

Analisa dan Penanggulangan *Defect* Pengelasan FCAW Menggunakan Metode *Six Sigma* guna Meningkatkan Kualitas Produksi pada Industri Manufaktur. Studi Kasus: Proses Fabrikasi *Chute Gallery Grasberg Block Cave* (GBC) di PT XYZ

Wanda Cantika Putri^{*1}, Sapto Wiratno Satoto^{*2} and Kms M. Avrieldi^{*3}

* Politeknik Negeri Batam

Program Studi Teknik Perencanaan dan Konstruksi Kapal

Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam29461, Indonesia

¹E-mail: wanda.cantika01@student.polibatam.ac.id

Abstrak

Industri manufaktur adalah sektor utama dalam produktifitas salah satunya di Indonesia yang memiliki produktifitas dan tujuan perusahaan salah satunya kepuasan pelanggan. Penelitian ini dilakukan di PT XYZ yang bergerak dibidang manufaktur produksi alat pertambangan. Dalam produktifitas secara terus-menerus pastinya PT XYZ memiliki hambatan yang mempengaruhi alur produktifitas, yaitu tingginya *repair rate* pada hasil pengelasan. Tingginya *repair rate* dikhawatirkan mempengaruhi kepercayaan pelanggan, kualitas hasil produk, dan misi perusahaan. Metode six sigma dipilih untuk dapat menggambarkan kualitas pengelasan PT XYZ saat ini secara statistika. Penelitian ini menggunakan tahapan pendekatan six sigma yaitu DMAIC yang mencakup tahap identifikasi masalah, perhitungan level sigma berdasarkan data, dan mengidentifikasi rekomendasi perbaikan. Hasil dari perhitungan level sigma pada kualitas hasil pengelasan project *Chute Gallery* di PT XYZ didapatkan masih masuk kedalam level kompetitif standar industri di Indonesia berdasarkan tabel level sigma. Penggunaan metode *six sigma* dapat menampilkan hasil analisa data secara statistika. Tahap metode *six sigma* juga mencakup identifikasi rekomendasi perbaikan dan kontrol kualitas berdasarkan sebab masalah yang disajikan dalam diagram *fishbone* atau diagram sebab akibat. Berdasarkan diagram tersebut, jenis perbaikan yang direkomendasikan berasal dari observasi langsung tanpa mengubah prosedur, sehingga diharapkan dapat diimplementasikan dalam proses industri untuk menjadi kontrol dalam kualitas.

Kata kunci: Six Sigma, Pengelasan, Manufaktur, Kualitas Produksi, Diagram Fishbone.

Abstract

The manufacturing industry is a major sector in productivity, one of which is in Indonesia, which has productivity and one of the company's goals is customer satisfaction. This research was conducted at PT. XYZ which is engaged in the manufacturing of mining equipment production. In continuous productivity, PT. XYZ certainly has obstacles that affect the flow of productivity, namely the high repair rate on welding results. The high repair rate is feared to affect customer trust, product quality, and the company's mission. The six sigma method was chosen to be able to describe the current welding quality of PT. XYZ statistically. This study uses the six sigma approach stages, namely DMAIC which includes the problem identification stage, calculating the sigma level based on data, and identifying recommendations for improvement. The results of the sigma level calculation on the quality of the Chute Gallery project welding results at PT XYZ were obtained to still be included in the competitive level of industry standards in Indonesia based on the sigma level table. The use of the six sigma method can display the results of statistical data analysis. The six sigma method stage also includes identifying recommendations for improvement and quality control based on the causes of the problems presented in the fishbone diagram or cause and effect diagram. Based on the diagram, the type of recommended improvement comes from direct observation without changing the procedure, so it is expected that it can be implemented in the industrial process to become a control in quality.

Keywords : Six Sigma, Welding, Manufacturing, Production Quality, Fishbone Diagram.

1. Pendahuluan

Industri manufaktur adalah sumber utama lapangan kerja berkualitas untuk pembangunan di sektor jasa. Industri manufaktur yang memproduksi dalam jumlah banyak memerlukan perkembangan fundamental untuk sektor manufaktur yang kompetitif, seperti infrastruktur yang berkualitas, logistik yang baik, tenaga kerja yang terdidik, dan sistem peraturan yang baik dapat menjadi pendukung dalam proses produktifitas dan peningkatan nilai.[1] Faktor – faktor penting dalam mendukung nilai produktifitas industri manufaktur juga menjadi pengaruh pada tujuan industri yaitu kepuasan pelanggan, waktu pengiriman, dan kualitas produk yang baik. Mengendalikan kualitas produksi pada industri manufaktur tentunya dapat menekan laju produktifitas yang baik.

Penelitian ini dilakukan di PT. XYZ yang bergerak dibidang industri manufaktur pembuatan alat berat pertambangan seperti *Dumb Body Truck, Water Tank, Tyre Handler*, dan *Chute Gallery Grasberg Block Cave (GBC) Chute*. Produktifitas pada PT. XYZ memiliki skala yang besar sehingga kelancaran alur produksi menjadi fungsi utama dalam memenuhi tujuan perusahaan, yaitu kualitas yang baik, kerja yang aman, dan ketepatan waktu pengiriman. Namun hambatan produksi tidak dapat dihindari salah satunya *repair rate* cacat atau *defect* pada hasil pengelasan. Proses pengelasan di PT. XYZ menggunakan metode pengelasan *Flux Core Arc Welding (FCAW)*. Metode pengelasan yang menggunakan gas pelindung (*shielding gas*) CO2 dan Argon (Ar) sehingga *defect* atau cacat las yang sering terjadi adalah *porosity, undercut, slag inclusion*, dan *lack of fusion*.[2] Tingginya *repair rate* mempengaruhi laju produktifitas perusahaan. *Repair rate* secara signifikan menambah *cost* dan waktu selama proses berlangsung. *Repair rate* juga dikhawatirkan mempengaruhi kepercayaan dan kepuasan pelanggan. Maka produktifitas kualitas di PT. XYZ salah satunya *repair rate* yang tinggi menjadi permasalahan yang bisa diminimalisir dengan pengendalian kualitas guna mengidentifikasi, mengevaluasi, memperbaiki, dan mengontrol proses pengelasan selama produktifitas.

