

**PREDIKSI PERPINDAHAN PELANGGAN PADA PENJUALAN  
MENGUNAKAN ALGORITMA *SUPPORT VECTOR  
MACHINE* DAN *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION***

**SKRIPSI**

**OLEH:**

**KHAIRUL AMALI**

**218160009**



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2026**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 2/7/26

Access From ([repository.uma.ac.id](http://repository.uma.ac.id))2/7/26

**PREDIKSI PERPINDAHAN PELANGGAN PADA PENJUALAN  
MENGUNAKAN ALGORITMA *SUPPORT VECTOR  
MACHINE* DAN *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION***

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Di Fakultas Teknik  
Universitas Medan Area**

**Oleh:**

**KHAIRUL AMALI**

**218160009**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2026**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 2/7/26

Access From ([repository.uma.ac.id](http://repository.uma.ac.id))2/7/26

## HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Prediksi Perpindahan Pelanggan Pada Penjualan Menggunakan Algoritma Support Vector Machine Dan Particle Swarm Optimization

Nama : Khairul Amali

NPM : 218160009

Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh  
Komisi Pembimbing



Nurul Khairina, S.Kom., M.Kom  
Pembimbing I



Tanggal Lulus: 16 April 2026

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar serjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 16 April 2026



Khairul Amali  
218160009

## **HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Khairul Amali  
NPM : 218160009  
Program Studi : Teknik Informatika  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Prediksi Perpindahan Pelanggan Pada Penjualan Menggunakan Algoritma Support Vector Machine Dan Particle Swarm Optimization**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan Skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan  
Pada tanggal : 16 April 2026  
Yang menyatakan

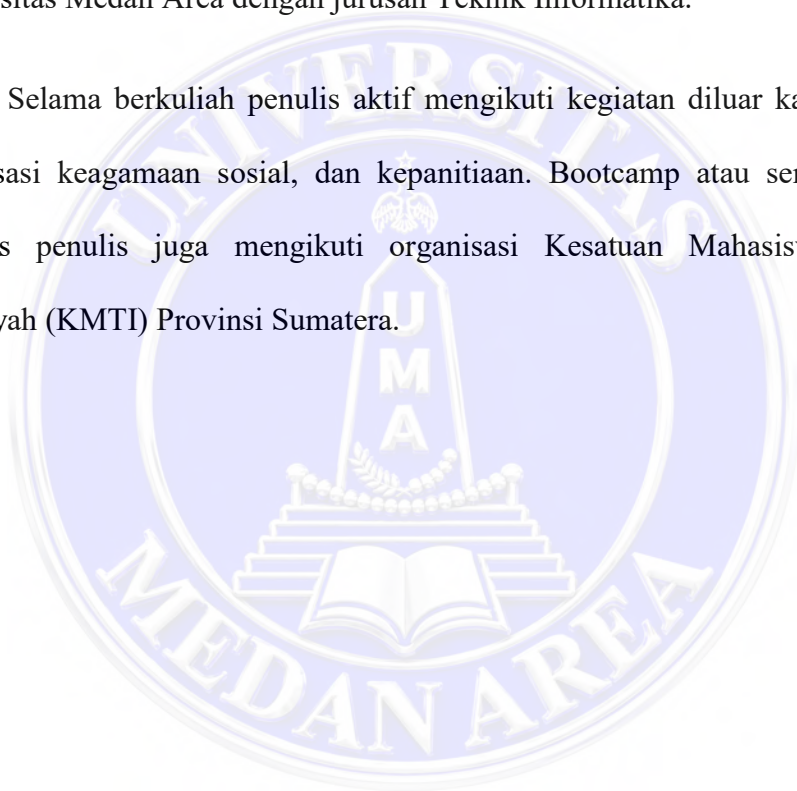


(Khairul Amali)

## RIWAYAT HIDUP

Khairul Amali lahir pada tanggal 26 Mei 2003 di Desa Stabat, Kecamatan Secanggang, Kabupaten Langkat, Provinsi Sumatera Utara dari ayah Abdul jalil dan Ibunda Rukiyah yang luar biasa hebat. Penulis merupakan anak Pertama dari lima bersaudara. Pada tahun 2021 penulis lulus dari SMK PUTRA JAYA Stabat kemudian mendaftar pada tahun 2021 menjadi mahasiswa di Fakultas Teknik Universitas Medan Area dengan jurusan Teknik Informatika.

Selama berkuliah penulis aktif mengikuti kegiatan diluar kampus seperti organisasi keagamaan sosial, dan kepanitiaan. Bootcamp atau seminar, Diluar kampus penulis juga mengikuti organisasi Kesatuan Mahasiswa Tarbiyah Islamiyah (KMTI) Provinsi Sumatera.



## KATA PENGANTAR

Dengan penuh rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya, penulis akhirnya dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Prediksi Perpindahan Pelanggan Pada Penjualan Menggunakan Algoritma *Support Vektor Machine dan Particle Swarm Optimazation***”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Program Sarjana pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Informatika di Universitas Medan Area. Penulis menyadari bahwa meskipun skripsi ini telah disusun dengan sebaik – baiknya, masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kata kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat konstruktif dari para pembaca untuk perbaikan di masa yang akan datang. Penulis juga ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Allah SWT. yang selalu memberikan kenikmatan dan kesehatan sehingga penulis masih bisa menjalankan hidup dengan baik dan selalu memberikan penulis perlindungan dan kekuatan.
2. Yang sangat teristimewa kedua orang tua penulis, Ayahanda Abdul Jalil dan ibunda Rukiyah yang selalu memenuhi kebutuhan penulis mendukung, dan mendoakan penulis sehingga penulis menyelesaikan pendidikan hingga perguruan tinggi.
3. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng., M.Sc., selaku Rektor Universitas Medan Area.
4. Bapak Dr. Eng. Supriatno, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

5. Bapak Nurul Khairina S.Kom, M.Kom., selaku Dosen Pembimbing penulis yang mengarahkan penulis dalam proses menyelesaikan skripsi ini.
6. Ibu Susilawati S.kom., M.Kom Selaku Ketua Panitia kemudian Pak Rizki Muliono S.Kom., M.kom Selaku Ketua Prodi Teknik Informatika dan Sekretaris Panitia, Bapak Dr. Dian Noviadri S.T., Penguji Sidang Skripsi dalam pelaksanaan pengujian penelitian penulis, yang memberikan saran dan masukan kepada penulis.
7. Seluruh Dosen Teknik Informatika Universitas Medan Area yang telah membekali penulis dengan ilmu yang sangat bermanfaat.
8. Bang Robby Kurniawan Sari Damanik, ST., selaku IT Support Teknik Informatika yang selalu mengarahkan penulis dalam administrasi.
9. Kepada saudara kandung penulis yang turut selalu mendukung segala kegiatan penulis hingga berhasil menyelesaikan pendidikan ini.
10. Kepada teman teman terdekat penulis yang selalu merayakan setiap pencapaian penulis sampai penulis bisa menyelesaikan pendidikan ini dengan semangat yang tinggi. *Last but not least*, terkhusus dan paling tersayang Bambang Saktiawan S.kom, Mhd. Ramadhan Saputra S.kom, Evindo Amanda S.kom, Abdullatif S.kom, Mhd. Imam Ali *On The Way* S.kom, Lutfi Chaidar Ikhram yang sampai sekarang *lost contact*.

