Optimalisasi Tata Letak Produk Di Menang Murah Mart Menggunakan Algoritme *FP-Growth* Dan *Particle Swarm Optimization*

1st Nadya Adima Putti
Program Studi Teknik Industri
Telkom University
Purwokerto, Kab. Banyumas, Indonesia
nadyaadm@student.telkomuniveristy.ac.id

2nd Ridho Ananda
Program Studi Teknik Industri
Telkom University
Purwokerto, Kab. Banyumas, Indonesia
ridhoa@telkomuniveristy.ac.id

3rd Halim Qista Karima
Program Studi Teknik Industri
Telkom University
Purwokerto, Kab. Banyumas, Indonesia
halimk@telkomuniveristy.ac.id

***Abstrak* — Penyusunan tata letak produk merupakan faktor penting dalam meningkatkan efisiensi serta kenyamanan saat belanja di toko ritel. Di Menang Murah Mart, penataan produk masih berdasarkan intuisi dan pengalaman, tanpa didasarkan pada data penjualan yang ada. Hal ini menyebabkan susunan produk belum cukup optimal dan memungkinkan pelanggan membutuhkan waktu berbelanja yang relatif lebih lama. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi tata letak produk dengan menggabungkan algoritme *FP-Growth* dan *Particle Swarm Optimization* (PSO). Algoritme *FP-Growth* digunakan untuk mengetahui hubungan antar produk berdasarkan pola belanja pelanggan serta dijadikan dasar dalam menentukan kedekatan penempatan produk yang lebih baik. Algoritme PSO diterapkan untuk menyusun posisi produk agar jarak tempuh pelanggan menjadi lebih pendek, dengan mempertimbangkan kondisi fisik toko dan batasan slot rak yang tersedia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rancangan tata letak produk setelah dioptimalisasi berhasil mengurangi jarak perpindahan pelanggan sebesar 38,42% dibandingkan tata letak awal. Rancangan yang diusulkan bersifat praktis karena tidak memerlukan perubahan fisik toko atau penambahan rak. Dengan demikian, optimasi susunan produk berdasarkan *FP-Growth* dan PSO dinilai efektif dalam meningkatkan efisiensi, mempercepat alur pergerakan pelanggan, serta memberikan kenyamaan berbelanja saat di Menang Murah Mart.**

***Kata kunci*— Tata Letak, Transaksi, Optimasi, Ritel, Jarak**

I. PENDAHULUAN

Penempatan barang di toko ritel sangat penting dalam meningkatkan efisiensi operasional dan kenyamanan pelanggan. Penempatan barang yang baik dapat membuat pelanggan lebih mudah menemukan produk, mengurangi waktu yang dibutuhkan saat belanja, serta meningkatkan pengalaman berbelanja, terutama untuk toko yang memiliki waktu kunjungan pelanggan yang relatif cepat [1]. Berdasarkan hasil wawancara, saat ini penempatan produk di Menang Murah Mart masih dilakukan melalui intuisi dan pengalaman pribadi pemilik atau karyawan, tanpa mempertimbangkan data transaksi penjualan yang ada. Akibatnya, pelanggan harus berjalan cukup jauh antar rak untuk mencari produk yang sering dibeli bersama, sehingga penempatan barang belum optimal dan waktu belanja menjadi lebih lama. Padahal, penempatan produk dapat menjadi sarana komunikasi yang efektif dengan pelanggan dan memberikan dampak jangka panjang terhadap penjualan serta kepuasan pelanggan [2]. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan penempatan produk yang lebih terstruktur dan berbasis data.

Salah satu cara untuk memperbaiki penempatan barang adalah dengan memahami pola belanja pelanggan melalui analisis data transaksi penjualan [3]. Data tersebut dapat dimanfaatkan untuk mengetahui pola hubungan antar produk. Penelitian terdahulu menyatakan bahwa algoritme *FP-Growth* dapat digunakan untuk menemukan pola hubungan antar produk berdasarkan frekuensi kemunculan *item* dalam data penjualan [4]. Namun, hasil dari analisis *FP-Growth* belum dapat digunakan secara langsung untuk menghasilkan susunan penempatan produk yang optimal. Karena itu, diperlukan metode tambahan untuk mengolah informasi hubungan produk tersebut menjadi penempatan yang lebih efisien. Salah satu metode yang bisa digunakan adalah *Particle Swarm Optimization* (PSO), yaitu algoritme optimasi yang bekerja dengan cara mengatur interaksi partikel dalam suatu sistem agar bisa menemukan solusi terbaik [5].

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan penempatan barang di Menang Murah Mart dengan menggabungkan algoritme *FP-Growth* dan *Particle Swarm Optimization*. Algoritme *FP-Growth* digunakan untuk menentukan tingkat hubungan antar produk berdasarkan pola belanja pelanggan, sedangkan PSO digunakan untuk merancang posisi barang secara optimal dengan mempertimbangkan jarak tempuh pelanggan, kondisi fisik toko, serta batasan jumlah slot rak yang tersedia. Pendekatan ini diharapkan bisa meningkatkan efisiensi penempatan barang dan mempercepat pergerakan pelanggan di dalam toko. Selain itu, rancangan penempatan yang diusulkan bersifat praktis karena bisa diterapkan tanpa perlu melakukan perubahan fisik di toko.