Salah satu pengendalian kualitas adalah dengan menggunakan metode *six sigma*. Prinsip dasar *six sigma* adalah perbaikan produk dengan menggunakan perbaikan pada proses, sehingga proses tersebut menghasilkan produk yang sempurna. Implementasi metode *six sigma* untuk perbaikan kinerja dapat dilakukan dengan tahap *define, measure, analyze, improve, dan control*. Project – project *six sigma* berorientasi pada kinerja jangka panjang melalui peningkatan mutu untuk mengurangi jumlah kesalahan.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui sigma level PT. XYZ saat ini dan mengidentifikasi faktor apa saja yang menjadi penyebab cacat dengan menggunakan tahapan metode *six sigma* dan ditampilkan kedalam diagram sebab akibat (*Man, Material, Machine, Methode, dan Environment*). Sehingga harapannya dapat mengidentifikasi kesalahan selama proses dan diharapkan mampu menjadi evaluasi pada proses – proses perusahaan selanjutnya.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Metode Penelitian

Metode *six sigma* merupakan konsep statistika yang berfokus pada penurunan variasi proses dan penurunan kegagalan atau cacat. Elemen yang penting dalam *six sigma* adalah dengan memproduksi cacat hanya 3,4 untuk setiap satu juta potensi terjadinya cacat. Implementasi metode *six sigma* dalam kebutuhan industri dapat menggambarkan level kualitas saat ini. Dengan hasil yang aktual, metode *six sigma* dapat menjadi evaluasi proses untuk meningkatkan kualitas suatu proses. Pada tabel 1 berikut adalah tingkat kompetitif industri berdasarkan level sigma.

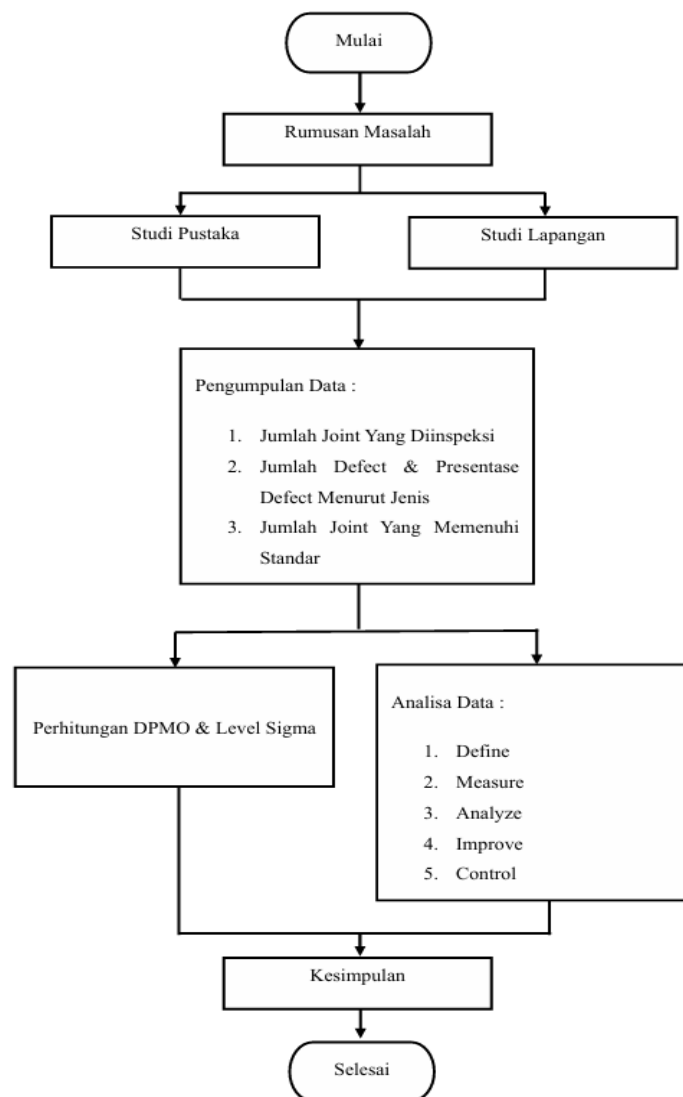
Tabel 1. Tingkat Pencapaian *Six Sigma* [3]

<i>Sigma Level</i>	DPMO (<i>Defect Per Million Opportunity</i>)	Presentase yang memenuhi spesifikasi (<i>Yield %</i>)	Keterangan
6	3,4	99.99966	Industri kelas dunia
5	233	99.97670	Rata – rata industri USA
4	6.210	99.37900	
3	66.807	93.31930	Rata – Rata industri Indonesia
2	308.537	69.14620	
1	690.000	31.00000	Sangat tidak kompetitif

