

Analisis Parameter Proses *Injection* terhadap Konsistensi Kualitas *Zinc Die Casting* RCA FMEA

Anthon Rudi Wardiyanto¹⁾, Budi Aprina²⁾, Fredy Dwi Ibnu Saputra³⁾

Program Studi Teknik Industri, Universitas Pamulang, Indonesia

1) dosen00919@unpam.ac.id

2) dosen00917@unpam.ac.id

3) dosen00923@unpam.ac.id

ABSTRAK

Proses *zinc die casting* di PT TST memiliki peran penting dalam menghasilkan komponen presisi dengan tingkat kualitas tinggi. Namun, dalam praktiknya masih ditemukan variasi persentase *pass* antar bulan yang menunjukkan adanya inkonsistensi kualitas produk. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa parameter proses *injection* seperti tekanan injeksi, kecepatan injeksi, suhu lelehan, suhu cetakan, dan waktu siklus belum sepenuhnya terkontrol atau dioptimalkan. Permasalahan ini dapat menurunkan efisiensi produksi, meningkatkan tingkat *reject*, serta menambah biaya *rework*. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh parameter proses *injection* terhadap konsistensi kualitas produk *zinc die casting* dengan pendekatan *Root Cause Analysis (RCA)* dan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* (Nagata et al., 2025). Tujuan utama penelitian ini adalah mengidentifikasi faktor proses yang paling berpengaruh terhadap kualitas produk, menemukan akar penyebab utama terjadinya cacat atau penurunan *pass rate*, serta menyusun prioritas perbaikan yang dapat diterapkan secara berkelanjutan. Metode yang digunakan mencakup analisis data historis produksi selama 12 bulan (Januari 2022 – Desember 2022), analisis statistik deskriptif untuk mengukur stabilitas kualitas, RCA untuk menelusuri penyebab mendasar cacat, dan FMEA untuk menilai tingkat risiko melalui perhitungan *Risk Priority Number (RPN)*. Berdasarkan data monitoring produksi selama setengah tahun setelah dilakukan perbaikan proses, total produksi mencapai 60.000 unit dengan jumlah produk lolos inspeksi (*pass*) sebesar 58.817 unit (98,03%) dan total reject sebanyak 1.183 unit (1,97%). Dengan demikian, menunjukkan adanya perbaikan signifikan dibandingkan kondisi awal sebelum dilakukan evaluasi proses. Meskipun demikian, hasil analisis distribusi jenis cacat menunjukkan bahwa masih terdapat satu jenis cacat yang memerlukan perhatian khusus dan terus menerus, yaitu cacat *flowmark*.

Kata Kunci : Kualitas, *Zinc Die Casting*, RCA, FMEA

ABSTRACT

The *zinc die casting* process at PT TST plays a crucial role in producing precision components with high quality standards. However, monthly variations in pass rates indicate inconsistencies in product quality. This condition suggests that injection process parameters such as injection pressure, injection speed, molten temperature, mold temperature, and cycle time are not fully controlled or optimized. Such issues may reduce production efficiency, increase reject rates, and raise rework and polishing costs. Therefore, this study was conducted to analyze the influence of injection process parameters on product quality consistency in *zinc die casting* using *Root Cause Analysis (RCA)* and *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. The main objectives are to identify the most influential process factors, determine the root causes of defects or declining pass rates, and establish prioritized corrective actions for sustainable improvement. The methodology includes analyzing three months of historical production data (August–October), applying descriptive statistics to measure quality stability, RCA to trace defect causes, and FMEA to assess risk levels through *Risk Priority Number (RPN)* calculations. Based on production monitoring data over six months after process improvements, total output reached 60,000 units, with 58,817 units passing inspection (98.03%) and 1,183 units rejected (1.97%).

These results demonstrate significant improvement compared to initial conditions prior to process evaluation. Nevertheless, defect distribution analysis indicates that one defect type flowmark still requires continuous attention and corrective measures.

Keywords: *Quality, Zinc Die Casting, RCA, FMEA*

1. PENDAHULUAN

Dalam industri manufaktur modern, kualitas produk merupakan faktor utama yang menentukan daya saing perusahaan. Produk dengan kualitas yang tidak konsisten tidak hanya menimbulkan pemborosan biaya produksi akibat *reject* atau *rework*, tetapi juga menurunkan kepercayaan pelanggan serta efisiensi sistem produksi (Candra, 2019). Salah satu industri yang sangat menuntut konsistensi kualitas adalah industri *High Pressure Die Casting* (HPDC), khususnya untuk material *zinc* yang banyak digunakan dalam komponen otomotif, perangkat elektronik, dan *plumbing*. Proses *die casting* memerlukan kendali presisi terhadap parameter proses, karena sedikit variasi pada tekanan injeksi, kecepatan, suhu cairan, atau suhu cetakan dapat berdampak signifikan terhadap hasil produk akhir (Gunawan, 2024).

