

Penurunan Cacat Dakon Pada Proses Forging Menggunakan Metode FMEA di PT Komatsu Undercarriage Indonesia

Enang Ashar Suryono^{1*}, Hendi Herlambang², Tri Ngudi Wiyatno³, Suhendra⁴

¹ Teknik Industri, Universitas Pelita Bangsa ; email : enang6475@gmail.com

² Teknik Industri, Universitas Pelita Bangsa ; email : hendiherlambang@pelitabangsa.ac.id

³ Teknik Industri, Universitas Pelita Bangsa ; email : tringudi@pelitabangsa.ac.id

⁴ Teknik Industri, Universitas Pelita Bangsa ; email : suhendra@pelitabangsa.ac.id

Jl. Inspeksi Kalimalang No.9, Cibatu, Cikarang Sel., Kabupaten Bekasi, Jawa Barat 17530

*Penulis : Enang Ashar Suryono

Abstract: PT KUI (Komatsu Undercarriage Indonesia) produces various undercarriage components for heavy equipment, especially excavators and bulldozers. The main components produced include link assy, shoe assy, roller, carry, sprocket, axle, and segment gear. The roller is one of the heaviest components. The component is produced through a forging process with a material weight of up to 112 kg at a temperature of between 1150-1250°C. In these conditions, there is a possibility of plastic jamming which can cause product defects known as dakon. This study aims to identify and analyze the source of the problem by applying the FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) method. Through this approach, the RPN (Risk Priority Number) is obtained which is the main basis for determining the priority of repairs needed to reduce dakon defects. The results of the study showed that the application of *kaizen* which included the addition of cooling fans to achieve optimal temperatures, conveyor speed settings, and standardization of procedures was able to significantly reduce dakon defects from 39.7% to 0% (*zero dakon*).

Keywords: FMEA ; Forging ; Dakon ; Risk Priority Number ; Forging

Abstrak: PT KUI (Komatsu Undercarriage Indonesia) memproduksi berbagai komponen *undercarriage* untuk alat berat khususnya *excavator* dan *bulldozer*. Komponen utama yang diproduksi antara lain *link assy*, *shoe assy*, *roller*, *carrier*, *sprocket*, *shaft*, dan *segment teeth*. *Roller* merupakan salah satu komponen yang terberat. Komponen tersebut diproduksi melalui proses *forging* dengan berat material hingga 112 kg pada temperatur antara 1150-1250°C. Pada kondisi tersebut, terdapat kemungkinan terjadinya deformasi plastis yang dapat menimbulkan cacat produk yang dikenal dengan istilah *dakon*. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis sumber permasalahan dengan menerapkan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). Melalui pendekatan tersebut, diperoleh RPN (*Risk Priority Number*) yang menjadi dasar utama dalam menentukan prioritas perbaikan yang diperlukan untuk mengurangi cacat *dakon*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan *kaizen* yang meliputi penambahan kipas pendingin untuk mencapai suhu optimal, pengaturan kecepatan konveyor, dan standarisasi prosedur mampu menurunkan cacat *dakon* secara signifikan dari 39,7% menjadi 0% (*zero dakon*).

Kata kunci: FMEA ; Forging ; Dakon ; Risk Priority Number.

