

Analisis Penyebab Shortage Palet Menggunakan Metode FMEA untuk Optimalisasi Produksi

Indah Nurcahyani¹, Gusman Simon², Susan Kustiwan³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa

Jl. Inspeksi Kalimantan Tegal Danas Arah Deltamas, Cikarang Pusat - Kab. Bekasi

Email: indahnurcahyani332@gmail.com, gusman.s@pelitabangsa.ac.id, susankustiwan73@gmail.com

ABSTRAK

Ketersediaan palet adalah faktor penting dalam proses produksi dan distribusi di PT. XYZ. Kekurangan palet dapat menghambat kelancaran produksi, meningkatkan biaya operasional, dan menurunkan kepuasan pelanggan. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi penyebab utama *shortage* palet dan memberikan rekomendasi perbaikan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Metode ini menilai risiko potensi kegagalan berdasarkan tiga indikator utama: *severity*, *occurrence*, dan *detection*, yang menghasilkan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Data dikumpulkan melalui observasi, wawancara, dan data internal perusahaan dari Desember 2024 hingga Februari 2025. Hasil penelitian menunjukkan penyebab utama *shortage* meliputi rusaknya palet, kesalahan administrasi, dan kurangnya sistem pelacakan yang efektif. Nilai RPN tertinggi sebesar 432 berasal dari kondisi palet rusak, sedangkan nilai RPN kedua tertinggi sebesar 343 terkait kesalahan administrasi. Implikasi praktis dari penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan sistem pelacakan berbasis barcode, pelatihan untuk admin, dan perbaikan alur distribusi palet dapat secara signifikan mengurangi risiko *shortage*. Hal ini akan meningkatkan efisiensi produksi dan pada akhirnya meningkatkan kepuasan pelanggan.

Kata kunci: *Shortage* Palet, FMEA, Produksi, RPN, Fishbone Diagram

ABSTRACT

The availability of pallets is a crucial factor in the production and distribution processes of manufacturing companies like PT. XYZ. A shortage of pallets can disrupt production flow, increase operational costs, and decrease customer satisfaction. This study aims to identify the main causes of pallet shortages and provide improvement recommendations using the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method. This method assesses the risks of each potential failure based on three main indicators: severity, occurrence, and detection, yielding a Risk Priority Number (RPN). Data were collected through direct observation, interviews, and internal company data from December 2024 to February 2025. The findings indicate that the primary causes of shortages include damaged pallets, administrative errors, and a lack of effective pallet tracking systems. The highest RPN value of 432 is attributed to damaged pallets, while the second highest RPN value of 343 is related to administrative errors. Practical implications of this research suggest that implementing a barcode-based tracking system, training for administrators, and improving the pallet distribution flow can significantly reduce the risk of shortages. This will enhance production efficiency and ultimately improve customer satisfaction.

Keywords: *Pallet Shortage, FMEA, Production, RPN, Cause And Effect Diagram*

Pendahuluan

Dalam era industri modern, persaingan yang ketat menuntut perusahaan menjaga kualitas produk dan produktivitas sebagai kunci keberhasilan. Kualitas yang baik menjadi faktor utama dalam mempertahankan posisi bersaing dan keberlangsungan jangka panjang perusahaan. Konsumen

mengharapkan produk yang dibeli mampu memenuhi kebutuhan mereka, sehingga pengendalian kualitas menjadi aspek penting dalam operasional perusahaan agar produk diterima pasar dan mampu bersaing[1]

Dalam kegiatan logistik dan manufaktur, ketersediaan palet menjadi komponen vital untuk penyimpanan dan distribusi. Kekurangan palet (*shortage*) dapat menghambat proses produksi, meningkatkan biaya operasional, dan menurunkan kepuasan pelanggan. Faktor penyebabnya antara lain ketidakseimbangan antara kebutuhan dan ketersediaan, kerusakan atau kehilangan palet, serta pengelolaan *inventaris* yang kurang optimal [2]–[8]

PT. XYZ mengalami *shortage* palet pada hampir seluruh lini produksi. Kondisi ini disebabkan perubahan jumlah produksi dari rencana awal, banyaknya palet rusak, serta belum adanya sistem pelacakan palet yang terpencar. Dampaknya, kelancaran proses produksi part otomotif terganggu, waktu tunggu barang meningkat, dan risiko keterlambatan distribusi kepada pelanggan semakin besar.

Untuk menganalisis penyebab *shortage* palet secara *sistematis*, penelitian ini menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)[9]–[12]. Metode ini menilai risiko berdasarkan tiga aspek: *severity* (tingkat keparahan), *occurrence* (tingkat kemungkinan), dan *detection* (kemampuan deteksi), kemudian menghasilkan *Risk Priority Number* (RPN) untuk menentukan prioritas perbaikan. Pendekatan ini efektif digunakan pada analisis risiko logistik dan manufaktur[1], [13]–[15]. Penelitian terdahulu telah banyak membahas penggunaan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) dalam menganalisis risiko operasional di sektor logistik dan manufaktur[16], [17]. Penelitian terkait FMEA dalam konteks *shortage* palet masih terbatas, khususnya di industri manufaktur otomotif Indonesia. Oleh karena itu, studi ini memberikan kontribusi nyata dalam menganalisis *shortage* dengan pendekatan sistematis di PT. XYZ.

Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi faktor utama penyebab *shortage* palet di PT. XYZ dan memberikan rekomendasi perbaikan. Diharapkan hasil penelitian dapat membantu perusahaan mengelola palet secara lebih efektif dan efisien, meminimalkan gangguan produksi, serta meningkatkan kelancaran distribusi dan kepuasan pelanggan[18]–[20]. Dengan hasil penelitian ini, diharapkan perusahaan dapat memperoleh dasar pengambilan keputusan yang lebih kuat dalam mengelola sistem logistik internal, khususnya pengelolaan sirkulasi palet, secara lebih efisien dan terstruktur.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *kuantitatif deskriptif* yang bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab utama terjadinya *shortage* palet serta memberikan rekomendasi perbaikan dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Penelitian dilakukan pada perusahaan manufaktur otomotif, PT. XYZ, yang memproduksi berbagai komponen kendaraan. Permasalahan utama yang diangkat adalah kekurangan palet (*shortage*) yang berdampak pada keterlambatan proses produksi, distribusi, dan potensi kerugian operasional.

Penelitian dilaksanakan di PT. XYZ selama periode Desember 2024 hingga Februari 2025. Periode ini dipilih karena menunjukkan data *shortage* yang signifikan, yang dapat dianalisis untuk menggambarkan kondisi real-time dan tren kekurangan palet selama tiga bulan berturut-turut.

Objek dalam penelitian ini adalah sistem distribusi dan penggunaan palet di seluruh lini produksi PT. XYZ, mulai dari proses penyortiran, penggunaan material, hingga pengemasan barang jadi. Fokus utama diarahkan pada proses logistik internal yang berkaitan langsung dengan siklus penggunaan palet. Pengumpulan data dilakukan melalui metode primer dan sekunder. Data primer diperoleh dari observasi langsung di area produksi, gudang, dan administrasi, serta wawancara dengan tiga responden kunci, yaitu Kepala Produksi, Kepala Gudang, dan Kepala Administrasi. Wawancara difokuskan pada identifikasi jenis *shortage*, penyebab, dan penilaian risiko. Sementara itu, data sekunder dikumpulkan dari dokumentasi internal seperti logbook *shortage*, laporan logistik bulanan, dan data penggunaan serta pengembalian palet selama Desember 2024 hingga Februari 2025. Seluruh data digunakan untuk mendukung analisis FMEA secara komprehensif.

