

STUDI KASUS PENINGKATAN KUALITAS MENGGUNAKAN METODE SIX SIGMA DAN FMEA PADA PERUSAHAAN CARBON ROD BATERAI

Yesaya Hansel Setiawan¹⁾, Mohammad Agung Saryatmo²⁾, I Wayan Sukania³⁾

Program Studi Teknik Industri Universitas Tarumanagara

e-mail: ¹⁾yesaya.545210008@stu.untar.ac.id, ²⁾mohammads@ft.untar.ac.id, ³⁾wayans@ft.untar.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan di PT. XYZ, perusahaan yang memproduksi carbon rod, dengan menerapkan metode Six Sigma menggunakan pendekatan DMAIC dan FMEA. Data diambil dari hasil produksi selama periode April 2024 hingga Maret 2025, yang menunjukkan rata-rata tingkat cacat atau defect sebesar 4,9%. Tahap awal penelitian dimulai dengan mengidentifikasi critical to quality (CTQ), yaitu kebutuhan produk carbon rod yang berkualitas tinggi dan mampu memenuhi permintaan pelanggan secara konsisten. Dilakukan pemetaan proses dan perhitungan performa kualitas menggunakan metode Six Sigma, yang menghasilkan nilai DPMO sebesar 6.997 dan level sigma sebesar 3,96. Hasil ini menunjukkan bahwa proses produksi perlu dilakukan perbaikan. Penyebab utama cacat dianalisis menggunakan diagram sebab-akibat berdasarkan lima jenis defect, yaitu patah, chipping, retak, berlubang, dan posisi miring, yang dipengaruhi oleh faktor manusia, mesin, metode, dan lingkungan kerja. melalui analisis FMEA, ditemukan penyebab kegagalan dengan nilai FRPN tertinggi, seperti kecepatan mesin yang terlalu tinggi, kebersihan mesin dan alat produksi lainnya yang tidak diperhatikan atau diabaikan, serta kesalahan dalam penyetelan mesin. Usulan perbaikan dilakukan dengan pendekatan Kaizen melalui 5S dan five M-checklist, serta diimplementasikan dalam bentuk SOP dan checksheet. Hasilnya, tingkat defect berhasil ditekan dari 4,9% menjadi 3,5%.

Kata kunci: DMAIC, FMEA, Kaizen, Peningkatan Kualitas

ABSTRACT

This research was conducted at PT. XYZ, a company that manufactures carbon rods, by applying the Six Sigma method using the DMAIC and FMEA approaches. The data is taken from production results during the period April 2024 to March 2025, which shows an average defect rate of 4.9%. The initial stage of the research begins with identifying critical to quality (CTQ), which is the need for high-quality carbon rod products that are able to meet customer demand consistently. Process mapping and quality performance calculation were carried out using the Six Sigma method, which resulted in a DPMO value of 6,997 and a sigma level of 3.96. These results show that the production process needs to be improved. The main causes of defects are analyzed using a cause-and-effect diagram based on five types of defects, namely fracture, chipping, cracking, perforation, and tilted position, which are influenced by human factors, machines, methods, and working environments. through FMEA analysis, it was found that the causes of failure with the highest FRPN values were found, such as engine speed that was too high, cleanliness of machinery and other production equipment that is not observed or neglected, and errors in engine adjustment. Proposed improvements are carried out with a Kaizen approach through 5S and five M-checklists, and are implemented in the form of SOPs and checksheets. As a result, the defect rate was successfully reduced from 4.9% to 3.5%.

Keywords: DMAIC, FMEA, Kaizen, Quality Improvement

PENDAHULUAN

Industri manufaktur Indonesia telah sejak dahulu berperan dan terus berkembang secara signifikan dalam perekonomian negara. Produk hasil manufaktur yang telah sejak lama digunakan hingga sekarang dalam kehidupan sehari-hari salah satunya merupakan baterai *dry cell*. Pengaplikasian baterai *dry cell* banyak digunakan pada produk seperti jam dinding, *remote*, mouse, dan produk digital lainnya. Dalam memproduksi baterai *dry cell* tentu terdapat komponen utama, yaitu *carbon rod* yang berfungsi sebagai elektroda untuk menghasilkan arus listrik dengan proses elektrokimia. PT. XYZ yang dipilih sebagai lokasi penelitian ini merupakan salah satu perusahaan yang memproduksi *carbon rod* sebagai komponen utama baterai *dry cell*.

