

Dashboard Rekomendasi Bundling Produk Berbasis Algoritma Apriori Terintegrasi pada Sistem Point of Sale

Akbar Zakaria, Suparyanto*

¹ Prodi Informatika, Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer El Rahma Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

Email: ¹akbarzakaria271102@gmail.com, ^{2*}anto_suparyanto@stmikelrahma.ac.id

Email Penulis Korespondensi: anto_suparyanto@stmikelrahma.ac.id

Abstrak— Persaingan bisnis ritel pada segmen minimarket menuntut pelaku usaha menerapkan strategi promosi yang tepat sasaran berdasarkan data, bukan sekadar intuisi. Toko Sahabat sebagai studi kasus penelitian ini memiliki data transaksi penjualan dalam jumlah besar yang belum dimanfaatkan secara optimal untuk mendukung pengambilan keputusan bisnis, sehingga pemilik toko mengalami kesulitan dalam menentukan produk promosi maupun paket produk yang sering dibeli bersama oleh konsumen. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan algoritma Apriori ke dalam sistem *dashboard* rekomendasi bundling produk yang terintegrasi pada aplikasi kasir (*Point of Sale*) berbasis web. Sistem dibangun menggunakan *framework* Laravel 11 dan basis data MySQL 8.0, dengan data sebanyak 14.166 transaksi yang dikumpulkan pada periode 1 Desember 2025 hingga 20 Juni 2026. Algoritma Apriori digunakan untuk menemukan *frequent itemset* dan membentuk aturan asosiasi (*association rule*) berdasarkan nilai *support*, *confidence*, dan *lift ratio*. Dengan parameter minimum *support* 2% dan minimum *confidence* 30%, penelitian ini menghasilkan 17 aturan asosiasi valid dengan nilai *lift ratio* lebih besar dari satu, tertinggi pada pasangan Gula Pasir Gulaku dan Kopi Kapal Api (*confidence* 90,27%, *lift* 5,42), yang kemudian dipetakan menjadi lima rekomendasi paket bundling siap pakai untuk strategi penataan rak dan promosi. Hasil pengujian *black box* pada delapan skenario menunjukkan tingkat keberhasilan 100%, membuktikan bahwa seluruh fungsi sistem berjalan sesuai rancangan dan layak digunakan secara operasional. Kontribusi ilmiah penelitian ini terletak pada integrasi langsung algoritma Apriori ke dalam sistem kasir yang sedang berjalan, sehingga rekomendasi bundling dihasilkan secara otomatis dan berkelanjutan dari data transaksi riil, berbeda dari penelitian terdahulu yang umumnya menyajikan hasil analisis asosiasi secara manual dan terpisah dari sistem operasional toko.

Kata Kunci: Algoritma Apriori, Association Rule, Data Mining, Rekomendasi Bundling, Minimarket

Abstract— Competition in the minimarket retail business requires owners to implement data-driven promotional strategies rather than relying on intuition. Toko Sahabat, the case study of this research, holds a large volume of sales transaction data that has not been optimally utilized to support business decision-making, making it difficult for the owner to determine which products should be promoted or bundled together. This research aims to implement the Apriori algorithm into a product bundling recommendation dashboard integrated within a web-based Point of Sale (POS) application. The system was built using the Laravel 11 framework and MySQL 8.0 database, using 14,166 transactions collected from December 1, 2025, to June 20, 2026. The Apriori algorithm was used to identify frequent itemsets and generate association rules based on support, confidence, and lift ratio values. Using a minimum support of 2% and minimum confidence of 30%, the system generated 17 valid association rules, all with lift ratio values greater than one, the strongest being between Gula Pasir Gulaku and Kopi Kapal Api (confidence 90.27%, lift 5.42), which were mapped into five ready-to-use bundling package recommendations for shelf arrangement and promotional strategies. Black box testing across eight scenarios achieved a 100% success rate, confirming that all system functions operate as designed and are ready for operational use. The scientific contribution of this research lies in the direct integration of the Apriori algorithm into an active POS system, enabling bundling recommendations to be generated automatically and continuously from real transaction data, in contrast to prior studies that typically present association analysis results manually and separately from the store's operational system.

Keywords: Apriori Algorithm, Association Rule, Data Mining, Bundling Recommendation, Minimarket

1. PENDAHULUAN

Persaingan bisnis ritel pada segmen minimarket semakin ketat, sehingga pelaku usaha dituntut menerapkan strategi pemasaran yang efektif, salah satunya melalui penentuan produk promosi yang tepat sasaran [1]. Aktivitas transaksi penjualan yang berlangsung setiap hari menghasilkan data dalam jumlah besar yang tersimpan pada sistem kasir maupun basis data toko. Pada Toko Sahabat misalnya, data transaksi yang terkumpul selama beberapa bulan mencapai puluhan ribu baris transaksi, mencakup berbagai kategori produk kebutuhan sehari-hari. Sayangnya, data sebesar ini masih sebatas tersimpan sebagai arsip administratif dan belum dimanfaatkan secara optimal untuk mendukung pengambilan keputusan bisnis. Padahal, di balik kumpulan data transaksi tersebut tersimpan pola pembelian konsumen yang apabila digali dengan tepat dapat menjadi dasar pengambilan keputusan yang bernilai strategis bagi pemilik usaha. Dalam praktiknya, pemilik atau pengelola Toko Sahabat mengalami kesulitan dalam menentukan produk mana yang sebaiknya dijadikan promosi maupun ditempatkan secara berdekatan di rak penjualan. Penentuan tersebut selama ini masih dilakukan berdasarkan intuisi atau pengalaman semata, tanpa didukung analisis data transaksi yang sistematis dan terukur. Akibatnya, strategi promosi yang dijalankan berisiko kurang tepat sasaran, tidak efisien dari segi biaya, dan kurang berdampak signifikan terhadap peningkatan volume penjualan maupun loyalitas pelanggan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, data transaksi penjualan dapat dianalisis menggunakan teknik *data mining*, yaitu proses penggalian pola dan informasi tersembunyi dari sekumpulan data berskala besar [2]. Salah satu teknik *data mining* yang umum digunakan untuk menemukan keterkaitan antar item dalam data transaksi adalah *association rule mining* dengan algoritma Apriori [3]. Algoritma ini dipilih karena kemampuannya yang terbukti efektif dalam mengidentifikasi pola pembelian pada data transaksi berskala besar [4]. Selain digunakan untuk menemukan pola pembelian konsumen,

algoritma Apriori telah banyak dimanfaatkan dalam sistem rekomendasi produk, analisis perilaku pelanggan, dan strategi cross-selling pada industri ritel modern [5]. Penelitian internasional juga menunjukkan bahwa association rule mining mampu menghasilkan informasi yang bernilai untuk mendukung pengambilan keputusan bisnis melalui identifikasi hubungan antarproduk yang sering muncul secara bersamaan pada data transaksi berskala besar [6]. Algoritma Apriori bekerja dengan menemukan kombinasi produk yang sering dibeli secara bersamaan (*frequent itemset*), kemudian mengukur kekuatan hubungan antar produk tersebut melalui nilai *support*, *confidence*, dan *lift ratio* [7]. Ketiga metrik ini memungkinkan peneliti maupun pelaku usaha untuk menyaring aturan asosiasi yang benar-benar relevan secara statistik dan bermakna secara bisnis.

