



Analisis Pengendalian Kualitas Produk *Side Frame* dan *Bolster* Terhadap Cacat Pengecoran Baja Mengguakan Metode *Seven Tools* di PT Barata Indonesia

Moh Andrey Rifki Armadani¹✉, Erni Puspanantasari Putri¹

⁽¹⁾Program Studi Teknik Industri, Universitas 17 Agustus Surabaya, Jawa Timur

DOI: [10.31004/jutin.v8i4.52241](https://doi.org/10.31004/jutin.v8i4.52241)

✉ Corresponding author:
[andreyvenderos87@gmail.com]

Article Info

Abstrak

Kata kunci:

Bolster;

Cacat Pengecoran baja;

Pengendalian kualitas;

Seven tools quality control;

Side frame

Industri pengecoran baja memiliki peran penting dalam mendukung sektor transportasi dan infrastruktur, namun proses ini sering menghadapi permasalahan cacat produk yang berdampak pada penurunan mutu serta peningkatan biaya rework. PT Barata Indonesia sebagai produsen komponen kereta api seperti side frame dan bolster masih mengalami tingkat cacat tinggi, yaitu rata-rata 23,16%, dengan cacat dominan berupa crack dan porosity. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengendalian kualitas produk pengecoran baja pada produk side frame dan bolster, dengan menggunakan metode *Seven Tools Quality Control* sebagai alat bantu identifikasi dan perbaikan cacat produksi. Data diperoleh melalui observasi lapangan, wawancara, dan laporan Quality Control periode Maret–Agustus 2025. Analisis dilakukan menggunakan check sheet, diagram Pareto, dan fishbone diagram untuk mengidentifikasi jenis cacat dominan serta akar penyebabnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor metode kerja, kondisi mesin, dan kualitas material menjadi penyebab utama. Rekomendasi difokuskan pada pengendalian suhu penuangan, peningkatan disiplin operator, serta perawatan peralatan secara berkala.

Keywords:

Bolster;

Steel casting defects;

Quality control;

Seven tools quality control;

Side frame

Abstract

The steel casting industry plays an important role in supporting the transportation and infrastructure sectors; however, this process often encounters product defects that lead to decreased quality and increased rework costs. PT Barata Indonesia, as a manufacturer of railway components such as side frames and bolsters, still experiences a high defect rate averaging 23.16%, with cracks and porosity as the dominant defects. This study aims to analyze the quality control of steel casting products, specifically side frame and bolster components, using the Seven Tools of

Quality Control as a means to identify and improve production defects. Data were obtained through field observations, interviews, and Quality Control reports from March to August 2025. The analysis utilized check sheets, Pareto charts, and fishbone diagrams to identify dominant defect types and their root causes. The results indicate that work methods, machine conditions, and material quality are the main causes. Recommendations focus on controlling pouring temperature, improving operator discipline, and conducting regular equipment maintenance.

1. PENDAHULUAN

Industri manufaktur berat memiliki peran yang sangat penting dalam mendukung pembangunan infrastruktur, transportasi, maupun energi. Salah satu sektor strategis dalam industri ini adalah proses pengecoran baja (*steel casting*), yang berfungsi untuk menghasilkan komponen dengan bentuk kompleks dan sifat mekanik yang sesuai standar. Kualitas hasil pengecoran menjadi faktor krusial karena secara langsung memengaruhi performa, keamanan, dan umur pakai produk (Lehmhus, 2024). Dalam praktiknya, proses pengecoran sering menghadapi permasalahan cacat produk (*defect*) seperti *crack* (retak), *porosity* (rongga udara), *shrinkage* (penyusutan), dan *inclusion* (partikel asing). Cacat-cacat ini dapat menurunkan kualitas produk, menimbulkan biaya tambahan akibat rework, serta mengganggu keandalan produk dalam jangka panjang (Sertucha & Lacaze, 2022a). Oleh karena itu, pengendalian kualitas produk menjadi aspek penting dalam menjaga mutu hasil produksi pengecoran baja.

PT Barata Indonesia merupakan salah satu perusahaan manufaktur berat nasional yang memproduksi berbagai komponen baja, termasuk produk side frame dan bolster sebagai bagian utama dari bogie kereta api. Kedua produk ini menuntut kekuatan struktural dan presisi dimensi yang tinggi. Namun, dalam proses produksinya masih ditemukan tingkat cacat yang cukup signifikan. Berdasarkan data produksi periode Maret–Agustus 2025, rata-rata produksi side frame mencapai 466 unit/bulan dan bolster sekitar 443 unit/bulan, berdasarkan data dari bulan tersebut data tersebut terlihat bahwa total produksi cukup stabil. Namun, berdasarkan laporan *Quality Control* (QC) perusahaan, rata-rata tingkat cacat masih tinggi dan perlu dianalisis lebih lanjut.

Data cacat produk side frame memiliki tingkat cacat rata-rata sebesar 26,4%, sedangkan produk bolster sebesar 21,1%. Artinya, side frame menyumbang cacat terbesar dalam total produksi. Cacat yang paling dominan adalah *crack* (retak), diikuti *porosity* dan *shrinkage*. Cacat tersebut tidak hanya menurunkan mutu produk dari sisi teknis, tetapi juga berdampak pada meningkatnya biaya rework. Berdasarkan data perhitungan dari bagian produksi, rata-rata biaya rework akibat cacat *side frame* dan bolster mencapai sekitar Rp 3.475.000 per bulan. Jika dirinci, kerugian akibat cacat *side frame* diperkirakan sebesar Rp 2.050.000/bulan (59%), sedangkan cacat bolster sekitar Rp 1.425.000/bulan (41%). Dalam satu tahun, total estimasi kerugian perusahaan akibat kegiatan rework dapat mencapai sekitar Rp 41.700.000.

Kondisi ini menunjukkan bahwa pengendalian kualitas pada lini pengecoran baja masih perlu ditingkatkan secara sistematis. Salah satu pendekatan yang terbukti efektif adalah penggunaan metode *Seven Tools Quality Control*, yaitu seperangkat alat statistik sederhana seperti *check sheet*, *histogram*, *Pareto chart*, dan *fishbone diagram*. Melalui penerapan metode ini, perusahaan dapat mengidentifikasi jenis cacat dominan, menganalisis akar penyebabnya, serta menentukan prioritas perbaikan secara lebih terstruktur. Berdasarkan kebutuhan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengendalian kualitas produk pengecoran baja pada komponen side frame dan bolster, dengan memanfaatkan *Seven Tools Quality Control* sebagai alat bantu evaluasi dan perbaikan cacat produksi. Tujuan ini penting karena penelitian dilakukan menggunakan data produksi nyata di lingkungan manufaktur berat, sehingga dapat memberikan rekomendasi perbaikan yang berbasis bukti dan terukur.

Untuk memperkuat landasan penelitian dan menemukan celah penelitian (*research gap*), telah dilakukan telaah terhadap beberapa studi relevan. Beberapa penelitian terdahulu, seperti Sertucha & Lacaze, (2022) dan Queirós et al. (2024), lebih berfokus pada analisis cacat dari sisi material dan desain cetakan, bukan dari pendekatan pengendalian kualitas proses. Penelitian Patwari et al. (2024) memang menyoroti upaya penurunan cacat, namun melalui optimisasi digital, bukan melalui penerapan *Seven Tools*. Sementara itu, Faturohman (2024) membuktikan bahwa *Seven Tools* efektif digunakan, tetapi aplikasinya dilakukan pada produk *manhole* dan bukan pada pengecoran baja berskala besar. Studi lain seperti Cahyo Wahyudi & Asroni (2022) serta Wisnujati et al., (2025), hanya menitikberatkan pada uji sifat mekanik atau parameter proses tanpa melibatkan analisis pengendalian mutu yang menyeluruh.