Medan, 16 April 2026



Khairul Amali  
218160009

## ABSTRAK

Penelitian ini membahas prediksi perpindahan pelanggan (*customer churn*) pada penjualan menggunakan kombinasi algoritma *Support Vector Machine* (SVM) dan *Particle Swarm Optimization* (PSO). Masalah perpindahan pelanggan menjadi tantangan besar bagi industri *e-commerce* karena dapat menurunkan pendapatan dan meningkatkan biaya akuisisi pelanggan baru. Untuk mengai hal tersebut, diperlukan model prediksi yang akurat guna mendeteksi pelanggan yang berpotensi churn. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder berjumlah 901 pelanggan yang mencakup variabel usia, total pembelian, status manajer akun, lama berlangganan, dan jumlah situs yang dikelola. Algoritma SVM digunakan untuk klasifikasi, sementara PSO berperan dalam optimasi parameter  $C$  (regularization) dan  $\gamma$  (kernel coefficient) agar menghasilkan performa model terbaik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model SVM dengan optimasi PSO memberikan peningkatan kinerja dibandingkan SVM tanpa optimasi. Nilai akurasi meningkat dari 0,861111 menjadi 0,872222, dengan peningkatan nilai *Recall* dari 0,28125 menjadi 0,43750 dan nilai AUC dari 0,8923 menjadi 0,9071. Hal ini membuktikan bahwa PSO mampu menemukan kombinasi parameter optimal yang memperbaiki kemampuan model dalam mendeteksi pelanggan churn. Dengan demikian, integrasi PSO pada SVM terbukti efektif dalam meningkatkan akurasi prediksi perpindahan pelanggan, serta dapat dijadikan dasar bagi pengembangan sistem prediksi churn yang lebih efisien pada industri *e-commerce*.

**Kata Kunci:** *Customer Churn, Support Vector Machine, Particle Swarm Optimization, Prediksi, E-commerce.*

## ABSTRACT

*This research discusses the prediction of customer churn in bag sales using a combination of the Support Vector Machine (SVM) and Particle Swarm Optimization (PSO) algorithms. Customer churn is a significant challenge for the e-commerce industry as it can reduce revenue and increase the cost of acquiring new customers. To address this, an accurate prediction model is needed to identify customers at risk of churning. The data used in this study is secondary data from 901 customers, including the variables of age, total purchases, account manager status, subscription duration, and the number of managed websites. The SVM algorithm is used for classification, while PSO plays a role in optimizing the parameters  $C$  (regularization) and  $\gamma$  (kernel coefficient) to achieve the best model performance. The test results show that the SVM model with PSO optimization provides improved performance compared to SVM without optimization. The accuracy value increased from 0.861111 to 0.872222, with an increase in the Recall value from 0.28125 to 0.43750 and the AUC value from 0.8923 to 0.9071. This proves that PSO is capable of finding the optimal parameter combination that improves the model's ability to detect customer churn. Thus, integrating PSO with SVM has proven effective in improving the accuracy of customer churn prediction, and can serve as a basis for developing more efficient churn prediction systems in the e-commerce industry.*

**Keywords:** *Customer Churn, Support Vector Machine, Particle Swarm Optimization, Prediction, E-commerce.*

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAKAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>RIWAYAT HIDUP.....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Prediksi.....	7
2.2 Penjualan .....	7
2.3 <i>Support Vector Machine</i> .....	8
2.4 <i>Particle Swarm Optimization</i> .....	8
2.5 <i>Flowchart Diagram</i> .....	10
2.6 <i>Customer Churn</i> .....	11
2.7 <i>Best Cost (Error)</i> .....	11
2.8 Parameter C (Regularization Parameter).....	12
2.9 Parameter <i>Gamma</i> (Kernel Coefficient) .....	12
2.10 Integrasi dalam PSO-SVM .....	13
2.11 Penelitian Terdahulu.....	13
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>16</b>
3.1 Kerangka Penelitian .....	16
3.2 Identifikasi Masalah.....	17
3.3 Pengumpulan Data.....	17
3.4 Bahan dan Alat.....	19

3.5	Preprocessing Data .....	19
3.6	Implementasi <i>Support Vektor Machine</i> (SVM) .....	20
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>25</b>
4.1	Hasil .....	25
4.1.1	Implementasi Model SVM .....	25
4.1.2	Implementasi Model SVM + PSO .....	28
4.2	Pembahasan .....	33
4.2.1	Analisis Hasil SVM .....	33
4.2.2	Analisis Hasil SVM + PSO .....	33
4.2.3	Analisis <i>Confusion Matrix</i> .....	33
4.2.4	ROC ( <i>Receiver Operating Characteristic</i> ) Curve .....	34
4.3	Perbedaan Penelitian Terdahulu .....	34
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>37</b>
5.1	Kesimpulan .....	37
5.2	Saran .....	38
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>39</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian.....	16
Gambar 4. 1 Confusion Matrix SVM.....	26
Gambar 4. 2 Confusion Matrix SVM + PSO.....	28
Gambar 4. 3 Grafik Perbandingan Metrik Evaluasi SVM dan SVM+PSO.....	30
Gambar 4. 4 Perbandingan ROC Curve Antara SVM dan SVM+PSO.....	31



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Flowchart.....	10
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu.....	14
Tabel 3.1 Data Penelitian.....	18
Tabel 3.2 Data Preprocessing.....	20
Tabel 3.3 Sampel data perhitungan manual.....	21
Tabel 3.4 Normalisasi Data.....	22
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian 100 data Model SVM.....	27
Tabel 4. 3 Perbandingan Hasil SVM dan SVM+PSO.....	29



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

*Customer Churn* merupakan keadaan di mana pelanggan memutuskan untuk beralih dari satu penyedia layanan telekomunikasi ke penyedia lain yang menawarkan jasa atau produk yang serupa. Hal ini menjadi masalah yang penting dan harus diatasi oleh perusahaan-perusahaan dalam industri ini, terutama mengingat biaya yang diperlukan untuk mendapatkan pelanggan baru memiliki tingkat kesulitan yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan menjaga pelanggan yang telah ada (Rizki Kurniawan dkk., 2023)

Loyalitas pelanggan merupakan komitmen dari konsumen untuk kembali membeli atau membeli produk secara berulang terhadap sebuah barang maupun jasa dengan konsisten hingga kemudian hari. (Putri & Sinaga, 2024). Perpindahan pelanggan merupakan pelanggan yang memilih produk dengan merek yang berbeda dari merek produk yang telah biasa dibeli oleh konsumen. Pada perpindahan merek atau brand switching juga diperlukan analisis untuk pergerakannya. (Telaumbanua dkk., 2024)

Pelanggan merupakan masalah krusial yang dapat membawa dampak negatif besar bagi perusahaan *e-commerce*. (Dzulfriansyah, 2024) Pembahasan ini menunjukkan bahwa biaya untuk memperoleh pelanggan baru bisa lima kali lebih besar daripada mempertahankan pelanggan yang sudah ada. Selain itu, tingkat

*churn* yang tinggi dapat menyebabkan penurunan pendapatan, meningkatnya biaya akuisisi, dan bahkan potensi kebangkrutan (Wayan Wardani dkk., 2022).

Perpindahan pelanggan atau yang biasa disebut customer *churn* terjadi ketika konsumen memilih produk dengan merk lain dari yang biasa mereka beli. (Utama dkk., 2024) Faktor-faktor yang mendorong perpindahan pelanggan ini beragam, seperti promosi, harga, penataan di toko, ketersediaan barang, inovasi produk, keinginan untuk mencoba hal baru, dan perubahan kualiti, atau tingkat kepuasan pelanggan (Hafidatus Sholeha., 2024)

Penelitian terdahulu Rissa Nurfitriana Handayani & Universi Adhirajasa Reswara Sanjaya., (2021) melakukan penelitian tentang Optimasi Algoritma Support Vector Machine untuk Analisis Sentimen pada Ulasan Produk Tokopedia Menggunakan PSO. Penelitian ini membahas tentang analisis sentimen dari ulasan produk dalam konteks *e-commerce*, khususnya Tokopedia. Penelitian ini menggunakan algoritma Support Vector Machine (SVM) untuk klasifikasi sentimen, dengan penerapan optimasi fitur menggunakan *Particle Swarm Optimization* (PSO) untuk meningkatkan akurasi.