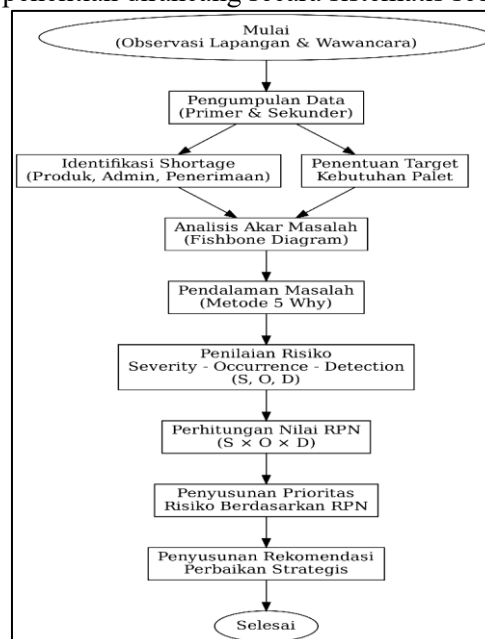
Data dianalisis menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yang melibatkan beberapa tahapan:

1. Identifikasi *failure mode* dari setiap jenis *shortage* (produk, administrasi, penerimaan).
2. Analisis penyebab dan dampak menggunakan diagram *fishbone* dan metode *5 Why*.

3. Penilaian tiga indikator risiko utama:
 - a) *Severity* (S): tingkat keparahan dampak jika kegagalan terjadi.
 - b) *Occurrence* (O): frekuensi terjadinya kegagalan.
 - c) *Detection* (D): kemampuan sistem dalam mendeteksi kegagalan.
4. Perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) dengan rumus:
$$RPN = S \times O \times DRPN = S \times O \times D$$

Nilai RPN digunakan untuk menentukan prioritas tindakan perbaikan.
5. Perumusan rekomendasi berdasarkan nilai RPN tertinggi, yang menunjukkan risiko paling kritis untuk segera ditindaklanjuti. Penilaian *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) dilakukan berdasarkan diskusi bersama tiga responden kunci yaitu kepala produksi, kepala admin, dan kepala gudang. Misalnya, pada kasus *shortage* produk, nilai *Severity* diberi skor 9 karena berdampak langsung pada terhentinya lini produksi. Nilai *Occurrence* sebesar 6 diberikan karena kejadian tersebut tercatat terjadi 2–3 kali per bulan selama periode *observasi*. Sementara *Detection* diberi nilai 8 karena belum adanya sistem pelacakan otomatis (seperti *barcode* atau RFID) yang dapat mendeteksi kekurangan palet lebih awal.

Adapun tahapan pelaksanaan penelitian dirancang secara sistematis sebagai berikut:



Gambar 1. Flowchart tahapan penelitian menggunakan metode FMEA

Hasil Dan Pembahasan

Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan untuk memperoleh informasi faktual mengenai kondisi *shortage* palet yang terjadi di PT. XYZ. Data diperoleh melalui dua metode utama, yaitu:

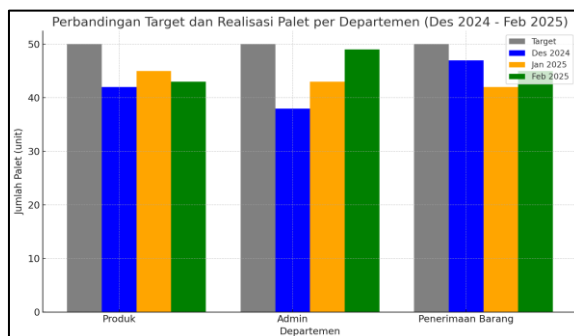
1. Data Primer
Dilakukan dengan observasi langsung ke bagian produksi dan logistik serta wawancara dengan personel yang bertanggung jawab terhadap pengelolaan palet, termasuk tim admin, penerimaan barang, dan operator produksi. Tujuannya untuk mengidentifikasi penyebab dan dampak dari kekurangan palet secara aktual di lapangan.
2. Data Sekunder
Merupakan dokumentasi internal perusahaan berupa laporan kinerja logistik dari bulan Desember 2024 hingga Februari 2025. Data ini berisi informasi mengenai jumlah palet yang tersedia dan jumlah palet yang dibutuhkan sesuai target setiap bulannya, serta status realisasi dibandingkan target.
Hasil data *shortage* palet yang dikumpulkan selama tiga bulan ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 1. Data Shortage Palet PT. XYZ Periode Desember 2024 – Februari 2025

Departemen	Target (unit)	Des 2024	Jan 2025	Feb 2025	Status
Produk	50	42	45	43	Below Target
Admin	50	38	43	49	Below Target
Penerimaan Barang	50	47	42	45	Below Target

Sumber: Data internal PT. XYZ

Tabel di atas menunjukkan bahwa terdapat selisih yang konsisten antara jumlah target dan realisasi palet yang tersedia pada setiap bulannya di tiga departemen utama. Pada bagian produksi, jumlah aktual palet secara konsisten berada di bawah target, dengan selisih sekitar 5 hingga 8 unit per bulan. Kondisi ini mengindikasikan adanya kendala dalam pemenuhan kebutuhan palet yang dapat berdampak langsung terhadap kelancaran proses produksi. Sementara itu, pada bagian admin, kekurangan palet terlihat lebih signifikan, terutama pada bulan Desember 2024 yang mencatat selisih sebesar 12 unit. Hal ini menimbulkan dugaan kuat bahwa terjadi ketidaksesuaian antara data administratif dengan kondisi fisik di lapangan, yang kemungkinan disebabkan oleh kesalahan pencatatan atau keterlambatan pembaruan data. Di sisi lain, pada bagian penerimaan barang, meskipun selisih antara target dan realisasi relatif kecil, tetap terdapat *shortage* yang menunjukkan adanya kemungkinan kerusakan atau kehilangan palet selama proses distribusi dari supplier ke gudang. Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas dan memperkuat hasil analisis, berikut ini disajikan grafik visualisasi *shortage* palet per bulan.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Target dan Realisasi Palet di Tiga Departemen (Des 2024 – Feb 2025)

Grafik menunjukkan bahwa secara konsisten, setiap departemen mengalami kekurangan palet dari bulan Desember hingga Februari. Bagian produk dan admin menunjukkan selisih tertinggi. Hal ini memperkuat temuan bahwa masalah *shortage* bukan hanya insidental, namun merupakan masalah sistematis yang perlu dianalisis lebih lanjut menggunakan pendekatan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*.

