

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam dunia industri, *Predictive Maintenance* (pemeliharaan prediktif) telah menjadi aspek penting untuk memastikan peralatan berfungsi dengan baik dan mengurangi biaya perbaikan dan kerusakan yang tidak terduga. Konsep *Predictive Maintenance* didasarkan pada penggunaan data sensorik dan analitik tingkat lanjut untuk memprediksi potensi kerusakan atau kegagalan peralatan sebelum benar-benar terjadi. (Rengaswani,2022) Dalam *predictive maintenance*, sensor-sensor dipasang pada peralatan yang diawasi dan data yang dikumpulkan secara terus-menerus. Data ini kemudian dianalisis menggunakan algoritma dan teknik *machine learning* untuk mengidentifikasi pola, tren, dan anomali yang dapat mengindikasikan kemungkinan kerusakan di masa depan.

Machine Learning adalah aplikasi atau komponen kecerdasan buatan yang memungkinkan suatu sistem mempelajari dan meningkatkan kemampuan secara otomatis berdasarkan pengalaman, tanpa diprogram secara eksplisit. (P.D. Kusuma, 2020) *Machine Learning* telah menjadi alat penting dalam memecahkan masalah kompleks dan memprediksi hasil di berbagai bidang, termasuk manufaktur. Dalam industri manufaktur, mesin dan peralatan penting seperti *bearing* memainkan peran penting. *Machine Learning* dapat digunakan untuk menganalisis data putaran *bearing* dan memprediksi kerusakan mesin dengan akurasi lebih tinggi dibandingkan metode analisis data manual. *Machine Learning* dapat digunakan untuk membuat model guna mengidentifikasi pola dalam data putaran *bearing*.

Pada penelitian terdahulu yang berkaitan dengan *machine learning* di lingkungan industri manufaktur ialah “Analisa Hasil Getaran *Gearbox* Menggunakan *Machine Learning* Dengan Algoritma *Decision Tree*, *Random Forest*, *K-Nearest Neighbor* Pada Sensor *Vibration* Berbasis Non-Linear” didapatkan hasil pada model *Decision Tree* nilai *accuracy* 44%, *Random Forest* nilai *accuracy* 68%, dan *K-Nearest Neighbors* nilai *accuracy* 70%. (Subarkah Ramadhani, 2023) Pada penelitian “Implementasi *Data Science* Dalam Memprediksi Temperatur *Gearbox* Mesin Kertas Menggunakan *Machine Learning*” didapatkan hasil pada model Regresi Linier Berganda sebesar 2.834065, pada model Regresi *Random Forest* sebesar

2.638038, dan Regresi *Support Vector Machine* sebesar 2.891829. Sehingga model *machine learning* yang terbaik yaitu Regresi *Random Forest*.(Deriantaka, 2023)

Selain itu, pada penelitian “Implementasi *Machine Learning* Model Linier Dalam Klasifikasi Anomali Pada *Gearbox* Mesin Kertas” didapatkan hasil pada model *Artificial Neural Network* (ANN) nilai *accuracy* sebesar 66%, model Regresi Logistik nilai *accuracy* sebesar 67%, dan pada model *Support Vector Machine* nilai *accuracy* sebesar 65%. Sehingga model *Machine Learning* terbaik terdapat pada model Regresi Logistik nilai *accuracy* sebesar 67%.

Dalam skripsi ini, peneliti akan menganalisis implementasi *predictive maintenance* pada *bearing* dengan menggunakan *machine learning* untuk memprediksi temperatur. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi penting dalam pengembangan teknik analisis yang lebih akurat dan dapat diandalkan untuk mendeteksi dini kerusakan pada *bearing* di berbagai lingkungan industri.

Selama penelitian ini peneliti bekerjasama dengan PT. Integral Industrial Indonesia untuk mengumpulkan data yang diperlukan. PT. Integral Industrial Indonesia adalah perusahaan yang beroperasi di lingkungan industri yang kompleks di mana desain, pengoperasian, dan pemeliharaan aset yang optimal sangat penting. Mereka menciptakan *platform* perangkat lunak khusus untuk mengotomatiskan pekerjaan pengetahuan dan menciptakan keunggulan kompetitif yang berkelanjutan dengan memberikan ketahanan tinggi di seluruh siklus hidup aset.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data historis dari sensor putaran *bearing* yang terletak di sebuah pabrik PT. XYZ salah satu perusahaan yang telah menjalin kerja sama dengan PT. Integral Industrial Indonesia. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memprediksi variabel temperatur pada *bearing* dengan memperhatikan variabel yang telah terekam oleh sensor. PT. Integral Industrial Indonesia untuk menerapkan sistem *predictive maintenance* agar dapat mengefisiensikan *bearing* dan memprediksi kerusakan sebelum benar-benar terjadi.