II. KAJIAN TEORI

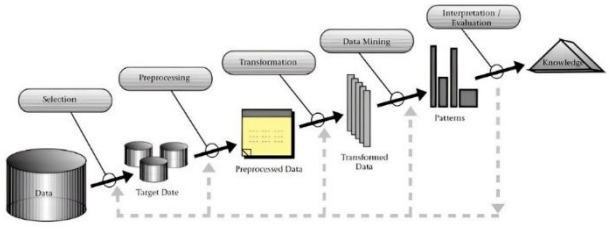
A. *Data Mining*

Data mining adalah proses mengidentifikasi informasi yang tidak terduga dan meringkas data tersebut agar lebih mudah dipahami dan bermanfaat bagi pemilik [6]. Adapun *data mining* berguna dalam segmentasi pelanggan dengan mengelompokkan pelanggan atau data berdasarkan karakteristik seperti perilaku pembelian atau preferensi. Selain itu, juga dapat mendukung penentuan pola konsumen

berdasarkan analisis data pembelian, preferensi, dan perilaku yang bermanfaat untuk meningkatkan strategi pemasaran yang lebih efektif [7].

B. *Knowledge Discovery In Database* (KDD)

KDD secara keseluruhan mengacu pada proses penemuan informasi yang diterapkan pada *database*. Hal ini juga didefisinikan sebagai proses identifikasi data valid, baru, dan berpotensi bermanfaat dengan pola yang dapat dimengerti [8]. Langkah penting dalam proses KDD dapat dilihat pada Gambar 1 yang terdiri dari beberapa tahapan sebagai berikut [9].



GAMBAR 1
(Tahapan KDD)

C. Ritel

Ritel merupakan kegiatan perdagangan produk secara eceran atau satuan kepada konsumen akhir untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari, baik melalui sistem tradisional maupun modern [10]. Keberlangsungan sektor ini dipengaruhi secara signifikan oleh pertumbuhan penduduk serta pergeseran gaya hidup masyarakat yang kini lebih mengutamakan aspek kenyamanan, kemudahan, dan transparansi dalam bertransaksi [10].

D. Perilaku Konsumen

Perilaku konsumen didefinisikan sebagai proses pencarian, perolehan, dan penilaian produk oleh pelanggan [11]. Keputusan pembelian tersebut melibatkan tahapan multidimensi yang dipengaruhi oleh aspek demografi, gaya hidup, dan nilai budaya [12]. sehingga identifikasi pola perilaku sangat esensial untuk efektivitas strategi pemasaran.

E. Teknik Asosiasi

Teknik asosiasi adalah metode yang digunakan untuk menemukan pola dan hubungan antar item yang terdapat dalam suatu dataset [9]. Dalam mengevaluasi sebuah aturan asosiasi, dibutuhkan beberapa parameter yang dapat gunakan sebagai berikut [13]:

1. *Support*

Ukuran yang menunjukkan seberapa sering suatu *itemset* muncul dalam semua transaksi.

$$Support\ A = \frac{Jumlah\ tansaksi\ mengandung\ A}{Total\ tansaksi} x\ 100\%$$

$$Support\ A,B = \frac{\sum Jumlah\ tansaksi\ mengandung\ A\ dan\ B}{\sum Transaksi} x\ 100$$

2. *Confidence*

Persentase transaksi suatu aturan asosiasi contoh (A > B). Persentasi *confidence* yang tinggi menunjukkan bahwa aturan tersebut dapat dinyatakan benar atau valid.

$$Confidence = \frac{\sum Jumlah\ tansaksi\ mengandung\ A\ dan\ B}{\sum Transaksi} x\ 100\%$$

3. *Lift ratio*

Mengukur seberapa sering aturan asosiasi tersebut muncul dibandingkan dengan asosiasi lainnya secara acak. Hubungan yang signifikan ditandakan dengan *lift ratio* diatas 1.

$$Lift\ ratio\ (A \rightarrow B) = \frac{Confidence\ (A \rightarrow B)}{Support\ A}$$

F. Algoritme *FP-Growth*

Algoritme *FP-Growth* digunakan untuk mengidentifikasi pola baru yang terdapat dalam kumpulan *item* yang sering muncul tanpa pembuatan kandidat (*generate candidate*) [14]. Algoritme ini lebih efisien dan cepat dibandingkan algoritme lain dalam proses penggalian informasi di beberapa kasus, karena pada prosesnya akan membangun struktur pohon *FP-Tree* (*Frequent Pattern Tree)* [15]. Metode *FP-Growth* dapat dibagi menjadi 3 tahapan utama [16][17], yaitu:

1. Tahap pembangkitan conditional pattern base (CPB)
2. Tahap pembangkitan conditional FP-Tree (CFP)
3. Tahap pencarian frequent *itemset*