Diterima: 02 Februari 2025

Direvisi: 12 Februari 2025

Diterima: 28 Februari 2025

Diterbitkan: 30 Maret 2025

Versi sekarang: 30 Maret 2025

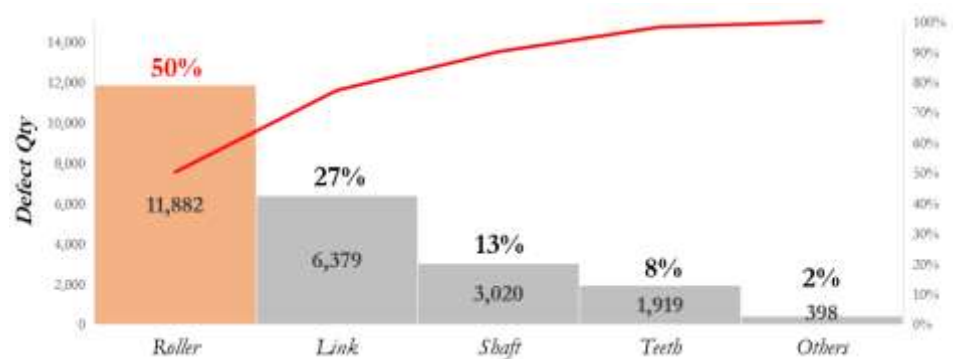


Hak cipta: © 2025 oleh penulis.
Diserahkan untuk kemungkinan
publikasi akses terbuka
berdasarkan syarat dan ketentuan
lisensi Creative Commons
Attribution (CC BY SA) (
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

1. Pendahuluan

Perusahaan dituntut untuk terus meningkatkan kinerja dan produktivitas agar tetap kompetitif serta mampu memenuhi permintaan pasar secara optimal [1]. Kualitas sangatlah

penting untuk mengevaluasi setiap aktivitas kerja sehingga produktivitas dapat ditingkatkan, salah satunya dengan mengimplementasikan otomatisasi secara efektif agar pemborosan dapat diturunkan [2]. Permasalahan yang sering dihadapi dalam pembuatan *equipment* penunjang seringkali disebabkan oleh masih banyaknya *waste* yang terjadi di setiap lini [3]. Oleh karenanya, perusahaan perlu mengeliminasi segala bentuk pemborosan. Tingginya tingkat pemborosan dalam proses produksi tersebut mengindikasikan bahwa penerapan konsep *Lean Manufacturing* belum berjalan secara maksimal [4]. Tingginya jumlah produk yang cacat juga merupakan jenis pemborosan. Mengingat pentingnya perkembangan industri yang semakin pesat, para pelaku bisnis harus menyadari orientasi terhadap kualitas produk tersebut [5]. PT KUI merupakan perusahaan yang memproduksi berbagai komponen *undercarriage* untuk alat berat khususnya *excavator* dan *bulldozer*. Beberapa komponen utama yang diproduksi antara lain *link assy*, *shoe assy*, *roller*, *carrier*, *sprocket*, *shaft*, dan *segment teeth*. *Roller* merupakan produk yang paling tinggi jumlah cacatnya hingga setengah dari jumlah produksi, seperti terlihat pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Data cacat dakon semua produk (April – Juni 2024)

Adapun jenis cacat yang dimaksud adalah *dakon*. *Roller* merupakan salah satu komponen yang terberat. Komponen tersebut diproduksi melalui proses *forging* dengan berat *material* hingga 112 kg pada temperatur antara 1150-1250°C. Kondisi tersebut menyebabkan kemungkinan terjadinya deformasi plastis yang dapat menimbulkan cacat produk yang dikenal dengan istilah *dakon*. Bentuk produk cacat *dakon* dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini. *Dakon* merupakan cacat produk yang terjadi akibat adanya bekas benturan produk dengan benda keras lain, sehingga mengakibatkan perubahan bentuk produk. Saat ini PT KUI melakukan investigasi untuk menurunkan cacat *dakon* tersebut dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Permasalahan kualitas pada industri yang lain seperti tas dan koper juga menggunakan metode FMEA [6]. Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan pada setiap tahapan proses produksinya. Sektor pertanian juga menggunakan penelitian deskriptif kualitatif melalui analisis metode FMEA [7]. Rekomendasi perbaikan terhadap industri makanan *cookies* coklat yang gosong juga menggunakan hasil analisis FMEA [8]. Intinya, metode ini sudah sangat sering dipakai untuk menyelesaikan masalah kualitas dan produktivitas disemua jenis industri yang ada.



Gambar 2. Cacat *dakon* pada *roller*

2. Tinjauan Literatur

Penelitian mengenai pengendalian kualitas dengan menggunakan metode FMEA bukanlah hal yang baru, karena telah banyak studi sebelumnya yang mengaplikasikan pendekatan ini. Sebagai perbandingan, berikut beberapa penelitian terdahulu yang menggunakan metode FMEA.

