



Penerapan Metode *Collaborative Planning Forecasting & Replenishment* (CPFR) dalam Perencanaan Persediaan untuk Meningkatkan Kepatuhan *Lead Time Supply* terhadap KPI pada Studi Kasus PT XYZ

Qisma Rosalina Wahda^{1*}, Erna Indriastiningsih², Bekti Nugrahad³

¹⁻³ Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains, Teknologi, Dan Kesehatan, Universitas Sahid Surakarta

*Penulis Korespondensi: qismawahda001@gmail.com¹

Abstract. *Ineffective spare part inventory planning may lead to supply delays and reduced compliance with lead time supply key performance indicators (KPIs). This study aims to implement the Collaborative Planning, Forecasting, and Replenishment (CPFR) method in spare part inventory planning at PT XYZ and to compare lead time supply performance before and after the implementation of the CPFR method. This research utilizes spare part usage data from January to June 2025, focusing on fast-moving spare parts. Demand forecasting is conducted using an error forecasting approach with the moving average method. Forecast accuracy is evaluated using the Mean Absolute Deviation (MAD) and Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Furthermore, inventory planning is carried out through the calculation of safety stock and reorder point (ROP) as the basis for determining replenishment decisions. The results indicate that the simulated implementation of the CPFR method provides a more structured and anticipative inventory planning process. The comparison of performance before and after the application of CPFR shows an improvement in lead time supply compliance with the established KPIs. Therefore, the CPFR method has the potential to support improved spare part inventory planning performance at PT XYZ.*

Keywords: *CPFR; Forecasting; Inventory Planning; KPI; Lead Time Supply.*

Abstrak. Perencanaan persediaan *sparepart* yang tidak optimal dapat berdampak pada keterlambatan pasokan dan menurunnya kepatuhan terhadap *key performance indicator* (KPI) *lead time supply*. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode *Collaborative Planning, Forecasting, and Replenishment* (CPFR) dalam perencanaan persediaan *sparepart* di PT XYZ serta membandingkan pencapaian *lead time supply* sebelum dan sesudah penerapan metode tersebut. Penelitian ini menggunakan data penggunaan *sparepart* periode Januari hingga Juni 2025 dengan fokus pada *sparepart fast moving*. Metode peramalan yang digunakan adalah *error forecasting* dengan pendekatan *moving average*. Evaluasi akurasi peramalan dilakukan menggunakan nilai *Mean Absolute Deviation* (MAD) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Selanjutnya, perencanaan persediaan dilakukan melalui perhitungan *safety stock* dan *reorder point* (ROP) sebagai dasar penentuan kebijakan pemesanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan metode CPFR secara simulatif mampu menghasilkan perencanaan persediaan yang lebih terstruktur dan antisipatif. Perbandingan kinerja sebelum dan sesudah penerapan metode CPFR menunjukkan adanya peningkatan kepatuhan *lead time supply* terhadap KPI yang ditetapkan perusahaan. Dengan demikian, metode CPFR berpotensi menjadi pendekatan yang efektif dalam mendukung peningkatan kinerja perencanaan persediaan *sparepart* di PT XYZ.

Kata kunci: CPFR; Forecasting; KPI; Lead Time Supply; Perencanaan Persediaan.

1. PENDAHULUAN

Industri pertambangan merupakan salah satu sektor strategis yang berperan penting dalam perekonomian nasional. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS, 2024), sektor pertambangan dan penggalian memberikan kontribusi sekitar 10,2% terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) nasional, serta menjadi salah satu penyumbang utama devisa melalui ekspor batu bara dan mineral lainnya. Aktivitas pertambangan sangat bergantung pada ketersediaan alat berat yang beroperasi secara optimal agar proses produksi berjalan sesuai target. Ketersediaan suku cadang (*sparepart*) yang tepat waktu menjadi faktor kunci dalam menjaga performa alat berat di lapangan. Menurut Heizer dan Render (2020), ketersediaan

material yang sesuai waktu dan jumlahnya dapat meminimalkan risiko *downtime* serta meningkatkan efisiensi proses produksi.

