Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan (JTMIT) Vol. 5, No. 3, September 2026 pp. 1129 - 1139
P-ISSN: 2829-0232 E-ISSN: 2829-0038

Implementasi Metode *Six Sigma* Dmaic Untuk Cacat *Misrun* Pada Proses LPDC *Cylinder Head* 160cc Di Industri Manufaktur Otomotif

Zidan Gymnastiar[1], Syarah Rizkia Feriaty[2], Gusman Simon[3]
[1,2,3)] Jurusan Teknik Industri, Universitas Pelita Bangsa
Jl. Inspeksi Kalimalang Tegal Danas Arah Deltamas, Cikarang Pusat, Kab. Bekasi 17530
Email: zidangymnastiar03@mhs.pelitabangsa.ac.id, feriatysyarah@pelitabangsa.ac.id, gusman.s@pelitabangsa.ac.id

ABSTRAK

Industri manufaktur otomotif dituntut menghasilkan produk berkualitas tinggi untuk menjaga daya saing perusahaan. Salah satu proses yang digunakan dalam produksi *cylinder head* adalah *Low Pressure Die Casting* (LPDC), namun masih ditemukan cacat *misrun* yang menyebabkan produk tidak memenuhi standar kualitas. Penelitian ini bertujuan menganalisis penyebab cacat *misrun* dan menyusun usulan perbaikan menggunakan metode Six Sigma dengan pendekatan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve,* dan *Control*). Penelitian menggunakan data produksi periode Agustus–Oktober 2024 yang dianalisis melalui perhitungan DPU, DPO, DPMO, *yield*, dan *sigma level*, serta analisis akar penyebab menggunakan Diagram Pareto, Fishbone Diagram, dan metode 5 *Why*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa cacat *misrun* merupakan cacat dominan dengan jumlah 626 unit atau sebesar 47,42% dari total cacat. Faktor penyebab utama meliputi ketidakstabilan suhu aluminium cair, suhu *preheating dies* yang tidak konsisten, fluktuasi tekanan pengisian, kondisi sistem *venting* yang kurang optimal, serta penerapan SOP yang belum seragam. Usulan perbaikan yang diberikan meliputi standarisasi SOP, peningkatan monitoring parameter proses, kalibrasi alat ukur, pelatihan operator, dan perbaikan sistem *venting* untuk mengurangi cacat *misrun* pada proses LPDC *cylinder head* 160cc.

Kata kunci: *Six Sigma*, DMAIC, *misrun*, LPDC, *cylinder head*.

ABSTRACT

The automotive manufacturing industry is required to produce high-quality products to maintain competitiveness. One of the processes used in cylinder head production is Low Pressure Die Casting (LPDC); however, misrun defects are still found, causing products to fail to meet quality standards. This study aims to analyze the causes of misrun defects and propose improvements using the Six Sigma method with the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, and Control) approach. Production data from August–October 2024 were analyzed using DPU, DPO, DPMO, yield, and sigma level calculations, as well as root cause analysis through Pareto Diagrams, Fishbone Diagrams, and the 5 Why method. The results indicate that misrun was the dominant defect, accounting for 626 units or 47.42% of total defects. The main causes include unstable molten aluminum temperature, inconsistent preheating dies temperature, fluctuating filling pressure, suboptimal venting system conditions, and inconsistent SOP implementation. Proposed improvements include SOP standardization, enhanced process parameter monitoring, periodic calibration of measuring instruments, operator training, and venting system improvements to reduce misrun defects in the LPDC process of 160cc cylinder heads.

Keywords: *Six Sigma, DMAIC, misrun, LPDC, cylinder head.*

Pendahuluan

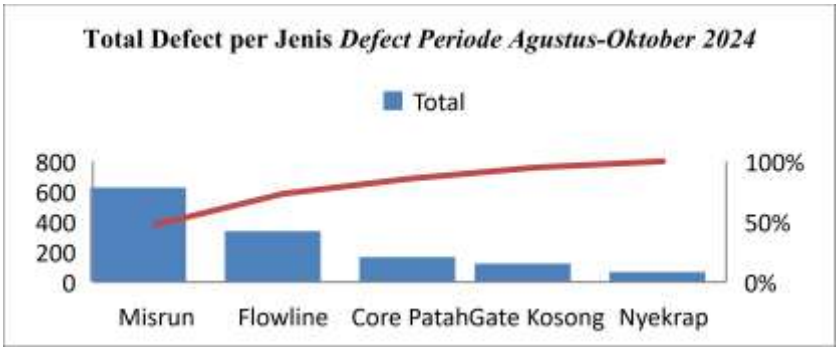
Industri manufaktur otomotif merupakan salah satu sektor yang memiliki tuntutan tinggi terhadap kualitas produk, efisiensi proses produksi, dan kemampuan memenuhi kebutuhan pelanggan secara konsisten. Persaingan industri yang semakin ketat mendorong perusahaan untuk menerapkan sistem pengendalian kualitas yang efektif guna meminimalkan cacat produk dan meningkatkan produktivitas proses manufaktur [1], [2]. Kualitas produk menjadi faktor penting karena produk yang tidak sesuai spesifikasi dapat menyebabkan peningkatan biaya produksi, penurunan kepuasan pelanggan, serta berkurangnya daya saing perusahaan di pasar global [3], [4].

Salah satu komponen penting pada kendaraan bermotor adalah cylinder head yang berfungsi sebagai penutup ruang bakar sekaligus tempat pemasangan berbagai komponen utama mesin. Kompleksitas bentuk dan rongga internal pada cylinder head menyebabkan proses pembuatannya memerlukan tingkat ketelitian yang tinggi untuk memastikan kualitas produk sesuai dengan standar yang ditetapkan [5], [6]. Dalam industri otomotif, proses pembuatan cylinder head umumnya dilakukan

menggunakan metode pengecoran logam (casting) karena mampu menghasilkan bentuk yang kompleks dengan produktivitas yang tinggi [5], [7].