PT TST sebagai perusahaan manufaktur berbasis *zinc die casting* menghadapi tantangan terkait fluktuasi kualitas hasil produksi. Berdasarkan data internal, persentase *pass rate* menunjukkan variasi antar bulan dan antar part number, di mana beberapa *part* konsisten baik sementara sebagian lainnya mengalami penurunan signifikan. Kondisi ini mengindikasikan adanya ketidakterkendalian dalam parameter proses *injection* maupun faktor pendukung lainnya seperti kondisi cetakan, suhu lingkungan, atau variasi operator.

Table 1 berikut ini yang adalah rekap persentase tingakat kebagusan (*budomori*) *part zinc* periode Januari – Desember 2022

No	No Part	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Agt	Sept	Okt	Nov	Dec	Average
1	S32013-3	0,00%	35,78%	87,20%	47,42%	37,35%	0,00%	73,00%	73,23%	81,28%	72,70%	65,27%	32,91%	50,51%
2	S32137-3	24,12%	18,11%	81,21%	28,69%	53,74%	71,37%	82,68%	29,89%	54,40%	47,64%	20,01%	0,00%	43,82%
3	S32208-2	0,00%	49,84%	85,28%	77,04%	76,19%	0,00%	91,27%	68,17%	65,95%	71,48%	36,00%	0,00%	51,77%
4	S32289	66,95%	63,60%	92,83%	89,09%	90,16%	91,13%	91,01%	72,57%	88,78%	78,32%	58,00%	65,07%	78,96%
5	S32194	17,34%	17,60%	85,43%	79,16%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	37,22%	71,34%	61,66%	9,21%	31,58%
6	S32274	58,26%	6,44%	89,55%	92,99%	61,35%	67,36%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	31,33%
7	S32235-2	75,99%	59,67%	89,79%	91,53%	90,02%	85,68%	93,11%	91,14%	82,57%	83,96%	79,93%	76,21%	83,30%
8	S32207-2	65,17%	39,02%	76,99%	53,03%	59,17%	47,15%	0,00%	75,42%	75,64%	79,92%	70,73%	94,27%	61,38%
Rata-rata		38,48%	36,26%	86,04%	69,87%	58,50%	45,34%	53,88%	54,36%	60,73%	63,17%	48,95%	34,71%	54,08%

(Sumber: Data pemeriksaan QC Departement)

Permasalahan utama yang muncul adalah mengapa terjadi ketidakkonsistenan kualitas produk *zinc die casting* meskipun parameter telah disesuaikan dengan standar operasional. Selain itu, perlu diidentifikasi parameter proses yang paling berpengaruh terhadap kualitas produk, akar penyebab utama fluktuasi kualitas berdasarkan *Root Cause Analysis* (RCA) (Yue, W., Zhang, L., & Wang, 2023), serta faktor kegagalan dengan risiko tertinggi melalui *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis hubungan antara parameter proses *injection* dan konsistensi kualitas produk *zinc die casting* berdasarkan data produksi bulanan, menyusun rekomendasi perbaikan parameter proses *injection* dan sistem kontrol kualitas, mengidentifikasi akar penyebab utama variasi kualitas menggunakan RCA, serta menilai tingkat risiko dan menentukan prioritas perbaikan proses melalui FMEA (Assauri, 2016).

Pemecahan masalah dilakukan dengan mengintegrasikan pendekatan RCA dan FMEA. RCA digunakan untuk menemukan akar penyebab variasi kualitas melalui analisis *Fishbone* Diagram dan metode *5-Why*, sedangkan FMEA digunakan untuk menilai tingkat risiko (Candra, 2020), kegagalan berdasarkan *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Hasil analisis berupa *Risk Priority Number* (RPN) akan menjadi dasar penentuan prioritas tindakan korektif dan preventif. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis bagi PT TST dalam meningkatkan kualitas dan

efisiensi produksi, sekaligus kontribusi akademis dalam pengembangan model analisis berbasis data untuk industri *die casting*.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Metode deskriptif telah banyak dipublikasikan dalam penelitian teknik industri untuk menggambarkan fenomena secara sistematis, faktual, dan akurat (Candra, 2019). Dalam penelitian ini, metode deskriptif dipadukan dengan tiga kerangka analisis utama, yaitu standar *Zinc Die Casting* yang diacu dari *North American Die Casting Association* ((NADCA), n.d.), metode *Root Cause Analysis* (RCA), dan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) (El-Awady, 2023).

