

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Industri Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) telah berkembang menjadi salah satu sektor yang memiliki jangkauan luas di Indonesia. Berdasarkan data Kementerian Perindustrian (Kemenperin) bersama Asosiasi Depot Air Minum Indonesia (ASDAMINDO), terdapat setidaknya 78.378 unit usaha depot air minum yang beroperasi secara nasional hingga tahun 2024 [1]. Tingginya jumlah unit usaha tersebut sejalan dengan besarnya ketergantungan masyarakat terhadap air minum isi ulang. Data Badan Pusat Statistik menunjukkan bahwa sekitar 34,49% rumah tangga di Indonesia menggunakan air minum isi ulang sebagai sumber utama kebutuhan air minum mereka [2]. Kondisi ini menunjukkan bahwa DAMIU tidak hanya berperan sebagai usaha penyedia air minum, tetapi juga sebagai layanan yang dituntut untuk mampu menjaga ketersediaan pasokan dan ketepatan pemenuhan kebutuhan secara konsisten.

Sebagai bagian dari ekosistem DAMIU, Depot XYZ yang berlokasi di Kota Balikpapan menjadi objek dalam penelitian ini. Depot ini menjalankan model bisnis hibrida dengan melayani konsumen rumah tangga secara langsung serta mitra usaha di wilayah sekitarnya, seperti katering, rumah makan atau restoran, hotel, dan perusahaan lainnya. Aktivitas operasional depot berlangsung setiap hari mulai pukul 07.00 hingga 17.00, dengan rata-rata permintaan galon harian mencapai sekitar 280 galon berdasarkan data historis tiga tahun terakhir. Di sisi lain, karakteristik permintaan pada depot ini cenderung fluktuatif dan tidak selalu mengikuti pola musiman tertentu maupun perbedaan hari kerja dan akhir pekan secara konsisten. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa Depot XYZ tidak hanya dituntut untuk menjaga kualitas hasil pengolahan air, tetapi juga harus mampu memastikan kesiapan stok agar kebutuhan pelanggan ritel maupun mitra usaha dapat terpenuhi secara tepat waktu.

Namun, tuntutan untuk menjaga kesiapan stok dan ketepatan pemenuhan pesanan tersebut belum sepenuhnya dapat dipenuhi secara optimal oleh Depot XYZ. Berdasarkan hasil observasi awal dan wawancara dengan pihak manajemen, proses pengisian ulang stok di depot ini masih cenderung dilakukan secara reaktif, yaitu ketika stok sudah habis di tengah berlangsungnya sebuah pesanan. Kondisi tersebut menyebabkan depot tidak selalu mampu memenuhi permintaan secara langsung, terutama ketika terjadi pesanan dalam jumlah besar atau lonjakan permintaan pada waktu tertentu. Dalam situasi seperti ini, pelanggan dapat diminta menunggu sekitar tiga jam, bahkan pada beberapa kasus pesanan harus dialihkan ke hari berikutnya. Di sisi lain, *lead time* pengantaran normal di wilayah Balikpapan berada pada kisaran 10-50 menit, tetapi pada kondisi insidental berdasarkan waktu tempuh yang tercatat pada manajemen depot, waktu itu dapat memanjang hingga dua jam sampai 24 jam operasional. Fakta ini menunjukkan bahwa permasalahan di Depot XYZ bukan hanya terletak pada fluktuasi permintaan, tetapi juga pada belum optimalnya kesiapan stok yang berdampak langsung pada keterlambatan pemenuhan layanan kepada pelanggan.