Salah satu teknologi pengecoran yang banyak digunakan dalam produksi cylinder head adalah Low Pressure Die Casting (LPDC). Metode LPDC memanfaatkan tekanan rendah untuk mengalirkan aluminium cair ke dalam rongga cetakan sehingga mampu menghasilkan produk dengan kualitas permukaan yang baik, struktur yang lebih padat, serta tingkat porositas yang lebih rendah dibandingkan metode pengecoran konvensional [7], [8]. Meskipun demikian, proses LPDC masih memiliki potensi menghasilkan berbagai jenis cacat (defect) yang dapat menurunkan kualitas produk dan menyebabkan peningkatan jumlah reject pada proses produksi [9], [10], [11].

Berdasarkan data produksi cylinder head 160cc pada proses LPDC selama periode Agustus–Oktober 2024, ditemukan beberapa jenis cacat yang terdiri atas misrun, flowline, core patah, gate kosong, dan nyekrap. Dari keseluruhan jenis cacat tersebut, misrun merupakan cacat dominan dengan jumlah 626 unit atau sebesar 47,42% dari total cacat yang terjadi selama periode penelitian. Cacat misrun terjadi ketika aluminium cair tidak mampu mengisi seluruh rongga cetakan secara sempurna sehingga sebagian bentuk produk tidak terbentuk sesuai spesifikasi yang telah ditentukan [12].



Gambar 1. Grafik Total Defect per Jenis Defect Periode Agustus-Oktober 2024

Tingginya jumlah cacat misrun menunjukkan bahwa masih terdapat variasi proses yang belum terkendali secara optimal. Beberapa faktor yang diduga memengaruhi terjadinya cacat tersebut antara lain suhu aluminium cair yang tidak stabil, suhu preheating dies yang belum konsisten, tekanan pengisian yang berfluktuasi, kondisi sistem venting yang kurang optimal, serta ketidakkonsistenan penerapan prosedur operasi standar (SOP) selama proses produksi berlangsung [8], [12], [13]. Apabila kondisi ini tidak segera diperbaiki, maka tingkat reject akan terus meningkat dan berdampak terhadap efisiensi proses produksi perusahaan. Salah satu metode yang banyak digunakan dalam pengendalian kualitas untuk mengurangi variasi proses dan menurunkan jumlah cacat produk adalah Six Sigma. Metode Six Sigma merupakan pendekatan berbasis data yang berfokus pada peningkatan kualitas melalui pengurangan variasi proses sehingga mampu menghasilkan produk yang lebih konsisten sesuai dengan kebutuhan pelanggan [1], [2], [7]. Pendekatan Six Sigma menggunakan tahapan DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control) untuk mengidentifikasi masalah, mengukur kinerja proses, menganalisis akar penyebab, menyusun usulan perbaikan, serta memastikan keberlanjutan hasil perbaikan yang telah dilakukan [14], [15], [16]. Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa metode Six Sigma dan DMAIC efektif digunakan untuk meningkatkan kualitas proses produksi pada berbagai sektor industri. Alawiyah [2] menerapkan Six Sigma untuk meminimalkan cacat produk intimates bra fused dan berhasil mengidentifikasi faktor-faktor utama penyebab kecacatan produk. Rifaldi dan Sudarwati [17] menunjukkan bahwa integrasi Six Sigma dan FMEA mampu menurunkan tingkat cacat produk secara signifikan melalui identifikasi akar penyebab yang lebih sistematis. Selain itu, Rifqi et al. [14] menjelaskan bahwa pendekatan DMAIC mampu meningkatkan performa proses manufaktur dengan mengurangi variasi yang terjadi selama proses produksi berlangsung. Namun demikian, sebagian besar penelitian sebelumnya masih berfokus pada industri manufaktur umum dan belum banyak membahas penerapan Six Sigma DMAIC pada proses LPDC untuk produk cylinder head di industri otomotif. Berdasarkan penelitian terdahulu tersebut, masih terdapat peluang penelitian terkait penerapan Six Sigma DMAIC untuk mengurangi cacat misrun pada proses LPDC cylinder head 160cc. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis tingkat kualitas proses LPDC, mengidentifikasi akar penyebab terjadinya cacat misrun, serta menyusun usulan perbaikan menggunakan metode Six Sigma DMAIC guna meningkatkan kualitas produk dan performa proses produksi secara berkelanjutan.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode deskriptif untuk menganalisis dan mengendalikan kualitas produk *cylinder head* 160cc pada proses *Low Pressure Die Casting* (LPDC). Pendekatan kuantitatif digunakan karena penelitian berfokus pada pengolahan data numerik berupa jumlah produksi, jumlah cacat, serta tingkat kapabilitas proses yang diperoleh dari data historis perusahaan. Metode deskriptif digunakan untuk menggambarkan kondisi aktual kualitas proses produksi berdasarkan data yang diperoleh selama periode