Dari tabel *sigma level*, menjelaskan *sigma level* adalah ukuran statistik tentang seberapa baik kinerja suatu proses dibandingkan dengan standar *six sigma*. Semakin tinggi *level sigma* semakin dekat suatu proses dengan kesempurnaan dengan target *six sigma* tidak lebih dari 3,4 cacat per juta peluang. Untuk mendapatkan level sigma perlu memperhitungkan *Defect Per Million Opportunity* (DPMO) atau berapa banyak cacat yang terjadi dalam suatu proses per satu juta potensi peluang cacat. DPMO juga diperlukan untuk memudahkan evaluasi suatu perusahaan karena dengan memperinci jumlah cacat pada produk yang dihasilkan dan mengidentifikasi kemungkinan potensi peluang terjadinya cacat. Sedangkan *yield* adalah hasil persentase unit yang diproduksi oleh suatu proses yang memenuhi standar atau spesifikasi pelanggan untuk memberikan ukuran langsung efisiensi dan kualitas proses. *Six sigma* dapat dijadikan ukuran kinerja sistem industri yang memungkinkan perusahaan melakukan evaluasi dan peningkatan dengan terobosan strategi yang aktual. *Six sigma* juga dapat dipandang sebagai pengendalian proses industri yang berfokus pada pelanggan dengan memperhatikan kemampuan proses [4].

2.2 Tahap Penelitian

Pada gambar 1 berikut adalah flowchart atau diagram alir dari penelitian. Pada diagram berikut menjelaskan alur proses identifikasi masalah, pengambilan data, juga pengolahan dan analisa hasil.



Gambar 1: Diagram Alir Penelitian

1. Mulai
2. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh permasalahan *repair rate* di PT. XYZ. *Repair rate* yang tinggi mempengaruhi misi utama perusahaan yaitu kualitas produk yang baik dan pengiriman tepat waktu. Penelitian ini memilih pengambilan data pada proses fabrikasi salah satu hasil produksi PT. XYZ untuk pertambangan yaitu *Chute Gallery Grasberg Block Cave (GBC) Chute*. Pada gambar 2 berikut adalah dokumentasi dari fabrikasi *Chute Gallery* apabila sudah di trial fit secara keseluruhan.



Gambar 2: Trial Fit Structure Chute Gallery, GBC Chute

Sumber: Dokumen Pribadi PT. XYZ

Chute Gallery merupakan salah satu hasil produksi di PT. XYZ yang beroperasi di bawah tanah pertambangan PT Freeport Indonesia. *Chute Gallery* memiliki getaran yang berfungsi untuk menghancurkan bebatuan. Setelah bebatuan hancur menjadi bijih, *lip chute* dapat membuka dan menutup untuk mengendalikan aliran bijih yang keluar. *Chute* akan memuat bijih pada jalur kereta di struktur bagian bawahnya [5]. Penulis memilih GBC *Chute* untuk sampel penelitian, karena GBC *Chute* memiliki jumlah *joint* yang lebih banyak dibandingkan dengan hasil produksi PT XYZ lainnya. Sehingga dapat dijadikan ukuran kualitas pengelasan PT XYZ saat ini. Dari permasalahan tersebut dilakukanlah studi literatur perihal metode yang dapat diimplementasikan dalam mengidentifikasi masalah. *Six sigma* adalah metode yang dipilih sebagai perinci potensi terjadinya *defect*, sebagai evaluasi perbaikan dan kontrol kualitas produksi.

3. Selain studi literatur, dilakukan juga studi lapangan sebagai proses pengambilan data dengan cara observasi atau inspeksi langsung. Jumlah sampel (*joint weld*) yang diinspeksi perhari sampai perminggu. Total akhir dari pengambilan sampel selama 4 minggu. Data jumlah *joint* berdasarkan observasi langsung dan merupakan data pribadi. Sedangkan jenis *defect* yang ditemukan dapat divalidasi dalam data QC PT XYZ berdasarkan *Request for Inspection (RFI)* perhari. Di PT. XYZ metode pengelasan menggunakan FCAW, sehingga defect pengelasan yang dijadikan sample adalah *porosity, undercut, lack of fusion, dan slag inclusion*.
4. Memasukkan data hasil observasi kedalam perhitungan *Defect Per Million Opportunity (DPMO)*. Jumlah cacat dan jumlah peluang cacat didapatkan dari observasi langsung dilapangan. Perhitungan DPMO juga menghitung banyak cacat apabila dikalikan satu juta potensi per unit (*joint weld*). Dari hasil DPMO tersebut dapat dikonversikan ke dalam tabel *sigma level* untuk mengetahui level sigma PT XYZ saat ini. Metode *six sigma* juga memiliki tahap – tahap identifikasi yaitu:

a) *Define*

Tahap ini dilakukan untuk mengidentifikasi masalah berdasarkan observasi. Tahap ini juga dilakukan untuk menetapkan sasaran atau tujuan penelitian. Dalam tahap ini juga menentukan CTQ (*Critical to Quality*). CTQ adalah jenis cacat atau kerusakan yang paling kritikal dalam suatu proses [6].

b) *Measure*

Tahap ini dilakukan untuk pengumpulan data berdasarkan sampel atau *joint* yang diinspeksi. Total jumlah *joint* dibagi menjadi berapa *joint* yang memenuhi standar, dan menampilkan persentase jumlah *defect* menurut jenis. Hasil data tersebut digunakan untuk menilai kondisi proses yang ada, diantaranya melakukan perhitungan *Yield* dan DPMO (*Defect Per Million Opportunities*). *Yield* merupakan persentase sampel yang memenuhi standar berdasarkan unit yang diproduksi. Data hasil jumlah keseluruhan *joint* dan jumlah *joint* yang memenuhi standar dimasukkan kedalam perhitungan.