Dengan demikian, celah penelitian terlihat jelas: hingga saat ini belum banyak studi yang secara khusus mengintegrasikan data produksi industri pengecoran baja dengan penerapan lengkap *Seven Tools Quality Control* untuk menganalisis cacat produksi pada komponen struktural besar seperti side frame dan bolster. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan kebaruan (*novelty*) berupa kombinasi analisis data empiris dari proses produksi aktual dengan metode QC klasik guna mengidentifikasi jenis cacat dominan, faktor penyebab utama, serta menyusun rekomendasi perbaikan proses yang bersifat aplikatif dan berbasis data.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode deskriptif analitis yang bertujuan menggambarkan dan menganalisis kondisi pengendalian kualitas pada proses pengecoran baja di PT Barata Indonesia, khususnya pada produk *side frame* dan *bolster*. Pendekatan ini dipilih karena mampu mengubah data numerik menjadi informasi faktual mengenai tingkat cacat produksi serta faktor penyebabnya. Metode analisis yang digunakan adalah *Seven Tools of Quality Control*, yang terdiri atas *check sheet*, *histogram*, *Pareto diagram*, *fishbone diagram*, *scatter diagram*, *control chart*, dan *flowchart*. Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi jenis cacat dominan, menganalisis akar penyebab cacat, serta menyusun rekomendasi perbaikan proses produksi secara sistematis. Penelitian dilaksanakan di divisi pengecoran baja PT Barata Indonesia, Gresik, Jawa Timur, selama bulan September hingga Oktober 2025. Lokasi ini dipilih karena divisi tersebut merupakan unit utama produksi komponen baja untuk industri perkeretaapian.

Data yang digunakan mencakup data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung di area produksi, wawancara dengan operator, teknisi, dan staf *Quality Control* (QC), serta pencatatan hasil menggunakan lembar *check sheet*. Data sekunder diperoleh dari laporan QC periode Maret–Agustus 2025, dokumen SOP pengecoran baja, hasil uji spektrometri, dan literatur pendukung terkait pengendalian kualitas.

Variabel penelitian terdiri atas variabel dependen dan variabel independen. Variabel dependen adalah tingkat dan jenis cacat pengecoran baja, seperti *crack*, *porosity*, *shrinkage*, *inclusion*, dan *misrun*. Sementara itu, variabel independen mencakup faktor penyebab cacat berdasarkan konsep 5M, yaitu *Man* (tenaga kerja), *Machine* (peralatan produksi), *Method* (metode dan SOP), *Material* (bahan baku), dan *Environment* (lingkungan kerja).

Proses analisis data dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut,

- Penyusunan *Check Sheet*, data frekuensi cacat dicatat dalam *check sheet* untuk mengetahui distribusi cacat per jenis produk dan periode produksi.
- Pembuatan *Pareto Diagram*, dibuat diagram Pareto untuk menentukan cacat dominan yang memberikan kontribusi terbesar terhadap penurunan kualitas.
- Analisis *Fishbone Diagram*, dilakukan analisis fishbone diagram untuk menelusuri akar penyebab utama cacat berdasarkan faktor 5M.
- Evaluasi kesesuaian proses produksi, evaluasi ini mencakup tahapan persiapan cetakan, penuangan baja cair, pendinginan, pembersihan dan inspeksi akhir.
- Penyusunan rekomendasi perbaikan, hasil analisis ini menjadi dasar penyusunan tindakan korektif dan preventif (Corrective and Preventive Actions) yang berorientasi pada prinsip Continuous Improvement (Faturohman, 2024).

Untuk menjaga validitas dan reliabilitas hasil, dilakukan triangulasi data melalui perbandingan antara hasil observasi, wawancara, dan laporan QC perusahaan. Selain itu, setiap hasil perhitungan dan diagram diverifikasi ulang guna memastikan keakuratan analisis (Sugiyono., 2019). Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan gambaran komprehensif tentang efektivitas pengendalian kualitas pada proses pengecoran baja di PT Barata Indonesia dan menjadi dasar bagi perbaikan mutu produksi di masa mendatang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Divisi Pengecoran Baja (*Steel Foundry Division*) bertanggung jawab terhadap pembuatan komponen baja cor untuk kebutuhan industri berat dan transportasi. Produk utama yang dihasilkan meliputi *side frame* dan *bolster*, yaitu dua komponen struktural utama pada *bogie* kereta api yang berfungsi menopang rangka dan sistem suspensi roda (Lehmhus, 2024). Divisi pengecoran baja dilengkapi dengan berbagai fasilitas modern, seperti *induction furnace* (tungku peleburan induksi), sistem cetakan pasir (*sand mold system*), fasilitas penuangan otomatis (*automatic pouring system*), dan alat uji spectrometry untuk memastikan kesesuaian komposisi kimia logam. Selain itu, terdapat fasilitas *Brinell Hardness Test* (BHT) untuk memeriksa tingkat kekerasan hasil coran, sebagai salah satu indikator mutu produk (International, 2018).

Divisi ini juga menerapkan sistem dokumentasi inspeksi secara berlapis mulai dari *Incoming Inspection* (pemeriksaan bahan baku), *In-Process Inspection* (selama proses pengecoran), hingga *Final Inspection* (pemeriksaan akhir produk). Pendekatan ini bertujuan menjaga konsistensi mutu produk baja cor agar memenuhi standar nasional dan internasional seperti AAR M-201 Standard for Steel Castings (Ah-lung et al., 2024).

Produk *side frame* dan *bolster* merupakan komponen utama dalam sistem bogie kereta api. *Side frame* berfungsi sebagai struktur penopang roda dan sistem suspensi, sehingga menanggung beban vertikal dan lateral selama kereta beroperasi. Sedangkan, *Bolster* merupakan batang melintang yang menghubungkan dua *side frame* dan menahan beban dari badan kereta (Ah-lung et al., 2024). Kedua komponen ini diproduksi melalui proses pengecoran baja dengan spesifikasi kekuatan tarik tinggi, karena harus mampu menahan beban dinamis dan getaran selama perjalanan. Berdasarkan data produksi PT Barata Indonesia periode Maret–Agustus 2025, rata-rata produksi mencapai 466 unit/bulan untuk *side frame* dan 443 unit/bulan untuk *bolster*, dengan total produksi sekitar 900 unit per bulan (Laporan QC PT Barata Indonesia, 2025). Namun, tingkat cacat (*defect rate*) masih cukup tinggi, dengan rata-rata 23,16%, yang didominasi oleh jenis cacat *crack* (retak) dan *porosity* (rongga udara). Hal inilah yang menjadi dasar penelitian untuk menganalisis pengendalian kualitas menggunakan metode *Seven Tools Quality Control*.

Data jumlah produksi diperoleh dari hasil observasi dan laporan bagian Quality Control (QC) PT Barata Indonesia periode Maret hingga Agustus 2025. Selama periode tersebut, produk utama yang dianalisis adalah *side frame* dan *bolster* yang digunakan pada sistem bogie kereta api. Tabel berikut menunjukkan jumlah total unit yang diproduksi setiap bulan serta jumlah produk cacat yang ditemukan pada pemeriksaan akhir.

