

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Industri makanan dan minuman (F&B) di Indonesia merupakan salah satu sektor paling dinamis dan kontributif terhadap perekonomian nasional. Pada tahun 2023, sektor ini menyumbang sebesar 6,61% terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) nasional dan tumbuh sebesar 5,33% secara tahunan pada triwulan II 2023, lebih tinggi dibandingkan laju pertumbuhan industri pengolahan secara keseluruhan [1]. Pertumbuhan ini didorong oleh permintaan domestik yang besar, populasi muda yang tinggi, serta semakin luasnya penetrasi teknologi digital dalam layanan pemesanan makanan. Namun, di balik pertumbuhan tersebut, pelaku usaha F&B terutama di skala kecil dan menengah menghadapi tantangan operasional yang semakin kompleks, seperti margin keuntungan yang menipis, fluktuasi harga bahan baku, meningkatnya biaya tenaga kerja, dan perubahan preferensi konsumen yang cepat [2], [3]. Dalam konteks ini, optimalisasi proses pemesanan dan pelayanan pelanggan menjadi krusial untuk mempertahankan daya saing. Pendekatan berbasis data, seperti sistem rekomendasi menu, menjadi salah satu solusi potensial yang dapat mendukung pengambilan keputusan yang lebih adaptif, cepat, dan relevan dengan kebutuhan konsumen.

Secara khusus, tantangan ini juga sangat terasa dalam lingkup kantin yang berada di lingkungan pesantren. Dalam satu kompleks pesantren besar, bisa terdapat beberapa kantin yang beroperasi secara bersamaan, bersaing dalam memperebutkan perhatian konsumen dengan variasi menu yang hampir serupa dan harga yang relatif homogen. Menurut [4], usaha kecil di lingkungan pendidikan seperti kantin sekolah atau pesantren sering kali mengalami keterbatasan dalam hal inovasi layanan karena keterbatasan teknologi dan sumber daya. Di tengah persaingan yang ketat ini, tidak sedikit pengelola kantin yang hanya mengandalkan pengalaman pribadi atau intuisi untuk menentukan kombinasi menu, tanpa dukungan analisis data historis penjualan. Akibatnya, strategi *cross-selling* maupun *bundling* menu menjadi kurang optimal dan tidak mampu memberikan diferensiasi

layanan yang berarti. Tantangan ini diperparah dengan kebiasaan sebagian pelanggan yang merasa kebingungan saat hendak memesan, terutama saat jam sibuk, karena terlalu banyak pilihan menu yang ditawarkan tanpa arahan atau sistem pendukung keputusan. Hasil survei internal terhadap 70 pelanggan kantin menunjukkan bahwa 55,3% responden sering merasa bingung ketika memilih menu dan 54,3% mengaku belum tahu secara pasti apa yang ingin dipesan sebelum sampai di kasir. Kondisi ini menunjukkan adanya peluang untuk mengimplementasikan sistem rekomendasi menu berbasis data transaksi guna membantu pelanggan dalam pengambilan keputusan dan sekaligus meningkatkan efektivitas penjualan bagi pengelola kantin [5].

Penelitian-penelitian terdahulu telah banyak menerapkan *Association Rule Mining* (ARM) dalam konteks industri makanan dan minuman (F&B), terutama untuk analisis preferensi menu dan pola pembelian pelanggan. Jantan et al. menggunakan algoritma FP-Growth untuk mengeksplorasi hubungan antara preferensi makanan pelanggan dengan tujuan meningkatkan kepuasan dan efisiensi operasional [6]. Di sisi lain, studi komparatif oleh Pujiharto et al. mengevaluasi performa tiga algoritma ARM Apriori, FP-Growth, dan Eclat berdasarkan akurasi, waktu pemrosesan, dan efisiensi memori [7]. Meskipun kedua studi ini memberikan wawasan penting mengenai efektivitas masing-masing algoritma dalam mengekstraksi aturan asosiatif, keduanya belum mempertimbangkan dinamika waktu atau masa hidup (*lifespan*) produk dalam analisisnya. Hal ini dapat menyebabkan aturan yang dihasilkan condong pada item yang bertahan lama dalam dataset dan mengabaikan produk-produk baru atau bersifat musiman, sehingga menimbulkan potensi bias dan ketidaksesuaian dalam konteks bisnis yang cepat berubah seperti kantin.

