

ANALISIS PRODUKSI BAN *REPAIR* DENGAN METODE *SIX SIGMA* DMAIC UNTUK MENGURANGI PRODUK CACAT DI PT XYZ

Fitriah Fadillah^{1*}, Budiani Fitria Endrawati²

^{1,2} Program Studi Teknik Industri, Jurusan Teknologi Industri dan Proses Institut Teknologi Kalimantan
e-mail:¹12211032@student.itk.ac.id,²wati@lecturer.itk.ac.id

ABSTRACT

PT XYZ operates in the mining and construction sectors. The company faces a high defect rate in its tire production process, especially in the redo (rework) process. This analysis aims to identify the root causes of these defects using the Six Sigma DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) methodology to improve production quality. The study results show that the primary defect type is material bulging in tire repair, which has the lowest sigma level at $2.413 \approx 2$, compared to top tread tires at $2.627 \approx 3$ and retread tires at $2.591 \approx 3$. Recommended improvements and controls include using a data logger to monitor in real-time the three main causes of bulging defects in tire repair: excess rubber material weight of 6.68 kg above the standard of 5.90 kg, an excessive cooling water temperature of 37°C compared to the optimal 30°C , and excessive milling time of 1 hour and 45 minutes versus the standard 10 minutes. This recommendation is expected to reduce defect rates, improve efficiency, and lower production costs.

Keywords: Production defects, DMAIC, quality control, tire production, Six Sigma

INTISARI

PT XYZ bergerak di sektor pertambangan dan konstruksi. Perusahaan ini menghadapi permasalahan berupa tingginya tingkat cacat dalam proses produksi ban, terutama pada proses perbaikan ulang (redo process). Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi akar penyebab cacat dengan menggunakan metode Six Sigma DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) guna meningkatkan kualitas produksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis cacat material bulging pada perbaikan ban merupakan jenis cacat utama dengan nilai sigma terendah yaitu $2,413 \approx 2$, dibandingkan dengan ban top thread sebesar $2,627 \approx 3$ dan ban retread sebesar $2,591 \approx 3$. Usulan perbaikan dan pengendalian yang diberikan adalah penggunaan data logger untuk memantau secara real-time tiga faktor utama penyebab cacat bulging pada perbaikan ban, yaitu kelebihan berat material karet sebesar 6,68 kg di atas standar 5,90 kg, suhu cooling water yang tidak optimal sebesar 37°C melebihi standar 30°C , serta waktu penggilingan yang terlalu lama yaitu 1 jam 45 menit dibandingkan standar 10 menit. Usulan ini diharapkan dapat mengurangi tingkat cacat, meningkatkan efisiensi, dan menurunkan biaya produksi.

Kata kunci: Cacat produksi, DMAIC, kontrol kualitas, produksi ban, Six Sigma

1. PENDAHULUAN

PT XYZ adalah perusahaan yang bergerak di sektor pertambangan dan konstruksi dengan ketergantungan besar pada kendaraan berat menghadapi tantangan signifikan dalam menjaga kualitas operasional, terutama pada bagian yang bertanggung jawab atas perbaikan dan rekondisi ban, yang merupakan komponen krusial bagi kelancaran operasional. Unit operasional perusahaan menyediakan berbagai layanan penting, termasuk rekondisi ban, pertukaran komponen, dan perbaikan, yang semuanya berperan dalam mendukung kelancaran operasional secara keseluruhan. Salah satu tantangan utama yang dihadapi adalah tingginya tingkat cacat produk pada proses perbaikan ulang ban, yang sering mengalami kerusakan pada bagian seperti *bead*, *sidewall*, dan *tread*, yang meningkatkan kebutuhan akan perbaikan ulang dan menambah tekanan pada kapasitas produksi serta efisiensi operasional. Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengetahui permasalahan yang terjadi pada proses produksi ban *repair*, mengetahui nilai *sigma* pada proses produksi ban *repair*, serta mengetahui perbaikan utama apa yang perlu dilakukan pada proses produksi tersebut. Hipotesis penelitian ini menerapkan metode Six Sigma dengan pendekatan DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control) yang dapat mengurangi tingkat cacat, meningkatkan nilai sigma, dan memperbaiki efisiensi operasional perusahaan. Sebelum penerapan, nilai sigma diperkirakan rendah, yang menunjukkan tingginya tingkat cacat dalam proses produksi ban. Setelah penerapan

Six Sigma, diharapkan nilai *sigma* meningkat, dengan tingkat cacat yang jauh lebih rendah, sehingga kualitas produk ban menjadi lebih baik dan lebih konsisten. Selain itu, perbaikan terhadap penyebab cacat diharapkan dapat menurunkan biaya produksi, meningkatkan efisiensi, dan secara keseluruhan dapat meningkatkan kualitas produksi ban. Dengan demikian, penerapan *Six Sigma* diharapkan dapat memberikan hasil yang jelas dan terukur, serta meningkatkan kinerja produksi di PT XYZ. Oleh karena itu, untuk mengatasi masalah tersebut, dilakukan identifikasi akar penyebab cacat untuk meningkatkan kualitas produk, dengan harapan metode ini dapat secara signifikan mengurangi tingkat cacat, meningkatkan kualitas ban yang diproduksi, serta memberikan rekomendasi perbaikan yang dapat diimplementasikan untuk memperbaiki efisiensi dan mengurangi biaya produksi di PT XYZ.