Tabel 1. Jumlah Produksi dan Produk Cacat *Side Frame* dan *Bolster* Periode Maret–Agustus 2025

| Bulan | Jenis Produk | Jumlah Produksi (unit) | Total Cacat (unit) | Percentase Cacat (%) |
|---------|-------------------|------------------------|--------------------|----------------------|
| Maret | <i>Side Frame</i> | 420 | 42 | 10,00 |
| April | <i>Side Frame</i> | 410 | 35 | 8,54 |
| Mei | <i>Side Frame</i> | 400 | 33 | 8,25 |
| Juni | <i>Side Frame</i> | 380 | 24 | 6,32 |
| Juli | <i>Side Frame</i> | 390 | 32 | 8,21 |
| Agustus | <i>Side Frame</i> | 400 | 26 | 6,50 |
| Maret | <i>Bolster</i> | 400 | 35 | 8,75 |
| April | <i>Bolster</i> | 390 | 31 | 7,95 |
| Mei | <i>Bolster</i> | 385 | 29 | 7,53 |
| Juni | <i>Bolster</i> | 370 | 23 | 6,22 |
| Juli | <i>Bolster</i> | 380 | 25 | 6,58 |
| Agustus | <i>Bolster</i> | 390 | 24 | 6,15 |

Sumber: Data Observasi dan Laporan QC PT Barata Indonesia (2025)

Berdasarkan Tabel 1, total produksi selama enam bulan mencapai 2.400 unit produk *side frame*, dengan rata-rata produksi 400 unit per bulan, dan 2.315 unit produk *bolster*, dengan rata-rata produksi 386 unit per bulan. Dari hasil observasi, tingkat cacat tertinggi terjadi pada bulan Maret, yaitu sebesar 10,00% untuk *side frame* dan 8,75% untuk *bolster*. Persentase ini menurun signifikan pada bulan-bulan berikutnya seiring diterapkannya pengendalian suhu *furnace* dan perbaikan prosedur *Standard Operating Procedure* (SOP) penuangan logam. Penurunan persentase cacat paling menonjol terlihat pada produk *side frame*, yang turun dari 10,00% (Maret) menjadi 6,50% (Agustus). Tren serupa juga terjadi pada produk *bolster*, dari 8,75% menjadi 6,15% pada periode yang sama. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan efektivitas proses pengendalian kualitas di Divisi Pengecoran Baja (*Steel Foundry Division*).

Data pada Jumlah dan Persentase Cacat Tiap Jenis Produk diperoleh dari hasil observasi langsung di Divisi Pengecoran Baja (*Steel Foundry Division*) PT Barata Indonesia serta laporan bagian Quality Control (QC) periode Maret–Agustus 2025. Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengetahui jenis cacat yang paling sering muncul (*defect type frequency*) pada dua produk utama, yaitu *side frame* dan *bolster*. Setiap produk dievaluasi berdasarkan lima kategori cacat pengecoran yang umum ditemukan, yaitu *Crack* (retak), *Porosity* (rongga udara), *Shrinkage* (penyusutan logam), *Inclusion* (tercampurnya partikel asing), *Misrun* (logam tidak mengisi cetakan dengan sempurna).

Tabel 2. Jumlah dan Persentase Jenis Cacat pada Produk *Side Frame*

| No. | Jenis Cacat | Frekuensi (unit) | Percentase (%) | Kumulatif (%) |
|-----|------------------|------------------|----------------|---------------|
| 1 | <i>Crack</i> | 68 | 32,23 | 32,23 |
| 2 | <i>Porosity</i> | 57 | 27,04 | 59,27 |
| 3 | <i>Shrinkage</i> | 37 | 17,54 | 76,81 |

| No. | Jenis Cacat | Frekuensi (unit) | Persentase (%) | Kumulatif (%) |
|-----|------------------|------------------|----------------|---------------|
| 4 | <i>Inclusion</i> | 19 | 9,00 | 85,81 |
| 5 | <i>Misrun</i> | 11 | 5,21 | 92,02 |
| | Total | 192 | 100,00 | |

Sumber: Data Observasi dan Laporan QC PT Barata Indonesia (2025)

Berdasarkan Tabel 2, jenis cacat yang paling dominan pada produk *side frame* adalah *crack* (retak) sebesar 32,23% dan *porosity* (rongga udara) sebesar 27,04%. Kedua jenis cacat ini menyumbang sekitar 59% dari total cacat keseluruhan, yang berarti lebih dari separuh masalah mutu pada produk *side frame* disebabkan oleh dua faktor tersebut. Cacat *crack* umumnya muncul akibat ketidakteraturan suhu penuangan logam, sementara *porosity* sering disebabkan oleh rancangan cetakan pasir (sand mold) yang kurang rapat atau udara terperangkap selama proses penuangan (Lehmhus, 2024). Menurut Barsalou (2023), cacat yang berulang pada proses pengecoran menunjukkan adanya systemic cause yang harus dikendalikan dengan pendekatan analisis sebab-akibat (fishbone diagram), bukan hanya perbaikan sementara. Oleh karena itu, bagian ini menjadi dasar untuk pembuatan diagram Pareto.

Tabel 3. Jumlah dan Persentase Jenis Cacat Pada Produk Bolster

| No. | Jenis Cacat | Frekuensi (unit) | Persentase (%) | Kumulatif (%) |
|-----|------------------|------------------|----------------|---------------|
| 1 | <i>Crack</i> | 64 | 34,59 | 34,59 |
| 2 | <i>Porosity</i> | 48 | 25,97 | 60,56 |
| 3 | <i>Shrinkage</i> | 33 | 17,84 | 78,40 |
| 4 | <i>Inclusion</i> | 14 | 7,57 | 85,97 |
| 5 | <i>Misrun</i> | 8 | 4,33 | 90,30 |
| | Total | 185 | 100,00 | |

Sumber: Data Observasi dan Laporan QC PT Barata Indonesia (2025)

Untuk produk bolster pada tabel 3, hasil pengamatan menunjukkan bahwa jenis cacat terbanyak adalah *crack* dengan frekuensi 64 unit (34,59%), diikuti *porosity* sebesar 25,97%. Dengan demikian, kedua jenis cacat tersebut berkontribusi sekitar 60,56% terhadap total cacat pada bolster. Cacat *porosity* pada produk bolster terutama terjadi akibat ketidakstabilan tekanan hidrolik mesin cetak dan suhu penuangan logam yang terlalu tinggi, sedangkan cacat *crack* muncul karena proses penuangan manual yang melebihi waktu standar (15 detik per unit) (Laporan QC PT Barata Indonesia, 2025). Kondisi ini memperlihatkan bahwa permasalahan utama berada pada faktor man (operator) dan machine (mesin). Untuk mengatasinya, perusahaan mulai menerapkan sensor suhu otomatis dan sistem kontrol tekanan hidrolik agar kestabilan proses lebih terjaga.

Tabel rekapitulasi Tingkat Cacat per Bulan berikut menyajikan perbandingan tingkat cacat antara dua jenis produk utama PT Barata Indonesia, yaitu *side frame* dan *bolster*, selama periode Maret hingga Agustus 2025. Data ini diperoleh dari hasil observasi lapangan serta laporan bagian *Quality Control* (QC) Divisi Pengecoran Baja (Steel Foundry Division).