Penerapan algoritma Apriori telah banyak dikaji pada berbagai sektor bisnis dan terbukti efektif dalam mengungkap pola pembelian konsumen. Pada sektor *food and beverage*, penelitian pengembangan sistem rekomendasi paket menu menghasilkan nilai *lift ratio* signifikan sebesar 3,64, yang membantu mengidentifikasi paket menu yang lebih menarik bagi konsumen [8]. Pada sektor ritel/swalayan, penelitian Trifena et al. menemukan bahwa pelanggan yang membeli makanan cenderung juga membeli air mineral, dengan *confidence* tertinggi 51,7% dan *lift* 2,2 [9], sementara penelitian pada penjualan spare part otomotif menghasilkan *itemset* hingga lima kombinasi produk menggunakan minimum *support* 8% dan *confidence* 60% [10]. Penelitian lain yang menggabungkan algoritma FP-Growth dan Apriori pada Toko IBR Jaya menunjukkan bahwa kombinasi kedua metode tersebut dapat meningkatkan akurasi rekomendasi penjualan dibandingkan penggunaan satu algoritma saja [11]. Penelitian terkait penentuan produk unggulan berdasarkan pola transaksi juga menunjukkan bahwa algoritma Apriori efektif mengidentifikasi produk yang paling sering terjual bersamaan, sehingga dapat dijadikan acuan strategi promosi dan pengadaan stok [12].

Pada studi mengenai stagnasi penjualan akibat persaingan ketat di Toko Caringin, algoritma Apriori berhasil menemukan asosiasi pembelian gula–kopi (*confidence* 65%, *lift* 3,9) dan telur–mie instan (*confidence* 61%, *lift* 2,8), yang menunjukkan efektivitas algoritma ini dalam merancang strategi pemasaran berbasis pola pembelian aktual [13]. Studi serupa pada minimarket Circle'K menghasilkan tujuh aturan asosiasi dengan *support* 50% dan *confidence* 60% untuk mendukung pengelolaan stok dan promosi [14]. Pada sektor jasa, algoritma Apriori juga digunakan untuk merekomendasikan paket pernikahan, dengan hasil kombinasi paket Photographer & Documentation dan MUA → Deluxe mencakup 44% dari total transaksi [15]. Pada sektor kosmetik dan fashion, penerapan algoritma serupa berhasil menemukan pola asosiasi antar produk yang sering dibeli bersamaan, yang dapat dimanfaatkan untuk mendukung strategi *cross-selling* maupun penyusunan paket produk [16]. Selain itu, beberapa penelitian terbaru menunjukkan bahwa integrasi algoritma Apriori dengan sistem informasi penjualan mampu mengotomatisasi proses analisis transaksi sehingga rekomendasi produk dapat dihasilkan secara lebih cepat, konsisten, dan mendukung pengambilan keputusan promosi berbasis data pada lingkungan ritel modern [17].

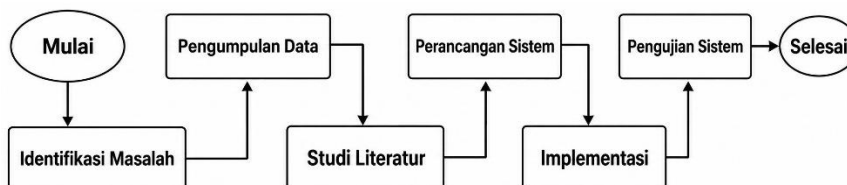
Dari uraian tersebut, dapat diidentifikasi tiga kelemahan utama pada penelitian-penelitian terdahulu. Sebagian besar studi kasus [8], [9] [10], [11], [15],[16] dilakukan pada jenis usaha dengan karakteristik data yang berbeda dari minimarket kelontong harian, seperti restoran, spare part otomotif, dan jasa pernikahan, sehingga pola transaksi, jumlah kategori produk, dan volume data yang dianalisis tidak merepresentasikan kompleksitas transaksi minimarket dengan keragaman produk kebutuhan sehari-hari yang tinggi. Selain itu, penelitian pada objek yang lebih sebanding seperti swalayan [7] dan minimarket Circle'K [14] masih berhenti pada tahap identifikasi aturan asosiasi secara manual atau eksploratif, tanpa diwujudkan ke dalam sebuah sistem yang terintegrasi dan dapat digunakan secara langsung oleh pemilik usaha dalam operasional sehari-hari. Belum ditemukan pula penelitian yang mengintegrasikan hasil algoritma Apriori ke dalam aplikasi kasir (*Point of Sale*) yang sudah berjalan, sehingga rekomendasi bundling yang dihasilkan masih terpisah dari alur kerja transaksi riil toko. Ketiga kesenjangan tersebut menjadi *research gap* yang diisi oleh penelitian ini.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini memberikan kontribusi dengan menerapkan algoritma Apriori pada data transaksi riil minimarket kelontong, yaitu Toko Sahabat, dengan volume dan keragaman kategori produk yang tinggi sebanyak 14.166 transaksi selama periode Desember 2025 hingga Juni 2026. Penelitian ini juga mengembangkan sistem *dashboard* rekomendasi bundling produk yang terintegrasi langsung dengan aplikasi kasir (POS) berbasis web, bukan sekadar hasil analisis manual yang terpisah dari sistem operasional sebagaimana pada penelitian sebelumnya. Lebih lanjut, aturan asosiasi yang dihasilkan diterjemahkan menjadi rekomendasi paket bundling praktis yang dapat langsung digunakan sebagai dasar strategi penataan rak dan promosi oleh pemilik toko, sehingga penelitian ini diharapkan mampu memberikan solusi yang lebih aplikatif dibandingkan penelitian-penelitian terdahulu yang masih bersifat eksploratif. Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan algoritma Apriori ke dalam sebuah sistem *dashboard* berbasis web yang dapat digunakan secara langsung oleh pemilik Toko Sahabat untuk menghasilkan rekomendasi produk promosi berdasarkan data transaksi penjualan riil. Dengan adanya sistem ini, keputusan promosi yang diambil tidak lagi hanya berdasarkan intuisi semata, melainkan didukung oleh bukti pola pembelian aktual konsumen, sehingga diharapkan dapat meningkatkan efektivitas strategi pemasaran, efisiensi pengelolaan stok, dan pada akhirnya berkontribusi terhadap peningkatan penjualan toko secara keseluruhan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini, algoritma Apriori digunakan untuk menganalisis data transaksi penjualan pada minimarket guna menemukan pola pembelian konsumen berdasarkan produk yang sering dibeli secara bersamaan. Data yang