Sebagai akar penyebabnya, praktik pengelolaan stok di Depot XYZ hingga saat ini masih berlangsung secara konvensional dan sangat bergantung pada estimasi manual. Berdasarkan hasil observasi dan wawancara, pengecekan inventori tidak dilakukan proaktif pada hari sebelumnya, sehingga ketika pesanan dalam jumlah besar masuk pada hari operasional, depot dapat mengalami kekurangan stok di tengah proses pemenuhan. Dalam kondisi tersebut, staf baru melakukan pengisian air baku ke tandon, yang memerlukan waktu sekitar 30-40 menit per tandonnya, kemudian dilanjutkan dengan proses filtrasi 1-4 jam tergantung pada jenis air jadinya, proses ini akan menjadi lebih lama ketika air baku benar-benar habis dan dapat menyentuh 6 jam hanya untuk proses filtrasi saja. Setelah itu, depot masih harus menyelesaikan proses pengisian galon sebelum pesanan dapat dikirimkan kepada pelanggan. Permasalahan ini dibuktikan dengan setidaknya 40 kasus *stockout* yang terjadi pada rentang historis dua tahun lebih ke belakang, dengan keluhan mitra yang tercatat menunjukkan bahwa keluhan didominasi dengan masalah waktu pengiriman yang tidak akurat atau terlambat yang tentu saja berkaitan dengan kejadian *stockout* serta lama waktu tempuh atau

lead time yang dijalankan pihak manajemen operasional depot. Ketidakmampuan ini menyebabkan konsekuensi serius pada kepuasan pelanggan, Ini dapat dibuktikan dengan persentase *out-of-stock* yang terjadi atau *stockout* yang berada pada angka 5% yang signifikan dalam pengaruhnya pada kepuasan pelanggan [3]. Ini dibuktikan dengan setidaknya 28% mitra yang mengeluh akan kinerja operasional depot memilih untuk menutup kerja sama mereka. Mekanisme yang reaktif seperti ini yang menyebabkan waktu *lead time* depot ke pemesan menjadi jauh lebih lama, yang seharusnya dapat diantisipasi sebelum masalah tersebut muncul dan mengurangi risiko keterlambatan dan *stockout* memburuk.

Berdasarkan kondisi operasional yang kurang ideal tersebut, Depot XYZ memerlukan pendekatan yang lebih terukur untuk mengantisipasi fluktuasi permintaan dan mendukung keputusan pengisian ulang stok secara lebih tepat. Dalam konteks ini, peramalan deret waktu menjadi relevan karena mampu memanfaatkan pola historis permintaan harian untuk memperkirakan kebutuhan pada periode berikutnya. Hasil peramalan tersebut dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan kapan depot perlu melakukan *refill* stok agar kesiapan pasokan lebih terjaga sebelum lonjakan permintaan tiba-tiba terjadi. Dengan demikian, penerapan *forecasting* tidak hanya berorientasi pada pencapaian akurasi prediksi semata, tetapi juga diarahkan untuk mendukung mekanisme operasional yang lebih antisipatif dalam meminimalkan risiko *stockout* dan keterlambatan layanan.

Dalam praktik peramalan deret waktu, pemilihan model perlu disesuaikan dengan karakteristik data yang dihadapi. Pada penelitian ini, model *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average* (SARIMA) dan Prophet dipilih karena keduanya memiliki kemampuan yang relevan untuk menangani pola permintaan yang fluktuatif. SARIMA dikenal efektif dalam menangkap autokorelasi dan pola musiman berulang pada data deret waktu, sehingga sering digunakan pada peramalan dengan horizon harian maupun mingguan [4]. Sementara itu, Prophet dirancang dengan pendekatan dekomposisi aditif yang memungkinkan model ini menangani komponen tren, musiman, serta efek hari-hari tertentu secara lebih fleksibel dan relatif *robust* terhadap data yang mengandung *outlier* maupun ketidakteraturan tertentu [6]. Dengan karakteristik tersebut, penggunaan kedua

model ini dinilai layak untuk membangun peramalan permintaan harian galon pada Depot XYZ sebagai dasar penyiapan stok yang lebih antisipatif.

