

BOGIE PRODUCT QUALITY CONTROL USING SIX SIGMA AND FMEA METHODS AT PT. XYZ

PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK BOGIE DENGAN METODE SIX SIGMA DAN FMEA PADA PT. XYZ

Nadya Aura Asfahani¹, Yanuar Pandu Negoro², Hidayat³

¹²³Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Gresik, Indonesia

Email : itsnadiaurhh@gmail.com¹, yanuar.pandu@umg.ac.id², Hidayat@umg.ac.id³

ABSTRACT

PT. XYZ is a manufacturing company engaged in metal casting, where product quality is a key factor in maintaining operational efficiency and customer satisfaction. This study was conducted during an internship period from January to February 2024, aiming to analyze the types and root causes of product defects and provide data-driven improvement suggestions. The methods used were Six Sigma with the DMAI (Define, Measure, Analyze, Improve) stages and FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) to identify and prioritize potential risks. The results showed that the highest defects were Cold Shuts (30%) and Cross Joint (26%), caused by factors such as improper pouring temperature and speed, as well as welding procedure errors. Improvement proposals include adjusting process parameters, regular machine calibration, and enhanced quality control. Based on the FMEA results, the defect with the highest RPN value was Crack, with a score of 576, making it the top priority for corrective action. The implementation of these improvements is expected to reduce defect rates and enhance the overall product quality at PT. XYZ.

Keywords: Metal Casting, Six Sigma, FMEA, Quality Control

ABSTRAK

PT. XYZ merupakan perusahaan manufaktur di bidang pengecoran logam, di mana kualitas produk menjadi aspek penting dalam menjaga efisiensi dan kepuasan pelanggan. Penelitian ini dilakukan selama magang pada Januari–Februari 2024 dengan tujuan menganalisis jenis dan penyebab utama kecacatan serta memberikan usulan perbaikan berbasis data. Metode yang digunakan adalah Six Sigma dengan tahapan DMAI (Define, Measure, Analyze, Improve), serta FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan risiko. Hasil penelitian menunjukkan bahwa cacat tertinggi adalah *Cold Shuts* (30%) dan *Cross Joint* (26%), yang disebabkan oleh faktor seperti suhu dan kecepatan penuangan yang tidak sesuai, serta kesalahan dalam prosedur pengelasan. Usulan perbaikan meliputi pengaturan ulang parameter proses, kalibrasi mesin, dan peningkatan kontrol kualitas. Berdasarkan hasil FMEA, cacat dengan nilai RPN tertinggi adalah *Crack* dengan skor 576, sehingga menjadi prioritas utama dalam penanganan perbaikan. Implementasi perbaikan ini diharapkan dapat menurunkan tingkat cacat dan meningkatkan kualitas produk PT. XYZ.

Kata kunci: Pengecoran Logam, Six Sigma, FMEA, Pengendalian Kualitas

PENDAHULUAN

PT. XYZ merupakan sebuah perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang pengecoran logam, di mana kualitas produk menjadi elemen fundamental dalam menjaga efisiensi operasional, mempertahankan kepercayaan pelanggan, serta memastikan daya saing perusahaan di tengah kompetisi industri yang kian kompetitif. Dalam praktik operasionalnya, produk cacat yang lolos dari proses pengendalian kualitas dapat menimbulkan konsekuensi serius, seperti pemborosan sumber daya, peningkatan biaya produksi, penurunan produktivitas, hingga penurunan reputasi perusahaan di mata konsumen.

Mutu produk yang terjaga secara konsisten menjadi indikator keberhasilan sistem manajemen

kualitas serta mencerminkan integritas proses produksi yang diterapkan perusahaan. Sebaliknya, ketidakstabilan kualitas dapat berdampak pada kehilangan loyalitas pelanggan, meningkatnya klaim garansi, serta potensi tuntutan hukum apabila produk yang tidak memenuhi standar menyebabkan kerugian pada pengguna. Di era informasi yang serba cepat, reputasi perusahaan dapat terdampak signifikan akibat penyebaran keluhan pelanggan melalui media sosial atau ulasan daring.

Permasalahan kualitas produk yang terjadi di PT. XYZ teridentifikasi secara nyata selama pelaksanaan magang penulis pada periode Januari hingga Februari 2024. Berbagai jenis kecacatan ditemukan pada produk hasil pengecoran, antara lain *crack*, *gas hole*, *cold shuts*, *break mould*, *mech*

prop, dan *cross joint*. Fenomena ini mengindikasikan adanya ketidaksempurnaan dalam proses produksi yang harus segera dianalisis dan diperbaiki. Data tingkat kecacatan selama periode tersebut disajikan pada tabel berikut:

Tabel. 1 Data Produksi Periode Januari Februari

Bulan	Jumlah Hasil Produk (Pcs)	Total Produk Defect (Pcs)
Januari	419.475	5922
Februari	620.248	6125
Total	1.039.723	12.047

Dalam upaya mengurangi variasi proses dan meningkatkan konsistensi mutu produk, penelitian ini menerapkan metode Six Sigma dengan tahapan DMAI (Define, Measure, Analyze, Improve). Pendekatan ini bertujuan mengidentifikasi akar penyebab kecacatan dan mengembangkan solusi berbasis data secara sistematis dan terstruktur.

Sebagai pelengkap metode Six Sigma, penelitian ini juga mengintegrasikan pendekatan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) guna mengevaluasi risiko kegagalan dalam proses produksi. FMEA berfungsi sebagai alat analisis untuk menilai dan memprioritaskan potensi cacat berdasarkan tiga parameter utama: tingkat keparahan (Severity), frekuensi kejadian (Occurrence), dan kemampuan deteksi (Detection). Melalui perhitungan *Risk Priority Number (RPN)*, metode ini membantu menentukan jenis cacat yang paling kritis untuk segera diperbaiki serta mengarahkan fokus perbaikan secara lebih efisien dan terarah (Hartoyo, Yudhistira, Chandra, & Chie, 2022).