dianalisis meliputi informasi transaksi, daftar produk, kategori produk, serta jumlah pembelian yang tercatat pada sistem. Algoritma Apriori merupakan salah satu metode dalam *data mining* yang digunakan untuk menemukan aturan asosiasi (*association rule*) antar item dalam suatu kumpulan data transaksi. Algoritma Apriori merupakan salah satu metode *data mining* untuk menemukan aturan asosiasi (*association rule*) antar produk dalam data transaksi, atau dikenal sebagai *market basket analysis* [18]. Metode ini dipilih karena mampu menghasilkan aturan asosiasi yang mudah diinterpretasikan melalui nilai *support*, *confidence*, dan *lift ratio*, serta sesuai diterapkan pada data transaksi Toko Sahabat yang memiliki jumlah kategori produk relatif terbatas. Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai *support*, *confidence*, dan *lift ratio* untuk menentukan kekuatan hubungan antarproduk yang ditemukan [19]. Aturan asosiasi yang memenuhi nilai minimum *support* dan minimum *confidence* digunakan sebagai dasar penyusunan rekomendasi promosi pada dashboard sistem. Rekomendasi tersebut diharapkan dapat membantu minimarket dalam menentukan strategi promosi dan pengambilan keputusan berbasis data untuk meningkatkan penjualan [20]. Alur penelitian yang diterapkan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian

Berdasarkan Gambar 1, penelitian diawali dengan identifikasi masalah yang terjadi pada Toko Sahabat terkait penentuan produk promosi. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data transaksi penjualan sebagai bahan analisis. Data tersebut kemudian digunakan dalam proses perancangan sistem dan penerapan algoritma Apriori untuk menghasilkan aturan asosiasi berdasarkan nilai *support*, *confidence*, dan *lift ratio*. Tahap akhir penelitian adalah pengujian sistem menggunakan metode black box testing untuk memastikan seluruh fungsi berjalan sesuai dengan kebutuhan.

2.1 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah merupakan langkah awal dalam penelitian yang bertujuan untuk mendefinisikan masalah yang ada serta membuatnya dapat diukur dan diuji. Dalam penelitian ini, permasalahan yang diangkat adalah kesulitan pemilik Toko Sahabat dalam menentukan produk promosi maupun paket produk yang sering dibeli bersama oleh konsumen. Dengan mengidentifikasi masalah ini, penelitian bertujuan untuk memberikan solusi berupa sistem rekomendasi berbasis web yang dapat memudahkan pemilik toko dalam menyusun strategi promosi dan paket produk berdasarkan pola pembelian pelanggan yang sesungguhnya.

2.2 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Toko Sahabat, dengan jumlah 14.166 transaksi yang dikumpulkan sejak 1 Desember 2025 hingga 20 Juni 2026. Pengumpulan data dilakukan melalui teknik dokumentasi, yaitu dengan menelusuri catatan transaksi penjualan yang telah tersimpan pada sistem toko. Melalui pendekatan ini, data yang diperoleh dapat menggambarkan pola pembelian pelanggan secara akurat dan representatif, sehingga layak digunakan sebagai dasar analisis pada tahap penelitian selanjutnya.

2.3. Perancangan Sistem

2.3.1 Arsitektur Sistem

Arsitektur sistem pada penelitian ini terdiri atas tiga komponen utama, yaitu input, proses, dan output, sebagaimana digambarkan pada Tabel 1. Komponen input berupa data transaksi penjualan Toko Sahabat yang menjadi titik awal proses rekomendasi. Pada komponen proses, sistem terlebih dahulu menghitung frekuensi kemunculan tiap produk secara individual (*1-itemset*), kemudian membentuk kombinasi pasangan produk (*2-itemset*) dan menyaringnya berdasarkan nilai minimum *support* yang telah ditentukan. Tahap berikutnya adalah pembentukan aturan asosiasi (*association rule*), yaitu dengan menghitung nilai *confidence* sebagai ukuran persentase keakuratan hubungan antar pasangan produk tersebut. Pada komponen output, sistem menampilkan hasil akhir berupa rekomendasi paket produk yang sering dibeli secara bersamaan oleh pelanggan, sekaligus menyajikan visualisasi proses kerja algoritma Apriori secara keseluruhan. Arsitektur sistem yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1.

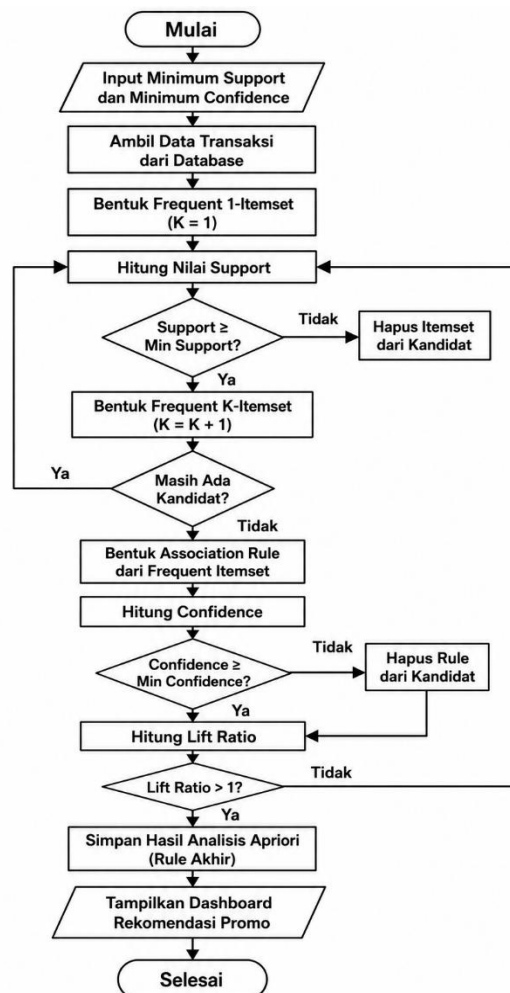
Tabel 1. Arsitektur Sistem Apriori

Input	Proses	Output
- Data Transaksi Penjualan - Data Detail Transaksi - Minimum Support	- Mengambil data transaksi dari database. - Membentuk daftar item pada	- Frequent Itemset - Nilai Support - Nilai Confidence

Minimum Confidence	setiap transaksi.	Nilai Lift Ratio
Input	3. Menghitung support 1-itemset.	Output
Periode Analisis	Proses	- Pola Pembelian Konsumen - Dashboard Rekomendasi Promo
	4. Membentuk kandidat 2-itemset dan itemset berikutnya. 5. Menyeleksi itemset berdasarkan minimum support. 6. Membentuk association rule. 7. Menghitung confidence setiap aturan. 8. Menghitung lift ratio. 9. Menyimpan hasil aturan asosiasi.	

