

Menurunkan *Reject Misrun Area Dinding Chain* pada *Cylinder Head Tipe X* Proses Produksi *Low Press Die Casting* di PT. XYZ dengan Menggunakan Metode *Eight Steps*

Reducing Reject Misrun Area of Chain Wall on Type X Cylinder Head in PT. XYZ Low Press Die Casting Production Using Eight Steps Method

Wahyudi^{1)*}, Ramanda Ferdiansyah²⁾

^{1,2)}Departemen Teknik Produksi dan Proses Manufaktur, Politeknik Astra
email: ¹⁾wahyudi@polytechnic.astra.ac.id, ²⁾rhamandaw@gmail.com

Informasi Artikel

Diterima:
Submitted:
08/02/2024

Diperbaiki:
Revised:
08/05/2024

Disetujui:
Accepted:
15/05/2024

*) Wahyudi
wahyudi@polytechnic.astra.ac.id

DOI:
doi.org/10.32502/js.v9i1.7816

Abstrak

Pengendalian kualitas merupakan aktivitas untuk memertahankan dan meningkatkan kualitas dari produk yang dihasilkan agar produksi sesuai dengan spesifikasi produk yang telah ditetapkan perusahaan. Pengendalian kualitas menggunakan metode *eight steps* merupakan sebuah pemahaman yang dapat menganalisis sebuah hasil proses produksi. Hal ini dapat mendeteksi sebuah produk manufaktur yang dihasilkan dari proses produksi sehingga dapat diketahui sebab akibat sebuah produk yang dihasilkan dalam kondisi baik atau *reject*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbaikan kualitas pada produksi casting. Penelitian berfokus pada *reject misrun area dinding chain* yang ditemukan pada produksi *low pressure die casting* di PT. XYZ. Hasil penelitian terhadap proses produksi *casting* yang sedang berjalan masih ditemukan beberapa *reject* pada hasil produksi khususnya pada proses *Low Pressure Die Casting* (LPDC). *Reject* terbesar yang muncul pada produksi LPDC berada pada produk tipe X, dimana jenis *reject* tertinggi yaitu *misrun area dinding chain* dengan angka persentase 0.98 %. Setelah dilakukan perbaikan menggunakan metode *eight steps*, *reject misrun area dinding chain* dapat turun menjadi 0.64 % dan sudah mencapai target perbaikan.

Kata kunci: Eight steps, cylinder head, misrun, reject

Abstract

Quality control is an activity to maintain and improve the quality of the products produced, so that production complies with the product specifications set by the company. Quality control using the eight steps method is an understanding that can analyze the results of the production process. This can detect a manufactured product resulting from the production process so that it can be known the cause and effect of a product that is produced in good condition or is rejected. This research aims to analyze quality improvements in casting production. The research focuses on reject misruns in the chain wall area found in low pressure die casting production at PT. XYZ. The results of research on the ongoing casting production process still found several rejects in the production results, especially in the low pressure die casting (LPDC) process. The largest reject that appeared in LPDC production was in type X. After repairs using the eight steps method, the reject misrun area of the chain wall can be reduced to 0.64% and has reached the repair target.

Keywords: Eight steps, cylinder head, misrun, reject, Casting,

©Integrasi Universitas Muhammadiyah Palembang
p-ISSN 2528-7419
e-ISSN 2654-5551

Pendahuluan

PT. XYZ sebagai satu-satunya perusahaan *manufacturing* dan distributor resmi sepeda motor merk A yang merupakan perusahaan sepeda motor pertama di Indonesia [1]. PT. XYZ adalah perusahaan manufaktur yang memproduksi kendaraan roda dua beserta komponennya [2]. Operasi produksi di PT. XYZ terdapat beberapa divisi salah satunya yaitu *Dies Manufacturing Division*. *Dies Manufacturing Division* menaungi beberapa departemen antara lain: *Dies Mold Engineering*, *Dies Production 1 (Mold Maker)*, *Dies Production 2 (Dies Maker)*, dan *Dies Mold Maintenance*. Pada departemen *Dies Mold Maintenance* mempunyai tugas untuk mendukung produksi atau pemeliharaan *dies* atau juga disebut pengecoran logam.

