



Analisis Penyebab Produk *Defect* Selama Penyimpanan pada Perusahaan Manufaktur Plastik dengan Diagram Pareto dan Root Cause Analysis

Tuti Sarma Sinaga¹✉, Irwan Budiman¹, Tengku Heny Kartika¹

⁽¹⁾Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan, Indonesia

DOI: 10.31004/jutin.v8i2.41632

✉ Corresponding author:

[tuti1@usu.ac.id]

Article Info

Abstrak

Kata kunci:

Plastik;

Produk Defect;

Pareto Diagram;

Analisis Akar Masalah

Penelitian ini dilakukan di sebuah pabrik yang menghasilkan plastik *polypropylene*, *polyethylene*, dan *high density* yang berlokasi di Provinsi Sumatera Utara, Indonesia. Berdasarkan karakteristik produknya, perusahaan menerapkan sistem *make to stock*. Namun, produk mengalami kerusakan yang cukup tinggi hingga mencapai 20% dari total produksinya. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dianalisis penyebab produk *defect* (rusak) selama penyimpanan di pabrik plastik. Dalam penelitian ini, digunakan data historis kerusakan yang terjadi dan Pareto Diagram untuk memperoleh penyebab utama dan menganalisisnya sehingga produk *defect* saat disimpan di gudang dapat berkurang. Berdasarkan Pareto Diagram, diperoleh bahwa plastik lengket dan berubah warna mendominasi jumlah produk *defect* tersebut. Untuk dapat mencegahnya perlu dilakukan pengelolaan suhu ruang penyimpanan, memberikan pemahaman yang baik untuk operator dan inspeksi bahan sesuai dengan standar.

Keywords:

Plastics;

Defect products;

Pareto Diagram;

Root Cause Analysis

Abstract

This research was conducted in a factory that produces polypropylene, polyethylene, and high density plastics located in North Sumatra Province, Indonesia. Based on the characteristics of its products, the company implements a make to stock system. However, the products experience quite high damage reaching 20% of its total production. Therefore, this study will analyze the causes of defective products during storage in a plastic factory. In this study, historical data of damage that occurred and Pareto Diagram were used to obtain the main causes and analyze them so that defective products when stored in the warehouse can be reduced. Based on the Pareto Diagram, it was found that sticky and discolored plastics dominate the number of defective products. To prevent this, it is necessary to manage the

temperature of the storage room, provide a good understanding for operators and inspect materials according to standards.

1. PENDAHULUAN

Produk *defect* adalah produk yang tidak sesuai dengan standar kualitas yang ditetapkan oleh perusahaan atau pelanggan. Kualitas adalah fitur dan karakteristik dari suatu produk atau jasa yang membawa kemampuannya dalam menciptakan nilai dan kepuasan pelanggan (Yafie, 2016). Produk defect dapat terjadi di sepanjang proses, dari proses produksi, maupun ketika telah menjadi produk dan disimpan di gudang untuk menunggu pengiriman. Produk defect dapat dikurangi dengan menggunakan *statistical process control* dan *root cause analysis* (Fajrin dan Sulistiowati, 2018).

Beberapa definisi produk *defect* dapat dikelompokkan dalam: Produk menyimpang dari kondisi yang dimaksudkan oleh produsen; Produk tidak aman, karena cacat desain, meskipun diproduksi dengan sempurna; Produk tidak mampu memenuhi klaim kinerja yang tersirat atau tersurat; dan Produk berbahaya karena tidak memiliki peringatan dan instruksi yang memadai (Stamatis, 2023).

Ada tiga kelompok defect atau kecacatan produk jika dilihat dari tempat terjadinya kecacatan tersebut yaitu cacat desain, cacat produksi, dan cacat layanan. Cacat desain adalah cacat yang terjadi dalam proses ujicoba, analisis trade-off dan biasanya akan memengaruhi seluruh lini produk. Cacat desain terjadi ketika suatu produk berfungsi secara aman, tidak dapat melindungi dari bahaya yang seharusnya dapat dicegah, cacat yang menimbulkan efek samping yang sangat berbahaya, atau cacat yang dapat menimbulkan resiko kecelakaan. Cacat produksi adalah cacat produk tidak memenuhi spesifikasi produk yang telah ditetapkan. Kondisi ini dapat terjadi diakibatkan bahan baku atau part yang tidak sesuai atau kesalahan dalam proses perakitan. Cacat layanan terjadi ketika layanan tidak memenuhi kriteria yang ditetapkan oleh pihak desain atau pengguna.