Six Sigma adalah pendekatan yang fokus pada peningkatan kualitas dengan tujuan mengurangi variasi dalam proses dan meningkatkan efisiensi, sehingga menghasilkan tingkat cacat yang sangat rendah Adriantantri et al., (2023). Metode ini berfungsi untuk mengidentifikasi serta mengurangi penyebab cacat dalam suatu proses, yang diukur menggunakan DPMO (*Defects Per Million Opportunities*) untuk mengevaluasi tingkat kesalahan dan kapasitas proses dalam mengurangi cacat (Apriani et al., (2023). Ada dua pendekatan utama yang diterapkan dalam *Six Sigma*, yakni DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) dan DMADV (*Define, Measure, Analyze, Design, Verify*). Pendekatan DMAIC ditujukan untuk memperbaiki proses yang sudah berjalan, sementara DMADV lebih cocok untuk merancang proses atau produk baru Lestari & Supardi (2022). Selain itu, *Six Sigma* menggunakan berbagai alat analisis, seperti diagram sebab-akibat (*fishbone*), diagram Pareto, dan peta kendali (*control chart/p-chart*), yang memfasilitasi dalam menganalisis dan mengurutkan penyebab cacat, serta memantau perbaikan yang diterapkan Muqimuddin et al., (2023). Salah satu konsep utama dalam *Six Sigma* adalah pengukuran nilai *sigma*, yang dihitung berdasarkan DPMO dan digunakan untuk menilai kualitas suatu proses, dengan nilai *sigma* yang berkisar antara satu *sigma*, yang menunjukkan kualitas rendah, hingga enam *sigma*, yang mendekati kualitas sempurna Pamungkas et al., (2023).

Metode *Six Sigma* telah diterapkan dalam berbagai penelitian, salah satunya oleh Ferdiansa et al., (2024). yang menganalisis cacat produk dalam industri kayu dengan pendekatan DMAIC dan berbagai alat analisis seperti, *p-chart*, diagram pareto, dan *fishbone diagram*. Studi lainnya, juga diterapkan oleh Daniyan et al., (2022) yang menerapkan metode Lean *Six Sigma* DMAIC untuk memperbaiki proses perakitan bogie di industri kereta api, yang menunjukkan bahwa DMAIC dapat mengurangi waktu siklus dan meningkatkan efisiensi melalui identifikasi dan pengurangan pemborosan dalam proses. Studi ini relevan bagi PT XYZ dalam upaya meningkatkan efisiensi produksi ban, terutama dalam mengurangi tingkat cacat melalui pengendalian kualitas. Selain itu, dalam konteks kesehatan, Ponsiglione et al., (2022) juga menggunakan *Six Sigma* DMAIC sebagai alat pendukung dalam evaluasi teknologi kesehatan untuk dua antibiotik. Pendekatan ini berhasil menilai dampak klinis dan organisasi, termasuk durasi tinggal pasien di rumah sakit, dan memperlihatkan kemampuan DMAIC dalam mengoptimalkan efisiensi operasional dengan pendekatan berbasis bukti. Meskipun dalam industri yang berbeda, penelitian ini menunjukkan fleksibilitas DMAIC dalam meningkatkan proses dan mengurangi variabilitas, yang juga sangat dibutuhkan dalam produksi ban di sektor pertambangan. Yu et al. (2022) juga mengembangkan model perbaikan *Six Sigma* DMAIC untuk meningkatkan kualitas proses manufaktur pada produk multi karakteristik, dengan menggunakan DMAIC, mereka berhasil mengidentifikasi faktor kritis yang mempengaruhi kualitas dan menurunkan tingkat cacat pada berbagai karakteristik produk. Pendekatan ini memberikan wawasan penting bagi PT XYZ dalam upaya meningkatkan kualitas keseluruhan ban melalui pengukuran yang akurat dan pengendalian kualitas yang lebih baik. Studi ini juga diterapkan oleh Firmansyah et al., (2021) yang menunjukkan bahwa peningkatan ketepatan waktu kedatangan barang dalam proses impor menggunakan metode *Six Sigma*. Penelitian lain juga mengungkapkan bahwa penerapan *Six Sigma* membantu perusahaan dalam menekan biaya produksi dan mengurangi cacat produk pada proses produksi Lemadi et al., (2024); Rahman & Perdana, (2021); Trenggonowati et al., (2021). Namun, dalam analisis ini, penerapan metode *Six Sigma* disusun dengan fokus pada faktor jumlah produksi untuk mengurangi cacat, tanpa mempertimbangkan faktor biaya sebagai variabel utama. Dengan kata lain, meskipun *Six Sigma* dapat membantu mengurangi tingkat cacat dan meningkatkan efisiensi produksi di berbagai sektor industri, faktor biaya yang terkait dengan pengurangan cacat, seperti bahan baku, biaya investasi, biaya kerugian, dan lain-lain tidak dihitung dalam analisis ini. Tujuan dari penerapan metode ini untuk mengetahui permasalahan apa yang terjadi di PT XYZ, untuk mengetahui nilai *sigma* pada proses produksi ban, serta memberikan solusi perbaikan bagaimana cara mengontrol agar perbaikan yang diberikan konsisten dan berkelanjutan. Dengan demikian, dari beberapa kajian-kajian penelitian sebelumnya dapat disimpulkan bahwa penerapan metode *Six Sigma* terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi produksi di berbagai sektor industri perusahaan, manufaktur, bahkan dalam industri pengolahan makanan seperti UMKM.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan fokus pada analisis kualitas dalam proses produksi