Meskipun SARIMA dan Prophet sama-sama relevan untuk memodelkan permintaan harian, penggunaan model tunggal belum tentu selalu memberikan hasil terbaik pada setiap karakteristik data. Kajian terbaru mengenai *forecast combinations* menunjukkan bahwa penggabungan beberapa model dapat meningkatkan stabilitas dan akurasi prediksi karena mampu memanfaatkan informasi yang berbeda dari masing-masing model dasar [5]. Atas dasar itu, penelitian ini tidak berhenti pada penggunaan kedua model saja, tetapi melanjutkannya ke pendekatan *stacking ensemble*, yaitu skema yang menggunakan kedua prediksi dari model dasar sebagai masukan bagi model tingkat lanjut untuk membentuk prediksi akhir yang lebih optimal. Dalam konteks peramalan, pendekatan *stacking* juga telah digunakan pada studi permintaan dan studi deret waktu lain untuk meningkatkan performa prediksi dibandingkan model tunggal [6]. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan XGBoost sebagai *meta-learner* untuk mempelajari kombinasi prediksi dari SARIMA dan Prophet, dengan harapan dapat menghasilkan prediksi permintaan harian galon yang lebih akurat dan lebih andal sebagai dasar penentuan *refill* stok di Depot XYZ.

Berbagai studi juga empiris menunjukkan bahwa tidak terdapat satu model peramalan yang secara konsisten unggul pada seluruh kondisi data. Performa SARIMA dan Prophet sangat dipengaruhi oleh karakteristik deret waktu, seperti tingkat stasioneritas, keberadaan *outlier*, dan dinamika tren jangka panjang [7], [8]. Kondisi ini mendorong berkembangnya pendekatan *ensemble*, khususnya *stacking ensemble*, yang bertujuan mengombinasikan kelebihan dari beberapa model dasar (*base learners*) untuk menghasilkan prediksi yang lebih stabil dan akurat. Pendekatan *stacking* memungkinkan pemanfaatan prediksi dan beberapa model peramalan sebagai input bagi *meta-learner*, seperti XGBoost, yang berperan mengoptimalkan kombinasi prediksi tersebut [9]. Studi-studi terkini menunjukkan bahwa *stacking ensemble* mampu meningkatkan akurasi peramalan deret waktu dibandingkan penggunaan model tunggal, terutama dengan pola data fluktuatif [9].

Berdasarkan pertimbangan tersebut, penelitian ini diarahkan tidak hanya untuk menggunakan performa pada kedua model SARIMA dan Prophet saja, tetapi juga untuk mengoptimalkan hasil prediksi keduanya melalui pendekatan *stacking ensemble* berbasis XGBoost. Fokus utama penelitian ini adalah membangun model peramalan permintaan harian galon yang dapat digunakan sebagai dasar penentuan isi ulang stok secara lebih antisipatif pada Depot XYZ. Dengan demikian, kontribusi penelitian ini tidak berhenti pada aspek akurasi prediksi, tetapi juga diarahkan pada implikasi operasionalnya, yaitu mendukung kesiapan stok, mengurangi risiko *stockout*, dan membantu depot merespons kebutuhan pelanggan lebih tepat waktu [10]. Lebih lanjut, hasil peramalan permintaan juga akan digunakan sebagai landasan dalam penentuan parameter pengendalian persediaan, di antaranya adalah *safety stock* dan *reorder point* (RoP), yang berfungsi untuk keputusan pengisian ulang stok secara lebih terukur [11]. Dengan arah tersebut, penelitian ini menempatkan peramalan bukan semata-mata sebagai alat prediksi, melainkan sebagai dasar pendukung keputusan operasional persediaan pada Depot XYZ.

Mesipun penerapan peramalan permintaan telah beberapa kali dikaji pada sektor-sektor seperti *e-commerce*, *cryptocurrency*, perbankan, hingga industri manufaktur, masih terdapat kesenjangan literatur yang signifikan dalam studi terapan yang menggunakan kedua model ini dengan kerangka *stacking ensemble* khususnya pada sektor depot air minum isi ulang (DAMIU). Selain itu, sebagian besar studi masih berfokus pada optimasi akurasi prediksi tanpa mengaitkannya secara langsung dengan implikasi operasional seperti pencegahan *stockout* dan pengendalian *lead-time* pengiriman [8]. Selain itu, sebagian besar penelitian masih berfokus pada perbandingan antar model tanpa mengaitkannya pada implikasi operasional, seperti pencegahan *stockout* [8]. Oleh karena itu, penelitian ini berupaya mengisi celah tersebut dengan mengoptimalkan kombinasi SARIMA dan Prophet melalui pendekatan *stacking ensemble* berbasis XGBoost, serta mengaitkan hasil peramalan secara langsung dengan mekanisme peringatan dini pengisian ulang stok (*refill*) guna mendukung pengambilan keputusan operasional di Depot XYZ.