Proses pengecoran logam (*casting*) adalah salah satu teknik pembuatan produk dimana logam dicairkan dalam tungku peleburan kemudian dituangkan ke dalam rongga cetakan yang serupa dengan bentuk asli dari produk cor yang akan dibuat [3]–[6]. Logam cair akan dituangkan atau ditekan ke dalam cetakan yang memiliki rongga cetak (*cavity*) sesuai dengan bentuk atau desain yang diinginkan. Metode pengecoran logam yang umum digunakan pada dunia industri antara lain yaitu *High Pressure Die Casting*, *Low Pressure Die Casting* dan *Gravity Die Casting*.

Salah satu metode pengecoran logam yaitu pengecoran *Low Pressure Die Casting* (LPDC). Metode ini digunakan salah satunya untuk produk *cylinder head* pada kendaraan roda dua. Pada penggunaan metode ini di industri besar, tentunya perlu pengendalian kualitas dan mengetahui cara meminimalisir adanya reject agar target perusahaan tercapai [7], [8]. Dalam hal ini, perusahaan berusaha memenuhi kebutuhan *customer satisfaction* dengan memberikan kualitas yang terbaik [9]–[11]. Jika komponen dalam proses khususnya LPDC tidak memenuhi Instruksi Kerja (IK) tidak berjalan secara benar, maka dalam proses pembuatan produk *cylinder head* dapat terjadi cacat produk. Cacat produk yang terjadi diantaranya *misrun*, bolong, *core patah*, inklusi pasir, *shrinkage* di area tertentu.

Dalam produksi *cylinder head* tipe X, *misrun* area dinding *chain* menjadi *reject* terbanyak

sebesar 0.98 % dari aktual produksi pada bulan November 2022 sampai dengan bulan Januari 2023. Oleh karena itu, dilakukan penelitian cacat *misrun* area dinding *chain* yang terjadi pada proses produksi LPDC.

Berdasarkan penelitian terdahulu oleh [12] bahwa menurunkan cacat produk dengan metode *Eight Step*, Penelitian [13] meningkatkan produktivitas perusahaan dengan metode *Eight Step*. Peningkatan kualitas sangat penting untuk perusahaan berskala besar agar mampu bersaing [14]–[16]. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbaikan kualitas pada produksi *casting*. Penelitian berfokus pada *reject misrun* area dinding *chain* yang ditemukan pada produksi *low pressure die casting* di Perusahaan Otomotif.

Metode Penelitian

Permasalahan pada penelitian ini terjadi pada produksi *cylinder head* tipe X. Pendekatan yang digunakan ialah metode 8 steps [17]–[19]. Langkah – langkah perbaikan yang dilakukan dalam menjalankan metode ini antara lain :

1. Menentukan tema dan analisa situasi
2. Menetapkan target
3. Analisa sebab akibat
4. Merencanakan perbaikan
5. Implementasi perbaikan
6. Evaluasi hasil
7. Standarisasi
8. Merencanakan perbaikan selanjutnya

Teknik pengumpulan data yang dilakukan adalah

1. Observasi
2. Wawancara
3. *Literature review*

Pemilihan metode ini didasari agar pemecahan masalah dapat terperinci dan detail sehingga hasil penelitian dapat lebih maksimal [20]. Berikut langkah – langkah proses penelitian yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1.

Hasil dan Pembahasan

1. Menentukan Tema

Berikut merupakan data *reject* dies tipe X pada bulan Januari 2023 dengan total *inject* 119.846 *shot* dapat dilihat pada Tabel 1.