Penentuan Target Kebutuhan Produksi Palet

Setelah dilakukan identifikasi terhadap jenis-jenis *shortage* palet yang terjadi di PT. XYZ, langkah berikutnya adalah memahami berapa jumlah kebutuhan palet ideal yang seharusnya tersedia agar proses distribusi dan produksi berjalan lancar tanpa gangguan. Hal ini penting dilakukan karena tanpa mengetahui target kebutuhan produksi, maka tidak akan diketahui apakah kekurangan palet benar-benar terjadi atau hanya merupakan fluktuasi normal dalam proses operasional.

Target kebutuhan palet ditentukan berdasarkan perhitungan volume produksi, frekuensi distribusi bahan baku dan produk jadi, serta kapasitas pengangkutan masing-masing palet. Berdasarkan dokumen perencanaan logistik dan hasil wawancara dengan bagian logistik, diketahui bahwa setiap departemen memerlukan setidaknya 50 unit palet setiap bulan untuk mendukung operasional secara efisien.

Kebutuhan ini bersifat tetap dan telah menjadi standar operasional perusahaan, yang digunakan sebagai tolok ukur untuk melakukan evaluasi terhadap ketersediaan aktual di lapangan. Jika jumlah palet yang tersedia di bawah target tersebut, maka kondisi tersebut akan dikategorikan sebagai *shortage* yang memerlukan analisis lanjutan mengenai penyebab dan potensi dampaknya terhadap proses produksi.

Tabel 2. Target Kebutuhan Palet Bulanan Per Departemen

Departemen	Target Palet (unit/bulan)
Produksi	50
Admin	50
Penerimaan Barang	50

Dengan mengetahui target kebutuhan palet secara spesifik di tiap bagian, perusahaan dapat lebih mudah melakukan evaluasi dan mengidentifikasi area mana yang paling berisiko terhadap *shortage*, serta menjadi dasar dalam melakukan pengendalian logistik secara sistematis.

Target 50 unit palet per bulan pada setiap departemen merupakan jumlah minimal palet yang harus tersedia sepanjang bulan tersebut untuk mendukung kelancaran operasional. Target ini bukan berarti harus tersedia 50 unit palet setiap hari, melainkan jumlah kumulatif yang dapat digunakan secara bergantian selama satu bulan. Dengan kata lain, selama terdapat minimal 50 unit palet yang siap pakai dalam periode satu bulan, maka kebutuhan operasional dapat terpenuhi. Kekurangan dari jumlah ini akan dikategorikan sebagai *shortage* dan berpotensi mengganggu proses produksi, distribusi, maupun penyimpanan.

Identifikasi dan Klasifikasi *Shortage*

Berdasarkan hasil observasi langsung di lapangan dan wawancara dengan pihak internal PT. XYZ, ditemukan bahwa permasalahan *shortage* palet yang terjadi tidak bersifat tunggal, melainkan terbagi menjadi beberapa kategori berdasarkan fungsi dan alur distribusinya. Identifikasi ini menjadi dasar penting untuk menentukan fokus analisis dalam metode *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* pada tahap selanjutnya.

Shortage palet yang terjadi di perusahaan ini dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis utama, yaitu *shortage* produk, *shortage* admin, dan *shortage* penerimaan barang. Masing-masing jenis *shortage* memiliki karakteristik penyebab dan dampak yang berbeda-beda, sehingga memerlukan pendekatan yang spesifik dalam analisis dan penanganannya.

Shortage produk merupakan kekurangan palet yang terjadi secara langsung di bagian produksi. Dalam kasus ini, jumlah palet yang tersedia tidak mencukupi untuk menampung barang hasil produksi sesuai kebutuhan harian. Akibatnya, proses produksi mengalami hambatan karena barang yang telah selesai diproses tidak dapat segera dipindahkan ke tahap berikutnya atau ke area penyimpanan. Hal ini juga berpotensi menyebabkan penumpukan barang di *workstation* dan keterlambatan dalam pengiriman ke pelanggan.

Shortage admin muncul akibat ketidaksesuaian antara data administrasi dan jumlah fisik palet yang tersedia. Ketika tim administrasi mencatat data jumlah palet berdasarkan sistem atau laporan, sering kali tidak sejalan dengan kenyataan di lapangan. Perbedaan ini dapat berasal dari pencatatan yang kurang akurat, keterlambatan dalam update data, hingga lemahnya sistem verifikasi stok. Dampak yang ditimbulkan berupa kesalahan dalam pengambilan keputusan logistik serta potensi kehilangan palet yang tidak terdeteksi secara sistem.

Sementara itu, *shortage* penerimaan barang terjadi saat jumlah palet yang diterima dari supplier tidak sesuai dengan yang tercantum dalam surat jalan. Dalam beberapa kasus, palet yang datang juga dalam kondisi rusak, penyok, atau tidak layak pakai. Ketidaksesuaian ini mengganggu proses penerimaan dan penataan barang, serta menghambat kelancaran distribusi material ke dalam lini produksi.

Untuk memberikan gambaran klasifikasi secara lebih sistematis, berikut ini disajikan data klasifikasi jenis *shortage* palet yang terjadi di PT. XYZ.

Tabel 3. Klasifikasi Jenis *Shortage* Palet di PT. XYZ

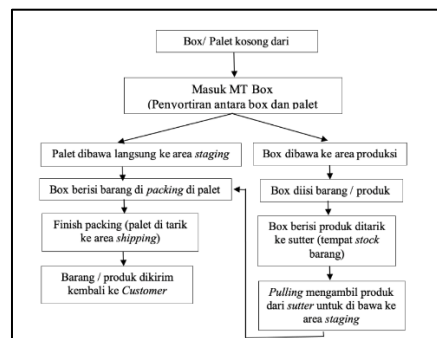
Kategori <i>Shortage</i>	Definisi	Dampak Utama
<i>Shortage</i> Produk	Kekurangan palet untuk kegiatan produksi	Produksi tertunda, penumpukan barang, keterlambatan pengiriman
<i>Shortage</i> Admin	Perbedaan antara data administratif dan fisik palet	Ketidakesuaian stok, kesalahan laporan, kehilangan palet

<i>Shortage</i> Penerimaan	Palet yang diterima tidak sesuai jumlah atau dalam kondisi rusak	Barang tidak bisa disusun dengan optimal, proses penerimaan terganggu
-------------------------------	--	---

Dari tabel di atas terlihat bahwa setiap kategori *shortage* berkaitan erat dengan fungsi logistik dan pengendalian internal perusahaan. *Shortage* produk lebih bersifat teknis operasional di lini produksi, *shortage* admin terkait dengan akurasi sistem informasi dan pencatatan, sedangkan *shortage* penerimaan berhubungan dengan keandalan *supplier* dan proses *inbound logistics*. Ketiga jenis *shortage* ini menjadi titik fokus analisis *FMEA* yang akan dibahas pada sub bab berikutnya guna menentukan prioritas perbaikan berdasarkan tingkat risiko.