PT. XYZ telah beroperasi di Indonesia sejak 1988, dan fokus dalam memproduksi *carbon* elektrode dan *special carbon*. Sistem produksi yang digunakan oleh perusahaan merupakan *make to stock* untuk memenuhi kebutuhan pelanggan. Produk *carbon rod* yang dihasilkan terbagi ke dalam beberapa jenis, yaitu *carbon rod* dengan ukuran R20, R14, R6, dan R03, serta spesifikasi yang disesuaikan dengan kebutuhan setiap pelanggan. Meningkatnya permintaan kebutuhan pasar, membuat perkembangan perusahaan semakin pesat, hal tersebut dapat dilihat pada jumlah produksi PT. XYZ yang terus meningkat setiap tahunnya. Namun, meskipun terus berkembang, masih ada masalah dengan efisiensi produksi dan pengendalian kualitas, terutama karena tingkat produk cacat yang tinggi yang berdampak pada pencapaian target perusahaan. Berdasarkan data produksi *carbon rod* dari bulan April 2024 hingga Maret 2025, PT. XYZ memproduksi *carbon rod* sebanyak 3.506.362 kg dan produk *defect* sebanyak 171.741 kg. Sehingga rata-rata *defect* dari periode produksi tersebut sebanyak 4,9%, yang dimana angka tersebut masih cukup jauh dari target yang ditetapkan oleh perusahaan yaitu dibawah 4%. Banyaknya jumlah cacat yang cukup signifikan tentu akan mempengaruhi efisiensi produksi, biaya produksi, kepercayaan pelanggan terhadap kualitas produk. Maka, perusahaan perlu berkonsentrasi pada peningkatan proses produksi dan konsistensi kualitas produk untuk mempertahankan daya saing, karena produk yang memenuhi standar pelanggan akan menjadi nilai tambah bagi keberlangsungan perusahaan [1]. *Defect* yang terjadi pada produk *carbon rod* akan berdampak pada utilitas dan kualitas produk tentunya, dan relatif tidak dapat digunakan atau dijual kepada pelanggan, sehingga harus dilakukan proses produksi ulang terhadap *carbon rod* yang rusak.

Dalam kondisi tersebut, perusahaan tentu harus fokus dan memperhatikan setiap aspek seperti teknologi, tenaga kerja, dan proses manufaktur yang efektif, untuk dilakukannya perbaikan berkelanjutan [2]. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi setiap faktor kritis dan menganalisis proses produksi yang dilakukan oleh PT. XYZ menggunakan metode *Six Sigma* dengan pendekatan DMAIC untuk mengetahui terlebih dahulu secara umum proses bisnis yang dilakukan oleh PT. XYZ hingga kemampuan dalam memproduksi *carbon rod* yang berkualitas untuk memenuhi kebutuhan pelanggan. Penelitian juga berfokus untuk mengetahui akar penyebab setiap permasalahan yang terjadi sehingga dapat dilakukan analisis mendalam dan menentukan prioritas untuk dilakukan perbaikan menggunakan *failure mode and effect analysis*. Penentuan prioritas perbaikan sangat penting dilakukan untuk memfokuskan sumber daya pada potensi kegagalan yang paling berdampak pada proses. Sehingga dari analisis tersebut dapat disusun usulan dan strategi perbaikan berkelanjutan menggunakan *kaizen* untuk dilakukan dalam upaya peningkatan kualitas produk *carbon rod*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan dua pendekatan utama, yaitu observasi lapangan dan studi literatur. Observasi bertujuan untuk memperoleh data langsung dari proses produksi, sedangkan studi literatur digunakan untuk mengumpulkan teori dan referensi yang relevan. Berdasarkan kedua pendekatan tersebut, peneliti mengidentifikasi permasalahan yang ada untuk menentukan fokus penelitian dan merumuskan masalah secara jelas. Selanjutnya, ditetapkan tujuan, manfaat, dan batasan penelitian guna membatasi ruang lingkup kajian. Tahap berikutnya melibatkan pengumpulan data, yang terdiri atas data primer melalui wawancara dengan pekerja dan standar kualitas perusahaan, serta data sekunder berupa catatan produksi dan *defect* dalam periode tertentu.

Setelah data terkumpul peneliti melakukan pengolahan dan analisis terhadap data yang telah dimiliki menggunakan tahapan DMAIC. Tahap *define*, dilakukan pemilihan produk yang akan diteliti, membuat *project charter*, membuat diagram SIPOC dan

membuat CTQ. Ketiga alat penelitian tersebut digunakan untuk menggambarkan *outline* penelitian dan identifikasi awal mengenai gambaran umum bisnis perusahaan.

Tahap *measure*, membuat peta kendali Laney p', dilanjutkan dengan menghitung DPMO dan level sigma, serta kapabilitas proses. Perhitungan tersebut secara garis besar memiliki tujuan untuk memberikan gambaran umum mengenai kinerja dan proses yang dilakukan oleh perusahaan selama ini untuk dilakukan analisis lebih lanjut. Tahap *analyze*, melakukan analisis menggunakan diagram pareto untuk mengidentifikasi jenis *defect* dengan frekuensi tertinggi, dilanjutkan dengan membuat *cause and effect* diagram yang bertujuan untuk mengetahui akar utama penyebab permasalahan yang terjadi. Kemudian dilakukan pembuatan FMEA untuk menentukan skala prioritas perbaikan dari setiap mode kegagalan yang terjadi. Tahap *improve*, membuat dan menentukan strategi perbaikan berdasarkan permasalahan yang telah diketahui, serta melakukan penerapan *kaizen* dalam proses perbaikan berkelanjutan. Tahap *control*, dilakukan penerapan usulan perbaikan dan perbandingan pada kondisi awal proses dengan kondisi setelah dilakukan penerapan. Penelitian diakhiri dengan membuat kesimpulan dan saran dari perhitungan, analisis, dan strategi perbaikan yang telah diberikan sebagai penutup dari penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis yang dilakukan dalam peningkatan kualitas menggunakan data sampel jumlah produksi dan jumlah *defect* produksi *carbon rod* selama bulan April 2024 hingga Maret 2025. Analisis dilakukan dengan pendekatan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*). Berikut data jumlah produksi dan jumlah *defect* yang digunakan, dapat dilihat pada Tabel 1.