$$Yield = \frac{\text{Jumlah Joint Yang Diinspeksi}}{\text{Jumlah Joint Yang Memenuhi Standar}} \times 100\% \quad (1)$$

Sedangkan DPMO merupakan suatu ukuran kegagalan dalam metode *six sigma*. Perhitungan yang menunjukkan kerusakan suatu produk apabila dikalikan dengan satu juta potensi kerusakan [7].

$$DPMO = \frac{\text{Jumlah Defect}}{\text{Jumlah Joint Yang Diinspeksi} \times CTQ} \times 1000000 \quad (2)$$

Jumlah *defect* dan jumlah *joint* yang diinspeksi didapatkan berdasarkan aktual visual inspection di lapangan. Sedangkan CTQ (*Critical to Quality*) adalah jenis cacat atau *defect visual* yang dianggap kritis dalam pengelasan FCAW. Berdasarkan hasil DPMO dapat dikonversikan kedalam tabel konversi *six sigma* atau kalkulator *six sigma* untuk mendapatkan level sigma atau tingkat kualitas perusahaan saat ini. Level sigma menggambarkan besarnya tingkat kualitas berdasarkan tabel level sigma untuk menjadi gambaran tingkat kualitas perusahaan saat ini

c) *Analyze*

Tahap ini dilakukan untuk mengidentifikasi akar penyebab terjadinya *defect* pengelasan selama proses produksi. Untuk mengidentifikasi penyebab *defect*, pada penelitian ini menggunakan diagram sebab akibat atau *fishbone* (*Man, Material, Machine, & Methode*). Diagram ini digunakan untuk menganalisis persoalan dan faktor yang menimbulkan persoalan tersebut [8]

d) *Improve*

Merupakan tahap peningkatan kualitas dengan merekomendasikan ulasan perbaikan. Langkah yang dilakukan pada penelitian ini untuk menjadi rekomendasi perbaikan berdasarkan persentase jumlah defect pada pengelasan yang paling tinggi, juga faktor penyebab berdasarkan diagram sebab akibat sebelumnya [9]. Perbaikan dilihat berdasarkan persoalan juga solusi langsung dilapangan.

e) *Control*

Merupakan tahap terakhir pada peningkatan kualitas produktivitas. Setelah mendapatkan *sigma level* PT. XYZ saat ini, dan mengetahui potensi dan evaluasi perbaikan pada setiap *defect* pengelasan yang muncul. Untuk menjadikan perusahaan di level sigma satu tingkat diatas level saat ini, maka perlu adanya kontrol dari berbagai pihak yang berhubungan untuk mempertahankan proses perbaikan di PT. XYZ [10]

5. Hipotesis Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memperhitungkan level sigma PT. XYZ saat ini berdasarkan data yang aktual. Harapan level sigma pada hasil perhitungan PT. XYZ berada pada tingkat kompetitif rata-rata industri Indonesia dan penggunaan metode *six sigma* dapat mengidentifikasi penyebab cacat untuk kemudian merekomendasikan perbaikan dan menjadi kontrol kualitas suatu proses.

3. Analisa Data dan Pembahasan

3.1 Tahap *Define*

3.1.1 Identifikasi *Critical to Quality* (CTQ)

Dalam proses pengelasan terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kualitas dari hasil pengelasan. Berdasarkan data aktual hasil *visual inspection* di PT XYZ khususnya pada proses fabrikasi *Chute*

Gallery ditemukan *defect* hasil pengelasan FCAW yang menjadi kritikal dalam *visual inspection* yang ditampilkan dalam tabel 2 berikut.

Tabel 2. Critical to Quality (CTQ)

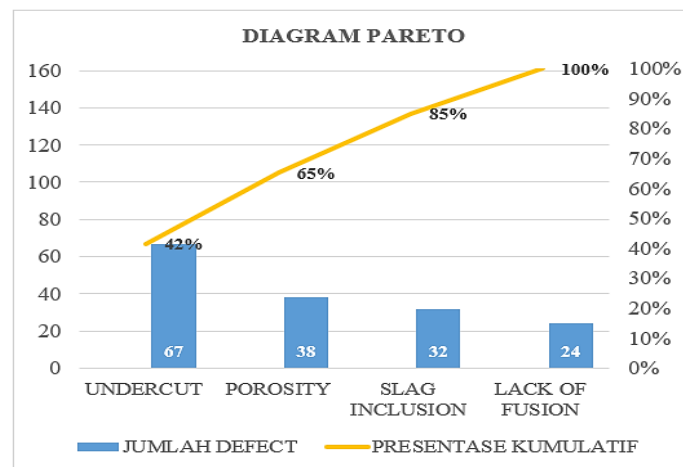
<i>Critical to Quality (CTQ)</i>	
<i>Undercut</i>	Cacat berupa lekukan sepanjang sisi sambungan las karena logam induk ikut meleleh dan tidak terisi kembali oleh logam las
<i>Porosity</i>	Cacat berbentuk rongga-rongga kecil yang disebabkan adanya udara yang terperangkap dan gagal keluar saat pendinginan
<i>Slag Inclusion</i>	Cacat berupa terperangkapnya sisa fluks pada pengelasan FCAW yang tidak dibersihkan secara maksimal sehingga terperangkap diantara lapisan logam las
<i>Lack of Fusion</i>	Cacat berupa tepi logam induk yang tidak terisi oleh logam las sehingga antara logam induk dan logam las tidak menyatu sepenuhnya

Berdasarkan *defect* hasil *visual inspection* selama pengambilan data penelitian pada fabrikasi *Chute Gallery*, berikut adalah persentase *defect* yang dijadikan sampel (CTQ). Pada tabel 3 berikut ditampilkan hasil persentase berdasarkan jumlah kumulatif *defect* selama 4 minggu (April – Mei 2025) sebagai berikut.

