

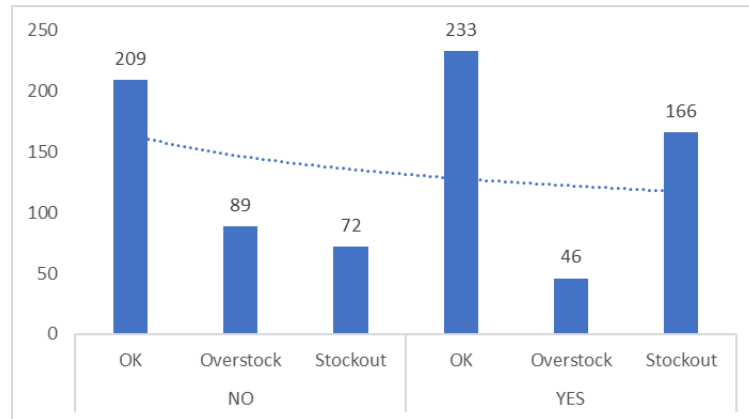
BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Industri minyak dan gas (migas) beroperasi dalam tekanan keandalan dan ketersediaan aset yang tinggi. Dalam konteks ini, pengelolaan persediaan suku cadang berperan langsung terhadap biaya operasi dan risiko *downtime*. Kekeliruan dalam menetapkan tingkat persediaan (*overstock* atau *stockout*) berdampak pada peningkatan biaya simpan, gangguan operasi, hingga *Loss of Production Opportunity (LPO)*. Kajian manajemen suku cadang menegaskan adanya kesenjangan antara praktik industri dan rekomendasi ilmiah, terutama pada aspek klasifikasi dan peramalan permintaan. Penentuan yang kurang tepat atas suku cadang kritikal dan non-kritikal menyebabkan kebijakan inventori menjadi tidak optimal (Bacchetti & Saccani, 2012). Salah klasifikasi item kritikal dapat memicu *downtime* signifikan, sedangkan menganggap item non-kritikal sebagai kritikal mendorong pembengkakan *carrying cost* (Zhang et al., 2021).

Kondisi serupa terjadi di PT XYZA pada Fungsi *Maintenance*, di mana ditemukan kasus *overstock* pada sebagian item non-kritikal yang meningkatkan biaya pemeliharaan gudang, serta *stockout* pada item kritikal yang seharusnya tersedia secara kontinu. Kondisi ini menimbulkan gangguan operasi dan berujung pada *LPO* dengan nilai ekonomi signifikan. Pola tersebut diperkuat oleh temuan *Continuous Improvement Program (CIP)* tahun 2023 sebagaimana tergambar pada Gambar 1.1 dan Gambar 1.2 yang menunjukkan ketidakseimbangan antara jumlah suku cadang kritikal dan non-kritikal.



Gambar 1. 1 Detail Suku Cadang Kritis dan Tidak

Sumber: Data Internal PT XYZA

ID	Masalah	Analisa/Polenai Masalah	Perugian	% Relatif	% Cum
A	Rendahnya pengawasan ketersediaan suku cadang kritis!	ketika suku cadang yang kritis tidak tersedia maka repair time semakin lama dan berdampak pada LPO, atau penggantian unit baru sehingga biaya perawatan meningkat	IDR 15.900.734.705,72	54,70%	54,70%
B	Suku cadang yang low usage menumpuk di gudang	suku cadang yang over stock berdampak pada naiknya biaya perawatan dan biaya inventory	IDR 9.527.357.056,00	32,75%	32,75%
C	Tempat penyimpanan kurang proper	penyimpanan suku cadang yang tidak layak akan menyebabkan kerusakan suku cadang	IDR 3.655.690.000,00	12,56%	12,56%

Gambar 1. 2 Latar Belakang Masalah

Sumber: Data Internal PT XYZA Gugus CIP 2023

Di sisi lain, proses klasifikasi suku cadang pada Fungsi *Maintenance* PT XYZA ini masih dilakukan secara intuitif dan manual berdasarkan pengalaman individu. Hal ini menimbulkan risiko subjektivitas, inkonsistensi, dan salah klasifikasi yang dapat berdampak besar terhadap *planning*, pengadaan, dan *reliability equipment*. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan berbasis data yang dapat memberikan klasifikasi yang akurat, konsisten, dan dapat direplikasi. Penggunaan metode yang masih mengandalkan penilaian manual sudah tidak lagi memadai menghadapi kompleksitas kebutuhan peralatan, tingginya konsekuensi *downtime*, dan dinamika permintaan suku cadang di industri migas.