Proses pengambilan data dilakukan selama 34 hari, dimulai dari tanggal 21 Agustus 2023 hingga tanggal 24 September 2023. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan teknik analisis *Machine Learning*, termasuk model *Support Vector Machine*, *K-Nearest Neighbor*, dan *Artificial Neural Network* untuk mendeteksi

variabel temperatur pada *bearing* berdasarkan putaran data yang dihasilkan selama proses produksi. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan solusi bagi PT. Integral Industrial Indonesia dalam meningkatkan efisiensi dan mencegah kerusakan yang tidak terduga pada *bearing*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang telah dijelaskan, maka peneliti akan melakukan penelitian yang berfokus pada permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana proses pembuatan model *Machine Learning* untuk prediksi temperatur menggunakan metode *K-Nearest Neighbors*, *Support Vector Machine*, dan *Artificial Neural Network*, serta pemilihan metode terbaik berdasarkan MAPE, RMSE dan *R-Squared*?
2. Fitur manakah yang memiliki pengaruh terbesar terhadap hasil prediksi temperatur dari model terbaik yang dipilih berdasarkan evaluasi model?
3. Keuntungan dan manfaat apa yang dapat diperoleh perusahaan dari penelitian ini, terutama dari sudut pandang finansial, dengan *potential cost savings* untuk menerapkan *predictive maintenance*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang dijelaskan, maka tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Dapat membuat model *Machine Learning* untuk prediksi temperatur menggunakan metode *K-Nearest Neighbors*, *Support Vector Machines*, dan *Artificial Neural Network* dan memilih model terbaik berdasarkan MAPE, RMSE dan *R-Squared*.
2. Mampu menentukan *feature importances* dari hasil prediksi model terbaik yang dipilih berdasarkan evaluasi model.
3. Dapat mengetahui manfaat dan keuntungan yang diperoleh perusahaan dalam penelitian ini, dari aspek finansial dengan *potential cost savings* untuk menerapkan *predictive maintenance*.

1.4 Batasan Penelitian

Agar penelitian ini sesuai tujuan yang ingin dicapai dan tidak menyimpang, maka perlu ada batasan penelitian untuk memfokuskan perumusan dan pengolahan permasalahan sebagai berikut:

1. *Dataset* yang diteliti untuk membuat model *Machine Learning* didapatkan dari sensor putaran yang terpasang pada *bearing*.
2. *Dataset* yang telah didapatkan berupa data putaran *bearing* dalam bentuk *JSON file*.
3. Data yang diperoleh dalam pembuatan model sebanyak 957 data dengan variabel yang digunakan ialah: *X.peak*, *Y.peak*, *Z.peak*, *X.rms*, *Y.rms*, *Z.rms*, *Temperature*, *Battery*, dan *rsi*.
4. Melakukan evaluasi terhadap tiga model *K-Nearest Neighbors*, *Support Vector Machine*, dan *Artificial Neural Network* untuk menentukan model yang terbaik dengan *MAPE*, *RMSE* dan *R-Squared*.

1.5 State of The Art

Dalam penyusunan skripsi ini peneliti mengambil beberapa referensi penelitian sebelumnya termasuk jurnal-jurnal yang berhubungan dengan penelitian ini, sebagai berikut:

Tabel 1.1 *Tabel State of The Art*

Judul Jurnal	Pembahasan
<p><u>Judul</u> Hybrid Solar Power Generation Prediction Using Support Vector Machines and K-Nearest Neighbors Optimized By Deep Learning Techniques</p> <p><u>Peneliti</u> Mrs. K.V.B. Saraswathi Devi, Dr. Muktevi Srivenkatesh</p> <p><u>Lokasi</u></p>	<p><u>Hasil Penelitian</u> Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model <i>hybrid</i> yang menggabungkan <i>Support Vector Machines (SVM)</i> dan <i>K-Nearest Neighbors (KNN)</i>, yang dioptimalkan menggunakan teknik pembelajaran mendalam, untuk prediksi pembangkit listrik tenaga surya. Model hibrid yang diusulkan mengatasi keterbatasan model <i>machine learning</i> individual tradisional, menunjukkan peningkatan akurasi prediksi dan kemampuan generalisasi. Yang diusulkan model ansambel mengungguli standar</p>