Tabel 3. Persentase Jumlah Defect

Jenis Defect	Jumlah Defect	Presentase	Persentase Kumulatif
Undercut	67	42%	42%
Porosity	38	24%	65%
Slag Inclusion	32	20%	85%
Lack of Fusion	24	15%	100%
Jumlah Total	161		100%

Untuk mengetahui tingkat *defect* dari yang tertinggi atau sering terjadi sampai dengan terkecil berdasarkan hasil data di table 3, dapat diketahui menggunakan diagram pareto. Diagram pareto adalah alat statistika yang digunakan untuk mengetahui permasalahan kualitas dengan menghitung dan menampilkan frekuensi kerusakan dari yang paling dominan dan terkecil. Pada gambar 2 berikut ditampilkan diagram pareto dari hasil *visual inspection* pada proses fabrikasi *Chute Gallery* di PT XYZ dari *defect* paling dominan dengan persentase tertinggi sampai terendah.



Gambar 2: Diagram Pareto

Berdasarkan diagram pareto bahwa dari total 161 kasus cacat pada hasil pengelasan, diketahui *defect* yang dominan terjadi dan ditemukan dalam *visual inspection* pada fabrikasi *Chute Gallery* di PT XYZ adalah *undercut* yang ditemukan sebanyak 67 dengan persentase 42%. Diikuti dengan *defect porosity*

yang ditemukan sebanyak 38 dengan persentase 23%, *slag inclusion* ditemukan sebanyak 32 dengan persentase 20%, dan *lack of fusion* yang ditemukan sebanyak 24 dengan persentase 15%. Jika dilihat dari persentase kumulatif, dua jenis cacat teratas yaitu *undercut* dan *porosity* yang berkontribusi sebesar 85% dari total ditemukan *defect*. Namun, *defect* lain yang menjadi *Critical to Quality* (*Slag inclusion & Lack of Fusion*) tetap perlu diperhatikan.

3.2 Tahap Measure

Pada tahap ini akan dilakukan perhitungan kualitas perusahaan secara kuantitatif berdasarkan data aktual *visual inspection* sebelumnya. Tahap ini juga akan menampilkan level sigma PT XYZ saat ini. Pada tabel 4 berikut adalah hasil perhitungan level sigma berdasarkan pengambilan sampel (4 minggu).

Tabel 4. Perhitungan Kumulatif Level Sigma PT XYZ

Jumlah Joint yang Diinspeksi		Jumlah Cacat	Jumlah Joint yang Memenuhi Standar	CTQ	Yield %	DPMO	Nilai Sigma
Minggu 1	95	25	70	4	74%	65789.5	3.00790459
Minggu 2	112	54	58	4	52%	120535.7	2.67231296
Minggu 3	73	46	27	4	37%	157534.2	2.5046436
Minggu 4	72	36	36	4	50%	125000.0	2.65034938
Rata – rata						117214.9	2.70880263

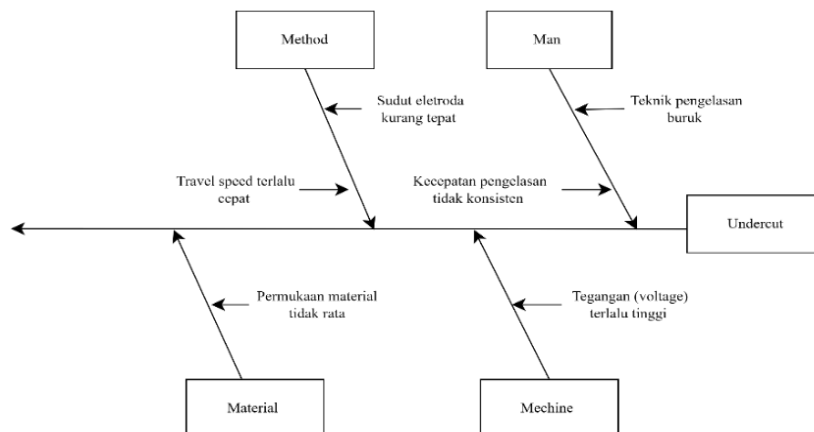
Berdasarkan hasil perhitungan sample (table 4), hasil level sigma kualitas hasil pengelasan selama fabrikasi Chute Gallery di PT XYZ (4 minggu). Level sigma pada *project* Chute Gallery rata – rata sebesar 2,7 dengan rata – rata DPMO yang didapatkan sebesar 117214.9. Perhitungan menggunakan pendekatan *six sigma*, dan hasil dari level sigma PT XYZ pada *project* Chute Gallery masih masuk kedalam level kompetitif industri rata – rata di Indonesia yaitu di level 3 (table 1).

3.3 Tahap Analyze

Tahap ini adalah tahap ketiga dalam penggunaan metode *six sigma* untuk menganalisa dan mengidentifikasi potensi terjadinya cacat. Identifikasi pada penelitian ini menggunakan diagram *fishbone*. Diagram *fishbone* atau diagram sebab akibat adalah diagram yang digunakan untuk menampilkan rumusan dan identifikasi akar penyebab suatu permasalahan. Di industri manufaktur kategori penyebab yang diidentifikasi dan ditampilkan dalam diagram yaitu: *man, machine, method, & material*. Semua identifikasi penyebab terjadinya *defect* berdasarkan observasi langsung dilapangan Berikut adalah diagram *fishbone* dari *defect* yang kritical pada *visual inspection* fabrikasi Chute Gallery PT XYZ.

