



**Analisis Pengendalian Kualitas Proses Pengelasan
(Welding) Dengan Pendekatan Six Sigma Pada Proyek
PT. XYZ**

Alfian Huda¹; Sri Widiyanesti²

¹ Universitas Telkom
alfianhuda79@gmail.com

Abstract

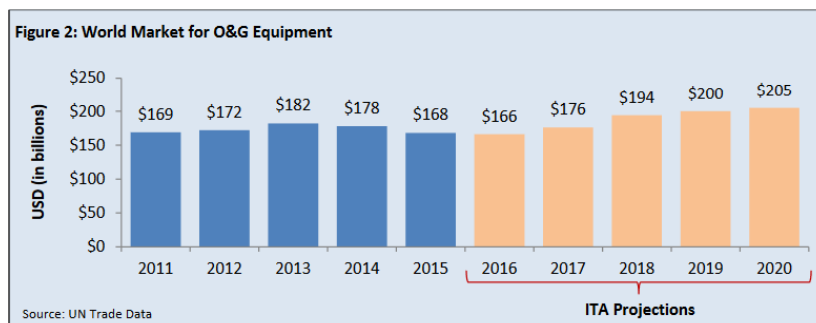
PT. XYZ is an offshore facility design and construction industry company that supports the activities of the oil and gas industry. Based on the project schedule data, one of the most critical processes or jobs in the implementation of a construction project is the welding process. According to welding process defect data from January to March 2017, there were found a number of defects as many as 601 welding points where every week the number of defects fluctuated. To reduce the number of defects in the welding process that occur in project implementation at PT. XYZ requires further research to identify and analyze defects. This study uses a six sigma approach consisting of DMAIC stages (Define, Measure, Analyze, Improve, Control). The Define stage is the identification stage by determining the types of defects that affect the quality of the welding process (critical to quality), namely slag inclusion, lack of fusion and porosity. Then proceed to the Measure stage, namely measuring the stability of the process and process capability, and the sigma level is obtained which is at the position of 3.21 sigma with a DPMO value of 43,958.93, besides that it is also found that there are 3 points of welding results that are outside the control limit (out of control). control), it indicates that PT. XYZ is not yet fully able to control the quality of the welding process. At the Analyze stage, several tools are used, namely cause-and-effect diagrams and FMEA analysis. Based on the results of the causal diagram, the factors that affect the defect in the welding process come from human factors, machines, methods, materials and the environment. Through the results of FMEA analysis of the five factors that affect the defect in the welding process at PT. XYZ found that, the most critical factor as the cause of the appearance of slag inclusion and lack of fusion defects is the method factor, while the porosity defect is the material factor.

Keywords: DMAIC and Six Sigma.

1. Pendahuluan

Pada tahun 2017 hingga 2020 industri proyek konstruksi fasilitas minyak dan gas dunia diperkirakan akan semakin kompetitif, menurut hasil analisis industri yang dilakukan oleh International Trade Administration (2016) mengenai ramalan pada pasar dunia untuk industri *Oil*

& Gas Equipment dalam lima tahun ke depan, tingkat pertumbuhan tahunan pasar global untuk industri ini diproyeksikan akan mengalami peningkatan. Grafik pertumbuhan industri *Oil & Gas Equipment* ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1 : World Market for Oil and Gas Equipment 2020

Berdasarkan grafik yang terlihat pada gambar 1 bahwa peningkatan yang terjadi pada tingkat pertumbuhan tahunan industri *Oil & Gas Equipment* akan diperkirakan menjadi sebesar \$ 205 miliar pada tahun 2020 dari \$ 166 pada tahun 2016. Selama 10 tahun terakhir, pasar global untuk industri ini telah mengalami peningkatan dengan tingkat pertumbuhan tahunan gabungan sebesar 6,5 persen, dari \$ 85 miliar di tahun 2004 menjadi \$ 171 miliar pada tahun 2014 (*United States Department of Commerce, International Trade Administration* : 2016).

Menghadapi peluang pada industri yang diramalkan mengalami pertumbuhan di masa depan ini membuat persaingan didalamnya semakin kompetitif. sehingga perusahaan-perusahaan yang bergerak di dalam industri tersebut berusaha untuk memenangkan persaingan dengan cara meningkatkan kualitas produk guna mencapai kepuasan pelanggan. Selain itu, untuk mendapatkan *market share* yang besar di industri nya, perusahaan harus mulai memperbaiki dan meningkatkan kualitas jasa yang ditawarkan kepada pelanggan.