ban *repair* di PT XYZ. Desain penelitian ini bertujuan untuk mengukur dan mengidentifikasi penyebab utama cacat serta mencari solusi untuk meningkatkan kualitas produk melalui pendekatan Six Sigma. Objek penelitian adalah proses produksi ban *retread*, *toptread*, dan *repair*, dengan periode pengumpulan data dari Januari hingga Juni 2024. Data diperoleh melalui tiga metode utama, yaitu: (1) observasi lapangan langsung untuk memahami kondisi aktual produksi, (2) wawancara dengan pihak terkait guna memperoleh informasi lebih mendalam tentang kendala produksi, dan (3) dokumentasi berupa catatan produksi dan data cacat. Pengumpulan data dilakukan selama bulan Juli hingga Agustus 2024 di PT XYZ, dengan menggunakan instrumen seperti lembar observasi dan catatan produksi yang mencatat jumlah produksi, cacat yang terjadi, serta produksi ulang (*redo process*) dari ketiga jenis ban. Variabel yang diteliti meliputi jumlah produksi ban *retread*, *toptread*, dan *repair* selama enam bulan, jumlah produk yang memerlukan *redo process*, serta jenis-jenis cacat yang sering terjadi. Kriteria pemilihan sampel cacat didasarkan pada frekuensi cacat yang muncul di setiap jenis ban, dan validasi data dilakukan dengan *cross-check* terhadap data produksi di setiap tahap produksi untuk memastikan akurasi. Penelitian ini menggunakan tahapan DMAIC dalam *Six Sigma* yang dimulai dari *Define*, di mana masalah utama dan tujuan perbaikan diidentifikasi, serta pemetaan proses produksi dilakukan melalui diagram SIPOC untuk menentukan area perbaikan utama. Pada tahap *Measure*, data kuantitatif terkait tingkat cacat dan kinerja proses dikumpulkan, kemudian dianalisis menggunakan *p-chart* untuk mengamati variasi cacat. Tahap *Analyze* menggunakan diagram pareto untuk mengidentifikasi cacat yang paling sering terjadi dan *fishbone diagram* untuk menemukan akar penyebab cacat utama dalam proses produksi ban. Tahap *Improve* memberikan rekomendasi perbaikan berdasarkan analisis yang telah dilakukan, dengan mengaplikasikan metode 5W+1H untuk merancang solusi yang lebih tepat sasaran, serta pengujian bertahap untuk memastikan efektivitas solusi sebelum penerapan skala penuh. Tahap *Control* belum sampai pada tahap implementasi, namun disarankan pemantauan yang berkelanjutan menggunakan data *logger* untuk memastikan agar hasil perbaikan pada tahap *Improve* dapat dipertahankan secara konsisten dan tingkat cacat tetap rendah, pemantauan ini juga dapat menggunakan *p-chart* dan alat pengendalian kualitas lainnya untuk memantau kinerja dari data *logger* sebagai pengontrolan pada tahap *Improve*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Define

Tahap ini merupakan tahapan mendefinisikan permasalahan dilihat berdasarkan dari identifikasi masalah pada data produksi ban periode Januari-Juni 2024 yang mencakup produksi aktual dan *redo process* untuk tiga jenis ban: *toptread*, *retread*, dan *repair*. Ban dengan kategori *repair* memiliki target produksi tertinggi, yaitu 820 ban, dan jumlah *redo* tertinggi di antara ketiganya, yakni 45 ban. ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Data Target Produksi Ban Aktual dan *Redo Process* Periode Januari-Juni 2024

Bulan	Jenis Ban						Aktual	Redo
	Produksi Aktual			Redo Process				
	<i>Toptread</i>	<i>Retread</i>	<i>Repair</i>	<i>Toptread</i>	<i>Retread</i>	<i>Repair</i>		
Januari	42	25	113	2	2	7	180	11
Februari	38	32	104	1	1	7	113	9
Maret	45	37	119	0	2	3	124	5
April	42	33	116	0	1	8	125	9
Mei	47	26	152	2	1	12	167	15
Juni	47	30	107	4	0	8	119	12
Total	261	183	711	9	7	45	828	61

Setelah melakukan pengambilan data proses produksi aktual dan *redo process*, maka dibuat diagram SIPOC untuk mengetahui batasan dari analisis ini yang hanya mencakup area kerja *building* dari ketiga jenis ban *toptread*, *retread*, dan *repair* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram SIPOC Proses Produksi Ban

Gambar 1 menunjukkan alur kerja dari ketiga jenis ban yang pada dasarnya menjadi area yang paling dominan terjadinya cacat produk. Area ini menjadi batasan pada analisis yang disusun dan diasumsikan mulai dari *supplier* yang merupakan tahapan area kerja sebelum *building* yaitu *brushing out* hingga ke tahap area kerja setelahnya yang menjadi *customer* yaitu tahap *finishing*. Kemudian, dilanjutkan dengan mengidentifikasi jenis-jenis cacat yang terjadi di PT XYZ Dimana, terdapat 8 jenis cacat produk yang terjadi di perusahaan tersebut dengan jenis cacat, gambar, beserta keterangannya yang dapat dilihat ada Tabel 2.

Tabel 2. Jenis-Jenis Cacat

No	Jenis Cacat	Gambar	Keterangan
1	Material <i>bulging</i>		Cacat material <i>bulging</i> pada ban SN B1A000600 karena <i>redo</i> akibat <i>pressure autoclave 2 drop</i> .
2	Material terlepas		Cacat material terlepas pada ban SN F0A481466.
3	Luka tidak dikerjakan		Luka pada ban SN F2M4 tidak dikerjakan sehingga termasuk ke dalam jenis cacat yang tidak dikerjakan dan langsung ke <i>finishing</i> .
4	Bocor <i>envelope</i>		<i>Envelope</i> bocor pada ban SN B5Y000496 sehingga permukaan ban tidak rata dan mengerut.

No	Jenis Cacat	Gambar	Keterangan
5	Redo original		Cacat redo original pada ban SN XVY0126K0A di bagian inner liner.
6	Terselip		Cacat material terselip, redo tread dan coating terselip washer pada ban SN B1A000552.
7	Bead tercuil		Cacat luka tercuil di area bead. Terjadi pada saat redo kedua karena terkena forklift pada ban SN B8L000195.
8	Kesalahan prosedur		Cacat yang terjadi karena kesalahan prosedur pada saat proses buffing terlalu kasar.

