

PENGENDALIAN KUALITAS PENGELASAN BUCKET MENGGUNAKAN METODE SIX SIGMA DI PT. MACI CITRA MANDIRI

Aulia Kusumawati¹, Arya Maulana Kevin²

¹Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Serang Raya

²Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Serang Raya

* Email penulis korespondensi : aulia07@gmail.com; kevinaryamaulana21@gmail.com

ABSTRAK

PT. Maci Citra Mandiri merupakan perusahaan yang bergerak dibidang jasa perawatan alat berat. Perawatan dilakukan dengan memeriksa visual, melakukan pengujian NDT (Non-Destructive Test), melakukan uji beban, dan pemberian saran atau rekomendasi berdasarkan hasil pemeriksaan. Permasalahan utama yang dihadapi perusahaan adalah tingginya tingkat repair rate akibat cacat pengelasan seperti porosity, undercut, incomplete fusion, dan slag inclusion. Cacat ini berdampak pada peningkatan biaya produksi, penurunan efisiensi, dan menurunnya kepuasan pelanggan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengendalikan kualitas pengelasan bucket di PT. Maci Citra Mandiri dengan metode Six Sigma. Metode Six Sigma digunakan untuk mengidentifikasi akar permasalahan dan mengusulkan perbaikan melalui tahapan Define, Measure, Analyze, Improve (DMAI). Hasil Defect Per Million Opportunities (DPMO) sebesar 3.621,66 dengan level sigma 4,19. Jenis cacat yang paling dominan adalah porosity disebabkan oleh kelembapan elektroda, ketidaksesuaian parameter pengelasan, dan kondisi lingkungan kerja yang tidak optimal.

Melalui analisis Fishbone dan FMEA,. Hasil Risk Priority Number (RPN), upaya peningkatan kualitas difokuskan pada tingkat risiko tertinggi, antara lain: kurangnya kompetensi welder, mesin las yang tidak terkalibrasi, penyimpanan elektroda yang tidak sesuai standar, dan kondisi lingkungan kerja yang tidak terkontrol. Solusi peningkatan kualitas yang diusulkan mencakup penyediaan oven elektroda, pelatihan welder secara berkala, kalibrasi rutin mesin las, serta perbaikan sistem ventilasi dan pengawasan lingkungan kerja.

Kata kunci : *Pengendalian Kualitas, Pengelasan, Six sigma, FMEA*

ABSTRACT

PT. Maci Citra Mandiri is a company engaged in heavy equipment maintenance services. Maintenance is carried out by conducting visual inspections, conducting NDT (Non-Destructive Test), conducting load tests, and providing suggestions or recommendations based on the inspection results. The main problem faced by the company is the high repair rate due to welding defects such as porosity, undercut, incomplete fusion, and slag inclusion. These defects have an impact on increasing production costs, decreasing efficiency, and decreasing customer satisfaction. This study aims to analyze and control the quality of bucket welding at PT. Maci Citra Mandiri using the Six Sigma method. The Six Sigma method is used to identify root causes and propose improvements through the Define, Measure, Analyze, Improve (DMAI) stages. The results of Defect Per Million Opportunities (DPMO) were 3,621.66 with a sigma level of 4.19. The most dominant type of defect is porosity caused by electrode humidity, mismatched welding parameters, and suboptimal working environment conditions. Through Fishbone and FMEA analysis. The results of the Risk Priority Number (RPN), quality improvement efforts are focused on the highest risk levels, including: lack of welder competence, uncalibrated welding machines, non-standard electrode storage, and uncontrolled work environment conditions

Keywords: *Quality Control, Welding, Six sigma, FMEA*

Pendahuluan

Dalam dunia industri modern, kualitas produk menjadi faktor krusial dalam memenangkan persaingan pasar. Cacat produk tidak hanya menurunkan kepercayaan pelanggan, tetapi juga menambah biaya operasional. PT. Maci Citra Mandiri sebagai perusahaan jasa perawatan alat berat menghadapi tingginya tingkat *repair* pada pengelasan bucket akibat cacat seperti *porosity* dan *undercut*. Data internal perusahaan menunjukkan bahwa tingkat cacat bulanan berkisar antara 11% hingga 22%, dengan rata-rata sebesar 14% selama periode Januari hingga Desember 2024.