2.3.2 Flowchart Metode

Tahapan penerapan algoritma Apriori dalam penelitian ini digambarkan pada Gambar 2 dalam bentuk flowchart. Diagram alir tersebut disusun untuk memberikan gambaran yang sistematis mengenai proses implementasi algoritma Apriori pada data transaksi penjualan Toko Sahabat, mulai dari tahap pengolahan data hingga terbentuknya aturan asosiasi sebagai dasar rekomendasi produk. Alur proses penerapan algoritma Apriori divisualisasikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Flowchart Metode

Berdasarkan Gambar 2, proses analisis diawali dengan memasukkan nilai minimum *support* dan minimum *confidence* sebagai parameter perhitungan. Sistem kemudian mengambil data transaksi penjualan dari database untuk membentuk *frequent itemset* dan menghitung nilai *support* setiap *itemset*. *Itemset* yang memenuhi nilai minimum *support* akan digunakan untuk membentuk *association rule*, sedangkan *itemset* yang tidak memenuhi akan dieliminasi. Selanjutnya dilakukan perhitungan *confidence* dan *lift ratio* untuk menentukan kekuatan hubungan antarproduk. Hasil aturan

asosiasi yang memenuhi kriteria akan disimpan dan ditampilkan pada *dashboard* rekomendasi promo sebagai informasi pola pembelian konsumen. Adapun rumus untuk perhitungan metode apriori sebagai berikut.

1. *Support* adalah proporsi transaksi dalam database yang mengandung item atau kombinasi item tertentu, seperti item A dan B. Seberapa sering item A dan B muncul bersama dalam data yang ada, ditunjukkan oleh *support*.

$$\text{support}(A) = \frac{\text{Total transaksi mengandung } A}{\text{Total Seluruh Transaksi}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{support}(A, B) = \frac{\text{Total transaksi yang terdiri dari } A \text{ dan } B}{\text{Total seluruh transaksi}} \times 100 \quad (2)$$

2. *Confidence* adalah ukuran seberapa akurat aturan tersebut. Dengan *confidence*, memungkinkan untuk menilai kekuatan hubungan antar produk yang terbentuk pada aturan asosiasi

$$\text{Confidence}(A, B) = \frac{\text{Support}(A, B)}{\text{Support}(A)} \times 100 \quad (3)$$

3. *Lift ratio* diterapkan pada aturan asosiasi yang sudah diperoleh. Tujuan perhitungan ini adalah untuk mengevaluasi validitas aturan asosiasi, yang berarti bahwa aturan asosiasi berlaku jika nilai *lift rasio* lebih besar dari satu.

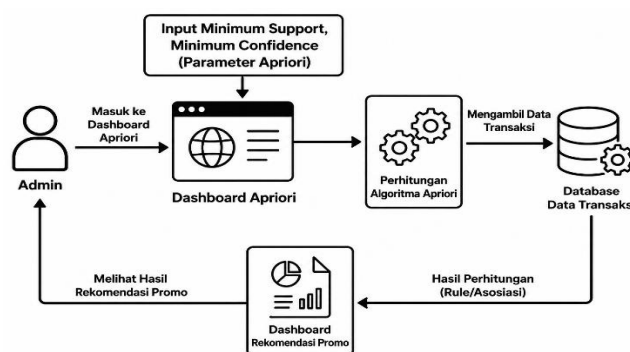
$$\text{Lift Rasio}(A, B) = \frac{\text{Confidence}(A, B)}{\text{Support}(B)} \quad (4)$$

2.3.3 Penentuan Parameter Minimum Support dan Minimum Confidence

Penentuan nilai minimum *support* dan minimum *confidence* dilakukan melalui pengujian bertahap dengan mencoba beberapa kombinasi nilai ambang batas, kemudian membandingkan jumlah aturan asosiasi yang dihasilkan serta relevansi bisnisnya. Nilai minimum *support* yang terlalu tinggi terbukti menghasilkan aturan asosiasi dalam jumlah yang sangat sedikit karena hanya pasangan produk dengan frekuensi kemunculan sangat tinggi yang lolos penyaringan, sementara nilai yang terlalu rendah menghasilkan aturan dalam jumlah besar namun banyak di antaranya memiliki nilai *lift ratio* mendekati satu sehingga kurang bermakna secara bisnis. Berdasarkan pengujian tersebut, nilai minimum *support* 2% dan minimum *confidence* 30% dipilih karena menghasilkan jumlah aturan yang proporsional dengan seluruh nilai *lift ratio* di atas satu. Nilai ini relatif lebih rendah dibandingkan penelitian pada sektor spare part otomotif yang menggunakan minimum *support* 8% dan minimum *confidence* 60% [10] maupun penelitian pada minimarket Circle'K yang menggunakan minimum *support* 50% dan minimum *confidence* 60% [14]. Perbedaan ini disebabkan oleh karakteristik data Toko Sahabat yang memiliki keragaman kategori produk lebih tinggi dan volume transaksi harian yang besar, sehingga frekuensi kemunculan tiap pasangan produk secara individual menjadi lebih rendah dibandingkan objek penelitian sebelumnya yang cenderung memiliki variasi produk lebih terbatas. Dengan demikian, penetapan parameter pada penelitian ini disesuaikan dengan karakteristik data aktual, bukan mengikuti nilai baku dari penelitian terdahulu secara langsung.

2.3.4 Diagram Blok Sistem

Berdasarkan penelitian ini, diagram blok sistem menggambarkan alur penggunaan *dashboard* rekomendasi promo oleh admin. Admin mengakses *dashboard* kemudian memasukkan nilai minimum *support* dan minimum *confidence* sebagai parameter algoritma Apriori. Sistem melakukan proses perhitungan menggunakan data transaksi yang tersimpan pada database dan menghasilkan rekomendasi promo yang dapat dilihat oleh admin. Diagram blok sistem ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Blok

Berdasarkan Gambar 3, proses dimulai ketika admin memasukkan parameter minimum support, minimum confidence, dan periode analisis melalui dashboard. Selanjutnya sistem mengambil data transaksi dari basis data dan menjalankan algoritma Apriori untuk menghasilkan frequent itemset serta aturan asosiasi. Hasil analisis kemudian ditampilkan dalam bentuk rekomendasi bundling produk yang dapat digunakan sebagai dasar penyusunan strategi promosi.

