentukan *Transaction_ID* (gabungan *Member ID* dan *Loan Date*), sistem melakukan deduplikasi tingkat transaksi. Hal ini memastikan bahwa jika seorang anggota meminjam buku yang sama lebih dari satu kali dalam satu hari, data tersebut hanya dihitung sebagai satu entitas dalam satu keranjang transaksi.
- c. Statistik Dataset Akhir: Setelah melalui seluruh rangkaian prapemrosesan, statistik dataset yang siap diolah adalah: 2021 total data mentah, 1840 total data bersih, 1174 total transaksi unik, dan 1010 total judul buku unik. Tabel 3 menunjukkan representasi data setelah dilakukan transformasi menjadi format *one-hot encoding* yang merupakan input utama bagi fungsi

Tabel 3. Cuplikan data setelah *one-hot encoding*

Transaction_ID	akuntansi biaya	ekonomi internasional	akuntansi pemerintahan	akuntansi lanjutan	analisis laporan keuangan
196905121990022001_2025-09-09	True	True	False	False	False
198909142025061003_2025-09-08	False	False	True	False	False
199004042025061006_2025-08-29	False	False	False	True	True

4.2. Eksperimen Pemilihan Parameter

Untuk menentukan parameter ambang batas yang paling optimal pada sistem, dilakukan serangkaian eksperimen dengan menguji berbagai nilai *Minimum Support* pada nilai *Minimum Confidence* statis 0,01. Hasil perbandingan jumlah aturan asosiasi (rules) yang terbentuk disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan nilai support dengan jumlah aturan

Support	Jumlah Aturan	Keterangan
0,05	0	Terlalu ketat, tidak ada pola yang terdeteksi.
0,01	0	Tidak ada kombinasi buku yang memenuhi ambang batas.
0,005	2	Aturan sangat terbatas, hanya menangkap buku <i>best-seller</i> .
0,001	144	Mampu menangkap pola hubungan buku secara luas.

Berdasarkan Tabel 4, dapat dianalisis bahwa dataset transaksi pada Perpustakaan PNB memiliki tingkat keberagaman judul buku yang sangat tinggi namun dengan frekuensi kemunculan bersama yang rendah pada setiap transaksinya. Hal ini dibuktikan dengan tidak adanya aturan yang terbentuk saat support diatur pada angka $\geq 0,01$.

Pemilihan nilai support 0,001 terbukti menjadi parameter yang paling ideal dalam case ini karena berhasil mengekstraksi 144 aturan asosiasi. Meskipun angka ini terlihat rendah secara persentase, namun dalam konteks perpustakaan dengan ribuan judul unik, angka ini memungkinkan sistem untuk menangkap hubungan spesifik antar literatur. Jumlah 144 aturan ini kemudian menjadi data mentah yang akan difilter lebih lanjut menggunakan metrik *Lift Ratio* untuk memastikan hanya rekomendasi berkualitas tinggi yang ditampilkan kepada pengguna melalui antarmuka *web*.

4.3. Pengujian Aplikasi

Untuk membuktikan kesiapan sistem dalam lingkungan operasional, dilakukan pengujian melalui simulasi interaksi pengguna pada antarmuka berbasis *web Streamlit*. Tahap pertama pengujian dimulai pada komponen kontrol parameter di bagian sidebar aplikasi, di mana pengguna dapat mengonfigurasi nilai ambang batas minimal secara *real-time*. Dalam uji demo ini, pengguna menggeser *slider* untuk menetapkan nilai *Minimum Support* sebesar 0,001 dan *Minimum Confidence* sebesar 0,01. Di samping komponen *slider*, bagian sidebar ini juga menampilkan statistik ringkas mengenai dimensi data yang digunakan, seperti total rekaman sirkulasi, jumlah transaksi unik setelah pembersihan, serta total judul buku yang aktif di dalam sistem.



