PREDIKSI KEBUTUHAN PERAWATAN PREVENTIF RAW WATER PUMP (RWP) BERDASARKAN POLA SUHU DAN TEKANAN OPERASIONAL MENGGUNAKAN SUPPORT VECTOR MACHINE (SVM) DI PERUMDA TIRTANADI

SKRIPSI

DISUSUN OLEH

FAJAR MAULANA

NPM. 2209010153

PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI

FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2026

PREDIKSI KEBUTUHAN PERAWATAN PREVENTIF RAW WATER PUMP (RWP) BERDASARKAN POLA SUHU DAN TEKANAN OPERASIONAL MENGGUNAKAN SUPPORT VECTOR MACHINE (SVM) DI PERUMDA TIRTANADI

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer (S.Kom) dalam Program Studi Sistem Informasi pada Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

FAJAR MAULANA
NPM. 2209010153

PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2026

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi	:	Prediksi Kebutuhan Perawatan Preventif Raw Water Pump (RWP) Berdasarkan Pola Suhu dan Tekanan Operasional Menggunakan Support Vector Machine (SVM) di Perumda Tirtanadi
Nama Mahasiswa	:	Fajar Maulana
NPM	:	2209010153
Program Studi	:	Sistem Informasi

Menyetujui
Komisi Pembimbing

(Fatma Sari Hutagalung, S.Kom., M.Kom)
NIDN. 0117019301

Ketua Program Studi

(Mahardika Abdi Prawira Tanjung, S.Kom., M.Kom)
NIDN. 0117088902

Dekan

(Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom.)
NIDN. 0127099201

PERNYATAAN ORISINALITAS

PREDIKSI KEBUTUHAN PERAWATAN PREVENTIF RAW WATER PUMP (RWP) BERDASARKAN POLA SUHU DAN TEKANAN OPERASIONAL MENGGUNAKAN SUPPORT VECTOR MACHINE (SVM) DI PERUMDA TIRTANADI

SKRIPSI

Saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah hasil karya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya.

Medan, 13 April 2026

Yang membuat pernyataan



Fajar Maulana

NPM. 2209010153

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama	: Fajar Maulana
NPM	: 2209010153
Program Studi	: Sistem Informasi
Karya Ilmiah	: Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Hak Bedas Royalti Non-Eksekutif *(Non-Exclusive Royalty free Right)* atas penelitian skripsi saya yang berjudul:

PREDIKSI KEBUTUHAN PERAWATAN PREVENTIF RAW WATER PUMP (RWP) BERDASARKAN POLA SUHU DAN TEKANAN OPERASIONAL MENGGUNAKAN SUPPORT VECTOR MACHINE (SVM) DI PERUMDA TIRTANADI

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksekutif ini, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara berhak menyimpan, mengalih media, memformat, mengelola dalam bentuk database, merawat dan mempublikasikan Skripsi saya ini tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemegang dan atau sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Medan, 13 April 2026

Yang membuat pernyataan



Fajar Maulana

NPM. 2209010153

RIWAYAT HIDUP

DATA PRIBADI

Nama Lengkap	: Fajar Maulana
Tempat dan Tanggal Lahir	: Medan, 26 November 2004
Alamat Rumah	: Jl. Tanjung Balai, Sunggal Kanan
Telepon/Faks/HP	: 083185189411
E-mail	: fazarmaulana954@gmail.com
Instansi Tempat Kerja	: -
Alamat Kantor	: -

DATA PENDIDIKAN

SD	: MIS Al Washliyah	TAMAT: 2016
SMP	: IT Jabal Noor	TAMAT: 2019
SMK	: Panca Budi	TAMAT: 2022

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah, segala puji dan rasa syukur penulis ucapkan kepda Allah SWT atas Rahmat dan nikmat insan, islam, kesehatan, kesejahteraan, kesabaran, kemudahan serta kesempatan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini yang berjudul "Prediksi Kebutuhan Perawatan Preventif Raw Water Pump (RWP) Berdasarkan Pola Suhu dan Tekanan Operasional Menggunakan Support Vector Machine (SVM) di Perumda Tirtanadi" dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Baginda Rasulullah yakni Nabi Besar Muhammad SAW sebagai Nabi dan Rasul yang diutus Allah SWT.

Penulis sangat menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan masih banyak kekurangan, hal ini dikarenakan keterbatasan kemampuan dan masih banyak kekurangan penulis. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak yang turut memotivasi dan memberikan dorongan semangat. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang tak terhingga kepada semua yang telah berperan, antara lain:

1. Bapak Prof. Dr. Akrim, M.Pd., Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU).
2. Bapak Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom. Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU.

3. Ibu Dr. Firahmi Rizky, S.Kom,.M.Kom selaku Wakil Dekan I Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi.
4. Bapak Mhd. Basri, S.Si, M.Kom selaku Wakil Dekan III Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi.
5. Bapak Mahardika Abdi Prawira Tanjung S.Kom., M.Kom selaku Ketua Program Studi Sistem Informasi Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi
6. Ibu Fatma Sari Hutagalung, S.Kom., M.Kom selaku Ketua Program Studi Teknologi Informasi Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi sekaligus dosen pembimbing penulis. Bimbingan dan masukan berharga yang diberikan oleh Ibu Fatma Sari Hutagalung telah memberikan kontribusi besar dalam menuntun penulis menyelesaikan skripsi ini dengan tepat waktu. Keberhasilan penulis ini tidak terlepas dari saran, arahan, dan bimbingan yang mendalam dari Ibu. Terima kasih sebesar-besarnya atas waktu, kesabaran, dan mempermudah setiap proses, selalu membuka pintu konsultasi dengan lapang. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan kesehatan, keberkahan, serta balasan terbaik atas kebaikan yang Ibu berikan.
7. Adik laki-laki dan Perempuan penulis, Muhammad Barra dan Naya Asyifa yang selalu membuat penulis termotivasi untuk bisa terus belajar menjadi sosok abang yang dapat memberikan pengaruh positif, baik dalam bidang akademik maupun non-akademik, serta berusaha menjadi panutannya dimasa yang akan datang.

8. Terakhir, penulis mengucapkan terimakasih kepada diri sendiri yang telah berusaha keras untuk meyakinkan dan menguatkan diri bahwa dapat menyelesaikan studi ini sampai selesai. Berbahagialah selalu dengan dirimu sendiri, rayakan kehadiranmu sebagai berkah dimanapun kamu menjejakkan kaki. Allah sudah merencanakan dan memberikan porsi terbaik untuk perjalanan hidupmu. Semoga langkah kebaikan selalu viii menyertaimu, dan semoga Allah selalu meridhoi setiap langkah serta mengajakmu dalam lindungan-Nya, Aamiin.

PREDIKSI KEBUTUHAN PERAWATAN PREVENTIF RAW WATER PUMP (RWP) BERDASARKAN POLA SUHU DAN TEKANAN OPERASIONAL MENGGUNAKAN SUPPORT VECTOR MACHINE (SVM) DI PERUMDA TIRTANADI

ABSTRAK

Strategi perawatan mesin di PERUMDA Tirtanadi saat ini masih didominasi oleh metode konvensional seperti perawatan korektif (perbaikan setelah rusak) dan preventif berbasis waktu yang memiliki tingkat efisiensi rendah. Masalah utama dari metode ini adalah terjadinya waktu henti (downtime) mesin yang tidak terduga serta pembengkakan biaya operasional akibat penggantian komponen yang tidak tepat waktu. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model pemeliharaan prediktif menggunakan algoritma Support Vector Machine (SVM) untuk memprediksi kebutuhan perawatan pada Raw Water Pump (RWP). Parameter utama yang digunakan adalah pola suhu dan tekanan operasional yang diambil dari data historis logbook harian perusahaan. Metode penelitian melibatkan proses digitasi data, pembersihan (data cleaning), dan normalisasi menggunakan Min-Max Scaler sebelum diolah dengan algoritma SVM menggunakan Kernel Radial Basis Function (RBF). Hasil penelitian menunjukkan bahwa model ini mampu mengklasifikasikan kondisi mesin ke dalam kategori "Normal" dan "Butuh Perawatan" berdasarkan ambang batas operasional perusahaan, yakni suhu di bawah 60°C dan tekanan antara 0,6 kg hingga 1,5 kg. Dengan target akurasi minimal 85%, penerapan sistem ini diharapkan dapat mengoptimalkan jadwal perawatan, mengurangi biaya pemeliharaan sebesar 20-25%, serta meminimalkan risiko kegagalan fatal pada aset pompa.

Kata Kunci: Predictive Maintenance, Raw Water Pump, Support Vector Machine, Suhu, Tekanan.

PREVENTIVE MAINTENANCE REQUIREMENTS FOR RAW WATER PUMP (RWP) BASED ON TEMPERATURE AND OPERATING PRESSURE PATTERNS USING SUPPORT VECTOR MACHINE (SVM) AT PERUMDA TIRTANADI

ABSTRACT

The current machine maintenance strategy at PERUMDA Tirtanadi is still dominated by conventional methods, such as corrective maintenance and time-based preventive maintenance, which exhibit low efficiency levels. The primary issues with these methods are unexpected machine downtime and inflated operational costs due to untimely component replacements. This study aims to develop a predictive maintenance model using the Support Vector Machine (SVM) algorithm to predict maintenance needs for the Raw Water Pump (RWP). The main parameters used are operational temperature and pressure patterns derived from the company's daily logbook historical data. The research methodology involves data digitization, data cleaning, and normalization using Min-Max Scaler before being processed with the SVM algorithm using the Radial Basis Function (RBF) Kernel. The results indicate that this model is capable of classifying machine conditions into "Normal" and "Maintenance Required" categories based on the company's operational thresholds, specifically temperature below 60°C and pressure between 0.6 kg and 1.5 kg. With a minimum accuracy target of 85%, the implementation of this system is expected to optimize maintenance schedules, reduce maintenance costs by 20-25%, and minimize the risk of fatal failures in pump assets.

Keywords: *Predictive Maintenance, Raw Water Pump, Support Vector Machine, Temperature, Pressure.*

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBARAN PENGESAHAN ..... **ii**

PERNYATAAN ORISINALITAS ..... **iii**

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ..... **iv**

RIWAYAT HIDUP ..... **v**

KATA PENGANTAR ..... **vi**

ABSTRAK ..... **ix**

ABSTRACT ..... **x**

DAFTAR ISI ..... **xi**

DAFTAR TABEL ..... **xiii**

DAFTAR GAMBAR ..... **xiv**

BAB I. PENDAHULUAN **1**

1.1. Latar Belakang Masalah 1

1.2. Rumusan Masalah 3

1.3. Batasan Masalah 3

1.4. Tujuan Penelitian 4

1.5. Manfaat Penelitian 4

BAB II. LANDASAN TEORI **6**

2.1. Sistem Pengolahan Air Baku RWP 6

2.2. Manajemen Perawatan (Maintenance Management) 6

2.3. Parameter Fisik sebagai Indikator Kerusakan 7

2.4. Kecerdasan Buatan dan Machine Learning 7

2.5. Support Vector Machine 8

2.6. Evaluasi Model (Metrik Akurasi) 9
2.7. Penelitian Terdahulu 10
2.8. Kerangka Pemikiran 13
BAB III. ANALISA DAN PERANCANGAN SISTEM 14
3.1. Alur Penelitian 14
3.2. Analisa Kebutuhan Data 15
3.3. Preprocessing Data 18
3.4. Perancangan Model SVM 19
3.5. Arsitektur/Skema Sistem (UML) 19
3.6. Alur Sistem 24
3.7. Rancangan Antarmuka 27
BAB IV. IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN SISTEM 29
4.1. Implementasi Sistem 29
4.2. Tampilan Antarmuka Sistem (Antarmuka Pengguna) 30
4.3. Pengujian Sistem Matriks Evaluasi 33
4.4. Laporan PDF 34
4.5. Pengujian Black Box (Fungsionalitas) 35
BAB V. PENUTUP 36
5.1. Kesimpulan 36
5.2. Saran 37
DAFTAR PUSTAKA 38
LAMPIRAN 40

DAFTAR TABEL

Halaman

TABEL 2.1. Penelitian Terdahulu 9

TABEL 3.1. Simulasi Data Entry Logbook Harian RWP 15

TABEL 3.2. Pembagian Data Entry Logbook Harian RWP..... 16

TABEL 4.1 Hasil Pengujian Fitur..... 35

DAFTAR GAMBAR

Halaman

GAMBAR 2.1. Support Vector Machine 8
GAMBAR 2.2. Kerangka Pemikiran 13
GAMBAR 3.1. Alur Penelitian 14
GAMBAR 3.2. Use Case Diagram 20
GAMBAR 3.3. Activity Diagram 21
GAMBAR 3.4. Sequence Diagram 22
GAMBAR 3.5. Skema Sistem 23
GAMBAR 3.6. Diagram Alur Sistem 24
GAMBAR 3.7. Wireframe Halaman 1 27
GAMBAR 3.8. Wireframe Halaman 2 28
GAMBAR 4.1. Halaman 1 Landing Page 30
GAMBAR 4.2. Menu Input Data 30
GAMBAR 4.3. Hasil Prediksi Status Normal 31
GAMBAR 4.4. Hasil Prediksi Status Butuh Perawatan 31
GAMBAR 4.5. Rekomendasi Tindakan Status Normal 32
GAMBAR 4.6. Rekomendasi Tindakan Status Butuh Perawatan 32
GAMBAR 4.7. Matriks Evaluasi 33
GAMBAR 4.8. Laporan Normal 34
GAMBAR 4.9. Laporan Butuh Perawatan 34

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Strategi perawatan RWP yang umum diterapkan, seperti Perawatan Korektif Corrective Maintenance (memperbaiki setelah rusak) atau Perawatan Preventif berbasis waktu Time-Based Maintenance (perawatan sesuai jadwal tetap), memiliki efisiensi yang rendah. Perawatan Korektif menyebabkan waktu henti yang tidak terduga, meningkatkan risiko kegagalan katastropik, dan memerlukan biaya perbaikan yang tinggi. Perawatan Preventif seringkali tidak optimal karena komponen diganti sebelum mencapai batas umur ekonomisnya (pemborosan), atau sebaliknya, terlambat mencegah kerusakan yang berkembang di antara interval jadwal. Salah satu strategi yang dibutuhkan adalah perawatan preventif (preventive maintenance), yaitu kegiatan perawatan yang dilakukan secara terjadwal dan umumnya dilakukan secara periodik. Perawatan preventif memungkinkan penentuan jenis perawatan dan interval waktu perawatan yang optimal untuk setiap komponen kritis (Tandilino et al., 2023).

