

Analisis Penyebab Dan Usulan Perbaikan Cacat *Silver* Pada Proses *Injection Molding* Dengan Metode *Root Cause Analysis* (RCA) Dan *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA)

Tya Oktovia¹, Tri Ngudi Wiyatno², Firda Anisah³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa
Jl. Inspeksi Kalimalang No.9, Cibatu, Cikarang Sel., Kabupaten Bekasi, Jawa Barat, Indonesia
Email: tyaoktoviaa@gmail.com, tringudi@pelitabangsa.ac.id, firda@pelitabangsa.ac.id

ABSTRAK

PT XYZ menghadapi permasalahan tingginya jumlah cacat *silver* pada produk *battery case* yang diproduksi melalui proses *injection molding*, dengan persentase *defect* berkisar 0,13%–0,43% dan melebihi batas toleransi perusahaan sebesar 0,25%. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi akar penyebab cacat *silver* dan menyusun prioritas usulan perbaikan. Metode yang digunakan meliputi diagram Pareto untuk menentukan cacat dominan, *Root Cause Analysis* (RCA) melalui *fishbone diagram* untuk mengidentifikasi akar penyebab, dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk menentukan prioritas risiko berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Hasil RCA mengidentifikasi lima faktor penyebab, yaitu *material*, *machine*, *method*, *man*, dan *environment*. Hasil FMEA menunjukkan bahwa material lembab merupakan faktor risiko tertinggi dengan RPN 384, diikuti lingkungan produksi lembab dengan RPN 288. Usulan perbaikan difokuskan pada pengendalian kelembaban material dan lingkungan produksi melalui perbaikan standar penyimpanan, pengecekan material sebelum digunakan, serta optimasi sistem ventilasi area produksi.

Kata kunci: Pengendalian Kualitas, *Injection Molding*, Cacat *Silver*, RCA, FMEA, RPN.

ABSTRACT

PT XYZ faces a high number of silver defects in battery case products produced through the injection molding process, with a defect percentage ranging from 0.13% to 0.43%, exceeding the company's tolerance limit of 0.25%. This study aims to identify the root causes of silver defects and develop priority improvement recommendations. The methods used include a Pareto diagram to identify the dominant defect, Root Cause Analysis (RCA) using a fishbone diagram to identify root causes, and Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) to prioritize risks based on the Risk Priority Number (RPN). RCA identified five contributing factors: material, machine, method, man, and environment. FMEA results show that moist material has the highest risk with an RPN of 384, followed by a humid production environment with an RPN of 288. Improvement recommendations focus on controlling material and environmental humidity through better storage standards, pre-use material inspection, and optimization of the production area ventilation system.

Keywords: Quality Control, *Injection Molding*, Silver Defect, RCA, FMEA, RPN.

Pendahuluan

Kualitas merupakan faktor penting yang menentukan kemampuan perusahaan untuk bertahan dalam persaingan industri yang semakin ketat. Kualitas produk mencerminkan tingkat kesesuaian produk terhadap standar yang telah ditetapkan serta kemampuan produk dalam memenuhi kebutuhan konsumen. Oleh karena itu, pengendalian kualitas menjadi aspek yang sangat penting untuk memastikan proses produksi berjalan sesuai standar dan mampu meminimalkan terjadinya produk cacat [1][2].

Salah satu proses manufaktur yang membutuhkan pengendalian kualitas yang ketat adalah *injection molding*. Proses ini merupakan metode pembentukan material termoplastik dengan cara memanaskan material hingga meleleh, kemudian menyuntikkannya ke dalam cetakan (*mold*) untuk membentuk produk sesuai desain yang diinginkan [3][4]. *Mold* plastik pada dasarnya digunakan sebagai alat utama untuk menghasilkan berbagai komponen berbahan plastik melalui proses pencetakan menggunakan mesin plastik.

Proses pembentukan produk dimulai dengan memasukkan bahan baku plastik berbentuk butiran (*pellet*) ke dalam *hopper* mesin. Selanjutnya, material tersebut dialirkan menuju *barrel* yang berada pada suhu tinggi sehingga plastik mulai meleleh. Material yang telah meleleh kemudian didorong oleh mekanisme *screw* menuju *nozzle* dan melewati *sprue bushing* untuk masuk ke rongga cetakan (*cavity*) yang berada dalam kondisi tertutup. Proses injeksi material cair ke dalam cetakan dilakukan menggunakan tekanan tertentu yang disesuaikan dengan kapasitas mesin injeksi. Setelah material mengalami

pendinginan dan mengeras, *mold* akan dibuka, lalu produk dikeluarkan menggunakan mekanisme *ejector*[5]. Keberhasilan proses *injection molding* dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti kondisi material, parameter mesin, metode kerja, serta lingkungan produksi [6].

Pada proses *injection molding*, kualitas produk sangat dipengaruhi oleh kestabilan parameter proses seperti *melt temperature*, *injection pressure*, *holding pressure* dan *cooling time*[7]. Selain itu, sifat higroskopis beberapa material plastik menyebabkan material mudah menyerap kelembaban dari lingkungan, sehingga proses *drying* sebelum produksi menjadi tahap yang sangat penting[8]. Ketidaksesuaian parameter tersebut dapat menyebabkan berbagai cacat permukaan seperti *sink mark*, *burn mark*, dan *silver streak*.