Kemudian Fransiska Febriyanti Kosat, Yasinta Oktaviana Legu Rema, Hevi Herlina Ullu., (2024) melakukan penelitian tentang *Prediction of New Customer Segmentation Classification Using Artificial Intelligence Project Cycle Orange Data Mining* Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi segmen atau klasifikasi pelanggan baru yang tepat untuk menentukan strategi pemasaran yang sesuai. Penelitian ini menggunakan pembelajaran mesin dan kecerdasan buatan (AI), serta berbagai teknik seperti *Neural Networks, Naive Bayes, Decision Trees, Random*

*Forest (RF)*, dan *Support Vector Machine (SVM)* untuk melakukan analisis dan klasifikasi.

(Primandani Arsi dkk., 2021) melakukan penelitian tentang Optimasi SVM Berbasis PSO pada Analisis Sentimen Wacana Pindah Ibu Kota Indonesia Peningkatan akurasi sebesar 2,09% dari 79,06% menjadi 81,15% dalam analisis sentimen Twitter. PSO digunakan untuk seleksi fitur pada model SVM.

Penelitian Imam Hidayat.,(2021) Prediksi Kelulusan Tepat Waktu Menggunakan Algoritma SVM dan K-Nearest Neighbour Berbasis PSO Algoritma K-NN dengan nilai  $k=9$  berbasis PSO menghasilkan akurasi tertinggi sebesar 80,21%, meningkat 1,48% dibandingkan tanpa PSO (78,73%).

Penelitian terdahulu Sepriadi Bumbungan, Kusrini, Kusnawi.,(2023) Penerapan *Particle Swarm Optimization (PSO)* dalam Pemilihan Parameter Secara Otomatis pada *Support Vector Machine (SVM)* untuk Prediksi Kelulusan Mahasiswa PSO meningkatkan akurasi SVM dari 93,33% menjadi 98,02%. Nilai evaluasi lainnya: Recall (98,55%), Precision (98,08%), dan F1 Score (98,31%).

Dalam situasi yang tidak stabil, pelanggan yang terus berpindah dapat mengakibatkan perusahaan kehilangan keunggulan kompetitifnya di pasar. Apabila akuisisi pelanggan baru tidak dapat mengimbangi kebutuhan pertumbuhan perusahaan, maka perusahaan akan menghadapi dilema dalam mempertahankan eksistensinya(Suib & Habsari, 2022).

*Churn* pelanggan dalam industri telekomunikasi adalah suatu fenomena yang tidak dapat dihindari, namun perusahaan dapat mengurangi risiko *churn*

dengan melakukan upaya mitigasi guna mengurangi kerugian yang dialami (Ningsih dkk., 2024).

Jika masalah perpindahan pelanggan ini tidak segera di ai, perusahaan *e-commerce* berisiko menghadapi penurunan pangsa pasar, kerugian finansial yang signifikan, dan penurunan loyalitas pelanggan dalam jangka Panjang. Dengan demikian, menemukan metode yang efektif untuk memprediksi dan mengurangi terjadinya perpindahan pelanggan adalah kebutuhan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang masalah yang dipaparkan, rumusan masalah yang terbentuk yaitu:

1. Bagaimana algoritma *Support Vector Machine* (SVM) dan *Particle Swarm Optimization* (PSO) dapat digunakan untuk memprediksi perpindahan pelanggan dalam penjualan?
2. Apakah kombinasi algoritma SVM dan PSO mampu memberikan hasil prediksi yang lebih baik dibandingkan metode SVM saja?
3. Bagaimana kinerja model prediksi perpindahan pelanggan yang menggunakan kombinasi SVM dan PSO dibandingkan dengan teknik prediksi menggunakan SVM?

## 1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang ditentukan agar penelitian ini berfokus pada masalah yang ingin diselesaikan sebagai berikut:

1. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yang berjumlah 901 data pelanggan mencakup informasi tentang transaksi konsumen produk
2. Algoritma yang digunakan adalah *Support Vector Machine* dan *Particle Swarm Optimization*
3. Algoritma *Support Vector Machine* (SVM) digunakan sebagai metode utama untuk membangun model prediksi dengan menggunakan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO) untuk meningkatkan akurasi

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan *Particle Swarm Optimization* (PSO) untuk melakukan optimasi parameter pada algoritma SVM, sehingga dapat meningkatkan akurasi prediksi dan efisiensi model.
2. Mengetahui efektivitas dari kombinasi algoritma SVM dan PSO pada Prediksi Perpindahan Pelanggan Pada Penjualan Menggunakan Algoritma *Support Vector Machine* Dan *Particle Swarm Optimization*.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat:

1. Mendapatkan prediksi yang lebih akurat untuk mengurangi risiko *churn*, meningkatkan loyalitas pelanggan, dan mengurangi biaya akuisisi pelanggan baru.
2. Membantu perusahaan *e-commerce* atau industri terkait untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi perpindahan pelanggan.

3. Memahami penggunaan algoritma *Support Vector Machine* (SVM) untuk klasifikasi data dan optimalisasi parameter dengan *Particle Swarm Optimization* (PSO).
4. Hasil penelitian ini dapat menjadi acuan untuk studi lebih lanjut tentang optimasi algoritma pada berbagai masalah klasifikasi.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Prediksi

Prediksi penjualan yang salah juga mengakibatkan biaya operasional yang tinggi dan tidak stabil. Jika penjualan diprediksi terlalu tinggi, bisnis dapat membelanjakan lebih banyak uang untuk membeli bahan produksi, sedangkan jika penjualan diprediksi terlalu rendah, bisnis mungkin tidak memiliki cukup sumber daya untuk memenuhi permintaan pelanggan. (Susilo dkk., 2025) Prediksi merupakan suatu kegiatan meramalkan penjualan dimasa mendatang berarti menentukan perkiraan besarnya volume penjualan, bahkan menentukan potensi penjualan dan luas pasar yang dikuasai dimasa mendatang. (And & Expert, 2024).

#### 2.2 Penjualan

Penjualan merupakan suatu proses yang bertujuan untuk mengalihkan produk atau jasa kepada pelanggan dengan maksud memperoleh keuntungan atau profit dari transaksi penjualan. Kegiatan-kegiatan dalam penjualan meliputi kegiatan yang dimulai dari mencari pembeli, mempengaruhi pembeli hingga melakukan syarat-syarat pembayaran. (Susilo Ramadhan & Voutama, 2023). Strategi pemasaran bukan hanya tentang mempromosikan produk atau layanan, tetapi juga tentang membangun merek, mengidentifikasi peluang, memahami pelanggan, dan memaksimalkan penjualan. (Telaumbanua dkk., 2024) Dalam dunia usaha tidak ada satupun perusahaan yang merasa puas a profit (laba) yang sudah

dicapai dikarenakan ada perusahaan lain yang akan menyaingi perusahaan itu sendiri.