Penelitian ini memiliki beberapa tujuan utama, di antaranya adalah untuk mengukur tingkat kecacatan produk guna mengetahui jenis cacat dengan persentase tertinggi yang terjadi di PT. XYZ pada periode Januari hingga Februari 2024. Selanjutnya, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi akar penyebab dari jenis kecacatan dengan persentase tertinggi dan menganalisis faktor-faktor penyebabnya secara menyeluruh. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk merumuskan solusi perbaikan kualitas produk melalui penerapan metode Six Sigma secara sistematis dan berbasis data. Penelitian ini juga menggunakan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) untuk mengevaluasi dan memprioritaskan risiko setiap kecacatan berdasarkan tingkat keparahan, kemungkinan terjadinya, serta kemampuan deteksinya. Terakhir, penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan tahapan-tahapan Six Sigma yang digunakan dalam

penelitian ini serta bagaimana penerapannya dalam konteks evaluasi dan peningkatan mutu produk (Samad, 2022).

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggabungkan pendekatan berbasis data dan analisis risiko yang sistematis untuk menangani permasalahan kualitas yang terjadi di PT. XYZ. Pertama, digunakanlah pendekatan Six Sigma dengan tahapan DMAI (Define, Measure, Analyze, Improve) untuk mengidentifikasi dan mengurangi kecacatan produk melalui langkah-langkah yang terstruktur. Tahap Define bertujuan untuk merumuskan permasalahan dan menetapkan area perbaikan yang paling kritis. Pada tahap Measure, dilakukan pengumpulan data untuk menilai tingkat kecacatan dan menggambarkan variasi yang terjadi dalam proses produksi. Tahap Analyze berfokus pada analisis mendalam terhadap penyebab kecacatan yang telah diidentifikasi. Tahap Improve melibatkan perumusan solusi dan implementasi perbaikan untuk mengurangi variabilitas proses.

Selain itu, penelitian ini juga mengintegrasikan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), sebuah teknik yang digunakan untuk mengevaluasi potensi kegagalan pada setiap tahapan proses produksi, dengan cara menilai dampak, kemungkinan terjadinya, dan kemampuan untuk mendeteksi masalah sebelum terjadi. Pendekatan FMEA ini akan digunakan untuk memprioritaskan area yang memerlukan perhatian khusus, sehingga perusahaan dapat melakukan intervensi yang lebih efisien dan efektif (Izzah & Rozi, 2019).

Kualitas

Kualitas dapat didefinisikan sebagai tingkat kesesuaian antara produk atau layanan yang dihasilkan dengan kebutuhan dan harapan pelanggan. (Mabrur & Budiharjo, 2021) Dalam dunia industri, kualitas sering kali dikaitkan dengan kemampuan produk untuk memenuhi spesifikasi teknis yang telah ditetapkan serta memberikan nilai fungsional yang tinggi bagi pengguna. (Fithri, 2019) Namun, pengertian kualitas tidak hanya terbatas pada aspek teknis, tetapi juga mencakup elemen-elemen seperti daya tahan, kemudahan penggunaan, serta estetika produk. Untuk mencapai kualitas yang konsisten, perusahaan perlu melakukan pengawasan yang ketat terhadap setiap aspek dari proses produksi dan juga memastikan bahwa setiap elemen dalam produk atau layanan mendukung kepuasan pelanggan secara keseluruhan. (Sri Lestari, 2020).

Pentingnya kualitas dalam dunia bisnis juga tidak bisa diabaikan. Banyak perusahaan yang melihat kualitas sebagai keunggulan kompetitif yang menentukan kesuksesan mereka di pasar. Produk berkualitas tinggi dapat membangun kepercayaan dan loyalitas pelanggan, yang pada gilirannya berpengaruh pada pertumbuhan dan profitabilitas perusahaan. Selain itu, kualitas juga berperan dalam menciptakan reputasi baik perusahaan, yang menjadi aset berharga untuk jangka panjang. Oleh karena itu, perencanaan dan pengelolaan kualitas harus dilakukan secara sistematis dan berkelanjutan, menggunakan berbagai metode dan teknik untuk memastikan hasil yang optimal. (Ridwan, Arina, & Permana, 2020)

Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas adalah rangkaian kegiatan yang dilakukan untuk memastikan bahwa produk atau layanan yang dihasilkan memenuhi standar kualitas yang telah ditentukan sebelumnya. Kegiatan ini melibatkan pemantauan secara terus-menerus terhadap proses produksi dan penerapan prosedur yang ketat untuk mendeteksi dan memperbaiki cacat pada produk atau layanan. Salah satu tujuan utama dari pengendalian kualitas adalah untuk mengurangi jumlah produk cacat yang dihasilkan, sehingga dapat menghemat biaya dan meningkatkan kepuasan pelanggan. Proses ini dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai teknik, mulai dari inspeksi manual hingga pemantauan otomatis menggunakan alat pengukuran. (Akmal *et al.*, 2021)

Dalam penerapannya, pengendalian kualitas melibatkan beberapa pendekatan yang sering kali saling terkait. Misalnya, menggunakan peta kendali untuk memantau variasi dalam proses produksi, histogram untuk menganalisis distribusi data, dan diagram Pareto untuk mengidentifikasi masalah utama yang paling sering terjadi. Peta kendali adalah alat penting yang membantu perusahaan untuk memonitor kestabilan proses dan mengetahui apakah proses berjalan dalam batas toleransi yang telah ditetapkan. Sementara histogram memberikan gambaran visual mengenai distribusi cacat yang terjadi, sehingga memudahkan untuk mengidentifikasi pola atau kecenderungan tertentu. (Somadi, 2020).