PT. XYZ merupakan salah satu perusahaan yang bergerak didalam industri rancang bangun (konstruksi) fasilitas lepas pantai (*offshore*) yang menunjang kegiatan- kegiatan industri minyak dan gas bumi. Dalam rangka memenuhi permintaan pelanggan, perusahaan melakukan kegiatan operasional dengan sistem perjanjian atau kontrak proyek konstruksi bersama pelanggan. Berdasarkan data project schedule, salah satu proses atau pekerjaan yang paling kritis (*critical task*) dalam pelaksanaan proyek konstruksi adalah proses pengelasan.

Berdasarkan laporan *Quality Control* (QC) di PT. XYZ, masalah kualitas yang terjadi pada perusahaan dipengaruhi oleh performa para welder yang tidak konsisten (inkonsistensi). Hal ini dapat dilihat dari data *Project Repair Rate* pada salah satu pelaksanaan proyek yang dimulai dari bulan Agustus 2016 hingga Maret 2017 yang akan ditampilkan pada Gambar 2.

PROJECT REPAIR RATE								
	Agu-16	Sep-16	Okt-16	Nov-16	Des-16	Jan-17	Feb-17	Mar-17
Tested (mm)	19208	91911	8934	172873	47045	19506	15632	10405
Repair (mm)	73	68	10	769	248	290	34	25
Repair %	0,38%	0,07%	0,11%	0,44%	0,53%	1,49%	0,22%	0,24%

Gambar 2 : Project Repair Rate

Diperoleh informasi pada Gambar 2, bahwa dapat dilihat bahwa terjadinya fluktuasi tingkat perbaikan pengelasan (*welding repair rate*) dalam pelaksanaan proyek di setiap bulannya. Fenomena ini akan mempengaruhi pelaksanaan proyek dalam beberapa hal, seperti meningkatnya aktivitas pada training school untuk meningkatkan kemampuan *welder*, bertambahnya biaya kualitas (*Cost of Poor Quality*) yang harus dikeluarkan perusahaan dan berkurangnya kepercayaan atau kepuasan pelanggan (*client*) terhadap perusahaan.

Berkaitan dengan masalah yang terjadi pada perusahaan dalam hal pengelolaan kualitas, dibutuhkan suatu upaya dari perusahaan untuk menangani permasalahan kecacatan yang akan mempengaruhi kualitas pelaksanaan proyek yang dilaksanakan oleh perusahaan. Six sigma merupakan program yang direncanakan untuk mengurangi cacat untuk mengurangi biaya, menghemat waktu, dan meningkatkan kepuasan pelanggan (Heizer dan Render 2015:249).

Penggunaan pendekatan *Six Sigma* pada penelitian ini bertujuan untuk menekan tingkat kegagalan atau kecacatan pada proses pengelasan (*welding*) pada proyek yang dikerjakan oleh PT. XYZ, sehingga dapat mencegah hal-hal yang dapat merugikan perusahaan di masa depan. Tujuan penelitian yang dilakukan yaitu :

1. Mengidentifikasi jenis cacat yang sering muncul dalam proses pengelasan pada pelaksanaan proyek di PT. Profab Indonesia.
2. Mengetahui tingkat kapabilitas dan stabilitas proses pengelasan pada pelaksanaan proyek di PT. Profab Indonesia.
3. Mengetahui faktor penyebab timbulnya cacat pada kualitas proses pengelasan pada pelaksanaan proyek di PT. Profab Indonesia.
4. Mengetahui upaya pengendalian kualitas yang dapat diterapkan oleh PT. Profab Indonesia berdasarkan hasil analisis menggunakan pendekatan six sigma.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Pengertian Kualitas

Definisi kualitas yang digunakan oleh *American Society for Quality* (ASQ) adalah “keseluruhan fitur dan karakteristik sebuah produk atau jasa yang mengandalkan pada kemampuannya untuk memuaskan kebutuhan yang dijanjikan dan tersirat” (Heizer dan Render, 2015:244).