2.3.5 Pengujian dan Validasi Sistem

Validasi terhadap sistem yang dibangun dilakukan menggunakan metode *black box testing*, yaitu pengujian yang berfokus pada kesesuaian antara masukan dan keluaran sistem tanpa memeriksa struktur kode program secara internal. Pengujian dirancang dalam bentuk skenario yang mencakup tiga aspek utama, yaitu validasi input parameter minimum support dan minimum confidence, proses perhitungan aturan asosiasi oleh algoritma Apriori, serta kesesuaian tampilan hasil rekomendasi pada dashboard. Setiap skenario pengujian disusun dengan menentukan data masukan, hasil yang diharapkan, serta kriteria keberhasilan berupa kesesuaian antara hasil aktual sistem dengan hasil yang diharapkan tersebut. Skenario dinyatakan berhasil apabila keluaran sistem sesuai dengan hasil yang diharapkan, dan dinyatakan gagal apabila terdapat ketidaksesuaian yang memerlukan perbaikan pada sistem.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Implementasi Sistem

Sistem dashboard rekomendasi bundling berbasis algoritma Apriori berhasil diimplementasikan sebagai modul terintegrasi pada aplikasi kasir (*Point of Sale*) Toko Sahabat. Sistem dibangun menggunakan framework Laravel 11 dengan basis data MySQL 8.0. Data transaksi yang digunakan berjumlah 14.166 transaksi yang dikumpulkan pada periode 1 Desember 2025 hingga 20 Juni 2026, mencakup tujuh kategori produk meliputi Sembako & Staples, Mie Instan & Pasta, Makanan Ringan & Biskuit, Minuman & Susu, Perawatan Tubuh & Mandi, Kebutuhan Rumah Tangga, dan Roti & Pastry. Proses analisis dipicu melalui dashboard oleh admin dengan memasukkan parameter minimum support, minimum confidence, dan rentang periode analisis. Sistem menyingkirkan transaksi yang memuat minimal dua produk berbeda, membangun peta indeks item-ke-transaksi, lalu menghitung frequent itemset dan aturan asosiasi yang memenuhi ambang batas parameter. Hasil aturan disimpan ke tabel apriori_rules dan langsung ditampilkan pada dashboard rekomendasi.

3.2 Hasil Analisa Apriori

Berisi hasil implementasi ataupun Pengujian dilakukan dengan parameter minimum support 2% dan minimum confidence 30%. Penetapan nilai ini mempertimbangkan karakteristik data transaksi minimarket dengan variasi produk yang tinggi, di mana penggunaan minimum support yang terlalu besar akan menghasilkan frequent itemset yang tidak representatif. Dari 14.166 transaksi, seluruhnya bersifat multi-produk sehingga efektif digunakan sebagai basis analisis. Produk dengan nilai support tertinggi adalah Roti Tawar Kupas Sari Roti (52,48%), yang muncul pada lebih dari separuh seluruh transaksi. Posisi berikutnya ditempati produk kategori Perawatan Tubuh seperti Shampoo Anti Ketombe Clear (20,38%), Sabun Mandi Lux (20,30%), dan Pepsodent (20,22%), serta produk sembako harian seperti Margarine Blue Band (17,58%) dan Mie Goreng Indomie (17,56%). Tingginya support produk-produk ini mencerminkan pola kebutuhan harian konsumen Toko Sahabat yang didominasi kebutuhan sarapan dan perawatan diri. Penerapan algoritma Apriori menghasilkan 17 aturan asosiasi yang valid, seluruhnya memiliki nilai lift ratio > 1 yang menandakan kemunculan bersamaan antaritem bukan merupakan kejadian acak. Hasil selengkapnya disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Aturan Asosiasi Algoritma Apriori

No	Antecedent (If)	Consequent (Then)	Support (%)	Confidence (%)	Lift
1	Gula Pasir - Gulaku	Kopi Kapal Api	14,53	90,27	5,42
2	Indomilk SKM 250ml	Margarine Blue Band	14,82	88,79	5,05
3	Saus Sambal Indofood	Mie Goreng Indomie	14,90	84,88	4,76
4	Pepsodent	Sabun Lux	15,99	79,12	3,90
5	Pepsodent	Shampoo Clear	16,01	79,22	3,89
6	Sabun Lux	Shampoo Clear	15,97	78,67	3,86
7	Margarine Blue Band	Roti Tawar Sari Roti	16,17	91,96	3,01
8	Gula Pasir - Gulaku	Roti Tawar Sari Roti	14,95	92,84	3,04
9	Kopi Kapal Api	Roti Tawar Sari Roti	15,03	90,33	2,95

No	Antecedent (If)	Consequent (Then)	Support (%)	Confidence (%)	Lift
10	Indomilk SKM 250ml	Roti Tawar Sari Roti	15,12	90,61	2,96
11	Kecap Manis ABC	Roti Tawar Sari Roti	2,05	59,12	1,93
12	Vaseline Body Lotion	Shampoo Clear	2,15	32,14	1,58
13	Vaseline Body Lotion	Sabun Lux	2,15	32,14	1,58
14	Nivea Deodorant Spray	Shampoo Clear	2,00	30,87	1,51
15	Nivea Deodorant Spray	Sabun Lux	2,07	31,88	1,57
16	Nivea Deodorant Spray	Pepsodent	2,07	31,88	1,58
17	Vaseline Body Lotion	Pepsodent	2,02	30,19	1,49

Berdasarkan Tabel 2, aturan dengan nilai *lift* tertinggi adalah Gula Pasir Gulaku → Kopi Kapal Api (*lift* 5,42; *confidence* 90,27%), yang menunjukkan bahwa pembeli gula pasir memiliki kecenderungan 5,42 kali lebih besar untuk membeli kopi dibandingkan secara acak. Aturan Indomilk SKM → Margarine Blue Band (*lift* 5,05; *confidence* 88,79%) menunjukkan pola pembelian produk pelengkap sarapan, sedangkan Saus Sambal Indofood → Mie Goreng Indomie (*lift* 4,76; *confidence* 84,88%) mencerminkan kombinasi bahan masak yang umum. Produk perawatan diri (Pepsodent, Sabun Lux, dan Shampoo Clear) membentuk tiga aturan dengan nilai *lift* 3,86–3,90, menandakan sering dibeli bersamaan. Selain itu, Roti Tawar Sari Roti menjadi *consequent* pada empat aturan dengan *confidence* di atas 90%, sehingga berperan sebagai produk inti dalam pola belanja sarapan di Toko Sahabat.