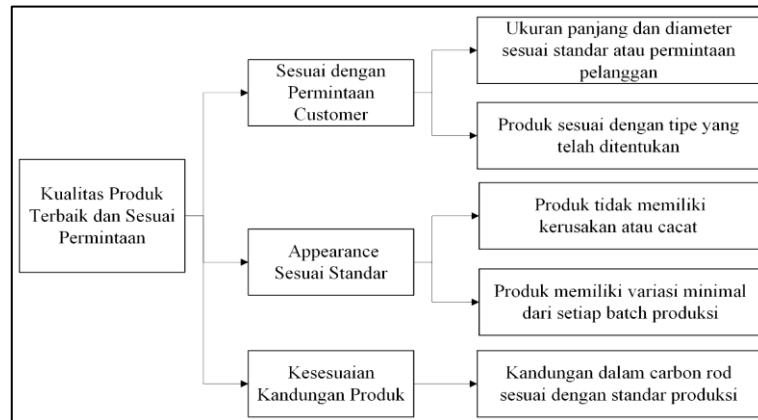
Tabel 1. Data Produksi dan *Defect Carbon Rod*

Bulan	Jumlah Produksi (Kg)	Jumlah Defect (Kg)	Persentase Defect (%)
Apr 2024	302.952	12.329	4,07%
Mei 2024	316.523	16.025	5,06%
Jun 2024	275.345	11.847	4,30%
Jul 2024	269.479	10.687	3,97%
Agu 2024	246.328	12.087	4,91%
Sep 2024	212.432	12.276	5,78%
Okt 2024	300.299	15.321	5,10%
Nov 2024	337.373	20.064	5,95%
Des 2024	303.651	20.762	6,84%
Jan 2025	313.588	13.643	4,35%
Feb 2025	304.297	11.193	3,68%
Mar 2025	324.095	15.507	4,78%

Tahap *Define*

Dalam mengidentifikasi secara umum penelitian yang akan dilakukan menggunakan *project charter* untuk menentukan maksud dan tujuan awal dalam pelaksanaan proyek penelitian [3]. Ruang lingkup penelitian dilakukan pada proses produksi *carbon rod* yang berfokus pada proses *finishing* untuk mengetahui faktor penyebab terjadinya *defect* dan juga menentukan prioritas perbaikan kedepannya. Terdapat dua poin yang menjadi risiko dan isu dalam pelaksanaan proyek penelitian, seperti terdapat beberapa proses produksi yang tidak dapat diketahui secara umum dan implementasi solusi perbaikan yang mungkin saja tidak memberikan dampak. Selain itu, juga terdapat asumsi atau ketergantungan dalam pelaksanaan penelitian, seperti perlunya dukungan penuh dalam melakukan implementasi perbaikan dan keakuratan data yang digunakan dalam penelitian. Identifikasi dilanjutkan dengan menganalisis alur proses yang berjalan secara umum menggunakan diagram SIPOC [4]. Identifikasi dilakukan mengenai alur proses yang dijalankan mulai dari *supplier* atau pemasok bahan baku, *input* atau bahan baku yang digunakan, *process* yang merupakan proses produksi untuk mengubah *input* menjadi *output*.

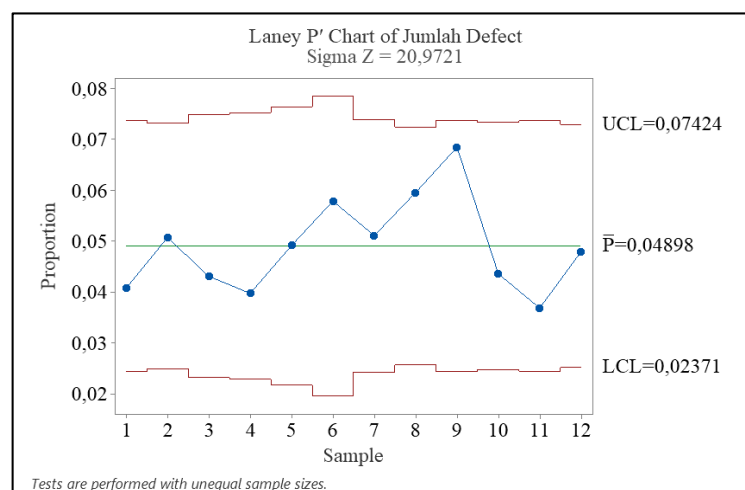
Dalam proses produksi *carbon rod* terbagi sesuai dengan bahan baku, namun secara garis besar setiap material melalui proses *grinding*, *weighting*, *binder mixing*, dilanjutkan dengan proses *extrusion*, *baking*, *cutting*, hingga pada proses *grinding*, dan dilakukan *packing* pada akhir. Kemudian *output* yang dihasilkan merupakan *carbon rod*, dan *customer* yang menjadi penerima akhir dari produk *carbon rod*. Dilanjutkan dengan identifikasi faktor yang berkaitan secara langsung dengan kualitas dan kebutuhan pelanggan menggunakan *critical to quality* (CTQ) [5]. CTQ produk *carbon rod* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Critical to Quality Carbon Rod*

