

Analisis Pengendalian Kualitas Proses CNC Machining dengan Pendekatan DMAIC untuk mengurangi produk cacat di PT XYZ

Quality Control Analysis of the CNC Machining Process Using the DMAIC Approach to Reduce Defective Products at PT XYZ

Syahrul Ramadhani Nasrulloh¹, Arif Nuryono^{1*}, Solihin¹

¹Teknik Industri, Teknik, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya, Bekasi, Indonesia

Universitas Bhayangkara Jakarta Raya, Bekasi, Indonesia

*Penulis korespondensi: arif.nuryono@dsn.ubharajaya.ac.id

Abstrak

PT XYZ mengalami masalah kualitas dari hasil proses produksinya selama setahun pada Tahun 2024 dimana rata – rata presentase cacat pada benda kerja oil lock yang menggunakan mesin CNC Lathe yaitu 3,85%, nilai tersebut masih diatas batas toleransi perusahaan yaitu 3%. Karena terjadi masalah kualitas Pada penelitian kali ini bertujuan untuk menentukan faktor – faktor penyebab kecacatan pada benda kerja oil lock serta memeberikan usulan perbaikan. DMAIC merupakan pendekatan sistematis dalam pemecahan masalah yang terdiri dari langkah-langkah perbaikan yang berurutan. Hasil pengolahan data menunjukkan nilai rata-rata DPMO sebesar 12.826,77 dan rata-rata level sigma sebesar 3,73. Jenis cacat dominan yang ditemukan adalah dimensi tidak sesuai dan cacat burr. Penyebab utama cacat dimensi tidak sesuai berasal dari faktor manusia (kesalahan setting mesin karena kelelahan dan kurang pengalaman) serta metode (proses pengeboran tidak sesuai standar). Sedangkan cacat burr disebabkan oleh faktor manusia (finishing yang kurang teliti karena kelelahan dan kurang pengalaman) dan mesin (slideway aus serta bearing spindle yang aus, sehingga menyebabkan spindle tidak stabil). Usulan perbaikan dilakukan pada faktor-faktor dominan tersebut, antara lain: pelatihan ulang operator, evaluasi hasil pelatihan dengan uji kompetensi, pembagian beban kerja secara adil, pengawasan rutin oleh leader produksi, penerapan SOP produk, serta pelaksanaan jadwal maintenance mesin dan checklist pengecekan mesin sebelum proses produksi dimulai.

Kata kunci: CNC Lathe, DMAIC, DPMO, Kualitas, Oil lock

Abstract

PT XYZ experienced quality problems from the results of its production process for a year in 2024 where the average percentage of defects in oil lock workpieces using CNC Lathe machines was 3.85%, this value was still above the company's tolerance limit of 3%. Because of quality problems, this study aims to determine the factors causing defects in oil lock workpieces and provide improvement suggestions. DMAIC is a systematic approach to problem solving consisting of sequential improvement steps. The results of data processing showed an average DPMO value of 12,826.77 and an average sigma level of 3.73. The dominant types of defects found were inappropriate dimensions and burr defects. The main causes of inappropriate dimensional defects came from human factors (machine setting errors due to fatigue and lack of experience) and methods (drilling processes not according to standards). While burr defects were caused by human factors (less careful finishing due to fatigue and lack of experience) and machines (worn slideways and worn spindle bearings, causing the spindle to be unstable). Suggestions for improvement were made to the dominant factors, including: operator retraining, evaluation of training results with competency tests, fair distribution of workload, routine supervision by production leaders, implementation of product SOPs, and implementation of machine maintenance schedules and machine checklists before the production process begins.

Keywords: CNC Lathe, DMAIC, DPMO, Oil lock, Quality

1. Pendahuluan

Kualitas menjadi kunci utama untuk bersaing, karena menentukan kepuasan pelanggan, loyalitas, dan keberlangsungan bisnis. Di tengah banyaknya pilihan di pasar, kualitas produk atau layanan mampu menjadi pembeda utama. Kualitas yang baik dapat meningkatkan reputasi, mempertahankan pelanggan, dan menciptakan keunggulan bersaing. Oleh karena itu, perusahaan perlu menerapkan strategi

pengendalian kualitas yang sistematis untuk mencegah cacat, menjaga standar, dan meningkatkan efisiensi produksi.

Salah satu cara untuk mengatasi masalah kualitas di perusahaan manufaktur dan jasa adalah dengan melakukan perbaikan dan peningkatan pada proses produksi serta pengendalian kontrol. Dengan upaya ini, diharapkan produk yang dihasilkan dapat mendekati tingkat *zero defect*, atau tanpa cacat (Adi Juwito & Ari Zaqi Al-Faritsy, 2022). Menurut (Nabila & Rochmoeljati, 2020) Pengendalian kualitas adalah rangkaian aktivitas teknis dan manajerial yang bertujuan memastikan kesesuaian produk dengan spesifikasi yang ditetapkan.

PT XYZ merupakan perusahaan yang berlokasi di kawasan industri Kabupaten Bekasi, Jawa Barat. PT XYZ ini fokus pada layanan pemesinan komponen teknik berdasarkan permintaan spesifik pelanggan, dengan menggunakan gambar teknik atau desain produk sebagai acuan kerja. Salah satu masalah yang cukup sering muncul dalam proses produksi PT XYZ terdapat pada mesin bubut CNC (*CNC lathe*) yang menghasilkan produk *oil lock* benda kerja yang dihasilkan dari material aluminium, yaitu tingginya tingkat produk cacat seperti dimensi tidak sesuai toleransi, permukaan kasar, dan bekas getaran pada benda kerja, seperti yang terlihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1 Data Produksi *Oil Lock*

No	Bulan	Jumlah Produksi (Pcs)	Jenis – Jenis Cacat (Pcs)			Jml. Produk Cacat (Pcs)	Presentase Cacat (%)	Toleransi
			Dimensi Tidak sesuai	Burr	Chartter Maks			
1	Januari	38.382	752	434	188	1.374	3,77	3%
2	Februari	33.768	684	553	93	1.330	3,93	
3	Maret	33.212	589	496	117	1.202	3,61	
4	April	26.448	526	336	69	931	3,52	
5	Mei	44.804	805	831	200	1.836	4,09	
6	Juni	33.440	652	591	135	1.378	4,12	
7	Juli	27.456	489	476	97	1.062	3,86	
8	Agustus	25.376	684	295	89	1.068	4,2	
9	September	26.804	598	429	138	1.165	4,34	
10	Oktober	25.704	326	509	85	920	3,57	
11	November	42.600	728	731	168	1.627	3,82	
12	Desember	37.488	652	581	71	1.304	3,48	
Total		395.482	7.485	6.262	1.450	15.197	46,18	
Rata – Rata		32.957	624	522	121	1.266	3,85	

Sumber: PT XYZ (2024)

Pada Tabel 1 diatas dapat dilihat bahwa proses produksi menggunakan mesin CNC Lathe yang menghasilkan benda kerja oil lock pada PT XYZ selama tahun 2024 menghasilkan presentase cacat konsisten diatas toleransi Perusahaan dengan rata – rata cacat 3,85% selama setahun. Untuk menjaga kualitas agar menjaga kepercayaan pelanggan terhadap kualitas Perusahaan maka Perusahaan harus menerapkan pengendalian kualitas. Salah satu metode pengendalian kualitas yang digunakan adalah metode DMAIC. DMAIC merupakan pendekatan perbaikan kualitas yang dilakukan dengan mengevaluasi proses yang sudah ada dan menyempurnakan bagian-bagian yang bermasalah. Metode ini juga efektif untuk menghapus tahapan proses yang tidak efisien. DMAIC terdiri dari lima langkah utama yang digunakan dalam upaya pemecahan masalah secara sistematis (Siregar and Mutiara, 2019). Pada penelitian kali ini bertujuan untuk menentukan faktor – faktor penyebab kecacatan pada benda kerja oil lock serta memeberika usulan perbaikan guna mengatasi masalah kualitas yang dihadapi PT XYZ dalam memproduksi benda kerja *oil lock*.