A. ZINC DIE CASTING (NADCA/*North American Die Casting Association*)

Zinc die casting merupakan proses pengecoran logam tekanan tinggi yang banyak digunakan dalam industri otomotif, elektronik, dan *plumbing* (Kim, J. S., Lee, H., Park, S., & Choi, 2020). Menurut NADCA, proses ini memiliki keunggulan dalam menghasilkan bentuk kompleks dengan toleransi dimensi tinggi dan permukaan halus. Namun, kualitas produk sangat bergantung pada pengendalian parameter proses seperti tekanan injeksi, kecepatan injeksi, suhu logam cair, suhu cetakan, dan waktu pendinginan. Dalam penelitian ini, standar NADCA dijadikan acuan untuk menilai kesesuaian parameter proses di PT TST dengan praktik terbaik industri.

B. ROOT CAUSE ANALYSIS (RCA)

RCA digunakan untuk menelusuri akar penyebab variasi kualitas produk *zinc die casting*. Analisis dilakukan melalui pendekatan *Fishbone Diagram* (Ishikawa) dan metode *5-Why*, yang membantu mengidentifikasi faktor penyebab dari sisi manusia (operator), mesin, metode, material, dan lingkungan (Brzeziński et al., 2023). Dengan RCA, penelitian ini berupaya menemukan hubungan sebab-akibat antara variasi parameter proses dengan jenis cacat yang muncul, seperti *porosity*, *flow mark*, *short shot*, *flash*, atau *cold shut* (Pietsch, 2024).

C. FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)

FMEA digunakan untuk menilai tingkat risiko kegagalan proses berdasarkan tiga aspek utama: *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) (Ervural, 2023). Setiap potensi kegagalan yang diidentifikasi melalui RCA diberi skor pada ketiga aspek tersebut, kemudian dihitung nilai *Risk Priority Number* (RPN). Nilai RPN menjadi dasar untuk menentukan prioritas tindakan perbaikan. Dengan demikian, FMEA membantu perusahaan menyusun strategi korektif yang lebih terarah dan berbasis risiko (Sumantika et al., 2025).

D. TAHAPAN PENELITIAN

Tahapan penelitian dilakukan secara sistematis sebagai berikut:

1. Studi pendahuluan dan observasi lapangan di PT TST.
2. Pengumpulan data parameter proses *zinc die casting* sesuai standar NADCA.
3. Analisis RCA untuk menelusuri akar penyebab cacat dominan.
4. Analisis FMEA untuk menilai risiko kegagalan dan menentukan prioritas perbaikan (Wigayana, 2025).
5. Implementasi rekomendasi perbaikan pada parameter proses dengan nilai RPN tertinggi.
6. Validasi hasil melalui evaluasi penurunan *reject rate* dan peningkatan konsistensi kualitas.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam tahapan ini penulis harus bisa mengidentifikasi data masalah yang terjadi dan juga mendefinisikan alur jalannya proses produksi di seksi *injection*.

A. Hasil Analisis

Hasil nalisis terhadap data produksi bulanan, langkah berikutnya adalah mengidentifikasi jenis cacat yang paling sering muncul dalam proses *injection zinc die casting* (Tariq, 2022). Identifikasi jenis cacat ini penting karena dapat memberikan gambaran lebih jelas mengenai faktor dominan yang memengaruhi tingginya persentase *reject*. Dengan mengetahui distribusi jenis cacat, perusahaan dapat menentukan fokus perbaikan yang lebih tepat sasaran. Data yang diperoleh dari periode Januari–Desember 2022 menunjukkan adanya variasi jenis cacat dengan kontribusi yang berbeda-beda terhadap total *reject*. Distribusi ini disajikan dalam Tabel 2 berikut.