### 2.3 *Support Vector Machine*

*Support Vector Machine* adalah metode pembelajaran terbimbing yang digunakan untuk klasifikasi dan analisis data. SVM adalah algoritma klasifikasi yang populer dan dapat digunakan untuk mengklasifikasikan data ke dalam dua atau lebih kelas. SVM menggunakan teknik kernel untuk memetakan data ke dalam ruang berdimensi tinggi, sehingga dapat menangani masalah klasifikasi non-linear (Arrafiq & Kurniawan, 2024). Rumus untuk perhitungan SVM menggunakan persamaan.

$$(w \cdot x_i) + b = 0 \quad (1)$$

Data  $x_i$  yang termasuk pada kelas -1 dapat direpresenikan dengan persamaan

$$(w \cdot x_i + b) \leq -1 \text{ untuk } y_i = -1 \quad (2)$$

Untuk data  $x_i$  yang termasuk pada kelas +1, rumusnya dapat dilihat pada persamaan

$$(w \cdot x_i + b) \geq 1 \text{ untuk } y_i = 1 \quad (3)$$

### 2.4 *Particle Swarm Optimization*

PSO adalah sebuah metode optimasi yang menggunakan konsep kolaborasi dan kompetisi dalam sebuah populasi partikel untuk mencari solusi optimal pada masalah yang kompleks. PSO bekerja dengan cara menggerakkan partikel dalam

ruang pencarian dengan memperhatikan posisi dan kecepatan partikel serta informasi terbaik yang diperoleh dari partikel lain dalam populasi. (Silih Windanu dkk., 2024). *Particle Swarm Optimization*, disingkat sebagai PSO, didasarkan pada perilaku sebuah kawanan serangga, seperti semut, rayap, lebah atau burung. Algoritma PSO meniru perilaku sosial organisme ini. Perilaku sosial terdiri dari tindakan individu dan pengaruh dari individu individu lain dalam suatu kelompok. Kata partikel menunjukkan, misalnya, seekor burung dalam kawanan burung. (Wayan Wardani dkk., 2022).

Rumus untuk perhitungan PSO menggunakan persamaan:

1. Persamaan untuk memperbarui kecepatan

$$v_i^{t+1} = w \cdot v_i^t + c_1 \cdot r_1 \cdot (p_i^{best} - x_i^t) + c_2 \cdot r_2 \cdot (g^{best} - x_i^t). \quad (4)$$

Keterangan:

$v_i^t$ : Kecepatan partikel iii pada iterasi ttt.

$w$ : Faktor inersia, mengontrol pengaruh kecepatan sebelumnya.

$c_1$ : Koefisien pembelajaran kognitif (bias ke solusi terbaik partikel sendiri).

$c_2$ : Koefisien pembelajaran sosial (bias ke solusi terbaik dari kawanan).

$r_1 r_2$ : Bilangan acak antara 0 dan 1.

$p_i^{best}$  : Posisi terbaik partikel iii yang pernah dicapai.

$g^{best}$ : Posisi terbaik global (atau kelompok) yang pernah dicapai.

$x_i^t$  : Posisi partikel iii pada iterasi ttt.

2. Persamaan untuk memperbarui posisi

$$x_i^{t+1} = x_i^t + v_i^{t+1} \quad (5)$$

Keterangan:

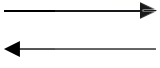



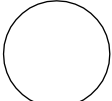

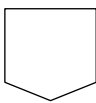
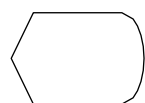
$x_i^{t+1}$ : Posisi partikel  $i$  pada iterasi berikutnya.



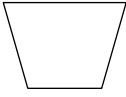
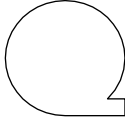
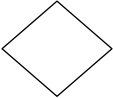
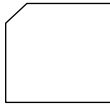

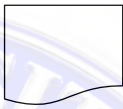
$v_i^{t+1}$ : Kecepatan partikel  $i$  yang telah diperbarui.

## 2.5 Flowchart Diagram

*Flowchart* dapat didefinisikan sebagai sebuah gambaran yang menjelaskan proses yang akan dilihat atau dikaji. Selain itu, *flowchart* biasanya digunakan untuk merencanakan tahapan suatu kegiatan. Jadi, *Flowchart* atau bagan alur merupakan metode untuk menggambarkan tahap-tahap penyelesaian masalah (prosedur) beserta liran data dengan simbol-simbol standar yang mudah dipahami. (Karim Syahputra & Asri Awaliyah Arifin, 2024) *Flowchart* adalah alat yang sangat berguna untuk memvisualisasikan proses. memahami simbol-simbol dan cara membuatnya, kita dapat menggunakan *flowchart* untuk berbagai keperluan.

Tabel 2.1 *Flowchart*

Simbol	Keterangan	Simbol	Keterangan
	<i>Flow direction:</i> penghubung antar simbol.		<i>Manual Input:</i> Menginput data secara manual menggunakan keyboard <i>online</i> .
	<i>Terminator symbol:</i> mulai atau akhir kegiatan.		<i>Preparation symbol:</i> mempersiapkan penyimpanan.
	<i>Connector symbol:</i> penyambungan keluar masuk dalam halaman yang sama.		<i>Predefine Process:</i> pelaksanaan sebuah sub program.
	<i>Connector Symbol ::</i> penyambungan keluar masuk dalam halamanyang berbeda.		<i>Display symbol:</i> peralatan <i>output</i> yang digunakan.

	<i>Processing symbol:</i> pengolahan yang diproses komputer.		<i>Disk and On-line storage:</i> menyatakan input berasal dari disk atau disimpan ke disk.
	<i>Manual operation symbol:</i> pengolahan yang tidak diproses oleh komputer.		<i>Magnetic tape unit:</i> input berasal dari pitamagnet dan output akan disimpan.
	<i>Decision symbol:</i> proses pemilihan berdasar pada kondisi yang berlangsung.		<i>Punch Card:</i> inputan yang berasal darikartu.
	<i>Input and Output:</i> menyatakan proses input dan output.		<i>Document symbol:</i> input berasal dari dokumen cetak. Output akan dicetak pada ker.

Sumber: Abdul Karim Syahputra dkk., 2024

## 2.6 Customer Churn

*Customer churn* adalah fenomena berpindahnya pelanggan dari satu penyedia layanan ke penyedia lain atau berhenti menggunakan produk/jasa tertentu. (Ratna Septia Devi, 2024). Dalam konteks *e-commerce*, *churn* sering disebabkan oleh faktor harga, kualii layanan, promosi kompetitor, dan pengalaman pelanggan yang buruktingkat *churn* yang tinggi dapat mengakibatkan penurunan pendapatan dan meningkatnya biaya akuisisi pelanggan baru hingga lima kali lipat dibandingkan mempertahankan pelanggan lama. Oleh karena itu, deteksi dini *churn* menjadi penting untuk merancang strategi retensi yang efektif. (da Silva dkk., 2024).

## 2.7 Best Cost (Error)

Proses optimasi menggunakan *Particle Swarm Optimization* (PSO), *Best Cost* adalah nilai fungsi objektif (*fitness*) terbaik yang ditemukan selama proses

pencarian parameter. Penelitian ini, fungsi objektif yang digunakan adalah tingkat kesalahan prediksi (*error rate*) yang merupakan kebalikan dari akurasi, sehingga semakin kecil nilai *Best Cost*, semakin tinggi akurasi model. Nilai ini menjadi indikator utama untuk menentukan kombinasi parameter terbaik yang menghasilkan performa klasifikasi optimal (Amelia, 2021)

## 2.8 Parameter C (Regularization Parameter)

Parameter C pada *Support Vector Machine* (SVM) merupakan faktor pengatur *regularization* yang berfungsi mengendalikan keseimbangan antara margin pemisah dan tingkat kesalahan klasifikasi. Nilai C yang besar memberikan penalti besar terhadap kesalahan klasifikasi, sehingga model akan berusaha memisahkan data dengan margin yang sempit namun akurasi tinggi pada data latih (*low bias, high variance*). Sebaliknya, nilai C yang kecil memberikan toleransi lebih besar terhadap kesalahan klasifikasi, menghasilkan margin yang lebih lebar namun berisiko menurunkan akurasi pada data latih (*high bias, low variance*). (Fide, 2021).