Sejalan dengan arah tersebut, penelitian ini dibatasi pada analisis data permintaan harian Depot XYZ dalam periode pengamatan Oktober 2023 – Januari 2026, dengan fokus pada pembangunan model peramalan permintaan yang dapat digunakan sebagai dasar penentuan *refill* stok secara lebih antisipatif. Penilaian kinerja model dilakukan menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) karena kedua metrik tersebut merupakan ukuran akurasi yang luas digunakan dalam evaluasi peramalan deret waktu dan tetap relevan untuk membandingkan performa model pada konteks prediksi permintaan [10], [12]. Penelitian ini tidak membahas optimasi biaya distribusi, pengadaan hulu maupun perancangan kebijakan persediaan secara menyeluruh, melainkan difokuskan pada akurasi peramalan permintaan dan pemanfaatannya sebagai dasar dukungan keputusan operasional di Depot XYZ. Dengan batasan tersebut, pembahasan selanjutnya diarahkan pada perumusan masalah dan tujuan penelitian yang disusun sesuai dengan fokus studi ini [10], [12].

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang tersebut, dapat disusun rumusan masalah dalam penelitian ini seperti sebagai berikut:

1. Bagaimana menerapkan metode *stacking ensemble* SARIMA dan Prophet berbasis *XGBoost* untuk prediksi permintaan galon pada studi kasus Depot XYZ
2. Berapa nilai tingkat persentase evaluasi *error* RMSE dan MAPE dari performa model yang diuji?
3. Bagaimana hasil peramalan permintaan galon harian dapat dimanfaatkan sebagai dasar penentuan *threshold* atau ambang batas untuk sistem peringatan dini *refill* stok?

1.3. Batasan Masalah

Untuk mencegah penyimpangan dari fokus penelitian dan agar tetap sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya menggunakan data permintaan galon harian Depot XYZ pada periode 01 Oktober 2023 sampai 22 Januari 2026, dengan jenis data penelitian univariat.
2. Model yang digunakan dibatasi pada SARIMA dan Prophet sebagai model dasar, serta *stacking ensemble* berbasis XGBoost sebagai meta-learner. Penelitian ini tidak membandingkan model lain di luar metode tersebut.
3. Penelitian ini berfokus pada peramalan permintaan dan pemanfaatannya sebagai dasar pendukung keputusan *refill* stok. Penelitian ini tidak membahas optimasi biaya persediaan, biaya distribusi, biaya keterlambatan, maupun biaya akibat *stockout*.
4. *Dashboard* yang dikembangkan bersifat semi-interaktif, sehingga *input* stok, tanggal aktif, dan data operasional tertentu masih dilakukan secara manual. *Deployment* hasil peramalan ke *dashboard* juga masih dilakukan secara manual, bukan melalui *auto-deployment* seperti *FastAPI*, model *-serving API*, *pipeline* otomatis, atau pembaruan model secara *real-time*..

1.4. Tujuan Penelitian

1. Menerapkan metode peramalan permintaan galon harian menggunakan model SARIMA dan Prophet sebagai model dasar (*base learners*) dan mengoptimalkan hasil prediksi tersebut menggunakan *stacking ensemble* berbasis XGBoost sebagai *meta-learner*.
2. Mengukur dan menganalisis kinerja model hasil optimasi *stacking ensemble* berdasarkan metrik evaluasi kesalahan peramalan yaitu RMSE dan MAPE
3. Merumuskan pemanfaatan hasil peramalan dan data historis permintaan galon harian sebagai dasar penentuan *threshold* dalam sistem peringatan dini *refill* stok guna mengurangi risiko kekurangan persediaan air baku di Depot XYZ.