3.2. Measure

Tahap *Measure* ini dilakukan dengan membuat perhitungan p-chart dan nilai Cp, Cpk, DPU, DPMO, serta nilai Sigma untuk ketiga jenis ban: *toptread*, *retread*, dan *repair*. Perhitungan ini mencakup proporsi, CL, UCL, dan LCL menggunakan persamaan (1) hingga (11). *P-chart* digunakan untuk menentukan apakah proses terkendali, sedangkan Cp, Cpk, DPU, DPMO, dan nilai *Sigma* digunakan untuk mengukur kualitas proses berdasarkan jumlah cacat dan posisi nilai sigma yang diperoleh.

$$\text{Proporsi} = \frac{\text{Jumlah cacat}}{\text{Jumlah produksi}} \dots\dots\dots(1)$$

$$CL = \frac{\text{Total jumlah cacat}}{\text{Total total jumlah produksi}} \dots\dots\dots(2)$$

$$UCL = p + 3 \sqrt{\frac{p(1-p)}{\text{Jumlah produksi}}} \dots\dots\dots(3)$$

$$LCL = p - 3 \sqrt{\frac{p(1-p)}{\text{Jumlah produksi}}} \dots\dots\dots(4)$$

$$DPU = \frac{\text{Jumlah cacat}}{\text{Jumlah produksi} \times CTQ} \dots\dots\dots(5)$$

$$DPMO = \frac{\text{Jumlah cacat}}{\text{Jumlah produksi} \times CTQ} \times 1000000 \dots\dots\dots(6)$$

$$SIGMA = \text{NORMSINV}((1000000 - DPMO) / 1000000) + 1,5 \dots\dots\dots (7)$$

$$Cp = \frac{UCL - LCL}{6\sigma} \dots\dots\dots(8)$$

$$Cpk = \min \{Cpl, Cpu\} \dots\dots\dots(9)$$

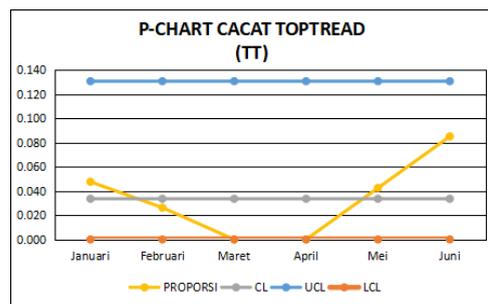
$$CPL = \frac{\bar{x} - LSL}{3\sigma} \dots\dots\dots(10)$$

$$CPU = \frac{USL - \bar{x}}{3\sigma} \dots\dots\dots(11)$$

Hasil perhitungan yang telah dilakukan dengan menggunakan *Microsoft Excel* ditampilkan dalam bentuk tabel dan *p-chart* untuk mengetahui apakah setiap proses dari ketiga jenis ban yang mengalami cacat produksi ini melebihi batas UCL dan LCL berdasarkan nilai toleransi yang diberikan oleh perusahaan yaitu sebesar 1% untuk LSL dan 5% untuk USL. Tabel perhitungan dapat dilihat pada Tabel 3 untuk jenis ban *toptread*, Tabel 4 untuk jenis ban *retread*, dan Tabel 5 untuk jenis ban *repair*.

Tabel 3. Perhitungan *P-Chart* Ban *Toptread*

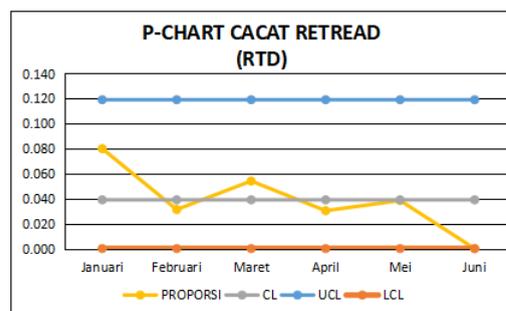
Bulan	Produksi Aktual	Redo Process	p	CL	Varians	UCL	LCL
Januari	42	2	0.048	0.034	0.000	0.131	0.000
Februari	38	1	0.026	0.034	0.000	0.131	0.000
Maret	45	0	0.000	0.034	0.001	0.131	0.000
April	42	0	0.000	0.034	0.001	0.131	0.000
Mei	47	2	0.043	0.034	0.000	0.131	0.000
Juni	47	4	0.085	0.034	0.003	0.131	0.000
Rata-Rata		1.5			0.001		
Total	261	9			0.032		



Gambar 2. *P-Chart* Ban *Toptread*

Tabel 4. Perhitungan *P-Chart* Ban *Retread*

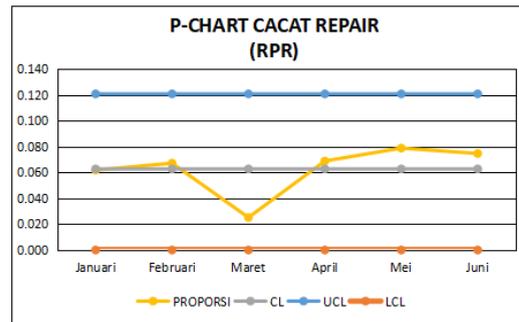
Bulan	Produksi Aktual	Redo Process	p	CL	Varians	UCL	LCL
Januari	113	7	0.062	0.063	0.000	0.121	0.000
Februari	104	7	0.067	0.063	0.000	0.121	0.000
Maret	119	3	0.025	0.063	0.001	0.121	0.000
April	116	8	0.069	0.063	0.000	0.121	0.000
Mei	152	12	0.079	0.063	0.000	0.121	0.000
Juni	107	8	0.075	0.063	0.000	0.121	0.000
Rata-Rata		7.5			0.000		
Total	711	45			0.019		