Tahap Measure

Dalam tahap ini dilakukan identifikasi stabilitas proporsi cacat dengan sampel yang bervariasi secara lebih akurat menggunakan peta kendali Laney P. Dilakukan juga perhitungan DPMO (*defect per million opportunity*), *level sigma*, dan juga kapabilitas proses untuk mengetahui performa proses yang sedang berjalan. Peta kendali Laney P merupakan alat yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mengetahui variasi proporsi cacat dalam data proses produksi setiap bulannya [6]. Penggunaan *tools* ini memberikan gambaran secara akurat kinerja proses yang dilakukan oleh perusahaan, visualisasi grafik peta kendali Laney P' menggunakan bantuan *software Minitab* yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta Kendali Laney P'

Dapat dilihat bahwa proporsi *defect* dalam proses produksi selama bulan April 2024 sampai Maret 2025 berada dalam daerah batas UCL (*upper control line*) dan LCL (*lower control line*) sehingga tidak ada proporsi yang diluar batas kendali.

Meskipun tidak terdapat proporsi cacat yang melewati batas kendali, tidak dapat secara langsung dikatakan bahwa proporsi *defect* dalam proses produksi sudah terkendali. Jika dilihat pada bulan Juli 2024 sampai bulan Desember 2024 terjadi peningkatan progresif terhadap proporsi *defect* hingga mendekati batas kendali atas dan menurun pada bulan Januari 2025 dengan signifikan hingga mendekati batas kendali bawah. Setelah itu dilanjutkan dengan perhitungan DPMO dan level sigma sebagai berikut:

$$DPU = \frac{171.741}{3.506.362} = 0,049 \quad (1)$$

$$Total\ Opportunities = 3.506.362 \times 7 = 24.544.534 \quad (2)$$

$$DPO = \frac{171.741}{24.544.534} = 0,006997 \quad (3)$$

$$DPMO = 0,006997 \times 1,000,000 = 6.997,118 \approx 6.997 \quad (4)$$

$$Sigma\ Level = NORMSINV\left(\frac{1,000,000-6.997,118}{1,000,000}\right) + 1,5 = 3,96 \quad (5)$$

Berikut merupakan hasil perhitungan yang disajikan dalam bentuk tabel yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan DPMO dan Level Sigma

DPU	DPO	DPMO	Sigma Level
0,049	0,006997	6.997	3,96

Selanjutnya dilakukan perhitungan kapabilitas proses untuk mengukur kemampuan proses yang dilakukan perusahaan untuk menghasilkan produk yang sesuai dengan kebutuhan pelanggan berikut dapat dilihat perhitungannya:

$$\alpha = 1 - \frac{Presentase\ Proporsi\ Defect}{100 \times Opportunities\ Defect} = 1 - \frac{4,9}{100 \times 7} = 0,993 \quad (6)$$

Didapatkan dari hasil perhitungan nilai α sebesar 0,993, selanjutnya mencari titik Z untuk $Z_{0,4930}$ pada tabel distribusi adalah 2,45

$$Cp = \frac{Titik\ Z}{3} = \frac{2,45}{3} = 0,816 \quad (7)$$

Berikutnya dilakukan perhitungan kapabilitas proses kane (Cpk)

$$\alpha = 1 - \frac{Presentase\ Proporsi\ Defect}{100} = 1 - \frac{4,9}{100} = 0,951 \quad (8)$$