G. Algoritme *Particle Swarm Optimization* (PSO)

Algoritme *Particle Swarm Optimization* (PSO) adalah metode optimasi yang terinspirasi dari perilaku sosial ikan dan burung saat bergerak bersamaan dengan melibatkan banyak individu atau partikel yang bekerja dalam segerombolan [5].Gerakan partikel dipengaruhi oleh 2 faktor yaitu nilai posisi sebelumnya dan nilai kecepatan saat ini [5]. Setiap partikel akan bergerak menyesuaikan posisi dan kecepatan untuk menyampaikan informasi atau posisi terbaik kepada partikel lainnya [18]. Berikut 3 tahapan utama Algoritme *Particle Swarm Optimization* (PSO) [5]:

1. Pembangkitan posisi dan velocity awal partikel

Dalam proses ini, fungsi rnd digunakan untuk menghasilkan posisi X dan kecepatan V. Posisi X_o^i dan kecepatan V_o^i dari kumpulan partikel dibangun secara acak menggunakan batas atas (X_{max}) dan batas bawah (X_{min}).

$$V_o^i = X_{min} + rnd\ (X_{max} - X_{min})$$

X_o^i = Posisi awal
V_o^i = Kecepatan awal
X_{min} = Batas bawah
X_{max} = Batas atas
rnd = Nilai *random* antara nilai 0 dan 1

2. Penentuan *fitness value* untuk tiap partikel

Fitness value dihitung berdasarkan seberapa baik tata letak produk dalam mengurangi total jarak antar produk yang memiliki hubungan asosiasi kuat, dengan batasan sebagai berikut:

a. Produk ditempatkan sesuai jumlah kebutuhan slot penyimpanan pada rak yang tersedia di toko.

b. Setiap slot hanya dapat menampung satu jenis produk.
c. Produk yang saling berkaitan diprioritaskan untuk ditempatkan berdekatan.
d. Pemisahan penempatan produk untuk kategori *food* dan *non-food* (memiliki kandungan bahan kimia)
e. Perubahan posisi produk hanya pada slot penyimpanan di rak, bukan perubahan posisi rak atau fasilitas secara signifikan

3. *Update* kecepatan dan posisi

Rumus *update* kecepatan melibatkan beberapa parameter *random*, seperti *inertia weight* (w), *coginitive* parameter ($c1$) dan *social* parameter ($c2$), yang akan digabungkan sebagai berikut:

$$V_{k+1}^{i} = w * V_k^i + C_1 * rnd * (p^i - V_k^i) + C_2 * rnd * (p_k^g - V_k^i)$$

w (*inertia*)= mengontrol "inersia" partikel. Nilai umum antara 0.4–0.9.
V_k^i = Kecepatan sekarang
X_k^i = Posisi sekarang
C_1, C_2 = Rentang nilai berkisar antara 0-4 (*swarm intellegent*)
rnd = Nilai *random* antara nilai 0 dan 1
p^i = Posisi terbaik dari semua partikel (*local best*)
p_k^g = *Global best* pada *swarm* saat ini

H. Jarak *Rectilinear*

Jarak *rectilinear* atau jarak Manhattan merupakan metode pengukuran berbasis garis tegak lurus yang mengadopsi pola *grid* perkotaan [19]. Metode ini dipilih karena kemudahan komputasi dan relevansinya dalam menghitung jarak antar fasilitas dengan jalur pergerakan linier. Dalam konteks ritel, jarak Manhattan sangat efektif untuk memodelkan tata letak rak dan alur pergerakan konsumen yang berbasis pada pergerakan horizontal dan vertikal [20].

III. METODE

Objek penelitian ini adalah data transaksi penjualan bulan April 2025. Sedangkan yang menjadi subjek penelitian ini adalah toko Menang Murah Mart yang berlokasi di Jalan Jatiwinangun, Kab. Banyumas. Data primer diperoleh melalui observasi lapangan dan wawancara terkait tata letak eksisting, sementara data sekunder berupa riwayat transaksi penjualan digunakan untuk analisis pola belanja. Selain itu, didukung oleh studi literatur dari jurnal dan buku terkait analisis pola belanja dan optimasi tata letak.

Tahapan pengolahan data diawali dengan implementasi algoritme *FP-Growth* pada perangkat lunak MATLAB untuk mengekstraksi aturan asosiasi antarproduk. Selanjutnya, *Particle Swarm Optimization* (PSO) diterapkan untuk mengoptimalkan susunan produk dengan mempertimbangkan jarak perpindahan, dimensi fisik toko, dan kapasitas rak. Efisiensi hasil rancangan dievaluasi melalui perbandingan antara tata letak awal dan usulan menggunakan perhitungan jarak Manhattan pada Persamaan (1).

$$dij = |X_i - X_j| + |Y_i - Y_j| \quad (1)$$

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengumpulan Data

Data penelitian berupa transaksi penjualan bulan April 2025 dengan total 5.586 transaksi yang diperoleh langsung dari Menang Murah Mart dan diolah menggunakan *Microsoft Excel*. Tabel 1 menyajikan data historis transaksi penjualan yang akan digunakan untuk keperluan analisis dalam penelitian ini.