Alur Distribusi dan Penggunaan Palet di PT. XYZ

Pemahaman menyeluruh terhadap alur distribusi dan sirkulasi palet menjadi kunci utama dalam menelusuri penyebab *shortage* yang terjadi di PT. XYZ. Berdasarkan hasil observasi lapangan dan wawancara mendalam dengan staf gudang, operator produksi, dan bagian administrasi, diketahui bahwa sistem pengelolaan palet di perusahaan belum berjalan secara terstruktur dan terdokumentasi dengan baik. Untuk memahami titik-titik potensi terjadinya *shortage* palet, perlu dipahami terlebih dahulu alur pergerakan palet dan box di dalam sistem distribusi internal perusahaan. Alur kerja penggunaan palet pada PT XYZ dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 3. Flow Penggunaan Palet

Gambar 3 menunjukkan *flow* palet dari awal penerimaan hingga pengiriman produk ke customer. Dengan memahami alur ini, analisis *FMEA* dapat dilakukan secara terstruktur untuk mengidentifikasi mode kegagalan yang berkontribusi terhadap kelangkaan palet. Dari *flow* pada gambar 4.2 dapat kita lihat bahwa proses alur palet dimulai dari *box*/palet kosong yang diterima dari *customer*. Selanjutnya, *box* dan palet tersebut masuk ke area MT *Box* untuk dilakukan penyortiran antara *box* dan palet.

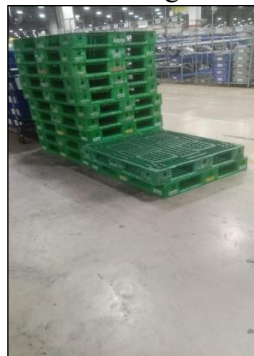


Gambar 4. Area MT Box

Pada area MT *box* dilakukan penyortiran antara boks dan palet yang akan digunakan untuk mengisi barang/produk. Boks kosong dibawa menuju area produksi sedangkan palet yang sudah berisi barang/produk langsung menuju area *staging*. Setelah disortir, alur terbagi menjadi dua jalur utama:

1. Jalur boks ke area produksi (proses pengisian dan penyimpanan produk).

- a. Boks dibawa ke area produksi.
Boks kosong yang telah disortir akan digunakan di area produksi untuk menampung barang yang baru diproduksi.
 - b. Boks diisi barang/produk.
Produk hasil produksi langsung dimasukkan ke dalam boks sesuai jenis dan spesifikasinya.
 - c. Boks berisi produk ditarik ke *sutter* (tempat penyimpanan stok barang).
Sutter adalah area penyimpanan sementara atau gudang internal untuk menampung produk yang sudah dikemas sebelum ditarik untuk pengemasan akhir atau pengiriman.
 - d. *Pulling* mengambil produk dari *sutter* untuk dibawa ke area *staging*.
Bagian *pulling* (penarik barang) bertugas mengambil produk dari *sutter* dan membawanya ke area *staging* untuk proses selanjutnya (biasanya untuk pengemasan dan pengiriman seperti di jalur pertama).
2. Jalur palet ke area *staging* (proses pengemasan dan pengiriman)
 - a. Palet dibawa langsung ke area *staging*.
Area *staging* adalah area antara proses produksi dan pengiriman, berfungsi sebagai tempat persiapan atau penampungan sementara barang sebelum dikirim ke *customer*.



Gambar 5. Area Staging

Area *staging* di perusahaan *manufaktur* adalah area di mana bahan baku, komponen, atau produk setengah jadi dipersiapkan sebelum dipindahkan ke tahap produksi berikutnya atau dikirim ke pelanggan. Fungsi utama dari area *staging* adalah untuk memastikan kelancaran dan efisiensi proses produksi dan distribusi.

- b. Boks berisi barang di-packing ke dalam palet.
Barang dari produksi yang sudah dimasukkan ke dalam boks akan diproses *packing* (pengemasan) ke atas palet agar siap untuk *distribusi*.



Gambar 6. Area Staging Pada Proses Packing

Area *staging* yang mulai memproses *packing* barang/ produk sesuai dengan jenisnya untuk memudahkan pengiriman menuju wilayah pengirimannya.

- c. Setelah *finish packing*, palet ditarik ke area *shipping*.
Artinya, begitu proses pengemasan selesai, palet tersebut dipindahkan ke area *shipping*, yaitu area pengiriman.
- d. Barang/produk dikirim kembali ke *customer*.
Proses ditutup dengan pengiriman barang yang telah dikemas ke *customer* menggunakan palet

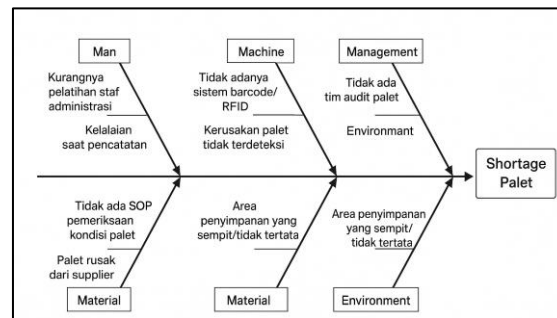
yang sebelumnya telah mereka kirim.

Analisis Akar Permasalahan Menggunakan Fishbone Diagram dan 5 Why

Setelah dilakukan penghitungan RPN dengan metode *FMEA*, diketahui bahwa *shortage* palet jenis produk merupakan kegagalan yang paling kritis, dengan nilai RPN sebesar 432. Untuk menganalisis lebih dalam mengenai penyebab utamanya, digunakan dua pendekatan lanjutan, yaitu *Fishbone Diagram* dan *analisis 5 Why*.

Fishbone Diagram

Diagram tulang ikan digunakan untuk memetakan kemungkinan akar penyebab dari terjadinya *shortage* palet. Dalam penelitian ini, faktor-faktor penyebab *shortage* palet dikelompokkan menjadi enam kategori utama, yaitu: *Man*, *Machine*, *Method*, *Material*, *Environment*, dan *Management*. Berikut merupakan hasil pemetaan menggunakan *diagram Fishbone*:



Gambar 7. Diagram Fishbone Penyebab Shortage Palet

1. *Man* (Sumber Daya Manusia):
 - a. Kelalaian pekerja dalam mengembalikan palet ke area penyimpanan
 - b. Kurangnya pelatihan dalam pencatatan stok palet
2. *Machine* (Peralatan):
 - a. Tidak adanya sistem pelacakan otomatis (barcode/RFID)
 - b. Kerusakan palet tidak terdeteksi lebih awal
3. *Method* (Metode):
 - a. Tidak ada SOP inspeksi dan pemeliharaan palet
 - b. Ketidakteraturan dalam rotasi penggunaan palet
4. *Material* (Bahan Baku):
 - a. Palet dari supplier dalam kondisi rusak atau cacat
 - b. Tidak ada standar spesifikasi palet masuk
5. *Environment* (Lingkungan Kerja):
 - a. Area penyimpanan sempit dan tidak tertata
 - b. Penumpukan barang menutupi palet tidak terpakai
6. *Management* (Manajemen):
 - a. Tidak adanya tim khusus pengawasan palet
 - b. Sistem admin dan produksi belum terintegrasi

Diagram ini menunjukkan bahwa penyebab *shortage* bersifat multifaktor dan sistemik. Oleh karena itu, pendekatan yang lebih mendalam dibutuhkan untuk menentukan akar penyebab yang paling dominan, salah satunya melalui analisis *5 Why*.