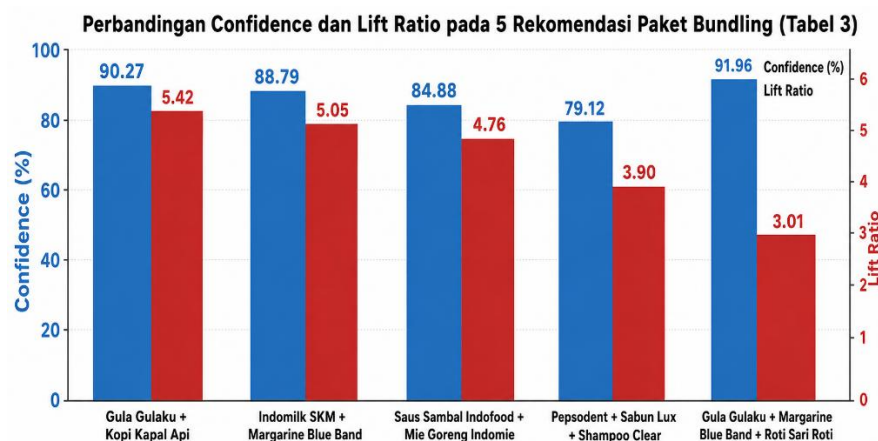
3.3 Apriori Rekomendasi Bundling Produk

Berdasarkan aturan asosiasi yang dihasilkan, sistem secara otomatis menampilkan rekomendasi paket bundling produk pada *dashboard*. Rekomendasi disusun berdasarkan nilai *lift ratio* sebagai indikator kekuatan asosiasi dan *confidence* sebagai ukuran keandalan aturan. Lima rekomendasi utama disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekomendasi Bundling Berdasarkan Aturan Asosiasi

No	Paket Bundling	Conf (%)	Lift	Strategi Promosi
1	Gula Gulaku + Kopi Kapal Api	90,27	5,42	Rak berdampingan + promo paket
2	Indomilk SKM + Margarine Blue Band	88,79	5,05	Paket Sarapan Praktis
3	Saus Sambal Indofood + Mie Goreng Indomie	84,88	4,76	Bundling bumbu & mie instan
4	Pepsodent + Sabun Lux + Shampoo Clear	79,12	3,90	Paket Bersih Lengkap 3-in-1
5	Gula Gulaku + Margarine Blue Band + Roti Sari Roti	91,96	3,01	Paket Sarapan Lengkap display rak

Agar perbandingan kekuatan *confidence* dan *lift ratio* antarpaket bundling pada Tabel 3 lebih mudah diinterpretasikan, kelima rekomendasi tersebut disajikan pula dalam diagram batang perbandingan pada Gambar 4.



Gambar 4. Perbandingan Confidence dan Lift Ratio Paket Bundling

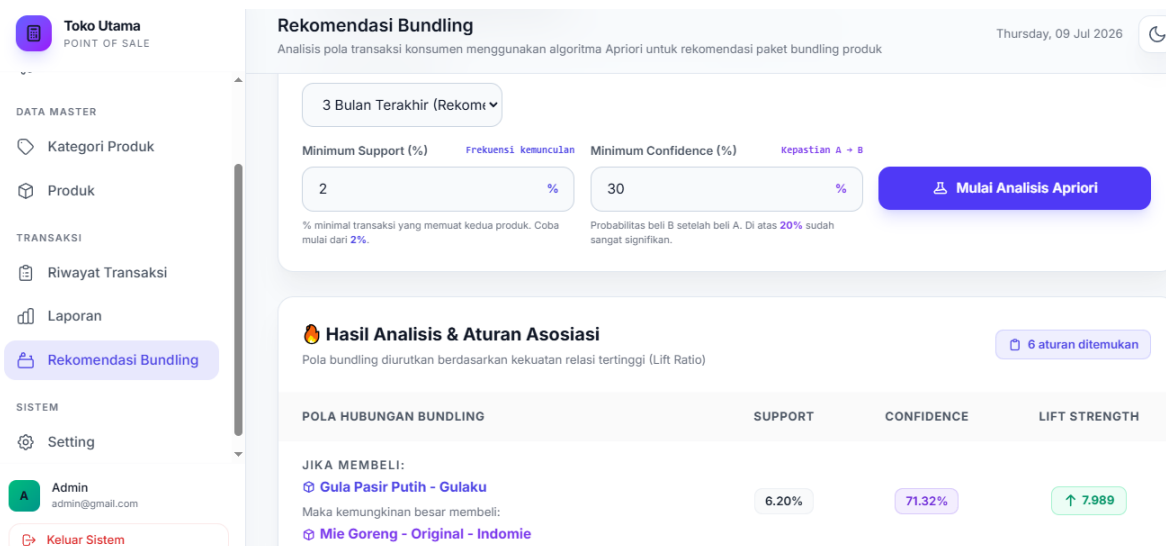
Hasil penelitian ini menunjukkan kesesuaian dengan beberapa penelitian terdahulu yang membuktikan efektivitas algoritma Apriori dalam mengidentifikasi pola keterkaitan antarproduk, namun terdapat perbedaan karakteristik hasil yang perlu dicermati. Dibandingkan dengan penelitian pada toko swalayan XYZ yang menghasilkan *confidence* tertinggi 51,7% dan *lift* 2,2 [10], aturan pada penelitian ini menghasilkan nilai *confidence* dan *lift* yang jauh lebih tinggi, yaitu 90,27% dan 5,42 pada pasangan Gula Pasir Gulaku dan Kopi Kapal Api. Perbedaan ini kemungkinan disebabkan oleh nilai minimum *support* yang lebih rendah pada penelitian ini sehingga menjangkau pasangan produk dengan frekuensi kemunculan lebih rendah namun keterkaitan yang lebih kuat, berbeda dengan penelitian pada Toko Caringin yang menggunakan ambang batas lebih tinggi dan menghasilkan *lift* maksimum 3,9 [13]. Perbandingan ini menunjukkan bahwa kekuatan aturan asosiasi yang dihasilkan algoritma Apriori sangat bergantung pada pemilihan parameter dan karakteristik data transaksi masing-masing objek penelitian, bukan semata-mata pada kemampuan algoritmanya. Keunggulan penelitian ini dibandingkan studi-studi tersebut terletak pada implementasi algoritma Apriori yang terintegrasi langsung dengan sistem kasir berbasis web, sehingga proses analisis data transaksi dan penyajian rekomendasi dapat dilakukan secara otomatis dan berkelanjutan, berbeda dengan penelitian terdahulu yang sebagian besar masih menyajikan aturan asosiasi sebagai hasil analisis manual tanpa integrasi sistem [9], [14]

3.4 Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan pada penelitian selanjutnya. Pertama, algoritma Apriori memerlukan proses pemindaian data secara berulang untuk membentuk kandidat itemset pada setiap tingkatan, sehingga waktu komputasi berpotensi meningkat signifikan apabila diterapkan pada volume transaksi maupun jumlah kategori produk yang jauh lebih besar dari 14.166 transaksi pada penelitian ini. Perbandingan performa dengan algoritma FP-Growth, yang dilaporkan pada penelitian terdahulu mampu menangani proses pembentukan frequent itemset tanpa pembentukan kandidat eksplisit sehingga lebih efisien pada data berskala besar [11], tidak dilakukan secara langsung pada penelitian ini karena skala data yang dianalisis masih dalam batas yang mampu ditangani Apriori dengan waktu proses yang wajar. Kedua, penelitian ini membatasi analisis hingga 2-itemset, sehingga pola bundling yang melibatkan tiga produk atau lebih, seperti pada rekomendasi kelima di Tabel 3, diperoleh melalui penggabungan aturan 2-itemset secara manual, bukan hasil langsung dari analisis 3-itemset. Ketiga, evaluasi dampak sistem terhadap peningkatan penjualan pada penelitian ini masih bersifat kualitatif berdasarkan kekuatan nilai *lift* ratio dan *confidence*, tanpa dilengkapi data penjualan sebelum dan sesudah penerapan rekomendasi bundling, sehingga besaran dampak nyata terhadap volume maupun nilai transaksi belum dapat dikuantifikasi pada penelitian ini.