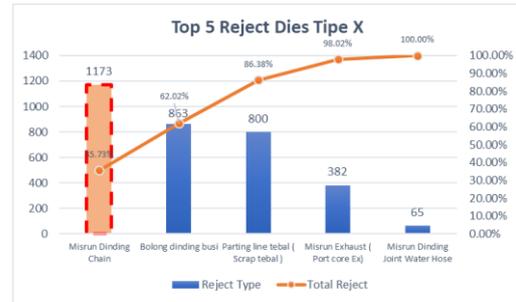


Gambar 1. Alur Penelitian

Tabel 1. Data Top 5 Reject Dies Tipe X

Top 5 Reject Dies Tipe X			
No	Jenis reject	Reject	% reject
1	Misrun Dinding Chain	1173	0.98%
2	Bolong dinding busi	863	0.72%
3	Parting line tebal (Scrap tebal)	800	0.67%
4	Misrun Exhaust (Port core Ex)	382	0.32%
5	Misrun Dinding Joint Water House	65	0.05%

Berdasarkan data pada Tabel 1 dapat diterjemahkan ke dalam Diagram Pareto. Diagram pareto pada Gambar 2 menunjukkan bahwa cacat *misrun* dinding *chain* paling tinggi dan perlu dilakukan perbaikan.



Gambar 2. Diagram Pareto Top 5 Reject Dies Tipe X

Berdasarkan data pareto yang ada, diperoleh permasalahan *reject misrun* dinding *chain* yang akan menjadi fokus pembahasan pada proyek ini.

2. Menentukan Target

Dalam menentukan target, penelitian ini menggunakan metode *Specific, Measurable, Achievable, Reasonable, dan Time Base* (SMART) dengan tujuan untuk menyampaikan target yang lebih rinci dan detail. Berikut adalah penjelasan dari metode SMART [21], [22]

- *Specific* : Menurunkan *reject misrun* dinding *chain* pada produksi *cylinder head* tipe X.
- *Measurable* : Persentase *reject misrun* dinding *chain* dari angka 0.98% sampai 0.88%.
- *Achievable* : Tim *improvement* dapat menurunkan *reject misrun* dinding *chain* hingga 10 %. (Berdasarkan KPI divisi produksi)
- *Reasonable* : Dapat menurunkan kerugian akibat produk tipe X yang *reject*.
- *Time Bound* : Waktu selesai proyek pada Juni 2023.

Target dari penelitian ini adalah menentukan target menurunkan *reject misrun cylinder head* tipe X dari 0.98 % menjadi 0.88 % yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Target Improvement

3. Analisis Sebab Akibat

Analisa faktor penyebab dan menemukan sumber penyebab dari permasalahan yang ada menggunakan faktor 4M+1E. Berikut masing-masing analisisnya

a) Faktor *machine*

Terdapat 2 faktor pendukung yang memungkinkan menyebabkan *reject misrun*. Faktor temperatur molten dan tekanan saat *inject molten* sangat berpengaruh pada pembentukan *part* yang sempurna tanpa ada *reject misrun* yang muncul.

b) Faktor material

Faktor ini tentunya harus selalu diperhatikan apalagi untuk *reject misrun* karena molten dengan kualitas atau perbandingan antara ingot dan *scrap* yang tidak ideal akan menyebabkan *reject misrun*.

c) Faktor *dies*

Faktor pendukung pada faktor *dies* ini yaitu terkait dengan *gating system* dan juga gas ventilasi yang harus sesuai dengan kebutuhan untuk membentuk *part*.

d) Faktor *man*

Faktor ini muncul karena terkadang operator yang mengejar target produksi tidak memperhatikan standar operasional prosedur yang ada pada saat *pre-heat dies* sebelum produksi berjalan.

e) Faktor *method*

Dari observasi yang dilakukan, diketahui bahwa metode yang dilakukan teknisi *coating* pada saat *touch up coating* di atas mesin hanya mengandalkan *feeling* tanpa adanya standar ukuran.

