

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sektor industri manufaktur global saat ini berada di tengah gelombang revolusi industri keempat (Industry 4.0), yang ditandai dengan integrasi teknologi canggih seperti *Internet of Things (IoT)*, *big data*, dan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence - AI*)[1][2]. Transisi ini telah mengubah sistem operasional perusahaan dari pendekatan tradisional yang reaktif menjadi sistem yang lebih cerdas, terotomatisasi, dan berbasis data[3]. Dalam persaingan global yang semakin ketat, perusahaan yang mampu memanfaatkan data secara optimal untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan produksi akan memiliki keunggulan kompetitif yang signifikan. Penggunaan teknologi ini memungkinkan perusahaan untuk mengambil keputusan yang lebih proaktif dan prediktif, alih-alih hanya bereaksi terhadap masalah yang sudah terjadi[4][5].

Industri farmasi menghadapi tekanan luar biasa untuk terus menjamin kualitas, keamanan, dan ketersediaan produk secara konsisten di pasaran. Untuk itu, keandalan fasilitas manufaktur menjadi hal yang tidak bisa ditawar agar dapat memenuhi standar internasional seperti CPOB (Cara Pembuatan Obat yang Baik) dan *GMP (Good Manufacturing Practice)*[6][7]. Di Indonesia, industri farmasi juga menjadi salah satu sektor prioritas yang terus mengalami pertumbuhan positif[7]. Data dari Kementerian Perindustrian menunjukkan bahwa sektor ini terus menjadi penopang ekonomi nasional, didukung oleh populasi yang besar dan peningkatan kesadaran akan kesehatan[8].

Sebagai salah satu entitas farmasi terbesar di Indonesia, Kalbe Group merupakan perusahaan induk dengan berbagai anak perusahaan yang beroperasi di bidang farmasi, nutrisi, hingga distribusi[9]. Salah satu anak perusahaan kuncinya adalah PT. Saka Farma, yang sering kali dikenal sebagai Kalbe Consumer Health. Perusahaan ini berfokus pada produksi produk-produk kesehatan konsumen, yang mencakup obat-obatan bebas, suplemen, dan produk nutrisi. PT. Saka Farma mengoperasikan fasilitas manufaktur yang luas dan tersebar, dengan salah satu situs produksi utamanya berada di Cikarang. Situs ini

menjadi pusat produksi krusial untuk memastikan pasokan produk yang stabil dan berkualitas tinggi ke pasar. Oleh karena itu, keandalan mesin produksi di PT. Saka Farma menjadi faktor penentu keberhasilan operasional dan reputasi perusahaan.

Ketika mesin mengalami breakdown secara tiba-tiba dan menyebabkan *landstop* yakni situasi dimana mesin berhenti memproduksi, waktu produksi yang terbuang bervariasi mulai dari 8 jam (1 sesi) hingga beberapa hari atau bahkan berminggu – minggu karena harus menunggu import pembelian suku cadang dari negara asal mesin dikarenakan ketidaktersediaan semua *sparepart* di gudang yang ada di Indonesia mengingat bahwa sebagian besar mesin yang dipakai di pabrik merupakan mesin buatan negara lain. Kerugian ini mencakup hilangnya waktu karena *downtime* produksi yang tidak terencana, menyebabkan target produksi tidak tercapai serta kerugian produksi yang dapat mencapai Rp 1.75 Miliar/hari. Alokasi tenaga kerja juga terganggu, karena para teknisi harus dialokasikan secara mendesak untuk perbaikan, mengganggu tugas-tugas operasional lain yang telah direncanakan. Dari sisi anggaran secara khusus, biaya pengecekan reguler, perbaikan darurat dan pembelian suku cadang saja bisa mencapai 2.5% - 5% biaya operasional pabrik selama 1 tahun.