Tabel 1 Data *defect* produksi Juni-November 2025

| Bulan | Produksi (pcs) | Defect (pcs) | Persentase |
|--------------|----------------|--------------|--------------|
| Juni | 637951 | 830 | 0,13% |
| Juli | 516249 | 2089 | 0,40% |
| Agustus | 351295 | 1111 | 0,33% |
| September | 650068 | 2366 | 0,37% |
| Oktober | 481386 | 1460 | 0,30% |
| November | 349637 | 1493 | 0,43% |
| Total | 2986586 | 9349 | 0,31% |

PT XYZ merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang produksi komponen plastik, salah satunya produk *battery case* yang diproduksi menggunakan proses *injection molding*. Berdasarkan tabel 1, total produksi mencapai 2.986.586 pcs dengan total *defect* sebanyak 9.349 pcs. Persentase *defect* berada pada kisaran 0,13%–0,43%, sementara perusahaan menetapkan batas maksimal *defect* sebesar 0,25%. Kondisi ini menunjukkan bahwa performa kualitas produksi belum stabil karena sebagian besar hasil produksi masih melebihi standar toleransi perusahaan. Dari berbagai jenis cacat yang terjadi, cacat *silver* merupakan *defect* yang paling dominan dan menjadi penyumbang terbesar terhadap total *non good* (NG).

Cacat *silver* merupakan cacat permukaan yang ditandai dengan munculnya garis, bercak, atau kilauan berwarna keperakan pada produk plastik[9]. Pada proses *injection molding*, cacat ini umumnya berkaitan dengan tingginya kadar kelembaban material, ketidakstabilan parameter mesin, metode *drying* yang kurang optimal, serta kondisi lingkungan produksi yang lembab[10]. Keberadaan cacat *silver* tidak hanya menurunkan kualitas visual produk, tetapi juga meningkatkan risiko *reject* dan pemborosan material, sehingga perlu dilakukan analisis penyebab secara mendalam.

Untuk mengidentifikasi penyebab utama permasalahan kualitas, diperlukan metode analisis yang mampu menelusuri akar masalah secara sistematis. *Root Cause Analysis* (RCA) merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab suatu masalah sehingga tindakan perbaikan dapat dilakukan secara tepat sasaran [11]. Setelah akar penyebab diketahui, diperlukan prioritas penanganan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), yaitu metode analisis risiko yang mengevaluasi tingkat keparahan (*severity*), frekuensi kejadian (*occurrence*), dan kemampuan deteksi (*detection*) untuk menghasilkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) sebagai dasar penentuan prioritas perbaikan [12].

Berdasarkan penelitian terdahulu, metode RCA dan FMEA telah banyak digunakan dalam analisis pengendalian kualitas maupun manajemen risiko pada berbagai sektor industri. Penelitian oleh [5] menganalisis penyebab cacat pada proses *injection molding*, namun masih berfokus pada berbagai jenis cacat secara umum. Sementara itu, penelitian [11] dan [12] menunjukkan bahwa RCA dan FMEA efektif dalam menentukan akar penyebab dan prioritas risiko, tetapi belum secara spesifik membahas cacat *silver* pada produk *battery case*. Dengan demikian, masih terdapat *research gap* terkait analisis mendalam terhadap satu jenis cacat dominan yang paling kritis dalam proses *injection molding*.

Berdasarkan *research gap* tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor penyebab cacat *silver* menggunakan *Root Cause Analysis* (RCA) serta menentukan prioritas usulan perbaikan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Secara akademik, penelitian ini diharapkan dapat memperkaya literatur mengenai pengendalian kualitas pada proses *injection molding*, khususnya terkait analisis cacat *silver*. Secara praktis, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi PT XYZ dalam menentukan prioritas perbaikan yang efektif untuk menurunkan jumlah *defect*, mengurangi *scrap*, dan meningkatkan kualitas produk.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif untuk menganalisis penyebab terjadinya cacat *silver* pada proses *injection molding* di PT XYZ. Pendekatan deskriptif kuantitatif digunakan karena penelitian berfokus pada pengolahan data numerik berupa jumlah produksi, jumlah *defect*, frekuensi cacat, serta tingkat risiko dari setiap penyebab potensial cacat. Objek penelitian difokuskan pada produk *battery case* karena berdasarkan data produksi memiliki tingkat cacat *silver* paling dominan dibandingkan jenis cacat lainnya.

Penelitian dilaksanakan pada area produksi *injection molding* PT XYZ dengan menggunakan data historis produksi periode Juni hingga November 2025. Data yang digunakan meliputi jumlah produksi, jumlah *defect*, jenis cacat produk, serta data pendukung pengendalian kualitas perusahaan.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui data primer dan data sekunder.

1. Data Primer

Data primer diperoleh melalui observasi langsung dan wawancara semi-terstruktur. Observasi dilakukan pada area produksi *injection molding* untuk memahami alur proses produksi, kondisi material, parameter mesin, metode kerja operator, serta kondisi lingkungan produksi yang berpotensi menyebabkan cacat *silver*.