Didapatkan dari hasil perhitungan nilai α sebesar 0,951, maka selanjutnya mencari titik Z untuk $Z_{0,4510}$ pada tabel distribusi adalah 1,65

$$Cpk = \frac{Titik\ Z}{3} = \frac{1,65}{3} = 0,55 \quad (9)$$

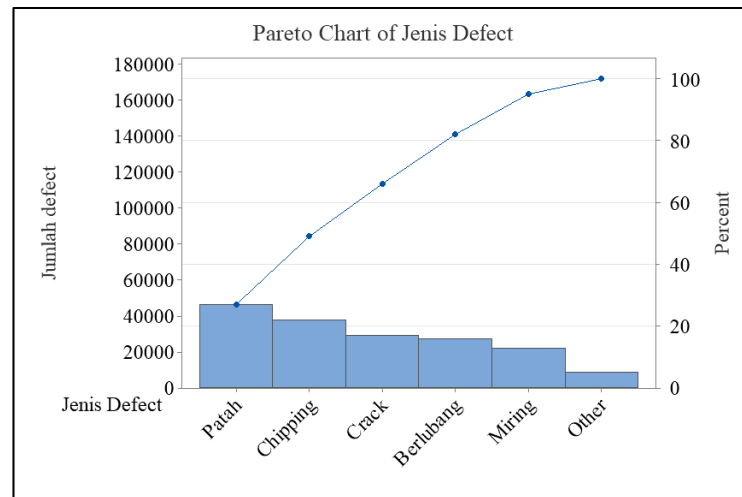
Didapatkan nilai Cp sebesar 0,816 dan Cpk sebesar 0,55 terhadap proses yang dilakukan. Nilai Cp yang kurang dari 1 ($Cp < 1$) menunjukkan bahwa proses yang sekarang dilakukan belum mencapai tingkat optimal dan membutuhkan perbaikan serta pengendalian yang lebih untuk meningkatkan kualitas produksi. Sementara itu, nilai Cpk yang juga di bawah 1 ($Cpk < 1$) menunjukkan bahwa produk yang dihasilkan tidak sepenuhnya memenuhi standar spesifikasi yang telah ditetapkan oleh perusahaan dan kebutuhan pelanggan.

Tahap Analyze

Dalam tahap *analyze* dilakukan analisis terhadap hasil pengolahan data dan juga permasalahan yang terjadi pada perusahaan. Analisis dilakukan untuk mengetahui akar penyebab permasalahan dan menemukan solusi ataupun strategi perbaikan yang dapat

dilakukan kedepannya untuk evaluasi dan peningkatan proses yang dilakukan oleh perusahaan [7]. Berdasarkan data, informasi dan juga observasi yang dilakukan dalam melakukan penelitian ini, maka penelitian difokuskan pada proses *finishing* yang dilakukan oleh perusahaan. Pemfokusan penelitian pada proses *finishing* dilakukan karena hampir sebagian besar *defect* dari produk *carbon rod* terjadi pada proses tersebut. Pada penelitian ini, diagram pareto digunakan untuk menganalisis data *defect* pada produk *carbon rod* yang diproduksi oleh PT. XYZ.

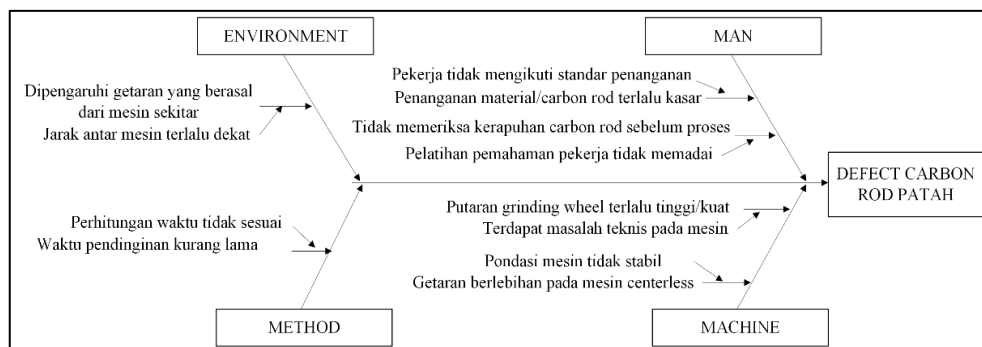
Data jumlah *defect* yang didapatkan selanjutnya dilakukan pengolahan untuk menghitung jumlah kumulatif dan persentase kumulatif dari data *defect* yang telah dipisahkan berdasarkan jenisnya. Berikut diagram pareto yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Pareto Jenis Defect

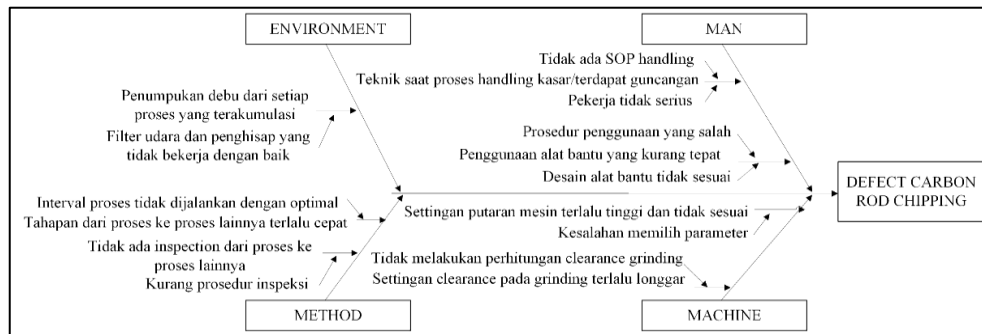
Dalam visualisasi data *defect* berdasarkan jenisnya dapat dilihat bahwa jenis *defect* yang memiliki frekuensi paling tinggi merupakan *defect* patah dengan persentase 27% dari total keseluruhan *defect*. Selanjutnya pada tahap *analyze* digunakan diagram *cause and effect* untuk mengategorikan penyebab permasalahan utama menjadi berbagai faktor secara terstruktur. Dalam *cause and effect* yang digunakan terdapat lima kategori faktor penyebab permasalahan yang digunakan, diantaranya manusia, mesin, metode, dan juga lingkungan [8].