3.3.1 Undercut

Berikut adalah diagram *fishbone* atau sebab akibat dari *defect* pengelasan *undercut* pada pengelasan FCAW di PT XYZ yang ditampilkan pada gambar 3.

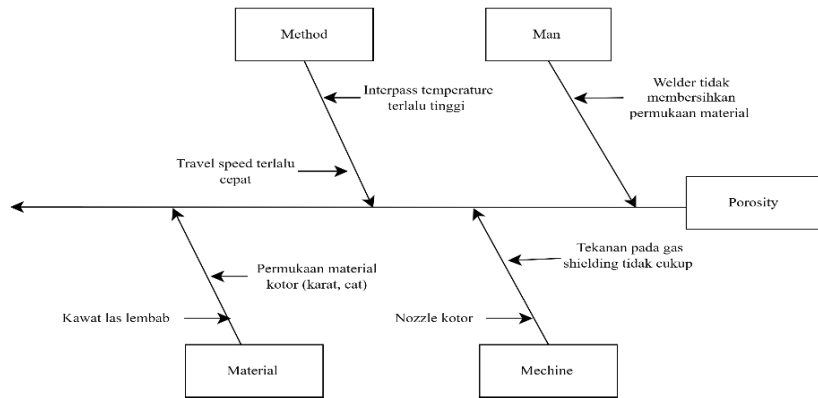


Gambar 3: Fishbone Diagram Defect: Undercut

Pada proses pengelasan FCAW di PT XYZ penyebab utama terjadinya *undercut* ada pada metode yaitu *travel speed* yang terlalu cepat dan sudut elektroda yang tidak tepat.

3.3.2 Porosity

Berikut adalah diagram *fishbone* atau sebab akibat dari *defect* pengelasan *porosity* pada pengelasan FCAW di PT XYZ yang ditampilkan pada gambar 4.

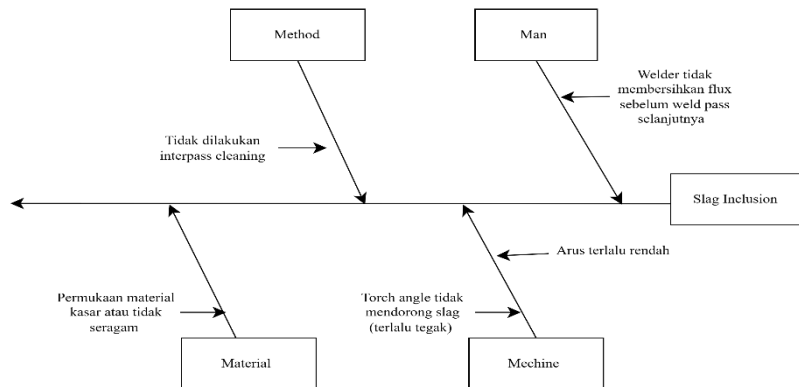


Gambar 4: Fishbone Diagram Defect: Porosity

Pada proses pengelasan FCAW di PT XYZ penyebab utama terjadinya *porosity* ada pada material. Kurang maksimalnya membersihkan material dari karat dan cat sebelum dilakukan pengelasan menjadi faktor dominan penyebab *porosity* terjadi.

3.3.3 Slag Inclusion

Berikut adalah diagram *fishbone* atau sebab akibat dari *defect* pengelasan *slag inclusion* pada pengelasan FCAW di PT XYZ yang ditampilkan pada gambar 5.

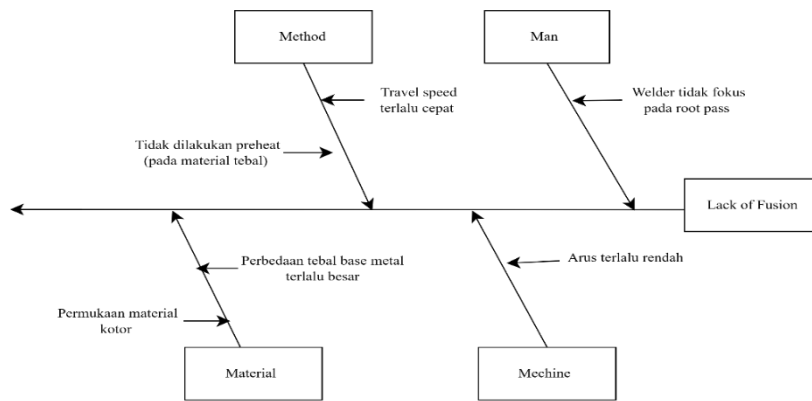


Gambar 5: Fishbone Diagram Defect: Slag Inclusion

Pada proses pengelasan FCAW di PT XYZ penyebab utama terjadinya *slag inclusion* ada pada kesalahan manusia. Adanya *interpass cleaning* sebelum melanjutkan *weld pass* selanjutnya penting dilakukan untuk menghindari lapisan las terkontaminasi slag.

3.3.4 Lack of Fusion

Berikut adalah diagram *fishbone* atau sebab akibat dari *defect* pengelasan *lack of fusion* pada pengelasan FCAW di PT XYZ yang ditampilkan pada gambar 6.