Wawancara semi-terstruktur dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai penyebab potensial cacat *silver* dan penilaian risiko pada analisis FMEA. Responden wawancara terdiri dari personel yang memiliki pengalaman dan keterlibatan langsung dalam proses produksi, yaitu:

- 2 operator *injection molding*
- 1 teknisi *maintenance*
- 1 supervisor produksi
- 1 staf *quality control*

Total responden yang terlibat sebanyak 5 orang expert. Pemilihan responden dilakukan secara *purposive sampling*, yaitu memilih individu yang memiliki pengetahuan dan pengalaman terkait permasalahan kualitas pada produk *battery case*[13].

2. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari:

- dokumen historis produksi perusahaan,
- laporan jumlah *defect*,
- data jenis cacat,
- standar toleransi kualitas perusahaan,
- literatur ilmiah berupa jurnal, buku, dan penelitian terdahulu yang mendukung penelitian.

Analisis Data

Analisis data dilakukan dalam empat tahap utama, yaitu sebagai berikut.

1. Diagram Pareto

Tahap pertama adalah identifikasi jenis cacat dominan menggunakan diagram Pareto berdasarkan prinsip 80/20, yaitu sekitar 80% permasalahan umumnya disebabkan oleh 20% penyebab utama[14]. Diagram Pareto digunakan untuk mengurutkan frekuensi jenis cacat berdasarkan jumlah kejadian dari yang terbesar hingga terkecil, sehingga memudahkan identifikasi cacat yang paling dominan dan perlu diprioritaskan dalam analisis lebih lanjut[15].

Pada penelitian ini, diagram Pareto digunakan untuk menentukan jenis *defect* yang paling banyak terjadi pada produk *battery case* selama periode Juni–November 2025.

2. Root Cause Analysis (RCA)

Setelah *defect* dominan teridentifikasi, analisis dilanjutkan menggunakan *Root Cause Analysis* (RCA) untuk mengidentifikasi akar penyebab utama terjadinya cacat *silver*.

RCA dilakukan menggunakan diagram fishbone (Ishikawa). Fishbone Diagram digunakan sebagai alat untuk menganalisis hubungan sebab-akibat antara permasalahan dan faktor-faktor yang memengaruhinya. Penggunaan diagram ini memungkinkan identifikasi menyeluruh terhadap penyebab potensial guna menemukan akar penyebab yang paling dominan[16]. Diagram fishbone menggunakan pendekatan yang mengelompokkan faktor penyebab ke dalam lima kategori utama (5M yang disederhanakan sesuai kondisi lapangan)[17], yaitu: Material, Mesin, Metode, Manusia, Lingkungan/Media

Identifikasi faktor penyebab diperoleh berdasarkan hasil observasi lapangan, wawancara dengan responden ahli, serta diskusi dengan pihak perusahaan.

3. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Tahap berikutnya adalah analisis risiko menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk menentukan prioritas perbaikan dari setiap penyebab potensial yang telah diidentifikasi melalui RCA.

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) dilakukan dengan mengevaluasi tiga parameter utama, yaitu *Severity* (S) yang menunjukkan tingkat keparahan dampak kegagalan, *Occurrence* (O) yang menunjukkan frekuensi atau kemungkinan terjadinya kegagalan, serta *Detection* (D) yang menunjukkan kemampuan sistem dalam mendeteksi kegagalan sebelum mencapai pelanggan atau tahap proses berikutnya[18].

Nilai masing-masing parameter diberikan menggunakan skala 1–10 berdasarkan hasil diskusi dan konsensus dari kelima responden ahli. Nilai *Risk Priority Number* (RPN) dihitung menggunakan persamaan[19]:

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

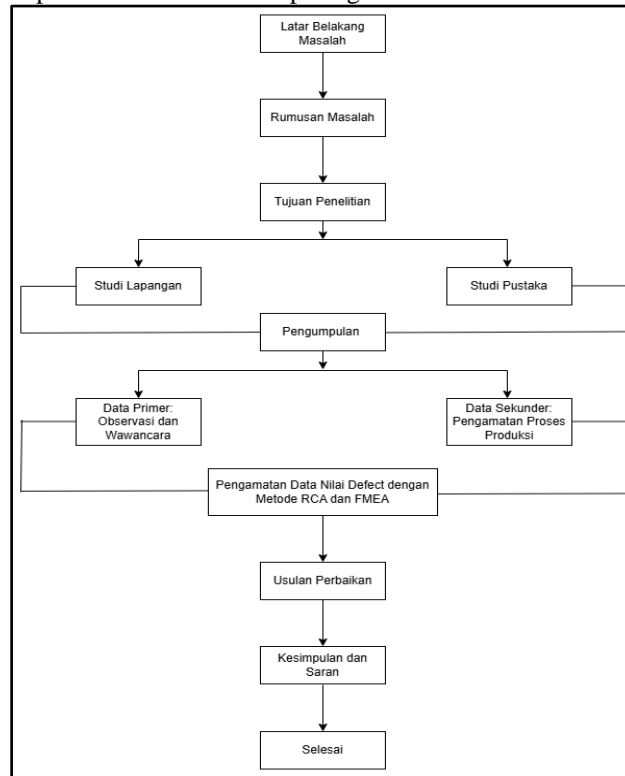
Semakin tinggi nilai RPN, semakin tinggi tingkat prioritas risiko yang harus segera ditangani[20].