Pendekatan berbasis data memungkinkan perusahaan memanfaatkan histori penggunaan, harga, karakteristik suku cadang, serta pola operasional untuk menghasilkan keputusan yang lebih presisi dibandingkan metode subjektif. Tren penerapan analitik dan *machine learning* di industri juga menunjukkan bahwa

teknik ini efektif dalam mengidentifikasi pola yang tidak mudah terlihat oleh manusia dan mengurangi variasi keputusan antar individu (Anowar et al., 2021; Bacchetti & Saccani, 2012; Hancock et al., 2023; López et al., 2013; Zhang, L., 2021). Dengan demikian, untuk mengatasi permasalahan ketidaktepatan klasifikasi suku cadang di PT XYZA, diperlukan suatu sistem klasifikasi berbasis data yang konsisten, *reproducible*, bebas subjektivitas, dan mampu memberikan hasil prediksi yang kuat. Sistem harus mampu belajar dari pola historis data dan memberikan hasil klasifikasi yang stabil dan akurat sehingga dapat membantu Fungsi *Maintenance* menetapkan status suku cadang secara tepat. Melalui pendekatan ini diharapkan kebijakan persediaan dapat disusun secara optimal sementara risiko *overstock*, *stockout*, dan *LPO* dapat diminimalkan.

1.2 PERMASALAHAN

Pada Fungsi *Maintenance* PT XYZA ditemukan kasus *overstock* pada sebagian item non-kritikal dan *stockout* yang meningkatkan biaya pemeliharaan gudang dan item kritikal yang seharusnya tersedia secara kontinu. Kondisi tersebut menimbulkan gangguan operasi dan berujung pada *LPO* dengan nilai ekonomi signifikan. Proses klasifikasi suku cadang pada Fungsi *Maintenance* PT XYZA ini pun masih dilakukan secara intuitif dan manual berdasarkan pengalaman individu sehingga menimbulkan risiko subjektivitas, inkonsistensi, dan salah klasifikasi yang dapat berdampak besar terhadap *planning*, pengadaan, dan *reliability equipment*. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan berbasis data untuk mengatasi permasalahan ketidaktepatan klasifikasi suku cadang di PT XYZA, diperlukan suatu sistem klasifikasi berbasis data yang konsisten, *reproducible*, bebas subjektivitas, dan mampu memberikan hasil prediksi yang kuat. Sistem harus mampu belajar dari pola historis data dan memberikan hasil klasifikasi yang stabil dan akurat sehingga dapat membantu Fungsi *Maintenance* menetapkan status suku cadang secara tepat agar kebijakan persediaan dapat disusun secara optimal sementara risiko *overstock*, *stockout*, dan *LPO* dapat diminimalkan.

1.3 BATASAN

Untuk memperjelas ruang lingkup dan fokus penelitian, batasan yang diterapkan adalah sebagai berikut:

1. Dataset yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data persediaan suku cadang Fungsi *Maintenance* PT XYZA mulai dari tahun 2020 sampai dengan 2024
2. Penelitian ini berfokus pada klasifikasi status suku cadang kritis dan non-kritis (*Critical* dan *Not Critical*) di Fungsi *Maintenance* PT XYZA, bukan pada peramalan permintaan.
3. Model yang digunakan adalah beberapa konfigurasi algoritma *KNN* yang mengkombinasikan *preprocessing PCA*, *SMOTE*, dan *backend KDTree*.
4. *Output* yang dihasilkan adalah *Dashboard* Prediksi Status Kritis Suku Cadang berbasis *Python*.