Penelitian ini mengadopsi pendekatan ganda dengan menerapkan dua algoritma *Association Rule Mining*, yaitu Apriori dan FP-Growth, untuk mengekstraksi aturan asosiasi dari data transaksi kantin. Apriori dikenal karena pendekatannya eksplisitnya dalam membangun kandidat *itemset* dan menyaring berdasarkan nilai minimum *support*, sedangkan FP-Growth unggul dalam efisiensi dengan menggunakan struktur pohon (FP-Tree) untuk menghindari eksplorasi kandidat yang berulang [8]. Kombinasi kedua algoritma ini dirancang sebagai

mekanisme *cross-algorithm validation* untuk memverifikasi konsistensi aturan asosiasi yang diekstraksi dari data transaksi. Melalui strategi ensembling, aturan yang dihasilkan oleh Apriori dan FP-Growth dikonsolidasikan menjadi satu basis aturan yang terstruktur dan siap digunakan oleh sistem rekomendasi. Jika suatu aturan ditemukan oleh kedua algoritma, aturan tersebut diperlakukan sebagai aturan yang tervalidasi lintas algoritma, dan nilai metriknya dapat dikonsolidasikan (misalnya dengan perataan) untuk memperoleh satu nilai representatif. Sementara itu, jika suatu aturan hanya muncul pada salah satu algoritma, aturan tersebut tetap dicatat beserta penanda asalnya sebagai bahan analisis, sehingga perbedaan keluaran dapat ditelusuri secara transparan. Dengan demikian, pendekatan ini menekankan verifikasi lintas algoritma dan konsistensi hasil, sehingga basis aturan yang digunakan lebih robust terhadap perbedaan mekanisme *mining* pada masing-masing algoritma.

Lebih lanjut, penelitian ini memperkenalkan pendekatan *Lifespan-Aware Association Rule Mining* sebagai metode penyempurnaan dari model ARM klasik. Dalam pendekatan ini, perhitungan metrik seperti *support*, *confidence*, dan *lift* tidak lagi berbasis pada seluruh jumlah transaksi dalam dataset, melainkan dihitung ulang berdasarkan periode waktu di mana produk-produk dalam aturan tersebut sama-sama tersedia atau aktif. Dengan demikian, aturan yang melibatkan produk musiman, baru diluncurkan, atau telah dihentikan, tidak terdilusi oleh transaksi yang tidak relevan di luar masa aktifnya. Pendekatan ini mengatasi kelemahan mendasar pada ARM konvensional yang secara inheren memihak pada produk-produk populer jangka panjang, karena mereka memiliki eksposur data yang lebih besar. Melalui rekalkulasi metrik berdasarkan interseksi masa aktif produk (*overlapping lifespan*), aturan yang dihasilkan menjadi lebih representatif terhadap realitas temporal dan tidak bias terhadap produk yang hanya dominan secara historis. Diharapkan hasilnya adalah aturan rekomendasi yang lebih relevan, adil, dan kontekstual, terutama dalam lingkungan kantin yang dinamis, di mana komposisi menu sering berubah seiring waktu.

Sebagai karya ilmiah dalam ranah ilmu data, penelitian ini tidak hanya berfokus pada keluaran berupa aturan asosiatif (*association rules*), tetapi juga menempatkan model dalam kerangka evaluasi kuantitatif yang utuh dan terukur.

Pada level algoritmik, kinerja Apriori dan FP-Growth dibandingkan berdasarkan jumlah *frequent itemsets* yang terbentuk, waktu komputasi, serta penggunaan memori maksimum pada berbagai nilai minimum *support*, sehingga diperoleh gambaran yang seimbang antara kekayaan pola dan efisiensi komputasi [7], [8], [9]. Pendekatan ini melengkapi praktik umum evaluasi ARM yang sering kali hanya menyoroti kualitas aturan atau perbandingan teoretis algoritma [6], [10]. Di sisi lain, kualitas aturan secara substantif tetap dijaga melalui proses seleksi berbasis *confidence*, *lift*, dan penyesuaian *lifespan* agar aturan yang diaktifkan dalam sistem rekomendasi bersifat relevan, stabil terhadap perubahan menu, dan tidak bias terhadap item yang berumur panjang [5], [11].

Pada level sistem, efektivitas implementasi dievaluasi menggunakan metrik *recommendation acceptance rate* (RAR) pada level transaksi (*session-level conversion*), yaitu proporsi transaksi yang menampilkan rekomendasi dan benar-benar menambahkan sedikitnya satu item rekomendasi ke dalam keranjang belanja hingga tahap pembayaran [12], [13]. Metrik ini menjembatani keluaran teknis model dengan perilaku nyata pelanggan serta potensi peningkatan nilai transaksi rata-rata di kantin, sehingga sistem tidak hanya dinilai “baik” secara komputasional, tetapi juga bermanfaat secara operasional [4], [14]. Mengingat bahwa pengguna akhir sistem adalah kasir dan manajer kantin yang umumnya tidak berlatar belakang teknis, aspek interpretabilitas aturan dan kesederhanaan antarmuka juga menjadi pertimbangan penting dalam perancangan sistem [3], [11]. Dengan demikian, sistem yang dibangun tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu pengambilan keputusan berbasis data, tetapi juga memenuhi kriteria sebagai model pembelajaran mesin yang terukur, dapat direplikasi, dan dapat diandalkan dalam konteks usaha kecil [2], [7], [9].