3.5 Implementasi Tampilan

Implementasi tampilan sistem rekomendasi bundling produk ditampilkan dalam bentuk *dashboard* berbasis web, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.



The screenshot shows a web dashboard for 'Toko Utama POINT OF SALE'. The left sidebar contains navigation links: DATA MASTER (Kategori Produk, Produk), TRANSAKSI (Riwayat Transaksi, Laporan), and SISTEM (Setting). The main content area is titled 'Rekomendasi Bundling' and includes a sub-header 'Analisis pola transaksi konsumen menggunakan algoritma Apriori untuk rekomendasi paket bundling produk'. Below this, there are input fields for '3 Bulan Terakhir (Rekom)', 'Minimum Support (%)' (set to 2), 'Frekuensi kemunculan', 'Minimum Confidence (%)' (set to 30), and 'Kepastian A → B'. A 'Mulai Analisis Apriori' button is present. The results section, titled 'Hasil Analisis & Aturan Asosiasi', shows '6 aturan ditemukan'. A table displays the results:

POLA HUBUNGAN BUNDLING	SUPPORT	CONFIDENCE	LIFT STRENGTH
JIKA MEMBELI: ☑ Gula Pasir Putih - Gulaku Maka kemungkinan besar membeli: ☑ Mie Goreng - Original - Indomie	6.20%	71.32%	↑ 7.989

Gambar 4. Implementasi Tampilan

Pada halaman ini, admin dapat mengatur konfigurasi analisis Apriori melalui parameter rentang waktu transaksi, minimum *support*, dan minimum *confidence*, kemudian menjalankan proses analisis dengan menekan tombol "Mulai Analisis Apriori". Setelah proses selesai, sistem menampilkan notifikasi keberhasilan analisis pada bagian atas halaman. Hasil aturan asosiasi yang ditemukan kemudian ditampilkan pada bagian "Hasil Analisis & Aturan Asosiasi" dalam bentuk tabel yang memuat pola hubungan bundling, nilai *support*, *confidence*, dan *lift strength*, yang diurutkan berdasarkan kekuatan relasi tertinggi (*lift ratio*). Tampilan ini dirancang agar admin maupun pemilik toko dapat dengan

mudah membaca dan menginterpretasikan hasil analisis tanpa perlu memahami detail teknis perhitungan algoritma Apriori secara langsung.

3.6 Hasil Pengujian Sistem

Hasil Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode *black box testing* untuk memastikan setiap fungsi pada modul rekomendasi bundling berjalan sesuai dengan rancangan, tanpa menelusuri struktur kode program secara internal. Pengujian difokuskan pada fungsi input parameter, proses analisis Apriori, serta keluaran hasil pada *dashboard*. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Black Box Sistem Rekomendasi Bundling

No	Skenario Pengujian	Data Uji	Hasil yang Diharapkan	Hasil Aktual	Status
1	Input parameter minimum support dan confidence dengan nilai valid	Support = 2%, Confidence = 30%	Sistem menjalankan analisis dan menampilkan aturan asosiasi yang memenuhi ambang batas	Sistem berhasil menampilkan 17 aturan asosiasi sesuai parameter	Berhasil
2	Input parameter dengan nilai support 0%	Support = 0%, Confidence = 30%	Sistem menampilkan peringatan nilai tidak valid	Sistem menolak proses dan menampilkan pesan validasi	Berhasil
3	Input parameter dengan nilai confidence di atas 100%	Support = 2%, Confidence = 150%	Sistem menampilkan peringatan nilai tidak valid	Sistem menolak proses dan menampilkan pesan validasi	Berhasil
4	Memilih rentang waktu transaksi (periode analisis)	Periode = 12 Bulan Terakhir	Sistem memfilter data sesuai rentang waktu yang dipilih sebelum analisis	Sistem berhasil memproses 14.166 transaksi sesuai periode yang dipilih	Berhasil
5	Menjalankan analisis tanpa data transaksi multi-produk	Data transaksi kosong/single-produk	Sistem menampilkan notifikasi "tidak ditemukan aturan asosiasi"	Sistem menampilkan notifikasi sesuai yang diharapkan	Berhasil
6	Menampilkan hasil aturan asosiasi pada dashboard	Hasil 17 aturan asosiasi	Tabel hasil terurut berdasarkan nilai lift ratio tertinggi	Tabel hasil terurut sesuai lift ratio, dari nilai tertinggi ke terendah	Berhasil
7	Penyimpanan hasil aturan ke database	Hasil analisis Apriori	Data tersimpan pada tabel <i>apriori_rules</i>	Data berhasil tersimpan dan dapat ditampilkan ulang pada dashboard	Berhasil
8	Menjalankan ulang analisis dengan parameter berbeda	Support = 1%, Confidence = 50%	Sistem menampilkan hasil aturan baru sesuai parameter terbaru	Sistem berhasil memperbarui hasil sesuai parameter baru	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian *black box* pada Tabel 4, seluruh skenario pengujian menunjukkan hasil Berhasil, yang menandakan bahwa modul rekomendasi bundling pada sistem kasir Toko Sahabat telah berfungsi sesuai dengan rancangan, baik dari sisi validasi input parameter, proses analisis algoritma Apriori, maupun penyajian hasil pada *dashboard*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, algoritma Apriori berhasil diimplementasikan ke dalam sistem *dashboard* rekomendasi bundling produk yang terintegrasi pada aplikasi kasir (*Point of Sale*) Toko Sahabat menggunakan *framework* Laravel 11 dan basis data MySQL 8.0. Penerapan parameter minimum *support* 2% dan minimum *confidence* 30% pada 14.166 transaksi periode Desember 2025 hingga Juni 2026 menghasilkan 17 aturan asosiasi valid dengan seluruh nilai *lift ratio* lebih besar dari satu, tertinggi pada pasangan Gula Pasir Gulaku dan Kopi Kapal Api (*confidence* 90,27%, *lift* 5,42), yang kemudian dipetakan menjadi lima rekomendasi paket bundling. Hasil pengujian *black box* menunjukkan seluruh skenario pengujian berhasil, sehingga sistem terbukti mampu menjawab permasalahan pemilik Toko Sahabat dalam menentukan produk promosi secara objektif berbasis data transaksi aktual, tanpa memerlukan keahlian teknis di bidang *data mining*.