Gambar 2. Detail data buku dan slider parameter

Setelah parameter berhasil dikonfigurasi, pengguna beralih ke halaman utama aplikasi untuk melakukan pencarian literatur. Tahap kedua ini memfasilitasi pengguna untuk berinteraksi dengan komponen *drop-down select box* yang berisi daftar seluruh judul buku perpustakaan yang telah terindeks. Sebagai contoh skenario pengujian, pengguna mengetikkan kata kunci dan memilih judul buku teks "Akuntansi Biaya" dari menu pilihan yang tersedia. Judul buku yang dipilih ini bertindak sebagai entitas pemicu (*antecedent*) yang akan diproses oleh mesin algoritma Apriori di latar belakang (*backend*).



Gambar 3. Gambar *drop-down* judul

Tahap terakhir dari demo program ini adalah penampilan luaran rekomendasi secara dinamis. Begitu judul buku dipilih, sistem segera menyaring 144 aturan asosiasi yang telah terbentuk dan mencari pasangan buku (*consequents*) yang memiliki keterkaitan pola peminjaman tertinggi. Hasil rekomendasi disajikan dalam bentuk kartu visual modern berbasis konsep desain *Glassmorphism*. Antarmuka tidak hanya menampilkan daftar judul buku alternatif yang disarankan kepada mahasiswa, tetapi juga memuat visualisasi grafik histogram serta metrik akurasi nilai *Support*, *Confidence*, dan *Lift Ratio* yang membuktikan bahwa buku-buku tersebut memiliki korelasi positif yang valid secara statistik di Perpustakaan PNB.



Gambar 4. Tampilan Hasil Rekomendasi

4.4. Hasil Pengujian Black Box

Pengujian fungsional dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh komponen antarmuka yang dibangun dengan *Streamlit* dapat beroperasi sesuai dengan skenario penggunaan. Tabel 4 menunjukkan hasil pengujian terhadap fitur-fitur utama sistem.

Tabel 5. Hasil pengujian *Black Box*

No	Fitur/Skenario Uji	Hasil yang Diharapkan	Status
1	Otomatisasi Pembacaan Berkas	Sistem mendeteksi dan memuat data secara otomatis.	Berhasil
2	Interaktivitas Kontrol Slider	Pengguna dapat menggeser nilai <i>Support/Confidence</i> dan jumlah aturan langsung berubah secara <i>real-time</i> .	Berhasil
3	Pencarian Judul Buku	Sistem memberikan hasil saat judul buku yang dicari sesuai dengan <i>database</i> .	Berhasil
4	Render Kartu <i>Glassmorphism</i>	Rekomendasi muncul dalam bentuk kartu visual yang interaktif (HTML/CSS)	Berhasil

4.5. Analisis Aturan Asosiasi dan Rekomendasi

Berdasarkan hasil eksekusi algoritma Apriori terhadap data transaksi Perpustakaan PNB, sistem

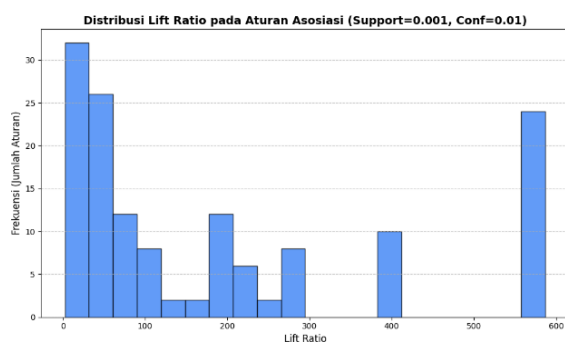
berhasil mengidentifikasi pola hubungan antar buku. Tabel 5 menyajikan sampel aturan asosiasi yang dihasilkan dengan filter *Lift* > 1.0.