Penerapan preventive maintenance menunjukkan bahwa metode ini lebih efisien karena biaya perawatannya lebih sedikit dibandingkan corrective maintenance. Tiga komponen kritis mengalami penurunan biaya perawatan dengan penetapan interval waktu optimal Elektromotor penurunan biaya sebesar 24,4% (atau 23,7%) dengan interval waktu perawatan 142,4 jam, Bantalan Radial Penurunan biaya sebesar 24,79% (atau 24%) dengan interval waktu perawatan 153,5 jam, Impeller Penurunan biaya sebesar 20,05% (atau 19,5%) dengan interval waktu perawatan 168,8 jam (Fitrian & Kundori, 2025).

Oleh karena itu berdasarkan permasalahan ini, diperlukan adopsi sistem pemeliharaan yang lebih cerdas dan proaktif, yaitu Perawatan Prediktif (Predictive Maintenance). Pendekatan Predictive Maintenance mengandalkan pemantauan kondisi aktual mesin, yang dikenal sebagai Condition-Based Monitoring (CBM). Dalam konteks pompa sentrifugal seperti RWP, Suhu dan Tekanan Operasional merupakan dua parameter yang sangat sensitif dan menjadi indikator kunci degradasi performa.

Kenaikan suhu yang abnormal pada bearing atau badan pompa sering mengindikasikan adanya masalah mekanis seperti gesekan berlebihan akibat pelumasan yang buruk, ketidakselarasan, atau keausan komponen. Fluktuasi Tekanan: Pola tekanan yang tidak stabil (terutama tekanan discharge dan suction) dapat mencerminkan masalah hidrolik di dalam pompa, seperti fenomena kavitasi atau penyumbatan impeller. Menganalisis pola anomali dari data suhu dan tekanan yang dikumpulkan secara real-time adalah langkah efektif untuk mendeteksi potensi kerusakan RWP sejak dini.

Kumpulan data operasional (suhu dan tekanan) yang besar dan kompleks membutuhkan metode analitik yang canggih. Support Vector Machine (SVM), sebagai salah satu algoritma Machine Learning yang kuat, diyakini mampu memecahkan masalah ini. SVM unggul dalam tugas klasifikasi untuk menemukan batas pemisah (hyperplane) yang optimal antara dua kelas data. Dalam hal ini, membedakan kondisi Normal dan Butuh Perawatan berdasarkan pola gabungan Suhu dan Tekanan. Dengan menerapkan SVM, model dapat dilatih untuk memprediksi kapan RWP akan mencapai kondisi yang membutuhkan perawatan, sehingga memungkinkan tim teknisi PERUMDA Tirtanadi untuk menjadwalkan

perawatan hanya ketika benar-benar diperlukan, mengurangi downtime tak terduga dan mengoptimalkan efisiensi dan memperpanjang umur aset.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penelitian ini diarahkan untuk menjawab kebutuhan industri akan solusi perawatan proaktif dengan merumuskan: **"Penerapan dan pengujian kinerja algoritma Support Vector Machine (SVM) dalam memprediksi kebutuhan perawatan preventif RWP berdasarkan pola data operasional suhu dan tekanan yang ada di PERUMDA Tirtanadi"**.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah ini fokus pada gap antara perawatan konvensional (korektif dan preventif berbasis waktu) dengan pendekatan prediktif menggunakan SVM pada data suhu dan tekanan RWP. Bagaimana model Support Vector Machine (SVM) dapat memprediksi dalam kebutuhan perawatan preventif RWP berdasarkan pola suhu dan tekanan operasional di PERUMDA Tirtanadi.

1.3. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini terdapat batasan masalah yang mencakup beberapa aspek yang perlu diperhatikan untuk memastikan kejelasan dan keterbatasan dalam penelitian ini.

1. Penelitian ini menggunakan data historis suhu dan tekanan operasional RWP dari logbook harian PERUMDA Tirtanadi (07.00 AM – 06.00 AM) yang didigitasi menjadi format per jam.
2. Klasifikasi biner pada SVM didasarkan pada standar operasional perusahaan, yaitu suhu normal < 60°C dan tekanan normal antara 0,6 kg hingga 1,5 kg. Data di luar rentang tersebut dikategorikan sebagai anomali (tidak normal) untuk melatih model.

3. Implementasi hanya mencakup tahap prediksi, tanpa integrasi real-time ke sistem Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) atau dashboard monitoring PERUMDA.
4. Penyajian hasil prediksi dan pengujian model diimplementasikan ke dalam antarmuka berbasis Web.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian merupakan jawaban langsung dari rumusan masalah, menggunakan kata kerja operasional seperti “mengembangkan”, “menganalisis”, dan “menguji” untuk menunjukkan kontribusi sistem informasi yang konkret/nyata.

1. Mengembangkan model SVM untuk memprediksi kebutuhan perawatan preventif RWP dengan akurasi minimal 85% berdasarkan pola suhu dan tekanan.
2. Menganalisis pola anomali suhu dan tekanan yang paling signifikan terhadap kegagalan RWP menggunakan konsep machine learning (feature importance) dari SVM.
3. Menguji efektivitas model SVM dalam mengurangi downtime RWP hingga 20-30% melalui simulasi perbandingan dengan metode konvensional.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini dibagi menjadi teoritis (untuk ilmu sistem informasi) dan praktis (untuk industri).

1. Teoritis: Menyumbang referensi penerapan SVM pada predictive maintenance di bidang sistem informasi, khususnya untuk aset industri air bersih.

2. Praktis bagi PERUMDA Tirtanadi: Mengoptimalkan jadwal perawatan RWP, mengurangi biaya hingga 20-25%, dan meminimalkan downtime suplai air.
3. Bagi Peneliti dan Akademisi: Memberikan prototype sistem prediksi yang dapat dikembangkan lebih lanjut untuk IoT monitoring mesin pompa.

BAB II
LANDASAN TEORI

2.1. Sistem Pengolahan Air Baku dan Pompa Air Baku (RWP)

Raw Water Pump di PDAM Tirtanadi adalah “jantung” awal yang menyedot air sungai mentah untuk dikirim ke gedung penjernihan. Pompa yang digunakan berjenis sentrifugal, yaitu alat yang menggunakan putaran baling-baling (impeler) untuk menciptakan gaya dorong agar air bisa naik ke atas. Komponen-komponen di dalamnya bekerja layaknya sebuah tim: poros menyalurkan putaran dari mesin ke impeler, impeler memutar air dengan sangat cepat hingga bertekanan tinggi, dan rumah pompa memastikan semua air mengalir ke pipa keluar tanpa ada yang bocor (Air et al. 2021). Sistem ini diperkuat dengan mesin bertenaga 75 Kw yang mampu memindahkan ratusan liter air setiap detiknya.

2.2. Manajemen Perawatan (Maintenance Management)

Manajemen perawatan merupakan strategi terpadu untuk menjamin kesiapan alat melalui berbagai pendekatan. Pemeliharaan preventif berfokus pada kedisiplinan jadwal sesuai standar manual, sedangkan tindakan korektif menjadi solusi terakhir saat kegagalan fungsi terjadi. Di sisi lain, pemeliharaan prediktif bekerja dengan memantau tanda-tanda fisik pada mesin (seperti rembesan pada lubang indikator) guna mendeteksi gejala kerusakan lebih awal, sehingga perbaikan yang tepat sasaran dapat dilakukan sebelum terjadi kerusakan total yang lebih fatal (Arso, Idiyanto, and Azharul 2022).

2.3. Parameter Fisik sebagai Indikator Kerusakan

Keandalan operasional pompa sentrifugal sangat bergantung pada stabilitas parameter suhu dan tekanan, di mana penyimpangan pada keduanya menjadi indikasi kuat adanya kerusakan sistem. Kenaikan suhu pada motor dan bearing sering kali mencerminkan beban kerja berlebih atau kurangnya rotasi operasional, yang jika dibiarkan dapat merusak komponen akibat pemanasan ekstrem. Secara bersamaan, tekanan berfungsi sebagai energi utama untuk mendistribusikan air, namun performanya dapat menurun akibat faktor usia atau hambatan mekanis yang ditandai dengan penurunan tekanan discharge. Oleh karena itu, sinergi antara pemantauan panas mesin dan stabilitas tekanan fluida menjadi kunci dalam mendeteksi anomali operasional serta menentukan kebutuhan perawatan preventif guna menjaga efisiensi pompa (Sirait 2024). Dalam konteks operasional di PERUMDA Tirtanadi, efisiensi pompa dijaga dengan memantau suhu agar tidak melebihi 60°C dan menjaga kestabilan tekanan discharge pada kisaran 0,6 kg sampai 1,5 kg. Nilai-nilai ini menjadi parameter fitur (X_1 dan X_2) dalam proses pembelajaran mesin menggunakan algoritma SVM.

2.4. Kecerdasan Buatan dan Machine Learning

Machine Learning merupakan proses analisis data secara otomatis untuk menemukan pola tersembunyi yang digunakan dalam melakukan prediksi akurat. Dalam studi ini, metode yang diterapkan adalah klasifikasi, yang bertujuan untuk membedakan kondisi operasional Raw Water Pump (RWP) ke dalam kategori “Normal” atau “Butuh Perawatan”. Dengan memanfaatkan data pola suhu dan tekanan operasional sebagai parameter utama, sistem ini dirancang untuk memprediksi kebutuhan perawatan preventif secara tepat guna, sehingga risiko

kerusakan mendadak dapat diminimalisir melalui identifikasi gejala kegagalan sejak dini.

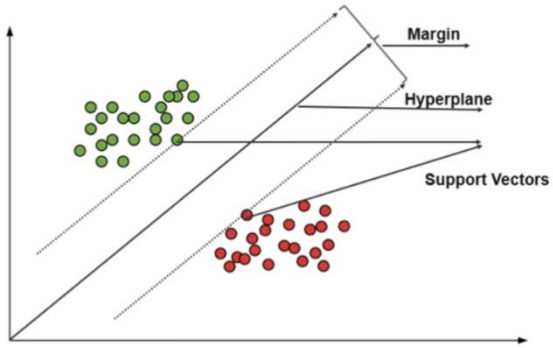
2.5 Support Vector Machine (SVM)

Support Vector Machine (SVM) merupakan teknik pembelajaran mesin yang diawasi (supervised learning) yang berfungsi untuk memetakan hubungan antara input dan output dari sekumpulan data pelatihan melalui fungsi klasifikasi atau regresi. Metode ini bekerja dengan cara mencari hyperplane atau bidang pemisah paling optimal yang mampu memaksimalkan jarak (margin) antar kategori data yang berbeda dalam ruang fitur. Dalam penerapannya, SVM memanfaatkan objek data terluar yang paling dekat dengan pemisah, yang dikenal sebagai support vector, sebagai penentu utama dalam menetapkan batas keputusan yang stabil dan akurat (Obey Al Farobi 2021).

$$f(w, x, b) = w \cdot x + b = 0$$

Keterangan Rumus:

a. w: Parameter hyperplane yang dicari, berupa garis tegak lurus antara hyperplane dan titik support vector
b. x: Data input SVM yang mencakup indeks dan bobot kata
c. b: Parameter bias yang menentukan posisi hyperplane
d. f: Fungsi hyperplane dari Support Vector Machine



Gambar 2.1 Support Vector Machine

2.6 Evaluasi Model (Metrik Akurasi)

Sesuai dengan batasan masalah pada poin 2 dengan menggunakan Klasifikasi Biner (Normal vs. Butuh Perawatan), oleh karena itu, metrik utama yang digunakan adalah Confusion Matrix. Confusion Matrix adalah tabel yang digunakan untuk mengukur kinerja model klasifikasi dengan membandingkan nilai prediksi model dengan nilai aktual di lapangan. Tabel ini akan menghasilkan empat parameter utama:

1. True Positive (TP): Mesin diprediksi "Butuh Perawatan" dan kenyataannya memang Butuh Perawatan.
2. True Negative (TN): Mesin diprediksi "Normal" dan kenyataannya memang normal.
3. False Positive (FP): Mesin diprediksi "Butuh Perawatan" padahal sebenarnya normal (Sering disebut False Alarm).
4. False Negative (FN): Mesin diprediksi "Normal" padahal sebenarnya Butuh Perawatan (Kondisi paling berbahaya bagi RWP).

