

# Analisis Pengendalian Kualitas Menggunakan Metode *Statistical Process Control* pada *Boom Excavator 20* di PT XYZ Batam

<sup>1</sup>Ahmad Rhamadhan, <sup>2</sup>Ansarullah Lawi, <sup>3</sup>Amirah Nova Khairiyah Pane

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Batam

e-mail: ansarullahlawi@iteba.ac.id (correspondence email)

## Abstract

PT XYZ faces a high defect rate in the production of Boom Excavator 20, particularly in the Hydraulic Mining Shovel (HMS) component. This study aims to identify the causes of defects and provide quality improvement recommendations using the Statistical Process Control (SPC) method. Data collected from August 2023 to July 2024 were analyzed using SPC tools, including check sheets, control charts, Pareto diagrams, histograms, and cause-and-effect diagrams. The results revealed that the average defect rate was 23.08%, with the most frequent defects being spatter and material damage. Analysis identified four main contributing factors: poor electrode quality, operator skill and errors, improper welding methods, and unstable welding machines. Based on these findings, the study recommends improving electrode quality control, enhancing operator training, optimizing welding techniques, and performing regular machine maintenance. This research demonstrates the effectiveness of SPC in monitoring and improving the quality control processes at PT XYZ.

**Keywords:** Defects, Statistical Process Control (SPC), Quality Improvement, Hydraulic Mining Shovel, Boom Excavator

## Abstrak

PT XYZ menghadapi tingkat kecacatan yang tinggi pada produksi Boom Excavator 20, khususnya pada komponen Hydraulic Mining Shovel (HMS). Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab kecacatan dan memberikan rekomendasi perbaikan kualitas menggunakan metode Statistical Process Control (SPC). Data yang dikumpulkan dari Agustus 2023 hingga Juli 2024 dianalisis menggunakan alat SPC, termasuk lembar periksa, peta kendali, diagram Pareto, histogram, dan diagram sebab-akibat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata proporsi cacat mencapai 23,08%, dengan cacat yang paling sering terjadi adalah spatter dan kerusakan material. Analisis mengidentifikasi empat faktor utama penyebab kecacatan: kualitas elektroda yang buruk, keterampilan operator dan kesalahan, metode pengelasan yang tidak tepat, dan mesin las yang tidak stabil. Berdasarkan temuan ini, penelitian merekomendasikan perbaikan kontrol kualitas elektroda, peningkatan pelatihan operator, optimasi teknik pengelasan, dan pemeliharaan mesin secara berkala. Penelitian ini menunjukkan efektivitas SPC dalam memantau dan meningkatkan proses pengendalian kualitas di PT XYZ.

**Kata kunci:** Kecacatan, Statistical Process Control (SPC), Perbaikan Kualitas, Hydraulic Mining Shovel, Boom Excavator

---

Diterima : May 2025

Disetujui : Juni 2025

Dipublikasi: Juni 2025

---

## Pendahuluan

Industri manufaktur di Indonesia terus mengalami perkembangan yang signifikan, didorong oleh kebutuhan pasar akan produk yang berkualitas tinggi serta peningkatan persaingan di tingkat global (Cahya & Yasin, 2024). PT XYZ Batam merupakan salah satu produsen utama alat berat yang berkontribusi penting pada sektor konstruksi dan pertambangan nasional. Dalam upaya menjaga kualitas produk dan memenuhi standar yang ketat, pengendalian mutu menjadi aspek

krusial dalam proses produksi, khususnya pada komponen boom excavator 20 yang merupakan bagian vital dari alat berat tersebut.

Produk *Hydraulic Mining Shovel* (HMS) yang diproduksi PT XYZ menghadapi tantangan terkait tingkat cacat yang relatif tinggi, khususnya pada komponen *boom excavator*. *Boom* sebagai salah satu komponen utama HMS berperan penting dalam kinerja alat berat ini (Xia dkk., 2018), sehingga kualitasnya harus dijaga secara optimal. Data awal menunjukkan bahwa cacat yang paling sering ditemukan pada HMS PT XYZ terutama berfokus pada bagian *boom excavator*, yang berdampak langsung pada keandalan dan keselamatan operasional.

Proses produksi di PT XYZ Batam menggunakan sistem *continuous production*, di mana produksi dilakukan secara terus-menerus tanpa menunggu pesanan pelanggan. Dengan target produksi lima unit *excavator* setiap bulan, perusahaan ini sangat memperhatikan kualitas produk yang dihasilkan. Namun, meskipun telah menerapkan berbagai sistem pengendalian kualitas, kecacatan dalam proses produksi masih terjadi. Data dari PT XYZ Batam menunjukkan bahwa tingkat kecacatan dalam proses produksi *excavator* bervariasi dari bulan Agustus 2023 hingga Juli 2024, dengan persentase kecacatan berkisar antara 7,92% hingga 25%, seperti yang terlihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Titik Penggerjaan dan *Defect* Dalam Proses Produksi Pada PT XYZ Batam Tahun 2024

No	Bulan	Persentase <i>Defect</i> Dalam Proses Produksi (%)			
		<i>Upper Frame</i>	<i>Carbody</i>	<i>Stick</i>	<i>Boom</i>
1	Januari	20,80	17,03	10,74	22,11
2	Februari	19,94	17,97	8,45	23,87
3	Maret	16,31	17,50	10,56	19,85
4	April	21,35	17,34	8,27	20,23
5	Mei	20,49	21,88	8,63	31,41
6	Juni	24,86	18,13	9,68	21,98
7	Juli	21,23	18,75	13,56	23,49
Rata-rata		20,71	18,37	9,98	23,28

Berdasarkan **Tabel 1.1**, persentase cacat produksi pada berbagai komponen *excavator* selama tahun 2024 menunjukkan bahwa komponen *Boom* memiliki rata-rata tingkat cacat tertinggi, yaitu 23,28%, dibandingkan dengan komponen *Upper Frame*, *Carbody*, dan *Stick*. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada komponen *Boom* untuk mengidentifikasi akar permasalahan yang menyebabkan tingginya tingkat kecacatan tersebut. Pemilihan *boom* sebagai fokus penelitian didasarkan pada konsistensi tingginya persentase cacat dari bulan ke bulan, yang mengindikasikan adanya masalah dalam proses produksi atau penggunaan material yang memerlukan perhatian khusus. Keterkaitan antara tingginya persentase cacat pada *boom* dan pentingnya pengendalian kualitas di PT XYZ Batam semakin mempertegas urgensi penelitian ini.

Pengendalian kualitas yang efektif diperlukan untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan memenuhi spesifikasi teknis dan keandalan operasional (He dkk., 2019). Metode *Statistical Process Control* (SPC) telah banyak digunakan dalam industri manufaktur untuk memonitor dan mengendalikan kualitas produk secara sistematis dengan menggunakan alat statistik seperti peta kendali, diagram Pareto, dan diagram sebab-akibat (Bottani dkk., 2023). Penelitian-penelitian sebelumnya, termasuk oleh Tsenev (2021) dan Sunadi dkk. (2020), menunjukkan bahwa metode SPC mampu mengidentifikasi faktor-faktor penyebab cacat dan membantu peningkatan mutu produk secara signifikan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis cacat dominan yang terjadi dalam proses produksi komponen *boom excavator 20* di PT XYZ Batam, menganalisis faktor-faktor penyebab utama dari kecacatan tersebut melalui pendekatan *Statistical Process Control* (SPC), dan menyusun rekomendasi perbaikan berbasis data untuk meningkatkan kualitas produksi. Pendekatan SPC digunakan karena mampu memberikan gambaran kuantitatif mengenai kestabilan proses produksi serta membantu mengidentifikasi titik-titik kritis yang menyebabkan terjadinya variasi dalam mutu produk. Pendekatan ini akan memperkuat sistem pengendalian kualitas yang sudah ada dengan solusi yang terukur dan praktis.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dengan mengintegrasikan rangkaian alat SPC yang lengkap dan terpadu dalam konteks produksi *boom excavator* yang spesifik. Penggunaan *check sheet*, peta kendali, diagram Pareto, histogram, dan diagram sebab-akibat memungkinkan pemetaan menyeluruh terhadap faktor-faktor penyebab cacat, serta memberikan rekomendasi yang relevan untuk peningkatan kualitas produk di PT XYZ.

## Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif eksploratif dengan studi kasus yang difokuskan pada produk *boom excavator 20* di PT XYZ. Data dikumpulkan dari proses produksi selama 12 bulan, yaitu dari Agustus 2023 hingga Juli 2024. Setiap bulan, diambil data dari seluruh titik pengerjaan pada komponen *boom excavator*, dengan total 796 titik per bulan, sehingga jumlah keseluruhan data mencapai 9552 titik pengerjaan. Pengumpulan dilakukan secara sensus, artinya seluruh populasi titik kerja dianalisis tanpa pengambilan sampel. Untuk menjaga validitas data, dilakukan triangulasi sumber, yaitu dengan mencocokkan data dari lembar inspeksi bagian *Quality Control* (QC), hasil observasi langsung di lantai produksi, serta wawancara dengan operator dan penyelia. Proses ini memastikan bahwa data yang dikumpulkan akurat dan mencerminkan kondisi lapangan yang sebenarnya.

Metode analisis yang diterapkan adalah *Statistical Process Control* (SPC) untuk memantau dan mengendalikan kualitas produk. Prosedur analisis mencakup penyusunan data dalam lembar periksa (*check sheet*) untuk mencatat frekuensi cacat, penyajian data melalui histogram untuk

melihat distribusi kecacatan, dan pembuatan diagram Pareto guna mengidentifikasi masalah utama berdasarkan frekuensi kejadian. Pengendalian proses dilakukan dengan peta kendali (*control chart*) tipe p-chart yang digunakan untuk menilai apakah proses produksi berada dalam batas kendali statistik. Batas kendali atas dan bawah dihitung berdasarkan proporsi kecacatan dan ukuran sampel. Selanjutnya, diagram sebab-akibat (*fishbone diagram*) digunakan untuk mengeksplorasi faktor-faktor penyebab cacat yang dikelompokkan ke dalam kategori manusia, metode, mesin, dan material.

## Hasil dan Pembahasan

Setelah melakukan pengumpulan data pada proses produksi *boom excavator* 20 di PT XYZ, data cacat produk tersebut kemudian diolah untuk melihat kondisi kualitas, lalu dianalisis guna mengidentifikasi faktor penyebab cacat dan merumuskan langkah perbaikan yang tepat.

### Hasil

Pada penelitian ini, data cacat produk *boom excavator* 20 dikumpulkan dari 9552 titik penggerjaan, dengan jumlah titik cacat sebanyak 2205 titik, menghasilkan rata-rata proporsi cacat sebesar 23,08%. Jenis cacat yang paling sering ditemukan antara lain *spatter*, *material damage*, *undercut*, dan *start/stop*. Distribusi cacat ini terlihat konsisten setiap bulan dengan *spatter* dan *material damage* sebagai cacat yang paling dominan. **Tabel 2** memberikan rincian jumlah titik penggerjaan dan cacat per bulan, yang menggambarkan kecenderungan jenis cacat yang terjadi sepanjang periode pengamatan dari Agustus 2023 hingga Juli 2024.

**Tabel 2.** Rekapitulasi Titik Penggerjaan dan Cacat Produk *Boom Excavator* 20 Per Bulan

Bulan	Jumlah Titik Penggerjaan	Jumlah Titik Cacat	Undercut	Material Damage	Spatter	Start/Stop
Agustus 2023	796	150	37	27	50	36
September 2023	796	165	41	30	48	46
Oktober 2023	796	230	51	78	49	52
November 2023	796	180	45	60	51	24
Desember 2023	796	183	46	63	50	24
Januari 2024	796	176	50	45	59	22
Februari 2024	796	190	49	54	40	47
Maret 2024	796	158	20	60	55	23
April 2024	796	161	40	38	60	23
Mei 2024	796	250	60	57	73	60
Juni 2024	796	175	42	49	50	34
Juli 2024	796	187	35	39	55	58

Dari **Tabel 2**, dapat dilihat bahwa bulan Oktober 2023 dan Mei 2024 menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam jumlah cacat, dengan total cacat masing-masing 230 dan 250 titik. Peningkatan ini terutama disebabkan oleh tingginya jumlah cacat dalam kategori *spatter* dan *material damage*, yang menunjukkan adanya masalah yang lebih besar pada aspek pengelasan

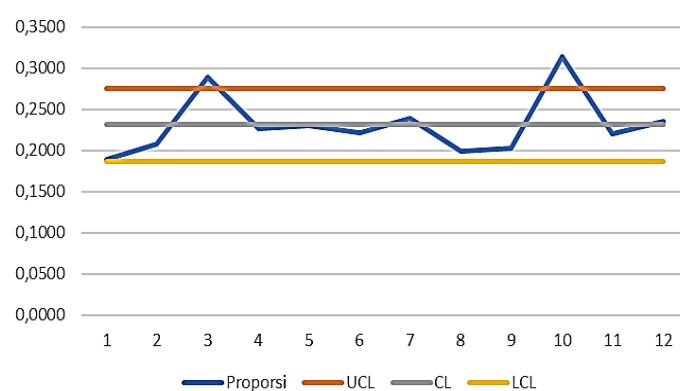
dan kualitas material pada bulan-bulan tersebut.

Pada **Tabel 3**, proporsi kecacatan pada bulan Oktober dan Mei 2024 melampaui batas kendali atas (UCL), dengan nilai proporsi kecacatan masing-masing sebesar 0,2889 dan 0,3141. Hal ini mengindikasikan adanya ketidakstabilan dalam proses produksi pada bulan-bulan tersebut. Titik-titik yang melampaui batas kendali atas ini menunjukkan adanya variasi yang tidak terkendali, yang perlu ditindaklanjuti agar proses produksi dapat kembali stabil.

**Tabel 3.** Proporsi Kecacatan dan Batas Kendali Peta Kendali (P-chart)

No.	Bulan	Proporsi Cacat (p)	Batas Kendali Atas (UCL)	Batas Kendali Bawah (LCL)
1	Agustus 2023	0,1884	0,2756	0,186
2	September 2023	0,2073	0,2756	0,186
3	Okttober 2023	0,2889	0,2756	0,186
4	November 2023	0,2261	0,2756	0,186
5	Desember 2023	0,2299	0,2756	0,186
6	Januari 2024	0,2211	0,2756	0,186
7	Februari 2024	0,2387	0,2756	0,186
8	Maret 2024	0,1985	0,2756	0,186
9	April 2024	0,2023	0,2756	0,186
10	Mei 2024	0,3141	0,2756	0,186
11	Juni 2024	0,2198	0,2756	0,186
12	Juli 2024	0,2349	0,2756	0,186

Penjelasan lebih lanjut tentang ketidakstabilan proses ini dapat dilihat pada **Gambar 1**, yang menunjukkan peta kendali (*P-chart*) dari data kecacatan bulanan. Peta kendali ini memiliki tiga garis penting: Batas Kendali Atas (UCL), Garis Tengah (CL), dan Batas Kendali Bawah (LCL). Garis tengah (CL) menunjukkan nilai rata-rata kecacatan yang diharapkan, sementara batas kendali atas dan bawah (UCL dan LCL) menunjukkan batas toleransi yang masih dianggap normal bagi proses yang stabil. Pada grafik ini, beberapa titik proporsi kecacatan yang ditunjukkan oleh garis biru berada di luar batas kendali atas (UCL), yang berarti proporsi kecacatan tersebut lebih tinggi dari yang diharapkan.

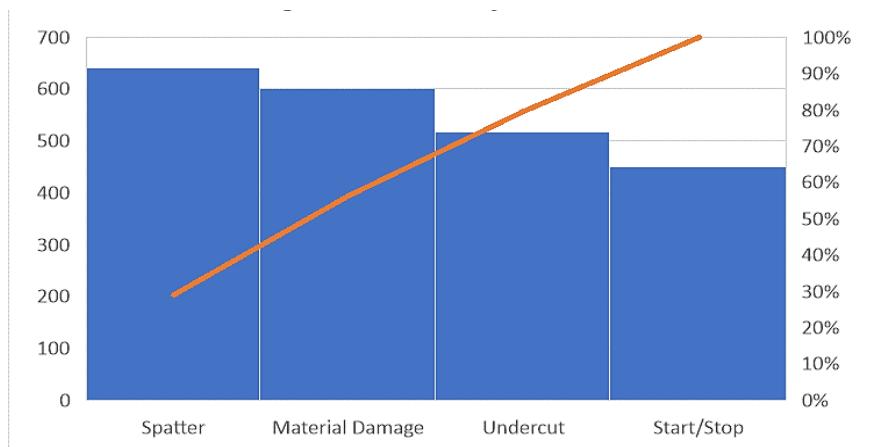


**Gambar 1.** Peta Kendali Cacat Produksi *Boom Excavator 20*

Keberadaan titik-titik di luar batas kendali (**Gambar 1**), menunjukkan bahwa ada fluktuasi atau

variasi yang tidak terkontrol dalam proses produksi, yang artinya ada faktor-faktor tertentu yang menyebabkan proses menjadi tidak stabil. Ketidakstabilan ini harus segera dianalisis dan dievaluasi lebih lanjut untuk menemukan penyebab pasti, apakah karena faktor manusia, mesin, atau metode yang digunakan dalam produksi.

Sebagai bagian dari analisis lebih lanjut, digunakan *Diagram Pareto* yang dapat dilihat pada **Gambar 2**. Diagram ini mengilustrasikan jenis cacat yang paling sering terjadi dalam proses produksi dan memberikan gambaran yang jelas tentang prioritas masalah yang harus segera diatasi. Dalam *diagram Pareto* ini, kolom biru menunjukkan jumlah cacat yang terjadi untuk setiap jenis cacat, sementara garis oranye yang melintasi kolom menunjukkan persentase kumulatif dari total cacat. Dari diagram tersebut, terlihat bahwa dua jenis cacat yang paling dominan adalah *spatter* dan kerusakan material (*material damage*). Kedua cacat ini bersama-sama menyumbang lebih dari 60% dari total cacat yang terjadi selama periode penelitian. Hal ini menunjukkan bahwa masalah-masalah ini memberikan kontribusi besar terhadap tingkat kecacatan yang tinggi, dan oleh karena itu, sangat penting untuk memfokuskan upaya perbaikan pada kedua jenis cacat ini. Dengan menangani masalah *spatter* dan kerusakan material secara efektif, diharapkan dapat mengurangi tingkat kecacatan secara signifikan, serta meningkatkan kualitas produk *Boom Excavator 20* secara keseluruhan.



**Gambar 2.** Diagram Pareto Jenis Cacat

Berdasarkan hasil analisis Diagram Pareto, dua jenis cacat yang paling dominan dalam proses produksi *Boom Excavator 20* adalah *spatter* (**Gambar 3**) dan kerusakan material (*material damage*) (**Gambar 4**). Kedua jenis cacat ini menyumbang lebih dari 60% dari total cacat yang tercatat selama periode pengamatan. Pada **Gambar 3**, dapat dilihat contoh *cacat spatter*, yang ditandai dengan area bercak-bercak material pada permukaan las. *Spatter* ini terjadi karena percikan dari proses pengelasan yang menyebabkan material terlepas dan menempel di permukaan yang tidak seharusnya. Masalah ini sering terjadi akibat teknik pengelasan yang kurang tepat atau penggunaan material yang kurang berkualitas. Sementara itu, **Gambar 4** menunjukkan contoh kerusakan material, di mana tampak ada kerusakan pada permukaan

material las yang lebih luas dan dapat memengaruhi kekuatan struktur. Kerusakan material ini sering kali disebabkan oleh kualitas bahan baku yang buruk atau pengaruh kondisi mesin yang tidak stabil selama proses pengelasan.



**Gambar 3. Defect Jenis Spatter**

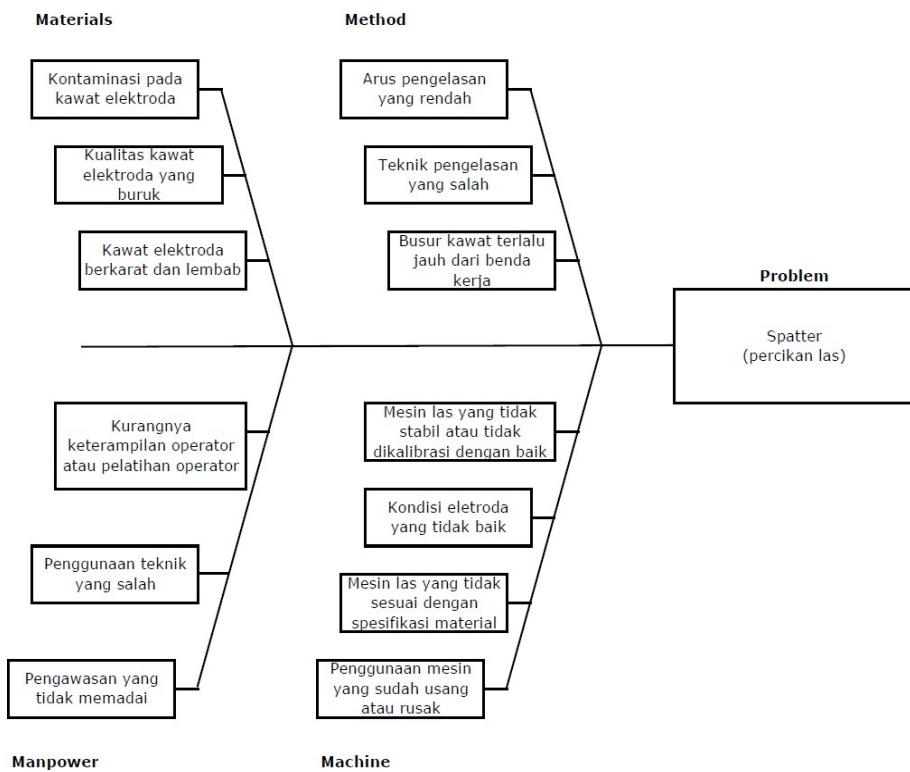


**Gambar 4. Defect Jenis Material Damage**

Dominasi kedua jenis cacat ini menunjukkan bahwa fokus perbaikan yang dilakukan pada spatter dan kerusakan material akan memberikan dampak yang signifikan dalam meningkatkan kualitas produk. Oleh karena itu, untuk memahami lebih dalam akar penyebab dari kedua cacat ini, dilakukan analisis lebih lanjut dengan menggunakan diagram sebab-akibat (*fishbone diagram*). Dengan pendekatan ini, perusahaan dapat mengidentifikasi dan mengatasi faktor-faktor penyebab yang mendasari kedua jenis cacat tersebut.

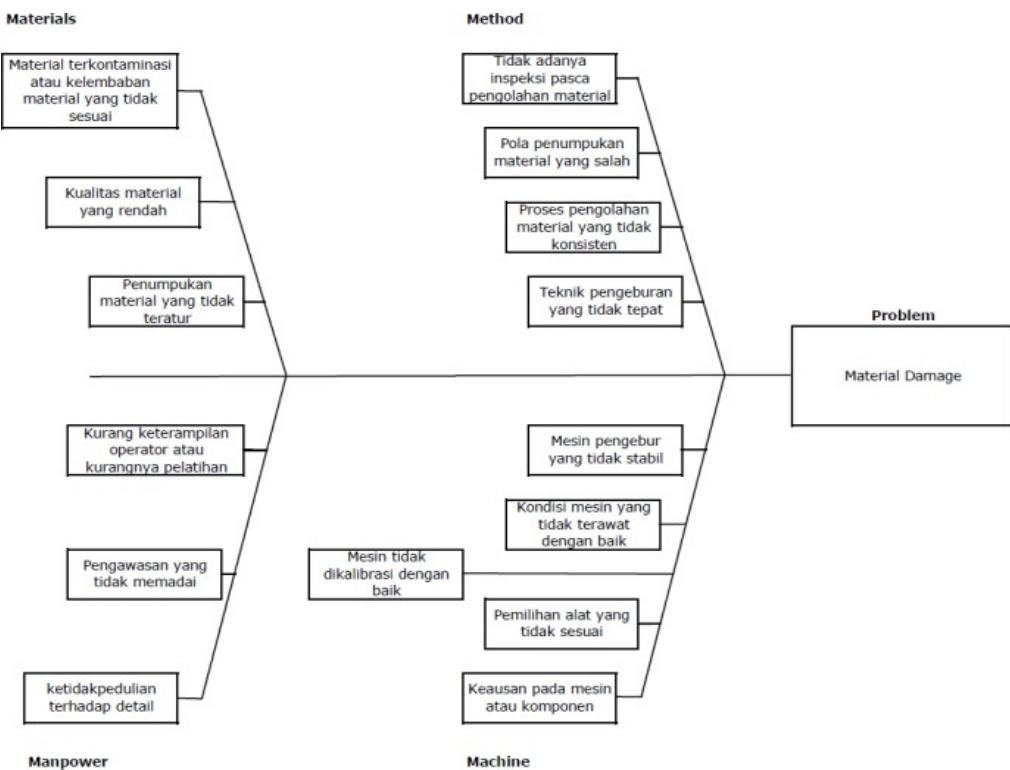
Dalam diagram sebab-akibat (*fishbone diagram*) untuk spatter pada kategori *Material* (**Gambar 5**), beberapa faktor utama yang berkontribusi terhadap terjadinya spatter antara lain adalah kawat elektroda yang terkontaminasi, kualitas kawat elektroda yang buruk, dan kawat yang lembab. Faktor-faktor ini menyebabkan percikan yang terjadi selama proses pengelasan, sehingga material terlepas dan menempel di permukaan yang tidak diinginkan. Pada kategori *Manpower*, faktor kurangnya keterampilan operator dan pengawasan yang tidak memadai meningkatkan kemungkinan terjadinya kesalahan dalam proses pengelasan, yang berujung pada terjadinya spatter. Keterampilan operator yang rendah atau tidak adanya pengawasan yang cukup membuat proses pengelasan tidak optimal. Di kategori *Method*, beberapa faktor penyebab *spatter* antara lain adalah penggunaan arus pengelasan yang rendah, teknik pengelasan yang salah, dan jarak busur kawat yang terlalu jauh dari benda kerja. Kesalahan dalam pengaturan teknik ini

menyebabkan percikan yang tidak terkendali dan mengganggu kualitas pengelasan. Sedangkan pada kategori *Machine*, faktor-faktor yang memperburuk masalah *spatter* adalah mesin las yang tidak stabil, mesin yang tidak dikalibrasi dengan baik, dan penggunaan mesin las yang sudah usang atau rusak. Kondisi mesin yang buruk mengakibatkan proses pengelasan tidak berjalan dengan lancar, memperburuk kualitas sambungan las dan meningkatkan kemungkinan terjadinya *spatter*.



**Gambar 5. Fishbone Diagram untuk cacat Spatter**

Sementara itu, pada *material damage* (Gambar 6), penggunaan material yang tercemar atau tidak sesuai spesifikasi, serta penumpukan material yang tidak teratur, menjadi faktor penyebab kerusakan material. Dalam *Manpower*, kurangnya keterampilan operator dan pengawasan yang tidak memadai turut berperan dalam meningkatkan kerusakan pada material. Di kategori *Method*, tidak adanya inspeksi pasca-penyelesaian material dan proses pengelasan yang tidak konsisten menjadi penyebab kerusakan material. Pada *Machine*, masalah terkait mesin yang tidak stabil dan tidak terawat dengan baik, serta alat yang tidak sesuai, meningkatkan kemungkinan terjadinya kerusakan pada material. Kedua diagram ini menunjukkan bahwa faktor-faktor yang memengaruhi cacat *spatter* dan *material damage* sangat berkaitan dengan kualitas material, keterampilan operator, teknik pengelasan, serta kondisi mesin yang digunakan dalam proses produksi.



**Gambar 6.** *Fishbone Diagram* untuk cacat *Material Damage*

## Pembahasan

Proporsi rata-rata cacat sebesar 23,08% pada komponen *boom excavator* 20 menunjukkan bahwa proses produksi di PT XYZ belum berjalan secara stabil dan konsisten. Ketidakstabilan ini terlihat jelas dari hasil analisis peta kendali (*P-chart*), di mana pada bulan Oktober dan Mei, proporsi cacat masing-masing mencapai 0,2889 dan 0,3141, melebihi batas kendali atas (UCL). Hal ini mengindikasikan adanya variasi khusus (*special cause variation*) dalam proses produksi, yaitu penyimpangan yang disebabkan oleh faktor-faktor tertentu yang bersifat tidak rutin, sebagaimana dijelaskan dalam teori SPC oleh Montgomery dkk. (1994). Proses yang tidak berada dalam kendali statistik seperti ini perlu segera dievaluasi secara menyeluruh agar tidak menimbulkan kerugian kualitas secara berkelanjutan.

Dominasi jenis cacat *spatter* dan material *damage* sejalan dengan penelitian Ma dkk. (2021) dan Amirafshari dkk. (2021) yang juga menemukan bahwa masalah material dan teknik pengelasan merupakan penyebab utama cacat pada proses produksi serupa. Dalam konteks pengendalian kualitas, kualitas material dan keterampilan *welder* merupakan faktor kritis yang berpengaruh besar terhadap hasil akhir produk (Ogino dkk., 2022). *Spatter* yang berlebihan dapat merusak permukaan produk dan berpotensi menimbulkan korosi, mengurangi nilai estetika dan ketahanan produk, sedangkan material *damage* mengakibatkan melemahnya struktur mekanis *boom*, yang berimplikasi pada keandalan produk dalam operasional.

Ketidakstabilan proses produksi yang terdeteksi pada peta kendali menguatkan temuan

Stavropoulos & Sabatakakis (2024) yang menunjukkan bahwa variasi mesin, manusia, dan metode menjadi sumber utama penyimpangan mutu produk. Diagram sebab-akibat pada penelitian ini mengonfirmasi bahwa faktor material elektroda, kompetensi operator, metode pengelasan, dan kondisi mesin las merupakan faktor penyebab utama kecacatan. Hal ini mendukung teori pengendalian kualitas yang menekankan perlunya pengelolaan holistik terhadap empat faktor utama dalam proses manufaktur (Perdomo & Ganhao, 2021).

Berdasarkan identifikasi penyebab cacat tersebut, rekomendasi perbaikan diarahkan pada peningkatan kontrol kualitas bahan elektroda sebagaimana dianjurkan dalam penelitian (Marques dkk., 2022), pelatihan operator pengelasan secara terstruktur (Fajar & Andesta, 2023), dan penerapan standar prosedur kerja yang lebih disiplin dalam proses pengelasan (Arista dkk., 2025). Selain itu, mesin las perlu menjalani perawatan berkala dan kalibrasi untuk menjaga stabilitas output. Rekomendasi ini diperkuat oleh temuan Dagmar & Suseno (2023), yang menunjukkan bahwa pengendalian teknik dan mesin berkontribusi signifikan terhadap penurunan kecacatan. Dengan langkah-langkah perbaikan yang tepat, perusahaan diharapkan dapat menurunkan tingkat kecacatan dan meningkatkan mutu produk secara berkelanjutan.

Hasil pada penelitian ini menguatkan pemahaman bahwa penerapan metode SPC bukan hanya alat monitoring, tetapi juga sarana diagnostik penting yang memungkinkan identifikasi akar penyebab cacat dan perumusan rekomendasi perbaikan berdasarkan data empiris. Integrasi teori pengendalian kualitas dengan praktik lapangan seperti ini merupakan langkah strategis untuk meningkatkan mutu dan daya saing produk industri manufaktur (Hadiyanto & Sitepu, 2023).

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa tingkat cacat pada produksi boom excavator 20 di PT XYZ masih relatif tinggi dengan rata-rata proporsi cacat sebesar 23,08%. Jenis cacat dominan adalah *spatter* dan *material damage* yang menjadi fokus utama dalam pengendalian kualitas. Penerapan metode *Statistical Process Control* (SPC) efektif dalam memantau dan mengidentifikasi ketidaksesuaian proses produksi, khususnya melalui penggunaan peta kendali, diagram Pareto, dan diagram sebab-akibat. Faktor utama penyebab cacat meliputi kualitas material elektroda, keterampilan operator, metode pengelasan, dan kondisi mesin las yang memerlukan perhatian dan perbaikan. Rekomendasi perbaikan yang dihasilkan dari penelitian ini mencakup peningkatan kontrol bahan baku, pelatihan operator, penyempurnaan teknik pengelasan, serta pemeliharaan mesin secara berkala. Implementasi langkah-langkah tersebut diharapkan dapat menurunkan tingkat kecacatan dan meningkatkan kualitas produk secara berkelanjutan.

## Daftar Pustaka

- Amirafshari, P., Barltrop, N., Wright, M., & Kolios, A. (2021). Weld defect frequency, size statistics and probabilistic models for ship structures. *International Journal of Fatigue*, 145, 106069. <https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2020.106069>
- Arista, A., Sumbara, S. F. Z., Tipa, H., & Hasibuan, R. P. (2025). Analisis Produktivitas Proses Kawat Las pada Perusahaan Galangan Di Kota Batam. *Jurnal Teknik Ibnu Sina (JT-IBSI)*, 10(1), 52–62. <https://doi.org/10.36352/jt-ibsi.v10i1.1152>
- Bottani, E., Montanari, R., Volpi, A., & Tebaldi, L. (2023). Statistical process control of assembly lines in manufacturing. *Journal of Industrial Information Integration*, 32, 100435. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2023.100435>
- Cahya, R. D., & Yasin, M. (2024). Strategi Industri Manufaktur Dalam Meningkatkan Percepatan Pertumbuhan Ekonomi di Indonesia. *Jurnal Ekonomi Bisnis Dan Kewirausahaan*, 1(4), Article 4. <https://doi.org/10.69714/pevd1v26>
- Dagmar, A. V., & Suseno, P. (2023). Welding Product Quality Improvement Using The Seven Tools Method. *Journal Universitas Muhammadiyah Gresik Engineering, Social Science, and Health International Conference (UMGESHIC)*, 2(1), Article 1. <https://doi.org/10.30587/umgeshic.v2i1.5131>
- Fajar, D. P., & Andesta, D. (2023). Evaluasi Mutu Pada Proses Pengelasan Menggunakan Metode Old dan New Seven Tools di PT. XYZ. *Jurnal Serambi Engineering*, 8(4). <https://doi.org/10.32672/jse.v8i4.6667>
- Hadiyanto, H., & Sitepu, E. (2023). Statistical Process Control (SPC) Implementation in Manufacturing Industry to Improve Quality Performance: A Prisma Systematic Literature Review and Meta Analysi. *E3S Web of Conferences*, 426, 01066. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202342601066>
- He, Y., Liu, F., Cui, J., Han, X., Zhao, Y., Chen, Z., Zhou, D., & Zhang, A. (2019). Reliability-oriented design of integrated model of preventive maintenance and quality control policy with time-between-events control chart. *Computers & Industrial Engineering*, 129, 228–238. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.01.046>
- Ma, G., Yuan ,Haitao, Yu ,Lesheng, & and He, Y. (2021). Monitoring of weld defects of visual sensing assisted GMAW process with galvanized steel. *Materials and Manufacturing Processes*, 36(10), 1178–1188. <https://doi.org/10.1080/10426914.2021.1885711>
- Marques, E. S. V., Pereira, A. B., & Silva, F. J. G. (2022). Quality Assessment of Laser Welding Dual Phase Steels. *Metals*, 12(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/met12081253>
- Montgomery, D. C., Keats ,J. Bert, Runger ,George C., & and Messina, W. S. (1994). Integrating Statistical Process Control and Engineering Process Control. *Journal of Quality Technology*, 26(2), 79–87. <https://doi.org/10.1080/00224065.1994.11979508>

- Ogino, Y., Imai, K., Asai, S., Tsujimura, Y., Nakamura, S., & Ogawa, T. (2022). Development of a simulation model of the manual gas tungsten arc welding process and visualization of the welder's skill. *Welding in the World*, 66(7), 1381–1393. <https://doi.org/10.1007/s40194-022-01307-3>
- Perdomo, J. J., & Ganhao, L. A. (2021). Failures Related to Welding. Dalam *ASM Handbook: Analysis and Prevention of Component and Equipment Failures* (Vol. 11A, hlm. 266–306). <https://dl.asminternational.org/handbooks/edited-volume/151/chapter/3437245/Failures-Related-to-Welding>
- Stavropoulos, P., & Sabatakakis, K. (2024). Quality Assurance in Resistance Spot Welding: State of Practice, State of the Art, and Prospects. *Metals*, 14(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/met14020185>
- Sunadi, S., Purba, H. H., & Saroso, D. S. (2020). Statistical Process Control (SPC) method to improve the capability process of drop impact resistance: A case study at aluminum cans manufacturing industry in Indonesia. *Journal of Applied Research on Industrial Engineering*, 7(1), 92–108. <https://doi.org/10.22105/jarie.2020.217565.1135>
- Tsenev, V. (2021). Use of SPC (Statistical process control) for Quality Control and Management of an Automatic Production Line. *2021 12th National Conference with International Participation (ELECTRONICA)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ELECTRONICA52725.2021.9513725>
- Xia, L., Quan, L., Ge, L., & Hao, Y. (2018). Energy efficiency analysis of integrated drive and energy recuperation system for hydraulic excavator boom. *Energy Conversion and Management*, 156, 680–687. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.11.074>