<p>University, Visakhapatnam, Andhra Pradesh, India.</p> <p><u>Tahun</u> 2023</p>	<p>model individu saat membandingkannya pertunjukan dengan model ansambel itu menggabungkan semua strategi kombinasi. Diversifikasi lebih lanjut set pelatihan, pembuatan subset berdasarkan parameter dianggap sebagai pekerjaan dan pengujian di masa depan baik data maupun parameter. Keakuratan <i>Support Vector Machine</i> yang terintegrasi dengan implementasi model <i>K-Nearest Neighbors</i> adalah 96,6% sesuai dengan yang diharapkan temuan penelitian ini.</p> <p><u>Alasan Menjadi Tujuan Peneliti</u></p> <p>Jurnal ini dipilih peneliti sebagai tinjauan penelitian karena menggunakan model yang sama yaitu <i>support vector machines, k-nearest neighbors</i> dan memiliki akurasi yang sangat baik.</p>
<p><u>Judul</u></p> <p>Development of Intelligent Fault Diagnosis Technique of Rotary Machine Element Bearing: A Machine Learning Approach</p> <p><u>Peneliti</u></p> <p>Dip Kumar Saha, Md. Emdadul Hoque, Hamed Badihi.</p> <p><u>Lokasi</u></p> <p>Rajshahi University of Engineering & Technology, Rajshahi, Bangladesh.</p> <p><u>Tahun</u> 2022</p>	<p><u>Hasil Penelitian</u></p> <p>Dalam penelitian ini, teknik optimasi gerombolan partikel digunakan untuk meningkatkan efisiensi komputasi model <i>Support Vector Machine</i>. Metode optimasi berdasarkan algoritma genetika (GA) untuk mengoptimalkan parameter SVM dan proses pemilihan fitur. Dalam penelitian ini, SVM mendukung multikelas untuk digunakan sebagai klasifikasi algoritma. SVM bekerja berdasarkan prinsip manajemen risiko struktural (SRM). Hubungan antara faktor <i>crest</i> dan <i>skewness</i> juga tampak menjanjikan dengan nilai korelasi 0,83. Akurasi klasifikasi yang diperoleh oleh SVM berbasis PSO adalah 93,9%, hampir 2% lebih besar dibandingkan akurasi yang diperoleh SVM menggunakan metode CV pencarian grid</p>

	<p>tradisional.</p> <p><u>Alasan Menjadi Tujuan Peneliti</u></p> <p>Jurnal ini dipilih peneliti sebagai tinjauan penelitian karena objek penelitian yang sama pada <i>bearing</i>, menggunakan metode <i>support vector machine</i>, dan memiliki akurasi yang baik.</p>
<p><u>Judul</u></p> <p>Application of Machine Learning to a Medium Gaussian Support Vector Machine in the Diagnosis of Motor Bearing Faults</p> <p><u>Peneliti</u></p> <p>Shih-Lin Lin</p> <p><u>Lokasi</u></p> <p>National Changhua University of Education, Changhua City, Taiwan.</p> <p><u>Tahun</u></p> <p>2021</p>	<p><u>Hasil Penelitian</u></p> <p>Pada penelitian ini, SVM diperkenalkan hanya sebagai <i>supervise</i> metode pembelajaran menggunakan prinsip minimalisasi risiko statistik untuk memperkirakan <i>hyperplane</i> dari suatu klasifikasi. Tujuannya adalah untuk menemukan batasan keputusan sehingga dapat memaksimalkan batas antara dua kelas. Peran fungsi kernel dalam pembelajaran mesin adalah bahwa untuk tipe data yang berbeda tidak dipisahkan oleh pengklasifikasi linier di ruang aslinya, setelahnya proyeksi nonlinier, data dapat dipisahkan dengan lebih jelas dalam ruang berdimensi lebih tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa akurasi 96% dari diagnosis cerdas medium Gaussian SVM metode dalam penggunaan sembilan fitur bantalan motor lebih baik dengan akurasi 89,6%.</p> <p>SVM Gaussian halus dan akurasi 93,6% dari SVM Gaussian kasar. Dari Sembilan fitur bantalan motor, tingkat akurasi prediksi adalah 72,6% bila hanya RMS fitur yang digunakan, dan 71,3% bila hanya fitur SD yang digunakan. Namun, database saat ini hanya memiliki 9 kategori data kesalahan motor (IR007, IR014, IR021, B007, B014, B021, OR007, OR014, OR021) ditambah 10 kategori normal.</p>

