



Penerapan Algoritma Apriori Untuk Analisa Penjualan Menu dan Rekomendasi Bundling Produk

Muhammad Ismail Alwi^{1*}, Mahardika Prawira Tanjung²

^{1*,2} Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, Indonesia
Email: mhdismailalwi0@gmail.com

Abstrak

Angkringan "Stay-Up" di Medan memiliki data transaksi penjualan menu dalam jumlah besar namun belum dimanfaatkan secara optimal untuk mengidentifikasi pola pembelian pelanggan, sehingga penyusunan strategi bundling produk masih dilakukan berdasarkan intuisi tanpa dasar data yang kuat. Penelitian ini bertujuan menerapkan algoritma Apriori untuk menganalisis pola pembelian menu berdasarkan data transaksi penjualan, menghasilkan rekomendasi bundling produk, serta mengevaluasi efektivitasnya melalui nilai support, confidence, dan lift ratio. Sistem bernama STAY-UP INSIGHT dibangun berbasis web menggunakan PHP native dan MySQLi, dengan algoritma Apriori diimplementasikan secara mandiri tanpa pustaka pihak ketiga. Data penelitian terdiri atas 48.049 transaksi dan 138.069 baris detail transaksi selama periode Desember 2025 hingga Juli 2026. Perhitungan manual terhadap 20 transaksi sampel menghasilkan 13 frequent 1-itemset, 2 frequent 2-itemset, dan 4 association rule, yang hasilnya identik 100% dengan keluaran sistem, membuktikan validitas implementasi algoritma. Pada skala penuh dengan minimum support 2% dan minimum confidence 10%, sistem berhasil menemukan 61 frequent itemset dan 28 association rule dalam waktu rata-rata 0,38 detik, dengan seluruh rule memiliki nilai lift ratio lebih besar dari 1. Pengujian black box terhadap 15 skenario fungsional menunjukkan seluruh fitur berjalan sesuai yang diharapkan (100% valid). Penelitian ini menyimpulkan bahwa algoritma Apriori dapat diterapkan secara efektif untuk menghasilkan rekomendasi bundling produk yang valid dan dapat dipertanggungjawabkan secara data, serta layak digunakan sebagai alat bantu pengambilan keputusan bisnis pada Angkringan "Stay-Up" di Medan.

Kata Kunci: Algoritma Apriori, Association Rule Mining, Market Basket Analysis, Rekomendasi Bundling, Data Mining.

PENDAHULUAN

Industri makanan dan minuman merupakan salah satu sektor ekonomi yang terus mengalami pertumbuhan signifikan di Indonesia. Sektor ini tidak hanya berperan sebagai penyedia kebutuhan pokok masyarakat, tetapi juga menjadi tulang punggung perekonomian nasional melalui kontribusinya terhadap Produk Domestik Bruto (PDB). Data dari Badan Pusat Statistik menunjukkan bahwa industri makanan dan minuman pada triwulan I tahun 2024 mengalami pertumbuhan sebesar 5,87% untuk PDB dan menyumbang 6,47% terhadap total PDB nasional (Badan Pusat Statistik, 2024). Kontribusi ini menempatkan sektor makanan dan minuman sebagai salah satu penyumbang terbesar ketiga dalam perekonomian Indonesia, setelah perdagangan besar dan konstruksi (CRIF Indonesia, 2024). Pertumbuhan yang berkelanjutan ini mencerminkan ketahanan sektor kuliner sekaligus membuka peluang besar bagi pelaku usaha, terutama di tingkat Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM), untuk terus berinovasi dan mengembangkan bisnisnya.

Pertumbuhan sektor kuliner di Indonesia juga terlihat dari meningkatnya jumlah unit usaha penyedia makanan dan minuman. Berdasarkan data dari berbagai sumber, industri makanan dan minuman diproyeksikan akan terus menjadi pendorong utama pertumbuhan ekonomi dengan tingkat pertumbuhan yang positif (CRIF Indonesia, 2024). Fenomena ini tidak terlepas dari perubahan perilaku konsumen yang semakin dinamis, di mana konsumen tidak lagi sekadar mencari produk makanan dan minuman untuk memenuhi kebutuhan dasar, tetapi juga mengutamakan pengalaman, kenyamanan, dan kepraktisan dalam setiap pembelian (Riyadi et al., 2022). Dalam beberapa tahun terakhir, bisnis kedai kopi dan angkringan mengalami peningkatan popularitas yang pesat, hampir di seluruh sudut kota besar di Indonesia terdapat berbagai kedai kopi yang tidak hanya menjual kopi, tetapi juga menyediakan beragam

makanan dan minuman ringan (Aditya et al., 2023). Pertumbuhan ini menunjukkan bahwa konsumen semakin terbuka terhadap eksplorasi kuliner dan mengharapkan pengalaman yang lebih personal dalam menikmati hidangan.

Salah satu metode *data mining* yang banyak digunakan untuk menganalisis pola pembelian adalah algoritma *Apriori*. Algoritma ini mampu menghasilkan aturan asosiasi (*association rules*) berdasarkan nilai *support* dan *confidence* yang menunjukkan keterkaitan antar item dalam suatu transaksi (Han et al., 2022). Algoritma *Apriori* dipilih dibandingkan algoritma lain karena kemampuannya yang spesifik dalam menemukan *frequent itemset* dan membangun aturan asosiasi dari data transaksi secara efisien, serta dirancang untuk bekerja dengan baik pada data transaksi yang memiliki volume besar dan pola pembelian yang kompleks (Ünvan, 2020). Hasil analisis berupa aturan asosiasi dapat dimanfaatkan untuk menyusun strategi pemasaran, menentukan penempatan produk, hingga menghasilkan rekomendasi *bundling* produk yang sesuai dengan perilaku pembelian pelanggan.