Analisis 5 Why pada Shortage Produk

Analisis *5 Why* digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab terdalam dari masalah *shortage* palet pada lini produksi. Berikut hasil analisisnya:

Tabel 4. Analisis 5 Why pada shortage palet

Pertanyaan (Why?)	Jawaban
1. Mengapa terjadi kekurangan palet di area produksi?	Karena banyak palet tidak tersedia saat dibutuhkan.

2. Mengapa palet tidak tersedia saat dibutuhkan?	Karena palet yang telah digunakan tidak kembali ke tempat penyimpanan.
3. Mengapa palet tidak dikembalikan?	Karena tidak ada sistem pelacakan untuk mengetahui posisi palet.
4. Mengapa tidak ada sistem pelacakan palet?	Karena perusahaan belum menerapkan sistem digital seperti barcode atau RFID.
5. Mengapa belum menerapkan sistem digital?	Karena belum ada perencanaan anggaran atau prioritas dari manajemen.

Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa tidak adanya sistem pelacakan palet secara digital merupakan akar penyebab utama dari *shortage* produk. Hal ini sejalan dengan temuan *FMEA* yang menunjukkan nilai *Detection* cukup tinggi, menandakan kesulitan dalam mendeteksi kegagalan sebelum berdampak serius terhadap produksi.

Penyusunan *FMEA*

Setelah dilakukan identifikasi dan klasifikasi *shortage* palet, langkah selanjutnya adalah menyusun *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* untuk menganalisis potensi kegagalan dalam sistem pengelolaan palet di PT. XYZ. Metode *FMEA* digunakan untuk mengidentifikasi mode kegagalan, penyebab kegagalan, dan dampaknya terhadap proses produksi secara sistematis. Melalui pendekatan ini, dapat ditentukan area mana yang memiliki risiko tertinggi serta langkah prioritas untuk perbaikannya. Dalam penyusunan *FMEA*, terdapat tiga komponen utama yang menjadi dasar penilaian risiko, yaitu:

1. *Severity(S)*: Tingkat keparahan akibat yang ditimbulkan oleh suatu kegagalan.
 2. *Occurrence (O)*: Frekuensi atau kemungkinan terjadinya kegagalan.
 3. *Detection (D)*: Kemampuan sistem untuk mendeteksi kegagalan sebelum berdampak serius.
- Ketiga parameter ini akan dikalikan untuk menghasilkan Risk Priority Number (RPN) yang digunakan sebagai indikator tingkat prioritas penanganan. Rumus perhitungan RPN dituliskan sebagai berikut:

$$RPN = S \times O \times D / \text{times} \quad (1)$$

Nilai ketiganya ditentukan berdasarkan skala 1 sampai 10, dengan ketentuan:

1. Nilai *Severity*: semakin tinggi berarti semakin parah dampaknya.
2. Nilai *Occurrence*: semakin tinggi berarti semakin sering terjadi.
3. Nilai *Detection*: semakin tinggi berarti semakin sulit dideteksi.

Adapun daftar skala penilaian digunakan mengacu pada referensi standar *FMEA* industri manufaktur dan ditampilkan dalam tabel berikut:

Tabel 5. Skala penilaian

Nilai	<i>Severity(S)</i>	<i>Occurrence(O)</i>	<i>Detection (D)</i>
1	Dampak tidak signifikan	Sangat jarang	Sangat mudah terdeteksi
5	Dampak sedang	Kadang-kadang	Kadang terdeteksi
10	Dampak sangat kritis	Sering terjadi	Sulit sekali terdeteksi

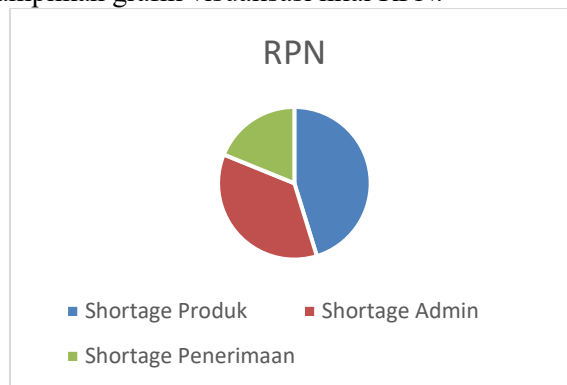
Berdasarkan hasil observasi dan wawancara dengan pihak logistik, produksi, dan admin, berikut adalah penyusunan tabel *FMEA* untuk masing-masing jenis *shortage* palet di PT. XYZ:

Tabel 6. Tabel FMEA Shortage Palet

No	Jenis <i>Shortage</i>	Failure Mode	Potensi Penyebab	Dampak	S	O	D	RPN
1	<i>Shortage</i> Produk	Kekurangan palet di lini produksi	Lonjakan output, palet rusak, palet tidak Kembali	Produksi tertunda, keterlambatan pengiriman	9	8	6	432
2	<i>Shortage</i> Admin	Data tidak sinkron dengan fisik	Pencatatan tidak update, human error	Kesalahan pengambilan keputusan logistik	7	7	7	343

3	<i>Shortage</i> Penerimaan	Palet tidak sesuai surat jalan	Palet rusak, hilang saat pengiriman	Keterlambatan distribusi dan penataan barang	6	6	5	180
---	-------------------------------	--------------------------------------	---	--	---	---	---	-----

Tabel di atas menunjukkan bahwa *shortage* produk memiliki nilai RPN tertinggi yaitu 432. Hal ini menandakan bahwa jenis kegagalan ini memiliki dampak besar terhadap proses produksi, terjadi cukup sering, dan sulit dideteksi secara langsung. Oleh karena itu, jenis *shortage* ini menjadi prioritas utama dalam perencanaan tindakan perbaikan. Untuk memperjelas perbandingan tingkat risiko masing-masing jenis *shortage*, berikut ditampilkan grafik visualisasi nilai RPN.



Gambar 8. Grafik Perbandingan Nilai RPN untuk Setiap Jenis Shortage

Grafik ini menunjukkan bahwa jenis *shortage* produk merupakan sumber risiko tertinggi dalam sistem logistik palet perusahaan, diikuti oleh *shortage* admin dan *shortage* penerimaan barang. Oleh karena itu, pada sub bab selanjutnya akan dibahas interpretasi lebih dalam terhadap hasil ini beserta usulan perbaikan strategis.

Tabel di atas menunjukkan bahwa *shortage* produk merupakan jenis kegagalan dengan nilai RPN tertinggi yaitu 432. Hal ini menandakan bahwa kekurangan palet di lini produksi merupakan risiko yang paling besar terhadap kelancaran proses operasional perusahaan. Produksi yang tertunda karena kurangnya palet dapat menyebabkan keterlambatan pengiriman barang ke pelanggan serta berdampak pada penurunan performa layanan logistik secara keseluruhan.

Sementara itu, *shortage* admin memiliki nilai RPN sebesar 343. Nilai ini juga tergolong tinggi karena kesalahan administratif dapat menyebabkan keputusan logistik yang keliru, seperti *overstock* atau kekurangan palet fiktif, yang sama-sama dapat mengganggu proses distribusi barang. Kelemahan dalam sistem pelaporan dan pencatatan menjadi akar permasalahan yang perlu segera dibenahi melalui peningkatan sistem informasi dan pelatihan sumber daya manusia.