2.1. Kualitas Produk

Kualitas produk merupakan faktor terpenting bagi suatu perusahaan, karena mencerminkan kemampuan perusahaan dalam bersaing di era globalisasi saat ini. Kualitas merujuk pada karakteristik dari suatu produk atau jasa yang memengaruhi kemampuannya dalam memenuhi kebutuhan pelanggan [9]. Kualitas juga berpengaruh langsung terhadap kehandalan suatu produk, sehingga memiliki keterkaitan dengan tingkat kepuasan pelanggan.

2.2. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) adalah metode terstruktur yang digunakan untuk mendeteksi dan mencegah berbagai kegagalan dalam suatu proses atau produk. Metode ini membantu mengidentifikasi sumber dan akar penyebab masalah kualitas, sehingga memungkinkan tindakan korektif diambil untuk menghilangkan atau mengurangi kemungkinan terjadinya kegagalan [10]. Dalam konteks FMEA, "mode kegagalan" mengacu pada cara atau mekanisme yang menyebabkan suatu proses atau produk dapat gagal, seperti cacat desain, kondisi yang tidak sesuai spesifikasi, atau modifikasi produk yang menyebabkan kegagalan fungsional. Metode ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis potensi kegagalan tersebut, sehingga memungkinkan penerapan tindakan pencegahan atau perbaikan yang efektif untuk meningkatkan kualitas dan keandalan produk atau proses. Langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi potensi kegagalan dalam proses produksi menggunakan metode FMEA. *Risk Priority Number* (RPN) merupakan indikator yang digunakan dalam FMEA untuk menilai tingkat risiko kegagalan berdasarkan tiga faktor utama. Nilai RPN dihitung dengan mengalikan ketiga faktor tersebut.

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

Severity (S) : Tingkat keparahan dampak yang disebabkan oleh kegagalan.
Occurrence (O) : Kemungkinan atau frekuensi terjadinya kegagalan.
Detection (D) : Kemampuan saat ini untuk mendeteksi kegagalan tersebut.

Nilai RPN yang lebih besar pada proses produksi, menunjukkan risiko yang lebih besar dan menjadi prioritas pertama untuk diperbaiki.

Severity (S)

Severity merupakan tahap awal dalam melakukan proses analisis risiko. *Severity* digunakan untuk menghitung nilai risiko, yaitu besarnya dampak atau intensitas suatu kejadian terhadap proses. Adapun kriteria dan skala dampaknya dinilai dengan skor antara 1 hingga 10 seperti pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Kriteria nilai *severity*

<i>Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Rank</i>
Rendah	Kegagalan yang tidak terdapat efek langsung	1-3
Sedang	Cacat masih dapat diperbaiki	4-6
Tinggi	Jumlah jenis cacat banyak	7-8
Sangat tinggi	Menyebabkan fungsi peralatan produksi terganggu	9-10

Occurrence (O)

Occurrence merupakan penyebab yang paling mungkin berasal dari distorsi bentuk yang terjadi selama proses produksi. Adapun kriteria dan skala dampaknya dinilai pada skala peringkat 1 sampai 10, seperti pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Kriteria nilai *occurrence*

<i>Effect</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Rank</i>
Rendah	Sedikit jumlah cacat	1-3
Sedang	Kegagalan sekali	4-6
Tinggi	Kegagalan berulang	7-8
Sangat tinggi	Kegagalan yang tak tergantikan	9-10

Detection (D)

Detection merupakan skor yang digunakan untuk mendeteksi segala sesuatu yang berkaitan dengan efektivitas kontrol yang ada saat ini, termasuk seberapa mampu sistem kontrol tersebut mendeteksi atau mencegah terjadinya kegagalan. Tabel 3 dibawah ini menjelaskan beberapa kriteria *detection*.