TABEL 1
(Data Transaksi Mentah)

No	*Date* Transaksi	*Time* Transaksi	Nama Produk
1	01/04/2024	07.57.45	Air Mineral
2	01/04/2024	08.01.50	Sosis, Kopi, Detergent, *Snack*
3	01/04/2024	08.16.18	Sosis, Bumbu
4	01/04/2024	08.24.42	Susu
...	...	...	...
5583	30/04/2024	22.45.30	Biskuit, Teh, Air Mineral, Chiki
5584	30/04/2024	22.48.42	Chiki, Minuman Botol, Mie Instan
5585	30/04/2024	22.49.36	Teh, *Snack*, Chiki, Mie Instan
5586	30/04/2024	22.54.14	Tisu, *Snack*, Air Mineral, Chiki

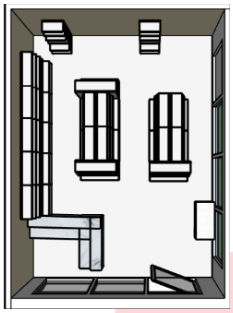
Data ini merupakan data transaksi harian dalam satu bulan yang kemudian diproses melalui tahap kategorisasi produk menjadi 19 kelompok utama, yaitu: *snack*, *beverages*, *food ingredients*, *seasonings*, dan kategori lainnya. Reduksi data ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi analisis dan struktur data, mengingat besarnya variabilitas produk dengan frekuensi kemunculan yang rendah. Selain memberikan representasi mendalam terkait preferensi pelanggan, pengelompokan ini berfungsi sebagai basis strategis dalam optimasi penataan produk [21]. Detail mengenai klasifikasi produk tersebut disajikan pada Gambar 2.

No	Kategori	Sub-Kategori
1	*Snack*	*Snack* , Chiki, Permen, *Jelly* , Coklat, Ceres, Kurma, Biskuit
2	*Beverages*	Minuman Botol, Sirup, Es Krim, Susu, Kental Manis, *Yogurt* , *Yakult* , Galon, Es Batu, Air Panas, Air Mineral, Kopi, Teh
3	*Food Ingredients*	Beras, Bihun, Tepung, Terigu, Kacang Hijau, Santan, Kornet, Tape, Sarden, Mayones, Telur, Gula, Minyak
4	*Instant Food*	Mie Instan, Bakso, Sosis, Bubur, *Frozen Food* , Ayam, Abon, Kerupuk, Sereal
5	*Seasonings*	Bumbu, Kecap Manis, Saos, Sambal, Garam, Cuka, Saus Tiram, Saus Teriyaki
6	*Bread dan Bakery*	Roti, Bahan Kue, Pewarna, Keju, Margarin
7	*Cleaning*	Sabun Piring, Sabun Lantai, Cairan Pembersih, Spons, Sabun Motor, Sabun Colek, Sabun Tangan
8	*Household*	Tisu, Plastik, Sedotan, Sterofoam, Kertas Minyak, Kotak Makan, Sendok, Garpu, Sumpit, Gunting, *Cutter* , Peniti, Sisir, Guntingan Kuku, Korek, Korek Kuping, Lampu, Baterai
9	*Laundry*	Detergen, Pelembut, Pelicin, Pemutih
10	*Body dan Hair*	*Shampo* , Sabun Mandi, Sabun Muka, *Hair Cream* , *Hair Oil* , Vitamin Rambut, *Body Lotion* , *Body Scrub* , Cukuran
11	*Oral Care*	Sikat Gigi, Tusuk Gigi, Pasta Gigi
12	*Bathing*	Handuk, Kain Serbet
13	*Health*	Obat, Jamu, Obat Nyamuk, Baygon, Minyak Telon, Temulawak, Jahe
14	*Feminine dan Baby*	Popok, Bedak Bayi, Dot, Masker, Pembalut, Tisu Bayi, Sabun Bayi, Baby Oil
15	*Stationery*	Pensil, Pulpen, Penghapus, Rautan, Amplop, Kertas, Kertas Kado, Materai, Buku
16	*Tools*	Kutek, Kapur, Lem, Isolasi, Kapas, Staples, Jas Hujan, Topi, Selendang, Kanebo, Pengharum, Kaos Kaki, Sandal, Lilin, Paku
17	*Cosmetics*	*Foundation, Moisturizer* , Pensil Alis, *Deodorant* , Parfum
18	*Cigarettes*	Rokok
19	*Toys*	Mainan

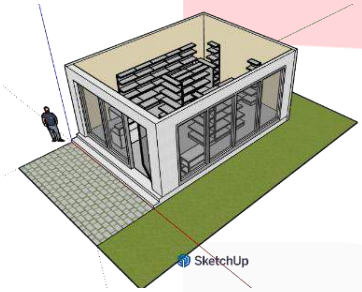
GAMBAR 2
(Kategori Produk)

Penelitian ini berfokus pada optimasi penataan produk pada rak tanpa mengubah luas area atau jumlah fasilitas eksisting. Objek analisis mencakup area kasir dan 19 rak dengan total kapasitas 157 slot penyimpanan. Kondisi tata letak awal digunakan sebagai parameter dasar dalam

pengembangan model optimasi. Untuk mempermudah analisis dan visualisasi, setiap slot produk diklasifikasikan menggunakan kode warna berdasarkan kategori masing-masing. Representasi visual mengenai tata letak awal Menang Murah Mart disajikan secara detail pada Gambar 3 hingga Gambar 5.