Di sisi lain, *shortage* penerimaan barang memiliki nilai RPN yang paling rendah, yaitu 180. Meskipun demikian, jenis kegagalan ini tetap perlu mendapatkan perhatian karena kerusakan palet yang diterima dari supplier secara akumulatif dapat mengganggu ketersediaan palet jangka panjang dan menurunkan efisiensi proses *inbound logistics*. Hasil perhitungan RPN ini menjadi dasar dalam penentuan skala prioritas perbaikan yang akan dibahas lebih lanjut dalam sub bab berikutnya.

Untuk mengukur dan memprioritaskan potensi risiko dari masing-masing jenis *shortage* palet yang ditemukan di PT. XYZ, digunakan pendekatan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* dengan perhitungan Risk Priority Number (RPN). RPN diperoleh dari hasil perkalian tiga komponen utama, yaitu:

1. *Severity*(S) – tingkat keparahan dampak dari kegagalan terhadap proses produksi,
2. *Occurrence*(O) – tingkat kemungkinan kegagalan tersebut terjadi,
3. *Detection* (D) – tingkat kesulitan dalam mendeteksi kegagalan sebelum berdampak.

Masing-masing komponen dinilai dalam skala 1–10, dengan kriteria sebagai berikut:

a. Penilaian *Severity* (S)

Nilai *Severity* diperoleh dari hasil wawancara mendalam dengan tiga kepala bagian terkait (Kepala Produksi, Kepala Admin, dan Kepala Gudang Penerimaan). Mereka diminta memberikan skor berdasarkan seberapa besar dampak *shortage* palet terhadap kelancaran proses kerja di masing-masing departemen. Misalnya, *shortage* pada bagian produksi dinilai

paling parah karena menyebabkan tertundanya pengiriman produk jadi, sehingga diberi nilai $S = 9$.

b. Penilaian *Occurrence* (O)

Nilai *Occurrence* diperoleh berdasarkan rekapitulasi laporan kejadian *shortage* yang tercatat dalam logbook bulanan selama tiga bulan terakhir (Desember 2024 – Februari 2025). Masing-masing jenis *shortage* dihitung frekuensi kejadiannya, lalu dikonversikan ke dalam skala 1–10 berdasarkan pedoman penilaian *FMEA*. Misalnya, *shortage* palet pada bagian produksi terjadi hampir setiap minggu, sehingga diberi nilai $O = 8$.

c. Penilaian *Detection* (D)

Nilai *Detection* diperoleh melalui hasil observasi langsung di lapangan serta wawancara dengan petugas gudang. Penilaian ini didasarkan pada sejauh mana potensi kegagalan (misalnya hilangnya palet, palet rusak) dapat dideteksi sebelum menyebabkan gangguan operasional. Karena belum ada sistem barcode atau pelacakan otomatis di PT. XYZ, maka kemampuan deteksi cenderung rendah. Oleh karena itu, jenis *shortage* dengan pelacakan manual diberi nilai D lebih tinggi (artinya lebih sulit dideteksi), seperti $D = 6$ atau $D = 7$.

Pengaruh Kekurangan Palet terhadap Proses Produksi

Kekurangan palet di PT. XYZ memiliki dampak langsung terhadap kelancaran proses produksi. Palet berfungsi sebagai media utama untuk penyimpanan dan pergerakan barang, baik bahan baku maupun produk jadi, dari satu tahap ke tahap lainnya dalam lini produksi. Oleh karena itu, keterbatasan jumlah palet akan menghambat siklus kerja dan berpotensi menyebabkan akumulasi barang yang belum tertangani di tiap *workstation*. Berdasarkan hasil observasi dengan pihak produksi, diketahui bahwa:

- Setiap palet mampu menampung rata-rata 25 box produk jadi.
- Setiap box berisi 20 unit komponen otomotif, sehingga satu palet menampung total 500 unit produk.
- Rata-rata kekurangan palet per bulan sebesar 5–8 unit di bagian produksi (lihat Tabel 4.1).
- Maka, potensi penundaan distribusi dari hasil produksi setiap bulannya dapat mencapai:

$$8 \text{ palet} \times 500 \text{ unit} = 4.000 \text{ unit produk/bulan tertunda}$$

Dampak dari kekurangan ini meliputi:

- Penundaan proses pengemasan karena tidak ada media untuk memindahkan barang dari line produksi ke gudang penyimpanan.
- Peningkatan waktu tunggu (*delay time*) di lini produksi sebesar rata-rata 15–20 menit per *shift*, karena operator harus menunggu palet kosong tersedia.
- Risiko kerusakan produk meningkat, karena box produk terpaksa ditumpuk langsung di lantai atau area non-standar.
- Pengaruh terhadap target produksi harian: dalam beberapa kasus, keterlambatan distribusi menyebabkan penurunan output sebesar 3–5% per hari.

Ilustrasi Dampak Finansial (estimasi sederhana):

Jika satu unit produk otomotif bernilai Rp 30.000, maka potensi kerugian dari produk tertunda 4.000 unit/bulan bisa mencapai:

$$4.000 \text{ unit} \times \text{Rp}30.000 = \text{Rp}120.000.000/\text{bulan}$$

Walaupun tidak seluruhnya merupakan kerugian langsung (karena sebagian hanya tertunda), namun efeknya signifikan terhadap cash flow dan kepuasan pelanggan.

Dampak Kekurangan Palet terhadap Kondisi Produksi yang Kurang Optimal

Kekurangan palet yang terjadi secara konsisten pada periode Desember 2024 hingga Februari 2025 memberikan kontribusi nyata terhadap kondisi produksi yang kurang optimal di PT. XYZ. Berdasarkan hasil observasi dan dokumentasi internal perusahaan, beberapa indikator ketidakefisienan produksi yang muncul akibat kekurangan palet dapat diidentifikasi sebagai berikut:

1. Penundaan perpindahan material

Ketersediaan palet yang terbatas menyebabkan terjadinya waktu tunggu (*idle time*) pada proses pemindahan material dari satu workstation ke workstation berikutnya. Akibatnya, siklus produksi menjadi tidak berkesinambungan. Operator harus menunggu palet kosong atau melakukan pencarian manual terhadap palet yang tersebar di area pabrik.

- Rata-rata waktu tunggu: 15 menit per *shift*

- b) Total waktu produksi per *shift*: 480 menit
- c) Kontribusi waktu tidak produktif akibat kekurangan palet:

$$15480 \times 100\% = 3,125\% \text{ waktu terbuang per } shift$$

2. Penurunan *output* produksi harian

Dalam kondisi ideal, satu shift kerja mampu menyelesaikan sekitar 10.000 unit produk per hari. Namun, pada periode *shortage* palet, terjadi penurunan output harian.

- a) Rata-rata output aktual: 9.500 – 9.600 unit/hari
- b) Selisih produksi: 400 – 500 unit/hari
- c) Kontribusi kekurangan palet terhadap penurunan produksi:

Berdasarkan wawancara dengan kepala produksi, sekitar 60–70% dari penurunan ini dikaitkan langsung dengan keterlambatan logistik internal akibat kekurangan palet.