Setiap mesin yang dipakai memiliki sensor khusus yang dapat mengukur parameter yang ada didalam mesin. Misalnya, salah satu mesin yang memiliki peran penting dalam manufaktur dalam industri farmasi adalah mesin sistem *HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning)* memiliki sensor yang mengukur dan mencatat 3 parameter: Suhu, Vibrasi, dan Ampere/arus listrik. Sensor akan mencatat dan mengukur keseimbangan 3 parameter diatas, jika ada salah satu yang melebihi *threshold* tertentu, sensor akan mendeteksi hal tersebut sebagai *Limit Action* yakni masuk zona peringatan, ataupun *Action Limit*, situasi dimana komponen mesin harus diganti saat itu juga. Data – data terkait mesin industri inilah yang akan menjadi subjek pengamatan utama agar bisa dibuat sebuah sistem *detection* dan *Predictive Maintenance* berbasis *Machine Learning* yang bisa memberikan informasi awal ataupun peringatan kepada operator maupun penanggung jawab pabrik agar segera bisa melakukan checkup terhadap mesin yang berpotensi breakdown dalam waktu dekat dan menyiapkan suku

cadang terkait agar perbaikan bisa dilakukan secara langsung untuk menghindari terjadinya lebih banyak kerugian bagi perusahaan.

Berbagai penelitian terdahulu telah berkontribusi dalam pengembangan metode deteksi anomali untuk mendukung sistem keamanan dan keandalan operasional berbasis data. Metode berbasis clustering, seperti *Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise (DBSCAN)*, terbukti mampu mengidentifikasi pola anomali secara efektif pada data berdimensi tinggi tanpa memerlukan label pelatihan. Penelitian oleh Deng (2020) [10] menunjukkan bahwa DBSCAN memiliki keunggulan dibandingkan K-Means dalam mendeteksi serangan jaringan karena kemampuannya mengenali bentuk cluster yang tidak beraturan dan memisahkan noise secara akurat. Sementara itu, pendekatan *Hybrid Density-Based Isolation Forest with Coati Optimization (HDBIF-CO)* berhasil mencapai akurasi hingga 98,9% menandakan efektivitas tinggi metode hibrida dalam mendeteksi serangan siber kompleks [11]. Selain itu, algoritma seperti *Isolation Forest*, *One-Class SVM*, dan *Autoencoder* juga banyak digunakan dalam penelitian sejenis untuk mendeteksi anomali pada data sensor industri dan sistem jaringan, masing-masing dengan kekuatan unik dalam menangani data yang tidak seimbang, berdimensi tinggi, dan bersifat non-linear [12][13].

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang, mengembangkan, dan membandingkan model *Machine Learning* khususnya untuk deteksi anomali pada mesin produksi di PT. Saka Farma. Hasil akhir dari penelitian ini adalah rekomendasi model terbaik yang dapat digunakan sebagai landasan strategis untuk mengoptimalkan jadwal perawatan, meminimalkan *downtime*, dan pada akhirnya meningkatkan efisiensi operasional perusahaan secara keseluruhan.

1.2 Rumusan Masalah

- 1.2.1 Bagaimana merancang arsitektur model *Machine Learning* yang efektif untuk mendeteksi anomali pada mesin produksi di PT Saka Farma?
- 1.2.2 Bagaimana cara menentukan Algoritma machine dengan performa terbaik dalam memprediksi anomali mesin
- 1.2.3 Bagaimana cara meningkatkan performa model agar dapat menghasilkan hasil metrik evaluasi terbaik?

1.3 Batasan Masalah

- 1.3.1 Fokus penelitian terbatas pada tahap deteksi anomali (*anomaly detection*) pada data sensor mesin produksi, bukan pada keseluruhan proses *Predictive Maintenance* pipeline
- 1.3.2 Pendekatan penelitian mencakup 3 kategori utama yaitu *Supervised*, *Unsupervised* dan *Hybrid Models*
- 1.3.3 Output penelitian berupa model rekomendasi deteksi anomali yang dapat diimplementasikan oleh PT. Saka Farma.