Penelitian yang dilakukan oleh Rahman dan Riana (2025) menunjukkan bahwa penerapan algoritma *Apriori* pada *Market Basket Analysis* mampu mengidentifikasi pola pembelian konsumen dan menghasilkan rekomendasi *bundling* produk yang lebih efektif dibandingkan metode pembandingan pada dataset penelitian. Temuan tersebut membuktikan bahwa pemanfaatan data transaksi dapat meningkatkan efektivitas strategi penjualan dan pengelolaan stok produk. Selanjutnya, penelitian Dewi, Handayani, dan Indra (2022) menjelaskan bahwa banyak pelaku usaha telah memiliki data transaksi penjualan, namun belum memanfaatkannya secara optimal sebagai dasar pengambilan keputusan. Melalui penerapan algoritma *Apriori*, penelitian tersebut berhasil menemukan hubungan antar produk yang sering dibeli secara bersamaan sehingga dapat digunakan untuk mendukung strategi pemasaran berbasis data. Penelitian lain oleh Umar, Manongga, dan Iriani (2022) juga menunjukkan bahwa algoritma *Apriori* mampu menghasilkan aturan asosiasi yang berguna untuk memahami pola pembelian konsumen, yang dapat dimanfaatkan dalam menentukan strategi penempatan produk dan meningkatkan peluang penjualan melalui pendekatan *Market Basket Analysis*.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif dengan pendekatan deskriptif. Pendekatan kuantitatif dipilih karena penelitian ini memanfaatkan data transaksi penjualan yang berbentuk data numerik dan diolah secara sistematis menggunakan algoritma *Apriori* untuk menemukan pola hubungan antar menu berdasarkan nilai *support*, *confidence*, dan *lift ratio* (Sugiyono, 2019). Pendekatan deskriptif bertujuan untuk mendeskripsikan hasil analisis pola pembelian konsumen dan menghasilkan rekomendasi *bundling* produk yang dapat digunakan sebagai strategi pemasaran. Penelitian ini merupakan penelitian terapan (*applied research*) yang bertujuan memberikan solusi terhadap permasalahan nyata yang dihadapi objek penelitian memanfaatkan metode dan teknologi yang sesuai (Creswell & Creswell, 2018).

Penelitian dilaksanakan pada Angkringan "Stay-Up" yang berlokasi di Kota Medan, Sumatera Utara, selama empat minggu, dimulai dari tahap identifikasi masalah hingga penyelesaian laporan penelitian. Objek penelitian dipilih karena memiliki aktivitas transaksi penjualan menu setiap hari sehingga menghasilkan data transaksi yang dapat dianalisis menggunakan algoritma *Apriori*. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui empat cara, yaitu observasi, wawancara, dokumentasi, dan studi pustaka. Observasi dilakukan dengan mengamati secara langsung proses penjualan untuk memperoleh gambaran mengenai aktivitas transaksi, menu yang dijual, serta alur pembelian pelanggan. Wawancara semi-terstruktur dilakukan kepada pemilik Angkringan "Stay-Up" untuk memperoleh informasi mengenai proses bisnis, strategi pemasaran, kendala dalam menentukan paket menu, serta sistem pencatatan transaksi. Dokumentasi dilakukan dengan mengumpulkan data transaksi penjualan berupa catatan penjualan harian yang memuat nomor transaksi, tanggal transaksi, serta daftar menu yang dibeli pelanggan. Studi pustaka dilakukan dengan mempelajari buku, jurnal ilmiah, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan algoritma *Apriori*, data mining, *Market Basket Analysis*, dan strategi *bundling* produk.

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kuantitatif berupa riwayat transaksi penjualan menu, dengan sumber data primer yang diperoleh langsung dari Angkringan "Stay-Up" serta data sekunder dari buku, jurnal ilmiah, prosiding, dan penelitian terdahulu. Teknik analisis data menggunakan metode Data Mining dengan pendekatan Association Rule Mining melalui penerapan algoritma *Apriori*. Tahapan analisis meliputi: (1) pengumpulan data transaksi penjualan; (2) data cleaning untuk memastikan data bebas dari kesalahan, data ganda, data kosong, maupun data tidak relevan (Han et al., 2022); (3) transformasi data ke dalam format kumpulan item (menu) per transaksi; (4) penentuan nilai minimum *support* dan minimum *confidence*; (5) pembentukan *frequent itemset*; (6) pembentukan *association rule*; (7) perhitungan *lift ratio* untuk mengevaluasi kekuatan hubungan antar menu; (8) analisis hasil; dan (9) penyusunan rekomendasi *bundling* produk.

Algoritma *Apriori* bekerja dengan prinsip *Apriori Property*, yaitu apabila suatu kombinasi item tidak memenuhi nilai minimum *support*, maka seluruh kombinasi yang lebih besar (*superset*) yang

mengandung item tersebut juga tidak akan memenuhi nilai minimum support (Han et al., 2022). Nilai support suatu item dihitung dengan rumus:

$$\text{Support}(A) = (\text{Jumlah transaksi yang memuat } A) / (\text{Total transaksi}) \times 100\% \quad (1)$$

Sedangkan nilai confidence dan lift ratio dihitung dengan rumus:

$$\text{Confidence}(A \rightarrow B) = \text{Support}(A \cup B) / \text{Support}(A) \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{Lift Ratio}(A \rightarrow B) = \text{Confidence}(A \rightarrow B) / \text{Support}(B) \quad (3)$$

Aturan asosiasi yang memiliki nilai lift ratio lebih dari satu ($\text{lift} > 1$) dipilih sebagai rekomendasi bundling produk karena menunjukkan adanya hubungan yang kuat antar menu (Riyadi et al., 2022).