Six Sigma

Six Sigma adalah metodologi manajemen yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas dengan cara mengurangi variabilitas dan cacat dalam proses-proses yang ada (Cundara, 2020). Metode ini menggunakan analisis statistik yang kuat untuk mengidentifikasi dan memperbaiki masalah dalam

suatu proses, dengan tujuan mencapai tingkat kualitas yang sangat tinggi. Six Sigma mengacu pada konsep "3,4 cacat per sejuta peluang," yang menunjukkan bahwa hanya sejumlah sangat kecil cacat yang diperbolehkan dalam proses produksi (Utami, 2021). Pendekatan ini menekankan pentingnya pengumpulan data yang tepat dan analisis mendalam untuk mendeteksi akar penyebab masalah dalam suatu proses. (Sarman & Soediantono, 2022)

Proses Six Sigma biasanya diterapkan menggunakan metodologi DMAIC, yang terdiri dari lima langkah utama: Define (Menentukan masalah), Measure (Mengukur kinerja saat ini), Analyze (Menganalisis data untuk menemukan akar penyebab masalah), Improve (Meningkatkan proses dengan solusi yang ditemukan), dan Control (Mengendalikan perubahan untuk memastikan hasil tetap konsisten). Pendekatan ini dapat digunakan untuk meningkatkan berbagai proses dalam bisnis, mulai dari produksi hingga layanan pelanggan, dengan tujuan untuk mengurangi pemborosan, meningkatkan efisiensi, dan menghasilkan produk yang lebih konsisten dan berkualitas tinggi. (Widodo & Soediantono, 2022)

Salah satu keunggulan utama dari Six Sigma adalah pendekatannya yang berbasis data, yang memungkinkan organisasi untuk membuat keputusan yang lebih objektif dan terinformasi. Menggunakan alat statistik canggih seperti regresi dan analisis varian, tim Six Sigma dapat mengidentifikasi faktor-faktor yang paling signifikan dalam suatu proses dan fokus pada area yang memberikan dampak terbesar terhadap hasil. Selain itu, Six Sigma juga memberikan ruang bagi inovasi dalam proses perbaikan, dengan memperkenalkan teknik-teknik baru untuk memecahkan masalah yang telah ada (Sirine & Kurniawati, 2019).

Penerapan Six Sigma tidak hanya menguntungkan dalam hal peningkatan kualitas, tetapi juga dalam pengurangan biaya yang terkait dengan kesalahan atau kegagalan produksi. Dalam jangka panjang, organisasi yang menerapkan Six Sigma dapat menikmati peningkatan kepuasan pelanggan, pengurangan biaya, dan peningkatan profitabilitas (Burhanuddin & Sulistiyowati, 2022). Oleh karena itu, Six Sigma bukan hanya sekadar teknik perbaikan kualitas, tetapi juga strategi yang dapat memberikan keunggulan kompetitif yang signifikan dalam industri yang sangat dinamis dan penuh persaingan. Pada tahapan six sigma, terdapat 5 tahapan yakni, DMAIC (define, measure, Analyze, improve, dan control), berikut penjelasannya:

1. Tahap Define bertujuan untuk mengidentifikasi masalah utama yang akan diselesaikan, merumuskan tujuan perbaikan, dan menetapkan cakupan proyek (Ridwan *et al.*, 2020). Tim

- proyek bekerja sama dengan para pemangku kepentingan untuk memahami kebutuhan pelanggan (Voice of Customer) dan menyelaraskan tujuan proyek dengan strategi organisasi. Beberapa alat seperti Project Charter, SIPOC (Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers), dan Critical to Quality (CTQ) digunakan untuk memberikan definisi yang jelas pada proyek. Langkah ini bertujuan agar masalah yang dipilih benar-benar relevan dengan kebutuhan pelanggan dan memberikan dampak nyata bagi kinerja perusahaan. Dengan mendefinisikan masalah secara terstruktur, sumber daya dapat dialokasikan secara optimal, dan tim dapat fokus pada area yang paling membutuhkan perbaikan sehingga hasil yang dicapai menjadi lebih maksimal (Triadi, 2019).
2. Tahap Measure difokuskan pada pengumpulan data aktual untuk menggambarkan kinerja proses saat ini serta mengidentifikasi potensi penyebab masalah. Data yang dikumpulkan harus mencerminkan situasi nyata agar dapat menjadi dasar untuk analisis yang akurat. Beberapa alat yang sering digunakan dalam tahap ini meliputi diagram alir proses, check sheet, dan histogram. Pada tahap ini, tim juga menetapkan metrik utama (Key Performance Indicators, KPI) untuk mengukur keberhasilan proyek. Dengan data yang relevan, tim dapat menentukan baseline kinerja, mengidentifikasi variasi proses, dan menghitung tingkat cacat. Data ini menjadi pijakan penting untuk proses analisis di langkah berikutnya. (Harahap, 2022) Dalam tahapan ini, terdapat perhitungan untuk menentukan nilai DPU, DPMO dan nilai sigma. Ketiga hal ini adalah ukuran kualitas yang umum digunakan dalam Six Sigma untuk menunjukkan seberapa sering cacat terjadi dalam suatu proses berdasarkan jumlah peluang kesalahan. Berikut rumusnya:
 - a. Perhitungan nilai defect/Unit (DPU)

$$DPU = \frac{\text{jumlah produk cacat}}{\text{Total Produksi}}$$
 - b. Perhitungan nilai Defect Per Million Opportunities DPO

$$DPMO = DPU \times 1000000$$
 - c. Perhitungan menghitung nilai sigma
 Dalam perhitungan ini, menghitung menggunakan excel dengan rumus:

$$\text{Sigma} = \text{normsinv} ((1000000 / DPMO) / 1000000) + 1,5.$$
 3. Tahap Analyze berfokus pada menemukan akar penyebab masalah yang memengaruhi kualitas proses. Dengan menggunakan data yang telah dikumpulkan, tim melakukan analisis mendalam menggunakan alat seperti diagram sebab-akibat (Fishbone Diagram), analisis Pareto, atau regresi statistik. Pada tahap ini, tim bertujuan untuk memastikan bahwa solusi yang dirancang ditujukan pada penyebab utama, bukan sekadar mengatasi gejala. Dengan

mengidentifikasi akar masalah, perusahaan dapat menghilangkan faktor yang menyebabkan variasi atau cacat, sehingga menghasilkan keputusan berbasis data yang lebih akurat.