GAMBAR 3
(Tata Letak Bagian Atas)

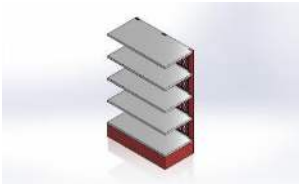


GAMBAR 4
(Tata Letak Bagian Samping)



GAMBAR 5
(Tata Letak Produk Awal)

Salah satu fasilitas utama yang digunakan dalam model pengoptimalan tata letak produk dalam penelitian ini adalah rak penjualan. Rak berperan sebagai tempat menyimpan produk sekaligus menampilkan produk yang memengaruhi cara produk didistribusikan dan disusun di dalam toko. Karena itu, memahami karakteristik serta ukuran rak sangat penting dalam proses merancang tata letak. Gambar 6 dan 7 menunjukkan desain rak secara keseluruhan dan dari samping.



GAMBAR 6
(Desain Rak Keseluruhan)



GAMBAR 7
(Desain Rak
Tampak Samping)

Rak yang digunakan memiliki tinggi keseluruhan 150 cm, lebar tampak depan 80 cm, dan kedalaman 40 cm. Rak ini terdiri dari lima tingkat susunan rak yang bisa digunakan sebagai tempat memajang produk.

B. *Preprocessing Data*

Data *preprocessing* dilakukan melalui *data cleaning*, *data reduction*, dan *data integration*. *Data cleaning* dilakukan dengan menghapus transaksi yang hanya berisi satu item, sehingga dari 5.586 transaksi diperoleh 2.492 data. *Data reduction* dilakukan dengan menghilangkan variabel tanggal dan waktu transaksi, dan hanya mempertahankan *transaksiId* serta nama produk. Selanjutnya, transaksi dengan satu kategori dihapus sehingga diperoleh 2.170 transaksi dengan minimal dua kategori, kemudian dilakukan *data integration* ke dalam satu tabel transaksi.

TABEL 2
(Data Integrasi)

TID	Produk
1	*Beverages*, *Instant Food*, *Laundry*, *Snack*
2	*Instant Food*, *Seasonings*
3	*Feminine dan Baby*, *Health*
4	*Beverages*, *Cigarettes*
5	*Beverages*, *Snack*
…	…
2170	*Beverages*, *Household*, *Snack*

C. Penentuan Parameter *FP-Growth*

Minimum *support* merepresentasikan batas frekuensi kemunculan kombinasi *item*, sedangkan minimum *confidence* menunjukkan peluang kemunculan produk B ketika produk A muncul dalam satu transaksi. Penelitian ini menetapkan minimum *support* sebesar 10% dan minimum *confidence* sebesar 50% pada algoritme *FP-Growth*, dengan penyesuaian parameter sesuai kebutuhan penelitian [22]. Nilai minimum *support* yang terlalu rendah dapat menghasilkan aturan yang kurang relevan [23]. Sedangkan nilai *support* dan *confidence* yang lebih tinggi menghasilkan aturan asosiasi yang lebih sedikit namun lebih akurat dan bermanfaat sebagai dasar pengambilan keputusan [24].

D. Hasil Analisis *FP-Growth*

Berdasarkan proses analisis menggunakan algoritme *FP-Growth*, diperoleh aturan asosiasi yang memenuhi batas minimum *support* dan *confidence*.

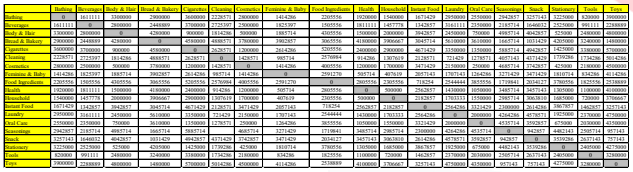
TABEL 3
(Aturan Asosiasi *Fp-Growth)*

Antecedent	*Consequent*	*Support*	*Confidence*	*Lift ratio*
Snack	*Beverages*	905	0.7676	1.0404

Aturan asosiasi menunjukkan hubungan yang kuat antara kategori Snack dan Beverages. Nilai *confidence* sebesar 76,76% menunjukkan bahwa sebagian besar pembelian Snack juga melibatkan pembelian Beverages. *Support* sebesar 905 menandakan bahwa kombinasi ini muncul dengan frekuensi yang cukup tinggi. Hasil ini menunjukkan bahwa Beverages biasanya dibeli bersamaan dengan Snack di Menang Murah Mart.

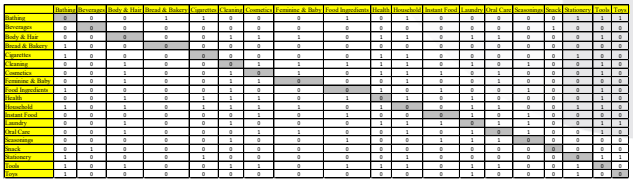
E. Matriks *Lift ratio*

Optimasi diawali dengan penyusunan matriks *lift ratio* sebagai bobot fungsi tujuan, yang diperoleh dari hasil *FP-Growth*. Nilai *lift ratio* > 1 menunjukkan asosiasi kuat antar produk sehingga direkomendasikan untuk ditempatkan berdekatan. Matriks berukuran 19 × 19 merepresentasikan hubungan antar kategori produk. Gambar 8 menampilkan nilai lift ratio antar kategori produk.