2.2 Pengendalian Kualitas

Menurut Gaspersz (2011:10) pengendalian kualitas adalah penggabungan teknik serta aktivitas operasional yang bertujuan untuk memenuhi syarat standar sebuah kualitas. Terdapat tujuh konsep yang dapat digunakan dalam program pengelolaan kualitas yang efektif (Heizer dan Render, 2015:248), yaitu :

- a. Perbaikan berkesinambungan (*Plan-Do-Check-Act*)
- b. *Six Sigma*
- c. Pemberdayaan karyawan (*employee empowerment*).
- d. Tolak Ukur (*Benchmarking*).
- e. *Just In Time* (JIT)
- f. Konsep *Taguchi*
- g. Alat *Total Quality Management*

3. Metode Penelitian

Pendekatan *six sigma* merupakan sekumpulan konsep dan praktik yang berfokus pada penurunan variasi proses dan penurunan kegagalan atau kecacatan produk. Elemen yang penting dalam *six sigma*, adalah memproduksi hanya 3,4 cacat untuk setiap satu juta kesempatan atau operasi (*Defect Per Million Opportunities*) dan inisiatif-inisiatif peningkatan proses untuk mencapai tingkat kinerja enam sigma (Gasperz, 2011:37).

Menurut Gasperz (2011:50), berbagai upaya peningkatan menuju target *six sigma* dapat dilakukan menggunakan metodologi, yaitu DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*). Metodologi DMAIC tersebut dibagi menjadi lima tahapan (Heizer dan Render, 2015:249). Lima langkah model tersebut terdiri dari :

- a. Menentukan (*Define*) tujuan rencana, cakupan, dan hasil lalu menentukan informasi proses yang dibutuhkan, mengingat definisi kualitas dari pelanggan
- b. Mengukur (*Measure*) proses dan pengumpulan data;
- c. Menganalisis (*Analyze*) data, memastikan berulang kali (hasilnya terdapat duplikasi) dan reproduisibilitas (yang lain mendapatkan hasil yang sama);
- d. Perbaiki (*Improves*) dengan memodifikasi atau merancang ulang, prosedur dan proses yang ada;
- e. Mengendalikan (*Control*) proses yang baru untuk memastikan tingkat kinerja dipertahankan.

4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

4.1 Define

4.1.1 Identifikasi *Critical to Quality* (CTQ)

Dalam proses pengelasan terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kualitas pengelasan proses (CTQ) dan salah satunya adalah cacat. Berdasarkan data proyek dan data cacat yang diperoleh dari perusahaan, maka diperoleh informasi mengenai jenis cacat yang mempengaruhi hasil pengelasan yang akan dijelaskan pada tabel 1.

Tabel 1: *Critical to Quality*

<i>Critical to Quality</i>	<i>CTQ Potensial</i> (Jenis cacat)	Deskripsi
Bebas Cacat (<i>Zero Defect</i>)	<i>Slag Inclusion</i>	Munculnya rongga memanjang pada hasil pengelasan (<i>weldment</i>) yang mengandung slag (benda asing)
	<i>Porosity</i>	Cacat yang timbul akibat terperangkapnya gas di area pengelasan yang melebihi syarat batas.
	<i>Lack of Fusion</i>	Cacat yang timbul akibat adanya bagian yang tidak menyatu antara logam induk dengan logam pengisi.
	<i>Root Concavity</i>	Cacat yang timbul akibat adanya bagian yang mengalami cekungan yang melewati batas toleransi pada material pengelasan
	<i>Undercut</i>	Cacat yang timbul akibat geometri sambungan las yang tidak baik (tidak sempurna)

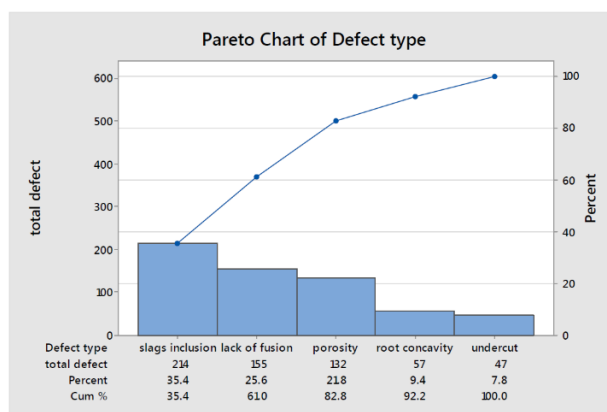
Berikut data cacat proses pengelasan (*welding defect*) yang telah dikumpulkan oleh pihak *Quality Control Department* di PT. XYZ dalam kurun waktu dari bulan Januari 2017 hingga Maret 2017 yang ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2: Data Cacat Proses Pengelasan Januari 2017 – Maret 2017