Pada analisis yang dilakukan pada PT. XYZ, permasalahan utama dibagi dalam lima jenis *defect* dengan frekuensi yang terbesar. Berikut merupakan diagram *cause and effect* dari *defect* patah yang dapat dilihat pada Gambar 4.



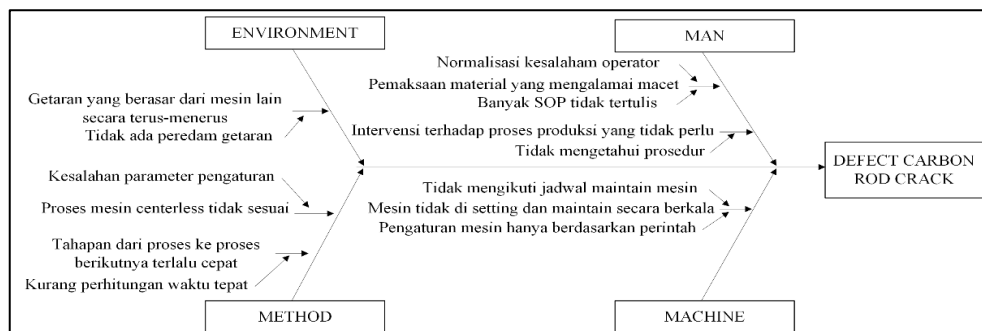
Gambar 4. Diagram Cause and Effect Defect Patah

Berikut diagram *cause and effect* dari *defect* *chipping* yang dapat dilihat pada Gambar 5.



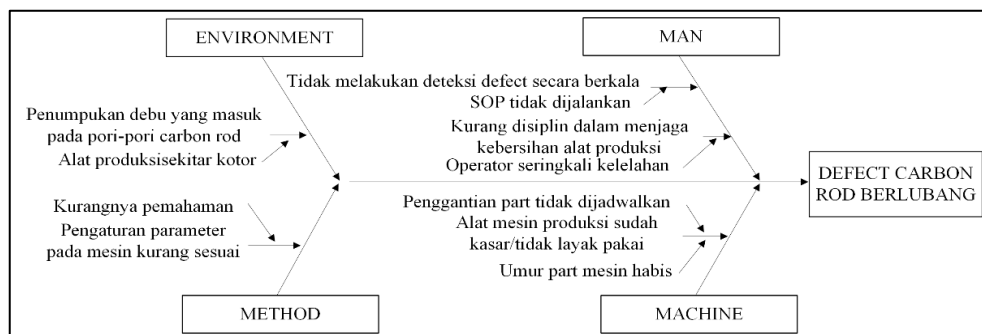
Gambar 5. Diagram Cause and Effect Defect Chipping

Berikut diagram *cause and effect* dari defect crack yang dapat dilihat pada Gambar 6.



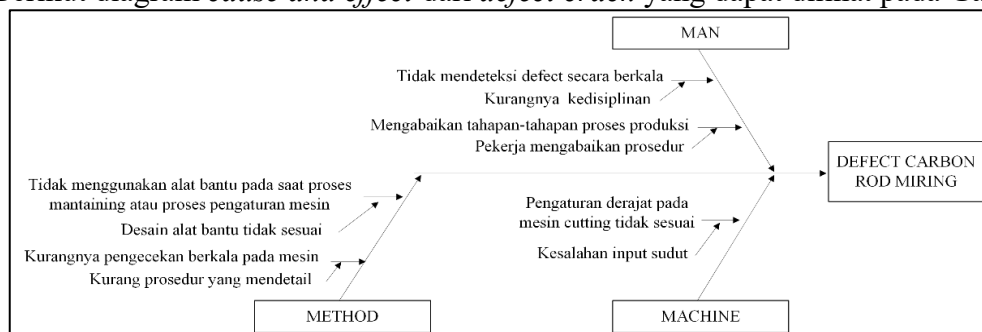
Gambar 6. Diagram Cause and Effect Defect Crack

Berikut diagram *cause and effect* dari defect crack yang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram Cause and Effect Defect Berlubang

Berikut diagram *cause and effect* dari defect crack yang dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Diagram Cause and Effect Defect Miring

Memasuki tahapan FMEA dilakukan perhitungan nilai untuk *severity*, *occurrence*, dan *detection* yang didapatkan dari hasil diskusi dan observasi lapangan secara langsung.