Metrik turunan dari Confusion Matrix berdasarkan tujuan penelitian yang menargetkan akurasi minimal 85%, berikut adalah cara menghitungnya:

1. Accuracy: Mengukur seberapa sering model benar secara keseluruhan.

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

2. Precision: Seberapa akurat model saat memprediksi kondisi "Butuh Perawatan". Ini penting untuk menghindari pengeluaran biaya perawatan yang tidak perlu (efisiensi biaya).

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

3. Recall (Sensitivity): Seberapa baik model dalam menangkap semua kondisi mesin yang Butuh Perawatan. Ini krusial untuk meminimalkan downtime produksi.

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

Untuk membuktikan teori bahwa model SVM ini valid secara ilmiah di PERUMDA Tirtanadi beberapa tahapan yang harus dilakukan adalah:

1. Data Splitting: Membagi data historis suhu dan tekanan menjadi Training Data (untuk melatih mesin) dan Testing Data (untuk menguji mesin dengan data yang belum pernah dilihat sebelumnya).
2. K-Fold Cross Validation: Membagi data menjadi beberapa bagian (K-Fold) dan melakukan pengujian berulang kali untuk memastikan akurasi 85% bukan karena faktor kebetulan.
3. Simulasi Perbandingan: Membandingkan hasil prediksi SVM dengan catatan pemeliharaan konvensional (korektif/preventif) untuk membuktikan pengurangan downtime sebesar 20-30% sesuai target.

2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai sistem perawatan mesin berbasis kondisi (Condition-Based Maintenance) telah banyak dilakukan oleh para peneliti sebelumnya dengan berbagai metode dan objek yang berbeda. Bagian ini merangkum beberapa kajian relevan yang mendasari penggunaan parameter operasional dan algoritma Machine Learning dalam memprediksi kegagalan mesin, khususnya pada sistem pompa. Penelitian terdahulu ini menjadi acuan dalam menentukan kebaruan (novelty) serta memperkuat landasan teori yang digunakan dalam penelitian di PERUMDA Tirtanadi.

Beberapa penelitian yang menjadi rujukan utama dalam penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut:

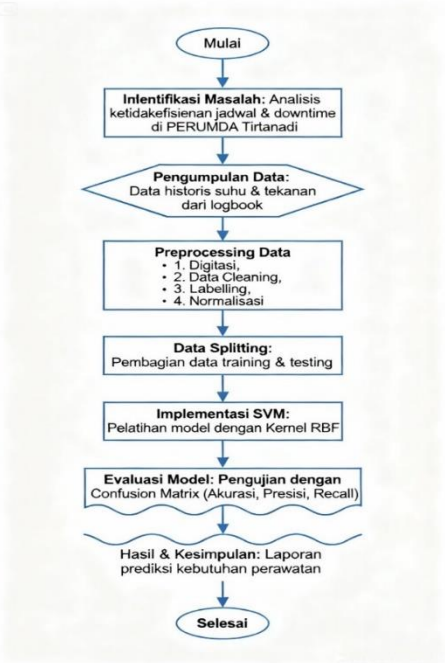
Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Penulisan & Tahun	Judul Penelitian	Metode	Parameter	Hasil	Perbedaan dengan Peneliti
1.	(Haliza and Qoiriah 2021)	Predictive Maintenance untuk Kendaraan Bermotor dengan Menggunakan Support Vector Machine (SVM)	Support Vector Machine (SVM)	Variabel Prediktor (Input) dan Parameter Algoritma (Hyperparameter)	Akurasi 92.92%	Peneliti menggunakan pola Supervised Learning (pembelajaran terawasi)
2.	(Islamia Nuraini et al. 2024)	Analisis Pemeliharaan Prediktif Kendaraan Operasional Menggunakan Algoritma Naïve Bayes dan Decision Tree	Decision Tree dan Naïve Bayes	Rasio Data, Variabel Label (Kategori Pemeliharaan) dan Data Historis	Akurasi Decision Tree 75,00% dan Akurasi Naïve Bayes 33,33%	Peneliti menggunakan Pola Klasifikasi untuk menentukan jenis pemeliharaan kendaraan

3.	(Hafidhoh et al. 2024)	Machine Learning untuk Prediksi Kegagalan Mesin dalam Predictive Maintenance System.	CRISP-DM dan Logistic Regression	Suhu, Kecepatan dan Kualitas Produk	Akurasi 96,87%	Peneliti menggunakan Pola Siklus CRISP-DM sebagai standar proses penambangan data dan pola Exploratory Data Analysis (EDA) untuk menemukan ringkasan, visualisasi, serta pola sebaran data (seperti outlier atau anomali) sebelum masuk ke tahap pemodelan.

2.8 Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran dalam penelitian ini berawal dari masalah efisiensi perawatan pada Raw Water Pump (RWP) di PERUMDA Tirtanadi yang saat ini masih mengandalkan metode konvensional berbasis waktu atau perbaikan setelah terjadi kerusakan. Ketidakteraturan jadwal ini sering kali memicu downtime produksi dan pembengkakan biaya operasional. Untuk mengatasi hal tersebut, parameter fisik berupa suhu (X_1) dan tekanan (X_2) dari logbook harian digunakan sebagai indikator utama dalam memantau kesehatan mesin. Data tersebut diproses melalui tahap preprocessing untuk menjamin kualitas data sebelum masuk ke tahap pemodelan. Algoritma Support Vector Machine (SVM) dengan Kernel Radial Basis Function (RBF) kemudian digunakan untuk menarik garis pemisah (hyperplane) optimal yang membedakan kondisi 'Normal' dan 'Butuh Perawatan'. Hasil akhirnya adalah sebuah model prediksi yang diharapkan mampu memberikan peringatan dini terhadap anomali, sehingga tindakan preventif dapat dilakukan tepat sasaran untuk meminimalkan kegagalan fatal.

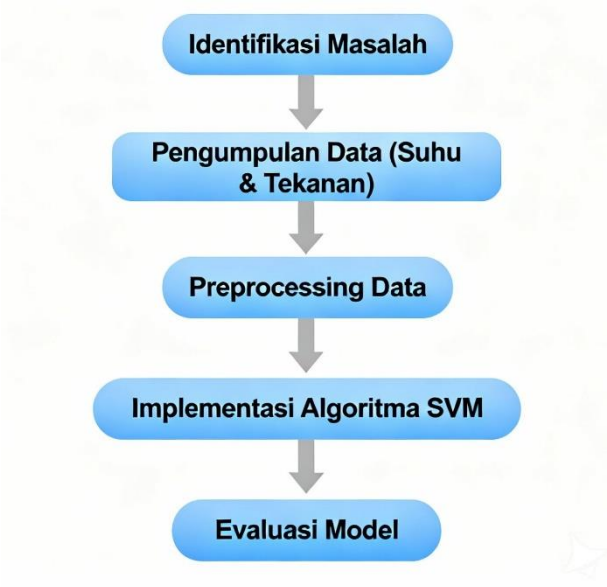


Gambar 2.2 Kerangka Pemikiran

BAB III
ANALISA DAN PERANCANGAN SISTEM

3.1. Alur Penelitian (Flowchart Penelitian)

Alur penelitian merupakan tahapan sistematis yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian, yaitu membangun model prediksi perawatan preventif pada Raw Water Pump (RWP). Proses ini dirancang untuk menjembatani kesenjangan antara metode perawatan konvensional dengan pendekatan prediktif berbasis Machine Learning. Tahapan ini dimulai dari identifikasi masalah di PERUMDA Tirtanadi, dilanjutkan dengan pengolahan data operasional suhu dan tekanan, hingga tahap evaluasi untuk memastikan model SVM memiliki tingkat akurasi yang memenuhi target penelitian.



Gambar 3.1 Alur Penelitian

Secara terperinci, tahapan-tahapan dalam flowchart tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Identifikasi Masalah: Menganalisis ketidakefisienan jadwal perawatan preventif saat ini di PERUMDA Tirtanadi yang masih menyebabkan downtime produksi akibat kerusakan mendadak.
2. Pengumpulan Data (Suhu & Tekanan): Mengambil data historis suhu dan tekanan operasional RWP sebagai parameter utama sensitivitas degradasi performa mesin.
3. Preprocessing Data: Melakukan pembersihan dan pembagian data (data splitting) menjadi data latih (training) dan data uji (testing) untuk mempersiapkan input bagi algoritma.
4. Implementasi Algoritma SVM: Melatih model menggunakan Support Vector Machine untuk menemukan hyperplane optimal yang memisahkan kondisi mesin "Normal" dan "Butuh Perawatan".
5. Evaluasi Model: Menguji performa model menggunakan Confusion Matrix untuk mengukur akurasi, presisi, dan recall guna memastikan model layak digunakan untuk mengurangi biaya perawatan dan downtime.

3.2 Analisa Kebutuhan Data

Penelitian ini menggunakan data historis suhu dan tekanan operasional RWP yang bersumber dari logbook kontrol harian PERUMDA Tirtanadi dengan interval pencatatan harian (pukul 07.00 AM hingga 06.00 AM hari berikutnya). Data tersebut akan didigitasi menjadi format time-series per jam untuk menangkap pola fluktuasi yang mengindikasikan degradasi performa. Berdasarkan batasan operasional pada PERUMDA Tirtanadi, maka ditetapkan parameter normal suhu adalah < 60°C dan rentang tekanan normal adalah 0,6 kg hingga 1,5 kg. Berikut

adalah simulasi dataset harian (24 jam) yang akan digunakan sebagai basis data latih (training) dan data uji (testing) pada model SVM:

Tabel 3.1 Simulasi Data Entry Logbook Harian RWP

No	**Jam**	**Suhu (X_1)**	**Tekanan (X_2)**	**Label (Y)**	**Keterangan Status**
1	07:00	45°C	1,2 kg	0	Normal
2	08:00	47°C	1,1 kg	0	Normal
3	09:00	50°C	1,0 kg	0	Normal
4	10:00	55°C	1,2 kg	0	Normal
5	11:00	62°C	1,3 kg	1	Anomali (Suhu > 60°C)
6	12:00	58°C	1,2 kg	0	Normal
7	13:00	54°C	1,1 kg	0	Normal
8	14:00	50°C	0,5 kg	1	Anomali (Tekanan < 0,6 kg)
9	15:00	51°C	0,9 kg	0	Normal
10	16:00	53°C	1,2 kg	0	Normal
11	17:00	55°C	1,4 kg	0	Normal
12	18:00	56°C	1,7 kg	1	Anomali (Tekanan > 1,5 kg)
13	19:00	52°C	1,2 kg	0	Normal
14	20:00	48°C	1,1 kg	0	Normal
15	21:00	47°C	1,0 kg	0	Normal
16	22:00	46°C	0,9 kg	0	Normal
17	23:00	45°C	0,8 kg	0	Normal
18	00:00	44°C	0,8 kg	0	Normal
19	01:00	44°C	0,7 kg	0	Normal
20	02:00	43°C	0,8 kg	0	Normal
21	03:00	65°C	0,4 kg	1	Anomali Ganda (Kritis)
22	04:00	50°C	0,9 kg	0	Normal
23	05:00	46°C	1,1 kg	0	Normal
24	06:00	45°C	1,2 kg	0	Normal

Tabel di atas menunjukkan bahwa setiap baris data mewakili kondisi mesin pada jam tertentu. Algoritma SVM akan mempelajari pola hubungan antara variabel X_1

dan X_2 untuk menentukan hyperplane yang memisahkan kondisi operasional normal dengan kondisi yang membutuhkan perawatan preventif.