Minggu	Output	Defect Qty	Type of Defect				
			Slag Inclusion	Lack of Fusion	Porosity	Root Concavity	Undercut
1	173	33	8	14	6	2	3
2	373	98	26	21	24	15	12
3	396	81	31	17	12	7	14
4	405	89	41	25	16	3	4
Minggu	Output	Defect Qty	Type of Defect				
			Slag Inclusion	Lack of Fusion	Porosity	Root Concavity	Undercut
5	644	73	25	30	15	1	2
6	1075	158	56	32	38	22	10
7	423	27	12	10	4	1	0
8	414	46	15	6	17	6	2
Total	3.903	605	214	155	132	57	47
Persentase			35,37 %	25,62 %	21,82 %	9,42 %	7,77 %

Berdasarkan data cacat selama periode Januari 2017 hingga Maret 2017, proses pengelasan di PT.XYZ yang mengalami kecacatan sebanyak 605 titik pengelasan yang terdiri dari beberapa jenis kecacatan, yaitu *slag inclusion* sebesar 214, *lack of fusion* sebesar 155, porosity sebesar 132, root concavity sebesar 57 dan undercut sebesar 47.

Langkah selanjutnya untuk dapat mengetahui jenis kecacatan yang paling memiliki presentase terbesar, maka dilakukan perhitungan persentase masing-masing jenis kecacatan. Berdasarkan data yang ditampilkan pada tabel 2, dilakukan perancangan pareto chart untuk mengetahui tipe kecacatan yang memiliki frekuensi terbesar pada proses pengelasan di dalam pelaksanaan proyek PT. XYZ. Visualisasi *pareto Chart* dapat dilihat pada Gambar 3 sebagai berikut :



Gambar 3: Pareto Chart

Berdasarkan Gambar 3 diperoleh informasi bahwa jenis kecacatan tertinggi yang terjadi pada proses pengelasan yaitu *Slag Inclusion* sebesar 35,4%, *Lack of Fusion* sebesar 25,6 % dan *Porosity* sebesar 21,8% dari total keseluruhan defect yang terjadi. Sedangkan untuk jenis

undercut memiliki persentase terkecil yaitu 7,8 %. Berdasarkan prinsip analisis menggunakan diagram pareto yaitu dengan aturan 80%-20%, dimana total presentase munculnya jenis kecacatan *Slag Inclusion*, *Lack of Fusion* dan *Porosity* sebesar 82,8 %, maka ditetapkan bahwa jenis cacat yang ditetapkan sebagai *Critical to Quality* (CTQ Kunci) adalah cacat *Slag Inclusion*, *Porosity* dan *Lack of Fusion*.

4.1.2 Diagram SIPOC

Perancangan diagram SIPOC bertujuan untuk lebih memahami proses, dimulai dari supplier hingga customer. Diagram SIPOC proses pengelasan dalam pelaksanaan proyek di PT. XYZ akan ditampilkan pada Tabel 3

Tabel 3: Diagram SIPOC

<i>Supplier</i>	<i>Input</i>	<i>Process</i>	<i>Output</i>	<i>Customer</i>
<i>Store</i>	<i>Welding Consumable</i>	<i>Transportation</i>	<i>Material report</i>	<i>Pre-Cut Supervisor</i>
<i>Pre-Cut Supervisor</i>	<i>Base Metal</i>	<i>Pre-cut</i>	<i>Traceability cutting report</i>	<i>Fitter</i>
<i>Fitter</i>	<i>Metal and-cover fit-up</i>	<i>Fit-Up / Assembly</i>	<i>Fit-up inspection</i>	<i>Welder</i>
<i>Welder</i>	<i>Metal (joint fit-up) and weld machine.</i>	<i>Welding process</i>	<i>Weldment</i>	<i>NDT Agency</i>
<i>NDT Agency</i>	<i>Weldment</i>	<i>NDT Testing</i>	<i>Radiography films</i>	<i>QC Inspector</i>
<i>QC Inspector</i>	<i>Defective weld joint</i>	<i>Repair</i>	<i>Welding repair rate</i>	<i>Production Department</i>
<i>Production Department</i>	<i>Defective-free joint</i>	<i>Final Fabrication (clean-up)</i>	<i>Weldment with smooth surface</i>	<i>Project Engineer</i>

4.2 Measure

4.2.1 Pengukuran Stabilitas Proses

Pengukuran stabilitas proses pengelasan di PT. XYZ dilakukan melalui alat (*tools*) *Statistical Process Control* (SPC) dengan peta kendali jenis *C-Chart*. Penggunaan peta kendali C (*C-Chart*) karena berdasarkan jenis data yang digunakan adalah data jumlah cacat suatu unit yang ditemukan pada barang yang diperiksa dengan jumlah sampel yang berbeda di setiap minggu. Namun yang diperhatikan adalah banyaknya cacat, bukan jumlah produk yang cacat, karena pada satu berkas radiography film yang dihasilkan dapat memiliki beberapa kecacatan.