Tabel 1. Data Cacat Pengelasan Bucket Tahun 2024

| Bulan | Jumlah Inspeksi | Jumlah Defect | Persentase Defect |
|-----------|-----------------|---------------|-------------------|
| Januari | 126 | 23 | 18% |
| Februari | 120 | 17 | 14% |
| Maret | 122 | 15 | 12% |
| April | 115 | 14 | 12% |
| Mei | 112 | 13 | 12% |
| Juni | 108 | 12 | 11% |
| Juli | 125 | 28 | 22% |
| Agustus | 121 | 15 | 12% |
| September | 117 | 15 | 13% |
| Oktober | 123 | 19 | 15% |
| November | 117 | 17 | 15% |
| Desember | 116 | 18 | 16% |
| Total | 1422 | 206 | 14% (rata-rata) |

Sumber: Data Perusahaan (2025)

Jenis cacat dominan seperti *porosity*, *undercut*, *incomplete fusion*, dan *slag inclusion* tidak hanya menyebabkan pemborosan material tetapi juga memperlambat waktu siklus produksi. Oleh karena itu, metode *Six Sigma* digunakan sebagai pendekatan sistematis berbasis data untuk mencapai *zero defect*.

Tinjauan Pustaka

Kualitas didefinisikan sebagai *fitness for use*, yaitu kesesuaian antara fungsi dan kebutuhan. Dalam kualitas terdapat dua hal penting yang harus diperhatikan, yaitu *features of products* merupakan produk yang sesuai dengan kebutuhan dan memberikan kepuasan pada konsumen, *freedom from deficiencies* merupakan produk yang bebas dari kesalahan atau kecacatan (Tambunan et al., 2020).

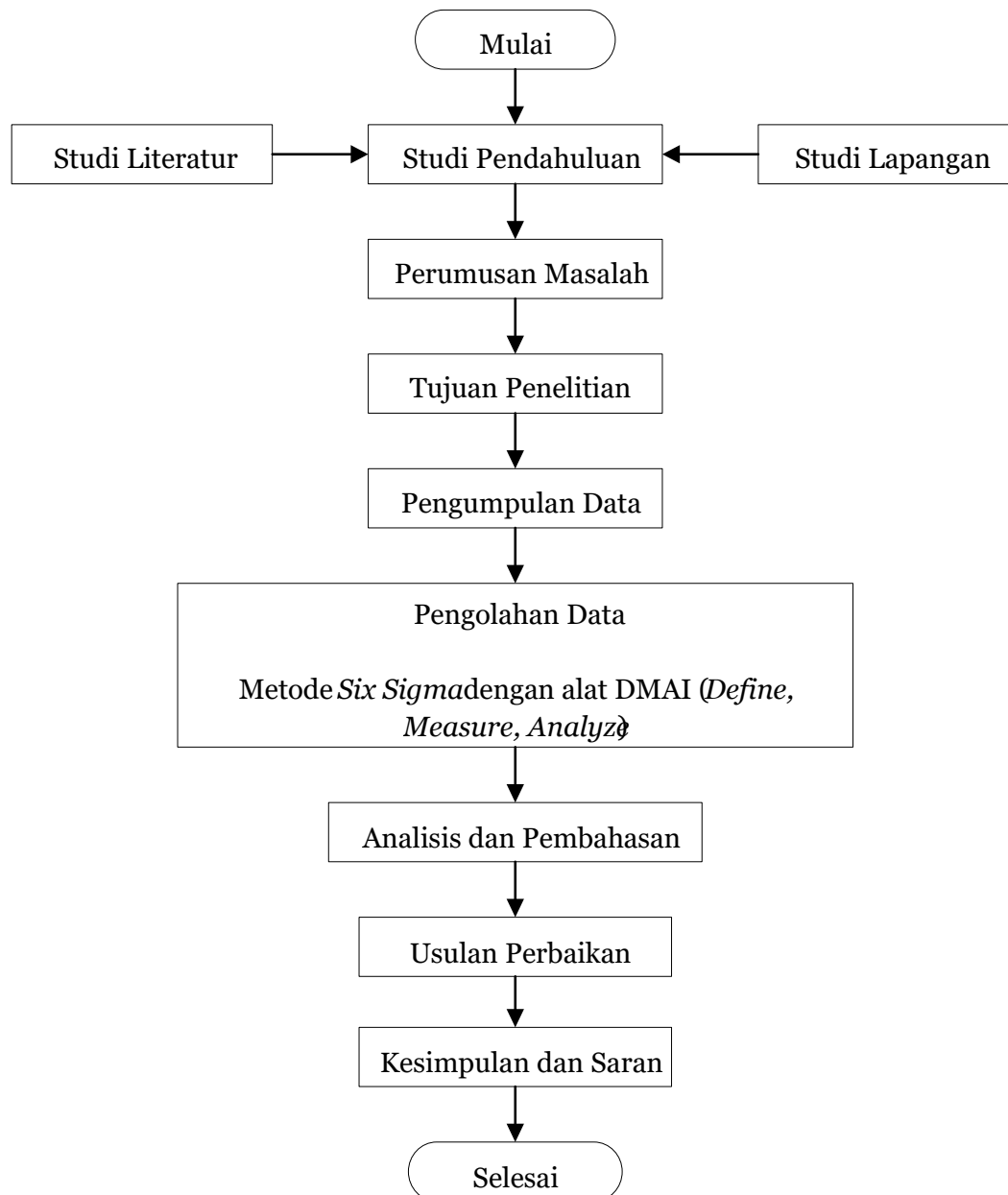
Metode *Six Sigma* mengacu pada standar kualitas yang sangat tinggi, yang hanya memperbolehkan 3,4 cacat per sejuta kesempatan (DPMO). Dalam penerapannya, *Six Sigma* banyak digunakan pada proses produksi di industri manufaktur dan jasa, khususnya dalam kegiatan pengelasan yang menuntut presisi tinggi. *Six Sigma* juga memberi manfaat yang telah teruji yaitu mencakup pengurangan biaya, peningkatan produktivitas, pertumbuhan 24 pangsa pasar, pengurangan cacat, dan pengembangan produksi atau jasa (Hidayat & Suseno, 2023).