Gambar 3. *P-Chart* Ban *Retread*

Tabel 5. Perhitungan P-Chart Ban Repair

Bulan	Produksi Aktual	Redo Process	<i>p</i>	CL	Varians	UCL	LCL
Januari	113	7	0.062	0.063	0.000	0.121	0.000
Februari	104	7	0.067	0.063	0.000	0.121	0.000
Maret	119	3	0.025	0.063	0.001	0.121	0.000
April	116	8	0.069	0.063	0.000	0.121	0.000
Mei	152	12	0.079	0.063	0.000	0.121	0.000
Juni	107	8	0.075	0.063	0.000	0.121	0.000
Rata-Rata		7.5			0.000		
Total	711	45			0.019		



Gambar 4. P-Chart Ban Repair

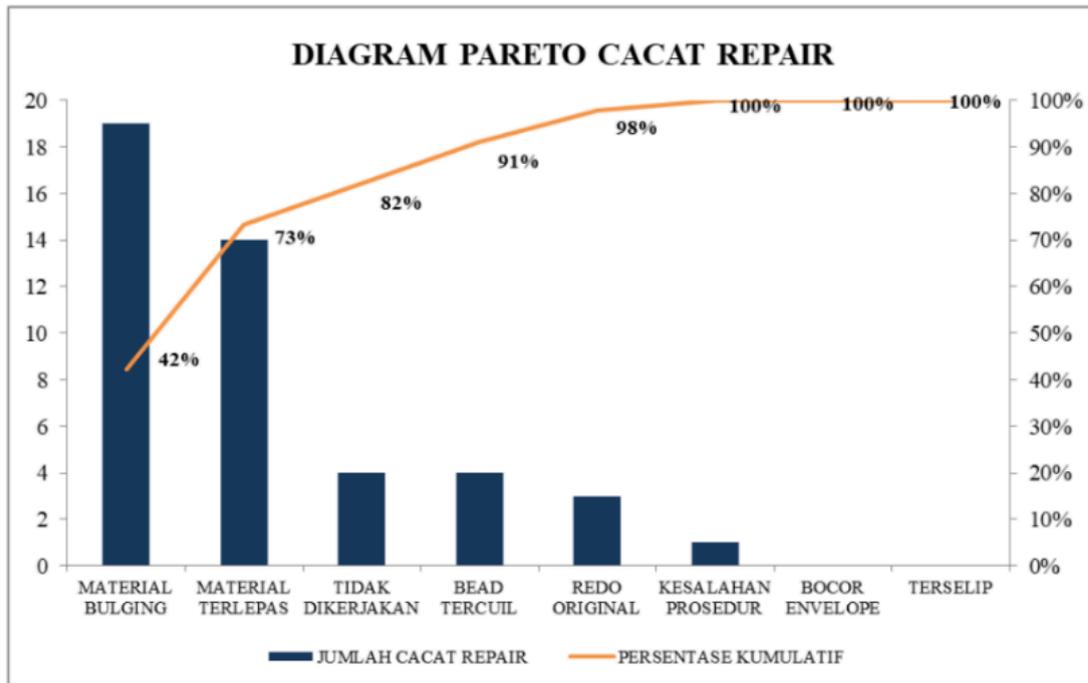
Gambar 2 dan Gambar 3 menunjukkan hasil *p-chart* cacat pada ban jenis *toptread* dan *retread* yang keduanya masih terkendali secara statistik, dengan nilai proporsi cacat produksi berada dalam batas UCL dan LCL, menunjukkan bahwa proses produksi kedua jenis ban ini dalam kondisi baik dan terkontrol. Sementara itu, Gambar 4 menunjukkan *p-chart* cacat pada ban jenis *repair*, yang juga berada dalam batas kontrol UCL dan LCL, namun terdapat peningkatan peluang cacat pada bulan April, Mei, dan Juni yang lebih tinggi dibandingkan dengan ban *toptread* dan *retread*. Meskipun proses produksi ban repair masih terkontrol, peningkatan peluang cacat tersebut menunjukkan adanya potensi risiko kualitas yang perlu kontrol agar proses tetap stabil di periode mendatang. Untuk mengevaluasi lebih lanjut, dilakukan perbandingan nilai *Cp*, *Cpk*, *DPU*, *DPMO*, dan nilai *Sigma* pada setiap jenis ban yang hasilnya disajikan pada Tabel 6. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa ban *repair* memiliki potensi cacat lebih tinggi dengan nilai *DPMO* 7911.392 dan nilai *Sigma* lebih rendah (sekitar 2), sedangkan ban *toptread* dan *retread* memiliki kapabilitas proses yang lebih baik dengan nilai *Sigma* mendekati 3 dan persentase *defect redo* yang lebih rendah. Hal ini mengindikasikan bahwa proses produksi ban repair memerlukan perhatian lebih untuk mengurangi cacat dan meningkatkan kualitas.

Tabel 6. Hasil perhitungan nilai *Cp*, *Cpk*, *DPU*, *DPMO*, dan Nilai *Sigma*

	Jenis Ban		
	<i>Toptread</i>	<i>Retread</i>	<i>Repair</i>
USL	5%	5%	5%
LSL	1%	1%	1%
<i>Cp</i>	0.673	0.744	1.041
<i>Cpk</i>	0.169	0.137	-0.221
<i>CPL</i>	0.243	0.362	0.910
<i>CPU</i>	0.169	0.137	-0.221
<i>DPU</i>	0.004	0.005	0.008
<i>DPMO</i>	4310.345	4781.421	7911.392
Nilai <i>Sigma</i>	2.627 ≈ 3	2.591 ≈ 3	2.413 ≈ 2
% <i>Defect Redo</i>	6.68%	6.68%	30.85%