Sehingga dapat dihitung kontribusi langsung kekurangan palet terhadap penurunan output harian:

$$60\% \times 500 \text{ unit} = 300 \text{ unit/hari}$$

3. Penumpukan barang dan ruang kerja terbatas

Karena tidak semua barang hasil produksi dapat langsung dipindahkan ke area penyimpanan menggunakan palet, maka terjadi penumpukan sementara di area produksi. Hal ini mengganggu mobilitas operator dan meningkatkan risiko kerusakan barang.

- a) Rata-rata barang tertahan: 5–8 palet x 500 unit = 2.500 – 4.000 unit/bulan
- b) Ruang kerja yang terdampak: $\pm 20\text{--}30\%$ area produksi utama menjadi tidak dapat digunakan secara optimal

Tabel 7. Ringkasan Kontribusi Kekurangan Palet Terhadap Produksi Tidak Optimal.

Indikator	Nilai / Estimasi	Kontribusi Kekurangan Palet
Penurunan output produksi harian	500 unit	60–70% ($\pm 300\text{--}350$ unit/hari)
Waktu idle (per <i>shift</i>)	15 menit	3,1% dari total waktu kerja
Barang tertahan (bulanan)	± 3.500 unit	100% akibat palet tidak tersedia
Area kerja tidak optimal	$\pm 20\text{--}30\%$	100% terkait backlog barang

Berdasarkan data di atas, kekurangan palet berkontribusi secara langsung antara 60–100% terhadap beberapa aspek produksi yang tidak optimal, khususnya dalam output, waktu kerja efektif, dan penataan ruang produksi. Kondisi ini menunjukkan bahwa pengelolaan palet bukan sekadar isu logistik minor, melainkan komponen vital dalam keberlangsungan operasional produksi di PT. XYZ.

Analisa dan Interpretasi

Hasil perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) pada sub bab sebelumnya memberikan gambaran kuantitatif mengenai tingkat risiko dari masing-masing jenis *shortage* palet yang terjadi di PT. XYZ. Dari tiga jenis *shortage* yang telah dianalisis, diketahui bahwa *shortage* produk memiliki nilai RPN tertinggi, yaitu sebesar 432, diikuti oleh *shortage* admin sebesar 343, dan *shortage* penerimaan barang dengan nilai RPN terendah sebesar 180.

Nilai RPN sebesar 432 yang dimiliki *shortage* produk menandakan bahwa masalah ini merupakan prioritas utama yang harus segera ditangani. Kekurangan palet di lini produksi tidak hanya berdampak pada keterlambatan alur proses produksi, tetapi juga berpotensi menyebabkan kemacetan logistik internal dan keterlambatan pengiriman barang ke konsumen. Keterbatasan jumlah palet yang berfungsi baik menghambat pergerakan barang antar proses dan menyebabkan menumpuknya output produksi yang belum dapat ditangani. Selain itu, nilai *Occurrence* dan *Detection* yang tinggi menunjukkan bahwa kejadian ini sering terjadi dan sulit dideteksi secara dini, sehingga memerlukan sistem pelacakan dan monitoring yang lebih andal.

Shortage admin, dengan nilai RPN 343, menunjukkan bahwa ketidaksesuaian data administratif dengan kondisi fisik palet juga merupakan masalah serius, meskipun dampaknya tidak seketika seperti *shortage* produk. Ketika data dalam sistem menunjukkan ketersediaan palet yang mencukupi, namun kondisi aktual di lapangan menunjukkan sebaliknya, maka akan terjadi gangguan dalam pengambilan keputusan logistik. Hal ini bisa mengarah pada overestimasi atau underestimasi jumlah palet yang tersedia, yang keduanya berisiko terhadap kelancaran operasional. Nilai *Detection* yang tinggi pada

kategori ini memperjelas bahwa kelemahan sistem informasi dan kontrol administratif menjadi penyebab utama yang perlu diperbaiki melalui digitalisasi atau sistem pencatatan real-time

Sementara itu, *shortage* penerimaan barang memperoleh nilai RPN paling rendah, yaitu 180. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun kegagalan jenis ini tetap berpengaruh terhadap kelancaran operasional, risikonya masih dapat dikendalikan jika dibandingkan dengan dua kategori sebelumnya. Kekurangan atau kerusakan palet yang diterima dari supplier biasanya dapat diidentifikasi segera pada saat proses pemeriksaan barang masuk. Namun, bila kejadian ini terus berulang dan tidak ditindaklanjuti dengan sistem pengembalian atau penggantian yang baik, maka dalam jangka panjang tetap dapat menurunkan efektivitas rantai pasok perusahaan.

Secara keseluruhan, hasil analisis ini menegaskan bahwa prioritas perbaikan harus difokuskan terlebih dahulu pada *shortage* produk, karena memiliki dampak operasional langsung dan risiko yang paling tinggi. Setelah itu, perlu dilakukan penguatan sistem administrasi untuk meminimalkan mismatch data, serta perbaikan mekanisme penerimaan barang agar kerusakan palet dari supplier dapat ditekan.

Dengan pendekatan *FMEA*, perusahaan dapat melihat secara sistematis titik-titik kritis dalam sistem manajemen palet dan menetapkan strategi perbaikan berdasarkan urgensi dan dampaknya. Tahap selanjutnya akan membahas rekomendasi perbaikan yang dapat diterapkan oleh PT. XYZ guna meminimalkan risiko *shortage* dan meningkatkan keandalan proses produksi secara keseluruhan.

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai analisis penyebab *shortage* palet menggunakan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) di PT. XYZ, ditemukan bahwa *shortage* palet yang terjadi terbagi menjadi tiga jenis, yaitu *shortage* pada bagian produksi, *shortage* pada bagian administrasi, dan *shortage* pada bagian penerimaan barang. Ketiga jenis *shortage* tersebut berdampak pada gangguan distribusi, keterlambatan proses produksi, serta ketidaksesuaian data pencatatan. Analisis alur distribusi palet menunjukkan bahwa tidak adanya sistem pelacakan palet mengakibatkan palet sering hilang, rusak, atau tidak kembali setelah digunakan. Selain itu, ketiadaan inspeksi kondisi palet dari supplier dan tidak tersedianya SOP retur turut memperparah tingkat kerusakan dan kehilangan. Berdasarkan hasil perhitungan Risk Priority Number (RPN), *shortage* palet pada bagian produksi memiliki risiko tertinggi (RPN = 432) dibandingkan *shortage* pada bagian administrasi (RPN = 343) dan penerimaan barang (RPN = 180). Hal ini menunjukkan bahwa prioritas perbaikan perlu difokuskan pada pengendalian keluar-masuk palet di bagian produksi. Analisis akar penyebab menggunakan diagram fishbone dan metode 5 Why mengungkapkan bahwa faktor utama penyebab *shortage* adalah tidak adanya sistem pelacakan seperti barcode atau RFID, kelalaian pekerja, serta ketiadaan standar inspeksi dan retur palet antarbagian. Secara praktis, penerapan sistem pelacakan barcode, penyusunan SOP pengembalian palet, dan pelatihan petugas administrasi direkomendasikan sebagai langkah perbaikan yang berpotensi meningkatkan kelancaran distribusi, mengurangi waktu tunggu, meningkatkan ketersediaan palet di setiap lini kerja, serta mencegah kerugian finansial akibat terhambatnya alur produksi.