Tabel 3. Kriteria nilai *detection*

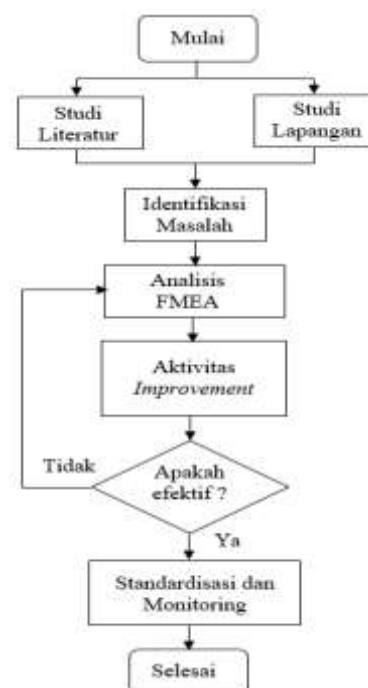
<i>Effect</i>	<i>Detection</i>	<i>Rank</i>
Hampir tidak mungkin	Alat kontrol hampir tidak dapat mendeteksi	10
Sangat jarang	Inspector tidak dapat mendeteksinya	9
Jarang	Pengendali sangat sulit deteksi sebab kegagalan	8
Sangat rendah	Performa pengendalian sangat lemah	7
Rendah	Kemampuan pengendalian deteksi sangat lemah	6
Sedang	Pengendalian deteksi kegagalan sedang	5
Agak tinggi	Kesalahan pengontrol menyebabkan deteksi cukup tinggi	4
Tinggi	Kemampuan alat kontrol melaksanakan deteksi tinggi	3
Sangat tinggi	Tinggi kesalahan pengontrol menyebabkan deteksi sangat tinggi	2
Hampir pasti	Alat kontrol hampir pasti mendeteksi penyebab kegagalan	1

3. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan menerapkan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) pada proses *forging* di PT KUI (Komatsu Undercarriage Indonesia). Pengumpulan data dilakukan melalui observasi lapangan, wawancara dengan operator, dan dokumentasi terkait tingkat kecacatan produk. Metode FMEA merupakan pendekatan sistematis yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis potensi kegagalan dalam proses produksi, dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas dan keandalan produk. Dalam industri packaging, penerapan analisis FMEA difokuskan untuk memperbaiki kegagalan yang memiliki nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi [11]. Pada industri pabrikasi *boiler pressure part*, setelah dilakukan pengolahan data menggunakan diagram pareto berdasarkan nilai RPN yang diperoleh dari metode FMEA, diketahui bahwa jenis cacat dominan adalah hole distance dengan RPN sebesar 364 dan dimension length dengan RPN 352 [12]. Metode FMEA pada industri songkok juga digunakan untuk mengidentifikasi jenis cacat yang berpotensi menyebabkan kegagalan produk, serta untuk menilai tingkat risiko kegagalan proses melalui perhitungan RPN [13]. Berdasarkan hasil penelitian pada proses produksi pita cukai berpererekat, diketahui bahwa setelah dilakukan perbaikan, nilai RPN mengalami penurunan signifikan hingga 63%, yang menunjukkan adanya peningkatan efektivitas dalam pengendalian risiko kegagalan pada proses tersebut [14].

Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) juga dapat digunakan untuk menelusuri akar penyebab dari mode kegagalan potensial yang memiliki nilai RPN tertinggi, sehingga dapat diketahui sumber utama permasalahan secara sistematis dan mendalam [15]. FMEA diterapkan untuk menilai tingkat keparahan, kemungkinan, dan deteksi dari setiap mode kegagalan melalui perhitungan nilai RPN. Terakhir, metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dimanfaatkan untuk merumuskan dan menentukan strategi alternatif terbaik yang dapat diambil perusahaan dalam mengatasi permasalahan tersebut secara lebih terstruktur dan tepat sasaran [16].