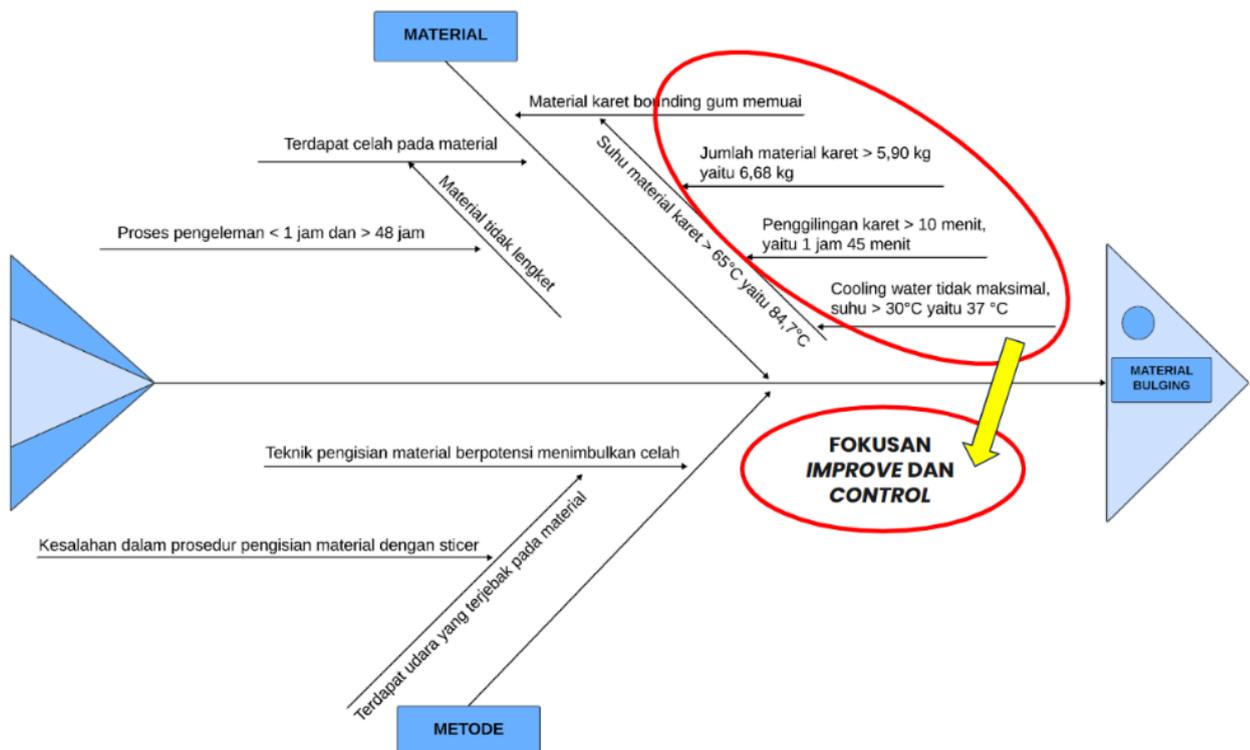
3.3. Analyze

Pada tahap *Analyze*, dilakukan analisis untuk mengidentifikasi dan memahami akar penyebab cacat pada proses produksi ban. Tahap ini bertujuan untuk menganalisis data cacat yang telah dikumpulkan, membandingkan jenis cacat antar produk ban, serta menentukan area yang membutuhkan perbaikan dan ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Diagram Pareto Ban Repair

Gambar 5. menunjukkan bahwa jenis cacat material *bulging* merupakan penyebab utama dari sebagian besar masalah kualitas dalam produk ban jenis *repair*, dengan kontribusi sebesar 42% dari total cacat yang terjadi. Jenis cacat tersebut memiliki frekuensi kejadian tertinggi dibandingkan dengan cacat lainnya, seperti material terlepas dan tidak dikerjakan, yang masing-masing menyumbang 33% dan 8%. Maka, tahap *Analyze* berikutnya adalah membuat diagram *fishbone* dengan fokus masalah hanya pada jenis cacat material *bulging* yang memiliki persentase cacat tertinggi.



Gambar 6. Hasil Diagram Pareto Ban Repair

Gambar 6. mengidentifikasi penyebab utama dari masalah material *bulging* pada proses produksi ban *repair*, yang meliputi kategori material dan metode. Penyebab utama yang ditemukan melibatkan jumlah material yang berlebihan, suhu material dan air pendingin yang terlalu tinggi, serta waktu penggilingan yang terlalu lama. Selain itu, kesalahan prosedur seperti proses pengeleman yang tidak sesuai dan teknik pengisian material menyebabkan celah sehingga timbul material *bulging*. Fokus perbaikan diarahkan pada pengendalian suhu, waktu penggilingan, dan teknik pengisian untuk mengurangi risiko material *bulging* dan meningkatkan kualitas produksi sesuai dengan permintaan dari perusahaan yang hanya berfokus pada 1 penyebab dengan 3 *root cause* tersebut.

3.4. Improve

Tahap *Improve* pada analisis ini bertujuan untuk memberikan usulan solusi perbaikan yang dapat mengatasi masalah yang ditemukan pada tahap sebelumnya. Solusi yang diusulkan nantinya dapat meminimalkan cacat dan mengoptimalkan kinerja proses dengan mengetahui penyebab masalah dan menentukan langkah-langkah perbaikan yang tepat. Sehingga, digunakan analisis 5W+1H, yang mencakup pertanyaan "*What, Why, When, Where, Who, dan How*". Berdasarkan hasil analisis tersebut, Tabel 7 di bawah ini menunjukkan beberapa usulan perbaikan yang dirancang untuk meningkatkan kualitas produk, khususnya untuk ban jenis *repair* yang menunjukkan jumlah cacat terbanyak.