Penelitian ini masih memiliki keterbatasan, yaitu analisis dibatasi hingga *2-itemset*, belum dibandingkan secara langsung dengan algoritma lain seperti FP-Growth pada volume data yang lebih besar, serta belum mengukur dampak nyata rekomendasi bundling terhadap penjualan melalui data sebelum dan sesudah penerapan. Penelitian selanjutnya

disarankan untuk memperluas analisis hingga 3-itemset atau lebih guna menangkap pola bundling multi-produk secara langsung, membandingkan waktu komputasi dan kualitas aturan antara algoritma Apriori dan FP-Growth pada data transaksi berskala lebih besar, serta melakukan evaluasi dampak penerapan rekomendasi bundling terhadap penjualan melalui perbandingan data transaksi sebelum dan sesudah implementasi sistem.

REFERENCES

- [1] D. Ramadhan, S. Syam, R. Kurniasari, and T. Hidayat, "Implementasi Algoritma Apriori Pada Transaksi Penjualan Berbasis Web," *Jutis (Jurnal Teknik Informatika)*, vol. 12, no. 1, pp. 77–88, 2024.
- [2] D. Jollyta, W. Ramdhan, and M. Zarlis, *Konsep Data Mining dan Penerapan*. Yogyakarta: Deepublish, 2020.
- [3] D. Sitanggang, M. Turnip, Y. Laia, and S. P. Tamba, *Algoritma Apriori*. Medan: UNPRI Press, 2023.
- [4] C. Gunawan, W. Susanti, and Y. Duha, "Sistem Rekomendasi Produk E-Commerce Menggunakan Algoritma Apriori," *Jurnal Mahasiswa Aplikasi Teknologi Komputer dan Informasi*, vol. 6, no. 2, pp. 84–90, 2024, doi: 10.35145/JMAPTEKSI.V6I2.4485.
- [5] S. Zhou, "Research on Online Shopping Recommendation Algorithm Based on Apriori Algorithm with Association Rules," in *Proceedings of the 2024 International Conference*, Association for Computing Machinery (ACM), 2024. doi: 10.1145/3687311.3687370.
- [6] A. A. Hashad, K. K. Wah, and A. Alnoor, "Exploratory Analysis with Association Rule Mining Algorithms in the Retail Industry," *Malaysian Journal of Computing*, 2024, [Online]. Available: <https://mjoc.researchcommons.org/journal/vol9/iss1/7/>
- [7] A. Setiawan and F. P. Putri, "Implementasi Algoritma Apriori untuk Rekomendasi Kombinasi Produk Penjualan," *Ultimatics*, 2024.
- [8] A. P. Rizki, K. Auliasari, and D. Rudhistiar, "Sistem Rekomendasi Penentuan Paket Menu Menggunakan Algoritma Apriori," *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, vol. 8, no. 2, 2024, doi: 10.36040/jati.v8i2.9094.
- [9] M. Trifena, K. Hamidah, Y. Umaidah, and A. Voutama, "Implementasi Algoritma Apriori untuk Menentukan Paket Bundel dalam Penjualan Toko Swalayan XYZ," *Journal Sensi*, vol. 9, no. 2, pp. 187–197, 2023, doi: 10.33050/sensi.v9i2.2912.
- [10] R. A. Permana, P. Arsi, and P. Subarkah, "Penerapan Algoritma Apriori untuk Rekomendasi Produk Spare Part Mobil," *Journal of Technology and Informatics (JoTI)*, vol. 6, no. 1, pp. 8–16, 2024, doi: 10.37802/joti.v6i1.597.
- [11] R. F. Naibaho, S. Z. Harahap, and A. P. Juledi, "Implementasi Data Mining Menggunakan Metode Algoritma FP-Growth Dan Algoritma Apriori Pada Toko IBR Jaya Untuk Meningkatkan Penjualan," *INFORMATIKA*, vol. 12, no. 3, pp. 504–513, 2024, doi: 10.36987/INFORMATIKA.V12I3.6128.
- [12] E. M. Randi and R. T. Aldisa, "Penerapan Data Mining dalam Menentukan Produk Penjualan Terlaris Menggunakan Algoritma Apriori," *Journal of Computer System Informatics*, vol. 5, no. 4, pp. 1055–1063, 2024, doi: 10.47065/JOSYC.V5I4.5820.
- [13] G. Alam and D. Abdullah, "Implementation of Apriori Data Mining Algorithm to Increase Sales of Caringin Shop," *Jurnal Komputer, Informasi dan Teknologi*, vol. 4, no. 1, pp. 1–14, 2024, doi: 10.53697/jkomitek.v4i1.17.
- [14] V. Arinal and M. Afsari, "Penerapan Metode Asosiasi Pada Data Penjualan Transaksi Menggunakan Algoritma Apriori," *Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 5, no. 1, pp. 170–176, 2023, doi: 10.55338/saintek.v5i1.1366.
- [15] D. Sitanggang, N. A. B. S. Muham, S. H. Rangkuti, S. P. Zalukhu, and E. Indra, "Penerapan Data Mining Untuk Rekomendasi Paket Pernikahan Menggunakan Metode Algoritma Apriori," *Jurnal Teknik Informasi dan Komputer (Tekinkom)*, vol. 5, no. 1, p. 130, 2022, doi: 10.37600/tekinkom.v5i1.509.
- [16] C. Adiwihardja, N. Hardi, and W. Widyastuty, "Implementasi Data Mining Penjualan Kosmetik Pada Toko Zahrani Menggunakan Algoritma Apriori," *Jurnal Riset Komputer*, vol. 11, no. 2, pp. 1–7, May 2019.
- [17] D. S. K. Nayak, P. Nanda, P. Agasti, and R. Anjum, "A Prioritized-Recommendation System with Association Rule Mining and Random Forest for Retailing," in *IEEE International Conference Proceedings*, 2025. doi: 10.1109/11410622.
- [18] M. Fahrudin, "Penerapan Algoritma Apriori untuk Market Basket Analysis," *MIND (Multimedia Artificial Intelligent Networking Database) Journal*, vol. 4, no. 1, pp. 13–23, 2019, doi: 10.26760/mindjournal.v4i1.13-23.
- [19] I. Utnasar, "Analisis Data Pola Pembelian Konsumen dengan Algoritma Apriori pada Transaksi Penjualan Minimarket D Mart," *Jurnal Sistem Informasi dan Informatika (JISKA)*, vol. 2, no. 1, 2024, doi: 10.47233/jiska.v2i1.1254.
- [20] Septianingsih and A. B. Santoso, "Implementasi Association Rule Mining Menggunakan Algoritma Apriori untuk Rekomendasi Cross-Selling Produk Ritel," *Jurnal Algoritma*, vol. 23, no. 1, pp. 862–874, 2026, doi: 10.33364/algoritma/v.23-1.3381.