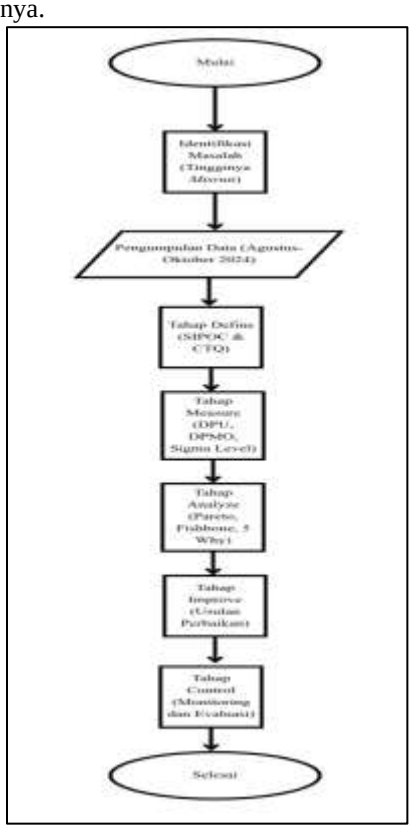
penelitian [1], [2]. Objek penelitian adalah produk *cylinder head* 160cc yang diproduksi pada area LPDC di industri manufaktur otomotif. Data penelitian diperoleh dari laporan produksi dan laporan kualitas periode Agustus–Oktober 2024. Data yang digunakan meliputi jumlah produksi, jumlah cacat, jenis cacat, serta parameter proses yang berkaitan dengan terjadinya cacat *misrun*. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung pada area produksi, dokumentasi data perusahaan, dan wawancara dengan operator serta bagian *quality control*.
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Six Sigma dengan pendekatan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve,* dan *Control*). Metode Six Sigma dipilih karena mampu mengidentifikasi penyebab kecacatan produk secara sistematis serta memberikan usulan perbaikan yang terukur untuk meningkatkan kualitas proses produksi [17].

Tahap *Define* dilakukan untuk mengidentifikasi permasalahan kualitas yang terjadi pada proses LPDC melalui pengumpulan data cacat produksi. Pada tahap ini dilakukan penentuan *Critical to Quality* (CTQ) dan pemetaan proses menggunakan diagram SIPOC untuk mengetahui aliran proses produksi serta karakteristik kualitas yang berpengaruh terhadap terjadinya cacat *misrun*.

Tahap *Measure* dilakukan untuk mengukur kinerja proses produksi menggunakan indikator Six Sigma. Pengukuran dilakukan melalui perhitungan *Defect per Unit* (DPU), *Defect per Opportunity* (DPO), *Defect per Million Opportunities* (DPMO), *Yield*, dan *Sigma Level*. Selain itu dilakukan analisis *p-chart* untuk mengetahui kestabilan proses produksi dan mengidentifikasi adanya variasi proses yang berada di luar batas kendali statistik [4].

Tahap *Analyze* dilakukan untuk mengidentifikasi akar penyebab dominan terjadinya cacat *misrun*. Analisis dilakukan menggunakan Diagram Pareto untuk menentukan prioritas masalah berdasarkan frekuensi kejadian cacat. Selanjutnya digunakan Diagram Fishbone dan metode 5 *Why* untuk mengidentifikasi faktor penyebab utama berdasarkan aspek manusia, mesin, metode, material, pengukuran, dan lingkungan [18].
Tahap *Improve* dilakukan dengan menyusun usulan perbaikan berdasarkan hasil analisis akar penyebab yang telah diperoleh. Usulan perbaikan difokuskan pada pengendalian parameter proses, standarisasi prosedur kerja, peningkatan kompetensi operator, kalibrasi alat ukur, serta optimalisasi kondisi mesin dan sistem pendukung proses produksi.

Tahap *Control* dilakukan untuk memastikan usulan perbaikan dapat diterapkan secara berkelanjutan. Pengendalian dilakukan melalui penyusunan *control plan*, monitoring parameter proses secara berkala, audit kualitas, serta evaluasi terhadap implementasi perbaikan guna menjaga kestabilan proses dan mengurangi potensi terjadinya cacat pada periode berikutnya.



Gambar 2. Diagram Alir

Hasil Dan Pembahasan

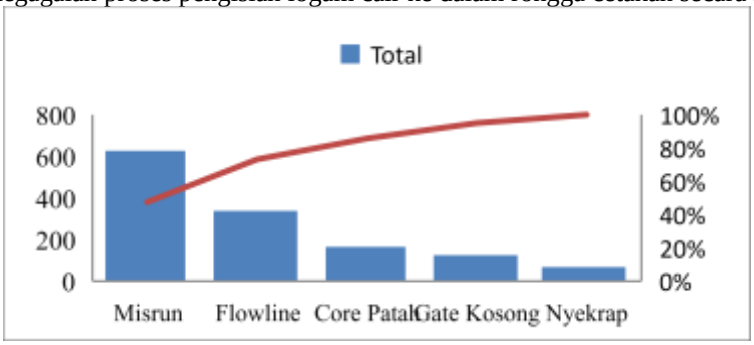
Tahap *Define*

Tahap *Define* dilakukan untuk mengidentifikasi permasalahan kualitas yang terjadi pada proses produksi *cylinder head* 160cc di area LPDC. Identifikasi dilakukan berdasarkan data cacat produksi periode Agustus–Oktober 2024 untuk mengetahui jenis cacat yang paling dominan dan berpengaruh terhadap kualitas produk.

Tabel 1 Data Jenis Cacat

Jenis Cacat	Agustus	September	Oktober	Total
Misrun	178	213	235	626
Flowline	92	114	132	338
Core Patah	45	58	62	165
Gate Kosong	32	43	49	124
Nyekrap	19	21	27	67
Total	**366**	**449**	**505**	**1.320**

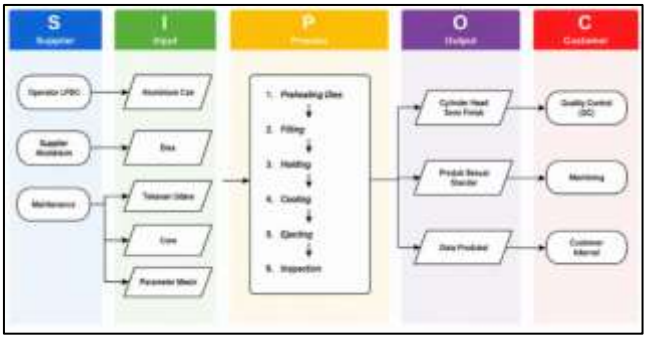
Berdasarkan data cacat yang diperoleh, ditemukan lima jenis cacat yang terjadi pada proses produksi yaitu *misrun*, *flowline*, *core patah*, *gate kosong*, dan *nyekrap*. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa cacat *misrun* merupakan jenis cacat yang paling dominan dengan jumlah 626 unit atau sebesar 47,42% dari total cacat yang terjadi selama periode penelitian. Persentase tersebut menunjukkan bahwa hampir setengah dari total kecacatan produk disebabkan oleh kegagalan proses pengisian logam cair ke dalam rongga cetakan secara sempurna.