Penggunaan peta kendali C (*C-Chart*) dilakukan terhadap data cacat proses pengelasan di PT. XYZ periode Januari 2017 hingga Maret 2017. Data cacat proses pengelasan yang digunakan untuk menentukan batas kendali atas dan batas kendali bawah, ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4: Pengukuran Stabilitas Proses Pengelasan di PT. XYZ

Minggu	Jenis Kecacatan			Jumlah Cacat (Titik Lasan)	<i>Output (Radiography Films)</i>
	<i>Slag Inclusion</i>	<i>Lack of Fusion</i>	<i>Porosity</i>		
1	8	14	6	28	168
2	26	21	24	71	346
3	31	17	12	60	375
4	41	25	16	82	398

Minggu	Jenis Kecacatan			Jumlah Cacat (Titik Lasan)	Output (Radiography Films)
	Slag Inclusion	Lack of Fusion	Porosity		
5	25	30	15	70	641
6	56	32	38	126	1043
7	12	10	4	26	422
8	15	6	17	38	406
Total	214	155	132	501	3799

Langkah selanjutnya yang diperlukan dalam pembuatan peta kendali C (*C-Chart*) adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan nilai *Central Line* (CL)

Nilai *Central Line* dapat diketahui melalui perhitungan dengan membagi jumlah banyak nya cacat per jumlah sampel keseluruhan.

$$CL = \bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^m D_i}{\sum_{i=1}^m n_i} \quad \dots(1)$$

$$Central\ Line = \frac{51}{8}$$

$$Central\ Line = 62,625$$

- b. Menentukan batas kendali atas (UCL)

Penentuan nilai batas kendali atas (*Upper Control Limit*) dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus berikut :

$$UCL = \bar{C} + 3\sqrt{\bar{C}} \quad \dots(2)$$

$$UCL = 62,625 + 3\sqrt{62,625}$$

$$UCL = 62,625 + 23,7408$$

$$UCL = 86,3658$$

- c. Menentukan batas kendali bawah (LCL)

$$LCL = \bar{C} - 3\sqrt{\bar{C}} \quad \dots(3)$$

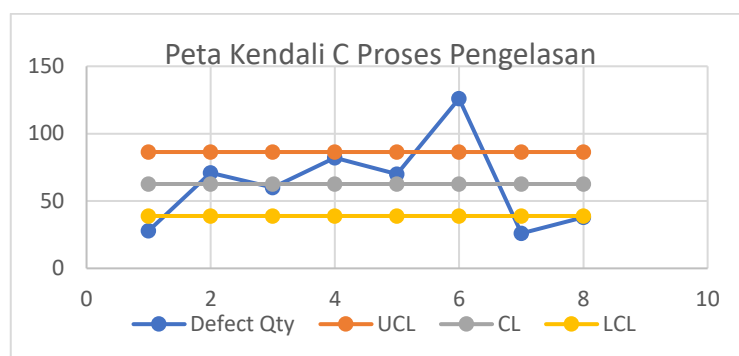
$$LCL = 62,625 - 3\sqrt{62,625}$$

$$LCL = 62,625 - 23,7408$$

$$LCL = 38,8842$$

Berdasarkan data yang ditampilkan pada Tabel 4 terlihat bahwa selama periode Januari 2017 hingga Maret 2017, PT. XYZ memiliki nilai tengah (*Central Line*) sebesar 62,625 dengan nilai batas kendali atas (*Upper Control Limit*) sebesar 86,3658 dan batas kendali bawah (*Lower Control Limit*) sebesar 38,8842.

Langkah selanjutnya dalam pengukuran stabilitas proses adalah membuat peta kendali C (*C-Chart*) terhadap data cacat proses pengelasan selama periode Januari 2017 hingga Maret 2017 di PT. XYZ. Berikut visualisasi grafik peta kendali C yang ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4: Hasil Pengukuran Stabilitas Proses Pengelasan

Berdasarkan Gambar 4 hasil pengukuran stabilitas proses pengelasan di PT. XYZ, dapat dilihat bahwa terdapat beberapa data cacat yang berada di luar batas toleransi peta kendali C. Sampel cacat pada minggu pertama dan ke tujuh berada di batas bawah yang berarti dalam minggu minggu pertama dan ke tujuh tersebut, terdapat banyak perbaikan atau pengerjaan ulang (*repair / rework*) pada hasil pengelasan. Sedangkan sampel cacat pada minggu ke enam berada di batas atas yang menandakan dalam minggu ke enam tersebut terdapat banyak hasil pengelasan yang mengalami kegagalan atau terbuang, sehingga dapat dinilai bahwa proses pengelasan di PT. XYZ masih dalam kondisi yang tidak stabil, karena terdapat tiga titik yang berada diluar batas kendali (*out of control*) dalam delapan minggu terakhir.