Tabel 6. Sampel aturan asosiasi nilai lift tertinggi

Antecedents (Buku dicari)	Consequents (Rekomendasi)	Support	Confidence	Lift
Akuntansi biaya	Akuntansi Biaya : Teori Dan Penerapannya	0.0034	0.0755	22.1509
Reinventing perpajakan	Menakar Kesetaraan Hak Dan Kewajiban Perpajakan Di Indonesia	0.0017	0.3333	195.6667
Analisis laporan keuangan	Perpajakan Digital : Panduan Lengkap Praktik E-Spt, E-Faktur, E- Billing, & E-Filling	0.0017	0.0556	32.6111

4.6. Grafik Distribusi Lift Ratio

Untuk memahami kekuatan hubungan antar buku yang ditemukan, berikut adalah distribusi nilai *Lift Ratio* dari 144 aturan yang terbentuk:



Gambar 5. Histogram distribusi lift ratio

Grafik pada Gambar 5 menampilkan distribusi frekuensi nilai *Lift Ratio* dari 144 aturan asosiasi yang terbentuk pada parameter *Support* 0,001 dan *Confidence* 0,01. Terdapat fenomena menarik di mana muncul lonjakan frekuensi aturan asosiasi pada rentang nilai *Lift Ratio* yang sangat ekstrim, yaitu antara 550 hingga 600. Secara teoretis dan matematis, nilai *Lift Ratio* yang sangat tinggi ini muncul karena nilai *Support* dari item *consequent* (buku yang direkomendasikan) bernilai sangat kecil dalam dataset (*rare items*). Berdasarkan Persamaan (3). Dapat diambil beberapa poin analisis:

- Dominasi Korelasi Positif:** Seluruh aturan memiliki nilai *Lift* > 1,0, yang mengonfirmasi bahwa pola peminjaman yang ditemukan bukanlah kejadian acak, melainkan memiliki keterkaitan statistik yang valid.
- Konsentrasi Aturan:** Mayoritas aturan (sekitar 32 aturan) terkonsentrasi pada rentang nilai *Lift* terendah (0–40). Hal ini wajar dalam data

perpustakaan karena banyak buku yang memiliki hubungan umum atau mendasar.

- Identifikasi Hubungan Spesifik (Outliers):** Terdapat lonjakan frekuensi yang cukup signifikan pada rentang nilai *Lift* tertinggi, yaitu antara 550 hingga 600. Aturan dalam kategori ini merepresentasikan pasangan buku yang hampir selalu dipinjam bersamaan (korelasi sangat kuat), seperti buku teks utama dengan buku pedoman teknis spesifik yang menyertainya.

4.7. Evaluasi Kualitas Rekomendasi

Pada penelitian ini, evaluasi terhadap performa sistem rekomendasi dilakukan secara ilmiah untuk memberikan bukti kuantitatif yang mendukung klaim kualitas hasil rekomendasi. Evaluasi dilakukan dengan metode *purposive* sampling terhadap 10 sampel aturan asosiasi aktual dengan nilai *Lift Ratio* tertinggi yang dihasilkan oleh algoritma Apriori pada antarmuka sistem. Dalam konteks sistem rekomendasi buku perpustakaan ini, parameter evaluasi didefinisikan sebagai berikut:

- True Positive (TP):** Sistem memberikan rekomendasi buku (*consequent*) yang terbukti relevan secara tematik atau rumpun ilmu dengan buku yang sedang dicari (*antecedent*).
- False Positive (FP):** Sistem memberikan rekomendasi buku (*consequent*) yang tidak relevan atau melompat ke subjek lain tanpa adanya keterkaitan fungsional dengan buku utama (*antecedent*).

Formulasi perhitungan nilai *Precision* Adalah seperti berikut:

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \times 100\% \quad (4)$$

Hasil pemetaan nilai TP dan FP terhadap 10 sampel aturan asosiasi riil pada sistem disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Pengujian hasil rekomendasi

No	Antecedent	Consequent	Evaluasi
1	Akuntansi Keuangan : International Financial Reporting Standard - Ifrs	Ekonomi Internasional	TP
2	Photovoltaic Terapan : Teknologi Dan Implementasi	Instalasi Listrik Rumah Tangga	TP
3	Menakar Kesetaraan Hak Dan Kewajiban Perpajakan Di Indonesia, Perpajakan Edisi Terbaru	Perpajakan : Teori & Praktik Berdasarkan Aturan Terbaru, Reinventing Perpajakan	TP