4. Tahap Improve bertujuan untuk merancang dan menerapkan solusi yang efektif guna mengatasi masalah yang telah ditemukan. Tim biasanya menguji beberapa alternatif solusi melalui simulasi atau eksperimen sebelum implementasi penuh untuk memastikan keberhasilannya. Alat seperti brainstorming, Design of Experiments (DoE), dan Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) sering digunakan untuk menentukan solusi terbaik. Setelah implementasi, kinerja proses dipantau untuk melihat dampak positif dari perbaikan yang dilakukan. Selain itu, pelatihan dan dokumentasi terkait prosedur baru juga dilakukan untuk memastikan perbaikan dapat dipertahankan dalam jangka panjang.

FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)

FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) adalah metode sistematis untuk mengidentifikasi dan mengurangi potensi kegagalan dalam suatu proses, produk, atau sistem. Salah satu bagian penting dalam FMEA adalah perhitungan RPN (Risk Priority Number) untuk menentukan prioritas risiko yang harus ditangani terlebih dahulu. (Gunawan, Taroepratjeka, & Liansari, 2020)

Dalam perhitungannya, terdapat beberapa komponen penting yang harus kita ketahui yakni:

1. **Severity (S)**
 Tingkat keparahan efek kegagalan.
 Skala: 1 (tidak signifikan) sampai 10 (sangat parah/kritis).
2. **Occurrence (O)**
 Kemungkinan kegagalan terjadi.
 Skala: 1 (jarang) sampai 10 (sangat sering).
3. **Detection (D)**
 Kemampuan sistem untuk mendeteksi kegagalan sebelum mencapai pelanggan.
 Skala: 1 (sangat mungkin terdeteksi) sampai 10 (sangat sulit dideteksi).
 Rumus perhitungan FMEA RPN (Risk Priority Number):

$$RPN = S \times O \times D$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam analisis. Data yang dikumpulkan terdiri dari dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung terhadap objek penelitian, yang bertujuan

untuk memahami alur proses produksi dan mengidentifikasi kemungkinan adanya produk cacat yang dihasilkan. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari sumber tidak langsung, seperti dokumen dan arsip perusahaan, yang biasanya disimpan dalam format digital seperti file Ms. Excel. Beberapa contoh data sekunder yang dikumpulkan antara lain adalah total keseluruhan produksi dari periode Januari – Februari 2024 dan data jenis kecacatan produk beserta jumlah kecacatan yang terjadi selama periode tersebut.

Data Total Produksi Periode Januari- Februari 2024

Tabel. 2 Data Presentase Defect Produk

Bulan	Jumlah Hasil Produk (Pcs)	Total Produk Defact (Pcs)	Finished Good	Defect (%)
Januari	419.475	5922	413.553	1,41%
Februari	620.248	6125	614.123	0,99%
Total	1.039.723	12.047	1.027.676	2,4%

Tabel di atas menunjukkan data jumlah produksi selama periode Januari hingga Februari di PT. Barata Indonesia, termasuk catatan mengenai produk cacat yang dihasilkan. Data ini menjadi landasan penting untuk analisis menggunakan metode Six Sigma, yang bertujuan mengidentifikasi tingkat kecacatan tertinggi dan mengembangkan langkah-langkah perbaikan.

Data Jenis Cacat Produksi Periode Januari– Februari 2024

Tabel. 3 Data jenis cacat produksi

Bulan	Produk Defact (Kg)					
	Crack	Gas Hole	Cold Shuts	Break Mould	Mech Prop	Cross Joint
Januari	111	1168	3602	704	-	337
Februari	1389	-	-	-	1930	2806
Total	1.500	1.168	3.602	704	1.930	3.143

Pengolahan Data Define

Berdasarkan hasil analisis data, ditemukan bahwa kecacatan terbesar terjadi pada kategori cacat bentuk dengan jumlah 12.047 unit atau

sekitar 2,4%. Selain itu, terdapat cacat lainnya, seperti cacat crack sebanyak 1.500 unit, gas hole sebanyak 1.168 unit, cold shuts sebanyak 3.602 unit, mech prop sebanyak 1.930 unit, dan cross joint sebanyak 3.143 unit selama periode Januari hingga Februari 2024. Jika produk cacat tidak terdeteksi dan melewati tahapan berikutnya, hal ini dapat menimbulkan keluhan pelanggan serta mengacaukan ketersediaan stok barang dalam proses, sehingga rencana produksi harian menjadi terganggu. Faktor-faktor seperti metode kerja, kondisi mesin, kinerja tenaga kerja, dan kualitas material yang kurang optimal berkontribusi terhadap rendahnya kualitas produk yang dihasilkan. Berikut merupakan tiap identifikasi tiap jenis cacat pada produl bogie:

1. Crack



Gambar 1 Defect Crack

Crack atau retak merupakan jenis cacat berupa retakan pada permukaan atau di dalam material. Crack dapat mengurangi kekuatan struktur produk dan berpotensi menyebabkan kegagalan fungsi jika tidak segera diperbaiki.

2. Gas Hole



Gambar 2 Defect Gas Hole

Gas hole adalah lubang kecil yang terbentuk akibat gas yang terperangkap di dalam material saat proses pengecoran.