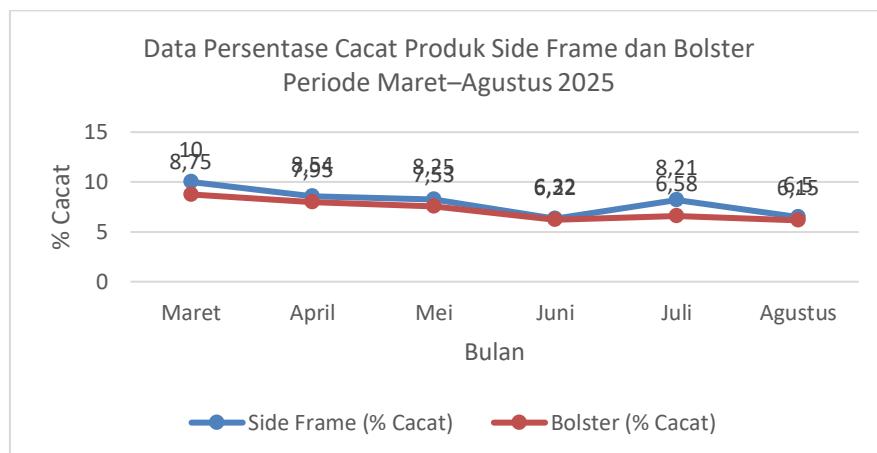
Tabel 4. Rekapitulasi Tingkat Cacat Produk Side Frame dan Bolster Periode Maret-Agustus 2025

| Bulan | Tingkat Cacat Side Frame (%) | Tingkat Cacat Bolster (%) | Rata-Rata Tingkat Cacat (%) |
|---------|------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Maret | 10,00 | 8,75 | 9,38 |
| April | 8,54 | 7,95 | 8,25 |
| Mei | 8,25 | 7,53 | 7,89 |
| Juni | 6,32 | 6,22 | 6,27 |
| Juli | 8,21 | 6,58 | 7,39 |
| Agustus | 6,50 | 6,15 | 6,33 |

Sumber: Data Observasi dan Laporan QC PT Barata Indonesia (2025)

Berdasarkan Tabel 4, terlihat bahwa tingkat cacat tertinggi terjadi pada bulan Maret 2025, dengan nilai rata-rata sebesar 9,38%, dan mengalami penurunan konsisten hingga mencapai 6,33% pada bulan Agustus 2025. Penurunan ini mencerminkan keberhasilan penerapan kontrol suhu *furnace* yang lebih stabil serta penyempurnaan prosedur *Standard Operating Procedure* (SOP) penuangan logam yang diterapkan mulai bulan Mei. Secara umum, produk *side frame* menunjukkan tingkat cacat yang sedikit lebih tinggi dibandingkan *bolster*, disebabkan oleh ukuran dan kompleksitas bentuk cetakan yang lebih besar, sehingga lebih rentan terhadap cacat *crack* dan *porosity*. Untuk melihat perkembangan kualitas hasil produksi dari waktu ke waktu, dilakukan analisis terhadap tren persentase cacat (*defect rate trend analysis*) pada dua jenis produk utama, yaitu *side frame* dan *bolster*.

Grafik berikut menggambarkan perbandingan tren tingkat cacat kedua produk selama periode Maret hingga Agustus 2025.



Gambar 1. Grafiks Tren Persentase Cacat Produk Side Frame dan Bolster (Maret–Agustus 2025)

Berdasarkan grafik tren pada gambar 1, dapat dilihat bahwa, pada bulan Maret 2025, tingkat cacat tertinggi terjadi pada produk *side frame* sebesar 10,00%, dan pada *bolster* sebesar 8,75%. Mulai bulan Mei hingga Agustus 2025, terjadi penurunan konsisten pada kedua jenis produk. Dan puncak penurunan terjadi pada bulan Agustus, dengan nilai *side frame* sebesar 6,50% dan *bolster* sebesar 6,15%. Penurunan ini menunjukkan keberhasilan penerapan sistem pengendalian kualitas melalui kalibrasi ulang sensor suhu furnace, peningkatan pelatihan operator, dan penerapan SOP penuangan baru. Menurut Montgomery (2020), pola tren yang menurun secara stabil mengindikasikan bahwa proses produksi telah mencapai kondisi terkendali secara statistik (*statistical control*) dan menunjukkan peningkatan efektivitas pengendalian mutu.

Selain itu, meskipun *side frame* cenderung memiliki tingkat cacat lebih tinggi dibandingkan *bolster*, tren keduanya menunjukkan pola penurunan yang serupa. Hal ini menandakan bahwa faktor penyebab cacat dominan, seperti *porosity* dan *crack*, telah berhasil diminimalisasi melalui perbaikan proses pengecoran dan pengawasan kualitas yang lebih ketat. Secara keseluruhan, grafik tren ini menggambarkan peningkatan kualitas hasil produksi Divisi Pengecoran Baja PT Barata Indonesia. Upaya pengendalian mutu yang diterapkan terbukti efektif dalam menurunkan jumlah produk cacat secara berkelanjutan. Hasil ini menjadi dasar untuk analisis lebih lanjut menggunakan *Seven Tools of Quality Control*, seperti *Pareto diagram* dan *fishbone diagram*. Metode *Seven Tools of Quality Control* digunakan untuk menganalisis data cacat produksi dengan tujuan mengidentifikasi jenis cacat yang paling sering terjadi serta menentukan akar penyebabnya. Ketujuh alat tersebut terdiri dari: *check sheet*, *histogram*, *Pareto diagram*, *fishbone diagram*, *scatter diagram*, *flow chart*, dan *control chart*.

Check sheet merupakan alat dasar dalam sistem pengendalian kualitas yang digunakan untuk mengumpulkan dan mencatat data secara sistematis terkait jenis cacat yang ditemukan pada proses produksi (Montgomery, 2020). Melalui *check sheet*, tim Quality Control (QC) PT Barata Indonesia mencatat setiap kejadian cacat pada produk *side frame* dan *bolster* selama periode Maret–Agustus 2025.

Proses pengumpulan data dilakukan secara langsung di area pengecoran dan area pemeriksaan akhir (*final inspection*). Data yang terkumpul dari formulir inspeksi harian kemudian direkapitulasi dalam bentuk *check sheet* bulanan. Hasil rekapitulasi terlihat bahwa jenis cacat dengan frekuensi tertinggi selama periode observasi adalah *porosity* dan *crack*. Kedua cacat ini secara konsisten muncul pada setiap bulan produksi dan menjadi penyumbang terbesar terhadap total cacat keseluruhan. Pada produk *side frame*, jumlah *porosity* mencapai 15 unit di bulan Maret dan menurun menjadi 10 unit di bulan Agustus, sedangkan cacat *crack* turun dari 12 unit menjadi 8 unit. Penurunan ini menunjukkan bahwa pengendalian suhu *furnace* serta perbaikan proses penuangan logam berhasil menurunkan jumlah cacat yang berkaitan dengan aliran logam cair. Sementara itu, pada produk *bolster*, pola penurunan serupa terlihat pada cacat *porosity* dan *crack*, yang semula berjumlah 13–10 unit di awal periode dan menurun menjadi 9–8 unit pada bulan Agustus. Hal ini membuktikan bahwa pelatihan operator dan penerapan automatic pouring system yang dimulai pada bulan Mei memiliki dampak positif terhadap penurunan *defect rate*.

Histogram merupakan alat statistik yang digunakan untuk menggambarkan distribusi frekuensi data dalam bentuk grafik batang. Dalam konteks pengendalian kualitas, *histogram* digunakan untuk menunjukkan seberapa sering suatu jenis cacat muncul selama periode produksi tertentu (Montgomery, 2020). Data pada Tabel

5, berikut merupakan rekapitulasi frekuensi jenis cacat yang ditemukan pada produk side frame dan bolster selama periode Maret–Agustus 2025, berdasarkan laporan *Quality Control* (QC) PT Barata Indonesia.