GAMBAR 8
(Matriks Lift Ratio 19X19)

Untuk meningkatkan efisiensi komputasi pada MATLAB, nilai *lift ratio* dikonversi ke dalam bentuk biner. Pasangan produk dengan *lift ratio* ≤ 1 diberi nilai 0, sedangkan nilai > 1 diberi nilai 1 sebagai indikator adanya asosiasi pembelian yang signifikan. Algoritme PSO kemudian diimplementasikan untuk meminimalkan total jarak perpindahan antarproduk yang memiliki nilai biner 1. Dengan mengabaikan pasangan bernilai 0 dalam fungsi objektif, optimasi menjadi lebih terfokus pada produk yang memiliki kecenderungan dibeli secara bersamaan berdasarkan 56 data transaksi yang dianalisis. Representasi sebagian matriks biner *lift ratio* tersebut disajikan pada Gambar 9.



GAMBAR 9
(Transformasi Matriks Lift Ratio)

F. Matriks Jarak

Posisi setiap produk direpresentasikan dalam koordinat dua dimensi (X, Y) untuk mencerminkan letak relatifnya di area penjualan. Validasi model spasial ini menunjukkan tingkat kesesuaian sebesar 92% berdasarkan analisis *Procrustes*, yang mengonfirmasi bahwa model koordinat merepresentasikan kondisi fisik nyata secara akurat. Sumbu X merepresentasikan dimensi panjang rak, sedangkan sumbu Y merepresentasikan lebar rak. Mengingat satu produk dapat menempati beberapa slot penyimpanan, posisi referensi ditentukan melalui perhitungan titik *centroid*. *Centroid* diperoleh dari nilai rata-rata koordinat seluruh slot yang ditempati, sehingga menjadi representasi titik pusat posisi produk dalam perhitungan jarak pada model tata letak.

$$X = \frac{x_1 + x_2 + \cdots + x_n}{n} = \frac{11 + 11 + \cdots + 26}{32} = 3{,}69$$

$$Y = \frac{y_1 + y + \cdots + y_n}{n} = \frac{10+9+\cdots+7}{32} = 8{,}62$$

Selanjutnya, jarak antar produk dihitung berdasarkan titik *centroid* menggunakan metode jarak Manhattan. Perhitungan ini digunakan untuk menentukan jarak perpindahan antar produk, dengan contoh perhitungan ditunjukkan pada pasangan produk Beverages dan Snack.

$$dij = |X_i - X_j| + |Y_i - Y_j|$$
$$= |3{,}69 - 3{,}93| + |8{,}62 - 11{,}50|$$
$$= |0{,}24| + |2{,}88| = 3{,}12$$

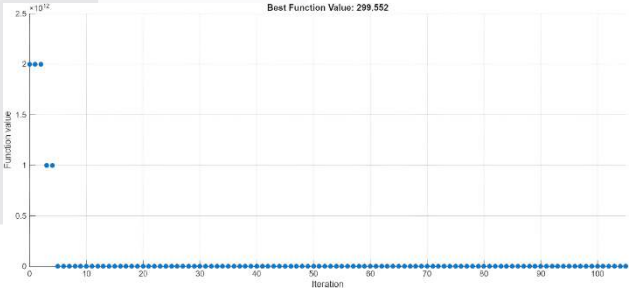
Perhitungan ini hanya dilakukan untuk pasangan produk dengan nilai *lift ratio* biner 1, yaitu produk yang terbukti memiliki hubungan pembelian yang kuat berdasarkan analisis *FP-Growth*. Ada 56 pasangan produk yang memenuhi kriteria dalam penelitian ini

G. Parameter PSO

Algoritme PSO memiliki beberapa parameter yang dapat memengaruhi proses pencarian solusi. Dalam penelitian ini, PSO menggunakan fungsi *particleswarm* bawaan MATLAB. Fungsi ini menyediakan nilai parameter *default* yang bisa langsung digunakan tanpa perlu *setting* manual. Pengaturan ini dipilih karena mampu menghasilkan solusi yang stabil serta menjaga keseimbangan antara eksplorasi dan eksploitasi dalam proses optimasi tata letak produk [25].

H. Interpretasi Hasil PSO

Evaluasi dilakukan dengan melihat algoritme berkonvergen selama proses iterasi dan membandingkan jarak tata letak sebelum dan sesudah dilakukan optimasi. Dalam konteks optimasi, PSO dianggap berhasil jika mampu menemukan solusi yang stabil dan menunjukkan peningkatan yang nyata pada nilai fungsi tujuan dibandingkan dengan kondisi awal [26].