Berbagai metode dapat digunakan menganalisis masalah yang diketahui dan potensial dalam semua fase sistem, desain, proses, dan layanan, diantaranya metode statistik. Setelah proses analisis masalah dilakukan, selanjutnya dapat menggunakan diagram analisa sebab-akibat atau root cause analysis (RCA) untuk melihat akar penyebab kesalahan. Analisa sebab akibat ini dapat dikelompokkan ke dalam tiga kategori berikut: klasifikasi, inferensi kausal, dan lokalisasi (Hu et al., 2025). RCA Klasifikasi biasanya merupakan masalah klasifikasi data dalam multi-kelas pada periode waktu tertentu. RCA Inferensi Kausal bertujuan untuk menemukan akar penyebab dengan metode statistik atau menggunakan hubungan kausal antar indikator. Akar penyebab biasanya berupa simpul pada grafik kausal atau di lini permasalahan. RCA Lokalisasi bertujuan untuk melakukan deteksi anomali waktunya pada beberapa indikator utama (tingkat atas) dan kemudian menemukan kumpulan indikator terperinci (tingkat bawah) yang mengarah ke anomali tersebut.

Penggunaan metode analisis sebab-akibat biasanya didahului penggunaan Diagram Pareto untuk mengidentifikasi masalah utama yang berkontribusi pada sebagian besar kesalahan atau ketidak sempurnaan dalam sebuah sistem. Pareto memiliki prinsip sederhana,yang menyatakan +80% dari output memberi pengaruh sekitar 20% sebagai penyebab input. Meskipun angka 80/20 terkadang bervariasi dalam berbagai situasi yang dianalisis, idenya tetap sama: sebagian kecil faktor atau usaha menghasilkan sebagian besar hasil.

Pabrik plastik yang menjadi objek penelitian bergerak di bidang manufaktur pengolahan bijih plastik. Produk yang dihasilkan adalah plastik dengan jenis *Polypropylene*, *Polyethylene*, dan *High Density*. Karakteristik produk yang tahan lama dan membutuhkan waktu yang cukup lama untuk diproduksi membuat perusahaan menerapkan *make to stock* untuk produknya. Namun demikian, Perusahaan juga menerapkan peramalan permintaan terhadap potensi permintaan pelanggan. Dengan demikian, setelah produk selesai diproduksi, maka produk akan disimpan sementara di Gudang sebelum dikirimkan ke pelanggan. Pengeluaran produk dilakukan secara FIFO (*First in First Out*) sehingga produk yang duluan diproduksi akan dikirim ke pelanggan terlebih dahulu. Meskipun Perusahaan telah melakukan pengecekan kualitas produk setelah selesai produksi, namun produk yang rusak (*defect*) selama disimpan di gudang mencapai 20%. Tingkat kerusakan produk yang cukup tinggi ini melatarbelakangi perlunya identifikasi penyebab kerusakan produk selama penyimpanan di gudang pabrik.

Berdasarkan observasi pendahuluan yang telah dilakukan, terlihat adanya penumpukan produk jadi di gudang produk jadi. Salah satu penyebab penumpukan di gudang disebabkan upaya pengendalian tingkat persediaan kurang tepat sehingga muncul risiko kerusakan produk maupun kemasan produk. Selain aspek tersebut, faktor tingkat keahlian operator, dan material handling juga mungkin menyebabkan kerusakan produk.

Pada penilitian ini proses identifikasi komponen penyebab kerusakan serta mencegahnya adalah dengan menggunakan *Pareto Diagram* dan *Root Cause Analysis*.

2. METODE

Penelitian ini dilakukan di sebuah perusahaan manufaktur plastik dengan fokus pada gudang produk jadi. Pada penelitian ini permasalahan dideskripsikan secara sistematis dengan tujuan untuk mengidentifikasi penyebab kerusakan produk selama disimpan di gudang. Penelitian ini menggunakan Diagram Pareto dalam menentukan penyebab utama dari kerusakan yang dialami produk di gudang dan *root cause analysis* dimanfaatkan untuk memperoleh akar masalah dari kerusakan produk tersebut. Proses yang diselidiki akan disusun dalam bagan Pareto untuk menggambarkan sebaran data dalam beberapa kategori dan frekuensi data muncul dalam setiap kategori. Selanjutnya berdasarkan Diagram Pareto, disusun analisis Root Cause, sehingga pabrik memperoleh masukan terkait hal yang perlu dilakukan dalam mencegah terjadinya kerusakan tersebut.