Setelah diketahui beberapa faktor, kemudian dilakukan verifikasi oleh *expert*. Tujuannya untuk menentukan prioritas perbaikan. Hasil verifikasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Tabel Verifikasi

No	Faktor	Root cause	Standar	Aktual	Judge
1	<i>Machine</i>	Setting temp. <i>molten</i> tidak tepat	710° C ±20° C	695-705 ° C	x
2	<i>Machine</i>	Setting pressure tidak sesuai standar	Sesuai standar yang telah ditentukan	Sesuai dengan standar	x

No	Faktor	Root cause	Standar	Aktual	Judge
3	Material	Komposisi ingot dan <i>scrap</i> tidak ideal	Dimensi <i>gate</i> ideal untuk membentuk <i>part</i>	Belum ada kesesuaian aktual dimensi <i>gate</i>	v
4	<i>Dies</i>	Dimensi <i>gate</i> tidak ideal membentuk <i>part</i>	Dimensi <i>gate</i> ideal untuk membentuk <i>part</i>	Belum ada kesesuaian aktual dimensi <i>gate</i>	v
5	<i>Dies</i>	Dimensi gasvent alur tidak ideal	Kedalaman dan lebar gasvent tidak > 0,3mm	Kedalaman dan lebar gasvent tidak > 0,3mm	x
6	Man	Operator tidak memperhatikan prosedur yang ada	250° C - 450° C	Pada range temp. 391 ° C - 421 ° C	x
7	<i>Method</i>	Tidak ada standar dan control ketebalan <i>coating</i> saat touch up	Ketebalan <i>coating</i> touch up menghasilkan produk OK dan dikontrol	Ketebalan <i>coating</i> bervariasi dan tidak ada kontrol	v

Berdasarkan Tabel 2 menggunakan verifikasi aktual yang ada di lapangan dapat diketahui *root cause* yang berpotensi timbulnya permasalahan *misrun* area dinding *chain* yaitu pada faktor *environment/dies* dan faktor *method*.

4. Merencanakan Perbaikan

Berdasarkan tabel tersebut, perbaikan hanya dilakukan pada faktor yang abnormal atau tidak sesuai standar. Untuk penjelasan rincian penyelesaian berdasarkan faktor yang ada sebagai berikut.

Tabel 3. Rencana Perbaikan

Faktor	What	Why	How	Where	When	Who
<i>Dies</i>	Dimensi <i>gate</i> tidak ideal	Dimensi <i>gate</i> tidak sesuai dengan kebutuhan supply <i>molten</i> .	Dilakukan modifikasi dimensi <i>gate</i> .	PT. XYZ	22/02/2023	Tim
<i>Method</i>	Ketebalan <i>coating</i> pada <i>touch up coating</i> tidak memiliki standar	Teknisi <i>coating</i> hanya mengandalkan visual <i>coating</i> dan <i>feeling</i> saat <i>touch up coating</i> .	Dibuatkan standar <i>coating</i> dan visual controlling.	PT. XYZ	04/05/2023	Tim

5. Implementasi Perbaikan

Setelah dilakukan pembuatan perencanaan perbaikan, proses selanjutnya ialah implementasi perencanaan tersebut. Implementasi pada penelitian kali ini dilakukan pada bulan Februari sampai bulan April tahun 2023 di Perusahaan. Implementasi yang dilakukan antara lain :

a) Modifikasi Dimensi *Gate*

Berdasarkan data *reject* per *set dies* diketahui bahwa *set dies* #3-4 memiliki data *reject* misrun dinding *chain* paling rendah. Setelah dilakukan observasi, ditemukan perbedaan dimensi *gate* antara *set dies* #3-4 dan *set dies* lainnya. Oleh karena itu, dilakukan *improvement* terkait modifikasi dimensi *gate* dengan menyesuaikan dimensi *gate set dies* lainnya dengan dimensi *gate set dies* #3-4 (*dies* dengan performa *reject* paling rendah). Korelasi dimensi *gate* dengan produk yang dibentuk sangatlah erat, dimana dimensi *gate* berpengaruh pada aliran molten yang akan masuk melalui *gate*. Hal ini sesuai dengan persamaan kontinuitas yang dimana jika area masuknya fluida tersebut lebih luas maka akan menghasilkan kecepatan aliran yang rendah begitupun sebaliknya jika area masuknya fluida terlalu sempit maka akan menghasilkan kecepatan aliran fluida yang tinggi[2]. Perbaikan pada *gate* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. *Improvement Gate*, (a) *Before Improvement*, (b) *After Improvement*