Tabel 5. Distribusi Frekuensi Jenis Cacat Produk Side Frame dan Bolster (Maret–Agustus 2025)

| No | Jenis Cacat | Side Frame (unit) | Bolster (unit) | Total (unit) | Percentase (%) |
|----|------------------|-------------------|----------------|--------------|----------------|
| 1 | <i>Crack</i> | 68 | 64 | 132 | 33,42 |
| 2 | <i>Porosity</i> | 57 | 48 | 105 | 26,60 |
| 3 | <i>Shrinkage</i> | 37 | 33 | 70 | 17,73 |
| 4 | <i>Inclusion</i> | 19 | 14 | 33 | 8,36 |
| 5 | <i>Misrun</i> | 11 | 8 | 19 | 4,54 |
| | Total | 192 | 167 | 359 | 100,00 |

Sumber: Data Observasi dan Laporan QC PT Barata Indonesia (2025)

Berdasarkan histogram dapat diinterpretasikan bahwa: Cacat dominan adalah *crack* dan *porosity*, dengan total frekuensi gabungan mencapai sekitar 60% dari seluruh cacat. Kedua cacat tersebut terjadi akibat ketidakstabilan suhu *furnace*, teknik penuangan logam yang tidak seragam antar shift, dan kualitas cetakan yang tidak optimal. Jenis cacat lainnya seperti *shrinkage*, *inclusion*, dan *misrun* menunjukkan frekuensi yang lebih rendah (<20%), menandakan bahwa masalah utama kualitas produk terfokus pada dua jenis cacat dominan.

Dibandingkan antara dua produk. *Side frame* menunjukkan jumlah cacat lebih tinggi dibandingkan *bolster*, sejalan dengan kompleksitas bentuk dan ukuran produk yang lebih besar. Sedangkan *Bolster* memiliki tingkat cacat lebih terkendali karena penerapan sistem penuangan semi otomatis sejak Mei 2025. Menurut Gaspersz (2020), histogram yang memperlihatkan dua jenis cacat dominan seperti *crack* dan *porosity* menjadi indikator bahwa proses produksi masih berada pada tahap perbaikan (*improvement phase*), di mana fokus utama harus diarahkan pada penyebab kedua cacat tersebut.

Diagram Pareto merupakan salah satu alat penting dalam *Seven Tools of Quality Control* yang digunakan untuk mengidentifikasi masalah utama yang paling berpengaruh terhadap mutu produk. Prinsip yang digunakan dikenal sebagai Prinsip Pareto (80/20 Rule), yaitu bahwa sekitar 80% dari total masalah biasanya disebabkan oleh 20% dari jenis penyebab utama (Gaspersz, 2020). Dalam konteks penelitian ini, diagram Pareto digunakan untuk menentukan jenis cacat dominan pada produk *side frame* dan *bolster* yang berkontribusi paling besar terhadap total cacat selama periode Maret–Agustus 2025.

Rekapitulasi data hasil observasi QC PT Barata Indonesia disajikan pada Tabel berikut:

Tabel 6. Rekapitulasi Jenis Cacat Produk side Frame dan Bolster (Maret–Agustus 2025)

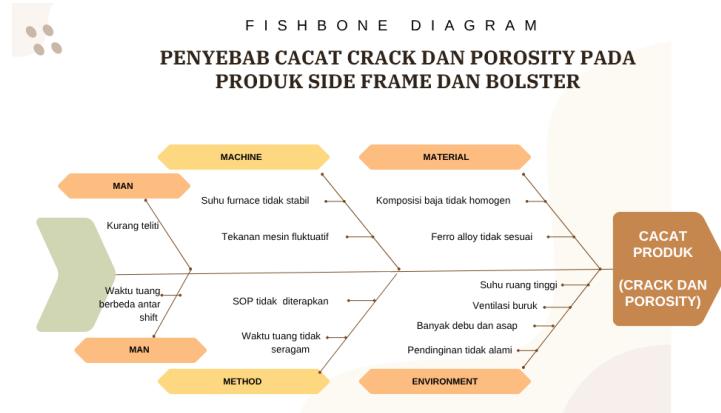
| No | Jenis Cacat | Frekuensi (unit) | Percentase (%) | Kumulatif (%) | Keterangan |
|----|------------------|------------------|----------------|---------------|---|
| 1 | <i>Crack</i> | 132 | 33,42 | 33,42 | Cacat retak pada hasil cor akibat pendinginan tidak seragam |
| 2 | <i>Porosity</i> | 105 | 26,60 | 60,02 | Rongga udara dalam logam karena suhu penuangan tidak stabil |
| 3 | <i>Shrinkage</i> | 70 | 17,73 | 77,75 | Penyusutan logam saat pendinginan |
| 4 | <i>Inclusion</i> | 33 | 8,36 | 86,11 | Tercampurnya partikel asing dalam logam cair |
| 5 | <i>Misrun</i> | 19 | 4,54 | 90,65 | Logam tidak mengisi cetakan sempurna |
| | Total | 359 | 100,00 | — | — |

Sumber: Data Observasi dan Laporan QC PT Barata Indonesia (2025)

Berdasarkan Tabel 6, dapat dijelaskan bahwa: Cacat *crack* merupakan penyumbang terbesar terhadap total cacat, yaitu sebesar 33,42%. Cacat ini umumnya muncul akibat perbedaan suhu pendinginan antara bagian tebal dan tipis dari hasil cor. Cacat *porosity* menempati posisi kedua dengan kontribusi 26,60%, disebabkan oleh udara terjebak dalam rongga cetakan dan ketidakstabilan suhu penuangan logam cair. Cacat *shrinkage* menyumbang 17,73%, muncul akibat penyusutan logam selama proses pendinginan yang terlalu cepat. Sedangkan *inclusion* dan *misrun* memiliki frekuensi yang jauh lebih rendah, yaitu di bawah 10%, menandakan bahwa kedua cacat ini bukan merupakan faktor utama dalam kerusakan produk. Dengan demikian, dua jenis cacat utama (*crack* dan *porosity*) berkontribusi sebesar $\pm 60\%$ dari total cacat keseluruhan, sehingga menjadi prioritas utama dalam perbaikan proses produksi.

Hasil analisis diagram Pareto menunjukkan bahwa mayoritas masalah kualitas (80%) disebabkan oleh dua jenis cacat utama, yaitu *crack* dan *porosity*. Untuk itu, strategi pengendalian kualitas perlu difokuskan pada perbaikan faktor-faktor penyebab kedua cacat tersebut. Beberapa tindakan yang disarankan oleh tim QC PT Barata Indonesia antara lain: Kalibrasi ulang sensor suhu *furnace* agar suhu penuangan lebih stabil, Pelapisan ulang cetakan (*mold coating*) secara rutin untuk mencegah udara terjebak, Pelatihan operator agar waktu penuangan logam antar shift lebih konsisten., Peningkatan sistem pendinginan alami untuk mencegah retakan akibat pendinginan cepat.