3. Cold Shuts



Gambar 3 Defect Cold Shuts

Cold shuts adalah cacat yang ditandai dengan adanya garis atau celah pada permukaan produk akibat aliran logam cair yang tidak menyatu dengan sempurna. Hal ini terjadi ketika logam cair mulai mengeras sebelum seluruh bagian cetakan terisi.

4. Break Mould



Gambar 4 Defect Break Mould

Break mould adalah cacat yang terjadi akibat kerusakan pada cetakan selama proses pengecoran. Kerusakan ini dapat menyebabkan bentuk produk tidak sesuai dengan desain atau standar yang diharapkan.

5. Mech Prop



Gambar 5 Defect Mech Prop

Mech prop atau mechanical properties yang tidak sesuai adalah cacat terkait sifat mekanis produk, seperti kekuatan tarik, kekerasan, atau ketangguhan yang berada di bawah spesifikasi yang ditetapkan.

6. Cross Joint



Gambar 6 Defect Cross Joint

Cross joint adalah cacat yang muncul dalam bentuk sambungan silang pada material, yang biasanya terjadi akibat ketidaksempurnaan dalam aliran logam cair selama pengecoran. Kondisi ini dapat menyebabkan area lemah pada

produk dan berisiko menyebabkan kegagalan struktur saat digunakan.

Measure

Tahap Measure merupakan langkah kedua dalam metode Six Sigma yang bertujuan untuk mengevaluasi kinerja proses dan memastikan kualitas produk. Proses ini meliputi tiga langkah utama, yaitu penghitungan tingkat sigma untuk menilai sejauh mana proses mendekati standar kualitas yang ditargetkan, analisis diagram kontrol untuk memantau konsistensi serta stabilitas proses, dan perhitungan Defects Per Million Opportunities (DPMO) guna menentukan jumlah cacat per sejuta peluang. Melalui pengukuran yang cermat, tahap ini menghasilkan data akurat yang menjadi landasan penting untuk melakukan analisis dan perbaikan pada tahap berikutnya.

a. Perhitungan Nilai Persen Kecacatan

Pada tahap ini, menghitung total kecacatan dan persentasenya setiap bulan, seperti Januari dan Februari digunakan beberapa rumus untuk menganalisis data dengan tepat. Total kecacatan diperoleh dengan menjumlahkan semua jenis cacat yang terjadi dalam periode tertentu. Selanjutnya, persentase kecacatan dihitung dengan membandingkan jumlah cacat pada kategori tertentu dengan total produksi, lalu dikalikan 100% untuk mendapatkan proporsi dalam bentuk persentase. Selain itu, persentase kecacatan bulanan dihitung dengan membagi total cacat dalam satu bulan dengan total produksi bulan tersebut, kemudian dikalikan 100%. Melalui perhitungan ini, perusahaan dapat memantau tingkat kecacatan setiap bulan, menganalisis tren yang muncul, serta merumuskan langkah perbaikan untuk meningkatkan kualitas produksi secara keseluruhan. Berikut hasil perhitungannya:

Tabel. 4 Data Perhitungan Presentase Produk Keseluruhan

Bulan	Jumlah Hasil Produk (Pcs)	Total Produk Defect (Pcs)	Presentase
Januari	419.475	5922	1,41%
Februari	620.248	6125	0,99%
Total	1.039.723	12.047	2,4%

Sumber: Perhitungan Excel

b. Perhitungan Defect/Unit (DPU), DPMO, dan Nilai Sigma Dengan total persentase kecacatan sebesar 2,4% % dalam 2 bulan,

langkah berikutnya adalah menghitung Defect per Unit (DPU), Defects per Million Opportunities (DPMO), dan Nilai Sigma untuk menganalisis kualitas proses secara mendalam.

Bulan	Jumlah produk	Total Cacat	DP U	DPMO	Nilai Sigma
Januari	419.475	5922	0,012	11586,740	3,771
Februari	620.248	6125			
Total	1.039.723	12.047			

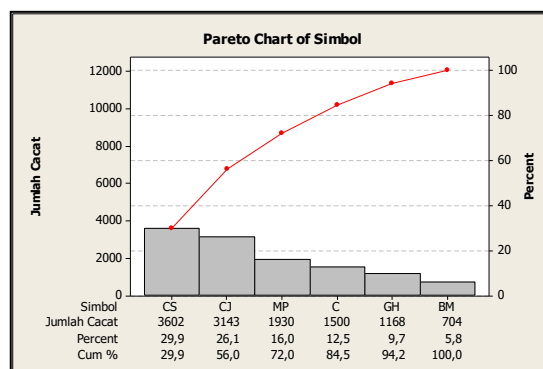
Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, diperoleh nilai sigma sebesar 3,771, yang mengindikasikan bahwa proses produksi memiliki kualitas yang cukup baik, meskipun masih ada potensi untuk perbaikan lebih lanjut. Nilai ini dihitung berdasarkan DPU (Defect per Unit) sebesar 0,012, yang menggambarkan rata-rata cacat pada setiap unit produksi, serta DPMO (Defects per Million Opportunities) sebesar 11.586,740, yang menunjukkan jumlah cacat per sejuta peluang.

Hasil ini memberikan wawasan mengenai kinerja proses produksi dan dapat digunakan sebagai dasar untuk mengidentifikasi sumber-sumber cacat, sehingga langkah-langkah perbaikan dapat diterapkan untuk mencapai kualitas yang lebih optimal.