PT XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang jasa kontraktor pertambangan batu bara (*mining contractor*) yang berlokasi di Provinsi Kalimantan Tengah. Ruang lingkup pekerjaan yang dilakukan mencakup kegiatan pengupasan lapisan tanah penutup (*overburden removal*), penggalian (*mining*), pemuatan (*loading*), pengangkutan (*hauling*), serta pemeliharaan peralatan tambang dan infrastruktur pendukung. Dalam mendukung kegiatan produksi, PT XYZ mengoperasikan lebih dari 500 unit alat berat utama seperti *excavator*, *dump truck*, *bulldozer*, *drilling machine*, *grader* dan *auxiliary unit*, yang seluruhnya membutuhkan dukungan logistik dan ketersediaan sparepart yang terjamin.

Unit PC1250-8 (*Bigdigger*) merupakan salah satu alat berat utama yang memiliki peran strategis dalam kegiatan produksi pertambangan batu bara di PT XYZ, khususnya pada aktivitas *mining* dan *loading* material. Perencanaan persediaan *sparepart service* PC1250-8 menjadi aspek penting dalam mendukung keandalan operasional alat berat dan pencapaian target produksi perusahaan sebagai kontraktor pertambangan batu bara.

Sebagai kontraktor pertambangan untuk mencapai target produksi diperlukan sinergi antar *departement* mulai dari *departement Engineering, Production, Plant (Maintenance), Logistic, Safety Health Environment (SHE), Human Resource & General Affair (HRGA), Finance & Accounting (FA)*. *Departement Logistic* memiliki tugas dan fungsi dalam proses *supply chain* untuk menunjang operasional perusahaan. Namun, pada praktiknya masih terjadi fenomena *gap* antara perencanaan kebutuhan dan realisasi pasokan *sparepart* di PT XYZ. Berdasarkan *key performance indicator (KPI)* bulanan secara *achievement lead time supply (LTS)* pada semester I tahun 2025 pada bulan Januari sebesar 69,62%, Februari 83,52%, Maret 81,38%, April 95,80%, Mei 80,78%, dan Juni 89,48%. Hal ini masih belum sesuai dari dari target Perusahaan yaitu sebesar 95%.

Ketepatan *lead time supply sparepart* tidak tercapai sesuai dengan target perusahaan. Beberapa penyebabnya adalah ketidakakuratan perencanaan kebutuhan karena keterlambatan input data konsumsi aktual dari site, kurangnya koordinasi antara tim logistik, *procurement*, dan vendor, sehingga terjadi ketidaksesuaian jadwal pengiriman serta keterbatasan sistem pengendalian persediaan, khususnya dalam aspek monitoring stok minimum dan estimasi kebutuhan berdasarkan tren penggunaan. Kondisi ini menyebabkan keterlambatan pada kegiatan *preventive maintenance* dan *corrective maintenance*, yang berujung pada meningkatnya risiko breakdown serta *menurunnya Physical Availability (PA)* alat berat dari target 93% menjadi 90%.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan metode perencanaan yang kolaboratif dan terintegrasi dengan pemasok. Salah satu pendekatan yang digunakan dalam praktik *Supply Chain Management* (SCM) adalah *Collaborative Planning, Forecasting & Replenishment* (CPFR). Menurut Stadtler (2021), CPFR merupakan metode perencanaan terintegrasi antara mitra bisnis dalam rantai pasok yang bertujuan menyelaraskan kegiatan perencanaan, peramalan, dan pengisian ulang persediaan agar lebih efisien.. Penerapan CPFR, diharapkan PT XYZ dapat meningkatkan akurasi perencanaan kebutuhan *sparepart*, mengurangi ketidakpastian pasokan, serta meningkatkan kepatuhan *lead time supply sparepart* sesuai KPI perusahaan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Rantai Pasok (Supply Chain Management)

Menurut Heizer dan Render (2020), *Supply Chain Management* (SCM) adalah serangkaian aktivitas yang melibatkan koordinasi antara pemasok, produsen, distributor, dan pelanggan untuk memastikan aliran material, informasi, dan uang berjalan secara efisien. Tujuan utama SCM adalah untuk menciptakan nilai tambah bagi pelanggan melalui pengiriman produk tepat waktu, biaya rendah, dan kualitas tinggi.

Chopra dan Meindl (2019) menambahkan bahwa SCM mencakup semua tahapan yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung dalam pemenuhan kebutuhan pelanggan. Dalam konteks industri pertambangan, SCM berperan penting dalam menjamin ketersediaan suku cadang (*sparepart*), bahan bakar, dan peralatan pendukung operasional agar kegiatan produksi tidak terganggu.