4.2.2 Pengukuran Kapabilitas Proses

Pengukuran kapabilitas proses dilakukan melalui perhitungan DPMO (*Defect Per Million Opportunities*). Kemudian apabila telah diperoleh nilai DPMO dilakukan konversi ke perhitungan nilai sigma level. berikut ditampilkan Tabel 5 untuk mengukur kapabilitas proses pengelasan periode Januari 2017 hingga Maret 2017.

Tabel 5: Pengukuran Kapabilitas Proses Pengelasan

Minggu	Jumlah Cacat (Titik Lasan)	Output (Radiography Films)	DPO	DPMO	Sigma Level
1	28	168	0,0556	55555,56	3,11
2	71	346	0,0684	68400,77	2,99
3	60	375	0,0533	53333,33	3,11
4	82	398	0,0687	68676,72	2,99
5	70	641	0,0364	36401,46	3,29
6	126	1043	0,0403	40268,46	3,25
7	26	422	0,0205	20537,12	3,54
8	38	406	0,0312	31198,69	3,36
Total	501	3799	Rata-Rata	45.222,53	3,21

Berdasarkan hasil pengukuran kapabilitas proses pada Tabel 5, dapat dilihat bahwa selama periode Januari 2017 – Maret 2017 hasil proses pengelasan yang mengalami kecacatan sebesar 501 titik pengelasan dari total 3799 *radiography films* yang dihasilkan proses *Non Destructive Testing* (NDT). Untuk mengetahui jumlah kecacatan yang muncul dalam satu juta kali proses, maka dilakukan perhitungan DPMO dengan rumus 3.4 sebagai berikut.

$$DPMO = \frac{\text{Jumlah Cacat}}{\text{Unit yang diproduksi} \times \text{CTQ}} \times 1.000.000 \quad \dots(3)$$

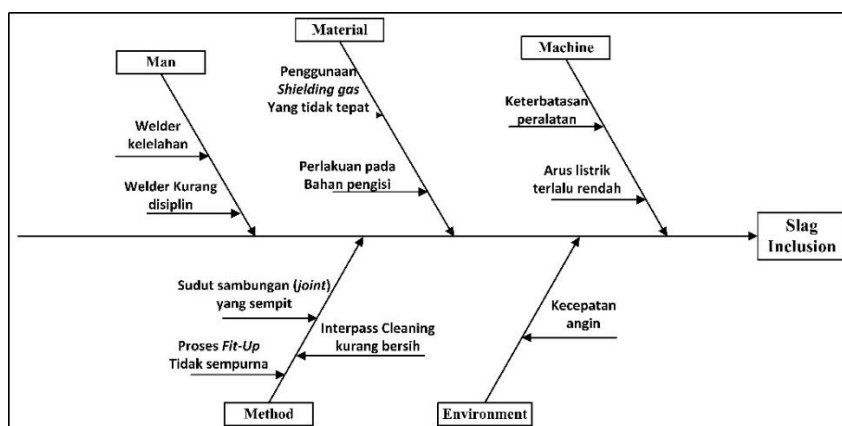
$$DPMO = 0,04395893 \times 1.000.000 = 43.958,93$$

Hasil perhitungan DPMO menunjukkan bahwa jumlah kecacatan yang muncul setiap satu juta kesempatan pada proses pengelasan di PT. XYZ adalah 43958,93. Selanjutnya untuk dapat mengetahui level sigma, maka dapat digunakan tabel konversi *six sigma* dan kalkulator *six sigma*. Hasil konversi *sigma level* menunjukkan bahwa berdasarkan tabel konversi *six sigma*, kualitas proses pengelasan di PT. XYZ berada pada sigma 3,21 dengan nilai DPMO sebesar 43.958,93. PT. XYZ berada diatas *sigma level* 3 dengan nilai DPMO 66.807 dan dibawah *sigma level* 4 dengan nilai DPMO 6.210.