Selain analisis data, penelitian ini juga mengembangkan sistem pendukung keputusan berbasis web bernama STAY-UP INSIGHT. Sistem dikembangkan menggunakan PHP native (tanpa framework) dengan MySQLi sebagai driver basis data, serta HTML, CSS (Tailwind CSS), dan JavaScript (Chart.js, SweetAlert2) pada sisi front-end. Pemodelan sistem menggunakan Unified Modeling Language (UML) yang meliputi Use Case Diagram, Activity Diagram, dan Class Diagram. Sistem terdiri atas delapan tabel utama, yaitu users, menu, transaksi, transaksi_detail, analysis_runs, frequent_itemsets, association_rules, dan system_updates. Algoritma Apriori diimplementasikan sebagai kelas PHP mandiri bernama Apriori (berkas classes/Apriori.php) agar dapat digunakan kembali dan diuji secara terpisah dari logika halaman. Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode black box testing, pengujian validasi algoritma, pengujian keamanan, dan pengujian kinerja pada skala data penuh.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan dua luaran utama, yaitu hasil analisis pola pembelian menu menggunakan algoritma Apriori dan sistem pendukung keputusan berbasis web bernama STAY-UP INSIGHT yang mampu menghasilkan rekomendasi bundling produk secara otomatis. Bagian ini menyajikan hasil perhitungan manual algoritma Apriori sebagai validasi logika sistem, hasil pemrosesan data pada skala penuh, implementasi antarmuka sistem, serta hasil pengujian.

Validasi Perhitungan Manual Algoritma Apriori

Untuk membuktikan bahwa logika algoritma yang diimplementasikan pada sistem bekerja sesuai dengan konsep teoretis, dilakukan perhitungan manual terhadap 20 transaksi pertama (TRX000001–TRX000020) pada dataset penelitian. Data yang digunakan merupakan data transaksi asli Angkringan "Stay-Up", bukan data fiktif, sehingga seluruh angka dapat ditelusuri kembali ke dataset. Penggunaan sampel 20 transaksi semata-mata agar setiap langkah algoritma dapat didemonstrasikan secara manual dan diverifikasi satu per satu oleh pembaca.

Pada tahap pembentukan kandidat 1-itemset (C1), terdapat 31 item unik yang muncul pada 20 transaksi sampel. Dengan menetapkan minimum support sebesar 10% (setara minimal 2 dari 20 transaksi), diperoleh 13 item yang memenuhi kriteria sebagai frequent 1-itemset (L1). Item dengan support tertinggi adalah Mango Yakult dan Nugget masing-masing sebesar 20%, diikuti Brown Sugar Milk, Butterscotch Milky, Kentang Goreng, Sanger, Sosis, dan Strawberry Yakult masing-masing sebesar 15%, serta Dark Chocolate Milk, Earl Gray Milk Tea, Mie Sedap Cup Goreng, Milo, dan Orange Squash masing-masing sebesar 10%. Sebanyak 18 item lainnya dengan support 5% tidak memenuhi nilai minimum support sehingga dipangkas (prune) lebih awal. Inilah wujud nyata dari prinsip Apriori Property, yaitu item yang tidak frequent pada level 1-itemset dipastikan tidak akan membentuk itemset frequent pada level yang lebih tinggi.

Pada tahap pembentukan kandidat 2-itemset (C2), dari 13 item L1 diperoleh 22 kandidat pasangan yang benar-benar muncul bersama dalam satu transaksi. Setelah dilakukan penyaringan dengan minimum support 10%, hanya 2 pasangan yang memenuhi kriteria sebagai frequent 2-itemset (L2), yaitu {Mie Sedap Cup Goreng, Sanger} dan {Butterscotch Milky, Mango Yakult}, masing-masing dengan frekuensi kemunculan 2 kali (support = 10%). Pada percobaan pembentukan kandidat 3-itemset (C3), tidak ditemukan kombinasi tiga menu yang memenuhi nilai minimum support, sehingga proses iterasi algoritma Apriori berhenti pada level 2-itemset.

Dari 2 frequent 2-itemset tersebut, dibentuk 4 association rule dengan perhitungan confidence dan lift ratio secara lengkap. Hasil perhitungan manual keempat rule disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Association Rules Hasil Perhitungan Manual (min. support 10%, min. confidence 50%)

No	Jika Membeli (A)	Maka Membeli (B)	Support	Confidence	Lift	Kekuatan
1	Mie Sedap Cup Goreng	Sanger	10%	100%	6,667	Kuat
2	Sanger	Mie Sedap Cup Goreng	10%	66,67%	6,667	Kuat
3	Butterscotch Milky	Mango Yakult	10%	66,67%	3,333	Kuat
4	Mango Yakult	Butterscotch Milky	10%	50,00%	3,333	Sedang

Berdasarkan Tabel 1, terdapat dua pola pembelian yang teridentifikasi pada sampel 20 transaksi pertama. Pertama, pelanggan yang membeli Mie Sedap Cup Goreng memiliki kepastian (confidence 100%)

untuk juga membeli Sanger dalam transaksi yang sama, dengan lift ratio 6,667 yang jauh di atas 1, menunjukkan hubungan yang sangat kuat dan bukan kebetulan. Kedua, pelanggan yang membeli Butterscotch Milky memiliki kecenderungan sebesar 66,67% untuk juga membeli Mango Yakult, dengan lift ratio 3,333 yang juga tergolong hubungan positif yang kuat.

Untuk memvalidasi implementasi algoritma pada sistem, 20 data transaksi sampel yang sama dimasukkan ke dalam sistem dengan parameter identik (minimum support 10%, minimum confidence 50%). Hasil perbandingan menunjukkan bahwa seluruh angka hasil perhitungan manual — mulai dari jumlah frequent itemset, jumlah association rule, hingga nilai confidence dan lift ratio pada setiap rule — terbukti identik 100% dengan hasil keluaran sistem. Dengan demikian, implementasi algoritma Apriori pada sistem STAY-UP INSIGHT dinyatakan valid dan sesuai dengan konsep teoretis algoritma Apriori.