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dideskripsikan sebagai berikut:

1. Pengumpulan data historis

Pengumpulan data historis dilakukan dengan menggunakan data sekunder dari Perusahaan. Tahapan ini dikumpulkan data terkait jumlah produksi, jumlah persediaan dan jumlah produk jadi yang rusak.

2. Identifikasi Jenis Kerusakan

Jenis kerusakan untuk setiap produk diidentifikasi melalui wawancara kepada bagian Gudang dan *Quality Control*, dan check sheet atau data sekunder Perusahaan.

3. Analisis Penyebab Utama Kerusakan

Penyebab utama kerusakan dianalisis dengan menggunakan Diagram Pareto. Prinsip yang dapat digunakan adalah Pareto 80/20.

4. Pencarian Akar Masalah

Pencarian akar masalah dilakukan dengan menggunakan metode wawancara dan tools yang digunakan adalah Diagram Fishbone untuk setiap penyebab utama kerusakan tersebut.

5. Penyusunan Rencana Pencegahan Produk Defect

Setelah diperoleh akar masalah, maka Langkah berikutnya adalah menyusun rencana penyelesaian sehingga produk defect dapat berkurang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan Data Historis

Langkah pertama yang perlu dilakukan dalam penelitian ini adalah pengumpulan data historis dengan menggunakan Tabel atau *check sheet*. Tabel ini bertujuan untuk memperoleh informasi awal kondisi produk defect. Pengumpulan data diawali dengan data produksi selama satu semester 2024 seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Produksi Juni-Desember 2024

Bulan	Jenis Plastik			Total Produksi Per Bulan (unit)	Presentase Jumlah Produksi
	PP	PE	HD		
Juni	68.069	48.399	34.435	150.903	16,82%
Juli	51.324	36.018	29.912	117.254	13,07%
Agustus	50.365	34.593	25.186	110.144	12,28%
September	58.961	47.444	27.615	134.020	14,94%
Oktober	67.533	41.951	28.540	138.024	15,39%
November	52.092	45.812	32.450	130.354	14,53%
Desember	50.677	32.381	33.271	116.329	12,97%
Total	399.021	286.598	211.409	897.028	100 %

Identifikasi Jenis Kerusakan pada Produk

Langkah berikutnya adalah melakukan wawancara kepada bagian Gudang dan Quality Control untuk menentukan jenis kerusakan yang dialami. Berdasarkan wawancara yang dilakukan, diperoleh tiga jenis kerusakan utama yang terjadi pada produk plastik, yaitu plastik berubah warna, plastik menjadi lengket, dan plastik mengalami robek. Peneliti lalu mengumpulkan data historis untuk masing-masing kecacatan untuk tiap produk sehingga diperoleh jumlah kerusakan dan jenis kerusakan pada masing-masing produk seperti dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah dan Jenis Kerusakan Plastik Juni- Desember 2024

Bulan	Total Produksi Per Bulan	Dikirim	Jenis Kerusakan untuk Plastik Jenis PP			Jenis Kerusakan untuk Plastik Jenis PE			Jenis Kerusakan untuk Plastik Jenis HD		
			A	B	C	A	B	C	A	B	C
Juni	150.903	89.838	6.613	6.669	4.151	7.932	9.875	4.865	7.838	7.939	4.897
Juli	117.254	99.165	6.514	9.493	4.417	7.070	7.778	4.619	7.707	8.260	4.368
Agustus	110.144	105.676	7.047	7.863	4.898	7.908	7.602	4.338	6.920	6.844	4.006
Sept	134.020	111.823	6.863	7.561	3.957	7.789	6.889	3.456	7.504	7.047	3.120
Okt	138.024	101.455	6.533	6.314	3.462	7.041	7.883	4.590	7.630	8.360	3.862
Nov	130.354	107.499	6.885	8.303	3.598	7.608	9.602	4.193	7.152	6.894	3.081
Des	116.329	81.092	7.934	6.671	4.196	7.654	9.998	3.206	6.758	6.145	4.718
Total	897.028	696.548	48.389	52.874	28.679	53.002	59.627	29.267	51.509	51.489	28.052