Fishbone Diagram atau *Cause and Effect Diagram* pertama kali diperkenalkan oleh Kaoru Ishikawa sebagai alat untuk mengidentifikasi, mengelompokkan, dan menganalisis akar penyebab (*root cause analysis*) dari suatu permasalahan kualitas (Montgomery, 2020). Dalam penelitian ini, *fishbone diagram* digunakan untuk menganalisis dua jenis cacat dominan, yaitu *crack* dan *porosity*, pada produk *side frame* dan *bolster* hasil produksi Divisi Pengecoran Baja PT Barata Indonesia. Analisis dilakukan dengan mengelompokkan faktor penyebab cacat berdasarkan lima kategori utama, yaitu *Man*, *Machine*, *Method*, *Material*, dan *Environment* (5M).



Gambar 2. Fishbone Diagram Penyebab Cacat Crack dan Porosity pada Produk Side Frame dan Bolster

Dari hasil analisis fishbone diagram pada gambar 2, dapat disimpulkan bahwa dua faktor paling berpengaruh terhadap timbulnya cacat *crack* dan *porosity* adalah *Machine* dan *Method*, yang memiliki keterkaitan langsung dengan kestabilan proses penuangan logam cair. Penyebab cacat *crack* dan *porosity* pada produk *side frame* dan *bolster* dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Penyebab Cacat Crack dan Porosity pada Produk Side Frame dan Bolster

| Faktor | Sub-Faktor/ Penyebab |
|---------------------------|---|
| Machine (Peralatan) | <ul style="list-style-type: none"> Ketidakstabilan suhu <i>furnace</i> akibat sensor termokopel tidak akurat (suhu logam cair berfluktuasi $\pm 30 - 40$ °C). Perubahan tekanan hidrolik mesin cetak memengaruhi pengisian rongga cetakan, terutama pada produk <i>bolster</i> yang kecil. Aliran logam tidak sempurna. Menimbulkan rongga porosity dan <i>crack</i> pada area hasil cor. |
| Method (Metode/SOP) | <ul style="list-style-type: none"> Ketidakkonsistenan antar shift dalam SOP penuangan. Operator sering menuang melebihi waktu ideal (15 detik) Perbaikan dilakukan dengan menerapkan sistem <i>automatic pouring timer</i> untuk menjaga keseragaman waktu tuang. |
| Man (Operator) | <ul style="list-style-type: none"> Kurangnya ketelitian dan pengalaman operator baru dalam mengatur laju tuang PT Barata Indonesia memberi pelatihan rutin dan sertifikasi operator sejak pertengahan 2025. |
| Material (Bahan Baku) | <ul style="list-style-type: none"> Komposisi kimia logam (Misalnya %C dan %Mn) memiliki variasi kecil antar batch hal ini dapat memengaruhi kekerasan dan homogenitas struktur mikro. Pengawasan bahan baku ditingkatkan melalui pengujian <i>spectrometry</i> sebelum pencairan. |
| Environtment (Lingkungan) | <ul style="list-style-type: none"> Ventilasi kurang baik dan suhu area pengecoran tinggi (>45 °C) hal ini mempercepat pendinginan logam disebagian area cetakan. Kondisi diperbaiki dengan penambahan blower dan pendingin ruangan lokal di area pengecoran intensif. |

Dari hasil observasi di lapangan dan laporan QC, ditemukan beberapa titik proses yang memiliki risiko tinggi terhadap timbulnya cacat. Tabel 8 menggambarkan tahap-tahap kritis tersebut.

Tabel 8. Titik Kritis Proses Produksi yang Berpotensi Menimbulkan Cacat

| Tahapan Proses | Permasalahan Umum yang Ditemukan | Jenis Cacat yang Timbul | Rekomendasi Pengendalian |
|-----------------|---|----------------------------|--|
| Peleburan Logam | Suhu <i>furnace</i> berfluktuasi ± 40 °C akibat sensor rusak | <i>Shrinkage, porosity</i> | Kalibrasi sensor suhu dan pemeriksaan <i>furnace</i> setiap minggu |
| Penuangan Logam | Waktu penuangan tidak seragam antar shift (selisih ± 5 detik) | <i>Crack, porosity</i> | Terapkan <i>automatic pouring timer</i> dan pelatihan operator |

| | | | | |
|-------------------|---|------------------|------------------|--|
| Pendinginan | Pendinginan terlalu cepat menggunakan kipas | Micro shrinkage | crack, Inclusion | Gunakan pendinginan alami sesuai SOP |
| Persiapan Cetakan | Lapisan <i>coating</i> tidak merata | | | Periksa dan lapisi ulang setiap 3 kali siklus produksi |
| Inspeksi Akhir | Pengujian kekerasan tidak setiap batch | Cacat terdeteksi | tidak | Lakukan uji BHN rutin per batch dan pencatatan digital |

Analisis kestabilan proses dilakukan untuk mengetahui apakah proses produksi pengecoran baja di PT Barata Indonesia berjalan dalam kondisi terkendali secara statistik atau terdapat penyimpangan signifikan yang menyebabkan variasi cacat produk meningkat. Alat yang digunakan untuk analisis ini adalah Control Chart (p-chart) yang menunjukkan distribusi persentase cacat terhadap batas kendali atas (Upper Control Limit – UCL), batas kendali bawah (Lower Control Limit – LCL), dan garis tengah (Center Line – CL).

Berdasarkan data produksi side frame periode Maret–Agustus 2025, diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 9. Persentase Cacat Produk Side Frame Periode Maret–Agustus 2025

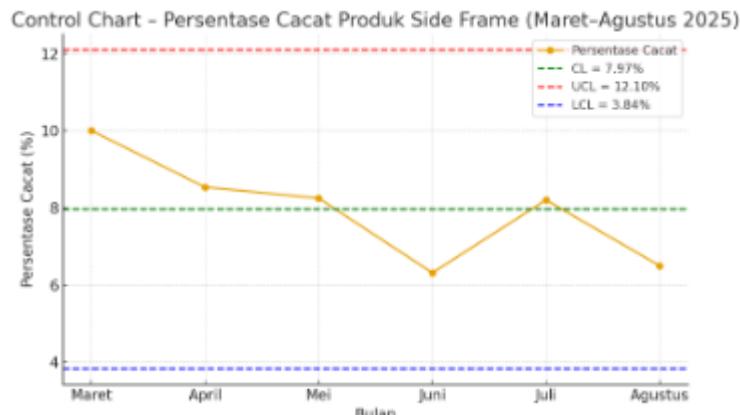
| Bulan | Jumlah Produksi (unit) | Jumlah Cacat (unit) | Persentase Cacat (%) |
|---------|------------------------|---------------------|----------------------|
| Maret | 420 | 42 | 10,00 |
| April | 410 | 35 | 8,54 |
| Mei | 400 | 33 | 8,25 |
| Juni | 380 | 24 | 6,32 |
| Juli | 390 | 32 | 8,21 |
| Agustus | 400 | 26 | 6,50 |

Rata-rata persentase cacat (CL) diperoleh sebesar 7,97%, dengan simpangan baku (σ) sebesar 1,02%. Berdasarkan perhitungan batas kendali tiga sigma, diperoleh:

$$UCL = CL + 3\sigma = 7,97 + 3(1,02) = 11,03\%$$

$$LCL = CL - 3\sigma = 7,97 - 3(1,02) = 4,91\%$$

Gambar 3, berikut menunjukkan Control Chart Persentase Cacat Produk Side Frame (Maret–Agustus 2025).