Gambar 3. Grafik Total Berdasarkan Jenis Defect Agustus-Oktober 2024

Tingginya persentase cacat *misrun* menunjukkan bahwa masih terdapat variasi proses yang belum terkendali pada proses LPDC. Kondisi ini dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti suhu aluminium cair, suhu *preheating dies*, tekanan pengisian, dan kondisi sistem *venting* yang berperan penting dalam keberhasilan proses pengisian cetakan [8], [12]. Temuan ini sejalan dengan penelitian Habibpour et al. [1] dan Yagüe et al. [2] yang menyatakan bahwa cacat pada proses pengecoran umumnya disebabkan oleh ketidakkonsistenan parameter proses dan kondisi operasi yang tidak stabil.

Untuk memahami aliran proses secara menyeluruh serta mengidentifikasi karakteristik kualitas yang berpengaruh terhadap cacat *misrun*, dilakukan pemetaan proses menggunakan diagram SIPOC.



Gambar 4. Diagram SIPOC

Berdasarkan diagram SIPOC diketahui bahwa tahapan pengisian (*filling process*) merupakan proses yang paling kritis karena secara langsung memengaruhi keberhasilan pembentukan produk. Oleh karena itu, karakteristik kualitas utama (*Critical to Quality/CTQ*) dalam penelitian ini difokuskan pada ketuntasan pengisian rongga cetakan (*complete cavity filling*) yang berkaitan langsung dengan terjadinya cacat *misrun*.

Tahap *Measure*

Pada tahap ini dilakukan pengukuran kondisi awal (*baseline performance*) untuk mengetahui kemampuan proses sebelum dilakukan usulan perbaikan. Pengukuran dilakukan menggunakan indikator *Six Sigma* yang meliputi *Defect per Unit (DPU)*, *Defect per Opportunity (DPO)*, *Defect per Million Opportunities (DPMO)*, *Yield*, dan *Sigma level*. Selain itu dilakukan analisis menggunakan peta kendali (*p-chart*) untuk mengetahui stabilitas proses produksi. Melalui tahapan ini akan diketahui seberapa besar tingkat cacat yang terjadi serta kemampuan proses LPDC dalam menghasilkan produk yang sesuai dengan standar kualitas perusahaan.

Tabel 2 Data Produksi dan *Misrun*

Bulan	**Produksi**	***Misrun***	**% *Misrun***
Agustus	10.000	178	1,78%
September	10.500	213	2,03%
Oktober	10.700	235	2,20%

Berdasarkan Tabel 4.2, jumlah cacat *misrun* mengalami peningkatan selama periode penelitian, yaitu dari 178 unit (1,78%) pada Agustus menjadi 213 unit (2,03%) pada September dan 235 unit (2,20%) pada Oktober. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa proses LPDC belum berada pada kondisi yang stabil dan masih dipengaruhi oleh variasi proses, seperti suhu aluminium cair, suhu *preheating dies*, tekanan pengisian, dan kondisi sistem *venting*. Kondisi ini mengindikasikan adanya penurunan kemampuan proses dalam menghasilkan produk sesuai spesifikasi, yang berpotensi meningkatkan jumlah *reject* dan menurunkan produktivitas perusahaan.

Perhitungan Defect per Unit (DPU)

Defect per Unit (DPU) digunakan untuk mengetahui rata-rata jumlah cacat yang terjadi pada setiap unit produk yang diproduksi.

Rumus yang digunakan adalah:
DPU = Jumlah *Defect* / Total Produksi
Perhitungan DPU

1. Agustus
   DPU = 178 / 10.000
   = 0,0178
2. September
   DPU = 213 / 10.500
   = 0,0203
3. Oktober
   DPU = 235 / 10.700
   = 0,0220

Tabel 3 Hasil Perhitungan DPU

Bulan	**DPU**
Agustus	0,0178
September	0,0203
Oktober	0,0220

Nilai DPU menunjukkan adanya peningkatan dari bulan ke bulan. Pada bulan Agustus nilai DPU sebesar 0,0178 yang berarti setiap satu unit produk memiliki peluang cacat sebesar 0,0178. Nilai tersebut meningkat menjadi 0,0203 pada bulan September dan 0,0220 pada bulan Oktober. Peningkatan DPU menunjukkan bahwa rata-rata jumlah cacat yang terjadi pada setiap unit produksi semakin tinggi. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa variasi proses semakin besar dan kualitas proses produksi mengalami penurunan.

Perhitungan Defect per Opportunity (DPO)

Defect per Opportunity (DPO) digunakan untuk mengukur peluang terjadinya cacat berdasarkan jumlah kesempatan cacat (*opportunity*) yang dimiliki setiap produk. Pada penelitian ini hanya terdapat satu CTQ yaitu ketuntasan pengisian *cavity*, sehingga jumlah *opportunity* yang digunakan adalah 1.