Proses investigasi pada pengolahan limbah untuk mencari akar masalah dari nilai RPN tertinggi yang telah diidentifikasi sebelumnya juga dapat dilakukan dengan metode *Root Cause Analysis* (RCA). Setelah akar permasalahan ditemukan, dilakukan evaluasi risiko berdasarkan standar ISO 14001, yang berfokus pada manajemen lingkungan. Evaluasi ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan tindakan perbaikan yang efektif terhadap akar penyebab, sehingga risiko lingkungan dapat diminimalisasi dan sistem manajemen mutu serta keberlanjutan operasional perusahaan dapat ditingkatkan [17]. Usulan perbaikan yang terfokus pada mode kegagalan dengan nilai RPN tertinggi, berfungsi untuk meminimalkan risiko dan dampak yang ditimbulkan. Usulan perbaikan ini bertujuan untuk menurunkan nilai RPN secara signifikan melalui peningkatan sistem kerja, perbaikan parameter proses, pelatihan operator, atau pemeliharaan rutin terhadap mesin dan peralatan, sehingga kualitas produk dan efisiensi proses dapat tercapai secara optimal [18]. Setelah dilakukan perhitungan RPN untuk masing-masing atribut, langkah selanjutnya adalah melakukan perangkingan berdasarkan prinsip *pareto* [19]. Setelah mendapatkan data *pareto*, proses selanjutnya adalah menganalisis faktor variasi proses yang terjadi untuk melakukan tindakan korektif dan preventif melalui serangkaian RCA, FTA, dan FMEA [20]. Selain itu diagram *fishbone* juga dapat digunakan untuk menganalisis akar permasalahan yang ada. Faktor-faktor analisis pada *fishbone* ini adalah manusia, metode, material, dan mesin [21]. Data pada gambar 3 dibawah ini adalah diagram alir pada penelitian ini.

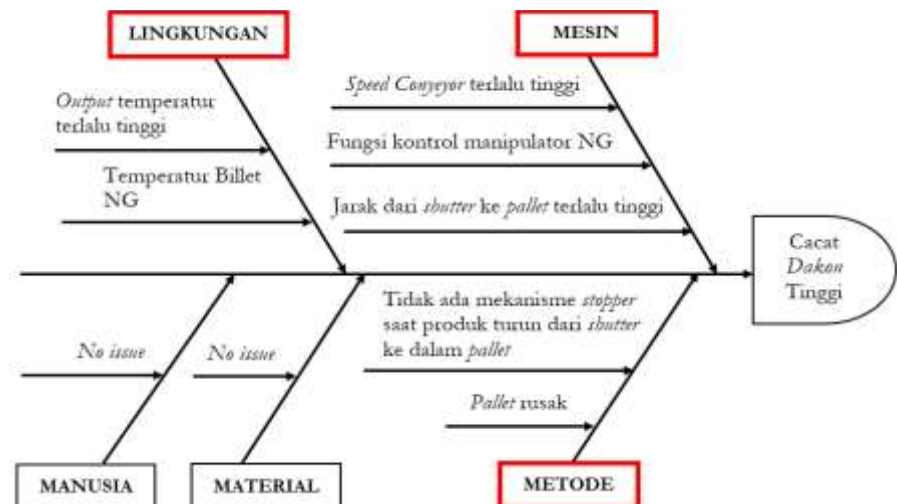


Gambar 3. Diagram alir penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

Pengumpulan data pada mesin *forging* dilakukan pada periode april sampai dengan juni 2024. Selama tiga bulan tersebut, dilakukan perhitungan dan analisis data jumlah cacat *dakon*. Hasil analisis disajikan dalam bentuk diagram *pareto* yang ditunjukkan pada gambar 1 di halaman pendahuluan. Berdasarkan diagram *pareto* tersebut diketahui bahwa cacat *dakon* men-

dominasi proses forging, khususnya pada model *roller* dengan presentase mencapai 50%. Untuk mengatasi hal tersebut, langkah selanjutnya adalah menerapkan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Metode ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis potensi kegagalan pada proses produksi, sehingga dapat diketahui akar permasalahannya dan dapat dilakukan perbaikan yang optimal. Namun sebelum menentukan prioritas perbaikan, maka terlebih dahulu ditentukan akar masalah berdasarkan diagram *fishbone* seperti pada gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Diagram *fishbone*

Berikut ini adalah tabel *Failure Mode and Effect Analysis* yang sudah dibuat berdasarkan hasil dari analisis dengan diagram *fishbone*.