Nilai tersebut kemudian dihitung untuk mendapatkan *risk priority number* (RPN) dari setiap faktor kegagalan yang dianalisis [9]. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan 5 faktor kegagalan dengan RPN tertinggi, yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Faktor Kegagalan dengan RPN Tertinggi

<i>Failure Mode</i>	<i>Cause of Failure</i>	S	O	D	RPN
Permukaan <i>carbon rod</i> tercuil dan berpotensi rapuh	Pemaksaan terhadap produk <i>carbon rod</i> yang mengalami macet pada mesin	7	7	5	245
Retakan halus pada permukaan <i>carbon rod</i>	Pengecekan <i>carbon rod</i> tidak dilakukan secara berkala setiap prosesnya	7	6	4	168
Sisi potong <i>carbon rod</i> memiliki kemiringan yang tidak sejajar	Kesalahan dalam melakukan pengaturan derajat pada mesin <i>cutting</i>	7	6	4	168
<i>Carbon rod</i> terbelah atau hancur menjadi beberapa bagian	Pengaturan putaran pada mesin <i>centerless</i> terlalu tinggi	6	7	4	168
Permukaan <i>carbon rod</i> kasar dan melebihi batas toleransi	Kebersihan mesin dan alat produksi lainnya yang tidak diperhatikan atau diabaikan	7	6	3	126

Tahap Improve

Tahap improve merupakan tahapan yang berfokus untuk memberikan usulan dan strategi perbaikan yang akan diimplementasikan dengan menggunakan Kaizen five step plan dan juga five m-checklist. Penerapan 5S dilakukan untuk memastikan usulan perbaikan dapat diterapkan secara berkelanjutan dan membentuk budaya kerja yang lebih baik melalui pendekatan Kaizen five step plan [10]. Tahapan Seiri dilakukan dengan menghilangkan praktik kerja yang tidak diperlukan, seperti memaksa produk macet dan menggunakan alat bantu yang tidak sesuai. Seiton diterapkan dengan menata proses agar lebih terkontrol, seperti pemberian label parameter mesin dan penyediaan tempat verifikasi awal produksi. Seiso difokuskan pada kebersihan area kerja dan mesin produksi untuk mencegah kontaminasi dan kerusakan. Seiketsu dilakukan melalui standarisasi prosedur seperti pengaturan putaran mesin, derajat *cutting*, dan penggunaan checklist harian. Terakhir, Shitsuke diterapkan dengan membangun kedisiplinan kerja melalui pelatihan rutin, briefing pagi, serta pengawasan aktif dan inspeksi berkala oleh supervisor. Seluruh tahapan ini bertujuan untuk menciptakan lingkungan kerja yang bersih, teratur, disiplin, dan konsisten dalam menjaga mutu proses produksi *carbon rod*. Dalam memberikan usulan perbaikan yang berkelanjutan, juga dilakukan menggunakan five m-checklist berdasarkan faktor man, machine, dan juga method, dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Five M-Checklist

Faktor	Penyebab Masalah	Usulan Perbaikan
Man	<ul style="list-style-type: none"> Pemaksaan terhadap produk <i>carbon rod</i> yang mengalami macet pada mesin Kebersihan mesin dan alat produksi lainnya yang tidak diperhatikan atau diabaikan 	<ul style="list-style-type: none"> Memberikan arahan dalam menjalankan produksi agar kedisiplinan dalam bekerja dapat ditingkatkan dan melakukan standarisasi prosedur dalam melakukan <i>handling</i> untuk meminimalisir kesalahan Pengawasan yang lebih ketat dan aktif oleh supervisor
	<ul style="list-style-type: none"> Pengaturan putaran mesin <i>centerless</i> yang terlalu tinggi Kesalahan dalam pengaturan derajat pada mesin <i>cutting</i> 	
Machine		<ul style="list-style-type: none"> Memeriksa kondisi dan pengaturan mesin setiap hari sebelum dilakukannya proses produksi melalui penggunaan <i>checksheet</i> Melakukan standarisasi prosedur dalam melakukan pengaturan mesin untuk meminimalisir kesalahan Memeriksa sampel produksi awal sebelum dilakukan dalam jumlah besar Melakukan pelatihan mengenai standar pengaturan dari setiap jenis <i>carbon rod</i>
Method	<ul style="list-style-type: none"> Pengecekan <i>carbon rod</i> tidak dilakukan secara berkala pada setiap prosesnya. 	<ul style="list-style-type: none"> Melakukan rapat atau <i>briefing</i> setiap harinya untuk pembaruan metode kerja yang lebih efisien Pengawasan oleh supervisor terhadap kedisiplinan pekerja dalam menjalankan standar prosedur

Tahap Control

Pada tahap control, implementasi usulan perbaikan dilakukan melalui penerapan SOP dan *checksheet*, disertai evaluasi ulang berupa perhitungan proporsi defect, peta kendali Laney p', DPMO, level sigma, kapabilitas proses, dan diagram pareto.