No	Antecedent	Consequent	Evaluasi
4	Penganggaran	Penganggaran Perusahaan Integrasi Teori Dan Praktek	TP
5	Hotel Supervision Teknik Supervisi Dan Uji Kompetensi Untuk Pendidikan Pariwisata, Manajer Versus Supervisor	Manajemen Supervisi : Petunjuk Praktis Bagi Para Supervisor.	TP
6	Reinventing Perpajakan	Menakar Kesenjangan Hak Dan Kewajiban Perpajakan Di Indonesia, Perpajakan : Teori & Praktik Berdasarkan Aturan Terbaru, Perpajakan Edisi Terbaru	TP
7	Pancasila Dan Kewarganegaraan :Untuk Perguruan Tinggi Dan Umum	Pendidikan Kewarganegaraan	TP
8	Manajemen Supervisi : Petunjuk Praktis Bagi Para Supervisor., Manajer Versus Supervisor	Hotel Supervision Teknik Supervisi Dan Uji Kompetensi Untuk Pendidikan Pariwisata	TP
9	Perpajakan : Teori & Praktik Berdasarkan Aturan Terbaru, Perpajakan Edisi Terbaru	Reinventing Perpajakan	TP
10	Pengantar Akuntansi	Seri Kuliah Singkat : Pengantar Akuntansi 1	TP

Berdasarkan data pengujian pada Tabel 7, dari 10 aturan asosiasi yang diuji, sistem menghasilkan 10 akumulasi nilai TP dan tidak ditemukan adanya rekomendasi yang meleset atau tidak relevan ($FP = 0$). Dengan demikian, kalkulasi akurasi presisi dari sistem rekomendasi dari sampel yang dipilih Adalah 100%

Capaian nilai *Precision* sebesar 100% pada sampel pengujian ini memberikan dukungan kuantitatif yang kuat bahwa sistem mampu menghasilkan rekomendasi berkualitas secara konsisten. Keberhasilan ini secara ilmiah didorong oleh integrasi metrik *Lift Ratio* sebagai filter akhir yang ketat di dalam mesin Apriori.

Meski demikian, secara analitis performa sistem ini tetap memiliki batasan yang dipengaruhi oleh karakteristik kepadatan data (*sparsity problem*). Algoritma ini sangat bergantung pada rekam jejak peminjaman bersama secara historis. Koleksi buku baru atau buku referensi langka yang memiliki frekuensi peminjaman di bawah nilai *Minimum Support* 0,001 secara otomatis akan terabaikan dari basis aturan rekomendasi, terlepas dari seberapa relevan subjek buku tersebut secara teoretis.

4.8. Pembahasan Hasil

Berdasarkan Tabel 6, aturan pertama menunjukkan bahwa buku "Akuntansi Biaya" memiliki hubungan asosiasi yang kuat dengan "Akuntansi Biaya : Teori Dan Penerapannya". Nilai *Lift Ratio* sebesar 22,1509 mengindikasikan bahwa seorang anggota yang meminjam buku A memiliki kecenderungan 22,1509 kali lebih besar untuk juga meminjam buku B dibandingkan dengan peminjaman secara acak.

Berdasarkan hasil eksperimen, integrasi metrik *Lift Ratio* sebagai filter akhir menunjukkan bahwa jumlah aturan asosiasi yang terbentuk sama sekali tidak mengalami reduksi, yaitu tetap bertahan pada total 144 aturan. Fenomena ini terjadi karena seluruh aturan yang lolos dari ambang batas *Minimum Support* 0,001 dan *Minimum Confidence* 0,01 secara kebetulan telah memiliki nilai *Lift* > 1,0. Meskipun demikian, penggunaan *Lift Ratio* tetap penting sebagai mekanisme verifikasi kualitas aturan asosiasi untuk

memastikan bahwa seluruh rekomendasi yang dihasilkan memiliki korelasi positif dan bukan hubungan yang terjadi secara acak