Tabel 3.2 Pembagian Data Entry Logbook Harian RWP

No	Tanggal	Jam	Suhu (X1)	Tekanan (X2)	Label (Y)	Keterangan Status
1	01-Jan-26	07:00	57°C	1,2 kg	0	Normal
2	02-Jan-26	09:00	61°C	1,2 kg	1	Anomali (Suhu > 60°C)
3	03-Jan-26	11:00	58°C	1,2 kg	0	Normal
4	04-Jan-26	14:00	57°C	0,5 kg	1	Anomali (Tekanan < 0,6 kg)
5	05-Jan-26	16:00	57°C	1,2 kg	0	Normal
6	06-Jan-26	20:00	57°C	1,2 kg	0	Normal
7	07-Jan-26	08:00	57°C	1,2 kg	0	Normal
8	08-Jan-26	10:00	57°C	1,2 kg	0	Normal
9	09-Jan-26	13:00	57°C	1,2 kg	0	Normal
10	10-Jan-26	15:00	57°C	1,2 kg	0	Normal
11	11-Jan-26	11:00	62°C	1,2 kg	1	Anomali (Suhu > 60°C)
12	12-Jan-26	07:00	57°C	1,2 kg	0	Normal
13	13-Jan-26	19:00	57°C	1,2 kg	0	Normal
14	14-Jan-26	22:00	57°C	1,2 kg	0	Normal
15	15-Jan-26	03:00	57°C	1,2 kg	0	Normal
16	16-Jan-26	09:00	57°C	1,2 kg	0	Normal
17	17-Jan-26	12:00	57°C	1,2 kg	0	Normal
18	18-Jan-26	14:00	57°C	0,4 kg	1	Anomali (Tekanan < 0,6 kg)
19	19-Jan-26	17:00	57°C	1,2 kg	0	Normal
20	20-Jan-26	21:00	58°C	1,2 kg	0	Normal
21	21-Jan-26	02:00	57°C	1,2 kg	0	Normal
22	22-Jan-26	05:00	57°C	1,2 kg	0	Normal
23	23-Jan-26	11:00	63°C	1,2 kg	1	Anomali (Suhu > 60°C)
24	24-Jan-26	08:00	57°C	1,2 kg	0	Normal
25	25-Jan-26	15:00	57°C	1,2 kg	0	Normal
26	26-Jan-26	18:00	57°C	1,2 kg	0	Normal
27	27-Jan-26	23:00	57°C	1,2 kg	0	Normal
28	28-Jan-26	14:00	57°C	1,1 kg	0	Normal
29	29-Jan-26	04:00	57°C	1,2 kg	0	Normal
30	30-Jan-26	03:00	61°C	1,2 kg	1	Anomali (Suhu > 60°C)
31	31-Jan-26	12:00	57°C	1,2 kg	0	Normal

Implementasi perangkat lunak akan berfokus pada ekosistem bahasa pemrograman Python yang dikenal memiliki pustaka (library) yang komprehensif untuk kebutuhan data science. Pustaka utama yang digunakan adalah Scikit-Learn untuk mengimplementasikan algoritma Support Vector Machine (SVM) dengan Kernel RBF, serta Pandas dan NumPy untuk melakukan preprocessing serta

manipulasi data hasil digitasi logbook. Seluruh proses eksperimen, mulai dari pembersihan data hingga evaluasi model menggunakan Confusion Matrix, akan dijalankan melalui perangkat lunak Streamlit untuk memastikan alur kerja penelitian terdokumentasi dengan baik dan bersifat reproduktif.

3.3 Preprocessing Data

Tahap preprocessing merupakan siklus pengembangan model machine learning untuk memastikan kualitas data operasional yang akan diolah. Mengingat data mentah (raw data) yang diperoleh dari sensor suhu dan tekanan di lapangan seringkali memiliki ketidakteraturan, maka diperlukan pemrosesan awal agar data tersebut menjadi lebih konsisten, bersih, dan siap untuk dipetakan oleh algoritma Support Vector Machine. Tanpa tahap ini, model cenderung menghasilkan prediksi yang tidak akurat akibat adanya gangguan atau noise pada data. Data Cleaning dilakukan untuk menangani missing values pada logbook manual. Jika terdapat jam yang tidak tercatat, maka dilakukan metode imputasi (pengisian data) berdasarkan rata-rata jam terdekat atau menghapus data tersebut jika dianggap sebagai outlier yang merusak pola distribusi suhu dan tekanan.

Proses penyiapan data dalam penelitian ini mencakup beberapa langkah sebagai berikut:

1. Digitasi dan Labelling: Melakukan entri data dari logbook manual ke dalam format dataset digital (.csv/.xlsx) serta memberikan label kategori ‘Normal’ atau ‘Butuh Perawatan’ berdasarkan tanggal terjadinya kerusakan di lapangan serta memberikan label kategori ‘Normal’ atau ‘Butuh Perawatan’. Pemberian label ‘Butuh Perawatan’ (1) dilakukan pada data beberapa periode sebelum terjadinya kerusakan fatal (breakdown) guna

melatih model SVM mengenali gejala penurunan performa sebelum kegagalan fungsi benar-benar terjadi.

2. Data Cleaning: Menghapus atau memperbaiki data yang kosong (missing values) serta menangani data yang tidak masuk akal (outliers) akibat kesalahan pencatatan manual atau malfungsi alat ukur.
3. Data Splitting (Pembagian Data): Data yang telah bersih kemudian dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu Data Training yang berfungsi untuk melatih model dalam mengenali pola anomali, serta Data Testing yang digunakan untuk menguji performa dan akurasi model terhadap data yang belum pernah dilihat sebelumnya.

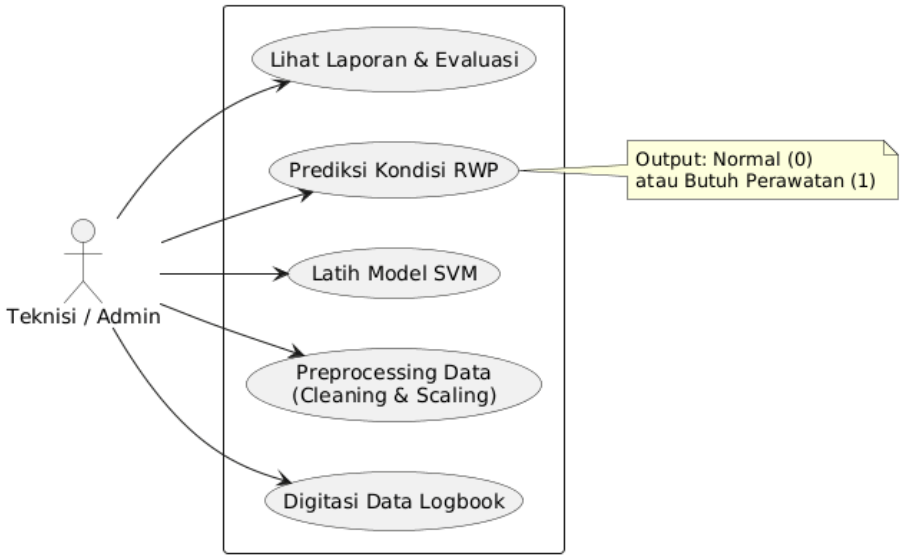
3.4 Perancangan Model SVM

Peneliti menggunakan Kernel Radial Basis Function (RBF) karena karakteristik data suhu dan tekanan dari logbook harian cenderung memiliki sebaran yang rapat dan pola kelompok yang tidak linier. Kernel RBF memungkinkan model SVM menarik garis batas yang fleksibel untuk membedakan kenaikan suhu tipis yang bersifat normal dengan kenaikan suhu yang mengarah pada kerusakan.

3.5 Arsitektur/Skema Sistem (UML)

Arsitektur sistem ini menggambarkan aliran data secara menyeluruh, mulai dari sumber data fisik di lapangan hingga menghasilkan keluaran berupa prediksi kebutuhan perawatan. Skema ini dirancang untuk memastikan bahwa setiap tahap pemrosesan data, terutama transisi dari data manual ke digital, berjalan secara sistematis guna mendukung keakuratan algoritma SVM.

1. Use Case Diagram

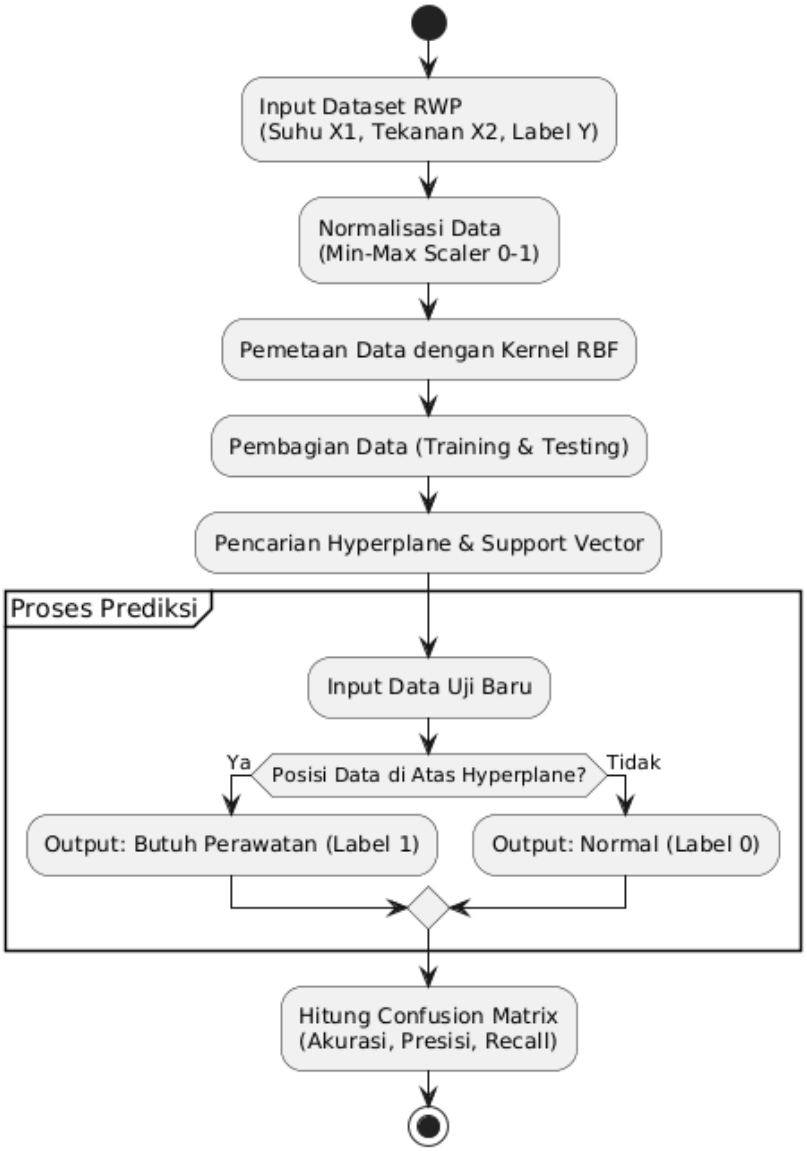


Gambar 3.2 Use Case Diagram

Sistem ini dirancang untuk memfasilitasi alur kerja pemeliharaan RWP yang dikelola sepenuhnya oleh seorang Teknisi atau Admin melalui pendekatan Support Vector Machine (SVM). Proses dimulai dengan konversi catatan fisik menjadi data digital melalui fungsi digitasi, yang kemudian dilanjutkan dengan tahap preprocessing untuk menjamin kualitas data sebelum digunakan dalam pelatihan model SVM.

Setelah model terbentuk, pengguna dapat menjalankan fungsi prediksi untuk menentukan status teknis perangkat, di mana sistem akan memberikan klasifikasi otomatis berupa kondisi normal atau indikasi kebutuhan perawatan. Seluruh rangkaian aktivitas ini ditutup dengan akses terhadap laporan dan evaluasi guna memastikan akurasi hasil serta efektivitas pemeliharaan yang telah dilakukan.