## 2.9 Parameter Gamma (Kernel Coefficient)

*Gamma* adalah parameter pada fungsi kernel *Radial Basis Function* (RBF) yang menentukan jangkauan pengaruh sebuah titik data terhadap *decision boundary*. Nilai *gamma* yang kecil membuat pengaruh setiap titik data lebih luas sehingga menghasilkan *decision boundary* yang lebih halus dan sederhana. Sebaliknya, *gamma* yang besar membuat pengaruh titik data menjadi lebih lokal sehingga menghasilkan *decision boundary* yang kompleks dan berisiko *overfitting*.

Pemilihan *gamma* yang tepat sangat penting untuk memastikan kemampuan generalisasi model (Lv et al., 2019).

## 2.10 Integrasi dalam PSO-SVM

Pendekatan PSO-SVM, PSO bertugas untuk mencari kombinasi optimal antara  $C$  dan *gamma* yang meminimalkan nilai *Best Cost*. Setiap partikel pada PSO merepresentasikan sepasang nilai  $C$  dan *gamma*, kemudian dievaluasi menggunakan model SVM pada data latih. Proses iteratif pembaruan posisi dan kecepatan partikel dilakukan hingga ditemukan kombinasi parameter yang menghasilkan *error* terkecil. Integrasi ini memungkinkan pencarian solusi optimal yang lebih efektif dibandingkan pencarian manual atau *grid search* (Adi Artanto, 2024).

## 2.11 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu merupakan penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya yang memiliki keterkaitan hubungan dengan penelitian yang akan penulis lakukan saat ini. Berikut adalah hasil penelitian terdahulu mengenai penentuan lokasi dengan SVM dan PSO yang ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

NO	Penulis dan Tahun	Judul	Hasil Penelitian
1	Rissa Nurfitriana Handayani & Universi Adhirajasa Reswara Sanjaya., (2021)	Optimasi Algoritma <i>Support Vector Machine</i> untuk Analisis Sentimen pada Ulasan Produk Tokopedia Menggunakan PSO	Paper ini membahas tentang analisis sentimen dari ulasan produk dalam konteks <i>e-commerce</i> , khususnya Tokopedia. Penelitian ini menggunakan algoritma <i>Support Vector Machine</i> (SVM) untuk klasifikasi sentimen, dengan penerapan optimasi fitur menggunakan <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO) untuk meningkatkan akurasi.
2	Fransiska Febriyanti Kosat, Yasinta Oktaviana Legu Rema, Hevi Herlina Ullu., (2024)	Prediction of New Customer Segmentation Classification Using Artificial Intelligence Project Cycle Orange Data Mining	Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi segmen atau klasifikasi pelanggan baru yang tepat untuk menentukan strategi pemasaran yang sesuai. Penelitian ini menggunakan pembelajaran mesin dan kecerdasan buatan (AI), serta berbagai teknik seperti Neural Networks, Naive Bayes, Decision Trees, Random Forest (RF), dan <i>Support Vector Machine</i> (SVM) untuk melakukan analisis dan klasifikasi.
3	Primandani Arsi, Rizki Wahyudi, Retno Waluyo., (2021)	Optimasi SVM Berbasis PSO pada Analisis Sentimen Wacana Pindah Ibu Kota Indonesia	Peningkatan akurasi sebesar 2,09% dari 79,06% menjadi 81,15% dalam analisis sentimen Twitter. PSO digunakan untuk seleksi fitur pada model SVM.
4	Imam Hidayat.,(2021)	Prediksi Kelulusan Tepat Waktu Menggunakan Algoritma SVM dan K-Nearest Neighbour Berbasis PSO	Algoritma K-NN dengan nilai k=9 berbasis PSO menghasilkan akurasi tertinggi sebesar 80,21%, meningkat 1,48% dibandingkan tanpa PSO (78,73%).

5	Sepriadi Bumbungan, Kusrini, Kusnawi.,(2023)	Penerapan <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO) dalam Pemilihan Parameter Secara Otomatis pada <i>Support Vector Machine</i> (SVM) untuk Prediksi Kelulusan Mahasiswa	PSO meningkatkan akurasi SVM dari 93,33% menjadi 98,02%. Nilai evaluasi lainnya: Recall (98,55%), Precision (98,08%), dan F1 Score (98,31%).
---	----------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

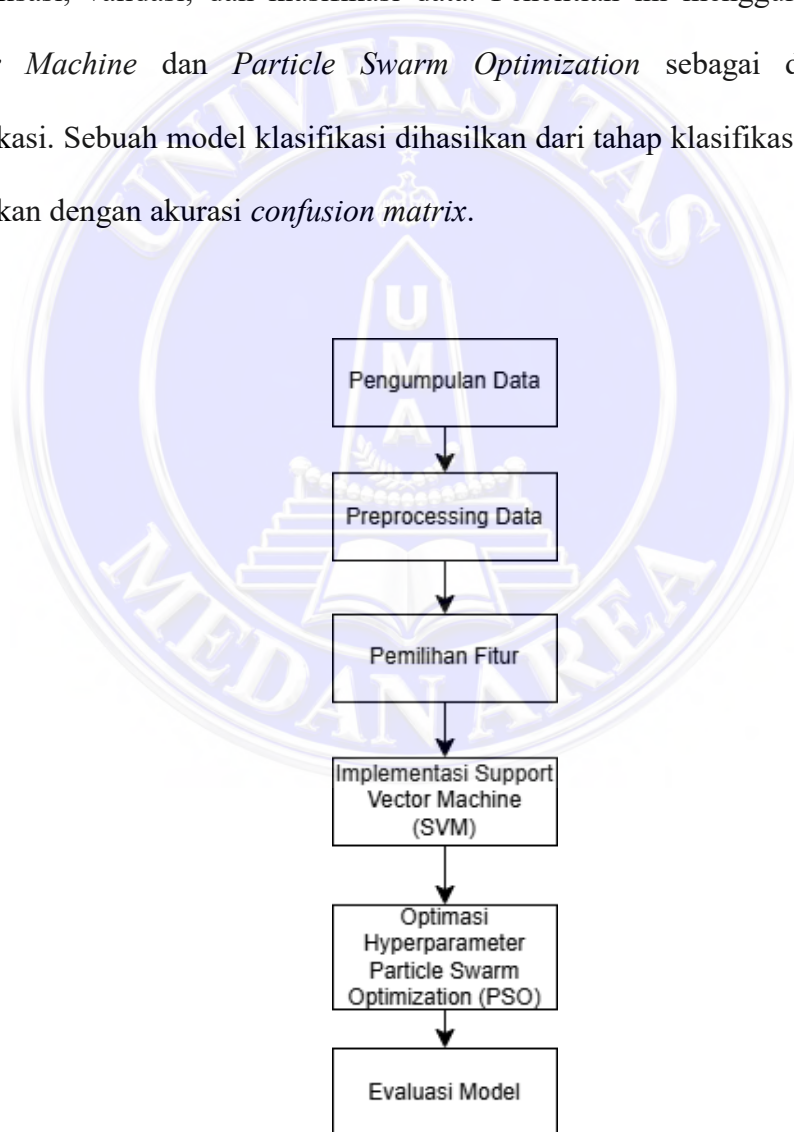


## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Kerangka Penelitian

Studi ini melibatkan beberapa tahap, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1. Kerangka Penelitian adalah tahap pertama. Tahap berikutnya adalah normalisasi, validasi, dan klasifikasi data. Penelitian ini menggunakan *Support Vector Machine* dan *Particle Swarm Optimization* sebagai dua algoritma klasifikasi. Sebuah model klasifikasi dihasilkan dari tahap klasifikasi, dan evaluasi dilakukan dengan akurasi *confusion matrix*.



Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian

### 3.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan permasalahan yang dibahas pada BAB I, penelitian ini diharapkan dapat menyelesaikan permasalahan yang dialami. *Customer Churn* merupakan keadaan di mana pelanggan memutuskan untuk beralih dari satu penyedia layanan telekomunikasi ke penyedia lain yang menawarkan jasa atau produk yang serupa.

### 3.3 Pengumpulan Data

Data yang digunakan adalah data sekunder yang memiliki jumlah sebanyak 901 data penjualan . Variabel yang ada pada data ini seperti nama pelanggan, usia pelanggan, pembelian, mgr, yrs, situs, tanggal, perusahaan, *churn*. Pada penelitian ini pengambilan data, data yang dipilih adalah data sekunder yang telah disediakan oleh website kaggle.com. *Kaggle* adalah platform terkenal didunia *data science* dan *machine learning* yang menawarkan lebih dari 60000 daet dan memiliki komuni data terbesar saat ini.

Tabel 3.1 Data Penelitian

Nomor	Customer Name	Age	Total Purchase	Account Manager	Years with Company	Number of Sites	Onboarding Date	Location	Company Name	Churn Status
1	Cameron xxx	42	11066,8	0	7,22	8	2013-08-30 07:00:40	Jln. xxx	Harvey xxx	1
2	Kevin xxx	41	11916,22	0	6,5	11	2013-08-13 00:38:46	Jln. xxx	Wilson xxx	1
3	Eric xxx	38	12884,75	0	6,67	12	2016-06-29 06:20:07	Jln. xxx	Miller, xxx	1
4	Phillip xxx	42	8010,76	0	6,71	10	2014-04-22 12:43:12	Jln. xxx	Smith xxx	1
5	Cynthia xxx	37	9191,58	0	5,56	9	2016-01-19 15:31:15	Jln. xxx	Love-Jones xxx	1
6	Jessica xxx	48	10356,02	0	5,12	8	2009-03-03 23:13:37	Jln. xxx	Kelly-Warren xxx	1
7	Eric xxx	44	11331,58	1	5,23	11	2016-12-05 03:35:43	Jln. xxx	Reynolds-xxx	1
8	Zachary xxx	32	9885,12	1	6,92	9	2006-03-09 14:50:20	Jln. xxx	Singh-xxx	1
9	Ashlee xxx	43	14062,6	1	5,46	11	2011-09-29 05:47:23	Jln. xxx	Lopez xxx	1
10	Jennifer xxx	40	8066,94	1	7,11	11	2006-03-28 15:42:45	Jln. xxx	Reed-xxx	1
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
899	Dean xxx	41	9771,22	0	5,81	11	2013-05-30 00:42:13	Jln. xxx	Parks-xxx	1
900	Kevin xxx	56	12217,95	1	5,79	11	2016-11-17 14:37:01	Jln. xxx	Olsen xxx	1
901	Jennifer xxx	35	9381,12	1	6,78	11	2006-03-27 20:52:42	Jln. xxx	Clark, xxx	1

### 3.4 Bahan dan Alat

Selama proses yang penulis lakukan dalam penelitian yang berjudul “Prediksi Perpindahan Pelanggan Pada Penjualan Menggunakan Algoritma SVM dan PSO” dibantu dengan beberapa diantaranya:

1. Perangkat Keras:
  - a. Laptop Asus Vivobook Go E1404FA
  - b. Processor AMD Ryzen 3 7320U, (8 CPUs), 2.4GHz
  - c. Memory (RAM) 8 Gigabyte (GB)
2. Perangkat Lunak:
  - a. Microsoft Windows 10
  - b. Microsoft Word 2021
  - c. Microsoft Excel 2021

### 3.5 Preprocessing Data

Ditahap ini ialah memilih atribut yang relevan dan menghapus atribut yang tidak memberikan kontribusi signifikan terhadap model. Data yang digunakan yaitu 901 data dan Atribut yang digunakan yaitu pelanggan, status *churn*, Nama Perusahaan, total pembelian. Berikut data yang telah di pilih dan digunakan untuk penelitian:

Tabel 3.2 Data *Preprocessing*

Nomor	Pelanggan	Status Churn	Nama Perusahaan	Total Pembelian
1	Cameron xxx	1	Harvey xxx	11066,8
2	Kevin xxx	1	Wilson xxx	11916,22
3	Eric xxx	1	Miller, xxx	12884,75
4	Phillip xxx	1	Smith xxx	8010,76
5	Cynthia xxx	1	Love-xxx	9191,58
6	Jessica xxx	1	Kelly-xxx	10356,02
7	Eric xxx	1	Reynolds-xxx	11331,58
8	Zachary xxx	1	Singh-xxx	9885,12
9	Ashlee xxx	1	Lopez xxx	14062,6
10	Jennifer xxx	1	Reed-xxx	8066,94
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...
899	Craig xxx	1	Abbott-xxx	8988,67
900	Nicole xxx	1	Smith, xxx	8283,32
901	Harold xxx	1	Snyder, xxx	6569,87

### 3.6 Implementasi *Support Vektor Machine* (SVM)

Setelah tahap pengumpulan dan preprocessing data selesai selanjutnya implementasi algoritma SVM ditahap ini menjelaskan alur implementasi SVM serta hitungan manual yang akan dilakukan pada implementasi algoritma. Perhitungan manual ini menggunakan data sampel sebagai contoh perhitungan algoritma SVM pada *Prediksi Perpindahan Pelanggan Pada Penjualan Menggunakan Algoritma Support Vector Machine dan Particle Swarm Optimization*.

Berikut adalah sampel data yang akan digunakan untuk perhitungan manual:

Tabel 3.3 Sampel data perhitungan manual

Nomor	Pelanggan	Status Churn	Nama Perusahaan	Total Pembelian
1	Cameron xxx	1	Harvey xxx	11066,8
2	Kevin xxx	1	Wilson xxx	11916,22
3	Eric xxx	1	Miller, xxx	12884,75
4	Phillip xxx	1	Smith xxx	8010,76
5	Cynthia xxx	1	Love-xxx	9191,58

Dalam proses ini, kita akan melakukan perhitungan manual secara rinci mulai dari normalisasi data, pemrosesan SVM, hingga optimasi parameter dengan PSO.

1. Normalisasi Data

Kita menggunakan Z-score Normalization:

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad 3.1$$

Dimana:

$X$  = Total Pembelian asli

$\mu$  = Rata-rata total pembelian

$\sigma$  = Standar deviasi total pembelian

Hitung Rata-rata  $\mu$  :

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{11066.8 + 11916.22 + 12884.75 + 8010.76 + 9191.58}{5} = \frac{53070.11}{5} \\ &= 10614.02 \end{aligned}$$

Hitung Standar Deviasi  $\sigma$ :

$$\sigma = \sqrt{\frac{(X - \mu)^2}{N}}$$

$$\sigma = \frac{\sqrt{(11066.8 - 10614.02)^2 + (11916.22 - 10614.02)^2 + (12884.75 - 10614.02)^2 + (8010.76 - 10614.02)^2 + (9191.58 - 10614.02)^2}}{5}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(452.78)^2 + (1302.2)^2 + (2270.73)^2 + (-2603.26)^2 + (-1422.44)^2}{5}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{205,010.32 + 1,695,726.44 + 5,156,219.33 + 6,779,788.63 + 2,022,398.36}{5}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{15,859,143.08}{5}} = \sqrt{3,171,828.62} = 1782.06$$

Normalisasi Data:

Tabel 3.4 Normalisasi Data

Pelanggan	Total Pembelian	Z-score
Cameron	11,066.80	$\frac{11066.8 - 10614.02}{1782.06} = 0.25$
Kevin	11,916.22	$\frac{11916.22 - 10614.02}{1782.06} = 0.73$
Eric	12,884.75	$\frac{12884.75 - 10614.02}{1782.06} = 1.53$
Phillip	8010,76	$\frac{8010.76 - 10614.02}{1782.06} = -1.46$
Cynthia	9191,58	$\frac{9191.58 - 10614.02}{1782.06} = -0.80$

2. Perhitungan Manual Algoritma *Support Vector Machine* (SVM)

SVM mencari hyperplane (garis pemisah) dalam bentuk persamaan :

$$f(x) = w \cdot x + b$$

Langkah 1: Inisialisasi Parameter Awal Misalkan:

Bobot awal  $w=0.5$  Bias awal  $b=-0.2$

Langkah 2: Hitung Keputusan untuk Cameron:

$$\begin{aligned} f(x_1) &= (0.5 \times 0.25) + (-0.2) = 0.125 - 0.2 = -0.075 = 0.125 - 0.2 \\ &= -0.075 \end{aligned}$$

Karena  $f(x_1) < 0$ , prediksi 0 (tidak *churn*), tetapi label aslinya 1 →

Kesalahan.