Keterangan: A: Plastik Berubah Warna; B: Plastik Lengket; C: Plastik Robek

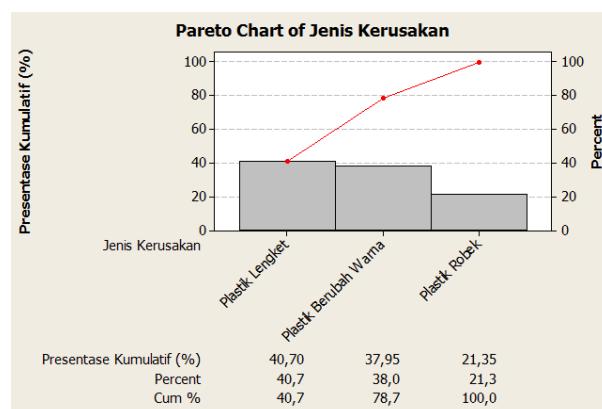
Analisis Penyebab Utama Kerusakan

Penyebab utama kerusakan pada produk dapat dianalisis dengan menggunakan Diagram Pareto. Pareto dilakukan dengan cara membandingkan persentase kerusakan produk untuk masing-masing jenis kerusakan secara kumulatif. Sebelumnya, untuk setiap jenis kerusakan dilakukan perhitungan persentase kumulatif seperti dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Persentase Kumulatif Kerusakan Jumlah Produk

Jenis Kerusakan	Total Kerusakan	Persentase Kerusakan (%)	Persentase Kumulatif (%)
Plastik Lengket	163.990	40,7	40,7
Plastik Berubah Warna	152.900	37,95	78,65
Plastik Robek	85.998	21,35	100
Total	402.888	100	

Diagram Pareto digambarkan dengan bantuan software Minitab berdasarkan data yang direkapitulasi pada Tabel 3. Dengan demikian, Diagram Pareto untuk jumlah kerusakan produk dapat dilihat pada Gambar 1.

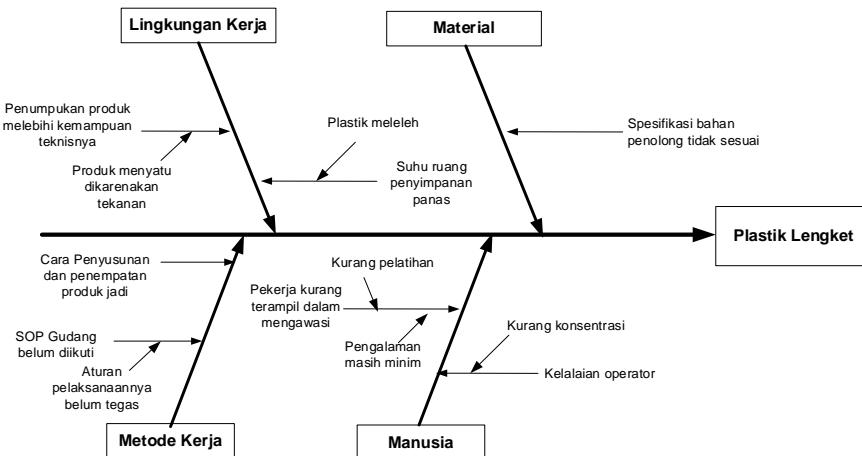


Gambar 1. Diagram Pareto untuk Jenis Kerusakan pada Produk.