2. Activity Diagram

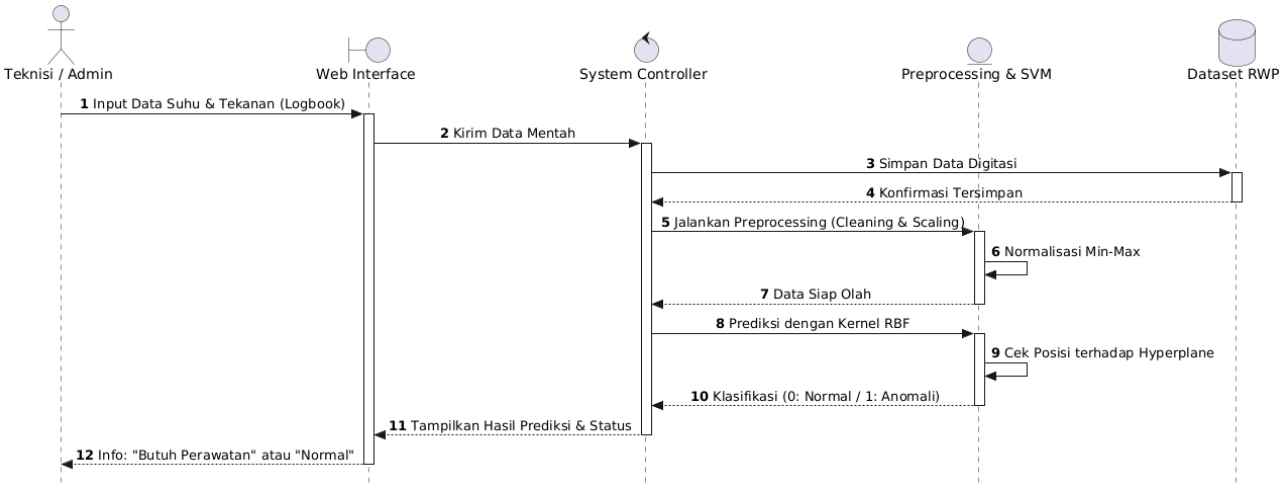


Gambar 3.3 Activity Diagram

Diagram aktivitas tersebut menggambarkan alur kerja sistem prediksi menggunakan algoritma Support Vector Machine (SVM) yang dimulai dari tahap pra-pemrosesan hingga evaluasi hasil. Proses diawali dengan menginput dataset RWP yang berisi variabel suhu (X_1), tekanan (X_2), dan Label (Y), yang kemudian dinormalisasi menggunakan metode Min-Max Scaler (rentang 0-1) agar data berada dalam skala yang seragam. Setelah itu, data dipetakan ke dalam dimensi yang lebih tinggi menggunakan Kernel RBF

dan dibagi menjadi data latih (training) serta data uji (testing) guna menemukan hyperplane dan support vector yang optimal. Pada fase prediksi, data uji baru akan dievaluasi berdasarkan posisinya terhadap hyperplane: jika data berada di atasnya, maka sistem memberikan output “Butuh Perawatan” (Label 1), sedangkan jika tidak, maka dianggap “Normal” (Label 0). Seluruh rangkaian ini ditutup dengan tahap evaluasi kinerja model melalui penghitungan Confusion Matrix yang mencakup metrik akurasi, presisi, dan recall.

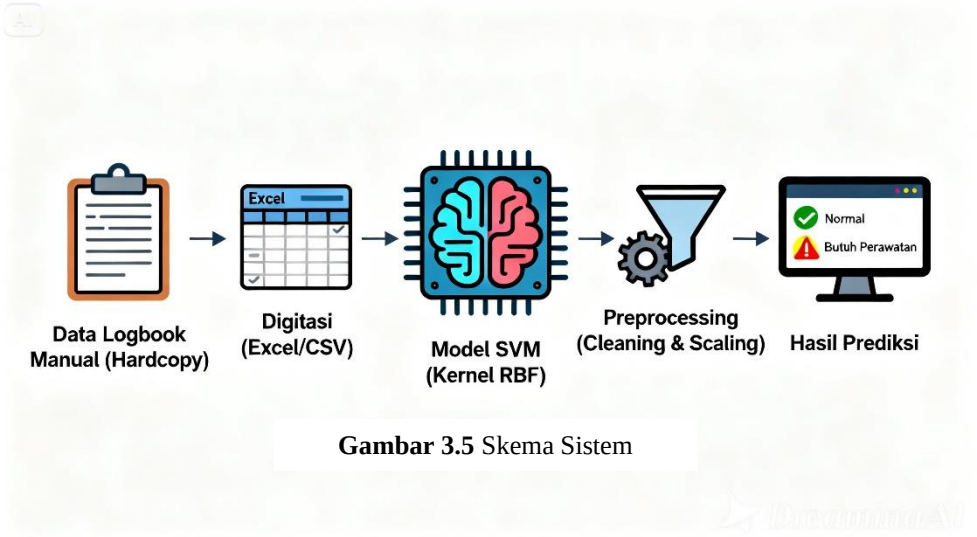
3. Sequence Diagram



Gambar 3.4 Sequence Diagram

Berdasarkan diagram urutan (sequence diagram), proses dimulai ketika Teknisi/Admin memasukkan data suhu dan tekanan melalui Web Interface, yang kemudian meneruskan data mentah tersebut ke System Controller. Pengontrol sistem ini bertugas menyimpan data ke dalam Dataset RWP sebelum menginstruksikan komponen Preprocessing & SVM untuk melakukan pembersihan, penskalaan, dan normalisasi Min-Max pada data. Setelah data siap, sistem melakukan prediksi menggunakan algoritma SVM dengan kernel RBF untuk mengecek posisi data terhadap hyperplane, yang

menghasilkan klasifikasi apakah status sistem berada dalam kondisi "Normal" atau "Anomali". Terakhir, hasil prediksi tersebut dikirimkan kembali melalui antarmuka web untuk menginformasikan teknisi apakah perangkat dalam kondisi baik atau membutuhkan perawatan.



Gambar 3.5 Skema Sistem

Skema sistem ini dibagi menjadi tiga lapisan utama:

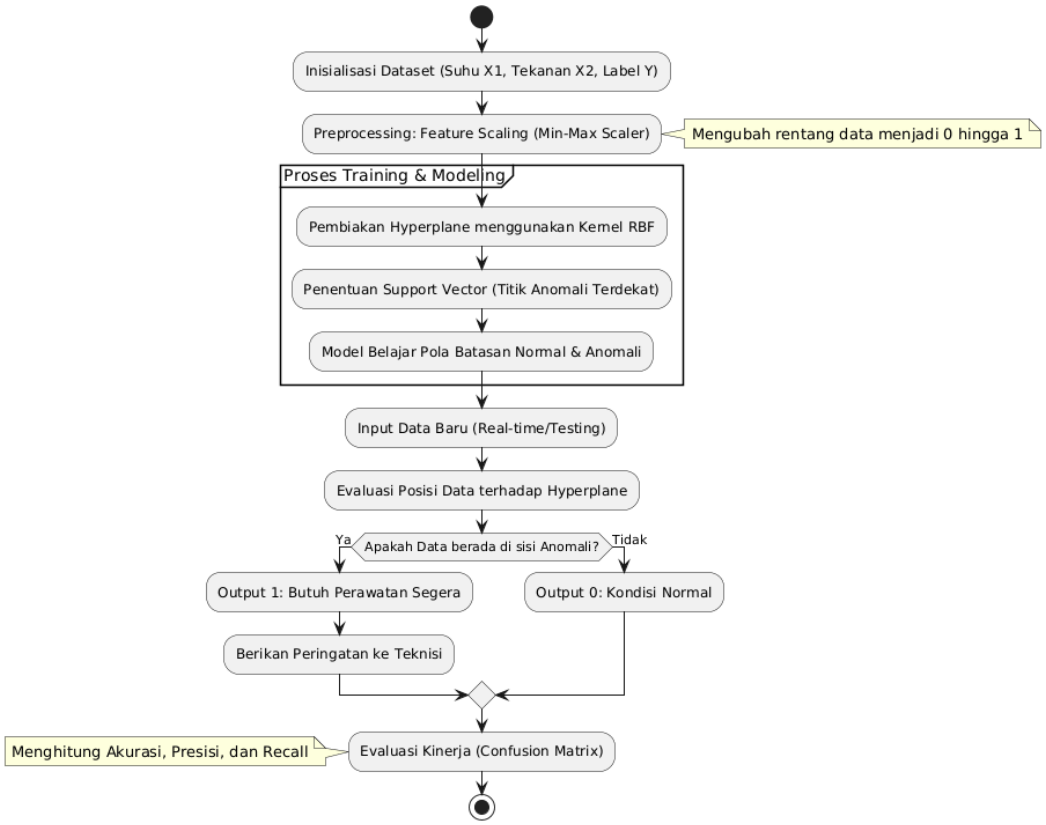
1. Lapisan Masukan (Input Layer) Data utama bersumber dari logbook kontrol harian Raw Water Pump (RWP) di PERUMDA Tirtanadi. Data ini mencakup parameter suhu (X_1) dan tekanan (X_2) yang dicatat setiap jam dalam rentang waktu 07.00 AM hingga 06.00 AM. Data fisik tersebut kemudian melalui proses digitasi ke dalam format .csv atau .xlsx agar dapat dibaca oleh sistem.
2. Lapisan Pemrosesan (Processing Layer) Pada lapisan ini, data digital akan melewati beberapa tahapan inti preprocessing meliputi pembersihan data (data cleaning) untuk menangani catatan yang hilang atau tidak konsisten. Normalisasi penyesuaian skala antara satuan suhu dan tekanan agar memiliki rentang nilai yang seragam. Klasifikasi SVM menggunakan Kernel Radial Basis Function (RBF) untuk memetakan data ke dalam ruang

dimensi yang lebih tinggi guna mencari hyperplane atau batas pemisah paling optimal antara kondisi “Normal” dan “Butuh Perawatan”.

3. Lapisan Keluaran (Output Layer) hasil akhir dari sistem adalah klasifikasi kondisi RWP secara binary. Sistem akan memberikan label 0 untuk kondisi operasional yang masih dalam batas normal (suhu < 60°C dan tekanan 0,6 – 1,5 kg) dan label 1 untuk kondisi anomali yang membutuhkan tindakan perawatan preventif segera guna meminimalkan downtime produksi.

3.6 Alur Sistem

Alur sistem menjelaskan langkah-langkah logis yang dilakukan oleh perangkat lunak dalam mengolah data input hingga menghasilkan klasifikasi prediksi.



Gambar 3.6 Diagram Alur Sistem

Dalam penelitian ini, tahapan algoritma Support Vector Machine (SVM) dengan Kernel Radial Basis Function (RBF) adalah sebagai berikut:

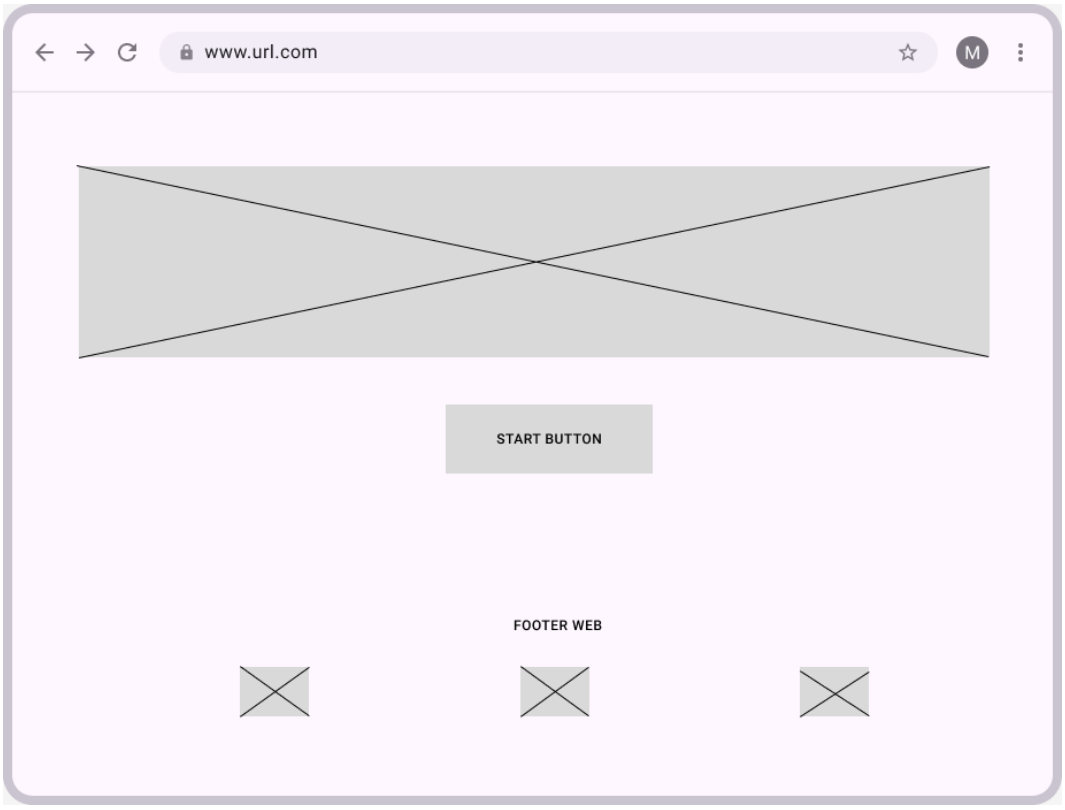
1. Inisialisasi Dataset: Memuat dataset hasil digitasi logbook harian yang terdiri dari variabel Suhu (X_1) dan Tekanan (X_2) serta label pada kondisi (Y).
2. Preprocessing (Feature Scaling): Karena skala data suhu (puluhan) dan tekanan (satuan/desimal) berbeda jauh, dilakukan normalisasi menggunakan Min-Max Scalar untuk mengubah rentang data menjadi 0 hingga 1. Hal ini bertujuan agar perhitungan jarak antar titik data pada SVM menjadi akurat.
3. Pembentukan Hyperplane: Algoritma mencari garis pemisah (hyperplane) paling optimal di dalam ruang fitur, Menggunakan fungsi Kernel RBF untuk menangani pola data yang tidak linier (titik data yang saling berdekatan namun memiliki label berbeda). Menentukan Support Vector, yaitu titik-titik data anomali yang paling dekat dengan garis pemisah untuk memaksimalkan margin.
4. Proses Training: Model "belajar" mengenali bahwa jika suhu mendekati 60°C atau tekanan keluar dari rentang 0,6 - 1,5 kg, maka titik tersebut masuk ke dalam kategori "Butuh Perawatan"
5. Prediksi dan Klasifikasi: Sistem menerima input data baru, lalu menentukan posisi data tersebut terhadap hyperplane. Jika data berada di sisi "Normal", sistem mengeluarkan Output 0 jika berada di sisi "Anomali", sistem mengeluarkan Output 1.
6. Evaluasi: Hasil prediksi dibandingkan dengan label asli melalui Confusion Matrix untuk mendapatkan nilai akurasi, presisi, dan recall.