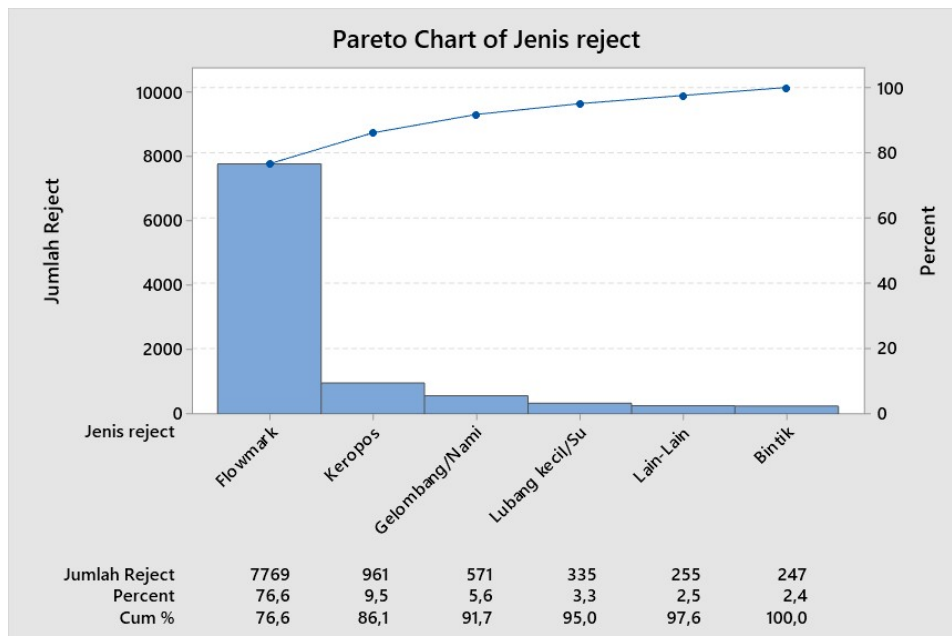
Tabel 2. Data Jenis *Reject* Produksi *Injection* Periode Januari–Desember 2022

Bulan	Jumlah Produksi	Pass	Reject	Jenis Reject					
				Nami	Bintik	flowmark	lubang/su	Keropos	Lain-lain
jan	12.991	12.398	593	42		392	100	3	56
feb	10.518	9.896	622	3	32	420	72	95	
mar	12.845	12.465	380	20		310	6	44	
apr	13.771	12.620	1.151	200		936			15
may	13.696	12.799	897	64		772		61	
jun	11.138	10.161	977	63	30	572		128	184
jul	11.760	10.916	844	79	9	561		195	
aug	13.823	12.442	1.381	15		1.124	69	173	
sep	18.192	17.300	892	24		607	88	173	
oct	11.273	10.319	954	37	50	794		73	
nov	12.287	11.344	943			927		16	
dec	13.002	12.498	504	24	126	354			
Total	155.296	145.158	10.138	571	247	7.769	335	961	255
				5,63%	2,44%	76,63%	3,30%	9,48%	2,52%

(Sumber : PT. Tegar Tangguh Sejahtera (TST), 2022)

Tabel 2 memperlihatkan distribusi jenis *reject* yang terjadi selama periode Januari–Desember 2022. Dari total 10.138 unit *reject*, jenis cacat *flowmark* mendominasi dengan jumlah 7.769 unit atau 76,63% dari total *reject*. Jenis cacat berikutnya adalah keropos (9,48%), gelombang/nami (5,63%), lubang kecil/SU (3,30%), bintik (2,44%), dan lain-lain (2,52%). Data ini menunjukkan bahwa sebagian besar masalah kualitas terkonsentrasi pada satu jenis cacat utama, yaitu *flowmark*. Dengan demikian, fokus perbaikan pada *flowmark* akan memberikan dampak signifikan terhadap penurunan *reject rate* secara keseluruhan.

Lalu berdasarkan masalah kelolosan yang tertinggi adalah *reject* jenis *flowmark*, jika dilihat dari persentasinya menunjukkan angka *reject* yang paling tinggi dari jenis *reject* lainnya, dan jika dilihat dari diagram *pareto* di bawah ini jenis *reject flowmark* menduduki peringkat teratas dari jenis *reject* yang ada.