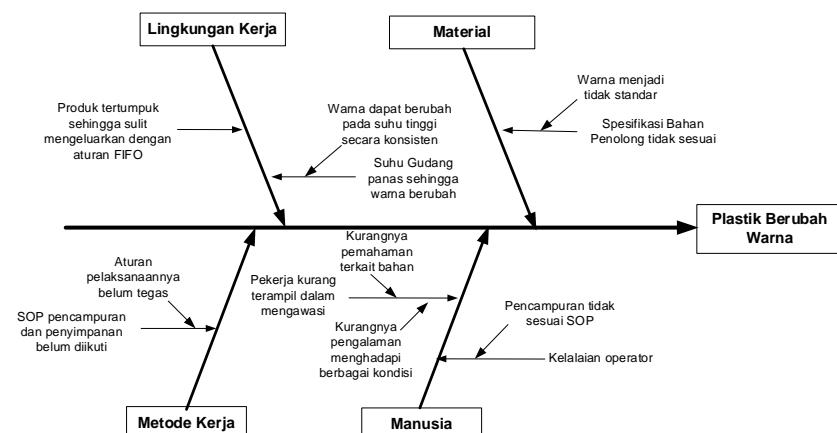
Seperti terlihat pada Diagram Pareto tersebut, dengan prinsip Pareto 80/20, dimana Sebagian besar permasalahan dapat diselesaikan dari sedikit akar masalahnya. Dalam kasus yang diambil, kondisi riilnya secara tepat 78/33, maka akar masalah yang perlu diselesaikan adalah Plastik lengket dan Plastik Berubah Warna sehingga dapat menurunkan jumlah produk *defect* mencapai 78%. Tujuan penyelesaian sebagian akar masalahnya adalah untuk efisiensi ongkos produksi dan ongkos penyimpanan.

Pencarian Akar Permasalahan

Akar masalah dapat diperoleh dengan menggunakan *root cause analysis*. Adapun tools yang dapat digunakan pada tahapan ini adalah Ishikawa/ Fishbone Diagram. Fishbone diagram disusun berdasarkan 5 komponen sistem industri yaitu material, mesin, metode dan lingkungan kerja yang menyebabkan munculnya kegagalan produk jadi. Hasil Fishbone Diagram untuk Penyebab terjadinya kegagalan Plastik Lengket yang tersepti dapat dilihat pada Gambar 2, sedangkan Fishbone Diagram untuk penyebab kegagalan produk Berubah Warna dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Fishbone Diagram untuk Penyebab Plastik Lengket.



Gambar 3. Fishbone Diagram untuk Penyebab Plastik Berubah Warna.

Dengan penggunaan *why why analysis* pada Diagram Fishbone akan membantu dalam pencarian akar masalah yang dimaksud. Jika dilihat dari kedua fishbone diagram tersebut, terlihat bahwa terdapat kesamaan akar masalah yang menyebabkan terjadinya produk *defect*. Setelah dirangkum dari kedua diagram fishbone tersebut, terlihat bahwa akar masalah dari penyebab utama tersebut dikarenakan beberapa hal sebagai berikut:

1. Spesifikasi bahan penolong yang digunakan tidak sesuai sehingga mempengaruhi daya tahan produk terhadap perubahan lingkungan sekitarnya
2. Sistem pengatur suhu ruangan yang kurang baik membuat plastik meleleh karena suhu ruangan yang tinggi

3. Produk ditumpuk terlalu banyak sehingga menyatu dan menyulitkan dalam pengambilan sehingga produk yang berada diposisi bawah menjadi lebih lama tersimpan di gudang
4. Penyusunan produk yang kurang baik dan penempatan produk jadi yang tidak tepat karena pelaksanaan standard operating procedure (SOP) tidak dilaksanakan dengan baik
5. Kurangnya pelatihan mengenai penanganan bahan bagi operator gudang
6. Operator kurang berpengalaman dalam sistem pergudangan
7. Kurangnya konsentrasi operator dalam bekerja
8. Proses pencampuran bahan baku tidak sesuai dengan SOP

Penyusunan Rencana Pencegahan Produk Defect

Upaya pencegahan kerusakan produk perlu dilakukan agar ongkos produksi dan ongkos penyimpanan produk dapat ditekan sehingga keuntungan perusahaan semakin meningkat. Tingginya jumlah produk yang rusak mengakibatkan produk tersebut tidak dapat dijual, sedangkan di sisi lain jumlah produk defect yang disimpan di gudang tinggi akan memperbesar beban ongkos simpan. Hal ini menunjukkan pentingnya pencegahan produk Defect dilakukan baik secara taktis maupun secara operasional mengingat persentase kerusakannya yang cukup tinggi. Untuk setiap permasalahan, disusun strategi untuk mengatasi permasalahan, memperkirakan risiko yang muncul dari penerapan strategi tersebut, dan menentukan penanggung jawab pelaksanaan strategi. Adapun rencana strategi yang disusun dalam rangka menurunkan jumlah produk defect di pabrik plastik dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rencana Strategi Perbaikan Untuk Menurunkan Jumlah Produk Defect