4.3 Analyze

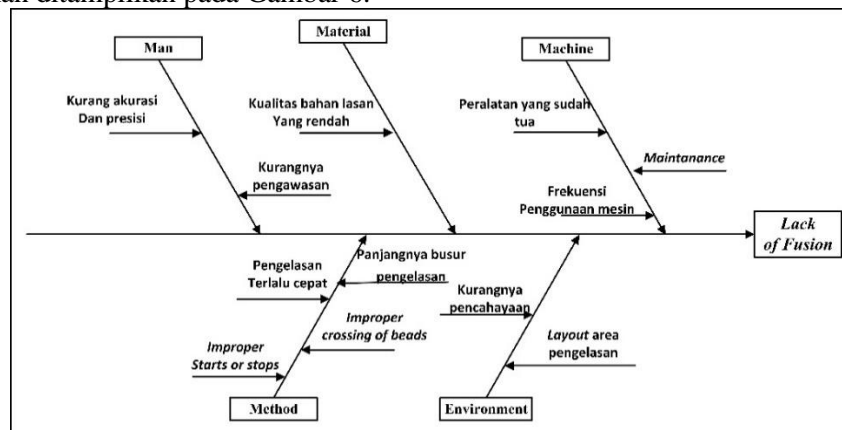
4.3.1 Mengidentifikasi Cacat dengan Diagram Sebab-Akibat

Pada Gambar 5, 6 dan 7 akan ditampilkan akar penyebab masalah yang menyebabkan terjadinya cacat *slag inclusion*, *lack of fusion* dan *porosity* pada proses pengelasan dengan menggunakan diagram sebab-akibat.



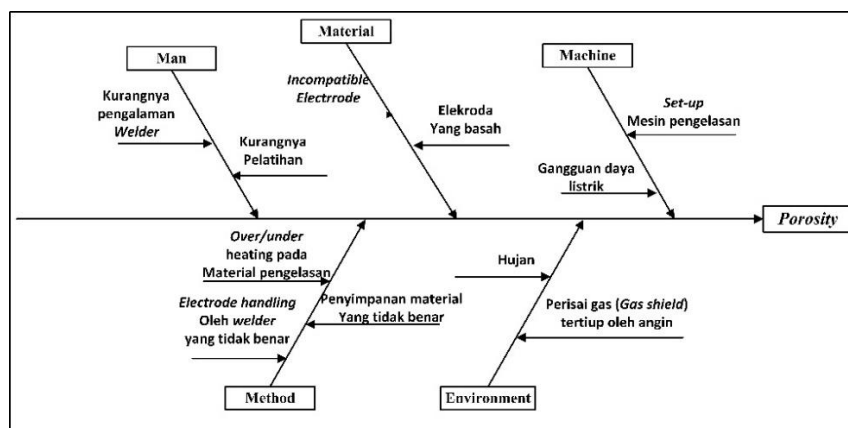
Gambar 5: Diagram Sebab-Akibat Cacat *Slag Inclusion*

Berdasarkan hasil analisis akar penyebab masalah dengan menggunakan diagram sebab-akibat pada Gambar 5 diketahui terdapat beberapa faktor munculnya sebab terjadinya cacat *slag inclusion* pada proses pengelasan. Selanjutnya diagram sebab-akibat untuk jenis kecacatan *lack of fusion* akan ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6: Diagram Sebab-Akibat Cacat *Lack of Fusion*

Berdasarkan hasil analisis akar penyebab masalah dengan menggunakan diagram sebab-akibat pada Gambar 6 diketahui terdapat beberapa faktor munculnya sebab terjadinya cacat *lack of fusion* pada proses pengelasan. Selanjutnya diagram sebab-akibat untuk jenis kecacatan *porosity* akan ditampilkan pada Gambar 7.



Gambar 7: Diagram Sebab-Akibat Cacat *Porosity*

Berdasarkan hasil analisis akar penyebab masalah dengan menggunakan diagram sebab-akibat pada Gambar 7 diketahui terdapat beberapa faktor munculnya sebab terjadinya cacat *porosity* pada proses pengelasan.

4.3.2 Analisis FMEA

FMEA merupakan alat yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menilai risiko yang berhubungan dengan potensi kegagalan. Untuk menyelesaikan masalah yang ada berkaitan dengan jenis cacat *Slag Inclusion*, *Lack of Fusion* dan *porosity*, pada tabel FMEA terdapat perhitungan nilai risiko prioritas (RPN) yang merupakan hasil perhitungan antara nilai keparahan (S), kejadian (O) dan deteksi (D).