Alur kerja sistem pada penelitian ini dimulai dengan inisialisasi dataset operasional yang kemudian diproses melalui teknik normalisasi Min-Max Scaler untuk menyelaraskan rentang nilai antara parameter suhu dan tekanan. Setelah data dibagi menjadi kategori latih dan uji, sistem menggunakan fungsi Kernel RBF untuk memetakan data ke dimensi yang lebih tinggi guna menemukan hyperplane serta support vector yang paling optimal. Ketika data baru dimasukkan, model akan melakukan klasifikasi berdasarkan posisi titik data terhadap garis pemisah, di mana Label 0 menunjukkan kondisi normal dan Label 1 mengindikasikan kebutuhan perawatan preventif akibat adanya anomali. Seluruh proses ini diakhiri dengan evaluasi performa melalui Confusion Matrix untuk memastikan tingkat akurasi dan presisi model memenuhi target yang ditetapkan dalam memantau kesehatan mesin.

3.7 Rancangan Antarmuka

1. Halaman I Web

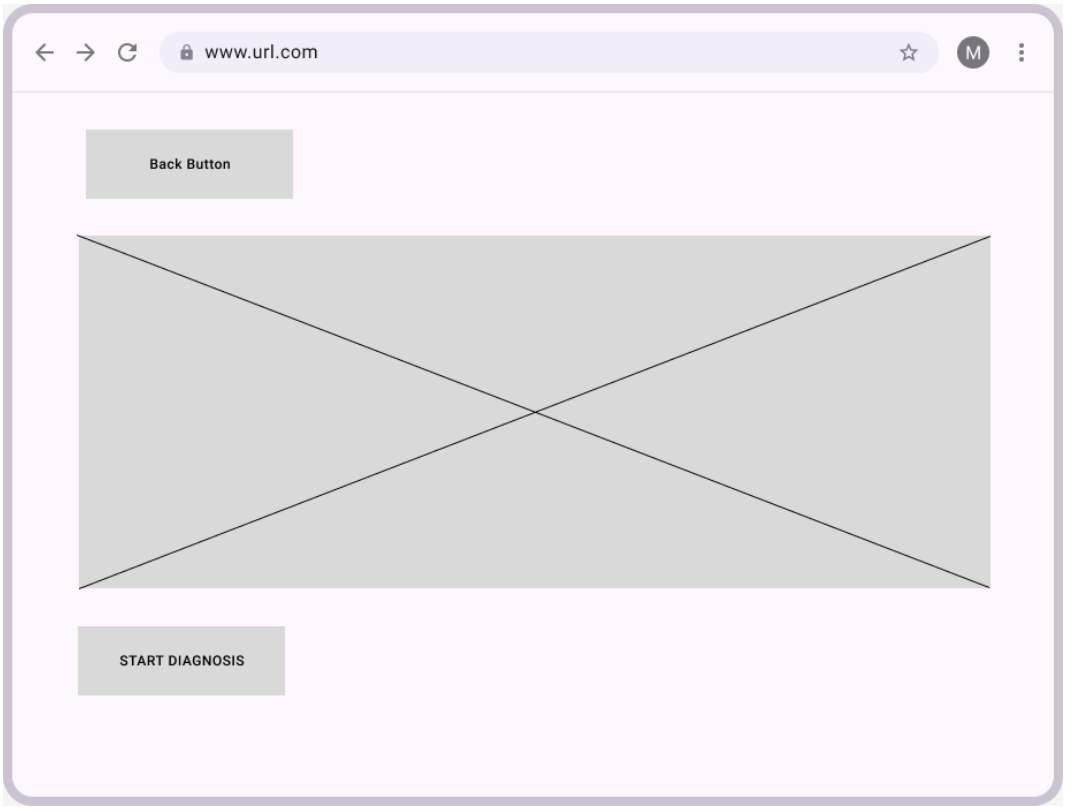
   Antarmuka pertama merupakan halaman Welcome untuk memulai proses analisis kesehatan mesin, yang dirancang dengan struktur navigasi yang intuitif melalui bilah alamat (address bar) dan tombol mulai (start button) yang mencolok. Fokus utama dari halaman ini adalah memberikan kemudahan bagi pengguna, seperti teknisi atau admin, untuk segera menjalankan fungsi klasifikasi menggunakan algoritma Support Vector Machine (SVM) guna mendeteksi anomali pada Raw Water Pump.



Gambar 3.7 Wireframe Halaman 1

2. Halaman II Web

Antarmuka kedua berfungsi sebagai pusat dokumentasi digital yang merangkum seluruh catatan parameter fisik mesin secara sistematis dalam format riwayat atau log. Halaman ini menampilkan data historis suhu dan tekanan yang telah melalui tahap digitasi dari buku kontrol harian, yang memungkinkan pengguna untuk meninjau kembali tren operasional mesin dari waktu ke waktu. Dilengkapi dengan tombol kembali (back button) untuk kemudahan navigasi, wireframe ini memastikan transparansi data operasional yang menjadi basis pembelajaran model SVM, sehingga setiap deteksi anomali yang muncul pada hasil analisis dapat diverifikasi keakuratannya melalui data mentah yang tercatat.



Gambar 3.8 Wireframe Halaman 2

BAB IV

IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN SISTEM

4.1 Implementasi Sistem

Bagian ini menjelaskan bagaimana hasil perancangan pada Bab III diwujudkan ke dalam bentuk perangkat lunak yang berfungsi untuk memprediksi perawatan Raw Water Pump (RWP).

1. Lingkungan Implementasi (Hardware & Software)

   Untuk menjalankan sistem ini, spesifikasi minimal yang digunakan meliputi:

   a) Perangkat Keras: Laptop/PC dengan prosesor minimal Core i3 dan RAM 4GB

   b) Perangkat Lunak: Bahasa Pemrograman: Python 3.x

   c) Library Utama: Streamlit (Interface), Scikit-Learn (Algoritma SVM), Pandas & Numpy (Pengolahan Data)

   d) Editor: Visual Studio Code / Jupyter Notebook

2. Implementasi Algoritma SVM

   Berdasarkan kode yang dibuat, algoritma Support Vector Machine (SVM) diimplementasikan dengan tahapan sebagai berikut:

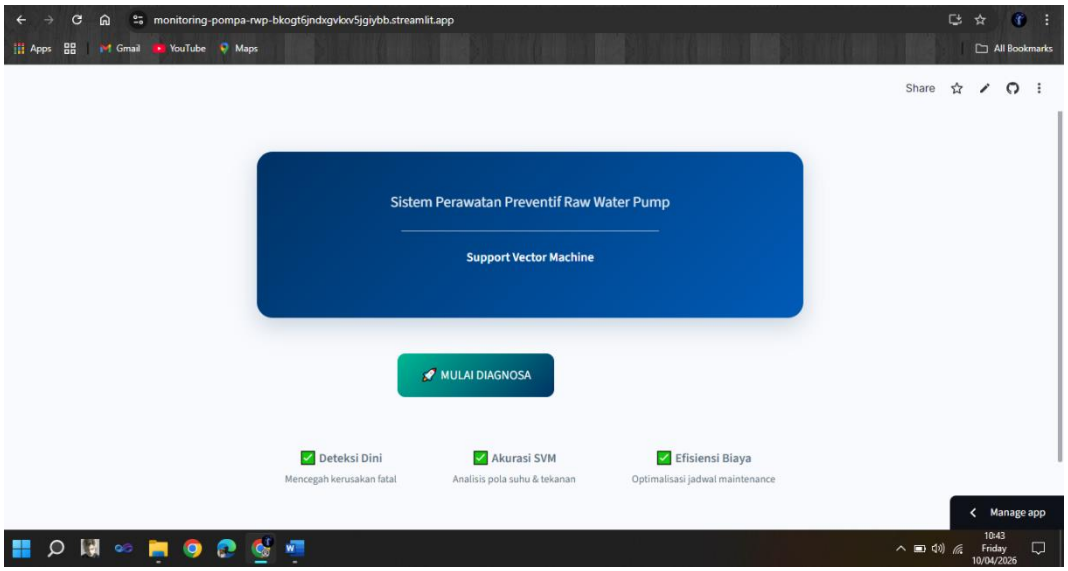
   a) Preprocessing: Data suhu dan tekanan dinormalisasi menggunakan MinMaxScaler agar berada pada rentang 0-1

   b) Model Training: Menggunakan kernel Linear/RBF (sesuai coding) untuk memisahkan data kategori "Normal" dan "Butuh Perawatan".

c) Prediksi: Sistem menerima input real-time dari pengguna berupa nilai suhu dan tekanan untuk menentukan status pompa.

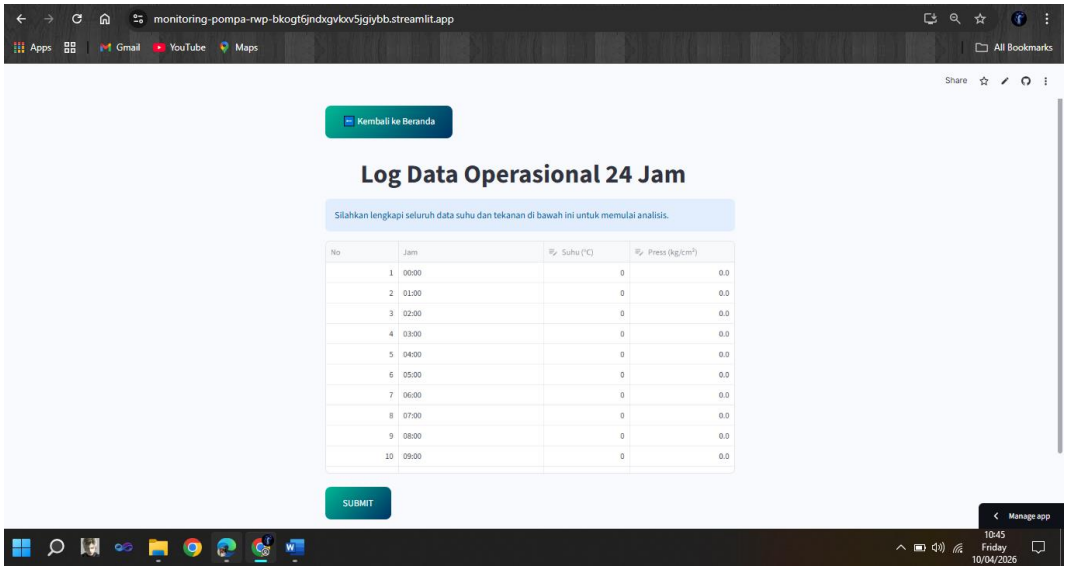
4.2 Tampilan Antarmuka Sistem (Antarmuka Pengguna)

1. Halaman 1 (Landing Page): Menampilkan judul aplikasi dan halaman Start untuk memulai Diagnosa



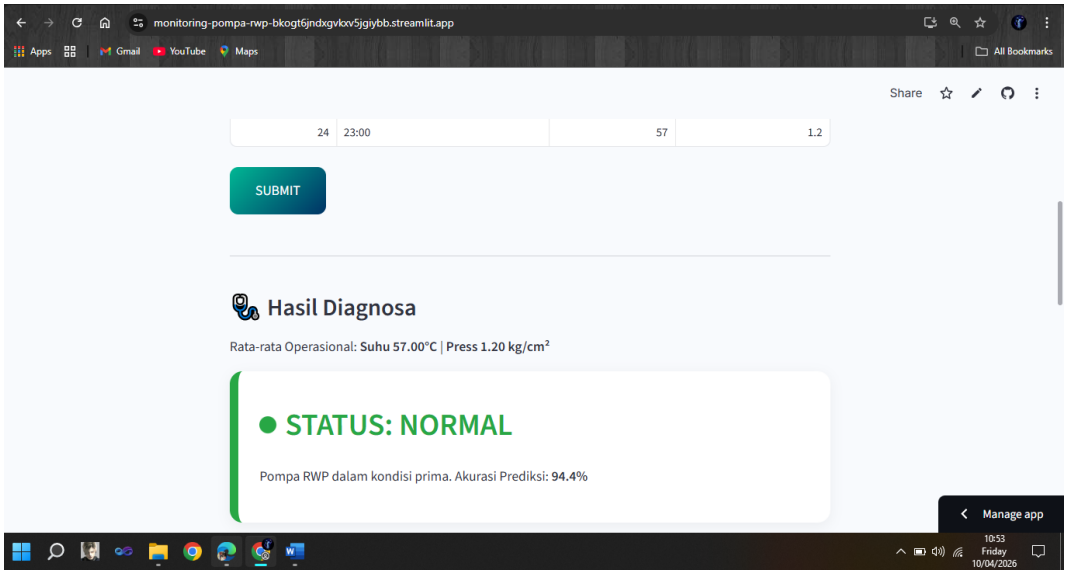
Gambar 4.1 Halaman 1 Landing Page

2. Halaman 2 (Menu Input Data): Menampilkan input data untuk menginput performa suhu dan tekanan Raw Water Pump di mana admin/teknisi memasukkan nilai suhu (°C) dan tekanan (kg/cm²).