Penggunaan konsep *Glassmorphism* pada antarmuka (Gambar 4) tidak hanya memberikan estetika modern, tetapi juga mempermudah anggota dalam membaca metrik *Support* dan *Confidence* yang tertera pada setiap kartu. Pengurutan kartu berdasarkan nilai *Lift* secara otomatis menempatkan buku dengan keterkaitan paling logis pada urutan pertama, sehingga sistem ini efektif dalam membantu anggota perpustakaan menemukan referensi buku pendukung lainnya secara cepat dan akurat.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa implementasi algoritma Apriori dengan validasi *Lift Ratio* berhasil menghasilkan rekomendasi berdasarkan pola asosiasi transaksi peminjaman buku di Perpustakaan PNB. Penggunaan parameter *Minimum Support* 0,001 dan *Minimum Confidence* 0,01 terbukti efektif dalam mengekstraksi 144 aturan asosiasi yang relevan dari data transaksi. Evaluasi menggunakan *Lift Ratio* berhasil memvalidasi aturan asosiasi sehingga hanya aturan dengan korelasi positif (*Lift* > 1) yang digunakan sebagai dasar rekomendasi. Penerapan filter *Lift* > 1,0 tersebut mampu menyaring aturan yang bersifat independen, sehingga daftar buku yang disarankan kepada anggota memiliki korelasi positif yang nyata secara statistik. Selain itu, antarmuka berbasis *Glassmorphism* pada *framework Streamlit* memberikan pengalaman pengguna yang interaktif dalam mengeksplorasi keterkaitan antar koleksi buku perpustakaan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Fitriani, G. F. Nama, and Mardiana, "Implementasi Association Rule Dengan Algoritma Apriori Pada Data Peminjaman Buku UPT Perpustakaan Universitas Lampung Menggunakan Metodologi CRISP-DM," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 10, no. 1, 2022.

- [2] H. R. Nainggolan and D. E. R. Purba, "Analisa Rekomendasi Buku Bacaan Berdasarkan Histori Peminjaman di Perpustakaan Universitas Katolik Santo Thomas Medan Menggunakan Metode Algoritma Apriori," KAKIFIKOM, vol. 6, no. 1, pp. 19–30, 2024.
- [3] M. Jannah, E. Yumami, A. Julianto, and E. Rahmi, "Sistem Rekomendasi Buku di Perpustakaan Menggunakan Machine Learning dan Algoritma Apriori," Jurnal Sains dan Informatika, vol. 11, no. 1, pp. 21–29, 2025.
- [4] Haryono, "Implementasi Algoritma Apriori Dalam Memberikan Rekomendasi Buku Pada Perpustakaan SMK Karya Guna 2 Bekasi," Jurnal ICT: Information Communication & Technology, vol. 24, no. 2, 2024.
- [5] L. P. Gelu, D. Chrisinta, and J. E. Simarmata, "Implementasi Algoritma Apriori Dalam Menentukan Penyusunan Buku di Perpustakaan," Jurnal Algoritma, vol. 22, no. 2, 2025.
- [6] I. Riadi, H. Herman, F. Fitriah, S. Suprihatin, A. Muis, and M. Yunus, "Implementation of Association Rule Using Apriori Algorithm and Frequent Pattern Growth for Inventory Control," Jurnal Infotel, vol. 15, no. 4, 2023.
- [7] C. E. Gunawan, F. Purwani, and A. M. Jannah, "Pola Peminjaman Buku di Perpustakaan Daerah: Pendekatan Algoritma Apriori," Jurnal Software Engineering and Computational Intelligence, vol. 2, no. 2, 2024.
- [8] A. Fauzi et al., "Evaluating the Performance of Association Rules in Apriori and FP-Growth Algorithms: Market Basket Analysis to Discover Rules of Item Combinations," Journal of World Science, vol. 2, no. 8, pp. 1229–1248, 2023.
- [9] A. Saputra, H. L. Sari, and D. Sartika, "Implementasi Metode Association Rule Mining Pada Penjualan Barang Di Toko Bangunan Ada Mas Menggunakan Algoritma Apriori," Jurnal Multidisiplin Dehasen (MUDE), vol. 2, no. 4, 2023.
- [10] R. Yoviyardi, A. L. Hananto, N. Nurapriani, and H. Huda, "Optimalisasi Distribusi Barang dengan Algoritma Apriori: Studi Kasus PT. Satria Teknik Indonesia," Jurnal PROCESSOR, vol. 20, no. 1, 2025.