Rumus:
DPO = DPU / Opportunity
Karena Opportunity = 1
Maka:
DPO = DPU

Tabel 4 Hasil Perhitungan DPO

Bulan	DPO
Agustus	0,0178
September	0,0203
Oktober	0,0220

Hasil perhitungan DPO menunjukkan nilai yang sama dengan DPU karena penelitian hanya memiliki satu karakteristik CTQ. Nilai DPO yang meningkat menunjukkan bahwa peluang terjadinya cacat dalam setiap kesempatan produksi semakin tinggi sehingga diperlukan tindakan perbaikan untuk mengurangi variasi proses.

Perhitungan Defect per Million Opportunities (DPMO)

DPMO digunakan untuk menunjukkan jumlah cacat yang mungkin terjadi dalam satu juta kesempatan produksi.

Rumus:
DPMO = DPO × 1.000.000
Perhitungan DPMO

1. Agustus
   DPMO = 0,0178 × 1.000.000
   = 17.800
2. September
   DPMO = 0,0203 × 1.000.000
   = 20.300
3. Oktober
   DPMO = 0,0220 × 1.000.000
   = 22.000

Tabel 5 Hasil Perhitungan DPMO

Bulan	**DPMO**
Agustus	17.800
September	20.300
Oktober	22.000

Nilai DPMO mengalami peningkatan dari 17.800 pada bulan Agustus menjadi 22.000 pada bulan Oktober. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa jumlah peluang cacat dalam satu juta kesempatan semakin besar. Semakin tinggi nilai DPMO maka semakin rendah kemampuan proses dalam menghasilkan produk yang memenuhi spesifikasi kualitas. Oleh karena itu, diperlukan upaya pengendalian terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya cacat *misrun*.

Perhitungan Sigma level

Nilai *sigma* digunakan untuk menunjukkan tingkat kemampuan proses dalam menghasilkan produk sesuai spesifikasi.

Berdasarkan tabel konversi *Six Sigma*, diperoleh nilai *sigma* sebagai berikut.

Tabel 6 Nilai *Sigma level*

Bulan	**DPMO**	***Sigma level***
Agustus	17.800	3,61
September	20.300	3,53
Oktober	22.000	3,49

Rata-rata *Sigma:*
(3,61 + 3,53 + 3,49) / 3
= 3,54 *Sigma*

Berdasarkan hasil perhitungan diketahui bahwa nilai *sigma* mengalami penurunan dari 3,61 *sigma* pada bulan Agustus menjadi 3,49 *sigma* pada bulan Oktober. Nilai rata-rata kemampuan proses sebesar 3,54 *sigma* menunjukkan bahwa proses LPDC masih berada pada tingkat kemampuan menengah dan belum mencapai kategori *world class manufacturing* yang berada pada level 6 *sigma*.

Perhitungan Yield

Yield digunakan untuk mengetahui persentase produk yang memenuhi spesifikasi kualitas.

Rumus:
Yield = ((Produksi − *Defect*) / Produksi) × 100%

Tabel 7 Hasil Perhitungan *Yield*

Bulan	*Yield* (%)
Agustus	98,22
September	97,97
Oktober	97,80

Nilai *yield* menunjukkan kecenderungan menurun selama periode penelitian. Pada bulan Agustus nilai *yield* sebesar 98,22%, kemudian menurun menjadi 97,97% pada bulan September dan 97,80% pada bulan Oktober.

Penurunan *yield* menunjukkan bahwa semakin banyak produk yang tidak memenuhi spesifikasi dan harus masuk kategori *reject*. Kondisi tersebut berdampak pada meningkatnya biaya kualitas serta menurunnya efisiensi proses produksi.

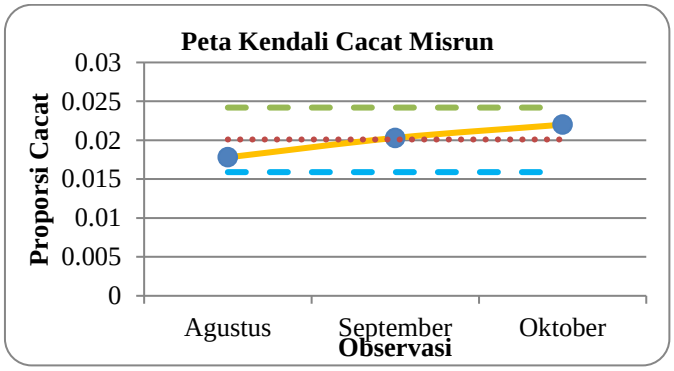
Peta Kendali (P-chart)

Peta kendali digunakan untuk mengetahui apakah proses produksi berada dalam kondisi terkendali secara statistik atau tidak.

Tabel 8 Peta Kendali Proporsi Cacat

Bulan	Proporsi Cacat
Agustus	0,0178
September	0,0203
Oktober	0,0220

Dari data perhitungan tabel diatas, maka selanjutnya dapat dibuat peta kendali yang dapat di lihat pada gambar 5 berikut ini:



Gambar 5. Peta Kendali Cacat Misrun

Proporsi Cacat (p)

Agustus

$$p_1 = \frac{178}{10000} = 0.0178$$

September

$$p_2 = \frac{213}{10500} = 0.0203$$

Oktober

$$p_3 = \frac{235}{10700} = 0.0220$$

Central Line (CL)

Total cacat = 626

Total produksi = 31.200

$$\bar{p} = \frac{626}{31200} = 0.02006$$

Jadi:

CL = 0,0201

Upper Control Limit (UCL)