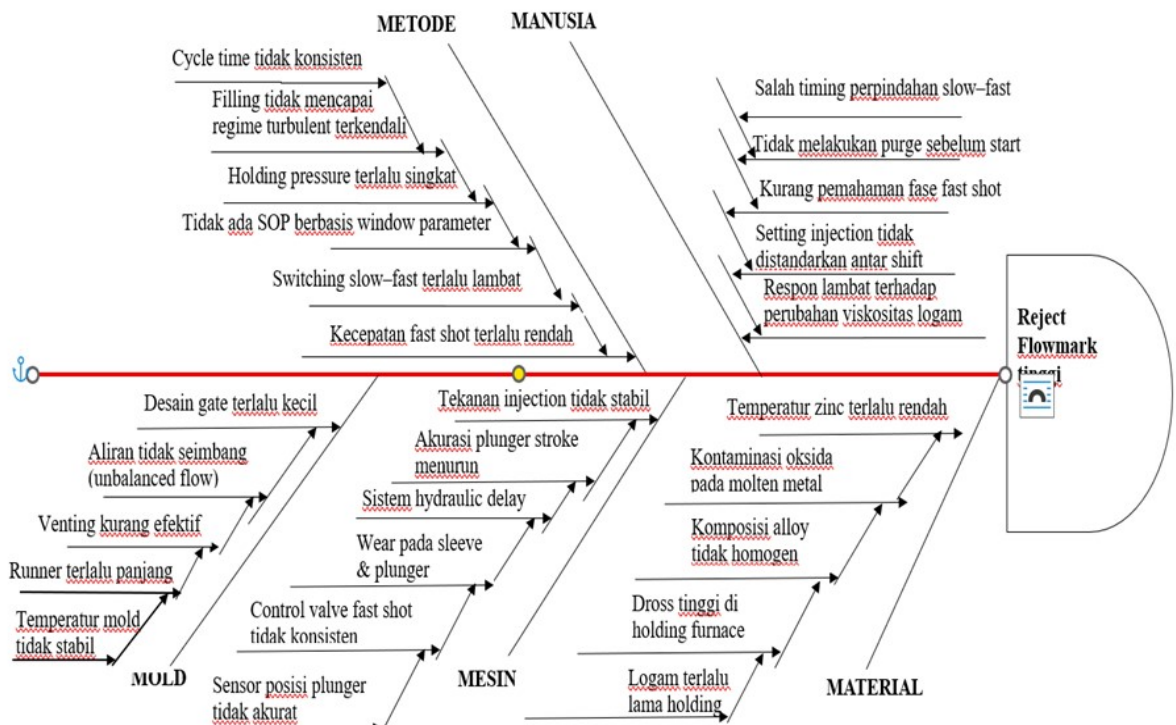


(Sumber: PT. Tegar Tangguh Sejahtera (TST), 2022)
Gambar 1 Diagram *Pareto* Jenis *Reject* Januari-Desember 2022

B. Pembahasan

Setelah diketahui dari Tabel 2 dan Gambar *Pareto* bahwa cacat *flowmark* merupakan jenis *reject* paling dominan dengan kontribusi sebesar 76,63% dari total *reject*, maka langkah berikutnya adalah melakukan analisis akar penyebab. Analisis ini penting untuk memahami faktor-faktor yang memengaruhi munculnya cacat tersebut, sehingga perbaikan dapat difokuskan pada variabel yang paling berpengaruh.

Untuk itu digunakan Diagram *Fishbone* (Ishikawa) yang mengelompokkan penyebab cacat ke dalam lima kategori utama, yaitu metode, manusia, *mold*, mesin, dan material. Diagram ini membantu memetakan hubungan sebab-akibat secara sistematis, sehingga akar masalah dapat diidentifikasi dengan lebih jelas.



(Sumber: Pengolahan Data)
Gambar 2. Diagram *Pareto* Jenis *Reject* Januari–Desember 2022

Gambar 2 menunjukkan diagram *Fishbone* yang digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab cacat *flowmark*. Faktor penyebab dikelompokkan ke dalam lima kategori utama: metode, manusia, *mold*, mesin, dan material. Beberapa penyebab spesifik antara lain *cycle time* tidak konsisten, desain *gate* terlalu kecil, tekanan injeksi tidak stabil, serta kontaminasi oksida pada *molten* metal. Analisis ini memberikan gambaran komprehensif mengenai variabel proses yang berkontribusi terhadap munculnya cacat *flowmark*.

Setelah dilakukan analisis *Pareto* dan *Fishbone*, diketahui bahwa cacat *flowmark* merupakan jenis *reject* paling dominan. Untuk menilai tingkat risiko dari cacat tersebut beserta faktor penyebab lainnya, digunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). FMEA membantu mengevaluasi setiap potensi kegagalan berdasarkan tiga aspek utama, yaitu *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) (Amrillah et al., 2024). Hasil penilaian kemudian dikalikan untuk menghasilkan nilai *Risk Priority Number* (RPN), yang menjadi dasar penentuan prioritas tindakan perbaikan.