Diketahui bahwa kecepatan aliran molten pada LPDC sebesar 0,15 – 0,6 m/s. Luasan area *gate* yang memiliki *reject* terkecil yaitu 1072,77 mm² dibanding dengan luasan *gate* yang memiliki *reject* terbesar yaitu 698,87 mm². Adapun secara matematis, penjelasan diatas dapat dituliskan sebagai berikut:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

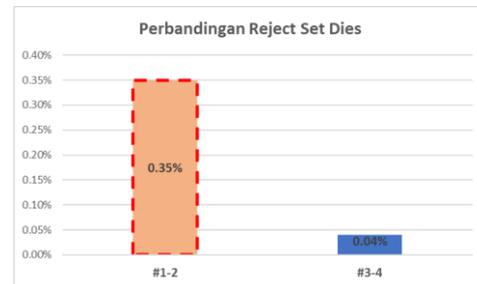
Estimasi perbandingan kecepatan aliran molten sebelum *improvement*:

$$1072,77 \text{ mm}^2 \times 600 \text{ mm/s} = 698,87 \text{ mm}^2 \times V_2$$

$$V_2 = \frac{1072,77 \text{ mm}^2 \times 600 \text{ mm/s}}{698,87 \text{ mm}^2}$$

$$V_2 = 921 \text{ mm/s}$$

Berdasarkan estimasi perbandingan kecepatan aliran molten tersebut, dapat diketahui bahwa dimensi *gate* yang lebih kecil akan menghasilkan kecepatan yang lebih besar. Kecepatan yang lebih besar dibanding dengan standar inilah yang menyebabkan *misrun* pada produk *dies* tipe X karena akan menyebabkan *molten* turbulensi pada saat membentuk produk dalam *cavity*. Berikut hasil perbandingan *reject set dies* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Perbandingan *Reject Set Dies*

b) Pembuatan Standar dan Kontrol *Coating* Saat *Touch Up*

Berdasarkan hasil observasi, diketahui bahwa kondisi aktual yang terjadi saat proses *touch up coating* di atas mesin, teknisi *coating* hanya mengandalkan *feeling* dan penglihatan visual area dinding *chain dies*. Perlu diketahui bahwa *coating* sendiri memiliki fungsi untuk melindungi *cavity* dari abrasi yang diakibatkan tekanan logam cair, memperhalus permukaan produk serta mempertahankan panas pada saat solidifikasi pembentukan produk di dalam *cavity dies*.

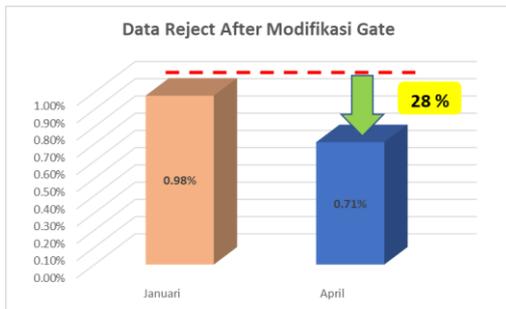
Peningkatan ketebalan lapisan cetakan memperlambat laju pembekuan logam cair dan mengurangi permeabilitas cetakan. Degradasi hidrokarbon lebih sulit keluar dari cetakan jika permeabilitas menurun [3]. Dari dasar tersebut artinya *coating* selain mencegah solidifikasi yang lebih cepat juga berfungsi untuk memperlambat laju

pembekuan molten agar tidak terjadi turbulensi di dalam *cavity*.

Berdasarkan hasil trial didapatkan ketebalan yang menghasilkan produk yang baik berada di angka 40 – 60 μm .