1.4 TUJUAN

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengimplementasikan dan mengevaluasi beberapa konfigurasi algoritma *KNN* yang dikombinasikan dengan *PCA*, *SMOTE*, dan *KDTree* untuk klasifikasi suku cadang.
2. Mengembangkan *dashboard* prediksi yang menampilkan hasil klasifikasi menggunakan model *KNN* terbaik.
3. Menyediakan sistem pendukung keputusan yang memudahkan Fungsi *Maintenance* dalam mengidentifikasi status suku cadang secara akurat.

1.5 MANFAAT

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Menekan risiko *stockout* pada suku cadang kritis dan *overstock* pada non-kritis melalui klasifikasi yang lebih akurat berbasis data.

2. Mengurangi kesalahan klasifikasi manual sehingga *carrying cost*, kebutuhan ruang gudang dan potensi *emergency order* dapat diminimalkan.
3. Memberikan contoh penerapan *pipeline machine learning anti-leakage* untuk data persediaan di industri migas.
4. Menambah referensi akademik terkait efektivitas *PCA*, *SMOTE*, dan *KDTree* dalam meningkatkan performa *KNN* pada domain klasifikasi suku cadang.

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Bab 1 Pendahuluan

Bab ini memuat latar belakang penelitian terkait urgensi masalah penentuan status suku cadang yaitu *stockout* dan *overstock* suku cadang di industri migas beserta dampaknya terhadap *availability* dan *loss of production opportunity (LPO)*. Selain itu, dijelaskan perumusan masalah, batasan dan ruang lingkup penelitian (klasifikasi suku cadang kritis dan non-kritis, bukan peramalan permintaan), tujuan, manfaat, serta sistematika penulisan.

Bab 2 Kajian Pustaka

Bab ini berisi teori dan penelitian terdahulu yang menjadi dasar penelitian, meliputi manajemen persediaan *MRO* dan penetapan *criticality*, algoritma *k-Nearest Neighbors (KNN)* beserta metrik jarak dan pembobotannya, penanganan data tidak seimbang menggunakan *SMOTE*, reduksi dimensi dengan *PCA*, serta metrik evaluasi model klasifikasi pada data *imbalanced*. Bab ini juga menyajikan *gap analysis* yang mendasari rancangan *pipeline* penelitian.

Bab 3 Desain Sistem

Bab ini menjelaskan alur metodologi penelitian yang replikabel dan bebas kebocoran data (*anti-leakage*), mulai dari pengumpulan dan *preprocessing* data (imputasi, *capping*, standarisasi, *OHE*, *PCA*), penyeimbangan kelas dengan *SMOTE*, konfigurasi eksperimen *KNN*

(k , p , bobot, dan *backend*) hingga proses evaluasi model menggunakan *cross-validation* dan uji data dengan berbagai rasio split.

Bab 4 Pengujian dan Analisis

Bab ini memaparkan hasil implementasi dan pengujian model, mencakup analisis performa *KNN* dengan dan tanpa *PCA*, dengan dan tanpa *SMOTE*, serta perbandingan backend *KDTree* dan *brute-force*. Di dalam bab ini terdapat poin rancangan eksperimen sistem, struktur implementasi, implementasi *dashboard*, analisis pengaruh *PCA*, *SMOTE*, *KDTree*, evaluasi model terbaik, interpretasi *PCA* dan korelasi fitur, serta ringkasan temuan eksperimen.

Bab 5 Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan yang merangkum hasil penelitian sesuai tujuan, meliputi peran *PCA*, *SMOTE*, dan *KDTree* terhadap kinerja *KNN* dalam klasifikasi suku cadang. Selain itu, disampaikan saran implementatif untuk PT XYZA serta arah penelitian lanjutan seperti pengayaan fitur berbasis *reliability criticality*, *cost-sensitive learning*, dan pengembangan *dashboard* prediksi yang lebih adaptif.