Sebagai pengembangan untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar metode FMEA digabungkan dengan pendekatan berbasis teknologi seperti *Internet of Things* (IoT) dan *Radio Frequency Identification* (RFID) untuk menciptakan sistem pelacakan palet secara otomatis dan *real time*. Selain itu, integrasi dengan prinsip *lean logistics* dan *Total Productive Maintenance* (TPM) juga dapat diterapkan untuk mempercepat pengembalian palet, serta meningkatkan keandalan sistem logistik *internal*. Penggunaan teknologi *prediktif* dan *dashboard visual* berbasis data operasional juga berpotensi mempercepat proses pengambilan keputusan dan meminimalkan risiko *shortage* secara berkelanjutan.

Daftar Pustaka

- [1] M. H. Aiman and M. Nuruddin, "Analisis Kecacatan Produk Pada Mesin Pemotongan Dengan Menggunakan Metode FMEA di UD. Abdi Rakyat," *J. Tek. Ind. J. ...*, 2023, [Online]. Available: <http://ejournal.uin-suska.ac.id/index.php/jti/article/view/23835>

- [2] N.Martin, "Eco-conscious customer centric inventory model with fractional order approach," *Adv. Math. Sci. J.*, vol. 9, no. 4, pp. 1773–1786, 2020, doi: 10.37418/amsj.9.4.33.
- [3] J. X.Zhang, "Joint optimization of preventive maintenance and inventory management for standby systems with hybrid-deteriorating spare parts," *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, vol. 214, 2021, doi: 10.1016/j.ress.2021.107686.
- [4] H. C.Ho, "Customer-centric approach to determine key drivers of sales growth and appropriate inventory management," *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. 2020. [Online]. Available: https://api.elsevier.com/content/abstract/scopus_id/85096621714
- [5] Z.Guo, "Implications on managing inventory systems for products with stock-dependent demand and nonlinear holding cost via the adaptive EOQ policy," *Comput. Oper. Res.*, vol. 150, 2023, doi: 10.1016/j.cor.2022.106080.
- [6] A.Fallahi, "A constrained multi-item EOQ inventory model for reusable items: Reinforcement learning-based differential evolution and particle swarm optimization," *Expert Syst. Appl.*, vol. 207, 2022, doi: 10.1016/j.eswa.2022.118018.
- [7] A.Fallahi, "A sustainable production-inventory model joint with preventive maintenance and multiple shipments for imperfect quality items," *Sci. Iran*, vol. 30, no. 3, pp. 1204–1223, 2023, doi: 10.24200/sci.2021.55927.4475.
- [8] R.Miriam, "Decision Making On Consistent Customer Centric Inventory Model With Quality Sustenance And Smart Warehouse Management Cost Parameters," *Decis. Mak. Appl. Manag. Eng.*, vol. 6, no. 2, pp. 341–371, 2023, doi: 10.31181/dmame622023649.
- [9] C. S.Bangun, "Application of SPC and FMEA Methods to Reduce the Level of Hollow Product Defects," *J. Tek. Ind. J. Has. Penelit. dan Karya Ilm. Dalam Bid. Tek. Ind.*, vol. 8, no. 1, pp. 12–16, 2022.
- [10] A.Wicaksono, E. D.Priyana, and Y. P.Nugroho, "Analisis Pengendalian Kualitas Menggunakan Metode Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) Pada Pompa Sentrifugal Di PT. X," *J. Tek. Ind. J. Has. Penelit. dan Karya Ilm. Dalam Bid. Tek. Ind.*, vol. 9, no. 1, pp. 177–185, 2023.
- [11] M. F.Munawar, U. A. N.Aini, D. H.Novrido, R. M.Jannah, and M. V.Syahanifadhel, "Analisis Perencanaan Produksi Dan Quality Control Dompot Pria Menggunakan Metode MRP Dan FMEA," *J. Tek. Ind. J. Has. Penelit. dan Karya Ilm. Dalam Bid. Tek. Ind.*, vol. 9, no. 2, pp. 362–370, 2023.
- [12] W.Amalia, D.Ramadian, and S. N.Hidayat, "Analisis Kerusakan Mesin Sterilizer Pabrik Kelapa Sawit Menggunakan Failure Modes and Effect Analysis (FMEA)," *J. Tek. Ind. J. Has. Penelit. dan Karya Ilm. Dalam Bid. Tek. Ind.*, vol. 8, no. 2, pp. 369–377, 2022.
- [13] H. A. Yasin and R. P.Sari, "Pengembangan Sistem Inspeksi Digital Berbasis Macro VBA Excel Dengan Metode Failure Mode And Effects Analysis (FMEA)," *J. Tek. Ind. J. Has. Penelit. dan Karya Ilm. dalam Bid. Tek. Ind.*, vol. 7, no. 1, pp. 7–14.
- [14] I. A. B.Nirwana, A. W.Rizqi, and M.Jufryanto, "Implementasi Metode Failure Mode Effect and Analisis (FMEA) Pada Siklus Air PLTU," *J. Tek. Ind. J. Has. Penelit. dan Karya Ilm. dalam Bid. Tek. Ind.*, vol. 8, no. 2, pp. 110–118, 2022.
- [15] W.Ridwan, R.Widiastuti, and E.Nurhayati, "Analisis Pengendalian Kualitas Bibit Sawit dengan Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA) dan Metode Failure Mode Effect Analysis (FMEA) di PT Kapuas Sawit Sejahtera," *J. Tek. Ind. J. Has. Penelit. dan Karya Ilm. dalam Bid. Tek. Ind.*, vol. 9, no. 1, pp. 24–30, 2023.
- [16] W.Syaputra, S. R.Ardian, and A. J.Nugroho, "Integrasi Metode FMEA Dan FTA Dalam Analisis Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Di Bengkel Bubut," *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 3, no. I, pp. 47–56, 2024.
- [17] A. S. M. Absa and S.Suseno, "Analisis Pengendalian Kualitas Produk Eq Spacing Dengan Metode Statistic Quality Control (SQC) Dan Failure Mode And Effects Analysis (FMEA) Pada PT. Sinar Semesta," *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 1, no. III, pp. 183–201, 2022.
- [18] A. Wicaksono and F.Yuamita, "Pengendalian Kualitas Produksi Sarden Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Untuk Meminimumkan Cacat Kaleng Di PT. Maya Food Industries," *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 1, pp. 1–6, 2022, doi: <https://doi.org/10.55826/tmit.v1i1.6>.
- [19] A. L. N.Falah, K.Arief, and R. S.Riginianto, "Analisis Pengendalian Kualitas Pada Tempe Menggunakan Metode Seven Tools Dan FMEA," ... *Manaj. Ind. Terap.*, 2023, [Online]. Available: <http://jurnal-tmit.com/index.php/home/article/view/264>
- [20] A. Wicaksono and F.Yuamita, "Pengendalian Kualitas Produksi Sarden Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Dan Fault Tree Analysis (FTA) Untuk Meminimumkan Cacat Kaleng Di PT XYZ," *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 1, no. III, pp. 145–154, 2022.