Rata-rata produksi:

n = 31.200 / 3 = 10.400

$$UCL = 0.02006 + 3\sqrt{\frac{0.02006(1-0.02006)}{10400}} = 0.02418$$

Lower Control Limit (LCL)

$$LCL = 0.02006 - 3\sqrt{\frac{0.02006(1-0.02006)}{10400}} = 0.01594$$

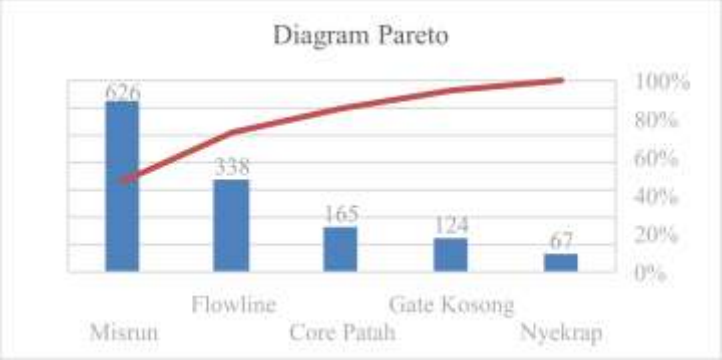
Analisis *P-chart* :

Berdasarkan hasil perhitungan peta kendali proporsi (*p-chart*), diperoleh nilai *Central Line* (CL) sebesar 0,0201, *Upper Control Limit* (UCL) sebesar 0,0242, dan *Lower Control Limit* (LCL) sebesar 0,0159. Nilai

proporsi cacat pada bulan Agustus sebesar 0,0178, September sebesar 0,0203, dan Oktober sebesar 0,0220. Seluruh titik pengamatan masih berada di antara batas kendali atas dan batas kendali bawah sehingga proses LPDC *cylinder head* 160cc masih berada dalam kondisi terkendali secara statistik (*statistical control*). Namun demikian, terlihat adanya tren peningkatan proporsi cacat dari bulan Agustus hingga Oktober yang menunjukkan kecenderungan penurunan performa proses. Oleh karena itu, diperlukan analisis lebih lanjut pada tahap *Analyze* untuk mengidentifikasi faktor penyebab dominan terjadinya cacat *misrun*.

Tahap *Analyze*

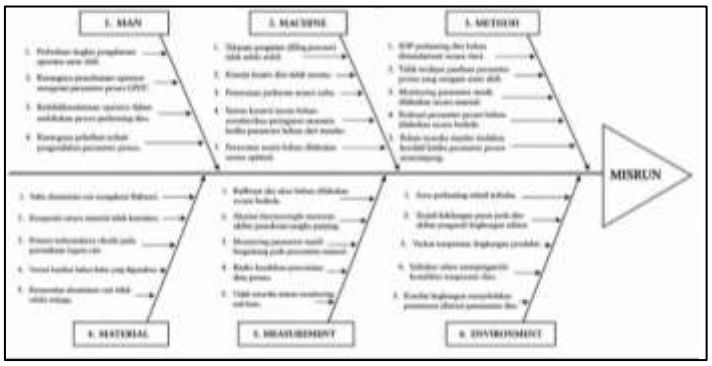
Tahap *Analyze* dilakukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor dominan yang menyebabkan terjadinya cacat *misrun* pada proses LPDC *cylinder head* 160cc. Analisis dilakukan menggunakan Diagram Pareto, Diagram Fishbone, dan metode 5 *Why* untuk menentukan akar penyebab utama yang berkontribusi terhadap munculnya cacat.



Gambar 6. Peta Kendali Cacat Misrun

Berdasarkan hasil analisis Pareto diketahui bahwa cacat *misrun* merupakan jenis cacat yang paling dominan dengan kontribusi sebesar 47,42% dari total cacat yang terjadi selama periode penelitian. Persentase tersebut menunjukkan bahwa perbaikan terhadap cacat *misrun* akan memberikan dampak paling signifikan terhadap peningkatan kualitas produk. Temuan ini sesuai dengan prinsip Pareto yang menyatakan bahwa sebagian besar permasalahan umumnya disebabkan oleh sejumlah kecil faktor dominan [18].

Selanjutnya dilakukan identifikasi akar penyebab menggunakan Diagram Fishbone untuk mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi terjadinya cacat *misrun*.



Gambar 7. Fishbone Diagram Cacat Misrun pada Proses LPDC

Hasil analisis Fishbone menunjukkan bahwa penyebab cacat *misrun* berasal dari beberapa faktor yaitu manusia (*man*), mesin (*machine*), metode (*method*), material (*material*), pengukuran (*measurement*), dan lingkungan (*environment*). Pada faktor manusia ditemukan adanya perbedaan pemahaman operator terhadap parameter proses dan penerapan SOP yang belum seragam antar shift. Pada faktor mesin ditemukan adanya fluktuasi tekanan pengisian serta kondisi sistem *venting* yang belum optimal. Faktor metode berkaitan dengan belum adanya standar monitoring parameter proses secara konsisten. Faktor material dipengaruhi oleh ketidakstabilan suhu aluminium cair yang dapat menghambat proses pengisian cetakan. Selain itu, faktor pengukuran dan lingkungan juga berkontribusi terhadap variasi proses yang terjadi selama produksi berlangsung. Untuk memperoleh akar penyebab utama dilakukan analisis menggunakan metode 5 *Why*.

Tabel 9 Analisis 5 *why*

Tahapan	Pertanyaan (*Why*)	Jawaban

Permasalahan	Apa masalah yang terjadi?	Terjadi cacat *misrun* pada produk *cylinder head* 160cc.
Why 1	Mengapa terjadi cacat *misrun*?	Karena logam cair tidak mampu mengisi seluruh bagian *cavity*.
Why 2	Mengapa logam cair tidak mampu mengisi seluruh bagian *cavity*?	Karena suhu *dies* dan tekanan pengisian tidak berada pada kondisi optimal.
Why 3	Mengapa suhu *dies* dan tekanan pengisian tidak optimal?	Karena proses *preheating* dan pengaturan parameter dilakukan berbeda oleh masing-masing operator.
Why 4	Mengapa setiap operator memiliki metode yang berbeda?	Karena SOP yang digunakan belum menjelaskan parameter proses secara rinci dan terstandarisasi.
Why 5	Mengapa SOP belum terstandarisasi dan monitoring belum optimal?	Karena belum terdapat sistem evaluasi parameter proses yang dilakukan secara berkala oleh bagian Produksi dan Quality Control.