Perencanaan Persediaan (Inventory Planning)

Persediaan merupakan aset penting dalam operasional perusahaan. Menurut Stevenson (2018), perencanaan persediaan bertujuan untuk menentukan jumlah dan waktu pemesanan agar kebutuhan produksi terpenuhi tanpa terjadi kelebihan stok (*overstock*) maupun kekurangan stok (*stockout*).

Faktor-faktor yang memengaruhi perencanaan persediaan antara lain: tingkat permintaan, *lead time* pengiriman, biaya penyimpanan, dan kebijakan pemesanan perusahaan. Ketepatan dalam perencanaan persediaan berdampak langsung terhadap efisiensi operasional dan kelancaran proses produksi.

Spareparts Management

Pengelolaan *sparepart* menjadi aspek penting dalam kegiatan operasional, terutama di industri pertambangan yang sangat bergantung pada alat berat. Ketersediaan suku cadang yang tidak pasti, pola permintaan yang tidak teratur, serta risiko *downtime* menjadikan manajemen *sparepart* harus dilakukan secara hati-hati. Zhang dan Xie (2021) menjelaskan bahwa salah satu langkah dasar dalam mengelola *sparepart* adalah melakukan pengelompokan berdasarkan tingkat kritikalnya. Dengan mengetahui seberapa besar dampak kegagalan suatu komponen, perusahaan dapat menentukan prioritas pengadaan dan level persediaan yang sesuai. Item yang bersifat kritikal biasanya membutuhkan stok pengaman yang lebih tinggi dibandingkan komponen yang pergerakan pemakaiannya lambat.

Maintenance Preventive & Corrective Maintenance

Maintenance merupakan aktivitas utama dalam menjaga keandalan peralatan dan memastikan bahwa proses produksi berjalan tanpa gangguan. Dalam praktiknya terdapat dua pendekatan utama: *preventive maintenance* (PM) dan *corrective maintenance* (CM). *Preventive maintenance* dilakukan secara terjadwal atau berdasarkan kondisi (*condition-based maintenance*) untuk mencegah terjadinya kerusakan. *Corrective maintenance* dilakukan setelah terjadi kerusakan atau kegagalan komponen.

Penelitian dalam beberapa tahun terakhir menegaskan pentingnya memperkuat *preventive maintenance*, terutama untuk peralatan yang digunakan secara intensif. Shi et al. (2022) menunjukkan bahwa penentuan interval PM yang tepat dapat mengurangi kebutuhan CM secara signifikan. PM modern tidak hanya mengandalkan jadwal rutin, tetapi juga mempertimbangkan kondisi aktual peralatan, usia komponen, serta tren kerusakan yang terjadi di lapangan.

Physical Availability (PA) & Equipment Performance

Physical Availability (PA) merupakan indikator utama yang menggambarkan sejauh mana alat berat siap digunakan dalam proses produksi. PA dipengaruhi oleh durasi perbaikan, frekuensi kerusakan, hingga kecepatan pengadaan *sparepart*. Ketika peralatan mengalami kerusakan dan waktu perbaikannya lama akibat menunggu suku cadang, nilai PA akan menurun.

Menurut Febrianto (2025), salah satu cara efektif untuk menjaga PA tetap tinggi adalah memastikan *sparepart* kritikal tersedia saat dibutuhkan. Penelitian tersebut menyoroti bahwa *lead time* pemasok dan akurasi informasi kebutuhan merupakan faktor yang sangat menentukan dalam menjaga ketersediaan alat. Selaras dengan itu, Zhang (2020) menjelaskan bahwa dalam konsep OEE, PA menjadi elemen penting karena berkaitan langsung dengan *output* produksi.

Vendor Management / Supplier Relationship Management

Supplier Relationship Management (SRM) merupakan pendekatan untuk mengembangkan hubungan yang lebih strategis dan kolaboratif antara perusahaan dengan pemasok. Pendekatan ini tidak hanya berfokus pada evaluasi performa vendor, tetapi juga pada membangun kerja sama agar pemasok dapat memberikan layanan yang lebih konsisten dan responsif.

Yang et al. (2023) menemukan bahwa praktik SRM yang baik, seperti perencanaan bersama, pertukaran informasi, dan keselarasan target kerja, dapat meningkatkan keandalan pemasok serta mengurangi ketidakpastian dalam rantai pasok. Dalam konteks pengadaan sparepart, SRM berperan penting dalam menekan variabilitas *lead time* serta memastikan bahwa pemasok memahami kebutuhan aktual perusahaan.