Analyze Diagram Pareto

Dari hasil persentase jumlah cacat dan nilai kumulatif yang diperoleh, data tersebut dapat digunakan untuk membuat diagram Pareto, yang berfungsi untuk memprioritaskan cacat berdasarkan frekuensinya. Diagram Pareto ini membantu untuk mengidentifikasi masalah yang paling signifikan dan memberikan gambaran yang jelas tentang kategori cacat yang paling sering terjadi, sehingga perusahaan dapat fokus pada penyelesaian masalah yang memberikan dampak terbesar terhadap kualitas produk. Berikut adalah diagram Pareto yang disusun berdasarkan data cacat yang ditemukan dalam

penelitian ini, yang menggambarkan sebaran cacat beserta persentasenya. Berikut gambaran diagram paretonya:



Gambar 7 Diagram Pareto

Dari diagram Pareto yang ditampilkan, dapat dilihat bahwa terdapat enam faktor penyebab kecacatan dalam penelitian ini, dengan *Cold Shuts* sebagai faktor utama penyebab kecacatan, yang mencatatkan persentase sebesar 30%. Faktor kedua terbesar adalah *Cross Joint* dengan persentase 26%, diikuti oleh *BMech Prop* yang berada di urutan ketiga dengan persentase 16%. Selanjutnya, *Crack* memiliki persentase 12%, dan *Gas Hole* tercatat dengan persentase 10%. Faktor terakhir, yaitu *Break Mould*, menunjukkan persentase terendah sebesar 6%. Di antara semua faktor tersebut, *Break Mould* merupakan jenis cacat yang paling minimal, menunjukkan bahwa hal ini lebih jarang terjadi dibandingkan dengan cacat lainnya dalam proses produksi. Hal ini memberikan gambaran awal mengenai prioritas masalah yang harus segera ditangani untuk meningkatkan kualitas produksi secara keseluruhan.

Dari hasil diagram Pareto ini, dua faktor tertinggi, yaitu *Cold Shuts* dan *Cross Joint*, digunakan sebagai penentu akar permasalahan dari kecacatan yang terjadi. Kedua jenis cacat ini dianggap paling signifikan karena kontribusinya yang dominan terhadap total cacat yang teridentifikasi. Untuk menganalisis lebih lanjut akar penyebab dari kedua faktor tersebut, digunakan diagram Fishbone sebagai alat bantu analisis. Diagram ini membantu mengidentifikasi berbagai faktor yang berkontribusi terhadap terjadinya kecacatan, sehingga dapat diketahui penyebab secara menyeluruh dan sistematis.

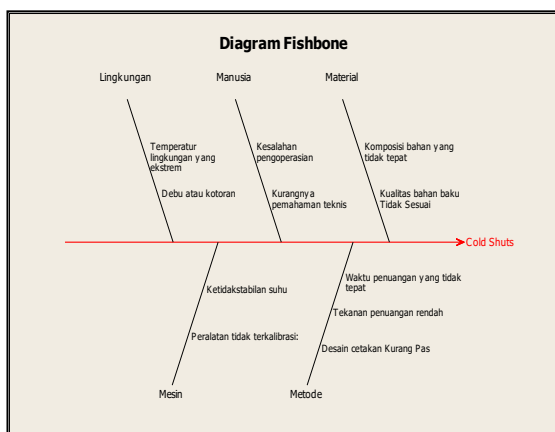
Analisis dalam diagram Fishbone akan dibagi menjadi beberapa kategori utama, yaitu

faktor manusia, lingkungan, mesin, metode, dan material. Setiap kategori dianalisis secara mendalam untuk mengetahui potensi penyebab yang memicu terjadinya kecacatan pada produk, baik yang bersifat teknis maupun non-teknis. Dengan pendekatan ini, perusahaan dapat memahami hubungan sebab-akibat yang lebih kompleks serta mengidentifikasi titik kritis yang memerlukan perbaikan.

Dalam menentukan diagram Fishbone dan menyusun usulan solusi menggunakan pendekatan 5W+1H (*What, Why, Where, When, Who, dan How*), penulis bekerja sama secara langsung dengan pihak perusahaan, seperti kepala produksi, staf produksi, dan juga bagian quality control. Kolaborasi ini dilakukan guna memastikan bahwa informasi yang diperoleh bersifat akurat, relevan, dan sesuai dengan kondisi nyata di lapangan. Pendekatan partisipatif ini juga memperkuat validitas hasil analisis serta meningkatkan komitmen pihak internal perusahaan terhadap pelaksanaan perbaikan yang diusulkan.

Berikut merupakan hasil dari diagram Fishbone yang menggambarkan hasil analisis penyebab kecacatan berdasarkan penelitian ini, dengan mempertimbangkan berbagai faktor utama yang mempengaruhi proses produksi.

a. Fishbone Cold Shuts



Gambar 8 Fishbone Cold Shuts

1) Material

- Komposisi bahan yang tidak tepat: Kandungan logam yang tidak sesuai, seperti kadar karbon atau silikon yang tidak optimal, dapat mengganggu fluiditas logam cair.
- Kualitas bahan baku rendah: Adanya kotoran atau oksida dalam bahan baku bisa menghambat aliran logam cair.

2) Metode

- Desain cetakan yang buruk: Saluran masuk (gate) atau jalur aliran logam tidak dirancang dengan baik, sehingga aliran logam tidak bertemu secara merata.
- Waktu penuangan yang tidak tepat: Penuangan logam terlalu lambat dapat menyebabkan pendinginan dini dan tidak menyatu saat bertemu.
- Tekanan penuangan rendah: Kurangnya tekanan dapat menyebabkan logam cair tidak mencapai semua bagian cetakan dengan sempurna.

3) Manusia (Operator)

- Kesalahan pengoperasian: Operator kurang terlatih atau tidak mengikuti prosedur standar.
- Kurangnya pemahaman teknis: Operator tidak memahami pentingnya temperatur atau waktu penuangan.