Tabel 3 . Analisis FMEA Jenis *Reject* Produk *Injection Zinc Die Casting*

No	Proses	Failure Mode	Effect	Cause (6M)	S	O	D	RPN	Rekomendasi Teknis Injection
1	Injection	Flowmark	Visual NG	Fast shot terlalu rendah (Method)	8	8	6	384	Tingkatkan fast shot velocity ke 1,8–2,2 m/s
2	Injection	Flowmark	Visual NG	Switching slow-fast terlambat (Method)	8	7	6	336	Set switching di 30–40% cavity fill
3	Injection	Flowmark	Visual NG	Temperatur zinc rendah (Material) dan fluktuasi suhu mold	8	6	5	240	Naikkan molten temp ke 410–430°C dan stabilisasi suhu mold 130-150°C
4	Injection	Flowmark	Visual NG	Gate terlalu kecil (Mold)	9	6	6	324	Perbesar gate area +15–25%
5	Injection	Flowmark	Visual NG	Tekanan injection fluktuatif (Machine)	8	6	6	288	Stabilkan pressure di 40–60 MPa
6	Injection	Flowmark	Visual NG	Venting kurang (Mold)	7	5	6	210	Tambah vent depth 0,02–0,03 mm
7	Injection	Flowmark	Visual NG	Operator salah set fast shot (Man)	7	5	5	175	Training parameter window berbasis CTQ
8	Injection	Flowmark	Visual NG	Tidak ada shot profile (Enviroment)	7	4	7	196	Implementasi shot velocity monitoring

(sumber: pengolahan data PT. Tegar Tangguh Sejahtera, 2022)

Berdasarkan Tabel FMEA, terlihat bahwa cacat *flowmark* memiliki nilai RPN tertinggi dibandingkan jenis cacat lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa *flowmark* merupakan *failure mode* yang paling kritis dan harus menjadi prioritas utama dalam tindakan korektif. Faktor penyebab *flowmark* antara lain tekanan injeksi yang tidak stabil, desain *gate* terlalu kecil, serta metode kerja yang tidak sesuai SOP.

Jenis cacat lain seperti keropos dan gelombang/*nami* memiliki nilai RPN lebih rendah, namun tetap perlu diperhatikan karena berkontribusi terhadap total *reject*. Dengan fokus perbaikan pada *flowmark*, perusahaan berpotensi menurunkan *reject rate* hingga di bawah target 3% dan meningkatkan konsistensi kualitas produk *zinc die casting*.

Hasil analisis ini sejalan dengan teori pengendalian kualitas yang menekankan pentingnya pendekatan berbasis risiko dalam menentukan prioritas perbaikan (Candra, 2020). Dengan demikian, penerapan FMEA memberikan arah yang jelas bagi perusahaan dalam menyusun strategi peningkatan kualitas yang efektif dan berkelanjutan.

Setelah dilakukan proses pengendalian terhadap usulan-usulan perbaikan yang ada di FMEA di atas selama enam bulan, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengukuran kinerja setelah proses perbaikan pengendalian parameter proses tersebut. Berikut ini adalah usulan perbaikan untuk mengurangi *reject kizu*, yang menjadi penyebab produk cacat pada *body* keran untuk diberikan usulan perbaikannya dapat dilihat pada Tabel 4. 5W + 1H Analisis Penyebab *Reject Kizu* Pada Proses *Qualiy Control*.

Tabel 4. 5W + 1H Analisis Penyebab *Reject Kizu* Pada Proses *Quality Control*.