Langkah 3: Pembaruan Bobot Karena prediksi salah, bobot diperbarui menggunakan aturan:

$$w = w + \eta(y - f(x))x$$

Misalkan learning rate ( $\eta$ ) = 0.1:

$$\begin{aligned} w &= 0.5 + 0.1(1 - (-0.075))(0.25) \\ w &= 0.5 + (0.1 \times 1.075 \times 0.25) \\ w &= 0.5 + 0.026875 = 0.526875 \end{aligned}$$

Bias diperbarui :

$$\begin{aligned} b &= b + \eta(y - f(x)) \\ b &= -0.2 + 0.1(1 - (-0.075)) \\ b &= -0.2 + (0.1 \times 1.075) \\ b &= -0.2 + 0.1075 = -0.0925 \end{aligned}$$

### 3. Optimasi Menggunakan *Particle Swarm Optimization* (PSO)

Langkah 1: Inisialisasi Partikel Misalkan kita punya 3 partikel:

Partikel	$w$	$b$
P1	0.3	-0.1
P2	0.6	-0.05
P3	0.4	-0.3

Langkah 2: Evaluasi Fitness Fungsi fitness: akurasi prediksi SVM

$$\text{fitness} = -\text{akurasi}$$

Partikel terbaik memiliki akurasi tertinggi.

Langkah 3: Pembaruan Posisi dan Kecepatan

$$v_i^{(t+1)} = w \cdot v_i^{(t)} + c_1 r_1 (p_{best} - x_i^{(t)}) + c_2 r_2 (g_{best} - x_i^{(t)})$$

Misalkan:

$$c_1 = 1.5, c_2 = 1.5$$

$$w = 0.5$$

$$p_{best} = 0.45, b_{best} = -0.15$$

$$g_{best} = 0.47, b_{best} = -0.12$$

$$v_w = 0.5(0.3) + 1.5(0.5)(0.45 - 0.3) + 1.5(0.6)(0.47 - 0.3)$$

$$v_w = 0.15 + 0.1125 + 0.1575 = 0.42$$

$$w' = 0.3 + 0.42 = 0.72$$

Akhirnya:

Bobot optimal:  $w^* = 0.47$

Bias optimal:  $b^* = -0.12$

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai prediksi perpindahan pelanggan pada penjualan menggunakan algoritma SVM yang dioptimasi dengan PSO, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Algoritma Support Vector Machine (SVM) mampu digunakan untuk memprediksi churn pelanggan dengan tingkat akurasi yang cukup baik. Yaitu 0,861111 Namun, penggunaan parameter default pada SVM masih menghasilkan kelemahan, terutama dalam mendeteksi pelanggan yang benar-benar churn, yang terlihat dari nilai recall yang relatif rendah yaitu 0.28125
2. Penerapan *Particle Swarm Optimization* (PSO) sebagai metode optimasi hyperparameter pada SVM terbukti meningkatkan performa model secara signifikan. Dengan nilai AUC yang meningkat 0,9071 dengan SVM yaitu 0,861111 Optimasi parameter C yaitu 553.6373 dan SVM tanpa PSO yaitu 381,4116 dan gamma yaitu 0.007563 dibanding SVM tanpa PSO yaitu 0.001740 melalui PSO menghasilkan nilai akurasi 0.872222, precision 0.736842, recall 0.43750, F1-score 0.549020, serta AUC yang lebih tinggi dibandingkan dengan SVM tanpa optimasi.

## 5.2 Saran

Dari hasil penelitian ini, terdapat beberapa saran yang dapat menjadi bahan pertimbangan untuk pengembangan lebih lanjut:

1. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan daet yang lebih besar, beragam, dan mencakup lebih banyak variabel perilaku pelanggan agar model lebih robust dan generalisasi lebih baik.
2. Selain PSO, algoritma optimasi lain seperti Genetic Algorithm (GA), Ant Colony Optimization (ACO), atau Grey Wolf Optimizer (GWO) dapat dieksplorasi untuk mengetahui metode mana yang paling efektif dalam meningkatkan performa SVM.
3. Penggunaan Kombinasi SVM dengan metode lain (misalnya Random Forest, Gradient Boosting, atau Deep Learning) berpotensi menghasilkan akurasi yang lebih tinggi. Model hybrid juga dapat memperbaiki kelemahan masing-masing algoritma.
4. Hasil penelitian ini dapat dikembangkan menjadi sebuah sistem aplikasi prediksi churn berbasis web atau dashboard interaktif yang dapat digunakan langsung oleh perusahaan dalam memantau risiko churn pelanggan secara real-time.
5. Selain metrik evaluasi teknis (akurasi, precision, recall, F1-score, AUC), penelitian berikutnya dapat menambahkan metrik berbasis bisnis, seperti potensi kerugian finansial akibat churn, sehingga hasil penelitian lebih relevan bagi pengambilan keputusan manajerial.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adi Artanto, F. (2024). *Support Vector Machine Berbasis Particle Swarm Optimization Pada Analisis Sentimen Anggota Kpps*.
- Amelia, N. (2021). *Tahun 2021 Deteksi Covid-19 Berdasarkan Citra Chest X-Ray Menggunakan Support Vector Machine*.
- And, I., & Expert, D. (2024). *Analisis Prediksi Pola Penjualan Pada Kantin Sehat Universi Majalengka Menggunakan Data Mining Metode Time Series Analysis Dan Algoritma Sarima* (Vol. 6, Number 2). [Http://E-Journal.Unper.Ac.Id](http://E-Journal.Unper.Ac.Id)
- Arrafiq, M. S., & Kurniawan, R. (2024). Analisis Sentimen Pengguna Terhadap Layanan Aplikasi Seabank Indonesia Di Instagram Menggunakan Metode Support Vector Machine. *Journal Of Information System Research (Josh)*, 5(4), 1280–1291. <https://doi.org/10.47065/Josh.V5i4.5620>
- Da Silva, E. N., Magalhaes, F. B., & Salcedo, W. J. (2024). Customer Churn Prediction In *E-commerce* Base Using Machine Learning And Lime Algorithm. 2024 *Ieee Andescon*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/Andescon61840.2024.10755666>
- Dzulfriansyah, A. (2024). *Analisis Strategi Pemasaran Dengan Pendekatan Marketing Mix (Studi Kasus Pada Home Industry Giriloyo Batik Bantul-Yogyakarta)*. <https://doi.org/10.38035/Jmpd.V2i3>
- Fide, S. (2021). *Analisis Sentimen Ulasan Aplikasi Tiktok Di Google Play Menggunakan Metode Support Vector Machine (Svm) Dan Asosiasi*. 10(3), 346–358. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/Gaussian/>
- Hafidatus Sholeha, S., Faid, M., & Yaqin, M. A. (2024). *Prediksi Perpindahan Pelanggan Pada Toko Online Menggunakan Metode Tree-Based Gradient Boosted Models*. <https://doi.org/10.47065/Josyc.V5i3.5215>
- Karim Syahputra, A., & Asri Awaliyah Arifin, A. (2024). *Jamudi Jurnal Multidisiplin Ilmu Sistem Informasi Pengarsipan Surat Berbasis Web Pada Media Dan Informasi Universi Royal* (Number 1).
- Lv, X., Wang, Y., Deng, J., Zhang, G., & Zhang, L. (2019). Improved Particle Swarm Optimization Algorithm Based On Last-Eliminated Principle And Enhanced Information Sharing. *Computational Intelligence And Neuroscience, 2018*. <https://doi.org/10.1155/2018/5025672>