4. Penyusunan Usulan Perbaikan dengan 5W+1H

Tahap keempat adalah penyusunan usulan perbaikan menggunakan metode 5W+1H berdasarkan hasil prioritas risiko yang telah diperoleh dari analisis FMEA. Metode 5W+1H merupakan pendekatan sistematis dalam penyusunan rencana tindakan perbaikan yang mencakup enam elemen dasar, yaitu *What* (tindakan perbaikan yang

perlu dilakukan), *Why* (alasan atau justifikasi perlunya tindakan tersebut), *Where* (lokasi implementasi perbaikan), *When* (waktu pelaksanaan tindakan), *Who* (pihak yang bertanggung jawab), dan *How* (cara atau mekanisme implementasi)[21]. Penerapan metode ini bertujuan agar setiap usulan perbaikan yang dihasilkan bersifat terarah, operasional, dan dapat diimplementasikan secara praktis oleh perusahaan.

Langkah-langkah dalam penelitian ini diuraikan pada gambar 1.



Gambar 1 Diagram alir penelitian

Hasil Dan Pembahasan

Analisis Defect Produk

Pada penelitian ini data yang dikumpulkan dimulai dari data jumlah produk cacat, data jumlah produksi dan persentase defect. Pada Tabel 2 berikut ditampilkan jumlah produksi beserta jumlah cacat produk selama bulan Juni hingga November 2025.

Tabel 2 Data defect produksi Juni-November 2025

| Bulan | Produksi (pcs) | Defect (pcs) | Persentase |
|--------------|----------------|--------------|--------------|
| Juni | 637951 | 830 | 0,13% |
| Juli | 516249 | 2089 | 0,40% |
| Agustus | 351295 | 1111 | 0,33% |
| September | 650068 | 2366 | 0,37% |
| Oktober | 481386 | 1460 | 0,30% |
| November | 349637 | 1493 | 0,43% |
| Total | 2986586 | 9349 | 0,31% |

Berdasarkan data produksi PT XYZ periode Juni hingga November 2025, total produksi mencapai 2.986.586 pcs dengan total produk defect sebanyak 9.349 pcs. Persentase defect berada pada kisaran 0,13%–0,43%, sedangkan perusahaan menetapkan batas maksimal defect sebesar 0,25%. Hasil menunjukkan bahwa lima dari enam bulan pengamatan memiliki persentase defect yang melebihi standar perusahaan, sehingga menunjukkan bahwa kualitas produksi masih belum stabil.

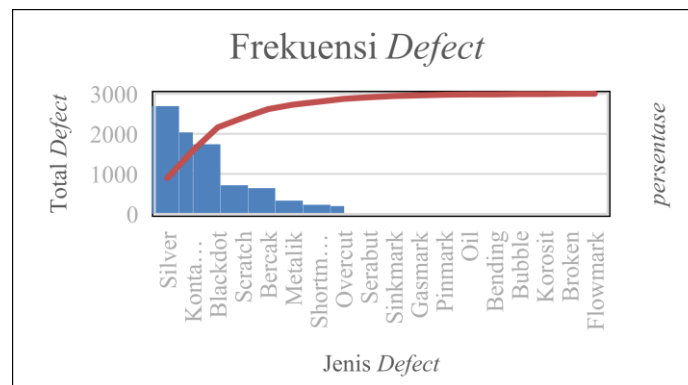
Identifikasi Defect Dominan Menggunakan Diagram Pareto

Berikut merupakan data jeni-jenis defect selama 6 bulan periode Juni samapai November 2025.

Tabel 3 Jenis-jenis *defect* bulan Juni-November 2025

| No | Description Defect | Qty Defect/Bulan (2025) | | | | | | Total |
|-------------------------|--------------------|-------------------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|----------------|----------------|
| | | Juni (pcs) | Juli (pcs) | Agustus (pcs) | September (pcs) | Oktober (pcs) | November (pcs) | |
| 1 | Bercak | - | 232 | 117 | 115 | 28 | 158 | 650 |
| 2 | Blackdot | 108 | 389 | 76 | 342 | 471 | 359 | 1745 |
| 3 | Gasmark | - | 50 | - | - | - | - | 50 |
| 4 | Kontaminasi | 68 | 416 | 419 | 714 | 124 | 297 | 2038 |
| 5 | Korosit | 5 | - | - | - | - | 4 | 9 |
| 6 | Metalik | 19 | 120 | 40 | - | 20 | 135 | 334 |
| 7 | Oil | 26 | - | - | - | - | - | 26 |
| 8 | Scratch | 101 | 302 | 115 | 99 | 81 | 26 | 724 |
| 9 | Serabut | 27 | 56 | 8 | 39 | 3 | - | 133 |
| 10 | Shortmold | 118 | 4 | 19 | 78 | 13 | - | 232 |
| 11 | Silver | 298 | 413 | 303 | 850 | 361 | 470 | 2695 |
| 12 | Sinkmark | 2 | 20 | 10 | 50 | - | - | 82 |
| 13 | Bending | - | 15 | - | - | - | - | 15 |
| 14 | Broken | - | 9 | - | - | - | - | 9 |
| 15 | Pinmark | - | - | - | 50 | - | - | 50 |
| 16 | Overcut | 41 | 14 | 4 | 10 | 84 | 44 | 197 |
| 17 | Flowmark | - | 9 | - | - | - | - | 9 |
| 18 | Bubble | - | - | - | 10 | - | - | 10 |
| Total NG | | 830 | 2089 | 1111 | 2366 | 1460 | 1493 | 9349 |
| Total Production | | 637951 | 516249 | 351295 | 650068 | 481386 | 349637 | 2986586 |
| Total OK | | 636951 | 514249 | 350184 | 647702 | 479926 | 348144 | 2977156 |
| Defect(%) | | 0,13% | 0,40% | 0,33% | 0,37% | 0,30% | 0,43% | 0,31% |

Berdasarkan data jenis *defect* yang diperoleh dari bagian *quality control*, dilakukan analisis Pareto untuk menentukan jenis cacat yang paling dominan. Hasil menunjukkan bahwa cacat *silver* merupakan jenis cacat dengan frekuensi tertinggi dibandingkan cacat lainnya dan menjadi fokus utama penelitian. Diagram Pareto dapat dilihat pada gambar 2.