Lead Time

Menurut Bowersox, Closs, dan Cooper (2019), *lead time* adalah waktu yang dibutuhkan sejak pesanan dilakukan hingga barang diterima. Komponen utama *lead time* mencakup waktu pemrosesan pesanan, produksi, transportasi, dan penerimaan barang. *Lead time* yang panjang atau tidak sesuai target dapat menimbulkan dampak negatif seperti keterlambatan proses produksi, meningkatnya *downtime*, dan penurunan performa peralatan, terutama pada industri yang sangat bergantung pada ketersediaan *sparepart* seperti pertambangan.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan metode studi kasus pada PT XYZ untuk menganalisis pencapaian *lead time supply sparepart*, faktor penyebab ketidaktercapaian KPI, serta perubahan kinerja setelah penerapan metode *Collaborative Planning, Forecasting & Replenishment* (CPFR). Penelitian ini bersifat *applied research* karena bertujuan memberikan rekomendasi perbaikan proses perencanaan dan pengendalian persediaan. Lokasi penelitian berada pada PT XYZ, khususnya pada divisi *Logistic—Procurement & Warehouse*, serta bagian Plant (*Maintenance*) yang berkaitan langsung dengan kebutuhan dan penggunaan *sparepart* alat berat. Data primer mencakup data teknis berupa *Key Performance Indicator* (KPI) *lead time supply*, data historis penggunaan *sparepart service* unit PC1250, serta data *Physical Availability* (PA) alat berat. Data Sekunder diperoleh melalui observasi lapangan terhadap proses *lead time supply sparepart* dan hasil wawancara dengan tim terkait (*Warehouse, Inventory, Procurement, dan Planner*).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Implementasi Metode Collaborative Planning, Forecasting, and Replenishment (CPFR)

Perancangan model *Collaborative Planning, Forecasting, and Replenishment* (CPFR) pada penelitian ini dilakukan sebagai upaya untuk mengatasi permasalahan fluktuasi permintaan, ketidaksesuaian perencanaan persediaan, serta rendahnya kepatuhan terhadap KPI *Lead Time Supply* (LTS) pada *sparepart* PC1250-8.

Analisis Collaborative Planning

Pada tahap *collaborative planning*, dilakukan penyelarasan perencanaan antara plant, inventory, procurement, warehouse, dan vendor. Sebelum penerapan CPFR, proses perencanaan masih bersifat parsial dan kurang terintegrasi, sehingga sering terjadi ketidaksesuaian antara kebutuhan aktual dan ketersediaan stok.

Dengan perancangan CPFR, proses perencanaan dilakukan secara terstruktur melalui:

- a) Penetapan periode perencanaan
- b) Penyusunan estimasi kebutuhan berdasarkan data historis
- c) Evaluasi bersama terhadap potensi risiko stockout

Interpretasi hasil menunjukkan bahwa *collaborative planning* mampu meningkatkan transparansi informasi dan memperbaiki koordinasi antar pihak yang terlibat dalam rantai pasok.

Analisis Forecasting

Pada tahap *forecasting*, dilakukan peramalan permintaan menggunakan metode *Simple Moving Average* (SMA) dan *Exponential Smoothing* (ES) dengan beberapa variasi nilai α . Evaluasi akurasi dilakukan menggunakan indikator MAD dan MAPE.

Metode dengan nilai MAPE terkecil dipilih sebagai dasar perencanaan kebutuhan karena menunjukkan tingkat kesalahan yang paling rendah. Hal ini mengindikasikan bahwa metode tersebut lebih mampu menggambarkan pola permintaan *sparepart* PC1250-8.

Secara interpretatif, penggunaan *forecasting* dalam CPFR menjadikan sistem perencanaan lebih berbasis data (data-driven), sehingga keputusan pemesanan tidak lagi dilakukan secara subjektif atau berdasarkan perkiraan semata.

Analisis Replenishment

Tahap *replenishment* dirancang menggunakan pendekatan *Safety Stock* (SS) dan *Reorder Point* (ROP). *Safety Stock* dihitung untuk mengantisipasi ketidakpastian permintaan dan *lead time*. *Reorder Point* ditentukan sebagai batas minimum stok untuk melakukan pemesanan kembali. Sebelum penerapan CPFR, pemesanan cenderung dilakukan setelah stok mendekati

habis, sehingga berisiko menyebabkan keterlambatan *supply*. Setelah penerapan ROP dan SS, pemesanan dilakukan secara sistematis sebelum terjadi kekurangan stok. Interpretasi menunjukkan bahwa perancangan replenishment dalam kerangka CPFR mampu:

- a) Mengurangi potensi *stockout*
- b) Meningkatkan *Fill Rate*
- c) Mendukung pencapaian target *lead time supply* ≤ 3 hari

Analisis Fluktuasi KPI Lead Time Supply

Data KPI sebelum CPFR menunjukkan rata-rata *Lead Time Supply* (LTS) sebesar 83,43%, di bawah target 95%. Secara statistik, deviasi terhadap target sebesar:

$$95\% - 83,43\% = 11,57\%$$

Deviasi ini tidak dapat dianggap kecil karena dalam sistem operasional pertambangan, keterlambatan pasokan *sparepart* berkontribusi langsung terhadap *downtime* alat berat.

Analisis Pola Fluktuasi Secara Kuantitatif

Apabila dianalisis lebih lanjut, nilai LTS menunjukkan pola yang tidak stabil antar bulan. Terdapat *gap* ekstrem antara bulan terendah dan tertinggi:

$$95,80\% - 69,62\% = 26,18\%$$

Rentang variasi sebesar 26,18% menunjukkan bahwa sistem pengiriman belum memiliki konsistensi performa. Secara operasional, sistem *supply* yang stabil seharusnya menunjukkan deviasi kecil antar periode. Variasi yang tinggi mengindikasikan: ketidakpastian proses, ketidakterkendalian *lead time* aktual, serta perencanaan yang belum terintegrasi. Dengan demikian, fluktuasi bukan sekadar masalah angka, tetapi indikator ketidakstabilan sistemik.

Analisis Penyebab Variabilitas Lead Time Aktual

Lead time aktual (LTa) secara konseptual dapat dinyatakan sebagai:

$$LTa = LT \text{ standar} + \varepsilon$$

di mana:

LT standar = Waktu pengiriman yang ditetapkan

ε = Deviasi akibat ketidakpastian operasional

Nilai ε yang berubah-ubah menyebabkan fluktuasi LTS.

Beberapa faktor yang memengaruhi ε antara lain:

- a. Variabilitas Kapasitas dan Respons *Supplier*

Supplier mengalami: Fluktuasi kapasitas produksi, Prioritas pengiriman ke pelanggan lain, Keterbatasan stok di sisi vendor.

Ketika *supplier* tidak memiliki visibilitas terhadap *forecast* kebutuhan PT XYZ, maka pemenuhan cenderung bersifat reaktif dan tidak berbasis rencana jangka pendek serta menunjukkan lemahnya integrasi *demand visibility* dalam rantai pasok.

b. Pola Pemesanan yang Bersifat Reaktif

Sebelum CPFR, sistem pemesanan cenderung dilakukan ketika stok mendekati batas minimum. Kondisi ini menciptakan: 1) Waktu toleransi pengiriman yang sempit, 2) Ketergantungan tinggi pada ketepatan *supplier*, 3) Risiko tinggi terhadap keterlambatan kecil sekalipun

Dalam sistem reaktif, sedikit deviasi pada *lead time* akan langsung berdampak pada KPI. Artinya, sistem tidak memiliki *buffer* waktu (*time buffer*), meskipun memiliki *buffer* stok (*safety stock*).

c. Kurangnya Sinkronisasi Antar Fungsi Internal

Lead time supply tidak hanya ditentukan oleh *supplier*, tetapi juga oleh proses internal seperti: 1) Proses *approval purchase requisition*, 2) Validasi anggaran, 3) Proses *purchase order*, 4) Koordinasi *warehouse-procurement*

Apabila terjadi *delay* internal, maka waktu pengiriman efektif menjadi lebih panjang dari standar. Tanpa integrasi perencanaan bersama (*collaborative planning*), potensi *delay* ini sulit dikendalikan.

d. Ketidaksesuaian Pola Konsumsi dan Jadwal Pengadaan

Data *usage* menunjukkan bahwa beberapa *sparepart fast moving* memiliki fluktuasi cukup tinggi.

Apabila jadwal pengadaan tidak mengikuti pola konsumsi aktual, maka: 1) Pada bulan konsumsi tinggi → stok cepat habis, 2) Pemesanan mendadak → tekanan pada *supplier*, 3) Keterlambatan meningkat → LTS turun. Ini menunjukkan bahwa sistem belum sepenuhnya berbasis *demand-driven planning*.