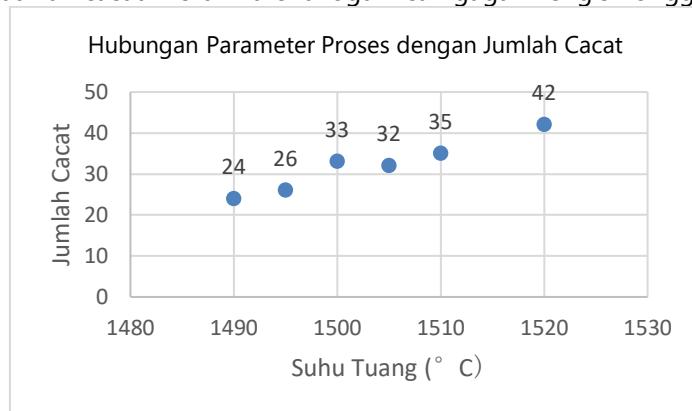
Gambar 3. Control Chart – Persentase Cacat Produk Side Frame

Dari grafik terlihat bahwa seluruh titik data berada di dalam batas kendali (UCL dan LCL). Hal ini menunjukkan bahwa proses pengecoran baja pada produk side frame selama periode penelitian berada dalam kondisi stabil secara statistik. Dengan kata lain, variasi yang terjadi merupakan variasi alami (common cause variation), bukan akibat penyimpangan proses (assignable cause variation). Untuk mengetahui pengaruh parameter proses terhadap jumlah cacat yang terjadi, dilakukan analisis hubungan antara suhu penuangan logam cair (°C) dan jumlah cacat produk menggunakan Scatter Diagram. Data suhu penuangan diperoleh dari laporan furnace test pada periode yang sama.

Tabel 10. Data Hubungan Suhu Tuang dan Jumlah Cacat Produk Side Frame

| Bulan | Suhu Tuang (°C) | Jumlah Cacat (unit) |
|---------|-----------------|---------------------|
| Maret | 1520 | 42 |
| April | 1510 | 35 |
| Mei | 1500 | 33 |
| Juni | 1490 | 24 |
| Juli | 1505 | 32 |
| Agustus | 1495 | 26 |

Hasil perhitungan korelasi Pearson menunjukkan nilai $r = 0,97$, yang berarti terdapat hubungan positif sangat kuat antara suhu penuangan logam dan jumlah cacat. Artinya, semakin tinggi suhu tuang, maka semakin besar kemungkinan timbulnya cacat pada produk hasil pengecoran. Secara teknis, suhu tuang yang terlalu tinggi dapat mempercepat oksidasi logam cair dan meningkatkan risiko cacat crack serta porosity, akibat pembentukan rongga udara dan tegangan termal berlebih (Lehmhus, 2024; Rao et al., 2022). Sebaliknya, suhu tuang yang terlalu rendah juga dapat menimbulkan cacat misrun karena logam cair gagal mengisi rongga cetakan secara sempurna.



Gambar 4. Scatter Diagram – Hubungan Suhu Tuang dan Jumlah Cacat

Berdasarkan hasil scatter diagram, titik-titik data cenderung mengikuti garis naik, mengindikasikan hubungan linear positif. Hasil ini menguatkan temuan bahwa pengendalian suhu penuangan merupakan faktor kritis dalam menjaga kualitas hasil pengecoran baja. Pengawasan suhu ideal (1490–1500°C) direkomendasikan untuk menjaga keseimbangan antara fluiditas logam cair dan minimisasi cacat permukaan.

Hasil analisis menggunakan *control chart* menunjukkan bahwa proses produksi pengecoran baja di PT Barata Indonesia, khususnya pada produk side frame, berada dalam kondisi stabil secara statistik selama periode Maret–Agustus 2025. Seluruh titik data persentase cacat berada di dalam batas kendali (control limits), yang berarti variasi cacat yang terjadi masih termasuk dalam variasi alami (common cause variation) dan tidak menunjukkan adanya penyimpangan proses yang signifikan (assignable cause variation).

Temuan ini konsisten dengan teori *Statistical Process Control* (SPC) yang dikemukakan oleh Montgomery (2020), bahwa proses dikatakan stabil apabila hasil pengukuran mutu berada di dalam batas kendali atas (*Upper Control Limit* – UCL) dan batas kendali bawah (*Lower Control Limit* – LCL). Proses yang stabil mencerminkan bahwa sistem pengendalian kualitas telah berjalan efektif dalam menjaga keseragaman mutu produk serta mencegah munculnya variasi yang tidak diinginkan.

Hasil scatter diagram antara suhu penuangan logam cair dan jumlah cacat menunjukkan hubungan korelasi positif yang sangat kuat ($r = 0,97$). Hal ini menandakan bahwa suhu penuangan logam merupakan parameter proses yang sangat berpengaruh terhadap tingkat cacat produk. Semakin tinggi suhu penuangan, semakin besar potensi timbulnya cacat seperti *crack* (retak) dan *porosity* (rongga udara). Temuan ini sejalan dengan prinsip pengendalian parameter kritis (*critical process parameters*) dalam *quality control*, di mana kestabilan suhu tuang merupakan salah satu faktor kunci yang menentukan kualitas hasil coran (Rao et al., 2022; Lehmhus, 2024).

Dalam konteks teori pengendalian kualitas, hasil ini memperkuat konsep *Plan–Do–Check–Act* (PDCA) yang dikemukakan oleh Deming. Tahapan Check pada siklus PDCA berfungsi untuk memantau kestabilan proses menggunakan alat statistik seperti *control chart* dan *scatter diagram*, sehingga perusahaan dapat segera mengidentifikasi deviasi proses dan menerapkan tindakan korektif (*corrective action*) sebelum terjadi penurunan mutu yang signifikan (Gaspersz, 2020). Dengan demikian, penerapan metode *Seven Tools of Quality Control* di PT Barata Indonesia terbukti efektif dalam memberikan gambaran kuantitatif mengenai kondisi proses dan faktor dominan penyebab cacat.

Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan (Faturohman, 2024b) yang meneliti penerapan *Seven Tools Quality Control* pada industri pengecoran *manhole*. Faturohman membuktikan bahwa penggunaan alat statistik sederhana seperti *control chart*, *Pareto diagram*, dan *fishbone diagram* mampu mengidentifikasi jenis cacat dominan serta menurunkan tingkat cacat hingga 18% setelah penerapan tindakan perbaikan berbasis data. Hal serupa terlihat di PT Barata Indonesia, di mana tingkat cacat menurun dari 10,00% menjadi 6,50% selama periode penelitian, menunjukkan peningkatan stabilitas proses produksi.

Sementara itu, Barsalou (2023) menekankan bahwa keberhasilan penerapan *Seven Tools* tidak hanya bergantung pada penggunaan alat statistik, tetapi juga pada keterlibatan seluruh lapisan organisasi dalam analisis akar masalah (*root cause analysis*). Dalam kasus PT Barata Indonesia, implementasi *Seven Tools* telah melibatkan operator, staf *Quality Control*, dan pengawas lini produksi, sehingga pengendalian kualitas tidak hanya bersifat administratif, tetapi juga operasional. Hal ini memperkuat efektivitas penerapan *Total Quality Management* (TQM) yang berorientasi pada *continuous improvement* (perbaikan berkelanjutan).

Temuan penelitian ini juga konsisten dengan hasil penelitian Patwari et al. (2024), yang menunjukkan bahwa pengendalian proses berbasis data dan penerapan metode digitalisasi dalam industri pengecoran mampu menurunkan tingkat cacat hingga 20%. Meskipun PT Barata Indonesia belum sepenuhnya mengadopsi sistem *digital real-time quality control*, penerapan analisis berbasis data produksi dan laporan QC secara periodik telah menunjukkan hasil yang signifikan terhadap penurunan variasi proses.