GAMBAR 10
(Grafik Proses Iterasi)

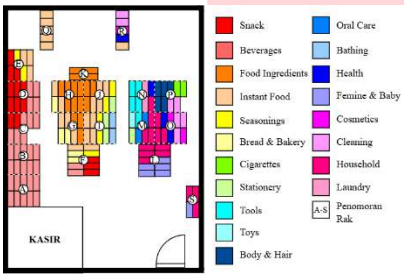
Berdasarkan grafik proses iterasi yang terlihat pada Gambar 10, /////// mengalami penurunan pada awal iterasi. Hal ini menunjukkan kemampuan PSO dalam menemukan solusi yang lebih baik secara cepat. Kemudian, seiring berjalannya iterasi, penurunan fitness value terjadi perlahan hingga akhirnya mencapai kondisi yang stabil. Pola ini menunjukkan bahwa algoritme telah mencapai konvergensi dan solusi terbaik mulai terbentuk, di mana tidak ada

perubahan besar setelah iterasi tertentu. Setelah proses konvergensi selesai, evaluasi dilanjutkan dengan membandingkan total jarak perpindahan produk antara tata letak awal dan tata letak hasil optimasi.

TABEL 4
(Peningkatan Efisiensi Tata Letak)

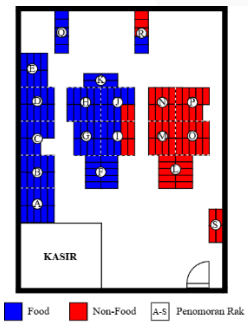
Total Jarak Sebelum Optimasi (Unit)	Total Jarak Sesudah Optimasi (Unit)	Efisiensi Tata Letak (%)
486.44	299.55	38.42%

Hasil yang disajikan dalam Tabel 4.14 menunjukkan penurunan total jarak perpindahan yang signifikan. Total jarak perpindahan berhasil dikurangi dari 486.44 unit menjadi 299.55 unit, dengan mencapai efisiensi tata letak sebesar 38,42%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model PSO yang dibuat berhasil meningkatkan efisiensi pengaturan produk secara nyata dan mencapai tujuan penelitian yang telah ditetapkan.



GAMBAR 11
(Usulan Tata Letak Produk)

Visualisasi ini menunjukkan perubahan cara produk ditempatkan dibandingkan dengan tata letak awal. Produk yang memiliki hubungan asosiasi tinggi ditempatkan di rak yang berdekatan. Selain itu, hasil visualisasi menunjukkan bahwa semua batasan yang ditentukan dalam penelitian telah terpenuhi, terutama terkait dengan pembatasan jumlah produk yang ditempatkan di rak. Pemenuhan batasan ini penting untuk menjaga ketertiban dalam penataan produk, memudahkan proses pengisian ulang, serta mendukung kelancaran operasional toko secara keseluruhan.



GAMBAR 12
(Visualisasi Pemisahan Produk *Food* dan *Non-Food)*

Visualisasi ini menunjukkan bahwa hasil optimasi membentuk kelompok produk *food* dan *non-food* di area rak yang berbeda, sehingga memudahkan pengenalan zona produk di dalam toko. Pemisahan ini sejalan dengan prinsip penataan ritel yang bertujuan untuk meningkatkan kenyamanan pelanggan, menjaga aspek kebersihan produk, serta mendukung alur pergerakan pelanggan yang lebih terarah.

V. KESIMPULAN

Penerapan algoritme *FP-Growth* dan *Particle Swarm Optimization* (PSO) dalam mengoptimalkan tata letak produk di Menang Murah Mart berhasil meningkatkan efisiensi pergerakan pelanggan secara signifikan. Hasil uji coba menunjukkan bahwa jarak tempuh pelanggan berhasil dikurangi dari 486,43 unit menjadi 299,56 unit, artinya ada peningkatan efisiensi sebesar 38,42%. Penurunan ini dicapai berkat penggunaan pola belanja pelanggan untuk menentukan posisi produk yang lebih dekat dan kemampuan PSO dalam merancang tata letak yang paling optimal. Rancangan tata letak yang diajukan dapat diterapkan tanpa perlu mengubah struktur fisik toko. Karena itu, dianjurkan kepada pihak toko untuk menerapkan tata letak hasil optimasi tersebut dan rutin melakukan evaluasi tata letak agar efisiensi serta kenyamanan pelanggan tetap terjaga dalam jangka panjang.

REFERENSI

[1] D. Mariboto *dkk.*, “Perancangan Ulang Tata Letak Untuk Pengoptimalisasian Ruang Pada Toko Ritel RDSP Bogor,” *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 2, no. 2, hal. 135–143, Jun 2023, doi: 10.55826/tmit.v2i2.161.

[2] R. A. Dewi, “Desain Planogram Toko Ritel Berdasarkan Market Basket Analysis dan Overall Variability of Association Rule,” 2024, *Universitas Islam Indonesia*.

[3] R. Purwaningsih, Y. Widharto, N. Susanto, dan L. T. Utami, “Redesain tata letak produk di supermarket berdasarkan perilaku pembelian dengan metode market basket analysis,” *J@ ti Undip J. Tek. Ind.*, vol. 15, no. 3, hal. 196–202, 2020.

[4] D. Destiawati, N. Rahaningsih, A. Bahtiar, I. Ali, dan N. Dienwati Nuris, “Analisis Pola Penjualan Menggunakan Algoritma Asosiasi FP-Growth di PT ABC,” *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 8, no. 3, hal. 3405–3410, Mei 2024, doi: 10.36040/jati.v8i3.9719.