	<p><u>Alasan Menjadi Tujuan Peneliti</u></p> <p>Jurnal ini dipilih peneliti sebagai tinjauan penelitian karena objek penelitian yang sama pada <i>bearing</i>, menggunakan metode <i>support vector machine</i>, dan memiliki akurasi yang baik.</p>
<p><u>Judul</u></p> <p>Machine Learning and Deep Learning Based Methods Toward Industry 4.0 Predictive Maintenance in Induction Motors: A State of the Art Survey</p> <p><u>Peneliti</u></p> <p>Maria Drakaki, Yannis L. Karnavas, Ioannis A. Tziafettas, Vasilis Linardos, Panagiotis Tzionas.</p> <p><u>Lokasi</u></p> <p>Democritus University of Thrace (Greece) Archeiothiki SA (Greece).</p> <p><u>Tahun</u></p> <p>2021</p>	<p><u>Hasil Penelitian</u></p> <p>Perkembangan teknologi Industri 4.0 dan Kecerdasan Buatan (AI) telah memungkinkan manufaktur berbasis data. Oleh karena itu, pemeliharaan prediktif (<i>Predictive Maintenance</i>) menjadi pendekatan yang menonjol untuk deteksi kesalahan dan diagnosis motor induksi. Metode pembelajaran mesin (<i>Machine Learning</i>) telah meningkatkan kinerja dan keandalan dari <i>Predictive Maintenance</i>. Metode baru DL (<i>Deep Learning</i>) FD/D didasarkan pada teknik DL tunggal dan juga teknik hibrid. Metode DL juga telah digunakan untuk pemrosesan awal sinyal dan terlebih lagi, telah digabungkan dengan algoritma <i>Machine Learning</i> tradisional untuk meningkatkan kinerja FD/D dalam rekayasa fitur.</p> <p><u>Alasan Menjadi Tujuan Peneliti</u></p> <p>Jurnal ini dipilih peneliti sebagai tinjauan penelitian karena memiliki metode yang sama yaitu <i>Predictive Maintenance</i> dan <i>Machine Learning</i>.</p>
<p><u>Judul</u></p> <p>Support Vector Machine Modelling and Simulation of The Heat Exchangers</p>	<p><u>Hasil Penelitian</u></p> <p>Penukar panas dimodelkan dan dianalisis menggunakan teknik <i>machine learning</i>. Oleh karena itu teknik SVM diusulkan untuk memprediksi laju perpindahan panas pada</p>

<p><u>Peneliti</u> Sivaprakash Muthukrishnan, Haribabu Krishnaswamy, Sathish Thanikodi, Dinesh Sundaresan, Vijayan Venkatraman.</p>	<p>penukar panas tipe shell and tube. Teknik yang diusulkan dianalisis menggunakan data eksperimen yang diperoleh dari literatur. Kemudian kinerja teknik yang diusulkan dianalisis dalam hal sensitivitas, spesifisitas, presisi dan akurasi prediksi. Kinerja teknik yang diusulkan dibandingkan dengan ANN dan teknik matematika lainnya. Analisis kinerja keseluruhan menunjukkan SVM mengungguli semua teknik lainnya.</p>
<p><u>Lokasi</u> Stella Marys College of Engineering, Aruthenganvilai, Kanyakumari, Tamilnadu, India.</p>	
<p><u>Tahun</u> 2020</p>	<p><u>Alasan Menjadi Tujuan Peneliti</u> Jurnal ini dipilih peneliti sebagai tinjauan penelitian karena menggunakan metode <i>support vector machine</i> dan memiliki akurasi yang baik.</p>

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan skripsi yang berjudul Implementasi *Predictive Maintenance* Pada *Bearing* Dengan Menggunakan *Machine Learning* Untuk Memprediksi Temperatur, peneliti menggunakan Sistematika Penulisan sebagai berikut:

BAB I = PENDAHULUAN

Pada BAB I ini, membahas mengenai Latar Belakang Penulisan, Perumusan Masalah, Tujuan Peneliti, *State of the art*, Batasan Masalah dan Sistematika Penulisan.

BAB II = TINJAUAN PUSTAKA

Pada BAB II ini, membahas landasan teori yang merupakan teori – teori relevan dengan penelitian dan beberapa model yaitu *K-Nearest Neighbor*, *Support Vector Machine*, dan *Artificial Neural Network*.

BAB III = METODOLOGI PEMECAHAN MASALAH

Pada BAB III ini, membahas mengenai subjektif dan objektif data, pengumpulan data, jenis data, dan pembuatan *Flow Chart* sebagai pemahaman pada data yang akan digunakan.

BAB IV = ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada BAB IV ini, membahas pengolahan data *Pre-Processing*, *K-Nearest Neighbors*, *Support Vector Machines*, dan *Artificial Neural Network*. Selanjutnya, dilakukan analisis berdasarkan nilai evaluasi dari tiga model *K-Nearest Neighbors*, *Support Vector Machines*, dan *Artificial Neural Network*. Dari hasil yang didapatkan akan ditentukan model terbaik untuk menganalisa temperatur *Bearing* tersebut. Kemudian, menganalisis manfaat dan keuntungan yang diperoleh Perusahaan dalam penelitian ini, dari aspek finansial dengan *Potential Saving Cost*.

BAB V = KESIMPULAN DAN SARAN

Pada BAB V ini, berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dan saran berdasarkan analisis yang telah dilakukan untuk bermanfaat pada penelitian selanjutnya.