Implementasi dilakukan secara bertahap dengan masa sosialisasi selama satu minggu kepada pekerja bagian finishing untuk memastikan pemahaman dan adaptasi yang baik terhadap prosedur baru serta efektivitas perbaikan yang diterapkan. Penerapan mencakup SOP pengaturan mesin centerless dan mesin cutting, serta penggunaan berbagai checksheet seperti checksheet pengaturan mesin, pengawasan kerja, dan monitoring briefing sebagai alat bantu kontrol untuk memastikan prosedur berjalan efektif dan konsisten. Selanjutnya, dilakukan perbandingan kondisi sebelum dan sesudah dilakukannya implementasi usulan perbaikan untuk mengetahui kondisi secara aktual. Berikut tabel hasil perbandingan kondisi sebelum dan sesuai implementasi, dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Kondisi Sebelum Dan Sesudah Implementasi

Kategori	Sebelum Implementasi	Setelah Implementasi
Nilai DPMO	6.997	4.953
Level Sigma	3.96	4,08
Capability Process	0,816	0,856
Capability Process Kane	0,55	0,6
Proporsi Defect	4,9%	3,5%

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, ditemukan beberapa faktor kritis penyebab defect dalam proses produksi carbon rod di PT. XYZ, seperti kebersihan mesin dan alat produksi lainnya yang tidak diperhatikan atau diabaikan, putaran mesin centerless yang terlalu tinggi, penggunaan alat bantu yang tidak sesuai, serta tidak dilakukannya pengecekan berkala dan penggunaan parameter yang tidak tepat. Pada tahap measure, nilai DPMO tercatat sebesar 6.997 dengan level sigma 3,96, yang menunjukkan perlunya perbaikan. Setelah implementasi usulan perbaikan berkelanjutan seperti penerapan SOP pengaturan mesin, penggunaan checksheet, serta monitoring dan pengawasan kerja, nilai DPMO menurun menjadi 4.953 dan level sigma meningkat menjadi 4,08. Dari lima mode kegagalan dan sepuluh penyebab yang dianalisis, lima penyebab utama diprioritaskan berdasarkan nilai FRPN tertinggi, termasuk kesalahan dalam setting mesin cutting. Perbaikan yang dilakukan juga berhasil meningkatkan kapabilitas proses dari 0,816 menjadi 0,856 dan kapabilitas proses Kane dari 0,55 menjadi 0,6. Secara keseluruhan, implementasi perbaikan berdampak positif terhadap proses produksi dengan penurunan proporsi defect dari 4,9% menjadi 3,5%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y.D.R. Montororing, M. Widyantoro, and A. Muhazir, "Production process improvements to minimize product defects using DMAIC six sigma statistical tool and FMEA at PT KAEF," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 2157, no. 1, p. 012032, 2022.
- [2] M. Bachtiar, S.S. Dahdah, and E. Ismiyah, "Analisis Pengendalian Kuaitas Produk Pap Hanger Menggunakan Metode Six Sigma dan FMEA di PT. Ravana Jaya Manyar Gresik," *JUSTI*, vol. 1, no. 4, pp. 609–618, Jul. 2020.
- [3] A. Watt, *Project Management*, 2nd ed. Victoria, B.C.: BCcampus, 2014.
- [4] A.T. Soemohadiwidjojo, *Six sigma Metode Pengukuran Kinerja Perusahaan Berbasis Statistik*, Raih Asa Sukses, 2017.
- [5] S. Aditya, A.J.M. Rambe, and K. Siregar, "Pengendalian Kualitas dengan Menggunakan Diagram Kontrol MEWMA dan Pendekatan Lean Six Sigma di PT. XYZ," *e-Jurnal Teknik Industri FT USU*, vol. 3, no. 5, pp. 35-46, 2013.
- [6] D.B. Laney, "Improved Control Charts for Attributes," *Quality Engineering*, vol. 14, no. 4, pp. 531–537, 2002.

- [7] S.H. Sakdiyah, N. Eltivia, and A. Afandi, “Root Cause Analysis Using Fishbone Diagram: Company Management Decision Making,” *Journal of Applied Business, Taxation and Economics Research*, vol. 1, no. 6, pp. 566–576, 2022.
- [8] M. Rinoza, J. Junaidi and F.A. Kurniawan, “Analisa RPN (risk priority number) terhadap keandalan komponen mesin kompresor double screw menggunakan metode FMEA di pabrik semen PT. XYZ,” *Buletin Utama Teknik*, vol. 17, no. 1, pp. 34-40, 2021.
- [9] B. Sadeghi, M. Sodagari, H. Nematollahi, and H. Alikhani, “FMEA and AHP Methods in Managing Environmental Risks in Landfills: A Case Study of Kahrizak, Iran,” *Environmental Energy and Economic Research*, vol. 5, no. 2, pp. 1–15, 2021.
- [10] J. Puente, R. Pino, P. Priore, and D. de la Fuente, “A decision support system for applying failure mode and effects analysis,” *International Journal of Quality & Reliability Management*, vol. 19, no. 2, pp. 137–150, 2002.