NO	FAKTOR PENYEBAB	WHY	WHAT	WHERE	WHEN	WHO	HOW
1	Fast shot terlalu rendah (Method)	Agar tidak terjadi flowmark	Kecepatan injeksi	Di seksi <i>Injection</i>	Januari 2023	Karyawan <i>Injection</i>	Meningkatkan fast shot velocity ke 1,8–2,2 m/s
2	Switching slow–fast terlambat (Method)	Agar tidak terjadi flowmark	Laju material	Di seksi <i>Injection</i>	Januari 2023	Karyawan <i>Injection</i>	Set switching di 30–40% cavity fill
3	Temperatur zinc rendah dan Mold fluktuatif (Material)	Agar tidak terjadi flowmark	Peningkatan suhu material di furnace dan stabilisasi suhu mold	Di seksi <i>Injection</i>	Januari 2023	Karyawan <i>Injection</i>	Naikkan molten temp ke 410–430°C dan stabilisasi suhu mold 130 - 150°C
4	Gate terlalu kecil (Mold)	Agar tidak terjadi flowmark	Memperbesar saluran material	Di seksi <i>Injection</i>	Januari 2023	Karyawan <i>Injection</i>	Perbesar gate area +15–25%
5	Tekanan injection fluktuatif (Machine)	Agar tidak terjadi flowmark	Adjust parameter tekanan injeksi	Di seksi <i>Injection</i>	Januari 2023	Karyawan <i>Injection</i>	Stabilkan pressure di 40–60 MPa
6	Venting kurang (Mold)	Agar tidak terjadi flowmark	Tambah kedalam venting (buangan udara)	Di seksi <i>Injection</i>	Januari 2023	Karyawan <i>Injection</i>	Tambah vent depth 0,02–0,03 mm

(sumber: pengolahan data PT. Tegar Tangguh Sejahtera, 2022)

Setelah dilakukan proses pengendalian terhadap usulan-usulan perbaikan yang ada selama enam bulan yaitu dari Januari 2023 sampai dengan Juni 2023, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengukuran kinerja dengan memantau hasil sebagai berikut:

Tabel 5. Data produksi setelah perbaikan parameter proses mengatasi *flowmark*

Bulan	Jumlah Produksi	Pass	Reject	Jenis Reject					
				Nami	Bintik	flowmark	lubang/su	Keropos	Lain-lain
jan	10.200	10.050	150	72	10	35	8	18	7
feb	8.500	8.350	150	63	11	29	7	27	13
mar	11.100	10.935	165	75	15	18	18	18	6
apr	10.300	10.025	275	97	54	29	22	32	41
may	10.350	10.130	220	77	57	28	32	13	13
jun	9.550	9.327	223	65	49	28	32	37	12
Total	60.000	58.817	1.183	449	196	167	119	145	92
%				37,95%	16,57%	14,12%	10,06%	12,26%	7,78%

(sumber: pengolahan data PT. Tegar Tangguh Sejahtera, 2023)

Berdasarkan data monitoring produksi selama setengah tahun setelah dilakukan perbaikan proses, total produksi mencapai 60.000 unit dengan jumlah produk lolos inspeksi (*pass*) sebesar 58.817 unit(98,03%) dan total *reject* sebanyak 1.183 unit (1,97%). Dengan demikian, menunjukkan adanya perbaikan signifikan dibandingkan kondisi awal sebelum dilakukan evaluasi proses. Meskipun demikian, hasil analisis distribusi jenis cacat menunjukkan bahwa masih terdapat satu jenis cacat yang memerlukan perhatian khusus dan terus menerus, yaitu cacat *flowmark*.

Hasil rekapitulasi jenis *reject* menunjukkan bahwa *flowmark* menyumbang 167 kejadian atau sekitar 14,12% dari total *reject*. Meskipun secara kuantitatif nilainya relatif kecil terhadap total produksi, *flowmark* memiliki dampak signifikan terhadap kualitas visual produk *zinc die casting*, khususnya pada komponen yang memiliki tuntutan estetika tinggi. Dalam praktik industri, cacat visual seperti *flowmark* sering kali menyebabkan produk tidak dapat diproses ke tahap selanjutnya (*machining* atau *polishing*), sehingga berkontribusi langsung terhadap *scrap* dan penurunan efisiensi produksi.

Analisis ini menegaskan bahwa pendekatan berbasis jumlah *reject* semata tidak cukup untuk menentukan prioritas perbaikan, melainkan perlu dikombinasikan dengan analisis dampak kualitas dan potensi pengendalian proses.

Konsistensi kemunculan *flowmark* menunjukkan bahwa cacat ini bersifat sistemik dan berhubungan langsung dengan kestabilan parameter proses *injection*, bukan disebabkan oleh kejadian insidental. Hal ini memperkuat alasan pemilihan *flowmark* sebagai fokus utama analisis lanjutan menggunakan metode *Root Cause Analysis* (RCA) dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) (Irfan et al., 2025).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan dan penelitian mengenai *Analisis Improvement Produk Body Keran pada Seksi Injection* dengan metode *Root Cause Analysis* (RCA) dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) di PT. Tegar Tangguh Sejahtera (TST), dapat disimpulkan bahwa ketidakkonsistenan kualitas produk *zinc die casting* pada proses *injection* masih dipengaruhi oleh parameter proses meskipun telah disesuaikan dengan standar operasional. Penerapan RCA dan FMEA terbukti mampu mereduksi tingkat *reject* dominan, khususnya cacat *flowmark* pada produk *handle keran*. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa tindakan perbaikan terhadap *reject flowmark* harus dilakukan secara simultan dan tidak dapat dipisahkan dari keseluruhan parameter proses produksi di seksi *injection zinc*. Dengan demikian, tujuan penelitian untuk mengidentifikasi