Sebagai penutup, sistem rekomendasi menu yang dikembangkan dalam penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yang nyata bagi pengelolaan operasional kantin, khususnya dalam konteks lingkungan pesantren maupun usaha F&B kecil lainnya. Dengan menghadirkan rekomendasi berbasis data transaksi aktual, sistem ini dapat membantu pelanggan dalam membuat keputusan pemesanan yang lebih cepat dan terarah, serta sekaligus mendorong peningkatan efektivitas strategi *bundling* dan *upselling* yang dijalankan oleh kasir. Di sisi lain,

dari perspektif manajerial, sistem ini memberikan jalan bagi usaha kecil untuk mulai menerapkan pendekatan berbasis data tanpa memerlukan infrastruktur baru, cukup dengan memanfaatkan data log dari sistem Point of Sales (POS) yang sudah dimiliki. Dalam jangka panjang, penerapan sistem seperti ini dapat mendorong transformasi digital pada bisnis berskala kecil, menjadikannya lebih adaptif dan kompetitif di tengah tekanan pasar yang semakin dinamis dan berbasis teknologi [12].

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana menerapkan algoritma Apriori dan FP-Growth untuk mengekstraksi association rules dari data transaksi pemesanan produk pada kantin pesantren?
2. Bagaimana pendekatan lifespan-aware (berbasis overlapping lifespan) mempengaruhi perhitungan metrik aturan asosiasi sehingga lebih proporsional bagi produk dengan masa aktif yang bervariasi?
3. Bagaimana mengevaluasi kinerja proses ARM dan efektivitas sistem rekomendasi pada penerapan nyata, menggunakan metrik jumlah *frequent itemsets*, waktu komputasi, penggunaan memori maksimum, serta *recommendation acceptance rate*?

1.3. Batasan Masalah

1. Penelitian ini hanya menggunakan data transaksi pemesanan dari Kantin Pesantren yang tersimpan dalam basis data Firestore pada periode tertentu (setelah 15 April 2025).
2. Algoritma yang digunakan terbatas pada Apriori dan FP-Growth, tanpa membandingkan dengan metode lain seperti Eclat atau pendekatan berbasis *deep learning*.
3. Rekomendasi yang dihasilkan bersifat asosiatif, bukan prediktif. Sistem tidak mempelajari preferensi pelanggan individu karena tidak ada identitas pelanggan unik yang dapat dilacak.

1.4. Tujuan Penelitian

1. Menerapkan algoritma Apriori dan FP-Growth untuk mengekstraksi aturan asosiasi dari data pemesanan produk kantin, guna mengidentifikasi pola pembelian produk yang sering dipesan secara bersamaan.
2. Mengembangkan metode penyesuaian metrik aturan asosiasi menggunakan pendekatan *lifespan-aware*, dengan mempertimbangkan periode aktif masing-masing produk untuk meningkatkan validitas interpretasi metrik seperti *support*, *confidence*, dan *lift*.
3. Menyusun rekomendasi produk berbasis aturan asosiasi yang telah disesuaikan, sebagai dasar untuk pengembangan sistem rekomendasi produk strategi *bundling* di lingkungan kantin pesantren.

1.5. Manfaat Penelitian

1) Manfaat Teoritis

- a) Penelitian ini berkontribusi dalam pengembangan studi terkait *Association Rule Mining* khususnya dengan mengintegrasikan penyesuaian metrik berbasis *lifespan-aware* pada produk-produk yang bersifat dinamis.
- b) Menambah literatur mengenai aplikasi algoritma Apriori dan FP-Growth pada data transaksi di lingkungan non-komersial seperti kantin pesantren, yang selama ini masih jarang dijadikan objek kajian
- c) Memberikan perspektif baru tentang evaluasi metrik aturan asosiasi secara temporal, dengan mengusulkan pendekatan yang lebih adil dalam mengukur *support*, *confidence*, dan *lift* ketika data mengandung item yang tidak tersedia secara serentak sepanjang waktu.

2) Manfaat Praktis

- a) Memberikan informasi kepada pengelola kantin mengenai pola pembelian produk yang sering dipesan secara bersamaan, sehingga dapat digunakan untuk strategi *bundling*, promosi, atau penataan menu secara lebih efisien.
- b) Menjadi landasan awal bagi pengembangan sistem rekomendasi produk kantin secara *real-time* yang dapat membantu kasir menyarankan produk tambahan kepada pelanggan berdasarkan pesanan yang sedang dilakukan.