Gambar 6. Fishbone Diagram Defect: Lack of Fusion

Pada proses pengelasan FCAW di PT XYZ penyebab utama terjadinya *lack of fusion* ada pada pengaturan mesin. Pengaturan arus atau tegangan yang rendah tidak cukup panas untuk melebur material sehingga menyebabkan tepi *base metal* tidak terisi atau *lack of fusion*.

3.4 Tahap *Improve*

Tahap keempat dalam metode *six sigma* yang merupakan tahap peningkatan kualitas berdasarkan sebab permasalahan terjadinya *defect* pada diagram *fishbone* sebelumnya. Berdasarkan diagram *fishbone*, disimpulkan 3 potensi utama terjadinya *defect* pada hasil pengelasan adalah: material, manusia, dan metode. Maka direkomendasikan perbaikan yang dapat diimplementasikan dalam proses fabrikasi sebagai langkah perbaikan dan pengurangan *defect* pengelasan.

Tabel 5. Rekomendasi Perbaikan

Faktor Penyebab	Saran Perbaikan
Material	<p>a) Melakukan <i>cleaning</i> pada material sebelum dilakukan <i>fit up</i> atau <i>welding</i>. <i>Cleaning</i> material dari cat, bekas pemotongan (<i>cutting</i>), atau karat. Material yang bersih dari kontaminasi sebelum dilakukan pengelasan dapat meminimalisir terjadinya cacat pada <i>visual inspection</i>.</p> <p>b) Memastikan <i>consumable</i> bagus sebelum melakukan pengelasan seperti <i>nozzle</i>, mesin, dan kawat las. Kualitas peralatan yang kurang baik dapat mengganggu proses bahkan menimbulkan cacat pada pengelasan.</p>
Manusia	<p>a) Operator atau <i>welder</i> perlu mengidentifikasi kemampuan khususnya dalam posisi pengelasan. Perlu adanya <i>training</i> minimal 6 bulan sekali sebagai fasilitas peningkatan kemampuan para operator khususnya pada posisi pengelasan atau bahkan metode pengelasan selain FCAW.</p>
Metode	<p>a) Mengurangi penggunaan <i>support plate</i> yang di <i>weld</i> langsung pada material.</p> <p>b) Mengaplikasikan <i>preheat</i> sebelum melakukan pengelasan dengan <i>temperatur</i> yang sesuai khususnya pada material tebal</p> <p>c) Melakukan <i>interpass cleaning</i> sebelum melanjutkan <i>weld pass</i> selanjutnya.</p>

3.5 Tahap *Control*

Tahap terakhir dalam pendekatan metode *six sigma* ini merupakan tahap yang dapat dilakukan setelah melakukan perbaikan. Tahap kontrol yang ditampilkan pada tabel 6 ini bertujuan untuk memastikan hasil perbaikan pada tahap *improve* tetap konsisten dan berkelanjutan.

Tabel 6. Langkah Kontrol

Langkah Kontrol	Penjelasan
<i>Toolbox Quality Briefing</i>	a) Melakukan <i>toolbox briefing</i> secara rutin mengenai pentingnya menjaga kualitas hasil pengelasan terhadap efisiensi alur produksi. Briefing dilakukan kepada pihak yang berkontribusi langsung pada produktifitas khususnya <i>foreman, operator/welder</i> .
Pelatihan dan Fasilitasi	a) Memberikan pelatihan berkala (training) bagi <i>operator/welder</i> dengan memaksimalkan fasilitas <i>welding school</i> di perusahaan. Pelatihan bertujuan untuk mengetahui penempatan kemampuan posisi pengelasan atau penambahan pelatihan lanjutan bagi <i>welder</i> . b) Penempatan <i>welder</i> yang sesuai dengan kualifikasi atau kemampuan posisi pengelasan perlu diidentifikasi khususnya untuk <i>project Chute Gallery</i> yang memiliki <i>joint weld</i> yang banyak, area pengelasan yang sempit, juga beberapa <i>overhead</i> . Apabila penempatan <i>welder</i> sesuai kualifikasi maka dapat mengurangi proses <i>cleaning</i> dan potensi terjadinya <i>defect</i> .
Pencatatan Kualitas Individu	a) Melakukan pencatatan (<i>record</i>) hasil pengelasan setiap <i>welder</i> . Setiap <i>Request For Visual Inspection</i> (RFI) production selalu mencantumkan <i>welder</i> yang melakukan pengelasan pada <i>joint</i> atau item tersebut. Sehingga <i>record</i> berdasarkan banyaknya <i>rework</i> pada hasil <i>visual inspection</i> di item tersebut. Banyaknya <i>rework</i> dipastikan berdasarkan banyaknya proses <i>cleaning</i> dan temuan <i>defect</i> .
Potensi Kendala Tahap Kontrol	a) Waktu produksi yang terbatas, jumlah <i>man power</i> , dan target jumlah produksi setiap bulannya dapat mengganggu fokus terhadap kontrol kualitas hasil pengelasan

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data hasil level sigma pada proses fabrikasi *Chute Gallery* selama 4 minggu (April – Mei 2025) di PT XYZ level sigma yang dihasilkan adalah 2,7 atau level 3 pada level *sigma*. Sehingga level tersebut masih kategori kompetitif standar industri di Indonesia. Penggunaan metode *six sigma* sebagai tahap mengidentifikasi permasalahan kualitas proses pada penelitian ini mengidentifikasi *defect* hasil pengelasan tertinggi pada proses *visual inspection* yaitu *undercut* (42%), *porosity* (24%), dan *slag inclusion* (20%) pada diagram pareto digambarkan memiliki persentase kumulatif berkontribusi 85% dari 100% kerusakan. Namun, *defect* lainnya seperti *lack of fusion* (15%) juga dapat menjadi dominan jika tidak diperhatikan potensi terjadinya cacat tersebut. Penggunaan tahap pada metode *six sigma* (DMAIC) juga mengidentifikasi potensi penyebab terjadinya *defect* hasil pengelasan. Penggunaan diagram *fishbone* atau sebab akibat dapat menggambarkan faktor penyebab berdasarkan observasi aktual di lapangan. Dan faktor utama terjadinya cacat kritis pada *visual inspection* (CTQ) tersebut adalah: faktor material, manusia, dan metode.