- Ningsih, N., Iskandar, N. A. S., Rizqiyah, S., & Sudriyanto, S. (2024). Prediksi Churn Pelanggan Industri Telekomunikasi Menggunakan Metode Artificial Neural Network Berbasis Streamlit. *Justify : Jurnal Sistem Informasi Ibrahimy*, 3(2), 105–114. <https://doi.org/10.35316/Justify.V3i2.5544>
- Putri, N. T., & Sinaga, S. A. (2024). Pentingnya Kepuasan Dan Loyali Pelanggan Terhadap Keberlangsungan Bisnis Umkm. *Journal Of Management And Innovation Entrepreneursip (Jmie)*, 1(3).
- Ratna Septia Devi, T. H. S. M. R. F. D. K. I. B. (2024). *Seleksi Fitur Hybrid Grey Wolf Optimization Dan Particle Swarm Optimization Pada Distance Biased Naïve Bayes Untuk Klasifikasi Kanker Payudara*.
- Rizki Kurniawan, M., Nurul Sabrina, P., Ilyas Teknik Informatika, R., Jenderal Achmad Yani Jl Terusan Jend Sudirman, U., Cimahi Sel, K., Cimahi, K., & Barat, J. (2023). Prediksi Customer Churn Pada Perusahaan Telekomunikasi Menggunakan Algoritma C4.5 Berbasis Particle Swarm Optimization. In *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika* (Vol. 7, Number 5).
- Silih Windanu, L., Sartika Wiguna, A., & Endy Budianto, A. (2024). Optimasi Metode K-Nearest Neighbor Berbasis Particle Swarm Optimization Untuk Analisis Sentimen Pemilihan Presiden Indonesia Tahun 2024-2029. In *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika* (Vol. 8, Number 1).
- Suib, M. S., & Habsari, V. Y. (2022). Persepsi Customer Terhadap Platform E-commerce Shopee. In *Persepsi Customer Terhadap ...*
- Susilo, D., Chusyairi, A., Ikhwan Saputra, M., Siber Asia, U., Harsono, J. R., & Minggu Jakarta Selatan, P. (2025). *Sistematis : Jurnal Ilmiah Sistem Informasi Prediksi Penjualan Untuk Optimasi Stock Produk Menggunakan Algoritma Long Short Term Memory*. <https://doi.org/10.69533>
- Susilo Ramadhan, R., & Voutama, A. (2023). Rancang Bangun Sistem Informasi Penjualan Hybrid Berbasis Website (Studi Kasus Toko Rizki Plastik). In *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika* (Vol. 7, Number 2).
- Telaumbanua, J., Zebua, E., Hulu, F., & Batee, M. M. (2024). Peranan Strategi Pemasaran Guna Meningkatkan Penjualan Pada Cv Bintang Keramik Gunungsitoli. *Ilmu Ekonomi Manajemen Dan Akuntansi*, 5(1), 137–148. <https://doi.org/10.37012/Ileka.V5i1.2143>

- Utama, W. P., Andhika, B. R. D., Fahrian, A. R., & Luthfiah, S. (2024). Pengaruh Kualiti Produk, Layanan Dan Persepsi Harga Terhadap Loyali Pelanggan Kopi Kenangan. *Jurnal Ilmiah Manajemen Dan Bisnis (Jimbis)*, 3(2), 130–138. <https://doi.org/10.24034/Jimbis.V3i2.6291>
- Wayan Wardani, N., Juniari Arnidya, D., Nyoman Agus Suarya Putra, I., Made Mila Rosa Desmayani, N., Gede Surya Cipta Nugraha, P., Hartono, E., & Surya Mahendra, G. (2022). *Prediksi Pelanggan Loyal Menggunakan Metode Naïve Bayes Berdasarkan Segmen Pelanggan Dengan Pemodelan Rfm* (Vol. 12, Number 2). Online. <https://ojs.mahadewa.ac.id/index.php/jmti>



## LAMPIRAN

### 1. Source Code :

```
import pandas as pd

import numpy as np

from sklearn.model_selection import train_test_split

from sklearn.preprocessing import StandardScaler

from sklearn.svm import SVC

from sklearn.metrics import accuracy_score, confusion_matrix, classification_report,
    roc_auc_score, roc_curve

import matplotlib.pyplot as plt

# 1. Load data

df = pd.read_excel("datakhairul2.xlsx")

df.rename(columns={

    'Total Purchase': 'Total_Purchase',

    'Account Manager': 'Account_Manager',

    'Years with Company': 'Years_with_Company',

    'Number of Sites': 'Number_of_Sites',

    'Churn Status': 'Churn'

}, inplace=True)

# 2. Pilih fitur dan target

features = ['Age', 'Total_Purchase', 'Account_Manager', 'Years_with_Company',

    'Number_of_Sites']

X = df[features]

y = df['Churn']

# 3. Normalisasi

scaler = StandardScaler()
```

```
X_scaled = scaler.fit_transform(X)

# 4. Split data untuk pelatihan
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X_scaled, y, test_size=0.2,
                                                    random_state=42)

# 5. Latih model SVM (tanpa PSO)
model = SVC(C=1.0, gamma='scale', kernel='rbf', probability=True) # default C=1,
                                                                    gamma='scale'
model.fit(X_train, y_train)

# 6. Evaluasi model
y_pred = model.predict(X_test)
y_pred_prob = model.predict_proba(X_test)[:, 1]

print("\nConfusion Matrix:")
print(confusion_matrix(y_test, y_pred))

print("\nClassification Report:")
print(classification_report(y_test, y_pred, digits=4))

auc = roc_auc_score(y_test, y_pred_prob)
print(f"ROC AUC Score: {auc:.4f}")

# Plot ROC Curve
fpr, tpr, thresholds = roc_curve(y_test, y_pred_prob)
plt.figure(figsize=(6,6))
plt.plot(fpr, tpr, label=f'AUC = {auc:.4f}')
plt.plot([0,1],[0,1], '--', color='gray')
plt.xlabel("False Positive Rate")
```

```
plt.ylabel("True Positive Rate")
plt.title("ROC Curve (SVM tanpa PSO)")
plt.legend()
plt.show()

# 7. Prediksi untuk 100 data acak
df_sample = df.sample(n=100, random_state=42)
X_sample = df_sample[features]
X_sample_scaled = scaler.transform(X_sample)

pred_sample = model.predict(X_sample_scaled)
prob_sample = model.predict_proba(X_sample_scaled)[:, 1]

# 8. Alasan churn sederhana
def explain_reason(row):
    reasons = []
    if row['Total_Purchase'] < df['Total_Purchase'].median():
        reasons.append("pembelian rendah")
    if row['Years_with_Company'] < df['Years_with_Company'].median():
        reasons.append("lama menjadi pelanggan singkat")
    if row['Account_Manager'] == 0:
        reasons.append("tidak memiliki account manager")
    if row['Number_of_Sites'] < df['Number_of_Sites'].median():
```