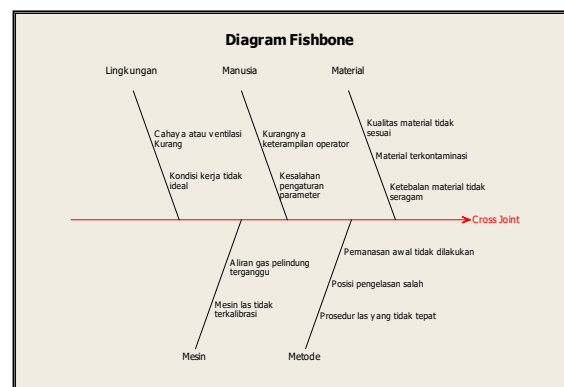
4) Mesin

- Peralatan tidak terkalibrasi: Mesin cetak atau tungku penuangan yang tidak terkalibrasi dapat menghasilkan temperatur yang tidak sesuai.
- Ketidakstabilan suhu: Ketidakmampuan mesin untuk mempertahankan suhu ideal selama proses.

5) Lingkungan

- Temperatur lingkungan yang ekstrem: Suhu lingkungan terlalu dingin dapat mempercepat pendinginan logam cair.
- Debu atau kotoran: Partikel asing dapat masuk ke dalam cetakan, menghambat aliran logam.

b. Fishbone Cross Joint



Gambar 9 Fishbone Cross Join

1) Material

- Kualitas material tidak sesuai: Material yang digunakan mungkin memiliki kandungan karbon yang terlalu tinggi atau komposisi kimia yang tidak sesuai, sehingga sulit untuk dilas atau digabungkan dengan baik.
- Material terkontaminasi: Permukaan material yang kotor, berkarat, berminyak, atau beroksidasi dapat mengganggu proses penyatuan.
- Ketebalan material tidak seragam: Perbedaan ketebalan pada material yang disambungkan dapat menyebabkan hasil las yang tidak sempurna.

2) Metode

- Prosedur las yang tidak tepat: Metode atau teknik las yang tidak sesuai dengan jenis material dan desain sambungan dapat menghasilkan cacat pada sambungan.
- Posisi pengelasan salah: Posisi pengelasan yang kurang tepat, seperti pengelasan vertikal atau di sudut sulit, dapat memengaruhi penetrasi las.
- Pemanasan awal tidak dilakukan: Pada beberapa material, terutama yang tebal atau dengan kandungan karbon tinggi, pemanasan awal diperlukan untuk mengurangi tegangan termal.

3) Manusia (Operator)

- Kurangnya keterampilan operator: Operator yang kurang terampil mungkin tidak dapat mengontrol teknik las dengan baik, termasuk sudut elektroda dan kecepatan las.
- Kesalahan pengaturan parameter: Operator mungkin salah mengatur arus listrik, tegangan, atau kecepatan wire feed, yang dapat memengaruhi kualitas sambungan.

4) Mesin

- Mesin las tidak terkalibrasi: Mesin las yang tidak terkalibrasi dapat menghasilkan arus atau tegangan yang tidak stabil, sehingga proses pengelasan terganggu.

- Aliran gas pelindung terganggu: Pada proses las dengan gas pelindung (seperti MIG/TIG), gangguan aliran gas dapat menyebabkan oksidasi atau penetrasi yang buruk.

5) Lingkungan

- Kondisi kerja tidak ideal: Pengelasan di lokasi terbuka dengan angin kencang dapat mengganggu aliran gas pelindung, menyebabkan oksidasi dan cacat sambungan.
- Cahaya atau ventilasi buruk: Kurangnya pencahayaan dan ventilasi yang baik dapat membuat operator kesulitan melihat detail sambungan dan mengontrol proses las.

Improve

Tahap perbaikan dalam analisis ini dilakukan dengan menggunakan metode FMEA dengan tujuan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan memprioritaskan potensi kegagalan yang dapat terjadi dalam proses produksi, serta menentukan tindakan perbaikan yang paling efektif untuk mengurangi risiko kegagalan tersebut. Untuk menentukan nilai RPN dari metode FMEA, dilakukan diskusi dengan para karyawan bagian produksi dan QC, berikut hasilnya:

Tabel. 5 Tabel Nilai RPN

S	Jenis	S	Penyebab dari Kegagalan Proses	O	Kontrol yang dilakukan	D	Upaya perbaikan	RPN
1	Crack	8	Pendinginan cepat atau tegangan berlebih	9	Kontrol laju pendinginan dan tegangan mekanis.	8	Lakukan annealing atau heat treatment untuk mengurangi tegangan.	576
2	Gas Hole	7	Gas terjebak karena deoksidasi buruk.	9	Pastikan deoksidasi dan ventilasi cetakan optimal	9	Re-melt material atau tambal dengan pengelasan khusus.	567
3	Cold Shots	8	Suhu cairan terlalu rendah	9	Pertahankan suhu logam cair yang cukup tinggi.	6	Tingkatkan suhu cor dan desain ulang cetakan.	432
4	Break Mould	8	Tekanan tinggi atau cetakan lemah.	7	Gunakan cetakan berkualitas dan desain yang tepat.	7	Gunakan cetakan baru dengan material lebih kuat.	392
5	Mech Prop	9	Parameter perlakuan panas salah.	9	Kalibrasi perlakuan panas dan komposisi material.	6	Ulangi perlakuan panas sesuai parameter yang benar.	486
6	Cross Joint	5	Sambungan tidak bersih atau lasan buruk.	7	Pastikan sambungan bersih dan parameter lasan sesuai.	8	Perbaiki sambungan dengan las ulang dan pembersihan permukaan.	280