[5] F. Alfina, M. W. Agung, A. Nizirwan, A. S. Binastya, dan Y. Alivia, “Implementasi Algoritma ‘Particle Swarm Optimization’ (PSO) Penjadwalan Belajar Mengajar,” *IKRA-ITH Inform. J. Komput. dan Inform.*, vol. 8, no. 1, 2024, doi: 10.37817/ikraith-informatika.v8i1.3210.

[6] S. A. Salloum, M. Alshurideh, A. Elnagar, dan K. Shaalan, “Mining in educational data: review and future directions,” in *Proceedings of the international conference on artificial intelligence and computer vision (AICV2020)*, Springer, 2020, hal. 92–102.

[7] P. Rahayu *dkk.*, *Buku Ajar Data Mining*. 2024.

[8] F. Marisa, A. L. Maukar, dan T. M. Akhriza, *Data mining konsep dan penerapannya*. Deepublish, 2021.

[9] A. N. Fuadi, M. H. Bhakti, dan A. Premana, “Analisis Pola Pembelian Konsumen Di Toko Ritel DMART Menggunakan Algoritma Apriori Berbasis Website,” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 3,

2024.

[10] H. Chaniago, "Manajemen ritel & implementasinya," *Bandung Edukasi Ris. Digit. PT*, 2021.

[11] W. W. A. Dewi *dkk.*, *Teori Perilaku Konsumen*. Universitas Brawijaya Press, 2022.

[12] D. L. Mothersbaugh, D. I. Hawkins, dan S. B. Kleiser, *Consumer Behavior : Building Marketing Strategy , 14th Edition*. New York : McGraw-Hill Education, 2020.

[13] S. Syam *dkk.*, *Data Mining: Teori dan Penerapannya dalam Berbagai Bidang*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2024.

[14] W. Andriyani *dkk.*, *Perangkat Lunak Data Mining*. Penerbit Widina, 2024.

[15] F. Sulianta, *Basic Data Mining from A to Z*. Feri Sulianta, 2023.

[16] S. Mira, M. Kom, A. C. Nurcahyo, S. Kom, dan M. Kom, *Data Mining Mengeksplorasi Teknik-Teknik Data Mining dan Metode K-Means Teori, Konsep, Algoritma dan Studi Kasus*. Uwais Inspirasi Indonesia, 2025.

[17] R. Aditiya, S. Defit, dan G. W. Nurcahyo, "Prediksi Tingkat Ketersediaan Stock Sembako Menggunakan Algoritma FP-Growth dalam Meningkatkan Penjualan," *J. Inform. Ekon. Bisnis*, hal. 67–73, Sep 2020, doi: 10.37034/infeb.v2i3.44.

[18] Y. Muharni, A. Irman S M, dan Y. Noviansyah, "Perancangan Tata Letak Gudang Barang Jadi Menggunakan Kebijakan Class-Based Storage dan Particle Swarm Optimization Di PT XYZ," *J. Tek. Ind.*, vol. 10, no. 3, 2020, doi: 10.25105/jti.v10i3.8405.

[19] L. G. Mawinata dan D. Nurkertamanda, "Perbaikan Penataan Tata Letak Spare Part Pada Warehouse Berdasarkan Frekuensi Penggunaannya Menggunakan Metode ABC Analysis (Studi Kasus Di Gudang A Rak Close PT Semen Gresik, Pabrik Rembang)," *Ind. Eng. Online J.*, vol. 12, no. 4, 2023.

[20] L. R. L. Toruan dan E. P. L. Tarigan, "Perancangan Ulang Tata Letak Gudang Distributor Ban Pada PT XTC," *Comput. Sci. Ind. Eng.*, vol. 11, no. 3, hal. 128–137, 2024.

[21] H. F. Rohman, "TA: Analisis Data Transaksi Penjualan pada Toko Taqwa Mart dengan Algoritma Fp-Growth untuk Rekomendasi Strategi Penjualan," 2025, *Universitas Dinamika*.

[22] S. Suryani dan S. P. Utami, "Analisis Layout Produk dengan Metode Market Basket Analysis (MBA) pada Swalayan CG Mart Pasir Putih Kabupaten Kampar," 2021, *Universitas Islam Riau*.

[23] I. Khoiruzzidan, "Analisis Asosiasi pada Nilai Mahasiswa Informatika UII menggunakan Data Mining dengan Algoritma Apriori," 2024, *Universitas Islam Indonesia*.

[24] N. Muchlisin, "Redesain Tata Letak Minggir Mart Berdasarkan Pola Pembelian Konsumen Menggunakan Association Rules-market Basket Analysis," 2023, *Universitas Islam Indonesia*.

[25] MathWorks, "Particleswarm - MATLAB & Simulink Documentation." Diakses: 5 Januari 2026. [Daring]. Tersedia pada: https://www.mathworks.com/help/gads/particleswarm.html?utm_source=

[26] N. A. Alifah *dkk.*, "Penerapan Algoritma Particle Swarm Optimization dalam Optimasi Penentuan Rute Wisata di Kota Surabaya dengan Universal Transverse Mercator," *J. Ilm. Teknol. Inf. dan Robot.*, vol. 5, no. 1, hal. 1–8, Jun 2023, doi: 10.33005/jifti.v5i1.172.