No	Permasalahan	Strategi Mengatasi	Risiko Strategi	Penanggung Jawab
1	Spesifikasi bahan penolong yang tidak sesuai	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bahan penolong perlu dicek <i>quality control</i> sebelum diterima gudang bahan 2. Jenis bahan penolong disesuaikan dengan kualitas produk yang diharapkan 	Bertambahnya kegiatan Penerimaan Bahan	<i>Quality Control</i> dan Gudang Bahan
2	Plastik meleleh karena suhu tinggi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sekat pembatas antara lantai produksi dan gudang barang jadi perlu ditambahkan sehingga suhu panas dari lantai produksi tidak mengalir ke Gudang 2. Menambah fasilitas pendingin ruangan pada gudang untuk kestabilan udara sekitarnya 	Bertambahnya biaya untuk penambahan sekat dan pendingin ruangan	Gudang produk jadi
3	Produk ditumpuk terlalu banyak sehingga menyatu dan menyulitkan operator dalam pengambilan produk	<p>Produk disusun di gudang bahan jadi pada rak susun dengan ketentuan dan kemampuan teknis beban produk</p> <p>Desain produk baru yang mempertimbangkan aspek kemudahan penyimpanan, termasuk pemberian label produk</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bertambahnya biaya untuk pengadaan rak susun 2. Pembelian alat material handling untuk membantu proses pergudangan 	Gudang produk jadi
4	Cara penyusunan dan penempatan produk jadi di gudang	Membutuhkan penambahan staf terkait desain produk	Direktur	
5	Pelaksanaan SOP belum diatur secara tegas oleh Pimpinan pabrik	Sanksi berupa denda dapat dilakukan dalam rangka memastikan SOP untuk sistem produk jadi dijalankan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sosialisasi aturan SOP yang akan ditetapkan 2. Protes dari karyawan terkait denda yang harus dibayarkan sebagai dampak sanksi tersebut 	Human Resource
6	Pencampuran bahan tidak sesuai dengan SOP			
7	Kurangnya konsentrasi			

8	Kurangnya pelatihan penanganan produk bagi operator gudang	Pemetaan kebutuhan dan pelaksanaan pelatihan yang dibutuhkan karyawan gudang	Bertambahnya biaya untuk pelaksanaan pelatihan karyawan	Human Resource
9	Kurangnya pengalaman operator dalam bekerk			

Diskusi

Produk defect merupakan hal yang memboroskan sumber daya perusahaan, baik material, energi, tenaga kerja, dan lain-lainnya. Berdasarkan hal tersebut, produk defect sangat penting untuk dikurangi dan dihilangkan. Penyebab kerusakan perlu dicari agar permasalahannya dapat diselesaikan. Bila diperhatikan, penyebab terjadinya kerusakan produk dikarenakan suhu gudang yang tinggi, spesifikasi teknis bahan penolong yang tidak sesuai, dan pencampuran bahan baku dan bahan penolong yang tidak mengikuti komposisi yang telah ditetapkan. Solusi yang dibutuhkan untuk gudang adalah memberi sekat antar ruangan, atau pemindahan gudang ke lokasi lain sehingga suhu gudang lebih sesuai untuk penyimpanan produk. Selain itu, perlu memastikan bahan penolong disesuaikan dengan spesifikasi teknisnya yang telah ditetapkan perusahaan, selain itu pencampuran sesuai komposisi yang tepat agar produk yang dihasilkan lebih seragam.

Penyebab-penyebab lainnya meskipun tidak memberikan dampak langsung terhadap produk menjadi defect seperti produk yang ditumpuk terlalu banyak, cara penyusunan yang kurang tepat, tidak mengikuti SOP, pelatihan, pengalaman, maupun konsentrasi operator yang terganggu saat bekerja tetap perlu untuk diperhatikan agar produk defect dapat berkurang seperti yang dikemukakan oleh Fajrin (2018). Pada penelitian tersebut, kontrol terhadap seluruh aktifitas pergudangan menjadi penting untuk dilakukan secara nyata karena akan memberikan dampak pada penurunan angka produk *defect*. Beberapa strategi operasional juga perlu disusun, seperti pengecekan kualitas bahan baku dan penolong oleh unit *quality control*, desain ruangan, penambahan rak susun untuk penyimpanan, redesain produk agar lebih mudah untuk disimpan, sosialisasi aturan kerja dan pemberlakuan sanksi, hingga pelatihan untuk bagian operator yang membutuhkan. Dalam jangka waktu relatif pendek, Perusahaan mungkin tidak dapat menjalankan keseluruhan rekomendasi strategi yang diberikan, namun Perusahaan dapat memprioritaskan beberapa strategi utama seperti penyekatan ruang produksi dengan gudang dan sanksi yang lebih tegas kepada operator yang bekerja tidak sesuai SOP agar terjadinya produk defect selama proses penyimpanan dapat diminimalisir.