Tabel 4. FMEA Cacat Dakon

No	Failure Mode	Potential Failure Effects	Cause of Failure	S	O	D	RPN
1	Mesin	Cacat dakon	Speed Conyeyor terlalu tinggi	7	8	6	336
			Fungsi kontrol manipulator NG	3	4	6	72
			Jarak shutter ke pallet tinggi	8	7	8	448
2	Metode	Cacat dakon	Tidak ada mekanisme stopper saat produk turun dari shutter ke dalam pallet	9	8	5	360
			Pallet rusak	5	3	4	60
3	Lingkungan	Cacat dakon	Output temperatur terlalu tinggi	7	8	6	336
			Temperatur Billet NG	4	3	4	48

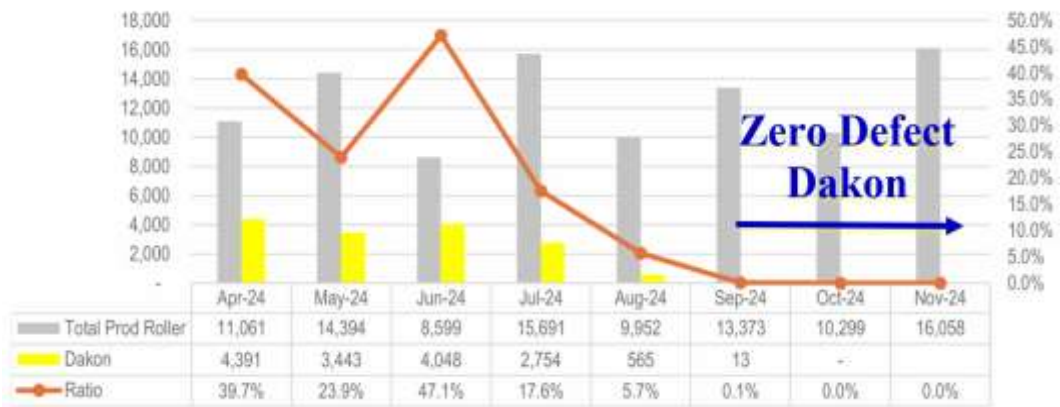
Setelah melakukan analisis dan evaluasi terhadap jenis kesalahan serta menentukan nilai RPN, tahap berikutnya adalah menyusun rencana perbaikan guna mengatasi kesalahan

tersebut. Pada jenis kesalahan dengan nilai RPN tertinggi, seperti *speed conveyor*, jarak *shutter*, mekanisme *stopper* dan *output* temperatur, maka harus diterapkan beberapa usulan perbaikan yang bertujuan untuk menghilangkan kesalahan seperti pada tabel 5 dibawah ini.

Tabel 5. Tindakan perbaikan (*Improvement action*)

<i>Failure Mode</i>	Sebelum	Sesudah	Fungsi/Tujuan
Mesin	 Menggunakan <i>magnetic circuit breaker</i>	 Mengganti dengan <i>magnetic contactor</i> pada kontrol panel	Untuk mengontrol kecepatan <i>conveyor</i> agar pendinginan dapat dilakukan dengan sempurna saat <i>conveyor</i> berjalan
Ling-kungan	 Menggunakan 1 kipas	 Menambah kipas menjadi 3	Untuk meningkat-kan kecepatan pendinginan saat <i>conveyor</i> berjalan
Mesin - Metode	 Jarak <i>pallet</i> yang cukup tinggi dengan <i>shutter</i>	 Mengurangi jarak <i>shutter</i>, meru-bah lintasan <i>conveyor</i>, dan menambahkan <i>stopper</i> pada <i>pallet</i>	Untuk menurunkan kecepatan agar produk tidak terlalu tinggi jatuh kedalam <i>pallet</i>

Perbaikan yang dilakukan berhasil mengurangi jumlah cacat yang terjadi sehingga nilai RPN menjadi lebih rendah <100, sekaligus menurunkan cacat dakon secara signifikan dari 39,7% menjadi 0% (*zero* dakon) seperti pada gambar 5 dibawah ini.