Analisis Kesenjangan Forecast dan Aktual secara Risiko

Forecast rata-rata Engine Oil Filter = 256 pcs/bulan

Permintaan aktual maksimum = 321 pcs

Deviasi maksimum = 65 pcs (Juni)

Tanpa *safety stock*, probabilitas *stockout* meningkat pada bulan dengan permintaan tinggi.

Secara statistik:

σ_d = 40 pcs

Service level = 95%

Z = 1,65

$$\text{Safety Stock} = 1,65 \times 40 \times \sqrt{1} = 66 \text{ pcs}$$

Artinya *safety stock* dirancang untuk menutup deviasi hingga ± 66 pcs.

Karena deviasi maksimum 65 pcs < 66 pcs, maka sistem secara teoritis mampu mencegah *stockout*. Ini menjelaskan mengapa *fill rate* mencapai 100%. Namun ini juga menunjukkan bahwa sistem bergantung pada *buffer stock* untuk menjaga pelayanan. Jika *lead time* meningkat, maka *safety stock* bisa menjadi tidak cukup.

Analisis Kualitas Forecast Secara Kritis

MAPE = 11,7% → kategori baik.

Namun perlu dikritisi:

Moving average mengasumsikan pola stasioner tanpa tren. Padahal data menunjukkan variasi cukup tinggi di beberapa bulan. Hal ini berarti *forecast* cukup baik untuk jangka pendek, namun kurang adaptif terhadap lonjakan mendadak. Dengan demikian, kualitas *forecast* baik untuk *fast moving* item stabil, tetapi belum optimal untuk seluruh kategori *sparepart*.

Analisis Sistem Setelah Penerapan CPFR (Simulasi)

Berdasarkan hasil simulasi penerapan metode *Collaborative Planning, Forecasting, and Replenishment* (CPFR), diperoleh nilai *Lead Time Compliance* (LTS) sebesar 100%. Artinya, seluruh pemesanan *sparepart* dalam skenario simulasi dapat diterima sesuai dengan *lead time* yang direncanakan tanpa terjadi keterlambatan. Capaian ini menunjukkan perbaikan signifikan dibandingkan kondisi sebelum penerapan CPFR yang memiliki rata-rata LTS sebesar 83,43%. Secara keseluruhan, CPFR terbukti meningkatkan stabilitas sistem perencanaan dan mengurangi variabilitas *lead time*, sehingga memperkuat fondasi keandalan *supply chain* PT XYZ.

Perubahan Mekanisme Perencanaan Persediaan Setelah Implementasi CPFR

Sebelum CPFR, sistem pengadaan *sparepart* bersifat reaktif, yaitu pemesanan dilakukan ketika stok mendekati batas minimum tanpa adanya koordinasi intensif dengan *supplier* mengenai proyeksi kebutuhan.

Setelah CPFR diterapkan, terjadi perubahan paradigma menjadi sistem proaktif berbasis kolaborasi, yang ditandai oleh:

- a) Perencanaan kebutuhan berbasis *forecast* terstruktur
- b) Sinkronisasi data permintaan dengan *supplier*
- c) Penentuan *Reorder Point* (ROP) secara kuantitatif
- d) Pengendalian persediaan berbasis *service level*

Dengan pendekatan ini, sistem tidak lagi menunggu stok kritis untuk melakukan pemesanan, tetapi melakukan *replenishment* berdasarkan posisi persediaan yang telah diproyeksikan sebelumnya.

Analisis Kuantitatif Hubungan CPFR – LTS – MTTR – PA

Subbab ini bertujuan untuk menjelaskan keterkaitan kuantitatif antara penerapan metode *Collaborative Planning, Forecasting, and Replenishment* (CPFR) terhadap stabilitas *Lead Time Supply* (LTS), serta implikasinya terhadap *Mean Time To Repair* (MTTR) dan *Physical Availability* (PA) unit operasional. Analisis ini disusun untuk menunjukkan bahwa perbaikan pada sistem perencanaan persediaan tidak hanya berdampak pada indikator logistik, tetapi juga berkontribusi secara langsung terhadap performa unit.