6. Evaluasi Hasil

Berdasarkan implementasi yang telah dilakukan pada bulan Februari sampai Maret 2023 didapatkan hasil penurunan yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik After Improvement Gate

Tabel 4. Data Reject Dies Tipe X

Jenis reject	Aktual Produksi	Reject	% reject
Sebelum improvement	119846	1173	0.98%
Sesudah improvement	96510	690	0.71%

Setelah dilakukan *improvement* modifikasi *gate*, berdasarkan data terjadi penurunan persentase *reject* sebesar 28 %.

Kemudian dibuatnya standar ketebalan *coating* dan kontrol terhadap proses *touch up coating* diatas mesin terjadi penurunan persentase *reject* sebesar 35 %. Dari hasil yang didapat setelah dilakukan *improvement*, *reject misrun* dinding *chain* dapat turun dengan angka persentase sebesar 35 %. Dari data tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa target telah tercapai.

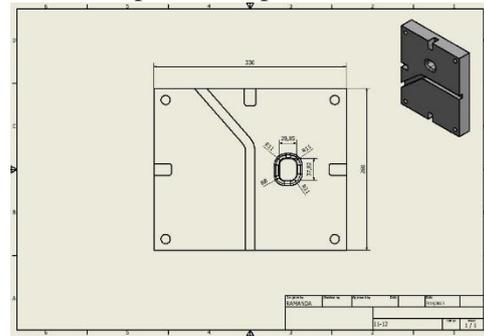
Tabel 5. Tabel Perbandingan Aspek QCDM

Before Improvement	Aspek	After Improvement
<i>Reject misrun</i> area dinding <i>chain</i> memiliki persentase sebesar 0.98%.	Quality	Data <i>reject misrun</i> area dinding <i>chain</i> turun 35 %, dari angka 0.98 % menjadi 0.64 %

Before Improvement	Aspek	After Improvement
Kerugian akibat ongkos produksi sebesar Rp. 748.477.224,00.	Cost	Meminimalisir kerugian ongkos produksi dari produk <i>reject</i> sebesar Rp. 390.509.856,00.
Menghambat delivery part menuju proses produksi selanjutnya.	Delivery	Tidak menghambat delivery part menuju proses produksi selanjutnya
Banyaknya part <i>reject</i> berpotensi mempengaruhi antusias dan semangat kerja man power berkurang.	Morale	Produk <i>reject</i> berkurang 35% sehingga antusias dan semangat kerja man power meningkat

7. Standarisasi

Berikut merupakan standarisasi yang telah dibuat setelah dilakukan implementasi perbaikan dapat dilihat pada Gambar 7.



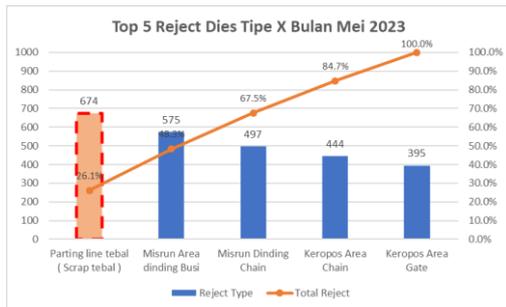
Gambar 7. Drawing Dimensi Gate Best Performance

Berikut adalah dimensi *gate* yang memiliki performa *reject* terbaik dan dapat digunakan sebagai acuan ketika dimensi *gate* yang ada sudah tidak standar. *Attention point* dibuat dan disosialisasikan agar ketebalan *coating* sesuai dengan profil area dinding *chain dies* tipe X agar dapat dikontrol sehingga menghasilkan produk yang tidak *misrun*.

8. Rencana Perbaikan Selanjutnya

Berikut merupakan tema perbaikan selanjutnya yang akan dilakukan sebagai saran kepada perusahaan untuk melakukan

perbaikan selanjutnya dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Top 5 Reject Bulan Mei 2023

Berdasarkan grafik top 5 reject dies tipe X, angka persentase *reject* tertinggi ada pada masalah *parting line* tebal sehingga perlu adanya analisa kondisi yang ada dan mencari akar masalah dari masalah tersebut.