Berdasarkan hasil analisis 5 *Why* diperoleh bahwa akar penyebab utama terjadinya cacat *misrun* adalah ketidakkonsistenan pengendalian parameter proses, belum optimalnya sistem monitoring produksi, serta belum adanya standarisasi prosedur kerja yang diterapkan secara konsisten pada seluruh operator. Kondisi tersebut menyebabkan variasi proses meningkat dan berdampak terhadap kualitas produk yang dihasilkan.

Tahap *Improve*

Tahap *Improve* dilakukan dengan menyusun usulan perbaikan berdasarkan akar penyebab yang telah diidentifikasi pada tahap sebelumnya. Usulan perbaikan difokuskan pada faktor-faktor yang memiliki pengaruh dominan terhadap terjadinya cacat *misrun*.

Tabel 9 *Matriks* Usulan Perbaikan

Faktor	**Akar Penyebab**	**Usulan Perbaikan**
Method	SOP belum seragam	Standarisasi SOP LPDC
Method	Parameter antar shift berbeda	Pembuatan standar parameter proses
Machine	Tekanan pengisian tidak stabil	Pemeriksaan parameter mesin setiap awal shift
Machine	Distribusi panas dies tidak merata	*Monitoring* suhu dies secara berkala
Measurement	Kalibrasi alat ukur belum rutin	Program kalibrasi bulanan
Man	Kemampuan operator berbeda	Pelatihan dan evaluasi operator
Environment	Kehilangan panas dies	Pengendalian area preheating

Berdasarkan hasil analisis, beberapa usulan perbaikan yang direkomendasikan antara lain standarisasi SOP proses LPDC, peningkatan monitoring parameter suhu aluminium cair dan suhu *preheating dies*, pelaksanaan kalibrasi alat ukur secara berkala, peningkatan kompetensi operator melalui pelatihan, serta optimalisasi sistem *venting*. Selain itu diperlukan pengawasan yang lebih ketat terhadap parameter tekanan pengisian agar proses pengisian logam cair ke dalam rongga cetakan dapat berlangsung secara optimal.
Usulan perbaikan tersebut diharapkan mampu mengurangi variasi proses yang menjadi penyebab utama terjadinya cacat *misrun*. Pendekatan ini sejalan dengan konsep Six Sigma yang menekankan pengurangan variasi proses untuk meningkatkan kualitas produk secara berkelanjutan [14], [16].

Tahap Control

Tahap *Control* dilakukan untuk memastikan bahwa usulan perbaikan yang telah dirancang dapat diterapkan secara berkelanjutan dan mampu menjaga kestabilan proses produksi. Pengendalian dilakukan melalui penyusunan *control plan* yang berisi parameter-parameter kritis yang harus dimonitor selama proses produksi berlangsung.

Tabel 11 *Control plan Proses LPDC Cylinder head 160cc*

Parameter	**Target**	**Metode *Monitoring***	**PIC**	**Frekuensi**
Suhu Aluminium Cair	720–750°C	Thermocouple	Operator	Per Jam
Suhu Dies	200–250°C	Temperature Display	Operator	Per Shift
Tekanan Pengisian	2–5 psi	Pressure Gauge	Maintenance	Per Shift
Kondisi Venting	Bersih	Checklist Visual	Operator	Harian
Kalibrasi Alat Ukur	Sesuai Standar	Jadwal Kalibrasi	QC	Bulanan

Control plan disusun dengan mempertimbangkan parameter utama yang memengaruhi terjadinya cacat *misrun* seperti suhu aluminium cair, suhu *preheating dies*, tekanan pengisian, kondisi sistem *venting*, serta kepatuhan operator terhadap SOP. Monitoring dilakukan secara berkala oleh operator dan bagian *quality control* untuk memastikan bahwa seluruh parameter proses berada pada rentang yang telah ditentukan.

Selain itu, audit internal dan evaluasi kualitas dilakukan secara rutin untuk memastikan implementasi perbaikan berjalan sesuai rencana. Pengendalian yang konsisten diharapkan mampu mempertahankan performa proses dan mencegah munculnya kembali penyebab-penyebab yang telah diidentifikasi pada tahap analisis.

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian menggunakan metode Six Sigma dengan pendekatan DMAIC pada proses LPDC *cylinder head* 160cc, diketahui bahwa cacat *misrun* merupakan jenis cacat dominan dengan jumlah 626 unit atau sebesar 47,42% dari total cacat yang terjadi selama periode Agustus–Oktober 2024. Hasil pengukuran kapabilitas proses menunjukkan nilai DPMO berada pada rentang 17.800–22.000 dengan tingkat kapabilitas proses sebesar 3,51–3,59 sigma. Nilai tersebut menunjukkan bahwa proses produksi masih memerlukan perbaikan untuk meningkatkan stabilitas dan kualitas produk yang dihasilkan. Hasil analisis menunjukkan bahwa penyebab utama terjadinya cacat *misrun* berasal dari ketidakstabilan suhu aluminium cair, suhu *preheating dies* yang belum konsisten, fluktuasi tekanan pengisian, kondisi sistem *venting* yang kurang optimal, serta penerapan SOP yang belum seragam. Berdasarkan hasil tersebut diusulkan beberapa tindakan perbaikan berupa standarisasi SOP, peningkatan monitoring parameter proses, kalibrasi alat ukur secara berkala, pelatihan operator, dan optimalisasi sistem *venting*. Penerapan usulan perbaikan serta pengendalian proses secara berkelanjutan diharapkan mampu menurunkan tingkat cacat *misrun*, meningkatkan kapabilitas proses LPDC, serta mendukung peningkatan kualitas produk *cylinder head* secara berkelanjutan.

Daftar Pustaka

[1] J. Optimasi And T. Industri, "Penerapan Six Sigma Dalam Pengendalian Kualitas Produk Amdk 'Afiyah' Pada Pt Bakid Karunia Sejahtera Lumajang Article Information Abstrak," Vol. 7, No. 2, 2025, Doi: 10.30998/Joti.V7.I2.616.

[2] Tri Astuti Alawiyah, "Analisis Pengendalian Kualitas Produk Intimates Bra Fused Untuk Meminimalkan Defect Dengan Menggunakan Metode Six Sigma," *Manufaktur: Publikasi Sub Rumpun Ilmu Keteknikan Industri*, Vol. 2, No. 1, Pp. 70–85, Feb. 2024, Doi: 10.61132/Manufaktur.V2i1.199.

[3] F. Ekonomi *Et Al.*, "| 28 Jurnal Penelitian Mahasiswa Ilmu Sosial, Ekonomi, Dan Bisnis Islam (Sosebi) Penerapan Biaya Kualitas, Biaya Pengendalian, Dan Biaya Kegagalan Untuk Meningkatkan Efisiensi Biaya Produksi Pada Perusahaan Jenang Kawah Mak Yun Desa Karangsono Kecamatan Ngunut Kabupaten Tulungagung," No. 46, 2024, Doi: 10.21274.

[4] A. Al-Sartawi *Et Al.*, "Assessing The Implementation Of Statistical Process Control In Food Industries: An Empirical Study From A Developing Country Context," *Operational Research In Engineering Sciences: Theory And Applications*, Vol. 6, Pp. 367–385, 2023, Doi: 10.31181/Oresta/0602118.

[5] Farandy Muhammad Raihan, Marno, And Suhendra Bobie, "Analisis Cacat Kake Pada Produk Cylinder Blok Hasil Proses Die Casting Gi Pt. Toyota Motor Manufacturing Indonesia," 2021.

[6] N. Alim, "Proses Kerja Pemasangan Cylinder Head Di Pt Isuzu Motor Ltd Japan," 2023.

[7] R. N. Hidayat, "Proses Produksi Crank Case Dengan Metode Hpdc," 2023.

[8] R. Bintarto, M. Syamsul Ma'arif, R. Raharjo, D. Widodo, And A. W. Abed, "Effect Of Pouring Time On The Defect Level Of Aluminum Products," 2023.

[9] M. Habibpour *Et Al.*, "An Uncertainty-Aware Deep Learning Framework For Defect Detection In Casting Products," Jul. 2021, [Online]. Available: Http://Arxiv.Org/Abs/2107.11643

[10] F. J. Yagüe, J. Francisco Díez-Pastor, P. Latorre-Carmona, C. Ignacio, And G. Osorio, "Defect Detection And Segmentation In X-Ray Images Of Magnesium Alloy Castings Using The Detectron2 Framework."

[11] B. Kumar Bolla, M. Kingam, And S. Ethiraj, "Efficient Deep Learning Methods For Identification Of Defective Casting Products."

[12] E. Haris, L. Van Gunawan, M. Luthfi, A. Rakhman, And T. Mesin Jurusan Teknik Politeknik Negeri Indramayu, "Journal Of Applied Mechanical Engineering And Renewable Energy (Jamere) Analisis Pengaruh Suhu Preheating 125˚c, 150˚c Dan 200˚c Hasil Pengecoran Logam Terhadap Terjadinya Hot Tearing Menggunakan Material Alumunium 6061," Vol. 4, No. 1, Pp. 15–21, 2024, [Online]. Available: Https://Journal.Isas.Or.Id/Index.Php/Jamere

[13] P. Dwi Rahayu Ningsih, M. Lazuardi Umar, P. W. Bhisma, A. Fauzi Hanafi, And R. P. Eko U, "Variasi Media Pendingin Proses Pengecoran Terhadap Kekuatan Material Dan Struktur Mikro Pada Pengecoran Aluminium Adc12," Vol. 7, No. 2, Pp. 343–347, 2024, Doi: 10.30596/Rmme.V7i2.20246.

[14] H. Rifqi, A. Zamma, S. B. Souda, And M. Hansali, "Lean Manufacturing Implementation Through Dmaic Approach: A Case Study In The Automotive Industry," *Quality Innovation Prosperity*, Vol. 25, No. 2, Pp. 54–77, 2021, Doi: 10.12776/Qip.V25i2.1576.

[15] D. Arifin And A. Khairunnisa, "Analisis Pengendalian Kualitas Menggunakan Metode Six Sigma Dengan Tahapan Dmaic Untuk Mengurangi Jumlah Cacat Pada Produk Vibrating Roller Compactor Di Pt. Sakai Indonesia."

[16] F. Ahmad, "Six Sigma Dmaic Sebagai Metode Pengendalian Kualitas Produk Kursi Pada Ukm," *Jisi: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, Vol. 6, No. 1, Pp. 11–17, Mar. 2019, Doi: 10.24853/Jisi.6.1.11-17.

[17] M. Rifaldi And W. Sudarwati, "Penerapan Metode Six Sigma Dan Fmea Sebagai Usaha Untuk Menggurangi Cacat Pada Produk Bracket," 2024.

[18] A. Lestari And N. A. Mahbubah, "Analisis Defect Proses Produksi Songkok Berbasis Metode Fmea Dan Fta Di Home-Industri Songkok Gsa Lamongan," *Serambi Engineering*, Vol. Vi, No. 3, 2021.