Sumber: Diskusi Perusahaan

Dari tabel *improve* diatas, merupakan hasil analisis upaya perbaikan, dapat disimpulkan bahwa perbaikan untuk Cold Shots yaitu perbaikan dapat dilakukan dengan meningkatkan suhu bahan cair, memastikan proses penuangan dilakukan dengan cepat dan stabil, serta memastikan mesin atau cetakan dalam kondisi optimal untuk menghasilkan aliran bahan yang lancar. Sedangkan untuk

perbaikan untuk Cross Joint yaitu perbaikan dapat dilakukan dengan memastikan posisi penyambungan yang benar, menggunakan teknik pengelasan yang tepat, serta memeriksa kualitas material dan pemanasan awal untuk memastikan pengelasan dilakukan pada suhu yang sesuai.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa jenis kecacatan dengan persentase tertinggi selama periode Januari hingga Februari 2024 adalah *Cold Shuts* sebesar 30%, diikuti oleh *Cross Joint* sebesar 26%. *Cold Shuts* disebabkan oleh suhu penuangan yang rendah, kecepatan penuangan yang tidak stabil, serta kesalahan pengaturan mesin, sedangkan *Cross Joint* dipicu oleh posisi pengelasan yang tidak tepat, prosedur pengelasan yang keliru, dan kualitas material yang kurang baik. Upaya perbaikan yang diusulkan meliputi peningkatan suhu dan kecepatan penuangan, kalibrasi mesin secara rutin, pengaturan posisi dan prosedur pengelasan yang benar, serta peningkatan kualitas material dan pengawasan proses. Untuk mendukung upaya perbaikan, digunakan metode FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) guna mengidentifikasi risiko terbesar dalam proses produksi. Hasil FMEA menunjukkan bahwa jenis cacat dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi adalah *Crack*, dengan skor sebesar 576, yang menandakan bahwa cacat ini memiliki tingkat risiko yang paling kritis dan harus menjadi prioritas utama dalam tindakan perbaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akmal, a. K., irawan, r., hadi, k., irawan, h. T., pamungkas, i., & kasmawati, k. (2021). Pengendalian kualitas produk paving block untuk meminimalkan cacat menggunakan six sigma pada ud. Meurah mulia. *Jurnal optimalisasi*, 7(2), 236. Retrieved from <https://doi.org/10.35308/jopt.v7i2.4435>
- Burhanuddin, a. F., & sulistiyowati, w. (2022). Quality control design to reduce shoes production defects using root cause analysis and lean six sigma methods perancangan pengendalian kualitas untuk mengurangi cacat produksi sepatu menggunakan metode root cause analysis dan lean six sigma. *Journal procedia of engineering and life science*, 2(2).
- Cundara, n. (2020). Perbaikan kualitas produk coupling menggunakan metode six sigma pada pt. Xyz. *Teknik, jurnal sina, ibnu*, 5(2), 36–45. Retrieved from <https://doi.org/10.3652/jt-ibsi.v5i02.251>
- Fithri, p. (2019). Six sigma sebagai alat pengendalian mutu pada hasil produksi kain mentah pt unitex, tbk, 43–52.
- Gunawan, i., taroepratjeka, h., & liansari, g. P. (2020). Cup untuk mengurangi jumlah cacat menggunakan metode six sigma *. *Jurnal online institut teknologi nasional*, 02(03), 222–233.
- Harahap, e. F. (2022). Perbaikan kualitas kemasan pada produk air minum dalam kemasan (amdk) botol 600 ml brand club dengan metode six sigma. *Jurnal agroindustri halal*, 8, 178–188.
- Hartoyo, f., yudhistira, y., chandra, a., & chie, h. H. (2022). Penerapan metode dmaic dalam peningkatan acceptance rate untuk ukuran panjang produk bushing ferdian hartoyo ; yudha yudhistira ; andry chandra ; ho hwi chie. *Comtech*, 381–393.
- Izzah, n., & rozi, m. F. (2019). Analisis pengendalian kualitas dengan metode six sigma-dmaic dalam upaya mengurangi kecacatan produk rebana pada ukm alfiya rebana gresik. *Jurnal ilmiah :soulmath*, 7(1), 13–25.
- Mabrur, m. R., & budiharjo, b. (2021). Analisa pengendalian kualitas produk keramik lantai dengan menggunakan metode six sigma di pt. Primarindo argatile. *Jurnal ilmiah teknik dan manajemen industri*, 1(2), 187–198. Retrieved from <https://doi.org/10.46306/tgc.v1i2.16>
- Ridwan, a., arina, f., & permana, a. (2020). Peningkatan kualitas dan efisiensi pada proses produksi dunnage menggunakan metode lean six sigma (studi kasus di pt . Xyz). *Teknika: jurnal sains dan teknologi*, 16(02), 186–199.
- Samad, h. A. (2022). Penerapan metode design for six sigma (dfss) pada kemasan gula 1 kg di pt . Pn xiv pabrik gula bone arasoe. *Journal of agro-industry engineering research (jaier)*, 2(1), 1–6.
- Sarman, s., & soediantono, d. (2022). Literature review of lean six sigma (lss) implementation and recommendations for implementation in the defense industries. *Journal of industrial engineering & management research*, 3(2), 24–34.
- Sirine, h., & kurniawati, e. P. (2019). Pengendalian kualitas menggunakan metode six sigma (studi kasus pada pt diras concept sukoharjo). *Ajie - asian journal of innovation and entrepreneurship*, 02(03), 254–290.
- Somadi, s. (2020). Evaluasi keterlambatan pengiriman barang dengan menggunakan metode six sigma. *Jurnal logistik indonesia*, 4(2), 81–93. Retrieved from <https://doi.org/10.31334/logistik.v4i2.1110>
- Sri lestari, m. H. J. 2020. (2020). Pengendalian kualitas produk compound at-807 di plant mixing center dengan metode six sigma, 9(1).
- Triadi, t. A. (2019). Design for six sigma pada pengembangan konseptual. *Jurnal seniati*

2018 – institut teknologi nasional malang, 140–152.

- Utami, y. L. Dan r. P. (2021). Penerapan pendekatan metode six sigma dalam penjagaan kualitas pada proyek konstruksi. *Jurnal makara, teknologi*, 13(2), 67–72.
- Widodo, a., & soediantono, d. (2022). Manfaat metode six sigma (dmaic) dan usulanpenerapan pada industri pertahanan: a literature review. *International journal of social and management studies (ijosmas)*, 3(3), 1–12.