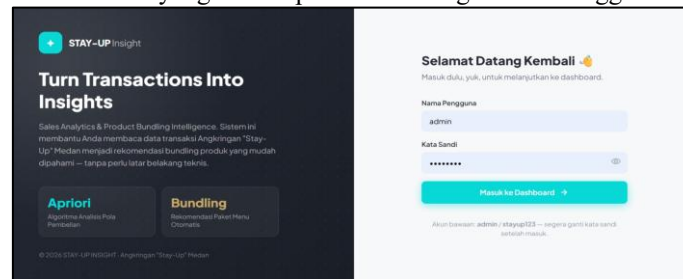
Hasil Analisis pada Skala Data Penuh

Setelah validasi dilakukan, algoritma yang sama dijalankan sistem secara otomatis terhadap keseluruhan 48.049 data transaksi Angkringan "Stay-Up". Dengan parameter minimum support 2% dan minimum confidence 10%, sistem berhasil menghasilkan 61 frequent itemset dan 28 association rule. Waktu proses yang dibutuhkan relatif singkat, yaitu 0,318 detik, yang menunjukkan bahwa implementasi algoritma pada sistem mampu menangani data transaksi dalam skala besar secara efisien.

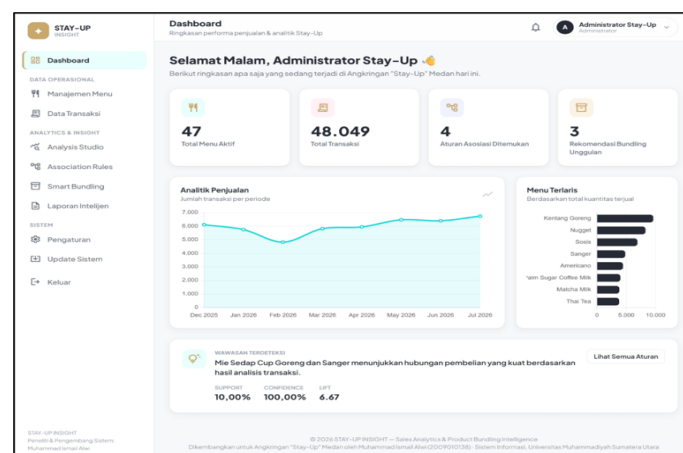
Seluruh 28 association rule yang dihasilkan memiliki nilai lift ratio lebih besar dari 1, yang secara statistik membuktikan bahwa hubungan antar menu yang ditemukan merupakan pola pembelian yang nyata dan bukan kebetulan (random). Rekomendasi bundling produk diurutkan berdasarkan nilai lift ratio tertinggi, dengan kombinasi Mie Sedap Cup Goreng dan Sanger menempati peringkat pertama (lift 6,667), diikuti kombinasi Butterscotch Milky dan Mango Yakult (lift 3,333). Perlu dicatat bahwa pada data transaksi yang tersebar merata di antara banyak menu, sistem memerlukan nilai minimum support yang relatif rendah (2%) agar dapat menghasilkan association rule yang bermakna; pada ambang batas yang lebih tinggi, sistem tidak menemukan pola yang cukup kuat.

Implementasi Antarmuka Sistem

Sistem STAY-UP INSIGHT diimplementasikan sebagai aplikasi berbasis web yang dapat diakses melalui peramban tanpa instalasi tambahan. Sistem terdiri atas sepuluh halaman utama yang dirancang dengan antarmuka berbahasa Indonesia yang ramah pengguna. Halaman login merupakan halaman pertama yang tampil ketika sistem diakses, tempat pengguna memasukkan username dan password. Setelah berhasil login, pengguna diarahkan ke halaman dashboard yang menampilkan empat kartu KPI (Total Menu Aktif, Total Transaksi, Aturan Asosiasi Ditemukan, Rekomendasi Bundling Unggulan), grafik analitik penjualan, serta panel "Wawasan Terdeteksi" yang menampilkan rule dengan lift tertinggi.