Gambar 9. Penurunan cacat *dakon* (April – November 2024)

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis cacat *dakon* menggunakan metode FMEA, didapatkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang sangat tinggi untuk kategori mesin, metode, dan lingkungan. Oleh karena itu tindakan perbaikan sangat diperlukan untuk menurunkan nilai RPN tersebut sekaligus cacat *dakon* pada PT KUI. Berdasarkan data produksi didapatkan bahwa cacat *dakon* mengalami penurunan signifikan hingga 0% (*zero dakon*) pada bulan November 2024. Pencapaian tersebut membuat kualitas roller semakin meningkat.

Referensi

- [1] S. Suhendra, A. Fitra, T. N. Wiyatno, K. B. Julianoro, and D. Maryadi, "Aplikasi Metode Poka Yoke Untuk Mencegah Kontaminasi Produk Pada Industri Cat di Indonesia," *J. Inf. dan Teknol.*, vol. 5, pp. 298–304, 2024, doi: 10.60083/jidt.v5i4.456.
- [2] H. Herlambang, H. H. Purba, and C. Jaqin, "Development of machine vision to increase the level of automation in indonesia electronic component industry," *J. Eur. des Syst. Autom.*, vol. 54, no. 2, pp. 253–262, 2021, doi: 10.18280/JESA.540207.
- [3] T. N. Wiyatno, A. P. Riandani, and A. Fitra, "PENGENALAN KONSEP DASAR LEAN MANUFACTURING PADA PERUSAHAAN SME (Small Medium Enterprise)," vol. 1, no. 5, pp. 575–581, 2023.
- [4] J. Informasi and T. N. Wiyatno, "Increasing Overall Equipment Effectiveness on 650T Injection Machines with a Lean Manufacturing Approach," vol. 6, pp. 6–8, 2024, doi: 10.60083/jidt.v6i2.584.
- [5] M. Rizki, T. N. Wiyatno, and R. F. Astuti, "Quality Control of Ceramic Wall Products Six Sigma Method with Dmaic Tools and Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)," *Int. J. Innov. Sci. Res. Technol.*, vol. 9, no. 6, pp. 1027–1040, 2024, doi: 10.38124/ijisrt/ijisrt24jun1035.
- [6] N. Ardiansyah and H. C. Wahyuni, "Analisis Kualitas Produk Dengan Menggunakan Metode FMEA dan Fault Tree Analisis (FTA) Di Exotic UKM Intako," *PROZIMA (Productivity, Optim. Manuf. Syst. Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 58–63, 2018, doi: 10.21070/prozima.v2i2.2200.
- [7] W. Ridwan, R. Widiastuti, and E. Nurhayati, "Analisis Pengendalian Kualitas Bibit Sawit Dengan Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA) dan Metode Failutre Mode Effect Analysis (FMEA) di PT. Kapuas Sawit Sejahtera," *Reslaj Relig. Educ. Soc. Laa Roiba J.*, vol. 5, no. 6, pp. 3730–3738, 2023, doi: 10.47467/reslaj.v5i6.2741.
- [8] G. Iraz and S. Suseno, "ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK COOKIES COKELAT DENGAN MENGGUNAKAN FMEA (FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS) DAN FTA (FAULT TREE ANALYSIS) (Studi Kasus: Griya Cokelat Nglanggeran, Gunung Kidul)," *SENTRI J. Ris. Ilm.*, vol. 2, no. 8, pp. 3242–3250, 2023, doi: 10.55681/sentri.v2i8.1392.
- [9] Dimas Ihza Mahendra, Pramudya Ramadhan, and Suseno, "Penerapan Metode Statistical Quality Control (Sqc) Dalam Pengendalian Proses Produksi Roda Karet Pada Perusahaan Baja Makmur 2," *J. Ilm. Tek. Mesin, Elektro dan Komput.*, vol. 3, no. 3, pp. 505–518, 2023, doi: 10.51903/juritek.v3i3.2341.