Tabel 7. Hasil Usulan Perbaikan dengan Analisis 5W+1H

Analisis 5W+1H						
Cacat Material <i>Bulging</i> kategori Material						
No	<i>What</i>	<i>Who</i>	<i>When</i>	<i>Where</i>	<i>Why</i>	<i>How</i>
1	Jumlah material karet > 5,90 kg yaitu 6,68 kg	<i>Grup Leader</i> (GL)	Saat persiapan sebelum mulai bekerja	Area kerja <i>building</i>	Agar jumlah material tidak melebihi standar yang ditetapkan.	Membuat sistem otomatis yang dapat menghentikan pengisian karet ketika berat material, suhu <i>cooling water</i> , dan lama waktu pada mesin penggilingan melebihi standar yang telah ditetapkan.
2	Suhu <i>cooling water</i> yang kurang maksimal, > 30°C yaitu 37°C	<i>Grup Leader</i> (GL)	Rutin sebelum mulai bekerja dan pada saat cuaca panas melebihi suhu 30°C	Area kerja <i>cooling water</i> dan <i>building</i>	Agar suhu <i>cooling water</i> tetap dingin (<30°C) dan suhu pada material turun.	
3	Lama penggilingan material yang melebihi standar 10 menit yaitu 1 jam 45 menit	<i>Grup Leader</i> (GL)	Saat persiapan sebelum mulai bekerja dan saat terdeteksi bahwa lama penggilingan telah melebihi standar	Area kerja <i>building</i>	Agar lama penggilingan tidak melebihi standar	

3.5. Control

Control pada analisis ini hanya memberikan rekomendasi bagaimana tindakan yang sekiranya perlu dilakukan untuk menjaga konsistensi dari *Improve* yang diberikan. Rekomendasi *Control* yang diberikan pada analisis ini adalah dengan menerapkan sistem berupa data *logger* yang dapat digunakan untuk mengontrol proses produksi ban *repair* yang terkoneksi dengan *wifi*. Sistem kerja dari data *logger* ini nantinya dapat mengatasi ketiga *root cause* (akar masalah) yang telah diidentifikasi pada proses produksi ban jenis *repair* yang menyebabkan cacat material *bulging*, dengan cara berikut:

1. Jumlah material karet > 5,90 kg (melebihi standar, yaitu 6,68 kg)
Data *logger* dapat dihubungkan dengan sensor berat yang terpasang pada alat penggilingan karet. Ketika berat material karet melebihi standar yang ditetapkan (5,90 kg), sensor akan mengirimkan data ke data *logger*, yang kemudian mengunggah informasi ini ke *server cloud* melalui *router*. Informasi ini dapat dipantau secara *real-time* oleh PIC melalui PC atau aplikasi, sehingga tindakan korektif segera diambil.
2. *Cooling water* tidak maksimal (suhu > 30°C, yaitu 37°C)
Sensor suhu yang terpasang pada sistem pendingin air (*cooling water*) dapat mengirimkan data suhu ke data *logger* setelah di *setting*. Ketika suhu air melebihi batas yang ditentukan (>30°C), data *logger* akan menyimpan informasi di *cloud* dan mengirimkan peringatan kepada PIC, sehingga suhu pendingin dapat dipantau dan dijaga pada tingkat optimal selama proses produksi sesuai standar yang ditentukan.

3. Waktu penggilingan karet > 10 menit (yaitu 1 jam 45 menit)
Data *logger* dapat digunakan untuk memantau waktu proses penggilingan karet melalui sensor waktu yang melacak durasi kerja mesin. Jika penggilingan melebihi durasi standar yang ditetapkan, informasi akan tercatat di data *logger* dan disimpan di *cloud server*. PIC juga akan menerima peringatan dan segera menghentikan penggilingan untuk mencegah proses yang berlebihan.

Setelah rekomendasi perbaikan dilakukan pada tahap *Improve* dan disarankan pada tahap *Control*, diharapkan seluruh jenis ban (*repair*, *retread*, dan *toptread*) dapat mencapai nilai sigma hingga level 5 dan 6. Meskipun hasil ini baru berupa target. Tabel 8. menunjukkan perbedaan signifikan yang diharapkan antara kondisi awal dan hasil setelah implementasi, yang diukur melalui indikator peningkatan kualitas proses.

Tabel 8. Perbandingan Nilai *Sigma* Sebelum dan Sesudah Implementasi

Nilai <i>Sigma</i>	DPMO	Percentage Yield	Percentage	Keterangan	
1	691462	0.308538	31%		
2	308537	0.691463	69%		
3	66807	0.933193	93.3%	<i>Repair</i>	Sebelum
4	6210	0.99379	99.38%	<i>Retread dan Toptread</i>	Implementasi
5	233	0.999767	99.977%	<i>Repair, Retread, dan</i>	Setelah
6	3.4	0.999966	99.99966%	<i>Toptread</i>	Implementasi