Menurut Gaspersz (2012), pendekatan DMAIC dalam *Six Sigma* sangat efektif untuk mengidentifikasi akar penyebab masalah dan memperbaiki proses dengan pendekatan statistik.

Alat bantu seperti *Fishbone* Diagram dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) membantu dalam menemukan dan memprioritaskan risiko kegagalan.

Metode Penelitian

Berikut ini merupakan alur penelitian dari tahap awal hingga akhir penelitian.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode kuantitatif melalui pendekatan Six Sigma. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara, dan dokumentasi laporan inspeksi pengelasan di PT. Maci Citra Mandiri. Data dianalisis dengan tahapan DMAI:

Define

Define merupakan fase penetapan masalah yang terjadi pada proses pengelasan, yaitu diantaranya (Junianto et al., 2018) Pada tahap *Define* dalam Six Sigma, alat penting yang digunakan adalah CTQ (Critical to Quality) dan SIPOC Diagram. CTQ membantu mengidentifikasi kebutuhan utama pelanggan dan menerjemahkannya menjadi persyaratan kualitas yang terukur. Sementara itu, SIPOC digunakan untuk memetakan proses secara menyeluruh, mulai dari pemasok hingga pelanggan, sehingga tim memahami alur kerja dan ruang lingkup proyek secara jelas.

Measure

Tahapan ini bertujuan untuk mengukur tingkat kecacatan dan tingkat kinerja (Junianto et al. 2018).

Berikut adalah langkah-langkah dalam pembuatan peta kendali:

1. Menghitung presentase kerusakan

$$p = \frac{np}{n}$$

2. Menghitung mean (CL) atau rata-rata produk akhir yaitu

$$CL = \frac{\sum np}{\sum p}$$

4. Menghitung Batas Kendali Atas atau Upper Control Limit (UCL)

$$UCL = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}}$$

5. Batas Kendali Bawah atau Lower Control Limit (LCL)

$$LCL = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}}$$

Keterangan :

p : rata-rata proporsi kecacatan

n : jumlah sampel

np : jumlah kecacatan

UCL : Upper Control Limit

LCL : Lower Control Limit

Menentukan Defect Per Million Opportunities (DPMO) dan tingkat sigma Perhitungan Langkah-langkahnya sebagai berikut :

$$1. \quad DPU = \frac{\text{Total Kerusakan}}{\text{Total Produksi}}$$

$$2. \quad DPMO = DPU \times 1.000.000$$

$$3. \quad SIGMA = \text{NORMSINV} \left(\left(\frac{1000000 - DPMO}{1000000} \right) + 1,5 \right)$$

Analyze

Analyze merupakan tahap dilakukan identifikasi, organisasi dan validasi dari akar penyebab masalah potensial. Pada tahap ini dilakukan penentuan akar penyebab dari CTQ kunci dengan menggunakan alat bantu diagram *fishbone* (Mas'amah & Suhartini, 2021). Pada tahap ini Menggunakan Fishbone diagram untuk mengidentifikasi penyebab dari lima aspek: manusia, mesin, metode, material, dan lingkungan.