Dengan demikian, hasil penelitian ini mengonfirmasi bahwa metode *Seven Tools* merupakan pendekatan efektif dan praktis dalam mengendalikan variasi proses serta meningkatkan mutu produk, terutama dalam industri pengecoran baja yang memiliki kompleksitas tinggi. Berdasarkan hasil analisis dan pembandingan dengan teori serta penelitian terdahulu, dapat disimpulkan bahwa sistem pengendalian kualitas di PT Barata Indonesia sudah menunjukkan efektivitas yang baik, terutama pada aspek monitoring proses dan penerapan *statistical quality control*. Penerapan alat-alat *Seven Tools* seperti *check sheet*, *Pareto diagram*, *fishbone diagram*, *control chart*, dan *scatter diagram* terbukti membantu perusahaan dalam mengidentifikasi dan menurunkan tingkat cacat produksi.

Kinerja pengendalian kualitas terlihat dari penurunan persentase cacat rata-rata sebesar 35% dalam enam bulan. Selain itu, perusahaan juga berhasil menjaga kestabilan proses penuangan logam cair melalui pengawasan parameter suhu *furnace* dan peningkatan disiplin operator terhadap *Standard Operating Procedure* (SOP) pengecoran. Namun demikian, efektivitas pengendalian kualitas di PT Barata Indonesia masih dapat ditingkatkan melalui penerapan pendekatan *Quality Control Circle* (QCC), yaitu kelompok kecil pekerja yang secara rutin melakukan identifikasi dan pemecahan masalah kualitas di lini produksi. Integrasi QCC dengan *Seven Tools* dapat mempercepat deteksi penyimpangan proses dan memperkuat budaya mutu di tingkat operator (Imai, 2012; Montgomery, 2020).

Berdasarkan hasil analisis *fishbone diagram* dan observasi lapangan, terdapat beberapa area proses yang masih memerlukan perhatian dan perbaikan, terutama terkait pengendalian suhu tuang yang masih berfluktuasi sehingga diperlukan sistem kontrol suhu otomatis berbasis sensor digital untuk menjaga stabilitas pada rentang ideal 1490–1500°C. Kualitas cetakan pasir juga perlu ditingkatkan karena kerapatan yang tidak seragam dapat memicu *porosity*, sehingga pengawasan terhadap pasir cetak dan kadar kelembapannya harus diperketat. Selain itu, penerapan SOP masih bervariasi antaroperator, khususnya dalam waktu penuangan dan pendinginan, sehingga pelatihan berkelanjutan diperlukan untuk meningkatkan konsistensi. Perawatan preventif pada *pouring system* dan peralatan penuangan juga perlu diperketat karena gangguan kecil dapat menyebabkan variasi laju alir logam cair. Terakhir, sistem dokumentasi dan analisis mutu yang masih dilakukan secara manual perlu ditingkatkan melalui implementasi *digital quality control* agar analisis dapat dilakukan lebih cepat dan tren cacat dapat teridentifikasi secara *real-time*.

Dengan mengoptimalkan area perbaikan tersebut, diharapkan tingkat cacat dapat ditekan hingga di bawah 5%, serta sistem pengendalian kualitas di PT Barata Indonesia dapat berkembang menuju Quality 4.0 yang berbasis digitalisasi data dan *predictive analytics*. Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa penerapan metode *Seven Tools of Quality Control* di PT Barata Indonesia terbukti efektif dalam menjaga kestabilan proses dan menurunkan tingkat cacat produk. Hasil penelitian ini mendukung teori Statistical Process Control (SPC) dan selaras dengan temuan Fatiurohman (2024), Barsalou (2023), serta Patwari et al. (2024). Namun, pengendalian kualitas masih perlu diperkuat melalui peningkatan otomatisasi suhu tuang, pengawasan bahan cetak, serta digitalisasi sistem inspeksi untuk mencapai proses produksi yang stabil, efisien, dan berkelanjutan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa, menggunakan metode *Seven Tools Quality Control* pada proses produksi *side frame* dan *bolster* menunjukkan bahwa terdapat beberapa jenis cacat, dengan *crack* dan *porosity* sebagai cacat dominan yang menyumbang lebih dari 59% total ketidaksesuaian produk. Analisis *fishbone* mengidentifikasi lima faktor utama penyebab cacat, yaitu faktor manusia, mesin, metode, material, dan lingkungan, yang saling berinteraksi dan memengaruhi kualitas produk. Penerapan *Seven Tools* terbukti efektif dalam mengidentifikasi pola cacat, menentukan prioritas perbaikan, serta menganalisis akar penyebab masalah

secara sistematis. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa fokus perbaikan pada jenis cacat utama dapat meningkatkan mutu produk, menurunkan tingkat *rework* dan *scrap*, serta meningkatkan efisiensi biaya dan stabilitas proses produksi. Temuan ini dapat dijadikan dasar dalam perumusan strategi peningkatan kualitas dan produktivitas perusahaan secara berkelanjutan.

5. REFERENSI

- Ah-lung, G., Barchid, A., Boubeker, B., Samih, Y., Alami, J., Senhaji, S. B., & Jacquemin, J. (2024). Effects of Melting/Casting and Thermal Treatment Surrounding Gas Phase Composition on the Properties of a Low-Alloyed Steel. *Metals*, 14(12), 1317. <https://doi.org/10.3390/met14121317>
- Cahyo Wahyudi, T., & Asroni. (2022). Analisa variasi temperatur terhadap nilai kekerasan aluminium pada proses squeeze casting. *Jurnal Program Studi Teknik Mesin UM Metro*, 11(2), 348–353.
- Faturohman, A. (2024). ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK MANHOLE PADA PT. MEGA JAYA LOGAM DENGAN METODE NEW SEVEN TOOLS. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Elektro Dan Komputer*, 4(1), 86–101. <https://doi.org/10.51903/juritek.v4i1.2628>
- International, A. (2018). *ASTM E10-18: Standard test method for Brinell hardness of metallic materials*. ASTM International.
- Lehmhus, D. (2024). Advances in Metal Casting Technology: A Review of State of the Art, Challenges and Trends—Part II: Technologies New and Revived. *Metals*, 14(3), 334. <https://doi.org/10.3390/met14030334>
- Patwari, A. U., Bhuiyan, S. A., Noman, K., & UI Navid, W. (2024). Defects and remedies in casting processes: a combinatorial approach between manual and digital optimization technique for enhanced quality casting. *Discover Mechanical Engineering*, 3(1), 39. <https://doi.org/10.1007/s44245-024-00067-2>
- Queirós, R., Domeij, B., & Diószegi, A. (2024). Unraveling Compacted and Nodular Cast Iron Porosity: Case Studies Approach. *International Journal of Metalcasting*, 18(2), 1811–1830. <https://doi.org/10.1007/s40962-023-01149-9>
- Sertucha, J., & Lacaze, J. (2022). Casting Defects in Sand-Mold Cast Irons—An Illustrated Review with Emphasis on Spheroidal Graphite Cast Irons. *Metals*, 12(3), 504. <https://doi.org/10.3390/met12030504>
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Penerbit Alfabeta.
- Wisnujati, A., Mudijana, M., & Sutoyo, S. (2025). KARAKTERISASI KEKERASAN DAN KEKUATAN TARIK BAJA TAHAN KARAT SS304 DENGAN VARIASI ELEKTRODA LAS BUSUR LISTRIK. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 16(1), 341–352. <https://doi.org/10.21776/jrm.v16i1.2029>