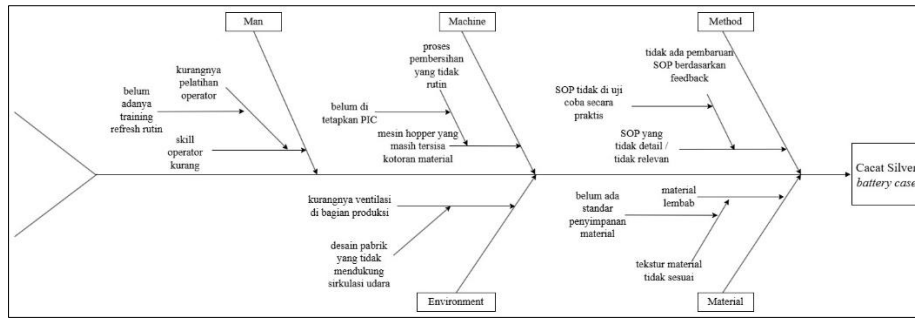
Gambar 2 Diagram pareto frekuensi defect

Berdasarkan diagram Pareto, cacat *silver* menyumbang persentase terbesar terhadap total *defect* sehingga sesuai prinsip 80/20, *defect* ini dipilih sebagai prioritas analisis.

Root Cause Analysis (RCA)

Setelah *defect* dominan ditentukan, analisis dilanjutkan menggunakan Root Cause Analysis (RCA) untuk mengidentifikasi akar penyebab utama terjadinya cacat *silver*. RCA dilakukan menggunakan diagram fishbone

(Ishikawa) berdasarkan lima faktor utama, yaitu material, machine, method, man, dan environment. Fishbone diagram dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Fishbone diagram cacat silver

Berdasarkan *fishbone diagram* pada Gambar 3, penyebab terjadinya cacat *silver* pada produk *battery case* berasal dari lima faktor utama yang saling berhubungan dan berkontribusi terhadap munculnya cacat pada permukaan produk. Kelima faktor tersebut tidak bekerja secara terpisah, melainkan memiliki keterkaitan yang dapat memperbesar kemungkinan terjadinya cacat *silver* selama proses *injection molding*.

1. Faktor *Material*

Faktor material menjadi salah satu penyebab utama terjadinya cacat *silver*. Material yang lembab akibat kandungan kadar air yang tinggi dapat menghasilkan bercak atau garis *silver* pada permukaan produk saat proses *injection molding*. Kondisi ini terjadi karena proses *drying* belum sepenuhnya optimal.

Pada proses *injection molding*, material plastik yang mengandung kadar air tinggi akan mengalami penguapan ketika terkena suhu pemanasan di dalam barrel mesin. Uap air yang terbentuk kemudian terperangkap selama proses injeksi dan menyebabkan munculnya garis atau bercak menyerupai kilauan keperakan pada permukaan produk. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi material sebelum masuk ke mesin sangat menentukan kualitas hasil cetakan.

Berdasarkan hasil observasi, material yang disimpan terlalu lama dalam kondisi terbuka memiliki kecenderungan lebih tinggi untuk menyerap kelembaban dari udara sekitar. Kondisi tersebut meningkatkan risiko terjadinya cacat *silver*, terutama ketika material tidak melalui proses pengeringan yang optimal.

2. Faktor *Machine*

Pada faktor mesin, cacat *silver* dipengaruhi oleh parameter mesin yang kurang stabil, terutama pada pengaturan suhu dan tekanan injeksi. Ketidaksesuaian parameter tersebut dapat menyebabkan proses pelelehan material menjadi tidak optimal.

Suhu barrel yang terlalu tinggi dapat mempercepat penguapan kadar air dalam material, sedangkan tekanan injeksi yang tidak stabil dapat menyebabkan aliran material ke dalam *mold* menjadi tidak merata. Kombinasi kedua kondisi ini dapat memperbesar kemungkinan terbentuknya *silver streak* pada produk. Dengan demikian, kestabilan parameter mesin menjadi faktor penting dalam menjaga konsistensi kualitas produk.

3. Faktor *Method*

Faktor metode berkaitan dengan proses kerja dan prosedur operasional yang diterapkan. Parameter *drying* dan *setting* mesin yang kurang konsisten dapat menyebabkan kualitas material menurun sehingga meningkatkan potensi munculnya cacat *silver*.

Metode kerja yang belum terdokumentasi secara detail melalui SOP dapat menimbulkan variasi proses antar operator. Perbedaan dalam durasi *drying*, suhu pengeringan, maupun pengaturan parameter mesin dapat menyebabkan proses produksi berjalan tidak konsisten. Akibatnya, potensi penyimpangan kualitas menjadi lebih tinggi.