1.5. Manfaat Penelitian

1. Manfaat teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan kajian peramalan deret waktu (*time series forecasting*), khususnya dalam bagian kinerja model SARIMA dan Prophet pada data permintaan galon harian yang bersifat fluktuatif dengan pendekatan *stacking ensemble* berbasis *XGBoost*. Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi akademik bagi penelitian selanjutnya yang membahas penerapan model peramalan untuk pengendalian persediaan, terutama pada sektor jasa dan distribusi kebutuhan harian seperti depot air minum isi ulang.

2. Manfaat Praktis

Secara praktis, penelitian ini diharapkan dapat diterapkan dan mempunyai kegunaan nyata serta dapat berdampak bagi masyarakat, adapun secara spesifik manfaat dituju kepada:

- a. Bagi Manajemen Depot XYZ, hasil penelitian dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam menentukan kebijakan *restocking* melalui pemanfaatan hasil peramalan, sehingga risiko kekurangan stok dapat diminimalkan.
- b. Bagi penulis Penelitian ini, diharapkan dapat menjadi bahan pembelajaran dalam penguasaan bidang *Data Science* terutama di sektor peramalan deret waktu.
- c. Bagi peneliti Selanjutnya, penelitian ini dapat menjadi bahan rujukan dan pembandingan untuk pengembangan model lain atau penerapan sistem peringatan stok pada sektor usaha dengan karakteristik serupa.

1.6. Sistematika Penulisan

Penulisan Penelitian ini menggunakan sistematika yang memberikan keseluruhan gambaran akan penelitian yang akan dilaksanakan. Secara garis besar, Penelitian Skripsi ini mencakup pendahuluan, tinjauan pustaka, metodologi penelitian, hasil dan pembahasan, serta kesimpulan dan saran. Penjelasan rinci mengenai cakupan masing-masing bab adalah sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Gambaran umum penelitian yang akan dilakukan dipaparkan pada bab ini, yaitu tentang studi kasus, peramalan manajemen persediaan,

serta aspek yang melatarbelakangi berjalannya penelitian ini. Cakupan bab ini meliputi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan masalah, serta sistematika penulisan yang digunakan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini mencakup dasar teori yang digunakan sebagai *state-of-art* yang mendukung semua yang konsep dan pemahaman yang dijadikan konsep pendukung dari penelitian yang akan dilakukan. Adapun isi dari bab ini meliputi Manajemen persediaan dan keputusan operasional, *time series forecasting*, model SARIMA dan Prophet, *ensemble stacking* menggunakan XGBoost, metrik evaluasi, serta framework dan *tools* yang akan digunakan dalam penelitian ini. Dan didukung dengan penelitian terdahulu sebagai referensi utama berjalannya penelitian ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Di dalam bab ini akan memaparkan tentang metode yang diterapkan dalam penelitian ini, dari awal hingga akhir penelitian. Hal tersebut meliputi alur penelitian, studi literatur, alur pengerjaan *framework* CRISP-DM yang di antaranya *business understanding*, *data understanding*, *data preparation*, *modeling*, dan *deployment*,

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini disajikan hasil dari setiap langkah dalam metodologi penelitian serta diskusi mengenai hasil atau *output* dari analisis terhadap data yang diteliti. Mulai dari eksplorasi data, persiapan data, modeling data, evaluasi hasil, hingga tahap *deployment*.

BAB V KESIMPULAN

Bab terakhir menyajikan kesimpulan yang ditarik dari seluruh proses utama penelitian, serta memberikan rekomendasi untuk menentukan

strategi bisnis dan pengambilan keputusan yang didasari oleh hasil permodelan dan peramalan yang sudah dilakukan sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

Bagian ini berisi semua daftar literatur yang dikutip dan dijadikan pedoman dalam penyusunan laporan penelitian.

LAMPIRAN

Bagian ini berisi semua data-data dan informasi pelengkap yang dijadikan penunjang penyusunan laporan penelitian.