Simpulan

Penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa penyebab terjadinya *reject misrun area dinding chain* disebabkan oleh faktor *dies* dan *method*, dimana terdapat perbedaan dimensi *gate* dan tidak adanya standar maupun (*controlling*) ketebalan yang sesuai pada saat *touch up coating*. Perbaikan pada dimensi *gate* dan penentuan ketebalan *coating* saat *touch up* dapat menurunkan angka persentase *reject* 35 %, dari 0.98% hingga 0.64 %. Dilakukannya perbaikan pada dimensi *gate* ataupun saat trial penentuan ketebalan *coating* sesuai dengan *plan schedule*, agar tidak mengganggu produksi.

Usulan kajian pada penelitian ini yaitu untuk melanjutkan penelitian yang lebih komprehensif terkait dimensi atau luasan *gate* yang sesuai untuk menghasilkan produk yang baik dan perlu adanya pengadaan alat *thickness meter* disetiap mesin produksi LPDC khususnya untuk produk tipe X agar *delivery teknisi coating* tidak terhambat karena keterbatasan alat *thickness meter* untuk *controlling* ketebalan *coating* saat *touch up coating*.

Daftar Pustaka

[1] A. Wicaksono, H. S. Suasono, and I. Setiawan, "Menurunkan Waktu Kegiatan Inspeksi dengan Pembuatan Sistem Alat Bantu Kerja Work Order Maintenance di

Perusahaan Otomotif dengan Pendekatan DMAIC," *J. PASTI*, vol. 17, no. 3, pp. 319–330, 2023.

[2] T. Haryanto and I. Bachtiar, "Perbaikan Kualitas Proses Pembuatan Produk Standar Motor dengan Menggunakan Metode Six Sigma," pp. 50–54, 2020.

[3] I. Muhtarom and S. Sunomo, "Analysis of Casting Defect, Tensile Strength, and Hardness of Al-Si Casting Alloy with Percentage Variation of Clay Binder Bangkalan," *J. Mech. Eng. Sci. Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 43–49, 2018, doi: 10.17977/um016v2i22018p043.

[4] H. Taufiq, A. Ramelan, E. Prajatelista, S. Susana, and M. Fathurrohman, "Surfaces Casting Defect Analysis and its Countermeasures on Products Manufactured by Alkali-Phenolic Binder Sand Molding," *Met. Indones.*, vol. 44, no. 1, p. 35, 2022, doi: 10.32423/jmi.2022.v44.35-41.

[5] N. A. R. Pane and A. Sudyanto, "Proses Pengecoran Dan Manufaktur Logam," *J. Metall. Eng. Process. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 123–130, 2021.

[6] F. Listanto *et al.*, "Prediksi Defect Produk Casting Dengan Algoritma SVM Berbasis RBF dan Linier," *J. Ilm. Intech Inf. Technol. J. UMUS*, vol. 5, no. 2, pp. 109–119, 2023.

[7] V. R. Sreedharan, S. Rajasekar, S. Kannan Santhosh, P. Arunprasad, and R. Trehan, "Defect reduction in an electrical parts manufacturer: a case study," *TQM J.*, vol. 30, no. 6, pp. 650–678, 2018, doi: 10.1108/TQM-03-2018-0031.

[8] Y. Guo, Z. Zhao, J. Han, and L. Bai, "Quality monitoring in Wire-Arc additive manufacturing based on spectrum," in *ACM International Conference Proceeding Series*, 2018, pp. 240–244, doi: 10.1145/3301506.3301534.

[9] Saryanto, H. H. Purba, A. Trimarjoko, and F. Fatahillah, "Quality improvement of remanufacturing lift arm using six sigma methods in the heavy-duty industry in Indonesia: A case study," *Oper. Res. Eng. Sci. Theory Appl.*, vol. 3, no. 2, pp. 24–38, 2020, doi: 10.31181/oresta2003024s.