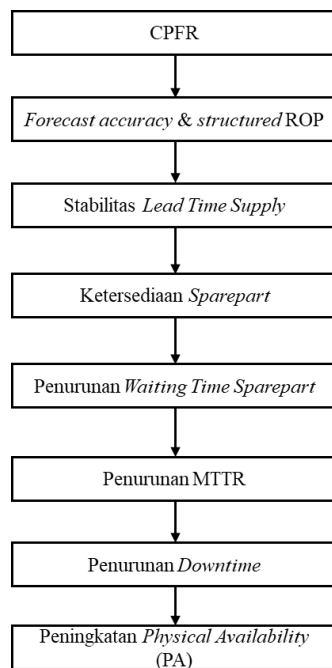
Hubungan Ketersediaan *Sparepart* terhadap MTTR

Mean Time To Repair (MTTR) merepresentasikan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan unit ke kondisi operasional setelah terjadi kerusakan. Sebelum penerapan CPFR, fluktuasi *lead time supply* berpotensi menyebabkan *sparepart* tidak tersedia pada saat dibutuhkan. Kondisi ini meningkatkan *waiting time sparepart* dan secara langsung memperpanjang MTTR.

Setelah penerapan CPFR dan tercapainya *Lead Time Compliance* sebesar 100% (berdasarkan simulasi), ketersediaan *sparepart* menjadi lebih terjamin. Dengan demikian, *waiting time sparepart* mengalami penurunan yang signifikan, sehingga MTTR juga cenderung menurun.

Hubungan MTTR terhadap *Physical Availability* (PA)

Physical Availability (PA) merupakan indikator utama keandalan unit produksi yang menunjukkan proporsi waktu unit berada dalam kondisi siap operasi dibandingkan total waktu tersedia. *Downtime* mencakup seluruh waktu ketika unit tidak dapat beroperasi akibat kerusakan, termasuk waktu menunggu *sparepart* dan waktu perbaikan. Pada PT XYZ, peningkatan PA sebesar 1–2% memiliki dampak signifikan terhadap target produksi dan potensi pendapatan, mengingat setiap jam operasi alat berat bernilai ekonomi tinggi. Berikut merupakan rangkaian hubungan sistematis antara penerapan CPFR hingga peningkatan *Physical Availability*.



Gambar 1. Diagram Alir hubungan CPFR dengan PA

Interpretasi Hasil Penelitian

Interpretasi hasil penelitian dilakukan untuk menjelaskan makna dari perubahan indikator kinerja setelah penerapan metode *Collaborative Planning, Forecasting, and Replenishment* (CPFR). Interpretasi ini tidak hanya melihat perbedaan angka sebelum dan sesudah perbaikan, tetapi juga menjelaskan hubungan sebab-akibat antar variabel serta implikasinya terhadap sistem operasional perusahaan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebelum penerapan CPFR, nilai rata-rata KPI *Lead Time Supply* (LTS) berada pada tingkat 83,43%. Kondisi ini mengindikasikan bahwa masih terdapat pengiriman *sparepart* yang tidak sesuai dengan *lead time* yang ditetapkan perusahaan. Ketidaksesuaian tersebut mencerminkan rendahnya stabilitas pasokan dan kurangnya integrasi perencanaan dengan *supplier*.

Setelah penerapan CPFR, nilai LTS dalam simulasi meningkat hingga mencapai 100%. Peningkatan ini menunjukkan bahwa perencanaan kebutuhan yang disusun secara kolaboratif mampu meningkatkan ketepatan waktu pengiriman. Dengan adanya sinkronisasi antara *forecast* perusahaan dan kapasitas *supplier*, ketidakpastian dalam proses pengadaan dapat ditekan.

Secara substantif, peningkatan LTS tidak hanya menunjukkan perbaikan pada indikator logistik, tetapi juga mencerminkan peningkatan *reliability supply chain* atau sistem pasokan menjadi lebih terkendali dan dapat diprediksi.

Interpretasi terhadap Stabilitas Sistem Persediaan

Kinerja *Lead Time Supply* memiliki pengaruh langsung terhadap proses *maintenance*, khususnya pada komponen *waiting time sparepart*. Ketika pengiriman tidak tepat waktu, unit yang mengalami kerusakan harus menunggu hingga *sparepart* tersedia. Kondisi ini meningkatkan *Mean Time To Repair* (MTTR). Peningkatan LTS menjadi 100% menunjukkan bahwa potensi keterlambatan akibat pasokan dapat diminimalkan. Dengan tersedianya *sparepart* sesuai jadwal, waktu tunggu dalam proses perbaikan dapat ditekan. Secara tidak langsung, stabilitas LTS berkontribusi terhadap pengendalian MTTR. Interpretasi ini menegaskan bahwa KPI *Lead Time Supply* memiliki keterkaitan langsung dengan efektivitas sistem *maintenance*.