2. Metode

2.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif. Pendekatan kuantitatif digunakan karena data yang dianalisis berupa data numerik dari jumlah produk cacat, jenis cacat, serta nilai kapabilitas proses. Sifat deskriptif penelitian ini bertujuan untuk menggambarkan kondisi aktual pengendalian kualitas, mengidentifikasi penyebab terjadinya cacat produk, serta merumuskan rekomendasi perbaikan.

2.2 Teknik Pengumpulan Data

2.2.1 Data primer

Data primer didapat melalui serangkaian proses wawancara serta observasi pada lapangan dan objek penelitian, seperti wawancara dan observasi.

2.2.2 Data sekunder

Data sekunder dalam penelitian ini diperoleh dari arsip laporan perusahaan selama periode 2024. Data tersebut mencakup informasi mengenai jumlah produksi, jumlah produk cacat, dan jenis-jenis cacat.

2.3 Teknik Pengolahan Data

Pada tahap analisis data menggunakan teknik pengolahan data dengan metode DMAIC, data yang sebelumnya dikumpulkan oleh penulis lalu melakukan penganalisan dengan tahap-tahap DMAIC. Pada metode DMAIC, digunakan untuk mengidentifikasi dan mendeskripsikan masalah yang terjadi dalam proses produksi, kemudian menelusuri penyebab munculnya permasalahan tersebut serta menentukan langkah perbaikannya, berikut tahapan-tahapan DMAIC yang digunakan pada penelitian ini

2.3.1 Define

Define merupakan langkah awal dalam implementasi DMAIC yang berfokus pada penetapan tujuan utama dari program peningkatan kualitas. Pada tahap ini dibuatlah checksheet guna mengidentifikasi masalah utama. Selanjutnya dibuatlah *Critical to Quality* (CTQ).

2.3.2 Measure

Pada tahap ini juga ditentukan ruang lingkup parameter yang relevan sebagai bahan pertimbangan, serta dilakukan pengukuran kinerja awal untuk memahami sejauh mana pencapaian terhadap tujuan yang telah ditetapkan pada fase *Define* (Dhuriyah, 2022).

Measure memiliki tahapan sebagai berikut:

2.3.2.1 Peta Kendali (*p-chart*)

Peta kendali adalah grafik yang digunakan untuk melihat perubahan proses dari waktu ke waktu. Grafik tersebut berfungsi mengecek apakah proses produksi masih dalam batas kendali kualitas atau justru tidak stabil (Khikmawati, Wibowo and Romadhona, 2021). Untuk membuat peta kendali memiliki langkah-langkah seperti berikut:

$$\tilde{p} = \frac{\text{Jumlah produk cacat}}{\text{Jumlah Produksi}} \quad (1)$$

Setelah mendapatkan nilai proposi maka selanjutnya menghitung CL atau garis tengah, dengan rumus berikut:

$$CL = \frac{\sum \text{Jumlah Produk cacat}}{\sum \text{Jumlah produksi}} \quad (2)$$

Setelah mendapatkan nilai CL maka nilai tersebut digunakan untuk mencari UCL dan LCL nya dengan rumus seperti berikut:

$$UCL = CL + 3 \frac{\sqrt{CL(1-CL)}}{\text{Jumlah produksi}} \quad (3)$$

$$LCL = CL - 3 \frac{\sqrt{CL(1-CL)}}{\text{Jumlah produksi}} \quad (4)$$

2.3.2.2 Menghitung nilai DPMO dan sigma level

Untuk mencari DPMO tahapan awalnya yaitu mencari DPO, untuk mencari DPO maka rumus yang digunakan seperti berikut:

$$DPO = \frac{\text{Jumlah produk cacat}}{\text{Jumlah produksi} \times CTQ} \quad (5)$$

Setelah ditemukan DPO, maka selanjutnya mencari nilai DPMO menggunakan rumus berikut:

$$DPMO = DPO \times 1.000.000 \quad (6)$$

Setelah menemukan DPMO maka nilai tersebut dikonversikan untuk mencari sigma level, dengan rumus berikut:

$$\text{Sigma level} = \text{NORMSINV} \left(\frac{(1-DPMO)}{1.000.000} \right) + 1,5 \quad (7)$$

2.3.3 Analyze

Tahap *Analyze* dalam metode DMAIC dilakukan ketika hasil akhir tidak mencapai target atau rencana yang telah ditetapkan. Tahap ini bertujuan untuk menganalisis hasil dan proses yang terjadi, menentukan prioritas dalam mengatasi penyebab permasalahan, menampilkan dampak kegagalan proses maupun produk terhadap konsumen, mengidentifikasi penyebab kegagalan hingga ke akar masalah, serta memberikan saran untuk perbaikan ke depan (Irwanto, Arifin and Arifin, 2020).

Berikut tahapan-tahapan pada *analyze*:

2.3.3.1 Diagram pareto

Diagram Pareto adalah diagram batang yang digunakan untuk mengidentifikasi dan memvisualisasikan masalah atau penyebab masalah yang paling signifikan dalam suatu proses.

2.3.3.2 Diagram fishbone

Untuk mencari faktor – faktor penyebab kecacatan agar bisa diberikan usulan perbaikan. Analisis dilakukan dengan menggunakan diagram tulang ikan (*fishbone*) yang mengkaji faktor-faktor penyebab defect berdasarkan beberapa aspek tertentu. Diagram sebab-akibat ini digunakan untuk mengevaluasi berbagai faktor yang berkontribusi terhadap kerusakan produk (Andrian Susilo Nugroho and Ari Zaqi Al Faritsy, 2023).

2.3.3.3 FMEA

FMEA adalah metode yang secara rinci mengidentifikasi dan menganalisis mode kegagalan untuk mengetahui penyebab serta dampaknya, sehingga dapat dirumuskan usulan perbaikan yang sesuai (Wardani *et al.*, no date). Menetapkan sistem atau objek yang akan dianalisis. Mengidentifikasi potensi kegagalan untuk setiap fungsi dari sistem tersebut. Menilai tingkat keparahan (*Severity*), kemungkinan terjadi (*Occurrence*), dan kemampuan deteksi (*Detection*). Setelah mendapatkan nilai dari masing-masing maka perhitungan RPN dilakukan untuk mengetahui faktor mana yang perlu diprioritaskan.

2.3.4 Improve

Pada tahap *improve* dalam DMAIC, dilakukan berbagai upaya untuk menemukan dan menentukan solusi yang paling efektif guna memperbaiki proses dan kinerja sebuah perusahaan (Siregar, 2025). Tahap *improve* dalam DMAIC mencakup juga memberikan usulan setelah perbaikan berdasarkan hasil pada tahap *analysis* sebelumnya. Pada tahap ini untuk memberikan usulan dengan metode analisis 5W+1H.

2.3.5 Control

Pada tahap *control*, dilakukan pembenahan terhadap prosedur kerja guna menjaga konsistensi hasil produksi. Permasalahan utama sering ditemukan pada proses yang bersifat kritis, di mana tingkat kecacatan produk cukup tinggi. Salah satu penyebabnya adalah belum tersedianya prosedur kerja yang terstandar dan efektif. Oleh karena itu, diperlukan penyusunan prosedur kerja yang lebih baik untuk mendukung pengendalian kualitas dan mencegah terulangnya cacat di masa mendatang (Gultom, Sarma Sinaga and Sinulingga, 2013).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Define

Pada tahap *Define*, dilakukan identifikasi awal terhadap permasalahan kualitas pada proses produksi aluminium *oil lock* di perusahaan. Berdasarkan hasil pengamatan dan data produksi yang diperoleh, ditemukan terdapat tiga jenis cacat utama yang sering muncul, yaitu: dimensi tidak sesuai, burr, dan charter melebihi batas (*charter maks*).

3.1.1 Checksheet

Tabel 2 Data jenis cacat pada *oil lock*

Bulan	Jumlah Produksi (pcs)	Jenis – Jenis Cacat (pcs)			Jml. Produk Cacat (pcs)
		Dimensi Tidak sesuai	Burr	Chartter Maks	
Januari	38.382	752	434	188	1.374

Februari	33.768	684	553	93	1.330
Maret	33.212	589	496	117	1.202
April	26.448	526	336	69	931
Mei	44.804	805	831	200	1.836
Juni	33.440	652	591	135	1.378
Juli	27.456	489	476	97	1.062
Agustus	25.376	684	295	89	1.068
September	26.804	598	429	138	1.165
Oktober	25.704	326	509	85	920
November	42.600	728	731	168	1.627
Desember	37.488	652	581	71	1.304
Total	395.482	7.485	6.262	1.450	15.197
Rata-rata	32.957	624	522	121	1.266

Sumber: PT XYZ (2024)

Pada Tabel 2 Terdapat beberapa jenis-jenis cacat dari hasil proses produksi *Oil Lock*, cacat pada produk *Oil Lock* yang melewati proses *CNC Lathe* ditemukan banyak pada jenis cacat Dimensi Tidak Sesuai dengan jumlah 7.685 produk. Hal tersebut tentu mempengaruhi kualitas produk hasil proses produksi *CNC Lathe*.

3.1.2 Critical to quality

Tabel 3 CTQ produk *oil lock*

Kriteria	Target kualitas
Dimensi pada hasil benda kerja harus sesuai standar yang dimana panjang benda kerja yaitu memiliki batas toleransi 30-35mm dan diameter 25-27mm.	Dimensi presisi.
Benda kerja yang dihasilkan mulus atau terbebas dari serpihan kasar.	Permukaan halus dan bersih.
Benda kerja mulus tanpa goresan karena alat potong atau menjepit benda kerja yang getar saat proses.	Benda kerja mulus tidak ada goresan.

Sumber: PT XYZ (2024)

3.2 Measure

Pada tahapan kedua dari DMAIC yaitu tahapan pengukuran atau tahapan *measure*, tahapan ini menghitung nilai DPMO yang dikonversikan hasilnya menjadi nilai *sigma* untuk mengetahui keadaan proses produksi *aluminium oil lock* di PT XYZ menggunakan mesin *CNC Lathe*, dan menghitung proposi kecacatan dengan membuat Peta Kendali (*p-chart*).

3.2.1 Peta kendali

Langkah awal yaitu membuat peta kendali. Membuat peta kendali bertujuan untuk mengetahui keadaan pada proses produksi di PT XYZ sepanjang Tahun 2024 apakah sudah tergolong terkendali atau tak terkendali. Berikut langkah-langkah perhitungan peta kendali:

Sampel Bulan ke-1

$$\tilde{p} = \frac{1.374}{38.382} \tag{1}$$

$$\tilde{p} = 0,03580$$

Setelah Perhitungan proposi dari data Bulan Januari 2024 yaitu didapatkan nilai 0,03580 yang menunjukkan bahwa setiap unit produk yang dihasilkan memiliki rata-rata kecacatan sebesar 0,03580

untuk setiap jenis kecacatan. Selanjutnya melakukan perhitungan CL atau garis tengah untuk menemukan UCL dan LCL.

$$CL = \frac{15197}{395482} \quad (2)$$

$$CL = 0,0384$$

Nilai CL atau garis tengah didapatkan sebesar 0,0384 nilai CL dihitung untuk mengetahui seberapa besar variasi dari hasil produksi terhadap rata-rata, serta untuk menentukan UCL dan LCL. Berikut perhitungan UCL dan LCL:

Sampel Bulan ke-1

$$UCL = 0,0384 + 3 \sqrt{\frac{0,0384 (1-0,0384)}{38382}} \quad (3)$$

$$UCL = 0,04137$$

$$LCL = 0,0384 - 3 \sqrt{\frac{0,0384 (1-0,0384)}{38382}} \quad (4)$$

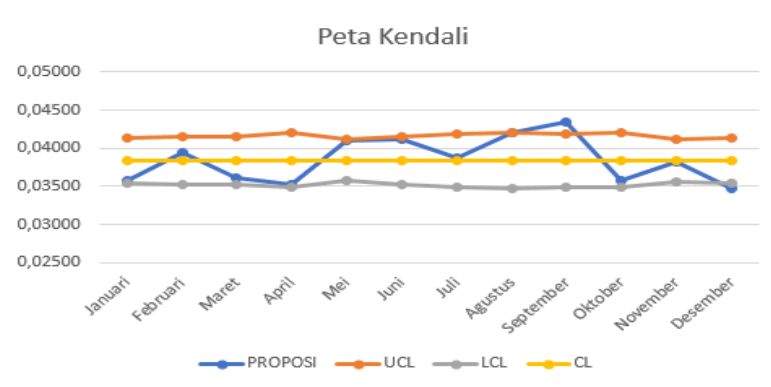
$$LCL = 0,03548$$

Tabel 4 Hasil perhitungan proposi, CL, UCL, LCL

NO	PERIODE	JML. PRODUKSI	JML. CACAT	PROPOSI	UCL	LCL	CL
1	Januari	38.382	1.374	0,03580	0,04137	0,03548	0,0384
2	Februari	33.768	1.330	0,03939	0,04156	0,03529	0,0384
3	Maret	33.212	1.202	0,03619	0,04159	0,03526	0,0384
4	April	26.448	931	0,03520	0,04197	0,03488	0,0384
5	Mei	44.804	1.836	0,04098	0,04115	0,03570	0,0384
6	Juni	33.440	1.378	0,04121	0,04158	0,03527	0,0384
7	Juli	27.456	1.062	0,03868	0,04191	0,03495	0,0384
8	Agustus	25.376	1.068	0,04209	0,04205	0,03481	0,0384
9	September	26.804	1.165	0,04346	0,04195	0,03490	0,0384
10	Oktober	25.704	920	0,03579	0,04202	0,03483	0,0384
11	November	42.600	1.627	0,03819	0,04122	0,03563	0,0384
12	Desember	37.488	1.304	0,03478	0,04140	0,03545	0,0384
TOTAL		395.482	15.197	0,46176	0,49978	0,42246	0,4611
RATA - RATA		32.957	1.266	0,03848	0,04165	0,03520	0,03843

Sumber: Pengolahan Data (2025)

Pada Tabel 4 diatas nilai proposi rata – rata pada produksi *oil lock* yaitu 0,03848, sedangkan nilai UCL sebesar 0,3843, UCL didapatkan nilai 0,04165 dan LCL 0,03520. Peta kendali digunakan untuk melihat proses produksi pada PT XYZ apakah terkendali atau tidak, jika tidak terkendali maka proposi cacat melewati batas UCL dan LCL, jika terkendali proposi pada proses produksi PT XYZ berada pada UCL dan LCL. Untuk melihat lebih jelasnya Gambar 2 berikut ini akan memberikan garfik peta kendali pada PT XYZ. Berdasarkan Gambar 2 grafik peta kendali diatas didapatkan bahwa masih ada nilai proposi yang melebihi batasan UCL dan LCL yaitu pada Bulan, September (0,04346), dan Desember (0,03478). Hal ini menandakan bahwa proses produksi di PT XYZ belum konsisten.



Gambar 1 Grafik Peta kendali
Sumber: Pengolahan Data (2025)

3.2.2 Menghitung DPMO dan Sigma level

Langkah selanjutnya pada tahap *measure* pada penelitian ini adalah menghitung nilai DPMO dan level sigma di PT XYZ. Tujuan dari langkah ini adalah untuk mengevaluasi kondisi proses produksi aluminium oil lock di PT XYZ, serta menentukan apakah diperlukan upaya perbaikan. Berdasarkan data produksi tahun 2024, jumlah produk aluminium oil lock yang diproduksi mencapai 395.482 unit, dengan total produk cacat sebanyak 15.197 unit. Terdapat tiga jenis cacat yang dikategorikan sebagai CTQ (critical to quality), yaitu dimensi tidak sesuai, burr, dan charter maks. Berikut perhitungan nilai DPMO dan Nilai Sigma pada hasil produksi Tahun 2024:

Sampel Bulan ke-1

$$DPO = \frac{1374}{38382 \times 3} \quad (5)$$

$$DPO = 0,01193$$

Nilai DPO ditemukan sebesar 0,01193, setelah menemukan nilai DPO maka selanjutnya menghitung untuk mencari nilai DPMO

Sampel Bulan ke-1

$$DPMO = 0,01193 \times 1.000.000 \quad (6)$$

$$DPMO = 11932,68$$

Nilai DPMO ditemukan sebesar 11932,68, yang artinya pada terjadi kemungkinan cacat dari satu juta peluang sebesar 11932,68. Selanjutnya yaitu mencari level sigma untuk mengetahui kapabilitas dalam proses produksi *oil lock*

$$\text{Sigma level} = \text{NORMSINV} \left(\frac{1-11932,68}{1.000.000} \right) + 1,5 \quad (7)$$

$$\text{Sigma Level} = 3,76$$

Nilai Sigma pada Bulan Januari 2024 mendapat hasil perhitungan tersebut dengan nilai 3,76, yaitu level industri masih ada pada level standar industri. Berikut Tabel perhitunga DPMO dan Sigma Level pada periode Tahunb 2024 pada hasil produksi *alumunium oil lock* yang menggunakan mesin *CNC Lathe* di PT XYZ:

Tabel 5 Hasil perhitungan DPO, DPMO, dan Sigma Level

NO	PERIODE	JML. PRODUKSI	JML. CACAT	DPO	DPMO	SIGMA LEVEL
----	---------	---------------	------------	-----	------	-------------

1	Januari	38.382	1.374	0,01193	11932,68	3,76
2	Februari	33.768	1.330	0,01313	13128,80	3,72
3	Maret	33.212	1.202	0,01206	12063,91	3,76
4	April	26.448	931	0,01173	11733,72	3,77
5	Mei	44.804	1.836	0,01366	13659,49	3,71
6	Juni	33.440	1.378	0,01374	13736,04	3,70
7	Juli	27.456	1.062	0,01289	12893,36	3,73
8	Agustus	25.376	1.068	0,01403	14029,00	3,70
9	September	26.804	1.165	0,01449	14487,89	3,68
10	Oktober	25.704	920	0,01193	11930,70	3,76
11	November	42.600	1.627	0,01273	12730,83	3,73
12	Desember	37.488	1.304	0,01159	11594,82	3,77
TOTAL		395.482	15.197	0,15392	153921,24	
RATA-RATA		32.957	1.266	0,01283	12826,77	3,73

Sumber: Pengolahan Data (2025)

Berdasarkan Tabel 3 Nilai DPMO dan Sigma didapatkan nilai rata-rata DPMO sebesar 12826,77 dan rata-rata Nilai Sigma sebesar 3,73. Hal ini menunjukkan bahwa proses produksi alumunium oil lock di PT XYZ belum berjalan dengan baik, Nilai DPMO tertinggi didapatkan pada Bulan September dengan Nilai DPMO 14487,89, sedangkan Nilai Sigma terendah didapatkan Pada Bulan September dengan Nilai 3,68. Proses industri yang baik ditandai dengan Nilai Sigma yang tinggi, semakin tinggi nilainya menandakan proses produksi semakin bagus proses produksi di sebuah perusahaan.

3.3 Analyze

Pada tahapan selanjutnya yaitu tahapan analyze, pada tahapan ini yaitu mengidentifikasi apa saja faktor penyebab dari jenis-jenis cacat yang terjadi pada alumunium oil lock agar mengetahui faktor cacat yang mempunyai pengaruh tinggi terhadap cacat sehingga bisa dapat menjadi rekomendasi perbaikan. Langkah – langkah analyze pada penelitian ini seperti berikut:

3.3.1 Diagram pareto

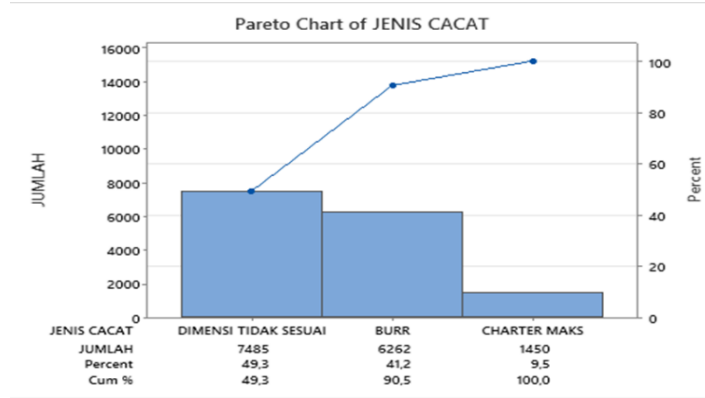
Tahapan pertama yang dilakukan dari tahapan *analyze* yaitu pembuatan diagram pareto, pareto bertujuan untuk mengetahui cacat dominan dari seluruh jenis cacat yang terjadi. Berikut merupakan perhitungan presentase kumulatif frekuensi cacat lalu grafik diagram pareto.

Tabel 6 Perhitungan kumulatif cacat

Jenis Cacat	Jumlah (pcs)	Presentase frekuensi cacat	Presentase Kumulatif
Dimensi tidak sesuai	7.485	49,25%	49,25%
<i>Burr</i>	6.262	41,21%	90,46%
<i>Charter Maks</i>	1.450	9,54%	100,00%
TOTAL	15.197	100%	

Sumber: Pengolahan Data (2025)

Pada Tabel 6 diatas merupakan perhitungan kumulatif dari jumlah total per-jenis cacat yang terjadi pada benda kerja *oil lock*, pada cacat dimensi tidak sesuai terdapat 7.485 unit dan memiliki presentase frekuensi cacat sebesar 49,25%, pada cacat *burr* terdapat 6.262 unit dengan presentase frekuensi cacat sebesar 41,21%, dan pada cacat charter maks memiliki jumlah 1.450 unit dengan jumlah presentase frekuensi cacat sebesar 9,54%. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada gambar garfik dibawah ini:

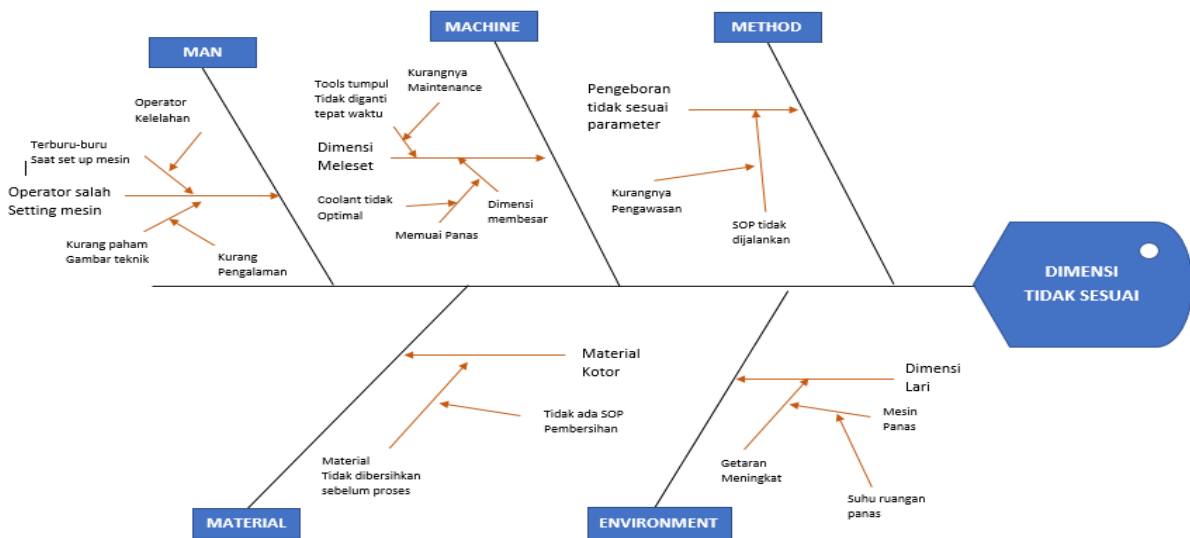


Gambar 2 Diagram pareto pada jenis cacat produk oil lock
 Sumber: Pengolahan Data (2025)

Bedasarkan prinsip pareto yaitu 80/20 berarti permasalahan cacat terjadi dari 20% penyebab. Untuk mengatasi 20% penyebab bisa mengatasi 80% masalah yang terjadi. Berdasarkan prinsip pareto dari ketiga jenis cacat yang terjadi maka dua jenis cacat dominan yang menjadi prioritas dilakukan perbaikan yaitu cacat dimensi tidak sesuai, dan burr. Kedua jenis cacat ini akan diidentifikasi lebih lanjut menggunakan diagram *fishbone* dari lima faktor penyebab utama yaitu Manusia, Mesin, Material, Metode, dan Lingkungan, dari lima faktor tersebut dicarilah akar-akar masalah yang terjadi sehingga bisa mengakibatkan jenis-jenis cacat seperti dimensi tidak sesuai, dan jenis cacat *burr*.

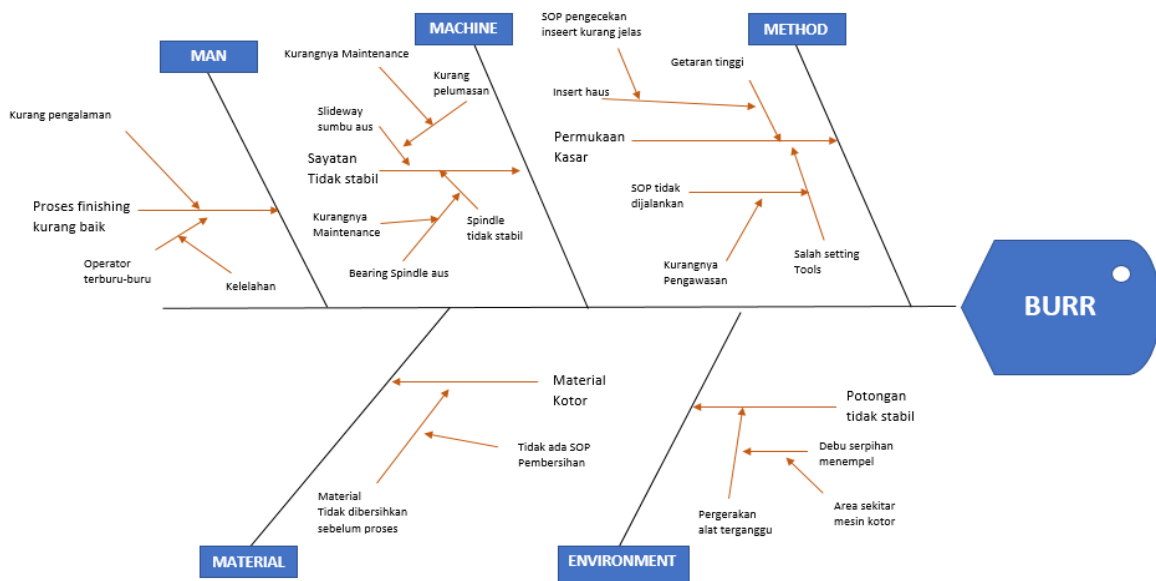
3.3.2 Diagram *fishbone*

Tahapan selanjutnya dari tahap *analyze* yaitu membuat diagram *fishbone* untuk mengetahui faktor apa saja yang menjadi penyebab cacat. Dalam penelitian ini, *fishbone* diagram dibuat untuk masing-masing jenis cacat, seperti cacat dimensi tidak sesuai dan cacat burr, agar dapat terlihat dengan jelas faktor mana yang paling dominan memengaruhi munculnya cacat tersebut. Analisis *fishbone* ini menjadi dasar penting sebelum dilakukan perhitungan RPN pada tahap FMEA, karena mampu memetakan permasalahan secara menyeluruh dan terstruktur. Dengan demikian, perusahaan dapat mengetahui akar masalah utama dan merancang tindakan perbaikan yang tepat sasaran. Berikut merupakan hasil dari analisis *Fishbone* diagram:



Gambar 3 Diagram fishbone pada cacat dimensi tidak sesuai
 Sumber: Pengolahan Data (2025)

1. Faktor manusia ketidaksesuaian dimensi bisa terjadi karena operator salah dalam menyetting mesin.
2. Pada faktor mesin, masalah terjadi karena kurangnya perawatan (*maintenance*), yang menyebabkan tools menjadi tumpul dan tidak diganti tepat waktu.
3. Ketidaksesuaian juga berasal dari metode kerja, terutama jika pengeboran dilakukan tidak sesuai dengan parameter yang seharusnya.
4. Faktor material juga memengaruhi hasil akhir dimensi. Apabila material kotor atau tidak dibersihkan sebelum proses, maka hal ini dapat mengganggu ketepatan hasil pembubutan.
5. Faktor lingkungan dalam menyebabkan dimensi produk menjadi lari atau tidak sesuai. Hal ini terjadi akibat suhu ruangan yang panas dan getaran mesin yang meningkat, sehingga mempengaruhi stabilitas proses pemesinan



Gambar 4 Diagram fishbone pada cacat burr
Sumber: Pengolahan Data (2025)

1. Faktor manusia terhadap timbulnya burr, karena proses *finishing* yang dilakukan kurang baik.
2. Faktor mesin, *burr* muncul karena sayatan tidak stabil, yang disebabkan oleh beberapa kerusakan komponen mesin seperti *slideway* sumbu yang aus, spindle tidak stabil karena bearing spindle yang juga aus.
3. Pada faktor metode, penyebab utama *burr* adalah permukaan benda kerja yang kasar akibat SOP pengecekan insert yang tidak jelas, serta salah dalam melakukan setting tools.
4. Material yang digunakan juga mempengaruhi timbulnya burr. Jika material dalam keadaan kotor atau tidak dibersihkan sebelum proses, maka potongan bisa tidak stabil, terutama jika ada kotoran atau serpihan bekas potongan benda kerja yang menempel.
5. Lingkungan kerja yang kurang terkontrol juga berkontribusi terhadap terbentuknya *burr*. Contohnya adalah area sekitar mesin yang kotor, banyak debu serpihan menempel.

3.3.3 FMEA

Analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) merupakan suatu metode sistematis yang digunakan untuk mengidentifikasi potensi risiko kegagalan pada setiap tahapan proses produksi di industri. Untuk menemukan RPN pada setiap faktor maka dilakukan perhitungan antara $S \times O \times D$

Tabel 7 FMEA pada cacat dimensi tidak sesuai

Faktor	Modus kegagalan	Efek kegagalan	Potensi kegagalan	Penyebab kegagalan	S	O	D	RPN	RPN %		
<i>Man</i>	Dimensi tidak sesuai	Unit tidak lolos QC	Operator salah setting mesin	Operator kelelahan	9	7	6	378	37%		
				Operator kurang pengalaman	9	4	4	144	14%		
<i>Machine</i>			Dimensi meleset	Kurang perawatan pada <i>tools step drill</i> dan <i>boring head</i>	7	2	6	84	8%		
				<i>Coolant</i> tidak optimal	6	2	3	36	3%		
<i>Method</i>			Proses pengeboran dilakukan tidak sesuai nilai standar	Kurang pengawasan pada SOP nilai pengeboran	9	6	6	324	31%		
<i>Material</i>			Hasil potong tidak presisi karena material kotor	Material tidak dibersihkan terlebih dahulu sebelum masuk dalam pemrosesan	2	4	2	16	2%		
<i>Environment</i>			Dimensi pada hasil tidak konsisten	Suhu ruangan tidak terkontrol	4	6	2	48	5%		
Total								1030	100%		

Sumber: Pengolahan Data (2025)

Pada Tabel 6 FMEA Cacat Dimensi tidak sesuai ditemukan RPN tertinggi pada faktor manusia dengan nilai sebesar 378 dan 144 serta faktor metode dengan nilai RPN sebesar 324, dan jumlah total keseluruhan RPN 1030. Pada cacat dimensi tidak sesuai memiliki risiko tertinggi pada faktor manusia dan metode hal ini akan menjadi prioritas perbaikan kualitas.

Tabel 8 FMEA pada cacat *burr*

Faktor	Modus kegagalan	Efek kegagalan	Potensi kegagalan	Penyebab Kegagalan	S	O	D	RPN	RPN %
<i>Man</i>			<i>Finishing</i> dilakukan	Operator kurang pengalaman	8	6	8	384	28%

Faktor	Modus kegagalan	Efek kegagalan	Potensi kegagalan	Penyebab Kegagalan	S	O	D	RPN	RPN %
<i>Machin e</i>	<i>Burr</i>	Unit tidak lolos QC	dengan tidak baik	Operator terburu-buru karena kelelahan	6	6	7	252	19%
			Sayatan tidak stabil	Kurang perawatan pada <i>slideway</i> sumbu	9	6	7	378	28%
Bearing pada spindle aus				8	4	4	128	9%	
<i>Method</i>			Permukaan kasar selesai proses pemotongan selesai	SOP pengecekan <i>insert</i> kurang jelas	4	4	2	32	2%
				Kurang pengaawasan pada SOP <i>setting tools</i>	6	6	4	144	11%
<i>Materi al</i>			Permukaan tidak stabil pada proses	Material tidak dibersihkan terlebih dahulu sebelum masuk dalam pemrosesan	5	2	2	20	1%
<i>Enviro nment</i>			Proses pemotongan berjalan tidak stabil	Area sekitar mesin kotor	3	4	2	24	2%
Total								1362	100%

Sumber: Pengolahan Data (2025)

Pada Tabel 7 FMEA cacat *burr* ditemukan RPN tertinggi pada faktor manusia dengan nilai sebesar 384 dan 254 serta faktor Mesin dengan nilai RPN sebesar 378, dan jumlah total keseluruhan RPN 1362. Pada cacat dimensi tidak sesuai memiliki risiko tertinggi pada faktor manusia dan metode hal ini akan menjadi prioritas perbaikan kualitas. Faktor-faktor yang memiliki Nilai RPN tertinggi. Pada Cacat Dimensi tidak sesuai faktor Manusia dan Metode menjadi faktor prioritas karena memiliki nilai RPN tinggi sedangkan pada Cacat *Burr* faktor Manusia dan Mesin memiliki RPN tertinggi. Faktor tersebut menjadi prioritas perbaikan berdasarkan prinsip FMEA, pada faktor-faktor tersebut pada tahapan improvement memasuki usulan menggunakan Tabel 5W+1H.

3.4 Improve

Tahap *improve* merupakan langkah dalam metode DMAIC yang bertujuan untuk menyusun dan merancang solusi terhadap permasalahan yang telah dianalisis sebelumnya. Dalam penelitian ini, usulan perbaikan disusun secara spesifik berdasarkan faktor penyebab yang memiliki nilai RPN tertinggi pada analisis FMEA. Pendekatan ini dilakukan agar perbaikan yang diberikan benar-benar difokuskan pada penyebab yang paling berisiko dan berdampak besar terhadap terjadinya cacat produk. Dengan membatasi ruang lingkup perbaikan hanya pada faktor dengan RPN tertinggi, maka tindakan yang diambil menjadi lebih terarah dan efisien.

Tabel 9 5W+1H pada cacat dimensi tidak sesuai

Faktor	What	Who	When	Where	Why	How
Manusia	Operator salah setting mesin	Operator produksi	Tahun 2024, sesuai data yang dianalisis	Area kerja	Operator kurang pelatihan yang baik dan operator terkadang terburu-buru karena sudah kelelahan ingin cepat menyelesaikan pekerjaan.	1. Melaksanakan pelatihan ulang operator mesin dan evaluasi hasil pelatihan dengan uji kompetensi. 2. Menerapkan SOP penjadwalan dan evaluasi beban kerja, dengan pembagian tugas secara adil untuk mencegah beban kerja berlebih.
Metode	Proses pengeboran tidak sesuai standar	Operator Produksi & kepala produksi	Tahun 2024, sesuai data yang dianalisis	Area kerja	Proses pengeboran tidak dilakukan sesuai standar nilai parameter yang ditentukan karena kurangnya pengawasan saat proses produksi berlangsung	1. Melakukan pengawasan berkala secara rutin oleh <i>leader</i> produksi selama proses pengeboran 2. Buat form kontrol proses pengeboran untuk dicentang tiap batch.

Berdasarkan Tabel 9 diatas maka usulan perbaikan yang harus dilakukan seperti berikut:

1. Melaksanakan pelatihan ulang operator mesin dan evaluasi hasil pelatihan dengan uji kompetensi.
2. Menerapkan SOP penjadwalan dan evaluasi beban kerja, dengan pembagian tugas secara adil untuk mencegah beban kerja berlebih.
3. Melakukan pengawasan berkala secara rutin oleh leader produksi selama proses pengeboran.
4. Buat form kontrol proses pengeboran untuk dicentang tiap batch.

Tabel 10 5W+1H pada cacat *burr*

Faktor	What	Who	When	Where	Why	How
Man	Operator tidak melaksanakan <i>finishing</i> dengan baik	Operator produksi	Tahun 2024 sesuai data yang dianalisis	Area kerja	Kurangnya pelatihan dan beban kerja berlebih.	1. Menerapkan pelatihan finishing produk, untuk memastikan pemahaman teknik finishing sesuai, dan gunakan form evaluasi hasil kerja harian untuk mengetahui operator yang butuh pembinaan lanjutan. 2. SOP evaluasi beban kerja diterapkan agar penumpukan tugas

Faktor	What	Who	When	Where	Why	How
						kerja tidak terjadi ke satu individu
<i>Machin e</i>	Sayatan tidak stabil	Operator produksi & teknisi <i>maitenna ce</i>	Tahun 2024 sesuai data yang dianalisis	Area kerja	<i>Slideway sumbu</i> aus menyebabkan gerak sumbu yang tidak stabil sehingga sayatan kurang optimal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Buat jadwal <i>maintenance</i> rutin pada keseluruhan mesin untuk memastikan mesin siap digunakan. 2. SOP pengecekan mesin diperketat dengan memberi form checklist kondisi mesin sebelum produksi dimulai.

Bedasarkan Tabel 10 diatas maka usulan perbaikan yang harus dilakukan seperti berikut:

1. Menerapkan pelatihan finishing produk, untuk memastikan pemahaman teknik finishing sesuai, dan gunakan form evaluasi hasil kerja harian untuk mengetahui operator yang butuh pembinaan lanjutan.
2. SOP evaluasi beban kerja diterapkan agar penumpukan tugas kerja tidak terjadi ke satu individu
3. Buat jadwal *maintenance* rutin pada keseluruhan mesin untuk memastikan mesin siap digunakan.
4. SOP pengecekan mesin diperketat dengan memberi form checklist kondisi mesin sebelum produksi dimulai.

PT XYZ diharapkan menerapkan usulan perbaikan yang telah diberikan pada kedua jenis cacat domina pada benda kerja oil lock untuk meningkat kualitas pada hasil produksi *oil lock*.

3.5 Control

Fase terakhir dalam metode DMAIC adalah tahap control atau pengendalian. Tahapan ini bertujuan untuk memastikan bahwa perbaikan yang telah dilakukan dapat terus dijaga dan dipertahankan secara konsisten. Fokus utamanya adalah bagaimana menjaga agar proses tetap stabil, dengan memastikan variabel-variabel penting berada dalam batas toleransi yang dapat diterima. Untuk itu, perlu diterapkan mekanisme pengendalian yang sesuai. Adapun beberapa usulan pengendalian yang dapat diterapkan di PT. XYZ antara lain sebagai berikut:

Tabel 11 Control plan pada cacat dimensi tidak sesuai

Objek yang dikendalikan	Penanggung jawab	Cara control	Dokumen
Jadwal pelatihan dan hasil uji kompetensi	HRD	Cek list pelatihan dan hasil evaluasi kompetensi tiap operator	Form ceklist pelatihan operator dan evaluasi kompetensi
Beban kerja operator	Supervisor	<i>Monitoring</i> mingguan beban kerja dan laporan bulanan apakah SOP beban kerja dijalankan atau tidak	Form <i>monitoring</i> beban kerja, dan cek list kepatuhan SOP beban kerja

Objek yang dikendalikan	Penanggung jawab	Cara control	Dokumen
Aktivitas pengeboran	<i>Leader</i> produksi	Pengawasan dipekerat saat proses produksi	Lembar pengawasan produksi harian, form inspeksi <i>in-process</i> , dan <i>log book</i> aktivitas pengawasan
Form kontrol hasil pengecekan per batch	QC	Cek dan arsip form kontrol setiap batch, lalu audit mingguan untuk membandingkan data form dan aktual dilapangan	Form kontrol produksi perbatch, form audit internal produksi mingguan, dan data arsip

Tabel 12 Control plan pada cacat burr

Objek yang dikendalikan	Penanggung jawab	Cara control	Dokumen
Hasil <i>finishing</i> produk per operator	<i>Leader</i> produksi	Gunakan evaluasi kerja harian untuk mengecek operator mana yang butuh pembinaan lanjutan	Form evaluasi harian
SOP evaluasi beban kerja	HRD	Rekap tugas harian untuk memantau beban kerja tiap operator	Rekap beban kerja operator
Kondisi <i>slideway</i> sumbu pada mesin	Teknisi <i>Maintenance</i>	Buat jadwal <i>maintenance</i> terencana, checklist kondisi lalu laporkan	Jadwal dan checklist <i>maintenance</i> mesin
Form checklist mesin sebelum digunakan	Operator produksi	Checklist mesin setiap ingin digunakan, cek pada saat setiap selesai produksi setiap beberapa batch lalu laporkan form kepada supervisor atau <i>maintenance</i>	Form checklist harian mesin

Dengan adanya *control plan*, perusahaan dapat memantau proses secara berkala melalui metode yang telah ditetapkan, seperti form checklist, evaluasi rutin, hingga supervisi langsung. Selain itu, *control plan* juga memperjelas tanggung jawab masing-masing pihak dalam menjaga kualitas, serta menetapkan frekuensi kontrol agar aktivitas produksi tetap berada dalam batas toleransi yang telah ditentukan. Secara keseluruhan, *control plan* berfungsi untuk menjaga stabilitas kualitas produk dan mencegah terulangnya cacat yang sama di kemudian hari

4. Simpulan

Hasil pengolahan data menunjukkan nilai rata-rata DPMO sebesar 12.826,77 dan rata-rata level sigma sebesar 3,73. Jenis cacat dominan yang ditemukan adalah dimensi tidak sesuai dan cacat *burr*. Penyebab utama cacat dimensi tidak sesuai berasal dari faktor manusia (kesalahan setting mesin karena kelelahan dan kurang pengalaman) serta metode (proses pengeboran tidak sesuai standar). Sedangkan cacat *burr* disebabkan oleh faktor manusia (*finishing* yang kurang teliti karena kelelahan dan kurang

pengalaman) dan mesin (*slideway* aus serta bearing *spindle* yang aus, sehingga menyebabkan *spindle* tidak stabil). Usulan perbaikan dilakukan pada faktor-faktor dominan tersebut, antara lain: pelatihan ulang operator, evaluasi hasil pelatihan dengan uji kompetensi, pembagian beban kerja secara adil, pengawasan rutin oleh *leader* produksi, penerapan SOP produk, serta pelaksanaan jadwal *maintenance* mesin dan checklist pengecekan mesin sebelum proses produksi dimulai.

Daftar Pustaka

- Adi Juwito, & Ari Zaqi Al-Faritsy. (2022). Analisis Pengendalian Kualitas Untuk Mengurangi Cacat Produk Dengan Metode Six Sigma Di Umkm Makmur Santosa. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 1(12), 3295–3314. <https://doi.org/10.53625/jcijurnalcakrawalailmiah.v1i12.3193>
- Andrian Susilo Nugroho and Ari Zaqi Al Faritsy (2023) ‘Analisa Pengendalian Kualitas Pada Proses Produksi Cylinder Block Ejs9 Untuk Mengurangi Cacat Produk Menggunakan Pendekatan Metode Kaizen Pada Pt. Asian Isuzu Casting Center’, *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Elektro dan Komputer*, 3(2), pp. 274–291. Available at: <https://doi.org/10.51903/juritek.v3i2.1756>.
- Annur, C.M. (2023) *Sumatra Selatan, produsen kopi terbesar Indonesia pada 2022*.
- Badan Pusat Statistik (2023a) *Buletin statistik perdagangan luar negeri ekspor menurut kelompok komoditi dan negara, Desember 2022*. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik (2023b) *Indeks unit value ekspor menurut kode SITC bulan Desember 2022*.
- Dhuriyah (2022) *Analisa Pengendalian Kualitas Produk Menggunakan Metode Six Sigma Di Pt Pertamina Lubricants Production Unit Gresik*.
- Durach, C.F. and Straube, F. (2021) ‘Trends and strategies in global logistics and supply chain management’, in E. Sweeney and D. Waters (eds) *Global logistics: new directions in supply chain management*. New York: Kogan Page, pp. 164–189.
- Gultom, S., Sarma Sinaga, T. and Sinulingga, S. (2013) ‘Studi Pengendalian Mutu Dengan Menggunakan Pendekatan Lean Six Sigma Pada Pt. Xyz’, *Jurnal Teknik Industri FT USU*, 3(2), pp. 23–30.
- Huang, S. *et al.* (2022) ‘Industry 5.0 and society 5.0—comparison, complementation and co-evolution’, *Journal of Manufacturing Systems*, 64, pp. 424–428.
- Irwanto, A., Arifin, D. and Arifin, M.M. (2020) ‘Peningkatan Kualitas Produk Gearbox Dengan Pendekatan Dmaic Six Sigma Pada Pt. X, Y, Z’, *Jurnal KaLIBRASI: Karya Lintas Ilmu Bidang Rekayasa Arsitektur, Sipil, Industri*, 3(1), pp. 1–17. Available at: <https://doi.org/10.37721/kalibrasi.v3i1.638>.
- Khikmawati, E., Wibowo, H. and Romadhona, R.F. (2021) ‘Analisis Pengendalian Kualitas Air dengan Menggunakan Peta Kendali X dan Peta Kendali R pada PDAM Way Rilau Bandar Lampung’, 1(November), pp. 73–81.
- Mengistu, A.T. and Panizzolo, R. (2022) ‘Measuring industrial sustainability performance in small and medium-sized enterprises: analysis of sustainability indicators’, in *Proceedings of the 5th European International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. Rome, 26-28 July, pp. 367–378.
- Nabila, K., & Rochmoeljati, R. (2020). Analisis Pengendalian Kualitas Menggunakan Metode Six Sigma Dan Perbaikan Dengan Kaizen. *Juminten*, 1(1), 116–127. <https://doi.org/10.33005/juminten.v1i1.27>.
- Rachman, E. and Jacob, E. (2023) ‘Mentalitas silo’, *Kompas*, March.
- Sekaran, U. and Bougie, R. (2016) *Research methods for business: a skill building approach*. 7th edn. Chichester: Wiley.
- Siregar, M.T. and Mutiara, T. (2019) ‘Perbaikan Proses di Dalam Gudang Menggunakan Metode DMAIC Pada PT. Dakota Logistik Indonesia’, *Praxis*, 1(2), p. 139. Available at: <https://doi.org/10.24167/praxis.v1i2.1795>.
- Siregar, R.R. (2025) ‘Analisis Pengendalian Kualitas Proses Bonding Garmen Menggunakan Metode Six Sigma Pada PT . PB’, X(1), pp. 12389–12398.
- Smart Design (2017) *Getting a grip: a long-term project that changed kitchens everywhere*.
- Wardani, R.K. *et al.* (no date) ‘Jurnal Mahasiswa Teknik Industri ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK LEMARI DENGAN MENGGUNAKAN METODE FAILURE MODE AND

EFFECT ANALYSIS (FMEA) PADA IKM IHSAN ALUMUNIUM DI PADAHERANG (FMEA)
pada IKM Ihsan Alumunium di', 02(01), pp. 35–45.
Wieland, A. (2021) 'Dancing the supply chain: toward transformative supply chain management',
Journal of Supply Chain Management, 57(1), pp. 58–73.