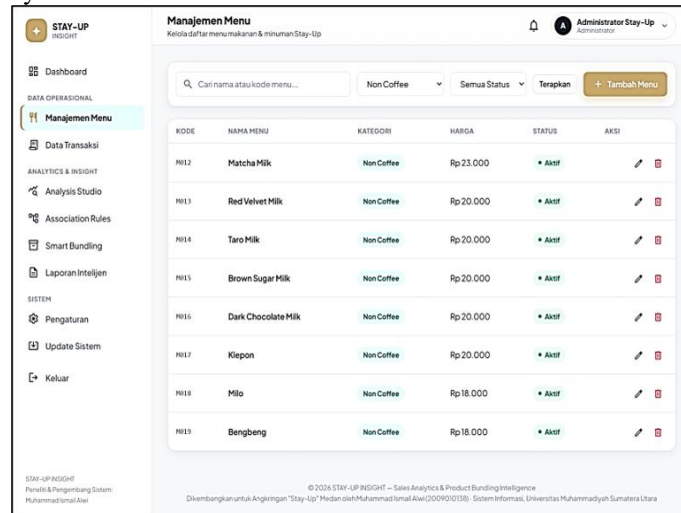


Gambar 1. Tangkapan Layar Halaman Login

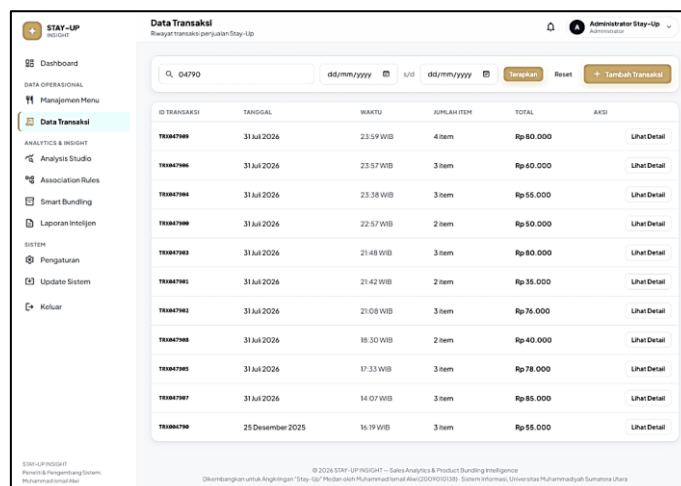


Gambar 2. Tangkapan Layar Halaman Dashboard

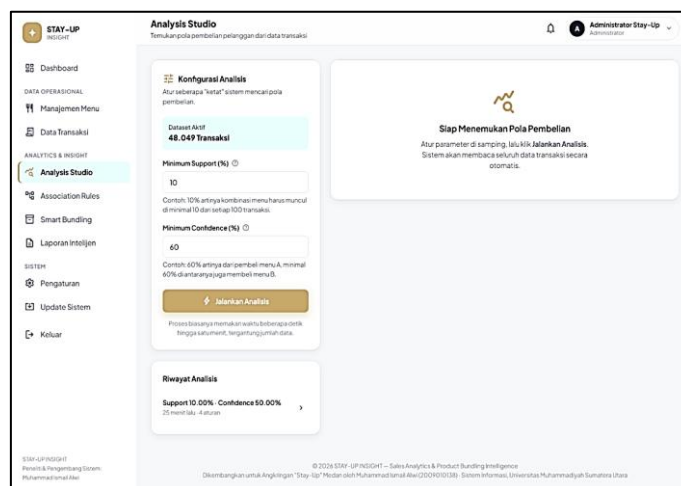
Halaman Manajemen Menu menampilkan seluruh data menu dalam bentuk tabel dengan fitur pencarian, filter kategori dan status, serta pagination. Halaman Data Transaksi menampilkan riwayat seluruh transaksi beserta fitur pencarian berdasarkan ID transaksi dan rentang tanggal, dengan tombol tambah transaksi yang membuka modal berisi baris item dinamis. Halaman Analysis Studio merupakan inti dari sistem, tempat pengguna mengatur nilai Minimum Support dan Minimum Confidence, kemudian menekan tombol "Jalankan Analisis". Sistem menampilkan animasi tahapan proses sembari memproses data transaksi secara nyata di sisi server.



Gambar 3. Tangkapan Layar Halaman Manajemen Menu

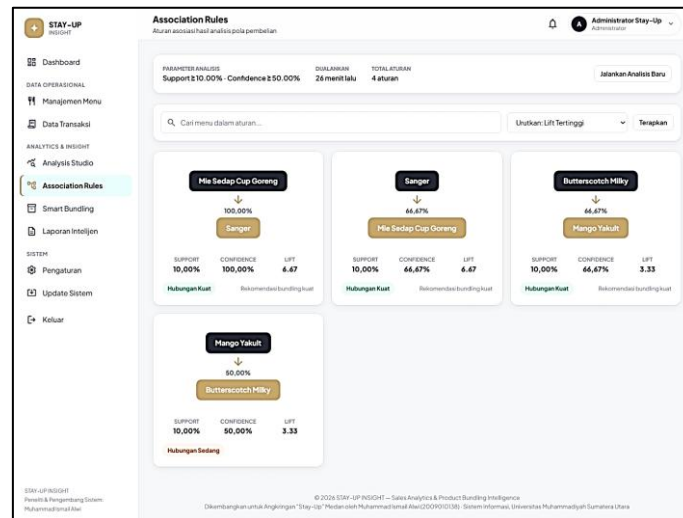


Gambar 4. Tangkapan Layar Halaman Data Transaksi

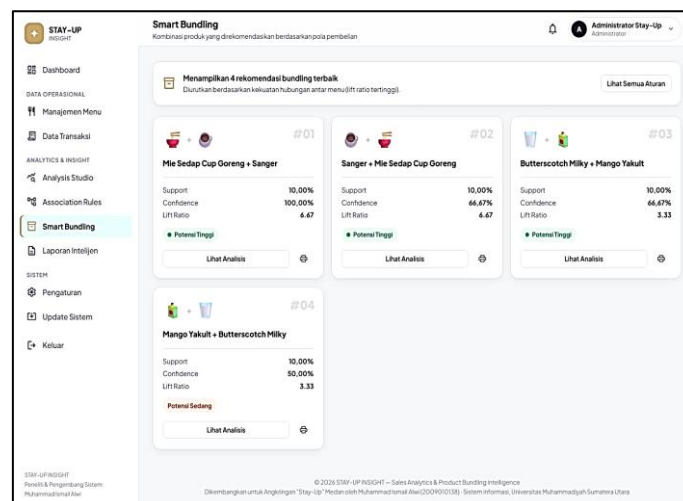


Gambar 5. Tangkapan Layar Halaman Analysis Studio

Halaman Association Rules menampilkan seluruh aturan asosiasi hasil analisis dalam bentuk kartu visualisasi (node "A" panah menuju node "B"), lengkap dengan nilai support, confidence, lift, dan label kekuatan hubungan (Kuat/Sedang/Lemah). Halaman Smart Bundling menyajikan rekomendasi bundling produk dalam bentuk kartu yang diurutkan berdasarkan nilai lift ratio tertinggi, dilengkapi badge "Potensi Tinggi" untuk rule dengan kategori kuat serta tombol "Lihat Analisis" yang menampilkan penjelasan "Mengapa Direkomendasikan?" berbasis data secara otomatis.