Improve

Tahap keempat yaitu tindakan untuk meningkatkan kualitas terhadap kegagalan dengan menganalisa kegagalan untuk mengidentifikasi potensi, penyebab serta efek kegagalan yang akan terjadi. Untuk tindakan pencegahan ini, analisa kegagalan dapat dilakukan dengan menggunakan suatu konsep yaitu *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) (Mas'amah & Suhartini, 2021).

Hasil dan Pembahasan

Define

Cacat las jenis undercut, incomplete fusion, porosity, dan slag inclusion termasuk Critical to Quality (CTQ) pada penelitian ini, sehingga dapat dikatakan CTQ pada penelitian ini berjumlah 4 (empat) CTQ. Berikut ini merupakan pendefinisian dari tiap jenis cacat yang terjadi.

Tabel 2. Jenis *Defect*

| No. | Jenis <i>Defect</i> | Keterangan |
|-----|--------------------------|--|
| 1. | <i>Undercut</i> | Salah satu cacat paling umum dan tidak diinginkan yang dapat terjadi dalam pengelasan. Ini adalah alur atau cekungan yang terbentuk di sepanjang tepi manik las, dimana logam dasar telah meleleh tetapi belum diisi oleh logam pengisi. |
| 2. | <i>Incomplete Fusion</i> | Cacat yang disebabkan oleh kesalahan penggunaan besar arus, kecepatan pengelasan, kesalahan pemilihan atau manipulasi elektroda (<i>incorrect electrode manipulation</i>). |
| 3. | <i>Porosity</i> | Cacat las yang disebabkan oleh udara atau gas yang terkurung oleh lasan, sehingga dalam logam las terdapat rongga-rongga besar ataupun kecil. |
| 4. | <i>Slag Inclusion</i> | Terjadi akibat pembersihan pada saat pengelasan yang berlapis kurang bersih. Hal ini juga dapat diakibatkan penggunaan flux pada pengelasan yang berlapis. |

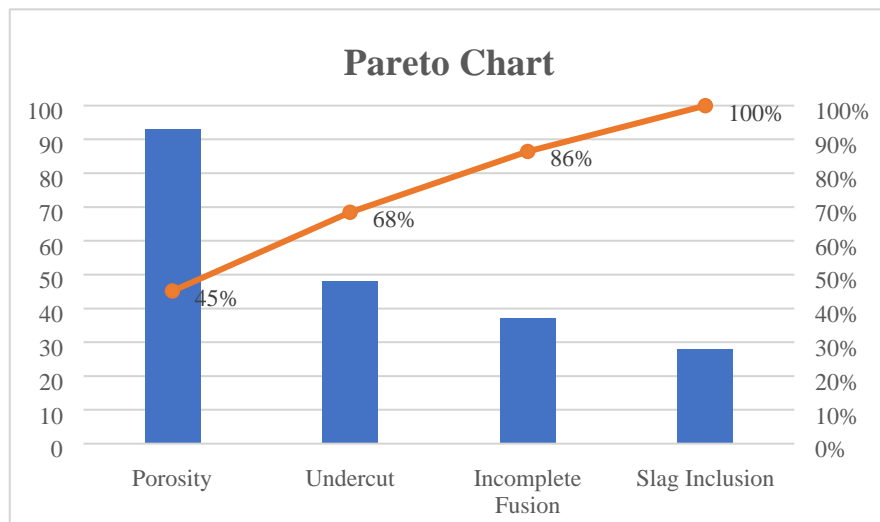
Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui cacat tertinggi yang menjadi prioritas utama menggunakan diagram pareto. Untuk membuat diagram pareto perlu diketahui persentase dari tiap jenis cacat dengan cara sebagai berikut.

Tabel 3 Presentase Jenis Cacat

| <i>Critical to Quality</i> | <i>Defect</i> | Persentase Cacat | Persentase Kumulatif |
|----------------------------|---------------|-------------------------|-----------------------------|
| <i>Porosity</i> | 93 | 45% | 45% |
| <i>Undercut</i> | 48 | 23% | 68% |
| <i>Incomplete Fusion</i> | 37 | 18% | 86% |
| <i>Slag Inclusion</i> | 28 | 14% | 100% |
| Total | 206 | | |

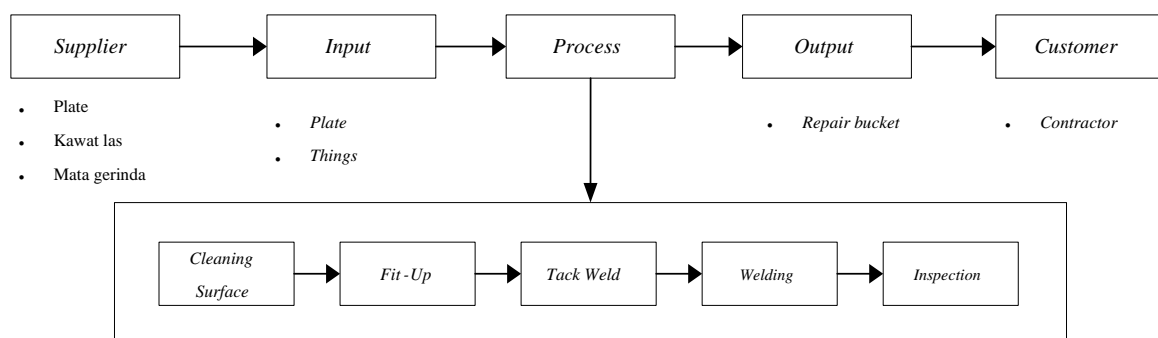
Berdasarkan Tabel 3 maka dibuatlah diagram pareto untuk mengetahui persentase cacat berdasarkan grafik seperti berikut ini.

Berikut merupakan bentuk diagram pareto pada cacat las *Bucket*:



Gambar 3 Pareto Chart

Adapun diagram SIPOC yang bertujuan untuk mengetahui alur proses produksi pada PT. Maci Citra Mandiri, yaitu sebagai berikut:



Gambar 3 SIPOC Diagram

Measure

Pada tahapan ini perhitungan dilakukan dengan pembuatan peta kendali dan perhitungan DPMO yang dapat dilihat sebagai berikut:

1. Menentukan Persentase Kerusakan (p) :

$$p = \frac{23}{126} = 0,1825 \%$$

Maka nilai persentase pada bulan November yaitu 10,37

2. Menghitung CL :

$$= \frac{206}{1422} = 0,1449$$

3. Menghitung Batas Kendali Atas (*Upper Control Limit – UCL*) :

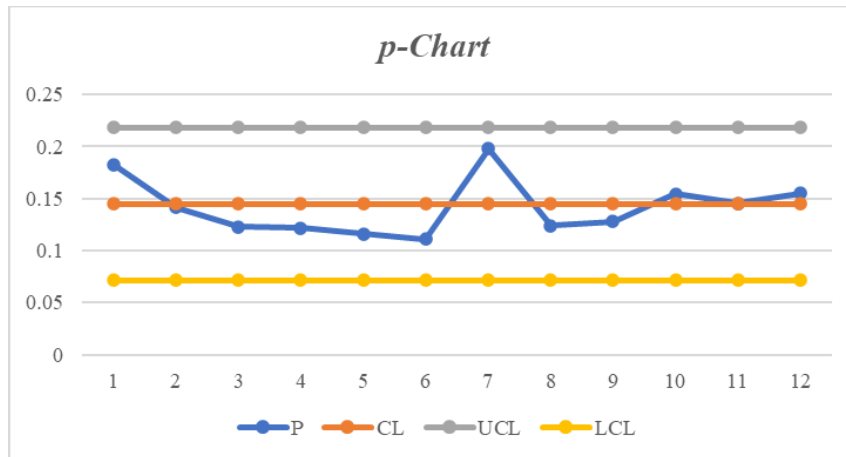
$$UCL = 0,1449 + 3 \left(\sqrt{\frac{1-0,1449}{1422}} \right) = 0,2184$$

4. Menghitung Batas Kendali Bawah (*Lower Control Limit – LCL*) :

$$LCL = 0,1449 - 3 \left(\sqrt{\frac{1-0,1449}{1422}} \right) = 0,101735$$

Berikut ini adalah rekapitulasi perhitungan analisis peta kendali (*p-chart*):

| Bulan | Inspeksi <i>Welding</i> | Jumlah <i>Defect</i> | p | CL | UCL | LCL |
|--------------|----------------------------|-------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Januari | 126 | 23 | 0.1825 | 0.1449 | 0.2184 | 0.0713 |
| Februari | 120 | 17 | 0.1417 | 0.1449 | 0.2184 | 0.0713 |
| Maret | 122 | 15 | 0.1230 | 0.1449 | 0.2184 | 0.0713 |
| April | 115 | 14 | 0.1217 | 0.1449 | 0.2184 | 0.0713 |
| Mei | 112 | 13 | 0.1161 | 0.1449 | 0.2184 | 0.0713 |
| Juni | 108 | 12 | 0.1111 | 0.1449 | 0.2184 | 0.0713 |
| Juli | 125 | 28 | 0.1982 | 0.1449 | 0.2184 | 0.0713 |
| Agustus | 121 | 15 | 0.1240 | 0.1449 | 0.2184 | 0.0713 |
| September | 117 | 15 | 0.1282 | 0.1449 | 0.2184 | 0.0713 |
| Oktober | 123 | 19 | 0.1545 | 0.1449 | 0.2184 | 0.0713 |
| November | 117 | 17 | 0.1453 | 0.1449 | 0.2184 | 0.0713 |
| Desember | 116 | 18 | 0.1552 | 0.1449 | 0.2184 | 0.0713 |
| Total | 1422 | 206 | | | | |



Berdasarkan Gambar 2 (p-chart), Seluruh titik p (proporsi cacat) berada di dalam batas kendali antara UCL dan LCL. Tidak ada titik yang melewati UCL atau LCL, sehingga proses dianggap dalam kendali statistik (statistically controlled).

Menentukan *Defect Per Million Opportunities* (DPMO) dan tingkat *sigma*

$$\begin{aligned} \text{DPMO} &= \frac{206}{1422} \times 1.000.000 \\ &= 3621,66 \end{aligned}$$

Nilai DPMO sebesar **3.621,66** menunjukkan bahwa dalam satu juta peluang, terdapat sekitar 3.622 cacat yang mungkin terjadi dalam proses pengelasan.

Hasil nilai tingkat *sigma* menggunakan rumus *excel*, yaitu:

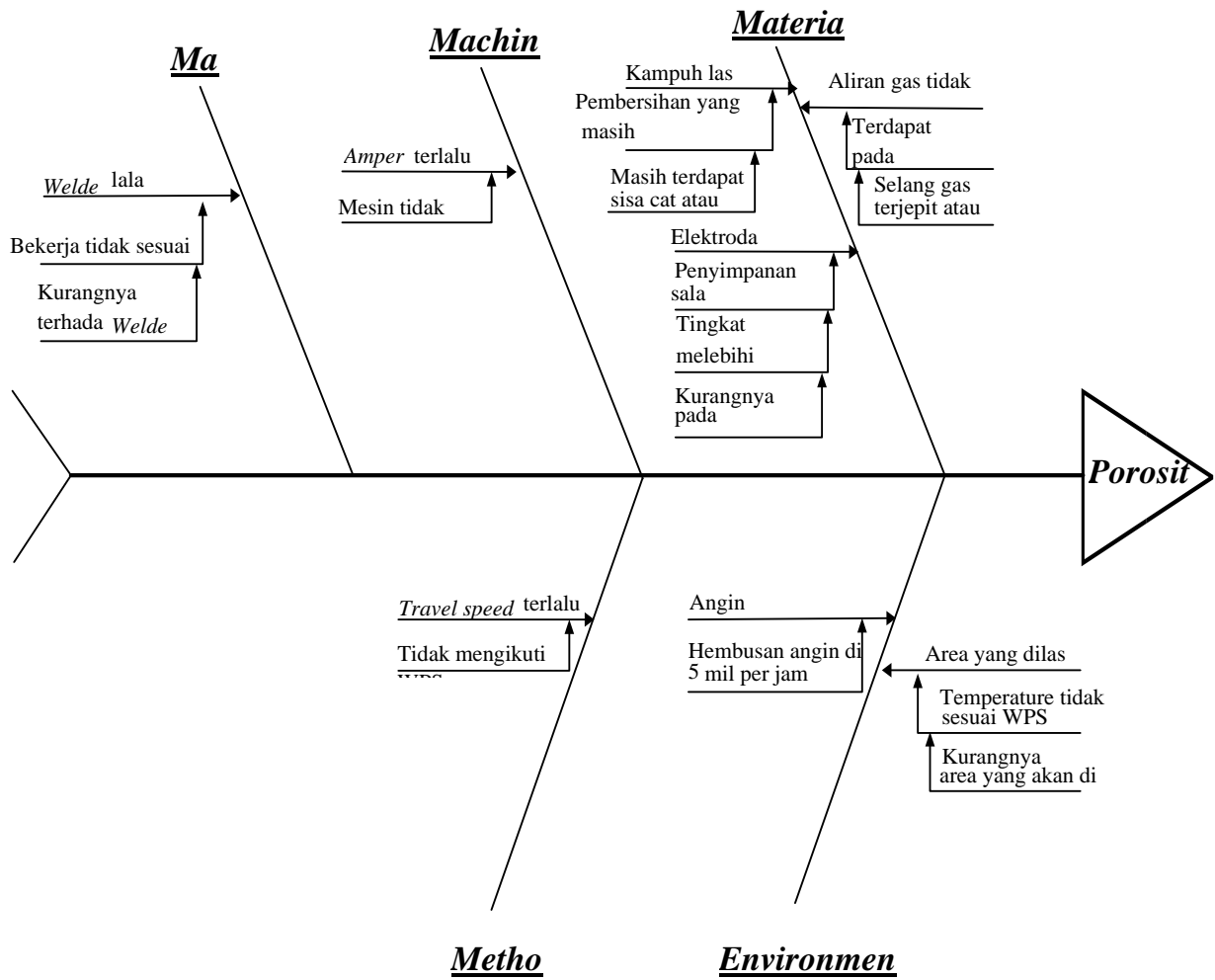
$$= \text{NORMSINV}((1000000 - \text{DPMO}) / 1000000) + 1.5$$

Dengan demikian, diperoleh nilai tingkat sigma sebesar 4,19, yang mengindikasikan bahwa proses pengelasan berada dalam kategori baik, sesuai dengan standar rata-rata industri manufaktur di Amerika Serikat, yakni berkisar pada level sigma 4,0–4,5 (Bahauddin & Arya, 2020 dalam Ardhaneswari, 2024). Meskipun demikian, nilai ini menunjukkan bahwa masih terdapat ruang untuk peningkatan mutu agar mencapai level kapabilitas proses kelas dunia, yaitu 6 sigma ($\text{DPMO} \leq 3,4$). Oleh karena itu, diperlukan penerapan perbaikan berkelanjutan melalui pendekatan Six Sigma, khususnya pada tahap Improve dan Control dalam siklus DMAIC.

Analyze

Diagram Fishbone

Dalam langkah ini, diagram *fishbone* digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis faktor-faktor penyebab kerusakan produksi, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Diagram Fishbone Roti Hangus

| No | Penyebab | Jumlah | Keterangan |
|----|---|--------|-------------------|
| 1 | Kurangnya pengawasan terhadap welder | 1 | Faktor manusia |
| 2 | Mesin tidak kalibrasi | 1 | Faktor mesin |
| 3 | Masih terdapat sisa cat atau karat | 1 | Faktor material |
| 4 | Kurangnya perlakuan pada elektroda | 1 | Faktor material |
| 5 | Selang gas terjepit atau rusak | 1 | Faktor material |
| 6 | Kurangnya perlakuan pada area yang di las | 1 | Faktor lingkungan |
| 7 | Hembusan angin di atas 4 -5 mil per jam | 1 | Faktor lingkungan |

| | | | |
|----|---------------------|---|---------------|
| 8. | Tidak mengikuti WPS | 1 | Faktor metode |
|----|---------------------|---|---------------|

Berdasarkan Tabel 5 diketahui faktor utama yang paling berpengaruh dalam pengelasan *Bucket* adalah pada faktor material sebab ada banyak permasalahan-permasalahan yang terdapat pada diagram *fishbone*.

Improve

Setelah mengetahui faktor penyebab terjadinya kecacatan las pada cacat jenis *porosity*, yaitu faktor material. Maka langkah selanjutnya adalah menentukan usulan perbaikan untuk tiap penyebab dari faktor material. Penentuan usulan perbaikan dilakukan dengan melakukan *brainstorming* bersama *foreman*, *supervisor* dan *welding manager*. Dari akar-akar penyebab pada faktor material tersebut kemudian dimasukkan ke dalam rumusan perbaikan FMEA.

| No. | Kegagalan | Akibat <i>bucket</i> Kegagalan | Penyebab Kegagalan | Langkah Mitigasi | Sev | Occ | Det | RPN |
|-----|---------------------------------|--|--|--|-----|-----|-----|-----|
| 1. | Terbentuknya gas di dalam lasan | Terjadinya <i>porosity</i> / cacat rongga pada las | Kampuh las yang kotor | Pembersihan menyeluruh pada kampuh sebelum pengelasan | 5 | 7 | 3 | 105 |
| 2. | Material stress | Terjadinya <i>porosity</i> hingga <i>crack</i> | Perbedaan <i>temperature</i> pada material | <i>Pre-heating</i> sebelum pengelasan sesuai standar WPS | 7 | 3 | 7 | 147 |
| 3. | Hilangnya karakter Elektroda | Cacat permukaan las | Elektroda lembab | Penyimpanan di oven elektroda dengan kontrol suhu dan kelembaban | 4 | 3 | 2 | 24 |
| 4. | Penyebaran gas tidak merata | Permukaan las tidak sempurna | Aliran gas tidak lancar (kebocoran selang) | Pemeriksaan dan pergantian selang gas secara rutin | 5 | 7 | 5 | 175 |
| 5. | Gas pelindung terganggu | Porosity akibat kontaminasi udara | Selang gas terjepit atau rusak | Menyediakan jalur khusus selang dan pemeriksaan sebelum pengelasan | 4 | 5 | 4 | 80 |

| | | | | | | | | |
|----|---------------------------|----------------------------|--|--|---|---|---|----|
| 6. | Tidak terdeteksinya cacat | Lasan cacat lolos inspeksi | Regulator rusak tidak mengatur tekanan gas | Penggantian dan pengujian regulator secara berkala | 5 | 3 | 3 | 45 |
|----|---------------------------|----------------------------|--|--|---|---|---|----|

Berdasarkan hasil Tabel 6 Analisis FMEA Cacat Porosity yang telah diperluas, dapat disimpulkan bahwa: Cacat porosity dalam proses pengelasan disebabkan oleh berbagai faktor, mulai dari kebersihan kampuh las, kondisi elektroda, aliran gas pelindung, hingga kecepatan pengelasan yang tidak sesuai standar. Dari perhitungan RPN (Risk Priority Number), penyebab dengan nilai tertinggi adalah travel speed terlalu tinggi (RPN = 180) dan aliran gas tidak lancar (RPN = 175). Artinya, kedua faktor ini merupakan risiko paling kritis dan harus diprioritaskan untuk dilakukan perbaikan segera, misalnya dengan pelatihan welder dan pemeliharaan sistem gas secara rutin.

Penutup

Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Six Sigma* mampu menurunkan tingkat cacat melalui pendekatan berbasis data. Nilai DPMO sebesar 3.621,66 dan *level sigma* 4,19 menunjukkan bahwa proses sudah mendekati level industri standar. Saran: Disarankan agar perusahaan menerapkan sistem kalibrasi berkala, pelatihan internal, serta SOP penyimpanan material untuk menjaga kualitas produksi yang berkelanjutan.

Daftar Pustaka

- Tambunan, H. et al. (2020). *Pengendalian Mutu Produksi*. Jakarta: Penerbit XYZ.
- Mas'amah, S., & Suhartini, E. (2021). Analisis Six Sigma dalam Pengelasan Kapal. *Jurnal Teknik Industri*, 10(2), 99-106.
- Febriansyah, M., Ilmi, S., & Lawi, M. (2022). Penerapan Six Sigma pada Proyek Welding. *Jurnal Rekayasa*, 8(1), 50-60.
- Rinjani, A. et al. (2021). Dampak Defect terhadap Efisiensi Produksi. *Jurnal Teknologi*, 12(3), 120-125.
- Gaspersz, V. (2012). *Total Quality Management*. Jakarta: Gramedia Pustaka.