[10] I. Setiawan, H. H. Purba, and F. Debora, "A systematic literature review of implementation six sigma in manufacturing industries," *Oper. Excell. J. Appl. Ind. Eng.*,

- vol. 12, no. 3, p. 319, 2020, doi: 10.22441/oe.2020.v12.i3.005.
- [11] V. Fernando, I. Setiawan, Y. Rizki, H. H. Purba, and F. N. Azizah, "Analysis Capability Process of Fuel Tank Production: A Case Study in Manufacturing Industry," *J. Knowl. Ind. Eng.*, vol. 9, no. 1, pp. 24–34, 2022, doi: 10.35891/jkie.v9i1.2919.
- [12] G. M. R. Sulaeman and I. N. Gusniar, "Analisis Pengendalian Kualitas Menggunakan Metode Quality Control Circle pada Part JK6000 di PT. XYZ," *J. Serambi Eng.*, vol. 8, no. 2, pp. 5029–5036, 2023, doi: 10.32672/jse.v8i2.5665.
- [13] Khmaludin and A. P. Respati, "Implementasi Metode QCC untuk Menurunkan Jumlah Sisa Sampel Pengujian Compound," *J. Optimasi Sist. Ind.*, vol. 18, no. 2, pp. 176–185, 2019, doi: 10.25077/josi.v18.n2.p176-185.2019.
- [14] A. Irwanto, D. Arifin, and M. M. Arifin, "Peningkatan Kualitas Produk Gearbox Dengan Pendekatan DMAIC Six Sigma Pada PT. XYZ," *J. KaLIBRASI-Karya Lintas Ilmu Bid. Rekayasa Arsit. Sipil Ind.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–17, 2020, doi: 10.37721/kalibrasi.v3i1.638.
- [15] I. Setiawan and Setiawan, "Defect reduction of roof panel part in the export delivery process using the DMAIC method: a case study," *J. Sist. dan Manaj. Ind.*, vol. 4, no. 2, pp. 108–116, 2020, doi: 10.30656/jsmi.v4i2.2775.
- [16] H. Hernadewita, I. Setiawan, and H. Hendra, "Enhance quality improvement through lean six sigma in division Side Board Clavinova piano 's," *Int. J. Prod. Manag. Eng.*, vol. 10, no. 2, pp. 173–181, 2022, doi: 10.4995/ijpme.2022.16140.
- [17] Suratno and B. P. Ichtiarto, "Reduce Carbon Emissions of Logistic Transportation Using Eight Steps Approach in Indonesian Automotive Industry," *J. Eur. des Syst. Autom.*, vol. 54, no. 6, pp. 819–826, 2021, doi: 10.18280/jesa.540603.
- [18] H. Darmawan, S. Hasibuan, and H. Hardi Purba, "Application of Kaizen Concept with 8 Steps PDCA to Reduce in Line Defect at Pasting Process: A Case Study in Automotive Battery," *Int. J. Adv. Sci. Res. Eng.*, vol. 4, no. 8, pp. 97–107, 2018, doi: 10.31695/ijasre.2018.32800.
- [19] J. Ge, K. V. Sigsgaard, J. K. Agergaard, N. H. Mortensen, W. Khalid, and K. B. Hansen, "Improving periodic maintenance performance: a grouping and heuristic approach," *Int. J. Qual. Reliab. Manag.*, 2022, doi: 10.1108/IJQRM-09-2021-0322.
- [20] Sugiyono, *Metode Penelitian Bisnis (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, Kombinasi dan R&D)*. Bandung: Alfabeta, 2017.
- [21] I. Sodikin, P. Wisnubroto, and N. M. Ayunin, "Pengukuran Kinerja Perusahaan Menggunakan Strategic Management Analysis and Reporting Technique (Smart) System Di Pt Telkom Witel Magelang," *IEJST (Industrial Eng. J. Univ. Sarjanawiyata Tamansiswa)*, vol. 1, no. 1, pp. 9–16, 2017.
- [22] E. Setiobudi, "Analisis Sistem Penilaian Kinerja Karyawan Studi pada PT. Tridharma Kencana," *JABE (Journal Appl. Bus. Econ.)*, vol. 3, no. 3, p. 170, 2017, doi: 10.30998/jabe.v3i3.1768.