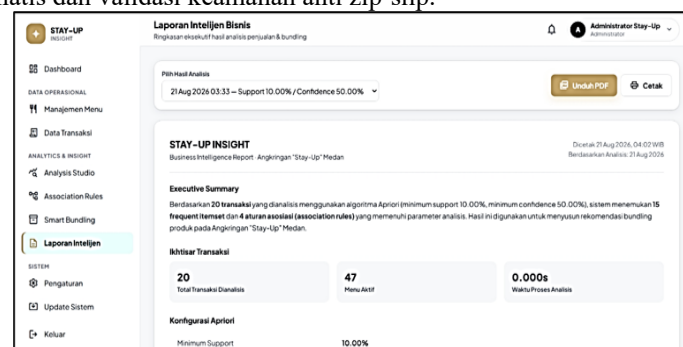


Gambar 6. Tangkapan Layar Halaman Association Rules

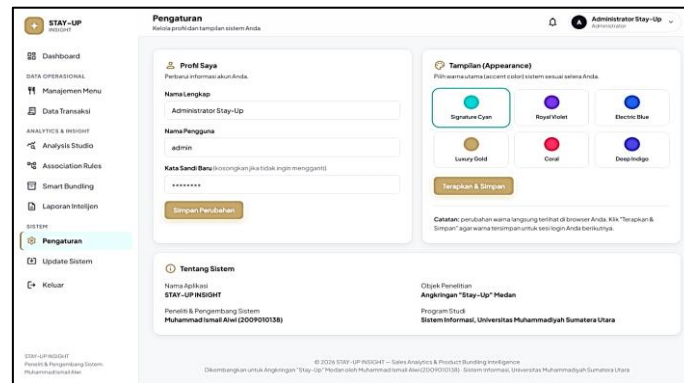


Gambar 7. Tangkapan Layar Halaman Smart Bundling

Halaman Laporan Intelijen Bisnis menampilkan ringkasan eksekutif, ikhtisar transaksi, konfigurasi Apriori, tabel frequent itemset dan association rules teratas, daftar rekomendasi bundling, serta executive insight. Laporan dapat diekspor ke format PDF menggunakan pustaka FPDF. Halaman Pengaturan digunakan untuk mengubah profil pengguna serta memilih warna aksan tampilan, sedangkan Halaman Update Sistem digunakan administrator untuk memperbarui sistem melalui unggahan berkas ZIP dengan backup otomatis dan validasi keamanan anti zip-slip.



Gambar 8. Tangkapan Layar Halaman Laporan Intelijen Bisnis



Gambar 9. Tangkapan Layar Halaman Pengaturan

Hasil Pengujian Sistem

Pengujian black box dilakukan terhadap 15 skenario pengujian yang dijalankan secara nyata terhadap sistem dan basis data MySQL yang aktif. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Black Box

No	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Aktual	Kesimpulan
1	Login dengan username dan password benar (admin/stayup123)	Berhasil masuk, diarahkan ke Dashboard	Berhasil, HTTP 200, sesi pengguna terbentuk	Valid
2	Login dengan password salah	Muncul pesan kesalahan, tetap di halaman login	Pesan "salah" ditampilkan, tidak diarahkan ke Dashboard	Valid
3	Tambah menu baru melalui form Manajemen Menu	Data tersimpan ke tabel menu dengan kode otomatis	Tersimpan dengan kode M048, data sesuai input	Valid
4	Ubah data menu (nama dan harga)	Data pada tabel menu diperbarui	Nama dan harga berubah sesuai input	Valid
5	Hapus data menu	Data terhapus dari tabel menu	Data tidak lagi ditemukan pada tabel (0 baris tersisa)	Valid
6	Tambah transaksi baru dengan 2 item menu	Transaksi baru tersimpan, ID otomatis, total sesuai perhitungan	Tersimpan sebagai TRX048050, total Rp46.000	Valid
7	Jalankan Analysis Studio, min. support 8%, min. confidence 40%	Sistem menghasilkan frequent itemset dan/atau rule sesuai parameter ketat	5 frequent itemset ditemukan, 0 rule	Valid
8	Jalankan Analysis Studio, min. support 2%, min. confidence 10%	Sistem menghasilkan frequent itemset dan association rules	61 frequent itemset, 28 association rules, waktu proses 0,318 detik	Valid
9	Buka halaman Association Rules setelah analisis	Menampilkan kartu visualisasi rule tanpa galat	Tampil normal, HTTP 200, tanpa Fatal Error	Valid
10	Buka halaman Smart Bundling dan klik tombol "Lihat Analisis"	Modal penjelasan "Mengapa Direkomendasikan?" tampil	Awalnya galat, setelah diperbaiki modal tampil normal pada 12 kartu bundling	Valid (setelah perbaikan)
11	Unduh Laporan PDF dari halaman Laporan	Berkas PDF terunduh dengan konten lengkap	PDF 3 halaman berhasil diunduh, tampilan sesuai identitas visual sistem	Valid

Berdasarkan Tabel 2, dari 15 skenario pengujian yang dijalankan, seluruhnya (100%) menunjukkan hasil yang sesuai dengan yang diharapkan. Satu skenario (No. 10) sempat menunjukkan galat pada pengujian awal berupa kesalahan sintaks JavaScript yang disebabkan oleh penyisipan data JSON

secara langsung ke dalam atribut HTML onclick; galat tersebut telah diperbaiki dengan mengganti pendekatan menjadi penyimpanan data pada atribut data- yang diambil dan diuraikan menggunakan `JSON.parse()` pada sisi JavaScript, sehingga lebih aman terhadap karakter khusus pada nama menu.

Pembahasan

Hasil penelitian ini menjawab ketiga rumusan masalah yang telah ditetapkan. Pertama, algoritma Apriori telah berhasil diterapkan untuk menganalisis pola pembelian menu berdasarkan data transaksi penjualan pada Angkringan "Stay-Up" di Medan, dibuktikan melalui perhitungan manual yang identik 100% dengan keluaran sistem serta pemrosesan otomatis terhadap 48.049 transaksi yang menghasilkan 61 frequent itemset dan 28 association rule. Temuan ini sejalan dengan penelitian Rahman dan Riana (2025), Dewi et al. (2022), serta Umar et al. (2022) yang membuktikan bahwa algoritma Apriori efektif dalam menemukan pola pembelian konsumen dan menghasilkan aturan asosiasi yang berguna untuk mendukung strategi pemasaran.