Metode *six sigma* juga memiliki tahap *improve* dan *control* yang menjadi solusi perbaikan berdasarkan *defect* dominan berdasarkan persentase *defect* yang digambarkan pada diagram *fishbone* dan potensi utama terjadinya cacat. Saran perbaikan yang dapat dilakukan berdasarkan faktor materialnya yaitu selalu melakukan *cleaning* sebelum melakukan pengelasan pada material dari kontaminasi seperti cat dan karat. Selain itu juga perlu memastikan peralatan kerja baik sebelum melakukan pengelasan. Faktor manusianya, yaitu perlu adanya pelatihan atau *training welder* secara berkala. Pelatihan ini dapat digunakan sebagai *record* kualitas hasil pengelasan individu dan pengelompokkan *welder internal* untuk mengetahui *skill* dan penempatan ketika bekerja khususnya untuk posisi pengelasan yang sesuai kualifikasi. Terakhir faktor metodenya, perlu adanya pengurangan penggunaan *support plate* yang di *welding* langsung pada material dan selalu menerapkan perlakuan *preheat* dan *interpass cleaning*.

Perbaikan didapatkan dari hasil observasi langsung sehingga diharapkan dapat diimplementasikan secara berkala dalam proses produksi. Semua solusi perbaikan yang direkomendasikan tanpa mengubah prosedur pengelasan perusahaan namun perbaikan mengarah kepada tahap, metode, dan kontribusi kontrol pihak produksi yang bertujuan memperhatikan pentingnya kualitas hasil pengelasan bagi efisiensi produktifitas dan misi perusahaan.

5 Daftar Pustaka

- [1] A. Huda, “Analisis Pengendalian Kualitas Proses Pengelasan (Welding) dengan Pendekatan Six Sigma pada Proyek PT. XYZ,” *JWE*, vol. 17, no. 2, hlm. 066–078, Mei 2018, doi: 10.52434/jwe.v17i2.295.
- [2] A. Mas’amah, “Implementasi Six Sigma sebagai Pengendalian Kualitas Proses Pengelasan Replating Lambung Kapal KMP Nusa Sejahtera,” 2021.
- [3] Arini T Soemohadiwidjojo, *Six Sigma Metode Pengukuran Kinerja Perusahaan Berbasis Statistik*. 2017, 2017. [Daring]. Tersedia pada: <https://books.google.co.id/books?id=0hlmDwAAQBAJ&lpg=PP1&hl=id&pg=PP1#v=onepage&q&f=false>
- [4] D. A. Kifta dan T. Munzir, “ANALISIS DEFECT RATE PENGELASAN DAN PENANGGULANGANNYA DENGAN METODE SIX SIGMA DAN FMEA DI PT. PROFAB INDONESIA,” *DMS*, vol. 7, no. 1, Feb 2018, doi: 10.33373/dms.v7i1.1676.
- [5] F. Lara Moran, C. Brannon, A. Hariyadi, M. Castro, dan J. Gillman, “Grasberg block cave mine rail project update – PT Freeport Indonesia,” dalam *MassMin 2020: Proceedings of the Eighth International Conference & Exhibition on Mass Mining*, University of Chile, Santiago, 2020, hlm. 619–632. doi: 10.36487/ACG_repo/2063_41.
- [6] I. Indrawansyah dan B. J. Cahyana, “Analisa Kualitas Proses Produksi Cacat Uji Bocor Wafer dengan menggunakan Metode Six Sigma serta Kaizen sebagai Upaya Mengurangi Produk Cacat Di PT. XYZ”.
- [7] M. Redzky dan H. U. Wiwi, “ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS PRODUKSI DI PT. OMETRACO ARYA SAMANTA MENGGUNAKAN METODE SIX SIGMA,” vol. 05, 2017.
- [8] P. Purwanto, M. Wa’adduulloh, dan R. Widdo, “ANALISIS PENGARUH VARIASI HASIL PENGELASAN FCAW ANTARA MATERIAL GRADE A TERHADAP MACRO STRUCTURE TEST DI INSERT PLATE SHIP DECK RAMAH LINGKUNGAN,” *JSTM*, vol. 24, no. 2, hlm. 225–234, Des 2024, doi: 10.33556/jstm.v24i2.418.
- [9] S. Aisyah, H. H. Purba, S. Tampubolon, C. Jaqin, A. Suhendar, dan H. Adyatna, “Peningkatan Kemampuan Proses Menggunakan Metode Six Sigma: Studi Kasus di Industri Pertambangan Batubara,” *INTECH*, vol. 9, no. 1, hlm. 95–102, Jun 2023, doi: 10.30656/intech.v9i1.5527.
- [10] V. Kumar, P. Verma, dan V. Muthukumaar, “The Performances of Process Capability Indices in the Six- Sigma Competitiveness Levels,” 2018.