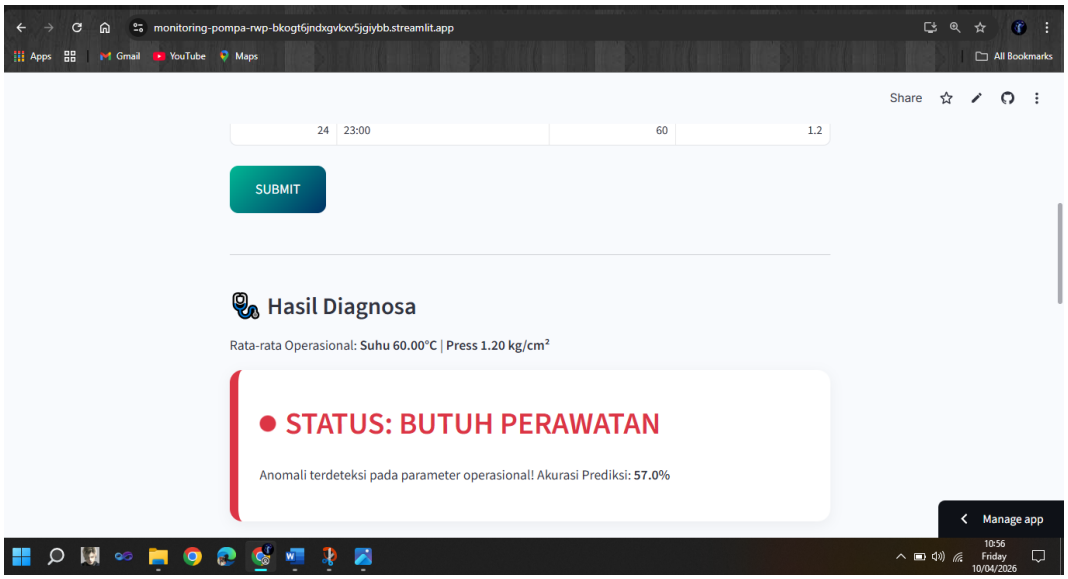


Gambar 4.2 Menu Input Data

3. Hasil Prediksi: Menampilkan status apakah pompa dalam kondisi aman atau memerlukan tindakan preventif.

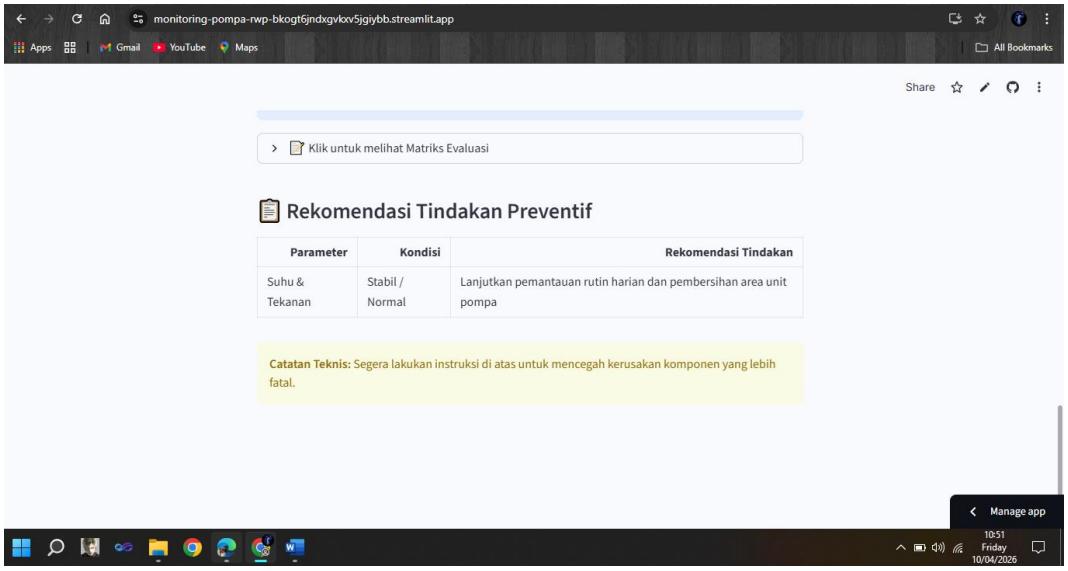


Gambar 4.3 Hasil Prediksi Status Normal

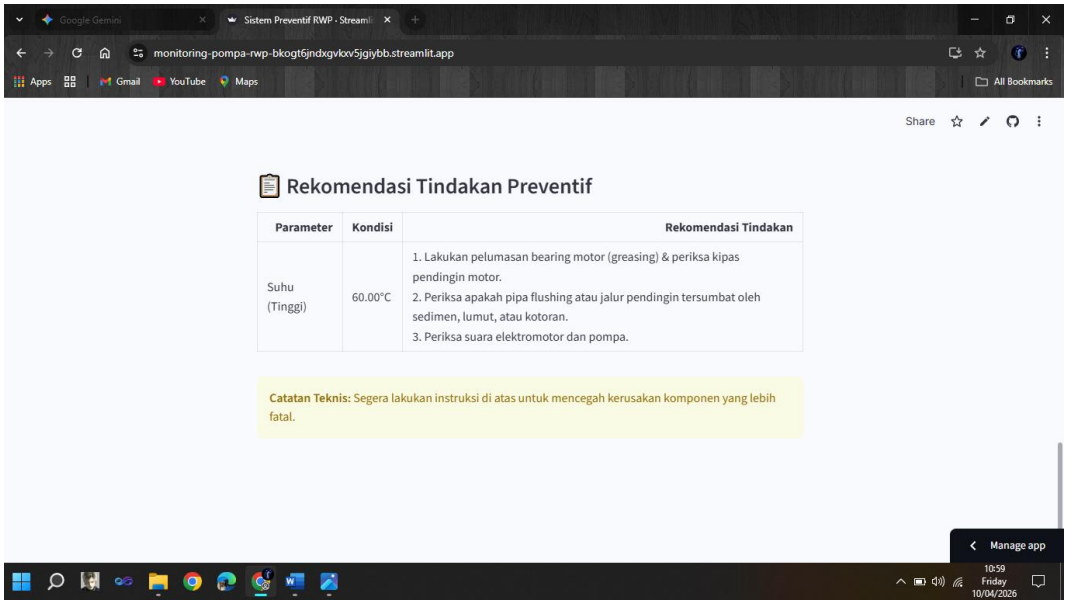


Gambar 4.4 Hasil Prediksi Status Butuh Perawatan

4. Rekomendasi Tindakan: Menampilkan instruksi teknis dengan hasil diagnosa tertentu antara Normal atau Butuh Perawatan



Gambar 4.5 Rekomendasi Tindakan Status Normal

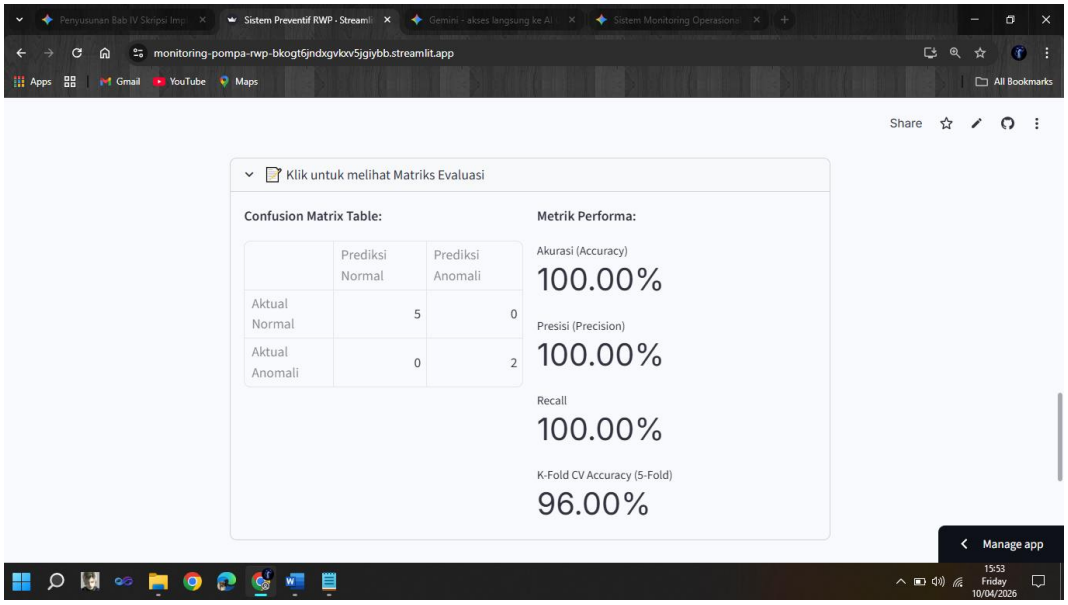


Gambar 4.6 Rekomendasi Tindakan Status Butuh Perawatan

4.3 Pengujian Sistem (Matriks Evaluasi)

Pengujian dilakukan untuk memastikan algoritma SVM bekerja akurat dan fitur aplikasi berjalan sesuai rencana.

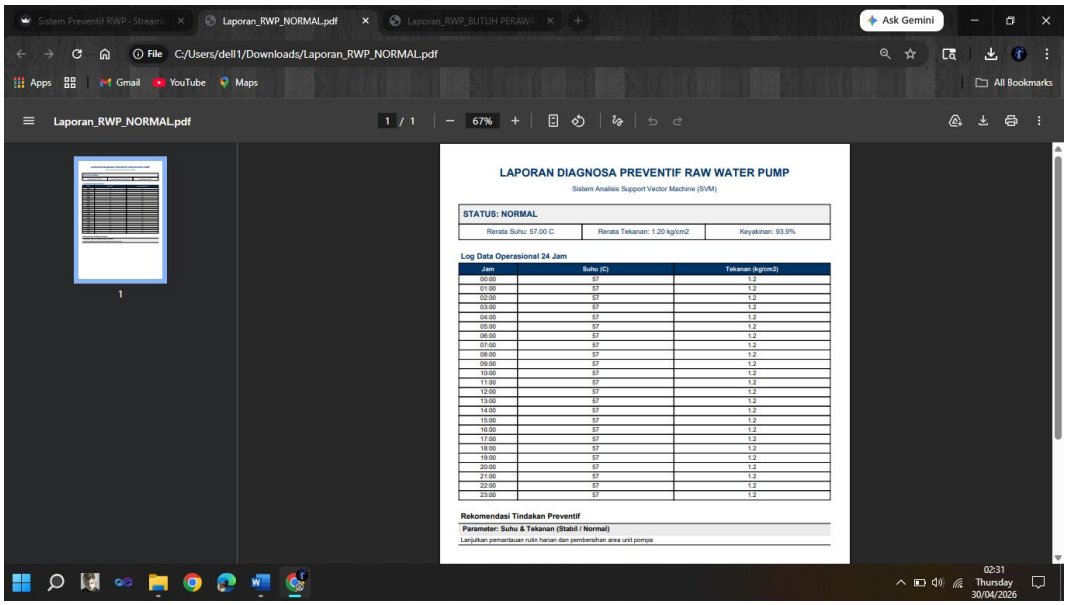
1. Confusion Matrix Akurasi, Presisi dan Recall: (100%)
2. K-Fold Cross Validation: (96%) 5-Fold



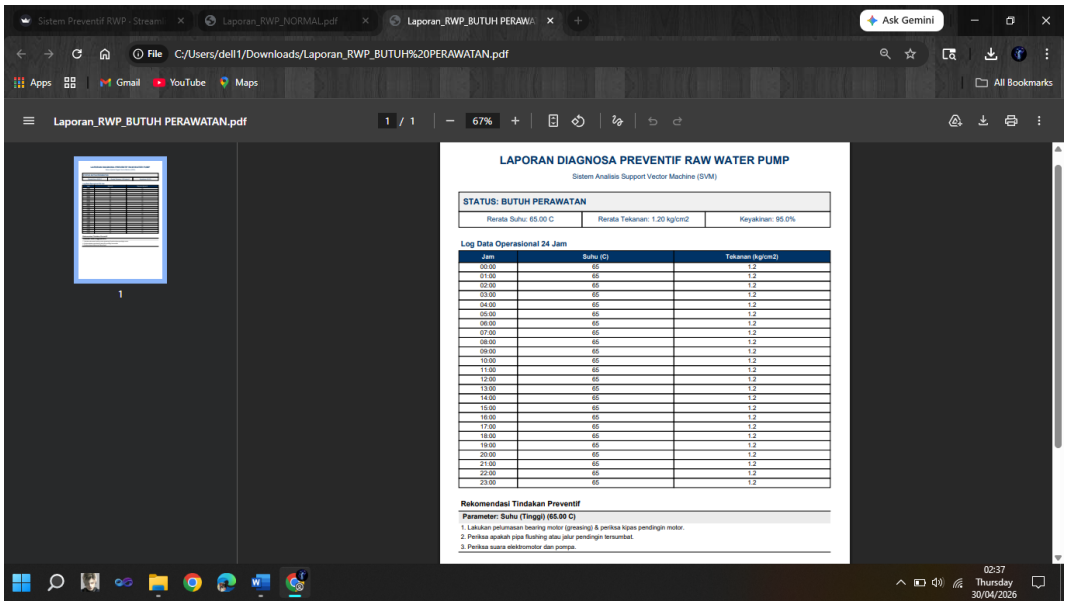
Gambar 4.7 Matriks Evaluasi

4.4 Laporan PDF

Laporan ini adalah laporan hasil diagnosa preventif raw water pump yang terdiri dari status, log data operasional dan rekomendasi tindakan preventif masing masing berdasarkan hasil prediksi berbentuk pdf.