1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1 Tujuan Penelitian

- 1.4.1.1 Merancang arsitektur model *Machine Learning* yang efektif untuk mendeteksi anomali pada mesin produksi di PT Saka Farma, mulai dari tahap pengumpulan data sensor, pra-pemrosesan, pelatihan model, hingga evaluasi hasil deteksi.
- 1.4.1.2 Menentukan algoritma *Machine Learning* dengan performa terbaik dalam mendeteksi anomali mesin melalui proses pengujian dan perbandingan beberapa algoritma terpilih.
- 1.4.1.3 Meningkatkan performa model deteksi anomali dengan melakukan penyesuaian parameter (tuning), penerapan metode data balancing, serta eksplorasi pendekatan *hybrid* model guna memperoleh hasil metrik evaluasi terbaik.
- 1.4.1.4 Dataset penelitian telah dilengkapi dengan label `fault_flag` untuk kepentingan proses training–testing model *supervised*, sehingga evaluasi performa model dapat dilakukan secara terukur. Label ini tidak mencerminkan kondisi operasional asli yang bersifat *unsupervised*.

1.4.2 Manfaat Penelitian

- 1.4.2.1 Memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan penerapan *Machine Learning* untuk deteksi anomali pada data sensor industri, khususnya dalam konteks sistem produksi PT Saka Farma.
- 1.4.2.2 Menyediakan model rekomendasi deteksi anomali yang dapat digunakan sebagai dasar pengembangan sistem *Predictive Maintenance* di perusahaan, sehingga proses pemantauan kondisi mesin dapat dilakukan secara lebih efisien dan preventif.
- 1.4.2.3 Membantu meningkatkan keandalan operasional mesin dengan mendeteksi potensi kerusakan lebih dini, sehingga dapat

meminimalkan downtime, kerugian produksi, dan risiko gangguan proses manufaktur.

1.5 Sistematika Penulisan

BAB I: PENDAHULUAN

Bab ini menjadi fondasi dari seluruh penelitian. Di dalamnya, akan dibahas secara mendalam mengenai latar belakang masalah yang menjadi motivasi utama penelitian, rumusan masalah yang menjadi fokus kajian, batasan masalah untuk menjaga ruang lingkup penelitian, tujuan dan manfaat yang diharapkan, serta gambaran umum mengenai sistematika penulisan.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini, akan dilakukan kajian literatur yang komprehensif. Pembahasan akan mencakup landasan teori yang relevan, seperti konsep dasar *Predictive Maintenance*, teori-teori terkait *Machine Learning* untuk deteksi anomali, serta penjelasan detail mengenai algoritma yang akan diuji. Bab ini juga akan mereview penelitian-penelitian terdahulu untuk mengidentifikasi gap atau celah penelitian yang akan dijawab oleh studi ini.

BAB III: METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan secara rinci metode yang digunakan dalam penelitian. Ini mencakup tahapan-tahapan yang terstruktur, mulai dari pengumpulan data sensor dari mesin, proses pra-pemrosesan data, perancangan arsitektur model, hingga proses pelatihan, pengujian, dan evaluasi model. Metodologi yang dijelaskan akan memastikan bahwa penelitian ini dapat direplikasi dan dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini merupakan inti dari penelitian. Di sini, akan dipaparkan hasil dari penerapan model *Machine Learning* pada dataset, termasuk performa masing-masing dari tiga algoritma yang diuji. Pembahasan akan mencakup analisis mendalam mengenai perbandingan kinerja algoritma, interpretasi dari hasil yang diperoleh, serta implikasinya terhadap masalah yang telah dirumuskan di awal.

BAB V: KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menyajikan rangkuman dari seluruh temuan penelitian. Kesimpulan akan menjawab secara langsung rumusan masalah yang telah ditetapkan. Selain itu, bab ini juga akan memberikan saran yang relevan untuk penelitian-penelitian selanjutnya, termasuk potensi pengembangan model yang lebih kompleks, penggunaan dataset yang lebih luas, atau penerapan pada jenis mesin yang berbeda.



UMN

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA