

Analisis Pengendalian Kualitas Pengelasan Produk Boiler Pressure Part Menggunakan Metode Six Sigma

Nugraheni Djamal^{1*}, Mochamad Reynaldi Maulana Wijaya², Dadi Cahyadi³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Serang Raya, Jl. Raya Cilegon
Serang Km. 5, Drangong, Kec. Taktakan, Kota Serang, Banten 42162
Email: nugraheni.djamal@gmail.com

ABSTRAK

PY. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang fabrikasi *boiler, container crane, steel structure*, dan *boiler maintenance*. Berdasarkan data inspeksi QC (Quality Control) Pressure Part (PP), perusahaan masih mencatat tingkat cacat yang cukup tinggi pada hasil pengelasan produk boiler pressure part, yang berpotensi menimbulkan kerugian finansial dan risiko keselamatan operasional. Dalam penelitian ini, metode Six Sigma digunakan untuk analisis dan pengendalian cacat produksi tersebut. Nilai rata-rata DPMO (*Defects Per Million Opportunities*) dan level sigma yang diperoleh masing-masing adalah 211.662 dan 2,307. Selama fase improve, metode FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) digunakan untuk menentukan akar penyebab masalah. Nilai RPN (*Risk Priority Number*) tertinggi, yaitu 392, ditemukan untuk cacat porosity yang disebabkan oleh perawatan mesin yang tidak memadai. Analisis PDPC (*Process Decision Program Chart*) merekomendasikan preventive maintenance pada mesin las sebagai usulan perbaikan. Tindakan ini bertujuan untuk meningkatkan kinerja mesin dan meminimalkan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap cacat pengelasan.

Kata kunci: *boiler pressure part, FMEA, PDPC*

ABSTRACT

PY. XYZ is a company engaged in the production and maintenance of *boilers, container cranes, and steel structures*. Based on QC (Quality Control) inspection data for pressure parts (PP), the company observed a relatively high level of defects in the welding results of boiler pressure parts, which could still cause financial losses and operational safety risks. This study used the Six Sigma method to analyze and control these manufacturing defects. The average DPMO (*Defects Per Million Opportunities*) value and the resulting sigma level were 211.662 and 2.307, respectively. During the improvement phase, the FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) method was used to identify the root cause of the problem. The highest RPN (*Risk Priority Number*) value of 392 was found for porosity defects caused by inadequate machine maintenance. The Process Decision Program Table (PDPC) analysis suggested preventive maintenance on the welding machine as a recommended improvement. This action aims to improve machine performance and minimize the factors affecting weld defects.

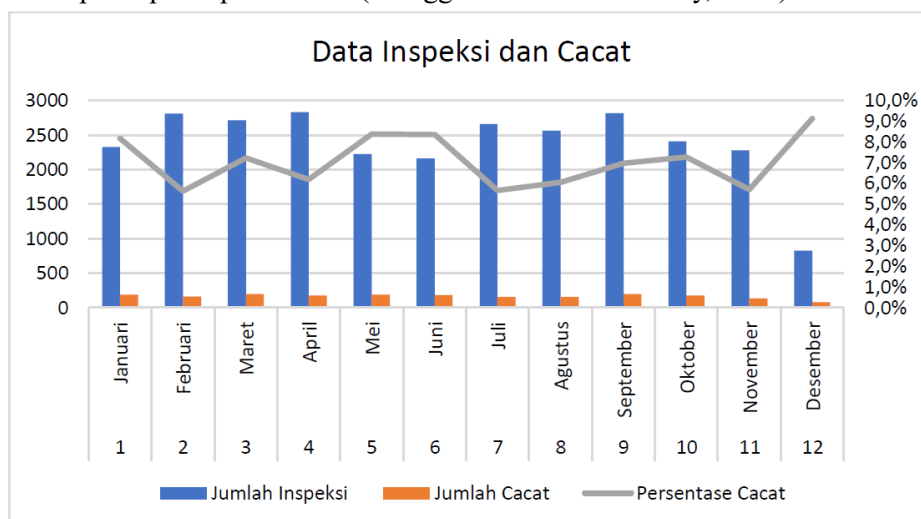
Keywords: *boiler pressure part, FMEA, PDPC*

Pendahuluan

Dalam industri manufaktur, kualitas produk merupakan faktor penting yang menentukan keberhasilan dan reputasi perusahaan (Shetty, 1987; Rosillo-Díaz et al., 2022). Produk boiler pressure part, sebagai salah satu komponen penting dalam sistem boiler, harus memiliki kualitas tinggi dan memenuhi standar keselamatan yang ketat (Vin, 2024). Kegagalan pada komponen ini dapat menyebabkan kerugian finansial yang besar, serta potensi bahaya bagi keselamatan operasional.

Pengelasan merupakan salah satu proses kritis dalam pembuatan komponen boiler pressure parts. Proses pengelasan yang tidak terkendali dapat mengakibatkan cacat seperti crack, porosity, dan cacat lainnya, yang pada akhirnya menurunkan integritas struktural dan kinerja produk. Oleh karena itu, pengendalian kualitas dalam proses pengelasan menjadi sangat penting untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan memenuhi spesifikasi dan standar yang ditetapkan.

Agar perusahaan dapat bertahan dan bersaing dengan perusahaan yang lainnya, diperlukan pengelolaan dan manajemen yang baik dalam menghasilkan produk yang berkualitas tinggi. Maka dari itu setiap perusahaan perlu mengimplementasikan pengendalian kualitas pada setiap tahapan proses produksi untuk memastikan produk yang dihasilkan dapat laku di pasaran serta meningkatkan pendapatan perusahaan (Trenggonowati dan Arafiany, 2018).



Gambar 1. Data Inspeksi dan Cacat

PT. XYZ adalah perusahaan yang berlokasi di Kecamatan Pulo Ampel, Kabupaten Serang, Propinsi Banten, yang bergerak di bidang struktur baja, penanganan alat berat (*crane*), *boiler pressure part*, dan pemeliharaan *boiler*. Berdasarkan hasil data inspeksi pada gambar 1, dapat dilihat persentase cacat produk masih tergolong tinggi, hal ini jauh jika dibandingkan dengan standar perusahaan yaitu 0,1%. Jika permasalahan ini tidak segera diatasi, maka berdampak pada penurunan kualitas produk dan ketidakpuasan pelanggan, serta peningkatan biaya produksi akibat kebutuhan perbaikan atau produksi ulang. Hal ini berisiko memperpanjang waktu produksi dan mengganggu jadwal pengiriman produk ke pelanggan.

Tinjauan Pustaka

A. Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas merupakan faktor yang penting dalam setiap bidang usaha. Dengan adanya pengendalian kualitas, perusahaan memiliki jaminan untuk menghasilkan produk dengan mutu produk yang baik dan memuaskan (Assauri, 2016). Apabila perusahaan tidak menerapkan pengendalian kualitas secara optimal, produk yang dihasilkan berpotensi tidak aman untuk digunakan oleh konsumen (Nurhidayat et al., 2024). Menurut Reksohadiprodjo

& Gitosudarmo (2000), pengendalian kualitas berfungsi sebagai alat manajemen untuk meningkatkan kualitas, mempertahankan standar yang tinggi dan meminimalkan tingkat cacat produk.

B. Six Sigma

Six Sigma adalah metodologi terstruktur yang digunakan untuk memperbaiki kinerja proses dengan fokus pada pengurangan variasi proses (*process variances*) dan cacat pada produk atau jasa yang tidak memenuhi spesifikasi. Metode ini menerapkan penggunaan alat bantu statistik dan teknik pemecahan masalah secara intensif untuk mencapai peningkatan kualitas dan konsistensi proses. (Kurniawan et al., 2018).

C. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Menurut McDermott dkk. (2008), FMEA adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mencegah potensi masalah pada produk dan proses sebelum terjadi, di mana metode ini berfokus pada pencegahan cacat, peningkatan keamanan, dan peningkatan kepuasan pelanggan. Idealnya, FMEA dilakukan selama tahap desain atau pengembangan produk dan proses, tetapi menerapkan FMEA ke produk dan proses yang ada juga dapat memberikan manfaat yang signifikan (Setiawan, 2014)

Tujuan utama penggunaan FMEA adalah untuk mengidentifikasi mode kegagalan potensial dalam unit sistem, mengevaluasi dampaknya pada kinerja sistem, dan merekomendasikan strategi untuk menghilangkan atau mengurangi kemungkinan kegagalan, mengurangi tingkat keparahannya, dan meningkatkan kemampuan deteksi mode kegagalan tertentu. (Lo & Liou, 2018). Secara umum, ada dua tipe FMEA, yakni proses FMEA dan desain FMEA. Dalam proses FMEA, pengamatan fokus pada proses produksi desain sedangkan desain FMEA, pengamatan fokus pada desain produk (Suwandi et al., 2020).

D. Process Decision Program Chart (PDPC)

PDPC adalah alat yang berguna untuk membantu merancang proses dalam mencapai hasil yang diinginkan dengan menganalisis kejadian dan variasi hasil yang mungkin terjadi. (Arif, 2016).

Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, pengolahan data dilakukan menggunakan metode Six Sigma dengan tahapan *Define*, *Measure*, *Analyze*, dan *Improve* (DMAI) sebagai alat analisis, yang diuraikan sebagai berikut:

1. Define

Tahap *define* merupakan tahap awal dalam penerapan metode Six Sigma. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- a. Mengidentifikasi permasalahan terkait standar kualitas dalam proses produksi yang sesuai dengan peraturan perusahaan (*Critical to Quality*, CTQ).
- b. Menetapkan data jumlah inspeksi dan jumlah cacat pada proses produksi *boiler pressure part*.
- c. Membuat diagram Suppliers-Inputs-Process-Outputs-Customers (SIPOC) untuk menggambarkan alur proses secara sistematis, urutan dan interaksi antar proses, serta seluruh komponen pendukung dalam setiap tahapan proses.

2. Measure

Pada tahap *measure*, pengolahan data dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah berikut:

- a. Membuat peta kendali untuk menentukan apakah proses produksi bagian tekanan boiler berada dalam batas kendali.
- b. Melakukan pengukuran tingkat six sigma dan Defect Per Million Opportunities (DPMO) untuk mengevaluasi kualitas hasil pengelasan berdasarkan data inspeksi.

3. Analyze

- a. Diagram Pareto
Diagram Pareto digunakan untuk mengidentifikasi CTQ dengan menampilkan frekuensi penyebab masalah dari tertinggi hingga terendah. Analisis ini membantu memprioritaskan analisis perbaikan.
 - b. Diagram *Fishbone*
Diagram *Fishbone* merupakan alat bantu untuk mengidentifikasi penyebab masalah. Secara umum, sumber penyebab masalah kualitas meliputi:
 - 1) Man (Manusia): Pekerja yang terlibat langsung dalam proses produksi.
 - 2) Material (bahan baku): Semua bahan yang digunakan perusahaan sebagai komponen produk, termasuk bahan baku utama dan bahan baku pendukung.
 - 3) Machine (mesin): Mesin dan peralatan yang digunakan dalam proses produksi.
 - 4) Method (metode): Prosedur kerja yang menjadi panduan dalam pelaksanaan proses produksi.
 - 5) Environment (lingkungan): Kondisi sekitar perusahaan yang secara langsung maupun tidak langsung memengaruhi operasional perusahaan secara umum dan proses produksi secara khusus.
4. *Improve*
Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data, dapat disusun rekomendasi perbaikan melalui penerapan metode FMEA dan PDPC. Tujuan utamanya adalah menangani cacat dominan dalam proses pengelasan.

Hasil Dan Pembahasan

Dalam penelitian ini, pengolahan data menggunakan metode six sigma yang digunakan sebagai alat analisis yaitu *Define, Measure, Analyze, Improve* (DMAI) dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. *Define*
Define merupakan langkah awal dalam kegiatan peningkatan kualitas dengan metode six sigma. Pada tahap ini perlu mendefinisikan beberapa hal yang terkait, yaitu:
 - a. Mendefinisikan jenis cacat yang menjadi penyebab utama dalam proses produksi boiler pressure part:
 - 1) Porosity
Cacat las ini berupa lubang-lubang kecil (pori-pori) yang tersebar pada weld metal, baik di permukaan maupun di bagian dalam logam.



Gambar 2. Cacat Porosity

- 2) Undercut
Cacat las yang terjadi di area permukaan atau akar las, bentuk cacat ini menyerupai lekukan pada base metal (logam induk).



Gambar 3 Cacat Undercut

3) Slag Inclusion

Cacat las yang terjadi di bagian dalam weld metal, di mana residu flux (slag) terperangkap. Cacat ini umumnya ditemukan pada awal atau akhir proses pengelasan.



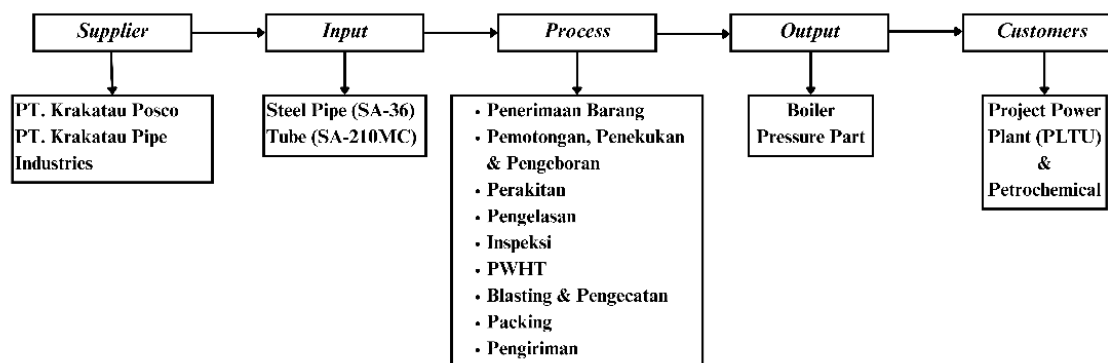
Gambar 4 Cacat Slag Inclusion

- b. Menetapkan data jumlah inspeksi dan jumlah cacat pada proses produksi *boiler pressure part*.

Tabel 1 Data Jumlah Inspeksi dan Cacat 2023

Bulan	Jumlah Inspeksi	Jumlah Cacat
Januari	2.326	190
Februari	2.812	158
Maret	2.713	196
April	2.832	175
Mei	2.221	186
Juni	2.157	180
Juli	2.655	150
Agustus	2.563	155
September	2.813	196
Oktober	2.411	175
November	2.278	130
Desember	822	75
Total	28.603	1.966

- c. Diagram SIPOC adalah alat yang digunakan untuk memetakan dan merangkum elemen-elemen utama dari proses produksi. Diagram ini secara visual menggambarkan Supplier, Input, Process, Output, dan Customer yang terlibat.



Gambar 5 Diagram SIPOC

- 1) Supplier : PT. Krakatau Pipe Industries dan PT. Krakatau Posco (pemasok material attachment).
- 2) Input: pipe (A/SA-36) dan tube (A/SA-210MC).
- 3) Proses: menyelesaikan proses produksi boiler pressure part. Dimulai dari tahap penerimaan barang, pemotongan, perakitan, pengelasan, Inspeksi, PWHT, Blasting, packing, dan pengiriman.
- 4) Output: Produk boiler yang memenuhi standar keamanan dan kesesuaian.
- 5) Customers: Proyek pembangunan Power Plant (PLTU) dan Petrochemical.

2. Measure

a. Checksheet

Dalam penerapan pengendalian kualitas statistik, langkah pertama pada tahap pengukuran (*Measure*) adalah penyusunan check sheet. Alat ini berguna dalam menyederhanakan proses pengumpulan dan analisis data. Hasil pengumpulan data melalui check sheet kemudian diolah untuk menghitung persentase defect, sebagaimana disajikan dalam Tabel 2 di bawah ini :

Tabel 2 Data Persentase Cacat

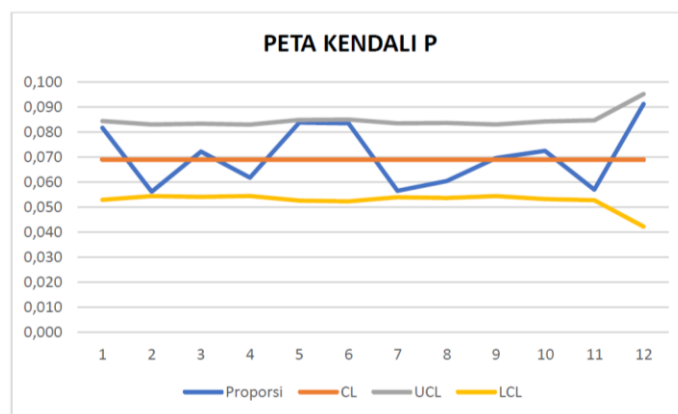
No	Bulan	Jumlah Inspeksi	Jumlah Cacat	Persentase Cacat
1	Januari	2.326	190	8,2%
2	Februari	2.812	158	5,6%
3	Maret	2.713	196	7,2%
4	April	2.832	175	6,2%
5	Mei	2.221	186	8,4%
6	Juni	2.157	180	8,3%
7	Juli	2.655	150	5,6%
8	Agustus	2.563	155	6,0%
9	September	2.813	196	7,0%
10	Oktober	2.411	175	7,3%
11	November	2.278	130	5,7%
12	Desember	822	75	9,1%
Rata-Rata		2384	164	7,1%

Sebelum melakukan analisis lebih lanjut, perlu dilakukan uji keseragaman data untuk memastikan bahwa data yang dikumpulkan mewakili kondisi proses yang stabil, sebagai mana pada tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Uji Keseragaman Data

Bulan	Jumlah Inspeksi	Jumlah Cacat	P	CL	UCL	LCL
Januari	2.326	190	0,082	0,069	0,084	0,053
Februari	2.812	158	0,056	0,069	0,083	0,054
Maret	2.713	196	0,072	0,069	0,083	0,054
April	2.832	175	0,062	0,069	0,083	0,054
Mei	2.221	186	0,084	0,069	0,085	0,053
Juni	2.157	180	0,083	0,069	0,085	0,052
Juli	2.655	150	0,056	0,069	0,083	0,054
Agustus	2.563	155	0,060	0,069	0,084	0,054
September	2.813	196	0,070	0,069	0,083	0,054
Oktober	2.411	175	0,073	0,069	0,084	0,053
November	2.278	130	0,057	0,069	0,085	0,053
Desember	822	75	0,091	0,069	0,095	0,042
Total	28.603	1.966				
Rata-Rata	2.384	163,83				

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 3 di atas mengenai uji keseragaman data produk cacat, selanjutnya akan disusun peta kendali p yang ditampilkan pada gambar 6 berikut.



Gambar 6. Peta Kendali p

- b. Tahap pengukuran tingkat *Six Sigma* dan DPMO (*Defect Per Million Opportunities*)
Langkah selanjutnya adalah mengukur tingkat *Six Sigma* dan DPMO untuk mendapatkan informasi tentang kinerja perusahaan dalam kondisi saat ini, seperti yang disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan Nilai DPU, DPO, DPMO dan Nilai Sigma

Bulan	Jumlah Inspkesi	Jumlah Cacat	CTQ	DPU	DPO	DPMO	Nilai Sigma
Januari	2.326	190	3	0,082	0,245	245.056	2,190
Februari	2.812	158	3	0,056	0,169	168.563	2,460
Maret	2.713	196	3	0,072	0,217	216.734	2,283
April	2.832	175	3	0,062	0,185	185.381	2,395
Mei	2.221	186	3	0,084	0,251	251.238	2,171
Juni	2.157	180	3	0,083	0,250	250.348	2,173
Juli	2.655	150	3	0,056	0,169	169.492	2,456
Agustus	2.563	155	3	0,060	0,181	181.428	2,410
September	2.813	196	3	0,070	0,209	209.030	2,310
Oktober	2.411	175	3	0,073	0,218	217.752	2,280

November	2.278	130	3	0,057	0,171	171.203	2,449
Desember	822	75	3	0,091	0,274	273.723	2,102
Total	28.603	1.966					
Rata-Rata	2.384	164	3	0,071	0,212	211.662	2,307

Berdasarkan hasil berhitung pada tabel 4 di atas, produksi boiler pressure part perusahaan memiliki tingkat sigma 2,307 dengan jumlah cacat sebesar 211.266 joint. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kapabilitas kinerja perusahaan dalam produksi boiler pressure part berada pada rata-rata industri di Indonesia, sehingga masih diperlukan upaya perbaikan untuk mengurangi tingkat kecacatan dan meningkatkan kualitas produk.

3. *Analyze*

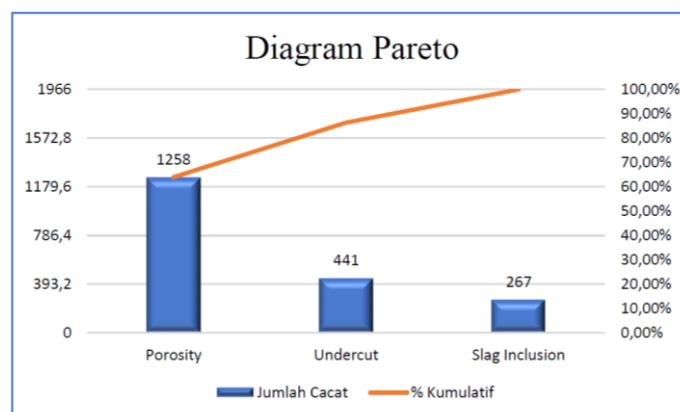
Tahap *Analyze* dalam Six Sigma merupakan tahap identifikasi, organisasi, dan validasi akar penyebab masalah potensial. Pada tahap ini, penentuan akar penyebab masalah dari *Critical to Quality* (CTQ) dilakukan dengan menggunakan alat bantu berupa diagram Pareto dan diagram sebab-akibat (*fishbone diagram*).

a. Diagram Pareto

Dengan menggunakan diagram ini, dapat diidentifikasi jenis kerusakan yang paling dominan pada hasil produksi *boiler pressure part*.

Tabel 5. Data Jenis Cacat Produk *Boiler Pressure Part*

Jenis Cacat	Jumlah Cacat	Persen Cacat	% Kumulatif
Porosity	1.258	63,99%	63,99%
Undercut	441	22,43%	86,42%
Slag Inclusion	267	13,58%	100,00%
Total	1.966	100,00%	

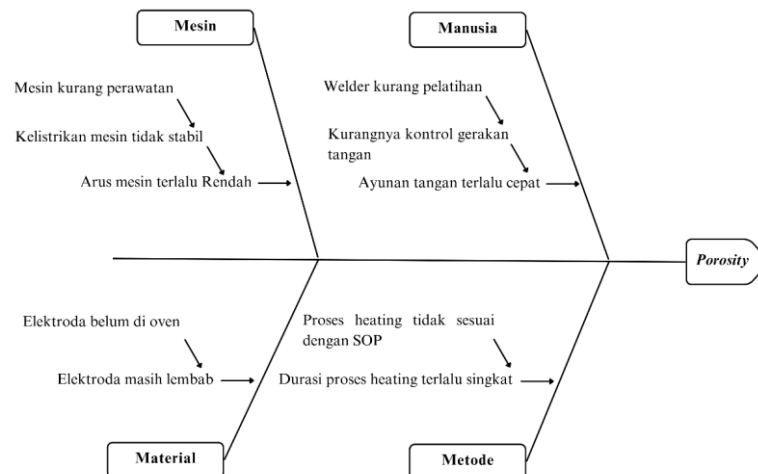


Gambar 7. Diagram Pareto

Berdasarkan Gambar 7, terdapat tiga jenis kecacatan pada hasil produksi, yaitu *porosity*, *undercut*, dan *slag inclusion*. Jenis kecacatan terbesar adalah *porosity* dengan jumlah 1.258 atau sebesar 63,99%, diikuti oleh *undercut* sebanyak 441 atau 21,87%, serta *slag inclusion* sebanyak 267 atau 14,31%.

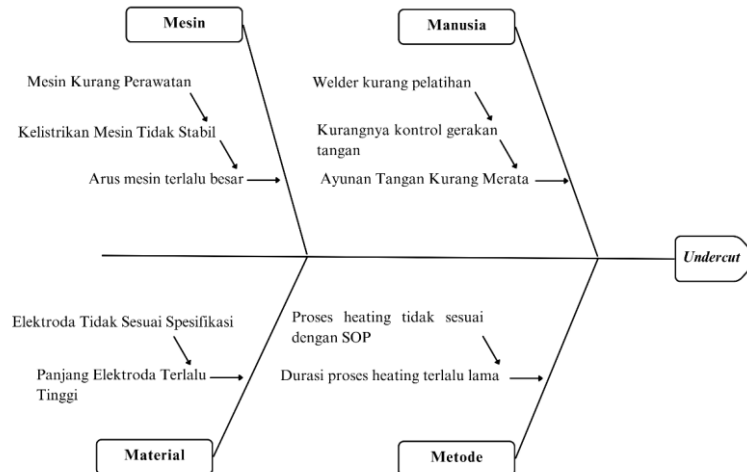
b. Diagram *Fishbone*

Setelah mengidentifikasi potensi cacat, langkah selanjutnya adalah menganalisis sumber dan akar penyebabnya menggunakan diagram sebab-akibat (*Fishbone*). Diagram ini membantu mengidentifikasi dan menganalisis faktor-faktor penyebab kerusakan dalam proses produksi, seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.

Gambar 8. Diagram Fishbone (*Porosity*)

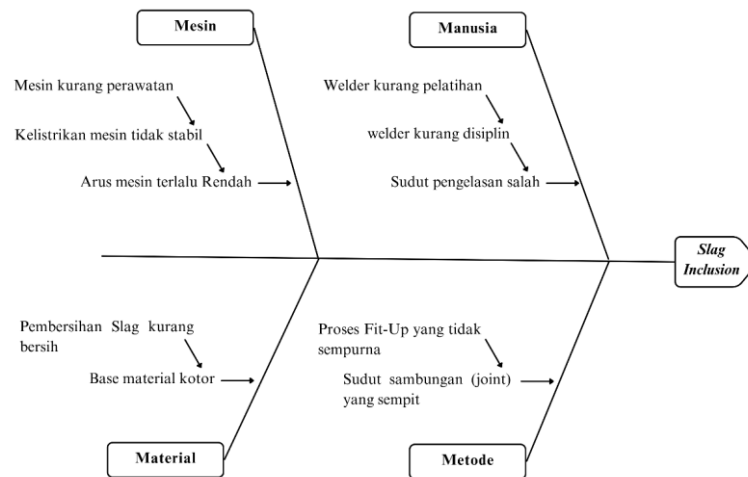
Berdasarkan Gambar 8, faktor-faktor penyebab cacat porosity dapat diidentifikasi sebagai berikut:

- 1) Faktor mesin: Kurangnya perawatan mengakibatkan arus listrik tidak stabil selama penggunaan.
- 2) Faktor manusia: Lengan *welder* berayun terlalu cepat karena kurangnya pelatihan.
- 3) Faktor material: elektroda tidak melalui proses oven sehingga masih dalam kondisi lembab.
- 4) Faktor metode: Proses heating tidak sesuai dengan SOP, yaitu dilakukan terlalu singkat.

Gambar 9. Diagram *Fishbone* (*Undercut*)

Dari gambar 9, faktor-faktor penyebab timbulnya cacat *undercut* dapat diuraikan sebagai berikut:

- 1) Faktor manusia: Lengan *welder* berayun terlalu cepat karena kurangnya pelatihan.
- 2) Faktor mesin: Kurangnya perawatan mengakibatkan arus listrik tidak stabil selama penggunaan.
- 3) Faktor material: elektroda tidak melalui proses oven sehingga masih dalam kondisi lembab.
- 4) Faktor metode: Proses *heating* tidak sesuai dengan SOP, yaitu dilakukan terlalu singkat.

Gambar 11. Diagram *Fishbone* (Slag Inclusion)

Berdasarkan Gambar 11, faktor-faktor penyebab cacat inklusi terak dapat diidentifikasi sebagai berikut:

- 1) Faktor material: base material yang terkontaminasi akibat proses pembersihan slag yang kurang sempurna.
- 2) Faktor metode : Sambungan las yang terlalu rapat akibat fit-up yang tidak optimal.
- 3) Faktor manusia: welder kurang mendapatkan pelatihan yang memadai.
- 4) Faktor terkait mesin: Kurangnya perawatan mesin mengakibatkan arus listrik tidak stabil saat digunakan.

4. *Improve*

Tahap improve bertujuan untuk melakukan tindakan perbaikan yang diperlukan dalam mengoptimalkan proses. Dalam penelitian ini, tahap improve menerapkan metode FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) dan PDPC (Process Decision Program Chart) untuk memberikan rekomendasi perbaikan yang diharapkan dapat memenuhi atau bahkan melampaui tujuan yang ditetapkan oleh Six Sigma.

a. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

FMEA adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi potensi kegagalan yang dapat terjadi pada produk atau proses produksi *boiler pressure part*.

Tabel 6 Penilaian Metode FMEA untuk mode kegagalan *Porosity*

Mode kegagalan	Potensi kegagalan	Dampak kegagalan	Severity	Penyebab kegagalan	Occurrence	Kendali yang dilakukan	Detection	RPN
Porosity	Ayunan tangan welder terlalu cepat	Hasil pengelasan yang tidak sesuai standar	7	Welder kurang pelatihan	6	Melakukan Resertifikasi keahlian pada welder	7	294
	Overuse pada mesin las	Terjadinya kerusakan pada	7	Mesin kurang perawatan	8	Membuat jadwal <i>preventive maintenance</i>	7	392

		kompon en kelistri k an mesin las				nce pada mesin las	
Peleburan <i>filler</i> las tidak sempurna	Timbuln ya cacat pada area pengelas an	7	Elektro da lembab	7	Elektroda di oven terlebih dahulu sebelum digunakan	5	245
Terjebakn ya gas O ² akibat perbedaa n suhu material	Timbuln ya cacat pada area pengelas an	5	Durasi proses <i>heating</i> terlalu singkat	6	Melakuka n kegiatan TBM bersama mengenai SOP seminggu sekali	7	210

Berdasarkan Tabel 6, nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi tertinggi untuk cacat porosity disebabkan oleh faktor kegagalan akibat kurangnya perawatan mesin, dengan nilai RPN sebesar 392. Nilai RPN tertinggi kedua disebabkan oleh faktor kegagalan akibat welder yang kurang mendapatkan pelatihan yang memadai, dengan nilai RPN sebesar 294.

Tabel 7 Penilaian Metode FMEA untuk mode kegagalan *Undercut*

Mode kegagal an	Potensi kegagal an	Dampak kegagala n	Severi ty	Penyeba b kegagal an	Occurren ce	Kendali yang dilakukan	Detecti on	RP N
Underc ut	Ayunan tangan welder kurang merata	Terjadi n ya cerukan pada permuka an benda kerja	7	<i>Welder</i> kurang pelatiha n	6	Melakuka n Resertifik asi keahlian pada welder	7	294
	<i>Overuse</i> pada mesin las	Terjadi n ya kerusaka n pada kompone n kelistrika n mesin las	7	Mesin kurang perawat an	8	Membuat jadwal <i>preventive</i> <i>maintenance</i> pada mesin las	7	392

Panjang elektroda terlalu tinggi	Hasil lasan yang tidak sempurna	7	Elektroda tidak sesuai dengan kegunaan	7	Melakukan pengecekan sebelum memulai proses pengelasan	5	245
Adanya perbedaan suhu <i>base metal</i> dengan filler las	Terjadinya cerukan pada permukaan base material	5	Durasi proses <i>heating</i> terlalu lama	6	Melakukan kegiatan TBM bersama mengenai SOP seminggu sekali	7	210

Berdasarkan Tabel 7, nilai RPN tertinggi untuk cacat *undercut* disebabkan oleh faktor kegagalan akibat kurangnya perawatan mesin, dengan nilai RPN sebesar 392. Nilai RPN tertinggi kedua berasal dari faktor kegagalan akibat welder yang kurang mendapatkan pelatihan yang memadai, dengan nilai RPN sebesar 294.

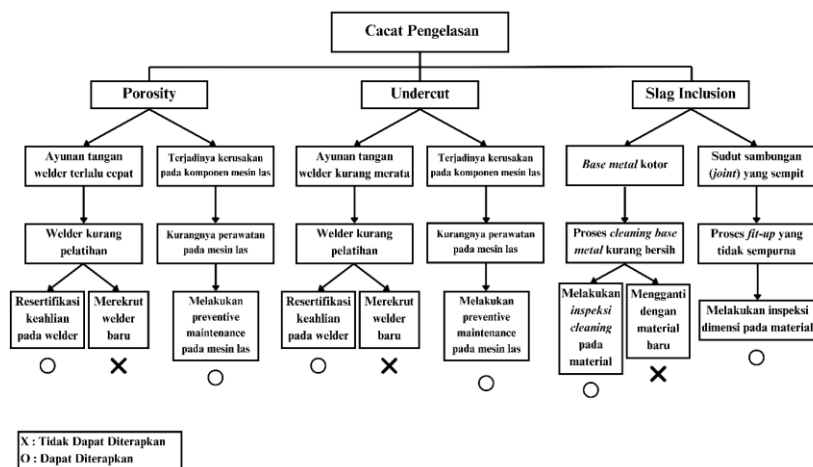
Tabel 8 Penilaian Metode FMEA untuk mode kegagalan Slag Inclusion

Mode kegagalan	Potensi kegagalan	Dampak kegagalan	Severity	Penyebab kegagalan	Occurrence	Kendali yang dilakukan	Detection	RPN
Slag Inclusion	Sudut pengelasan salah	Hasil pengelasan yang tidak sesuai standar	7	Welder kurang pelatihan	7	Melakukan Resertifikasi keahlian pada welder	5	245
	<i>Overuse</i> pada mesin las	Terjadinya kerusakan pada komponen kelistrikan mesin las	5	Mesin kurang perawatan	6	Membuat jadwal <i>preventive maintenance</i> pada mesin las	7	210
	Proses <i>cleaning base metal</i> kurang bersih	Menumpuknya <i>slag</i> yang akan menyebabkan cacat	8	<i>Base Material</i> kotor	7	Melakukan inspeksi <i>cleaning</i> pada material sebelum di las	6	336
	Sudut sambungan (<i>joint</i>) yang sempit	Pengisian filler menjadi tidak merata	7	Proses <i>fit-up</i> yang tidak sempurna	8	Mengukur terlebih dahulu jarak sambungan sesuai dengan SOP	5	280

Berdasarkan Tabel 8, nilai RPN tertinggi untuk cacat *slag inclusion*, yaitu 336, disebabkan oleh faktor kegagalan yang berasal dari kondisi *base material* yang kotor. Nilai RPN tertinggi kedua, yaitu 280, disebabkan oleh faktor kegagalan akibat durasi proses *fit-up* yang tidak sempurna. Langkah selanjutnya adalah melakukan analisis menggunakan Process Decision Program Chart (PDPC) untuk menentukan langkah-langkah yang dapat diambil guna mengurangi kemungkinan terjadinya cacat selama proses pengelasan.

b. *Process Decision Program Chart* (PDPC)

PDPC (Gambar 10) digunakan untuk memetakan berbagai kemungkinan peristiwa dan kejadian yang dapat terjadi setelah dilakukan pemetaan permasalahan menggunakan diagram sebab-akibat (*fishbone diagram*) dan untuk mengidentifikasi jenis cacat dengan nilai RPN tertinggi berdasarkan hasil analisis pada tabel FMEA.



Gambar 12. Diagram PDPC

Penutup

Berdasarkan hasil penelitian dan dilakukan pengolahan data, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan metode six sigma didapatkan nilai DPMO (*Defect Per Million Opportunities*) dengan rata-rata 211.662 dan level sigma 2,307 pada produksi boiler pressure part di tahun 2023.
2. Berdasarkan hasil analisis menggunakan diagram *fishbone*, ditemukan 4 faktor yang menyebabkan terjadinya cacat pada hasil pengelasan yaitu method, man, materials, dan machine.
3. Rencana tindak lanjut untuk menangani permasalahan dan meminimalkan defect adalah dengan menerapkan metode six sigma, dengan *improve* FMEA dan PDPC.
 - a. FMEA digunakan sebagai metode untuk merencanakan dan melaksanakan tindakan perbaikan secara sistematis.
 - b. PDPC adalah alat bantu yang digunakan untuk memetakan urutan kegiatan dan mengidentifikasi potensi masalah yang mungkin terjadi, sehingga dapat membantu dalam merumuskan rencana tindakan yang efektif.

Daftar Pustaka

- Assauri, Sofjan (2016) *Manajemen Operasi Produksi: Pencapaian Sasaran Organisasi Berkesinambungan*, Edisi tiga. Jakarta : Rajawali Press.
- Kurniawan, Ardi, Sediono, dan Fauzea Adina. (2018) Analisis Pengendalian Kualitas Proses Produksi Kue Lapis Kukus Surabaya Berdasarkan Metode Six Sigma. *Statistika*, Vol. 18 No. 1, 21 – 29, Mei 2018
- Lo, Huai Wei dan James J.H. Liou. (2018) A novel multiple-criteria decision-making-based FMEA model for risk assessment. *Applied Soft Computing Journal*, Vol. 73. 684 - 696
- McDermott, Robin, Raymond J. Mikulak, dan Michael Beauregard. (2008) *The Basics of FMEA*. New York : Productivity Press
- Nurhidayat, Maulana Furqon, Edi Komara, Whony Rofianto, dan Santi Rimadidas. (2024) Pengaruh Kualitas Produk, Kepercayaan, Keamanan, Harga, Kemudahan, Promosi, terhadap Kepuasan Konsumen dalam Melakukan Pembelian Terhadap E-Commerce Shopee. *Journal of Accounting, Management, and Islamic Economics*, Vol.02, No.02, Desember 2024: 595-608
- Reksohadiprojo, Sukanto dan Indriyo Gitosudarmo. (2000). *Manajemen Produksi, Edisi ke-4, cetakan ke-11 (sebelas)*. Yogyakarta : Penerbit BPFE.

- Rosillo-Díaz, E., Blanco-Encomienda, F. J., & Muñoz-Rosas, J. F. (2022). Analysis of the evolution and impact of product quality in business. *Total Quality Management & Business Excellence*, 33(7-8), 907-928
- Setiawan, Iwan. (2014) FMEA Sebagai Alat Analisa Risiko Moda Kegagalan Pada Magnetic Force Welding Machine ME-27.1. *Majalah Ilmiah Pengelolaan Instalasi Nuklir*, 13, 31–41.
- Suwandi, Arief, Teuku Yuri Zagloel, dan Akhmad Hidayatno. (2020) Minimization of pipe production defects using the FMEA method and dynamic system. *International Journal of Engineering Research and Technology*. Vol. 13, No. 5.
- Vin, Om. (2024) Savety Valve pada Boiler - Fungsi dan Cara Kerja. [online] <https://www.alvindocs.com/blog/safety-valve-boiler>. Diakses tanggal 29 Juli 2025.