- [10] A. Wicaksono, E. Dhartikasari Priyana, and Y. Pandu 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, p. 177, 2023, doi: 10.24014/jti.v9i1.22233.
- [11] A. Pengendalian, K. Produk, K. Box, and D. I. Pt, "Analisis pengendalian kualitas produk karton box di pt. sinar garuda makmurindo dengan metode fmea dan fta," vol. 5, no. 2, pp. 1–6, 2024.
- [12] T. Zakaria, A. Dyah Juniarti, D. Bima, and S. Budi, "Analisis Pengendalian Kualitas Cacat Dimensi Pada Header Boiler Menggunakan Metode Fmea Dan Fta," *J. InTent*, vol. 6, no. 1, pp. 24–36, 2023.
- [13] M. D. Farrizqi and D. Andesta, "Analisis Pengendalian Kualitas dengan Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis dan Fault Tree Analysis pada Produk Songkok UD. XYZ," *G-Tech J. Teknol. Terap.*, vol. 8, no. 2, pp. 835–846, 2024, doi: 10.33379/gtech.v8i2.4052.
- [14] S. Anwar, R. B. Ulum, and A. Widarman, "Analisis Pengendalian Kualitas Dengan Menggunakan Metode Fta (Fault Tree Analysis) Dan Fmea (Failure Mode and Effect Analysis) Pada Proses Produksi Pita Cukai Berperekat Di Perusahaan Percetakan Dokumen Sekuriti Karawang," *J. Ilm. Multidisiplin*, vol. 2, no. 04, pp. 114–128, 2023, doi: 10.56127/jukim.v2i04.813.
- [15] Rizky Dwi Hardianto and Nuriyanto, "Analisis Penyebab Reject Produk Paving Block Dengan Pendekatan Metode Fmea Dan Fta," *J. Cakrawala Ilm.*, vol. 2, no. 12, pp. 4635–4648, 2023, doi: 10.53625/jcijurnalcakrawalailmiah.v2i12.6394.
- [16] H. Aulawi, W. A. Kurniawan, and S. Sopian, "Analisis Risiko Kegagalan Proses Produksi Dodol Menggunakan Metode FTA, FMEA dan AHP," *J. Kalibr.*, vol. 20, no. 2, pp. 102–112, 2022, doi: 10.33364/kalibrasi/v.20-2.1154.
- [17] R. B. Kuncoro, S. S. Dahda, and E. Ismiyah, "Analisis Risiko Limbah Cair Pada Unit Effluent Treatment Berdasarkan Sistem Manajemen Lingkungan Menggunakan Metode Fmea Dan Rca Di Pt. Petrokimia Gresik," *JUSTI (Jurnal Sist. dan Tek. Ind.*, vol. 2, no. 3, p. 403, 2022, doi: 10.30587/justicb.v2i3.3700.
- [18] M. I. Romadhoni, D. Andesta, and H. Hidayat, "Identifikasi Kecacatan Produk Kerangka Bangunan Di Pt. Ravana Jaya Menggunakan Metode Fmea Dan Fta," *J. Ind. Eng. Oper. Manag.*, vol. 5, no. 2, pp. 236–247, 2022, doi: 10.31602/jieom.v5i2.8629.
- [19] A. Wicaksono and F. Yuamita, "Pengendalian Kualitas Produksi Sarden Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Dan Fault Tree Analysis (FTA) Untuk Meminimalkan Cacat Kaleng Di PT XYZ," *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 1, no. 3, pp. 145–154, 2022, doi: 10.55826/tmit.v1i3i.44.
- [20] T. H. Febriana, H. Herlambang, H. Hernadewita, H. Hasbullah, and A. Halim, "Problem-solving step analysis for increasing tire static balance levels: a case study," *J. Sist. dan Manaj. Ind.*, vol. 5, no. 1, pp. 15–24, 2021, doi: 10.30656/jsmi.v5i1.3292.
- [21] I. Setiawan and T. N. Wiyatno, "Analisis Faktor yang Menyebabkan Downtime pada Mesin Auto Front Wheel di Industri Otomotif," *Waluyo Jatmiko Proceeding*, vol. 16, no. 1, pp. 461–470, 2023, doi: 10.33005/wj.v16i1.68.