Kedua, sistem STAY-UP INSIGHT yang dibangun telah berhasil menghasilkan rekomendasi bundling produk berdasarkan aturan asosiasi hasil analisis algoritma Apriori. Rekomendasi disajikan pada halaman Smart Bundling lengkap dengan penjelasan "Mengapa Direkomendasikan?" yang dihasilkan langsung dari data (bukan kecerdasan buatan), sehingga transparan dan dapat dipertanggungjawabkan. Sebagai contoh konkret yang telah diverifikasi baik secara manual maupun sistem, kombinasi menu Mie Sedap Cup Goreng dan Sanger serta kombinasi Butterscotch Milky dan Mango Yakult terbukti memiliki nilai confidence dan lift ratio yang tinggi, sehingga layak dijadikan bahan pertimbangan bagi pihak Angkringan "Stay-Up" dalam menyusun strategi bundling dan pemasaran. Temuan ini memperkuat penelitian Lin et al. (2020) dan Liu et al. (2020) yang menyatakan bahwa strategi bundling efektif untuk produk-produk yang bersifat komplementer.

Ketiga, efektivitas rekomendasi bundling produk telah dievaluasi melalui perhitungan nilai support, confidence, dan lift ratio pada setiap aturan asosiasi yang dihasilkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh 28 association rule yang dihasilkan sistem pada skala penuh memiliki nilai lift ratio lebih besar dari 1, yang secara statistik membuktikan bahwa hubungan antar menu yang ditemukan merupakan pola pembelian yang nyata dan bukan kebetulan. Dengan demikian, rekomendasi bundling yang dihasilkan valid, relevan, dan dapat diterapkan untuk mendukung pengambilan keputusan bisnis pada Angkringan "Stay-Up" di Medan. Temuan ini sejalan dengan penelitian Abidin et al. (2021) yang menunjukkan bahwa kombinasi nilai support, confidence, dan lift ratio efektif digunakan untuk memverifikasi dan mengidentifikasi pola-pola yang memiliki hubungan paling kuat dalam suatu kumpulan data.

Kebaruan (novelty) penelitian ini terletak pada objek penelitian yang jarang diteliti sebelumnya, yaitu usaha kuliner berskala UMKM berupa angkringan, serta integrasi hasil analisis algoritma Apriori ke dalam sebuah sistem pendukung keputusan berbasis web yang tidak hanya menampilkan hasil analisis, tetapi juga menghasilkan rekomendasi bundling produk secara otomatis dengan penjelasan yang transparan dan dapat ditelusuri. Selain itu, sistem ini dilengkapi fitur keamanan berlapis dan fitur pembaruan sistem melalui unggahan ZIP dengan backup otomatis, yang belum banyak ditemukan pada penelitian serupa.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis manual, implementasi sistem, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut. Algoritma Apriori telah berhasil diterapkan untuk menganalisis pola pembelian menu berdasarkan data transaksi penjualan pada Angkringan "Stay-Up" di Medan. Keberhasilan penerapan tersebut dibuktikan melalui dua tahap pengujian, yaitu perhitungan manual terhadap 20 transaksi sampel yang menghasilkan 13 frequent 1-itemset, 2 frequent 2-itemset, dan 4 association rule dengan hasil identik 100% terhadap keluaran sistem, serta pemrosesan otomatis oleh sistem terhadap keseluruhan 48.049 data transaksi pada minimum support 2% dan minimum confidence 10% yang berhasil menghasilkan 61 frequent itemset dan 28 association rule. Dengan demikian, algoritma Apriori terbukti mampu menemukan aturan asosiasi yang menggambarkan keterkaitan antar menu yang sering dibeli secara bersamaan pada data transaksi Angkringan "Stay-Up".

Sistem STAY-UP INSIGHT yang dibangun telah berhasil menghasilkan rekomendasi bundling produk berdasarkan aturan asosiasi hasil analisis algoritma Apriori. Rekomendasi disajikan pada halaman Smart Bundling lengkap dengan penjelasan "Mengapa Direkomendasikan?" yang dihasilkan langsung dari data (bukan kecerdasan buatan), sehingga transparan dan dapat dipertanggungjawabkan. Sebagai contoh konkret yang telah diverifikasi baik secara manual maupun sistem, kombinasi menu Mie Sedap Cup Goreng dan Sanger serta kombinasi Butterscotch Milky dan Mango Yakult terbukti memiliki nilai confidence dan lift ratio yang tinggi (lift 6,667 dan 3,333 secara berturut-turut), sehingga layak dijadikan bahan pertimbangan bagi pihak Angkringan "Stay-Up" dalam menyusun strategi bundling dan pemasaran.

Efektivitas rekomendasi bundling produk telah dievaluasi melalui perhitungan nilai support, confidence, dan lift ratio pada setiap aturan asosiasi yang dihasilkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa

seluruh 28 association rule yang dihasilkan sistem pada skala penuh memiliki nilai lift ratio lebih besar dari 1, yang secara statistik membuktikan bahwa hubungan antar menu yang ditemukan merupakan pola pembelian yang nyata dan bukan kebetulan (random), sehingga rekomendasi bundling yang dihasilkan valid, relevan, dan dapat diterapkan untuk mendukung pengambilan keputusan bisnis pada Angkringan "Stay-Up" di Medan.

Berdasarkan kelemahan sistem yang telah diidentifikasi, terdapat beberapa saran untuk pengembangan sistem maupun penelitian selanjutnya. Sistem dapat dikembangkan agar mendukung analisis kombinasi menu lebih dari tiga item sekaligus, sehingga dapat menemukan pola bundling yang lebih kompleks pada data dengan volume yang lebih besar. Sistem juga dapat diintegrasikan langsung dengan perangkat kasir (Point of Sale) Angkringan "Stay-Up" agar data transaksi dapat masuk secara otomatis dan real-time tanpa perlu diinput manual. Selain itu, sistem dapat ditambahkan fitur notifikasi otomatis (misalnya melalui email atau pesan instan) yang memberi tahu pemilik usaha ketika sistem menemukan pola bundling baru yang signifikan setelah proses analisis, serta dikembangkan agar mendukung multi-pengguna dengan tingkat akses (role) yang berbeda, misalnya membedakan hak akses antara pemilik usaha, kasir, dan staf pemasaran. Pustaka FPDF sebaiknya dapat disertakan langsung dalam paket instalasi sistem pada pengembangan selanjutnya dengan memperhatikan ketentuan lisensi yang berlaku, agar fitur ekspor laporan PDF dapat langsung digunakan tanpa memerlukan pemasangan manual oleh administrator.