Seringkali, identifikasi akar masalah dengan menggunakan fishbone diagram sendiri sangat kurang mampu digunakan secara efektif. Hal tersebut dikarenakan adanya kesalahan dalam menilai keakuratan dimensional, kesalahan dalam evaluasi bentuk dan posisi, dan kesalahan evaluasi secara umum (Liliana, 2016). Oleh karena itu, dalam penelitian ini juga digunakan bantuan *why why analysis* dalam mendukung pencarian akar masalah yang dimaksud. Hal ini dinilai cukup efektif karena akar masalah diperoleh secara cepat dan terhindar dari terjadinya kesalahan evaluasi di kebanyakan kasus penggunaan fishbone diagram.

Proses indentifikasi penyebab kerusakan produk jadi di gudang pada pabrik plastik ini dapat dilanjutkan dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), yaitu metode yang sering dipakai untuk mengidentifikasi komponen penyebab kerusakan serta mencegahnya secara lebih detil sehingga perbaikannya lebih tepat sasaran.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini memberikan simpulan terkait penyebab utama terjadinya produk defect adalah karena plastik meleleh dan plastik berubah warna, sedangkan untuk akar masalahnya diperoleh permasalahan terkait spesifikasi bahan, SOP, suhu gudang yang tinggi, dan diperburuk dengan cara penyusunan yang tidak tepat, kurangnya pelatihan, pengalaman, dan konsentrasi karyawan. Penelitian ini mekomendasikan kepada perusahaan agar segera dapat memberikan sekat antara lantai produksi dengan gudang serta mensosialisasikan pemberlakuan sanksi kepada operator yang bekerja tidak sesuai dengan SOP yang ditetapkan perusahaan. Selanjutnya identifikasi penyebab kerusakan dengan metode FMEA.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Melalui kesempatan ini, peneliti hendak menyampaikan ucapan terima kasih kepada responden-responden yang telah kami wawancarai dalam rangka penelitian ini dan melakukan verifikasi hasil rencana yang disusun

6. REFERENSI

- Dyadem. 2003. *Guidelines for Failure Mode and Analysis, For Automotive, Aerospace and General Manufacturing Industries*: CRC Press.
- ElHaik, Basem. 2005. *Service Design for Six Sigma*. Wiley Intersektion Publication
- Fajrin, M. H., and Sulistiyowati, W. (2018). Pengurangan Defect pada Produk Sepatu dengan Mengintegrasikan Statistical Process Control (SPC) dan Root Cause Analysis (RCA) Studi Kasus PT. XYZ. *Spektrum Industri*, 16(1); 29-40
- McDermott., E, Robin. 2009. *The Basic of FMEA*. Edisi 2. USA : CRC Press.
- D. H. Stamatis. (2023). Failure Mode and Effect Analysis: FMEA From Theory to Execution. In *Technometrics* (Vol. 38, Issue 1). American society For Quality. <https://doi.org/10.1080/00401706.1996.10484424>
- Hu, Z., Liu, L., Ma, L., & Yu, X. (2025). SinkFlow: Fast and traceable root-cause localization for multidimensional anomaly events. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 139(September 2022). <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2024.109582>
- Liliana, L. (2016). A New Model of ishikawa Diagram for Quality Assessment. in Proc. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. (20th Innovative Manufacturing Engineering and Energy Conference, Kozani, Greece)*. 161, 23-25 September 2016.
- Ouyang, L., Zhu, Y., Zheng, W., & Yan, L. (2021). An information fusion FMEA method to assess the risk of healthcare waste. *Journal of Management Science and Engineering*, 6(1), 111–124. <https://doi.org/10.1016/j.jmse.2021.01.001>
- Yafie, A. S., Suharyono, and Abdillah, Y. (2016). Pengaruh Kualitas Produk dan Kualitas Jasa terhadap Kepuasan Pelanggan. *Jurnal Administrasi Bisnis (JAB)*, 35(2); 11-19.