Selain itu, metode *drying* yang tidak sesuai standar dapat menyebabkan kadar air dalam material tidak berkurang secara optimal sebelum material diproses.

4. Faktor *Man*

Faktor manusia berkaitan dengan kurangnya pengawasan operator terhadap kondisi material dan parameter proses. Monitoring yang kurang optimal dapat menyebabkan potensi penyimpangan proses tidak terdeteksi sejak awal.

Kurangnya ketelitian operator dalam melakukan pengecekan material, pengaturan parameter mesin, serta pengawasan proses produksi dapat menyebabkan cacat *silver* muncul secara berulang. Selain itu, keterampilan operator dalam merespons perubahan kondisi proses juga memengaruhi kemampuan perusahaan dalam mencegah *defect*.

Faktor manusia berperan sebagai pengendali utama dalam proses produksi karena operator berinteraksi langsung dengan material, mesin, dan metode kerja yang digunakan.

5. Faktor *Environment*

Faktor lingkungan juga berkontribusi terhadap munculnya cacat *silver*, terutama kelembaban area produksi yang tinggi. Lingkungan yang lembab menyebabkan material lebih mudah menyerap uap air dari udara sehingga meningkatkan risiko terjadinya cacat pada produk.

Berdasarkan hasil observasi lapangan, kondisi area produksi dengan sirkulasi udara yang kurang optimal menyebabkan kelembaban ruangan meningkat. Kondisi ini mempercepat penyerapan kadar air oleh material, khususnya material yang berada pada area *material preparation* atau yang belum segera digunakan.

Kelembaban lingkungan yang tinggi menjadi faktor eksternal yang memperburuk kondisi material, sehingga meskipun parameter mesin sudah sesuai, potensi cacat *silver* tetap dapat terjadi apabila pengendalian lingkungan belum optimal.

Berdasarkan hasil RCA, kelima faktor penyebab cacat *silver* saling berkaitan dan tidak berdiri sendiri. Faktor *environment* berupa kelembaban udara yang tinggi dapat menyebabkan material lebih mudah menyerap kadar air, sehingga faktor *material* menjadi lebih kritis. Kondisi ini dapat diperburuk oleh faktor *method*, terutama apabila proses *drying* dan *setting* mesin tidak dilakukan secara konsisten. Selain itu, faktor *machine* seperti suhu dan tekanan injeksi yang kurang stabil dapat menyebabkan proses pelelehan material tidak optimal dan memicu munculnya cacat *silver*. Faktor *man* juga berperan penting dalam pengawasan material, pengaturan mesin, dan pelaksanaan metode kerja. Oleh karena itu, cacat *silver* terjadi akibat kombinasi beberapa faktor yang saling memengaruhi, sehingga diperlukan analisis lanjutan untuk menentukan prioritas perbaikan menggunakan FMEA.

Analisis Risiko Menggunakan FMEA

Berdasarkan hasil RCA, dilakukan analisis FMEA untuk menentukan prioritas risiko dari setiap penyebab potensial cacat *silver*. Penilaian dilakukan berdasarkan parameter *severity* (S), *occurrence* (O), dan *detection* (D), kemudian dihitung nilai *Risk Priority Number* (RPN). Hasil perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil perhitungan nilai RPN cacat *silver*

| <i>Failure Mode</i> | Penyebab Potensial | <i>Effect</i> | S | O | D | RPN |
|---------------------|----------------------------|--|---|---|---|-----|
| Cacat <i>silver</i> | Material lembab | Permukaan produk terdapat bercak/garis <i>silver</i> | 8 | 8 | 6 | 384 |
| Cacat <i>silver</i> | Lingkungan produksi lembab | Material mudah menyerap kadar air | 8 | 6 | 6 | 288 |
| Cacat <i>silver</i> | Hopper mesin kotor | Kontaminasi material saat proses <i>injection</i> | 6 | 5 | 5 | 150 |
| Cacat <i>silver</i> | SOP kurang detail | Proses <i>setting</i> mesin tidak konsisten | 6 | 5 | 4 | 120 |
| Cacat <i>silver</i> | Skill operator kurang | Kesalahan pengoperasian mesin dan material | 5 | 4 | 5 | 100 |

Berdasarkan Tabel 4, material lembab memiliki nilai RPN tertinggi sebesar 384, sehingga menjadi faktor paling kritis dalam menyebabkan cacat *silver*. Kondisi ini menunjukkan bahwa kadar air yang tinggi pada material sangat berpengaruh terhadap munculnya bercak atau garis *silver* pada permukaan produk. Faktor berikutnya adalah lingkungan produksi lembab dengan nilai RPN 288, yang menunjukkan bahwa kelembaban area produksi juga berkontribusi besar terhadap peningkatan kadar air material.

Sementara itu, faktor *hopper* mesin kotor (150), SOP kurang detail (120), dan *skill* operator kurang (100) memiliki tingkat risiko yang lebih rendah, namun tetap berpotensi memengaruhi kualitas produk. Secara keseluruhan, hasil FMEA menunjukkan bahwa faktor material dan *environment* merupakan prioritas utama dalam usulan perbaikan karena memiliki tingkat risiko tertinggi terhadap terjadinya cacat *silver*.

Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis, cacat *silver* pada produk *battery case* terutama dipengaruhi oleh faktor *material* dan *environment*. Material yang lembab memiliki risiko tinggi menyebabkan terbentuknya uap air saat proses pelelehan, sehingga memicu munculnya bercak atau garis *silver* pada permukaan produk. Kondisi ini diperburuk oleh kelembaban lingkungan produksi yang tinggi karena material lebih mudah menyerap kadar air, terutama saat penyimpanan atau *material preparation*.

Selain itu, parameter mesin *injection molding* seperti suhu *barrel*, tekanan, dan kecepatan injeksi juga memengaruhi terbentuknya cacat *silver*. Suhu yang terlalu tinggi dapat mempercepat penguapan kadar air, sedangkan tekanan dan kecepatan injeksi yang tidak stabil dapat menyebabkan aliran material tidak merata. Berdasarkan *best practice* industri, pengendalian cacat *silver* dilakukan melalui pengeringan material yang optimal, kontrol kelembaban area produksi, serta monitoring parameter mesin secara berkala untuk menjaga stabilitas proses produksi.

Usulan Perbaikan Metode 5W 1H

Berdasarkan hasil FMEA, faktor material lembab dan lingkungan produksi lembab menjadi prioritas utama perbaikan karena memiliki nilai RPN tertinggi, yaitu masing-masing sebesar 384 dan 288. Kondisi ini menunjukkan bahwa pengendalian kadar air material dan kelembaban area produksi masih belum optimal. Oleh karena itu, diperlukan usulan perbaikan yang terarah untuk meminimalkan potensi terjadinya cacat silver. Usulan perbaikan tersebut disusun menggunakan pendekatan 5W+1H sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Usulan perbaikan metode 5W 1H

| Faktor | What | Why | Where | When | Who | How |
|-------------|---|--|--|----------------------------|---------------------------------------|--|
| Material | Menerapkan standar penyimpanan material yang lebih baik | Material yang tersimpan dalam kondisi terbuka mudah menyerap kelembaban dan memicu defect silver | Area penyimpanan material dan material preparation | Sebelum material digunakan | Operator gudang dan operator produksi | Menyimpan material dalam wadah tertutup, melakukan pengecekan kondisi material sebelum digunakan, serta melakukan pengayakan material sebelum masuk ke hopper untuk mengurangi kontaminasi Memperbaiki sistem ventilasi, meningkatkan sirkulasi udara, atau menambahkan exhaust fan untuk menurunkan kelembaban ruangan |
| Environment | Meningkatkan pengendalian kelembaban area produksi | Kelembaban ruangan tinggi mempercepat material menyerap kadar air | Area produksi injection molding | Selama proses produksi | Supervisor produksi dan maintenance | |

Berdasarkan Tabel 5, usulan perbaikan difokuskan pada pengendalian kelembaban material dan lingkungan produksi. Implementasi perbaikan tersebut diharapkan mampu menurunkan potensi terjadinya cacat *silver* sehingga kualitas produk dapat meningkat.

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian pada proses *injection molding* di PT XYZ, diketahui bahwa cacat *silver* merupakan *defect* dominan yang paling sering terjadi pada produk *battery case*. Dari total produksi sebesar 2.986.586 pcs selama periode Juni–November 2025, ditemukan total *defect* sebanyak 9.349 pcs dengan persentase *defect* berada pada kisaran 0,13%–0,43%, di mana sebagian besar melebihi batas toleransi perusahaan sebesar 0,25%.

Hasil analisis *Root Cause Analysis* (RCA) mengidentifikasi bahwa penyebab terjadinya cacat *silver* berasal dari lima faktor utama, yaitu *material*, *machine*, *method*, *man*, dan *environment*. Selanjutnya, berdasarkan hasil *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), faktor material lembab dan lingkungan produksi lembab merupakan prioritas utama perbaikan dengan nilai RPN tertinggi, masing-masing sebesar 384 dan 288.

Usulan perbaikan difokuskan pada dua faktor prioritas tersebut, meliputi peningkatan kontrol kelembaban material melalui standar penyimpanan yang lebih baik dan pengecekan material sebelum digunakan, serta pengendalian kelembaban area produksi melalui perbaikan sistem ventilasi dan peningkatan sirkulasi udara. Implementasi perbaikan tersebut diharapkan mampu menurunkan jumlah cacat *silver* dan meningkatkan kualitas produk di PT XYZ.

Daftar Pustaka

- [1] D. S. Fahlevi, M. Zaky, and Suherlan., “Analisis Pengendalian Kualitas Produksi DOOR LOCK dengan Metode PDCA Berdasarkan Sistem Kaizen di PT.X,” *J. Ind. Samudra*, vol. 3, no. 1, pp. 1–8, 2022, doi: <https://doi.org/10.55377/jis.v6i1.5686>.
- [2] N. Sharmile, R. R. Chowdhury, and S. Desai, “A Comprehensive Review of Quality Control and