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari analisis ini menunjukkan bahwa permasalahan utama dalam proses produksi ban *repair* di PT XYZ adalah tingginya tingkat produk cacat, terutama pada 8 jenis cacat, Dimana cacat tertinggi terletak pada jenis cacat material *bulging* dan material terlepas. Analisis nilai sigma memperlihatkan bahwa ban *repair* memiliki kualitas proses terendah dengan nilai sigma $2,413 \approx 2$ dibandingkan dengan ban *toptread* dan *retread*, masing-masing mencapai nilai sigma $2,627 \approx 3$ dan $2,591 \approx 3$. Untuk meningkatkan kualitas, perbaikan difokuskan pada tiga penyebab utama cacat ban *repair*, yaitu jumlah material karet yang tidak sesuai (>5,90 kg), *suhu cooling water* yang berlebihan (>30°C), dan durasi penggilingan yang terlalu lama (>10 menit). Pemasangan data *logger* untuk memonitor ketiga faktor ini merupakan bentuk implementasi teknologi automasi dan *machine learning* untuk memprediksi dan mengontrol faktor-faktor kritis secara otomatis, yang akan semakin meningkatkan akurasi dalam pengendalian kualitas. Pendekatan ini akan sejalan dengan studi Yu et al. (2022), yang berhasil meningkatkan kualitas proses manufaktur melalui pemodelan *Six Sigma* untuk produk multi karakteristik. Sehingga dengan adanya rekomendasi data *logger* ini PIC dapat menerima peringatan jika standar produksi terlampaui. Adanya rekomendasi ini berpotensi meningkatkan efisiensi dan menurunkan cacat dengan akurasi lebih tinggi, yang juga dapat mengurangi biaya produksi secara keseluruhan, sebagaimana ditemukan dalam studi Lemadi et al. (2024). Dengan demikian, meskipun membutuhkan investasi awal, teknologi data *logger* ini diharapkan dapat memberikan manfaat ekonomi jangka panjang melalui penghematan biaya dan peningkatan profitabilitas perusahaan, serta memperkuat penerapan *Six Sigma* dalam meningkatkan kualitas dan efisiensi proses produksi di PT XYZ.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT XYZ atas izin dan dukungannya dalam pengumpulan data analisis ini, serta kepada tim GL dan PIC yang telah memberikan bantuan teknis di lapangan. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada pihak fakultas yang sangat membantu dalam penyelesaian analisis ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriantantri, E., Indriani, S., & Saifulloh, R. (2023). Perbaikan kualitas produk menggunakan metode Quality Control Circle (QCC) dan Plan, Do, Check, Action (PDCA). *Prosiding SENIATI*, 7(2), 225–229. <https://doi.org/10.36040/seniati.v7i2.8058>
- Apriani, R. A., Jannah, R. M., Basuki, D. E., & Handayani, D. (2023). Penerapan Lean Six Sigma untuk peningkatan kualitas produk glove pada area produksi line 18 di PT. SGI. *Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS)*, 6(2). <https://doi.org/10.31539/intecom.v6i2.8177>
- Daniyan, I., Adeodu, A., Mpofo, K., Maladzhi, R., & Kana-Kana Katumba, M. G. (2022). Application of lean Six Sigma methodology using DMAIC approach for the improvement of bogie assembly process in the railcar industry. *Heliyon*, 8(3), e09043. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09043>
- Ferdiansa, M., Rizqi, A. W., & Jufriyanto, M. (2024). Implementasi metode Lean Six Sigma dalam

- meningkatkan efisiensi proses produksi pada industri kayu CV. Jaya Abadi. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 8(2), 1307–1319. <https://doi.org/10.33379/gtech.v8i2.4282>
- Firmansyah, I., Mahardhika, T. A., Setyowati, E., & Nuraini, S. (2021). Penerapan metode Six Sigma untuk menurunkan terjadinya keterlambatan informasi kedatangan barang (NOA) dalam kegiatan impor. *Jurnal Sistem Transportasi & Logistik*, 1(2), 78–86. <https://journal.itltrisakti.ac.id/index.php/jstl/article/view/1044>
- Lemadi, G., Wulandara, A., & Prasetyo, D. E. A. (2024). Implementasi Lean Six Sigma untuk mengurangi produk cacat pada proses pembuatan kaca. *Jurnal Baut dan Manufaktur*, 6(1), 24–28. <https://doi.org/10.34005/bautdanmanufaktur.v6i1.3702>
- Lestari, D. T., & Supardi, S. (2022). Metode six sigma dalam pengendalian kualitas pada home industry tempe. *Fair Value: Jurnal Ilmiah Akuntansi dan Keuangan*, 5(2), 790–797. <https://doi.org/10.36040/fairvalue.v5i2>
- Muqimuddin, Jazuli, N., Arya Pratama, A., Tresya Tatimu, E., Fadillah, F., Btari Ayu Visnuwardhani, H., & Arham Pratikno, F. (2023). Peningkatan kualitas tahu goreng dengan Lean Six Sigma di UMKM Pabrik Tahu Tempe Flamboyan. *Jurnal Logistica*, 1(2), 11–21. <https://journal.iteba.ac.id/index.php/logistica/article/view/97>
- Pamungkas, S., Suhendar, E., & Usman, R. (2023). Implementasi metode Lean Six Sigma dan Fault Tree Analysis untuk peningkatan kualitas produk kulit kebab Lebanese di PT Bangaji Citrarasa Lestari. *Performa: Media Ilmiah Teknik Industri*, 22(2), 98. <https://doi.org/10.20961/performa.22.2.80462>
- Ponsiglione, A. M., Ricciardi, C., Improta, G., Dell'Aversana Orabona, G., Sorrentino, A., Amato, F., & Romano, M. (2021). A six sigma DMAIC methodology as a support tool for health technology assessment of two antibiotics. *Mathematical Biosciences and Engineering*, 18(4), 3469–3490. <https://doi.org/10.3934/MBE.2021174>
- Rahman, A., & Perdana, S. (2021). Analisis perbaikan kualitas produk carton box di PT XYZ dengan metode DMAIC dan FMEA. *Jurnal Optimasi Teknik Industri (JOTI)*, 3(1), 33–37. <https://doi.org/10.30998/joti.v3i1.9287>
- Trenggonowati, D. L., Yuliyanti, T., & Wardhana, A. (2021). Analisis penerapan Lean Six Sigma untuk mengurangi Turn Around Time (TAT) C-Check pada jasa perawatan pesawat. *Integrasi: Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 6(2), 70. <https://doi.org/10.32502/js.v6i2.3989>
- Yu, C. M., Huang, T. H., Chen, K. S., & Huang, T. Y. (2022). Construct Six Sigma DMAIC Improvement Model for Manufacturing Process Quality of Multi-Characteristic Products. *Mathematics*, 10(5), 814. <https://doi.org/10.3390/math10050814>