Secara strategis, hasil penelitian ini menegaskan bahwa pengelolaan KPI *Lead Time Supply* tidak dapat dipandang sebagai indikator administratif semata. LTS merupakan indikator yang memiliki dampak sistemik terhadap ketersediaan *sparepart*, stabilitas *maintenance*, dan performa operasional unit.

Penerapan CPFR membuktikan bahwa pendekatan kolaboratif mampu meningkatkan keandalan pasokan dan mengurangi variabilitas sistem. Oleh karena itu, pengelolaan LTS perlu dijadikan prioritas dalam strategi pengendalian persediaan dan manajemen *supply chain* perusahaan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penerapan metode *Collaborative Planning, Forecasting, and Replenishment* (CPFR) dalam perencanaan persediaan sparepart di PT XYZ dapat dilakukan melalui integrasi proses peramalan permintaan, penentuan *safety stock*, serta perhitungan *reorder point*. Pendekatan ini memberikan kerangka perencanaan persediaan yang lebih sistematis dan terukur dibandingkan metode perencanaan sebelumnya. Selain itu, perbandingan pencapaian *lead time supply* sparepart sebelum dan sesudah penerapan metode CPFR menunjukkan adanya peningkatan kepatuhan terhadap *Key Performance Indicator* (KPI) *lead time supply* setelah penerapan metode tersebut. Peningkatan ini diperoleh dari hasil simulasi perencanaan persediaan yang lebih antisipatif sehingga berpotensi mendukung pemenuhan kebutuhan sparepart secara lebih tepat waktu.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut, perusahaan disarankan untuk mempertimbangkan penerapan metode CPFR secara bertahap, terutama pada sparepart dengan kategori *fast moving*, guna meningkatkan akurasi perencanaan persediaan serta koordinasi dengan pemasok. Selain

itu, evaluasi akurasi peramalan perlu dilakukan secara berkala dengan menyesuaikan metode peramalan terhadap pola permintaan aktual di lapangan. Penelitian selanjutnya juga disarankan untuk menggunakan periode data yang lebih panjang atau membandingkan beberapa metode peramalan agar diperoleh hasil yang lebih optimal. Di samping itu, implementasi CPFR secara aktual di perusahaan perlu dilakukan agar hasil simulasi yang diperoleh dapat dibandingkan secara langsung dengan kinerja operasional yang sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2024). *Produk domestik bruto menurut lapangan usaha*. BPS-Statistics Indonesia.
- Bowersox, D. J., Closs, D. J., & Cooper, M. B. (2019). *Supply chain logistics management*. McGraw-Hill Education.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2019). *Supply chain management: Strategy, planning, and operation* (7th ed.). Pearson.
- Febrianto, A. (2025). Operational efficiency and sustainable asset management: A data-driven framework for heavy equipment management. *Journal of Industrial Engineering & Management Systems*. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.106476>
- Heizer, J., & Render, B. (2020). *Operations management* (13th ed.). Pearson.
- Ifraz, M. (2025). A systematic literature review on spare parts classification and inventory management. *International Journal of Logistics Systems*. <https://doi.org/10.35378/gujs.1484883>
- Lewis, C. D. (1982). *Industrial and business forecasting methods*. Butterworths.
- Ramadhan, I. (2024). Optimalisasi efektivitas preventive maintenance berbasis data pada industri manufaktur. *Jurnal Teknologi dan Sistem Industri*.
- Shi, Y., Wang, J., & Liu, L. (2022). Optimization of preventive maintenance strategy using probabilistic failure models. *European Journal of Operational Research*.
- Stadtler, H. (2021). *Supply chain management and advanced planning: Concepts, models, software, and case studies* (7th ed.). Springer.
- Stevenson, W. J. (2018). *Operations management* (13th ed.). McGraw-Hill Education.
- Toiviainen, T., & Hansen, J. (2011). Collaborative planning, forecasting, and replenishment research. Paper 2/2/2011 IOM 483 Operations Consulting - Spring.
- Yang, Q., Li, Z., & Chen, Y. (2023). The impact of supplier relationship management on supplier collaboration and performance. *International Journal of Production Economics*.

- Zhang, S., & Xie, J. (2021). Spare parts inventory management: A comprehensive review. *Sustainability*, 13(5), 2460. <https://doi.org/10.3390/su13052460>
- Zhang, W. (2020). A review of equipment performance and availability metrics in modern industry. *Journal of Manufacturing Systems*.