- Reliability Research in Micro – Nano Technology,” *Technologies*, vol. 13, no. 3, pp. 1–45, 2025, doi: <https://doi.org/10.3390/technologies13030094>.
- [3] F. Firmansyah, Y. Umardani, and A. Suprihanto, “Pembuatan Injection Unit Mesin Injection Molding Untuk Membuat Bantalan Ketiak Tongkat Kruk Dari Material Polypropylene,” *J. Tek. Mesin S-1*, vol. 11, no. 3, pp. 386–395, 2023, doi: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jtm>.
- [4] M. Ahsan, G. K. W, and S. A. P. A, “Optimasi Produk Plastik pendekatan Taguchi Mixed Level pada Faktor Interaksi Injeksi Molding,” *J Stat.*, vol. 16, no. 1, pp. 371–383, 2023.
- [5] Sulistyono, E. Faizal, M. Muzaki, and N. N. Farida, “J-Proteksion : Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin,” *J-Proteksion J. Kaji. Ilm. dan Teknol. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 2, pp. 86–90, 2024.
- [6] A. C. Ramadhan and R. Rahmadewi, “Analisis Penyebab Terjadinya Cacat Produk Dalam Proses Injection Molding Pada Produksi Fan Blade Radiator di PT XYZ,” *J. Ilm. Wahana Pendidik.*, vol. 10, no. 23, pp. 1280–1287, 2024, doi: <https://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/view/11277>.
- [7] A. Kholistiyanto *et al.*, “Analisa Dampak Variasi Parameter Temperatur Injeksi dan Waktu Pendinginan Terhadap Cacat Produk Cap Tube Oval Pada Proses Injection Moulding,” *Mars J. Tek. Mesin, Ind. Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 1, 2025.
- [8] S. Chen, H. Su, J. J. Mathew, H. Gunawan, C. Huang, and C. Feng, “An Investigation to Reduce the Effect of Moisture on Injection-Molded Parts through Optimization of Plasticization Parameters,” *Appl. Sci.*, vol. 12, no. 3, 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/app12031410>.
- [9] A. Zulaidah and U. Pandanaran, “Pengaruh Waktu Pengerinan Material Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) Terhadap Cacat Bercak Pada Proses Injection Molding Plastik,” vol. 12, no. 1, pp. 15–20, 2021.
- [10] A. S. Prawira and D. Herwanto, “Tinjauan Line Stop Mold pada Proses Produksi Part Moulding Quarter Window Upper di PT . Autoplastik Indonesia,” vol. 10, no. 2, pp. 50–58, 2021.
- [11] S. Hidayat *et al.*, “Analisis Pengendalian Kualitas Defect Produk Sandal Kulit Dengan Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analylsis (Fmea) Dan Root Cause Analylsis (RCA),” vol. 5, no. 4, 2024.
- [12] A. Nagata, D. Ernawati, P. Studi, T. Industri, and F. Teknik, “Integrated Approach of FMEA and RCA in Hazard Risk Management at PT XYZ Calibration Laboratory,” vol. 9, no. 1, pp. 63–70, 2025.
- [13] D. Firmansyah, “Teknik Pengambilan Sampel Umum dalam Metodologi Penelitian : Literature Review General Sampling Techniques in Research Methodology : Literature Review,” *J. Ilm. Pendidik. Holistik*, vol. 1, no. 2, pp. 85–114, 2022.
- [14] A. Fasha, N. Kostini, and T. R. Fauzan, “Analisis Urgensi Database Perancangan Sistem Informasi PT PSL Dengan Fishbone Diagram dan Diagram Pareto,” vol. X, no. 3, pp. 14596–14601, 2025.
- [15] A. A. Saldi, F. Hijriana, and N. F. Sitompul, “Evaluasi Kestabilan Proses Produksi Karton Siku Menggunakan U- Chart dan Diagram Pareto,” vol. 7, no. 1, pp. 19–24, 2026.
- [16] Z. Nursyahbani and T. E. Sari, “Usulan Penurunan Kecacatan Piston Cup Forging Menggunakan Fishbone Diagram , FMEA dan 5W + 1H di Perusahaan Spare-part Kendaraan,” vol. 04, no. 01, pp. 22–32, 2023.
- [17] S. Puspitasari and S. Merdikawati, “Identifikasi akar penyebab dan prioritasasi risiko ketidaksesuaian air handling unit (AHU) menggunakan RCA-FMEA terintegrasi Identification of Root Cause and Risk Prioritization of air handling unit (AHU) performance nonconformities using an integrated RCA-FMEA,” vol. 7, pp. 576–586, 2026, doi: 10.37373/jenius.v7i2.2352.
- [18] M. Industri *et al.*, “Analisis Risiko Kegagalan Sistem Pelumasan Akibat Kontaminasi Air Menggunakan Diagram Fishbone Dan Fmea Di Pt Pln Nusantara,” vol. 15, no. 1, pp. 34–40, 2026.
- [19] B. A. Nainggolan, L. Mei, and C. Wulandari, “ANALISIS RISIKO OPERASIONAL MENGGUNAKAN METODE FMEA DI,” no. 2020, pp. 1–13, 2021.
- [20] A. Faradilla and C. Bintang, “Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode FMEA pada Proyek Pembangunan Jalan,” *J. Tek. ITS*, vol. 11, no. 1, 2022.
- [21] I. Nandar and W. Setiafindari, “Usulan Perbaikan Kualitas Pada Sarung Tangan Golf Lotus Menggunakan Metode Statistical Quality Control Dan 5W+1H,” *JURITEK J. Ilm. Tek. Mesin Elektro dan Komput.*, vol. 3, no. 2, pp. 215–228, 2023.