faktor dominan, menemukan akar penyebab cacat, serta menyusun prioritas perbaikan dapat tercapai, sekaligus memberikan arah strategis bagi peningkatan kualitas produk secara berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam pelaksanaan serta penyelesaian penelitian ini. Ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak perusahaan atau instansi yang telah memberikan izin dan fasilitas sehingga proses pengumpulan data dapat dilakukan dengan baik. Selain itu, penulis juga mengapresiasi dukungan dari rekan-rekan serta pihak lain yang telah memberikan masukan, saran, dan bantuan selama proses penelitian dan penulisan artikel ini. Dukungan tersebut sangat berarti dalam menunjang kelancaran penelitian serta penyempurnaan artikel hingga dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- (NADCA), (n.d.). *Zinc Die Casting Standards*. <https://www.diecasting.org>
- Amrillah, M. S., Rizqi, A. W., & Jufriyanto, M. (2024). *Risk Analysis of Work Accidents at CV . Sumber Rejeki Gresik With Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and Root Cause Analysis (RCA) Methods Analisis Risiko Kecelakaan Kerja di CV . Sumber Rejeki Gresik dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Root Cause Analysis (RCA)*. 191–204.
- Assauri, S. (2016). *Managemen Produksi dan Operasi* (UI (ed.); Ketiga).
- Brzeziński, M., Dettori, A., & Kowalski, P. (2023). Data-driven prediction of casting process stability and defect detection using machine learning. *Journal of Manufacturing and Materials Processing*.
- Candra, A. (2019). *Pengendalian kualitas dalam industri manufaktur*. Penerbit Teknik Industri.
- Candra, A. (2020). *Pendekatan berbasis risiko dalam perbaikan kualitas*. Penerbit Manajemen Produksi.
- El-Awady, S. M. M. (2023). Overview of failure mode and effects analysis (FMEA): Principles and industrial applications. *Engineering Failure Analysis*.
- Ervural, B. (2023). A fully data-driven FMEA framework for risk assessment in manufacturing systems. *Journal of Manufacturing Systems*.
- Gunawan, S. (2024). *Pengaruh Perlakuan Panas Quenching terhadap Ketangguhan Impak pada Paduan Aluminium AC7A*. 4(2), 483–490.
- Irfan, A., Hanan, F., & Suseno, A. (2025). Analisis Pengendalian Kualitas Produk Carton Box Flute CB dalam Mengurangi Cacat Creasing dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Root Cause Analysis (RCA) Di PT XYZ. *Jurnal Senopati*, 6(2), 181–192.
- Kim, J. S., Lee, H., Park, S., & Choi, Y. (2020). Die-casting defect prediction and diagnosis system using process data. *Journal of Manufacturing Processes*.
- Nagata, A., Ernawati, D., Studi, P., Industri, T., & Teknik, F. (2025). *Integrated Approach of FMEA and RCA in Hazard Risk Management at PT XYZ Calibration Laboratory*. 9(1), 63–70.
- Pietsch, D. (2024). Root cause analysis in industrial manufacturing: A scoping review of traditional and data-driven approaches. *Additive Manufacturing*.
- Sumantika, A., Paskaria, E., Tarigan, L., Prasetyo, B. A., Soeprapto, J. R., Kuning, M., & Pos, K. (2025). *Analisis Pengendalian Kualitas Produk Keripik Tempe di Batam Menggunakan Pendekatan Metode FMEA dan RCA*. 12(1), 100–108.
- Tariq, S. (2022). Minimizing casting defects in high-pressure die casting using DOE and Taguchi method. *Scientia Iranica*.
- Wigayana, K. B. (2025). *Hazard Risk Management Analysis PO PT Gunung Harta Transport Solutions Uses FMEA And RCA Methods*. 9(1).
- Yue, W., Zhang, L., & Wang, J. (2023). Root cause analysis for process industry using causal knowledge maps. *Journal of Process Control*.