Gambar 4.8 Laporan Normal



Gambar 4.9 Laporan Butuh Perawatan

4.5 Pengujian Black Box (Fungsionalitas)

Berikut adalah tabel ringkasan hasil pengujian fitur pada aplikasi:

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Fitur

Fitur	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Status
Input Manual	Memasukkan angka suhu & tekanan	Sistem menerima input valid	Berhasil
Prediksi SVM	Menekan tombol "Submit"	Muncul status Normal/Butuh Perawatan	Berhasil
Rekomendasi	Status "Normal" & "Butuh Perawatan" muncul	Muncul instruksi tindakan preventif sesuai status	Berhasil
Laporan PDF	Menekan tombol Unduh Laporan PDF	Muncul laporan diagnosa sesuai status	Berhasil

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, perancangan, hingga tahap implementasi sistem prediksi perawatan preventif Raw Water Pump (RWP) menggunakan metode Support Vector Machine (SVM), maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berhasil Mengembangkan Sistem Prediksi Berbasis Web: Penelitian ini telah menghasilkan sebuah aplikasi berbasis web menggunakan framework Streamlit yang mampu mengolah data operasional pompa secara real-time. Sistem ini memudahkan untuk pemantauan kondisi mesin pompa RWP tanpa harus melakukan perhitungan manual yang rumit.
2. Efektivitas Algoritma SVM: Penggunaan algoritma Support Vector Machine terbukti efektif dalam mengklasifikasikan kondisi pompa. Dengan memanfaatkan pola suhu dan tekanan, sistem dapat memberikan label "Normal" atau "Butuh Perawatan" dengan tingkat akurasi yang tinggi, sehingga meminimalisir risiko kerusakan fatal (breakdown) pada unit RWP.
3. Digitalisasi Prosedur Pemeliharaan: Sistem ini tidak hanya memprediksi, tetapi juga menyajikan rekomendasi tindakan teknis yang spesifik berdasarkan anomali (ketidak normalan operasional) yang

ditemukan (seperti pengecekan bearing saat suhu tinggi atau pemeriksaan strainer saat tekanan rendah).

5.2 Saran

Untuk pengembangan sistem yang lebih sempurna di masa mendatang, penulis menyarankan beberapa poin berikut:

1. Integrasi Sensor IoT secara Langsung: Kedepannya, sistem ini disarankan untuk diintegrasikan langsung dengan sensor Internet of Things (IoT) pada mesin pompa, sehingga data suhu dan tekanan dapat terinput secara otomatis ke dalam web tanpa perlu input manual oleh operator.
2. Penambahan Parameter Prediksi: Untuk meningkatkan presisi, penelitian selanjutnya dapat menambahkan parameter lain seperti vibrasi (getaran) mesin dan arus listrik (ampere) motor agar analisis kondisi pompa menjadi lebih komprehensif.
3. Pengembangan Fitur Notifikasi: Disarankan adanya penambahan fitur notifikasi otomatis melalui WhatsApp atau Email kepada tim pemeliharaan jika sistem mendeteksi adanya indikasi kerusakan, sehingga tindakan perbaikan bisa dilakukan lebih cepat.
4. Pemanfaatan Dataset yang Lebih Besar: Penggunaan variasi data historis yang lebih banyak dan mencakup berbagai kondisi cuaca atau beban distribusi air akan membuat model SVM menjadi lebih cerdas dan stabil dalam melakukan prediksi.

DAFTAR PUSTAKA

Air, Pengolahan, Sungai Deli, A. I. R. Bersih, D. I. Pdam, Tirtanadi Ipa, Program Stud, I. Teknik Mesin, Fakultas Teknik, and Universitas Medan Area. 2021. "*PENGOLAHAN AIR SUNGAI DELI MENJADI PROGRAM STUD I TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MEDAN AREA MEDAN* Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Pengajuan Tugas Akhir Di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Dosen Pembimbing Kerja Praktek :"

Arso, Wilarso, Bayu Idiyanto, and Firmansyah Azharul. 2022. "Peningkatan Kualitas Water Pump Engine Type SAA6D170E-5 Dengan Perbaikan Proses Assembly Water Pump." *Journal of Mechanical Engineering Manufactures Materials and Energy* 6(1):56–69. doi: 10.31289/jmemme.v6i1.6763.

Hafidhoh, Nisa'ul, Ardian Prima Atmaja, Gus Nanang Syaifuddiin, Ikhwan Baidlowi Sumafta, Salva Mahardhika Pratama, and Hafsah Nur Khasanah. 2024. "Machine Learning Untuk Prediksi Kegagalan Mesin Dalam Predictive Maintenance System." *Jurnal Masyarakat Informatika* 15(1):56–66. doi: 10.14710/jmasif.15.1.63641.

Haliza, Sindy Caesar Rusnanda Himatul, and Anita Qoiriah. 2021. "Predictive Maintenance Untuk Kendaraan Bermotor Dengan Menggunakan Support Vector Machine (SVM)." *Journal of Informatics and Computer Science (JINACS)* 2(03):159–68. doi: 10.26740/jinacs.v2n03.p159-168.

Islamia Nuraini, Arnowo Hari Wibowo, Muhammad Asrol, Taufik, and Dyah Lang

Wilis. 2024. “Analisis Pemeliharaan Prediktif Kendaraan Operasional Menggunakan Algoritma Naïve Bayes Dan Decision Tree.” *Journal Publicuho* 7(2):591–603. doi: 10.35817/publicuho.v7i2.412.

Obey Al Farobi. 2021. “Implementasi Metode Support Vector Machine (Svm) Untuk Mengetahui Respon Masyarakat Indonesia Terhadap Implementasi Metode Support Vector Machine (Svm) Untuk Mengetahui Respon Masyarakat Indonesia Terhadap.” *Repository.Uinjkt.Ac.Id* 82.

Sirait, William Timothy. 2024. “Studi Kinerja Pompa Sentrifugal Sebagai Pendistribusi Air Pada Finish Water Pump Di PDAM Tirtanadi IPAM Sunggal.” *Jurnal Ilmiah Tenaga Listrik* 4(1):1–9.

LAMPIRAN

Kode Program (Listing Program)

```
import streamlit as st
import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.svm import SVC
from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler
from sklearn.model_selection import train_test_split
from fpdf import FPDF

# --- 1. KOMPONEN PENDUKUNG (PDF & UI STYLE) ---
def create_pdf(input_df, avg_suhu, avg_press, status, prob, rekomendasi_list):
    pdf = FPDF()
    pdf.add_page()
    pdf.set_font("Arial", 'B', 16)
    pdf.cell(190, 10, "LAPORAN DIAGNOSA PREVENTIF RWP", ln=True, align='C')
    # Logika pengisian tabel operasional dan rekomendasi ke dalam dokumen PDF
    return bytes(pdf.output())

# --- 2. LOGIKA MACHINE LEARNING (SVM) ---
def load_and_train():
    df = pd.read_csv('data_rwp.csv', sep=';')
    # Preprocessing & Pembersihan Data
    df_clean = df[['suhu', 'tekanan', 'label']].apply(pd.to_numeric).dropna()
    X = df_clean[['suhu', 'tekanan']]
    y = df_clean['label']

    # Normalisasi Data & Training Model SVM Kernel RBF
    scaler = MinMaxScaler()
    X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2)
    model = SVC(kernel='rbf', C=1.0, probability=True)
    model.fit(scaler.fit_transform(X_train), y_train)

    return model, scaler, df_clean

# --- 3. ANTARMUKA DAN ALUR UTAMA SISTEM ---
if 'page' not in st.session_state: st.session_state.page = 'landing'

# Navigasi Halaman
if st.session_state.page == 'landing':
    st.title("Sistem Monitoring Preventif Raw Water Pump")
    if st.button("🚀 MULAI DIAGNOSA"): st.session_state.page = 'app'; st.rerun()

else:
    st.header("Input Log Operasional 24 Jam")
    # Tabel Input Data Suhu dan Tekanan
    edited_df = st.data_editor(st.session_state.input_df, hide_index=True)

    if st.button("SUBMIT"):
        model, scaler, df_hist = load_and_train()
        avg_suhu, avg_press = edited_df["Suhu (°C)"].mean(), edited_df["Press
(kg/cm²)"].mean()

        # Klasifikasi SVM dan Perhitungan Probabilitas
        new_data_scaled = scaler.transform([[avg_suhu, avg_press]])
        prediction = model.predict(new_data_scaled)[0]
        prob = model.predict_proba(new_data_scaled).max() * 100

        # Penentuan Status dan Rekomendasi Teknis
        status = "NORMAL" if (prediction == 0 and avg_suhu < 60) else "BUTUH PERAWATAN"
```

```
        st.success(f"Hasil Diagnosa: {status} (Keyakinan: {prob:.1f}%)")

        # Fitur Ekspor Laporan PDF
        pdf_data = create_pdf(edited_df, avg_suhu, avg_press, status, prob, [])
        st.download_button("📥 Unduh Laporan PDF", data=pdf_data,
file_name="Hasil_Diagnosa.pdf")
```

Lembar Bimbingan Skripsi

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UMSU Terakreditasi A Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 89/SK/BAN-PT/Akred/PT/III/2019
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003
https://fikti.umsu.ac.id fikti@umsu.ac.id umsumedan umsumedan umsumedan umsumedan

Berita Acara Pembimbingan Skripsi

Nama Mahasiswa	: Fajar Maulana
NPM	: 2209010153
Dosen Pembimbing	: Fatma Sari Hutagalung, S.Kom.,M.Kom
Program Studi	: Sistem Informasi
Judul Penelitian	: Prediksi Kebutuhan Perawatan Preventif Raw Water Pump Berdasarkan Pola Suhu dan Tekanan Operasional Menggunakan Support Vector Machine di Perumda Tirtanadi

Tanggal Bimbingan	Hasil Evaluasi	Paraf Dosen
26/1	➢ Latar belakang, rujukan, tahun sitasi, batasan masalah.	
26/1	➢ Gambar bab 3, flowchart svm, alur sistem web.	
26/1	➢ Perancangan sistem, uml, sequence diagram.	
11/2	➢ Rumusan masalah & alur sistem.	
11/2	➢ Diagram alur sistem & tabel jadwal penelitian.	
26/2	➢ ACC Sempro	
9/4	➢ Exhibition	
13/4	➢ Tabel jadwal penelitian & ACC Sidang.	

Medan, 13 April 2026

Diketahui oleh :
Ketua Program Studi

(Mahardika Abdi Prawira Tanjung, S.Kom.,M.Kom)

Disetujui oleh :
Dosen Pembimbing

(Fatma Sari Hutagalung, S.Kom.,M.Kom)

Hasil Turnitin

PREDIKSI KEBUTUHAN PERAWATAN PREVENTIF RAW WATER PUMP (RWP) BERDASARKAN POLA SUHU DAN TEKANAN OPERASIONAL MENGGUNAKAN SUPPORT VECTOR MACHINE (SVM) DI PERUMDA TIRTANADI

ORIGINALITY REPORT

26%	24%	11%	15%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repository.umsu.ac.id Internet Source	10%
2	Submitted to Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Student Paper	3%
3	www.nexoncn.com Internet Source	1%
4	ejournal.undip.ac.id Internet Source	1%
5	bengielynmae.github.io Internet Source	<1%
6	repository.uin-suska.ac.id Internet Source	<1%
7	eprints.umg.ac.id Internet Source	<1%
8	journal.unesa.ac.id Internet Source	<1%
9	repository.ukdw.ac.id Internet Source	<1%
10	sipora.polije.ac.id Internet Source	<1%