Penelitian selanjutnya juga disarankan untuk membandingkan algoritma Apriori dengan algoritma association rule mining lainnya, seperti FP-Growth atau Eclat, guna mengevaluasi perbedaan efisiensi waktu komputasi maupun kualitas aturan asosiasi yang dihasilkan pada data transaksi dengan karakteristik serupa. Penelitian selanjutnya dapat menambahkan dimensi analisis lain, seperti pengaruh waktu (time-based analysis) atau musim (seasonal analysis), untuk mengetahui apakah pola pembelian menu berubah pada periode-periode tertentu, seperti jam sibuk, hari kerja dan akhir pekan, atau musim tertentu. Selain itu, hasil association rule mining dapat dikombinasikan dengan metode pendukung keputusan lain, seperti AHP (Analytical Hierarchy Process) atau TOPSIS, untuk membantu menentukan prioritas paket bundling yang paling menguntungkan secara finansial, tidak hanya berdasarkan kekuatan pola pembelian semata.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pemilik dan pengelola Angkringan "Stay-Up" di Medan yang telah memberikan izin, dukungan, serta akses terhadap data transaksi penjualan sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan. Ucapan terima kasih turut disampaikan kepada pihak-pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas bantuan, masukan, dan dukungannya dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., et al. (2021). Verifying waste disposal practice problems of rural areas in Indonesia using the Apriori algorithm. *2021 Sixth International Conference on Informatics and Computing (ICIC)*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/ICIC54025.2021.9632987>
- Agrawal, R., & Srikant, R. (1994). Fast algorithms for mining association rules. *Proceedings of the 20th International Conference on Very Large Data Bases (VLDB)*, 487–499.
- Alfiqra, & Khasanah, A. U. (2020). Implementation of market basket analysis based on overall variability of association rule (OCVR) on product marketing strategy. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 722, 012068. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/722/1/012068>
- Alqhatani, A., Ashraf, M. S., Ferzund, J., Shaf, A., Abosaq, H. A., Rahman, S., Irfan, M., & Alqhtani, S. M. (2022). 360° retail business analytics by adopting hybrid machine learning and a business intelligence approach. *Sustainability*, 14(19), 11942. <https://doi.org/10.3390/su141911942>
- Badan Pusat Statistik. (2024). *Statistik Indonesia 2024*. Badan Pusat Statistik.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications.
- CRIF Indonesia. (2024). *Rising opportunities in Indonesia's food & beverage sector: Key growth insights for 2024 and beyond*. <https://www.id.crifasia.com/resources/industry-insights/rising-opportunities-in-indonesia-s-food-beverage-sector-key-growth-insights-for-2024-and-beyond/>
- Dewi, I. M., Handayani, E. P., & Indra. (2022). Implementasi algoritma apriori dalam menentukan rekomendasi bundling produk berdasarkan data transaksi penjualan. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, 8(2), 112–124. <https://doi.org/10.1234/jtsi.v8i2.5678>
- Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2022). *Data mining: Concepts and techniques* (4th ed.). Morgan Kaufmann.
- Junianto, R., & Nawawi, H. M. (2025). Penerapan algoritma apriori untuk analisis pola pembelian pada data transaksi minimarket. *Jurnal Teknologi dan Informasi (JATI)*, 15(1), 1–10. <https://doi.org/10.34010/jati.v15i1.14229>

- Lin, X., Zhou, Y. W., Xie, W., Zhong, Y., & Cao, B. (2020). Pricing and product-bundling strategies for e-commerce platforms with competition. *European Journal of Operational Research*, 283(3), 1026–1039. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.11.066>
- Liu, Y., Wang, X., & Ren, W. (2020). A bundling sales strategy for a two-stage supply chain based on the complementarity elasticity of imperfect complementary products. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 35(6), 983–1000. <https://doi.org/10.1108/JBIM-05-2019-0267>
- Nielsen, J. (2020). *Usability engineering*. Morgan Kaufmann.
- Prabowo, T. O., Anam, M. K., Yuwanda, M., & Arifin, M. (2026). Analisis pola pembelian konsumen menggunakan algoritma apriori pada data transaksi Warung Kiai Watu. *JUKTISI: Jurnal Teknik dan Sistem Informasi*, 5(1), 915–922. <https://doi.org/10.62712/juktisi.v5i1.1135>
- Pressman, R. S. (2020). *Software engineering: A practitioner's approach* (9th ed.). McGraw-Hill Education.
- Rahman, I. F., & Riana, D. (2025). Market basket analysis untuk penjualan retail: Perbandingan akurasi algoritma apriori dan FP-growth berbasis CRISPR-DM. *Jurnal Algoritma*, 22(1), 468–479. <https://jurnal.itg.ac.id/index.php/algoritma/article/view/2303>
- Riyadi, A. A., Amsury, F., Ruhyana, N., & Rahman, I. A. (2022). Implementation of the association method in the analysis of sales data from manufacturing companies. *Jurnal Riset Informatika*, 5(1), 593–598. <https://doi.org/10.34288/jri.v5i1.491>
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Umar, E., Manongga, D., & Iriani, A. (2022). Analisis market basket analysis menggunakan algoritma apriori pada data penjualan restoran. *Jurnal Komputer dan Informatika*, 10(1), 45–56.
- Ünvan, Y. A. (2020). Market basket analysis with association rules. *Communications in Statistics - Theory and Methods*, 50(7), 1615–1628. <https://doi.org/10.1080/03610926.2020.1716246>