Melalui hasil analisis FMEA dari kelima faktor yang mempengaruhi kecacatan proses pengelasan di PT. XYZ ditemukan bahwa, faktor yang paling kritis sebagai penyebab munculnya jenis cacat *slag inclusion* dan *lack of fusion* adalah faktor metode, sedangkan cacat *porosity* adalah faktor material.

4.3 Keuntungan Penerapan Six Sigma

4.3.1 Penurunan Tingkat Kecacatan

Saat ini nilai DPMO yang dimiliki PT. XYZ adalah sebesar 43.958,93, dengan program peningkatan kualitas *six sigma*, pada tahap awal PT. XYZ diharapkan mampu mencapai tingkat *six sigma* 4 dengan tingkat DPMO 233. Jika PT. XYZ menargetkan tingkat 4 dengan DPMO sebesar 6.210, maka jumlah cacat yang harus dimiliki 71 Titik pengelasan dengan perhitungan sebagai berikut.

$$DPMO = \frac{\text{Jumlah Cacat}}{\text{Unit yang diproduksi} \times \text{CTQ}} \times 1.000.000 \quad ..(4)$$

$$DPMO = \frac{\text{Jumlah Cacat}}{3.799 \times 3} \times 1.000.000$$

$$6.210 = \frac{\text{Jumlah Cacat}}{11.397} \times 1.000.000$$

$$70.775.370 = \text{Jumlah Cacat} \times 1.000.000$$

Jumlah Cacat = 70,77537 ~ 71 titik pengelasan

Jika hal ini tercapai, maka kebutuhan pelanggan akan terpenuhi (*Voice of Customer*) bahkan melebihi harapan pelanggan, sehingga kepercayaan pelanggan terhadap PT. XYZ pun semakin meningkat. Di samping itu, citra perusahaan akan semakin baik di dunia industri konstruksi fasilitas *offshore* dalam usaha memperoleh pelanggan baru.

Tabel 6: Perbandingan peningkatan level sigma

Sebelum (level sigma 3,21)	Sesudah (level sigma 4)
$Defect Rate = \frac{501 \text{ titik las}}{3.799 \text{ titik las}} \times 100 \%$	$Defect Rate = \frac{71 \text{ titik las}}{3.799 \text{ titik las}} \times 100\%$
Defect Rate = 13,18 %	Defect Rate = 1,86 %

Berdasarkan Tabel 4.20 dapat diketahui tingkat kecacatan (defect rate) proses pengelasan di PT. XYZ saat ini adalah 13,18 % dibandingkan dengan tingkat kecacatan apabila PT. XYZ mampu meningkatkan level sigma menjadi 4 sigma, maka terjadi penurunan tingkat kecacatan menjadi 1,86 %.

4.3.2 Penurunan biaya perbaikan (*Repair Cost*) pada proses pengelasan

Terdapat beberapa keuntungan yang dapat diperoleh peningkatan kualitas *six sigma*, salah satunya yaitu keuntungan dari segi biaya yang bisa dihemat, berkaitan seberapa besar PT. XYZ telah mengeluarkan biaya untuk melakukan perbaikan terhadap hasil pengelasan yang cacat. Untuk mengestimasi biaya dari faktor-faktor yang mempengaruhi biaya perbaikan (*repair*) pada proses pengelasan.

Tabel 7: Perhitungan Biaya Perbaikan Proses Pengelasan

Minggu	Defect Qty	Price (USD)	Biaya (Rupiah)	Total (Rupiah)
1	28	25	338.903,75	9.489.305
2	71	25	338.903,75	24.062.166,25
3	60	25	338.903,75	20.334.225
4	82	25	338.903,75	27.790.107,5
5	70	25	338.903,75	23.723.262,5
6	126	25	338.903,75	42.701.872,5
7	26	25	338.903,75	8.811.497,5
8	38	25	338.903,75	12.878.342,5
Total	501	25	5.639.358,40	169.790.778,8

Dari tabel 7 diperoleh data bahwa, estimasi biaya yang telah dikeluarkan oleh perusahaan berkaitan dengan perbaikan terhadap hasil pengelasan yang mengalami kecacatan sebesar Rp. Rp. 169.790.778,8. Jika perusahaan melaksanakan program peningkatan kualitas *six sigma* ke tingkat 4 sigma dengan jumlah cacat 71 titik pengelasan, yang dimana saat ini PT. XYZ pada tingkat 3 sigma akan terjadi penurunan biaya perbaikan terhadap hasil pengelasan yang cacat dengan perbandingan yang diuraikan pada Tabel 8.

Tabel 8: Perbandingan Biaya Perbaikan

Sebelum (level sigma 3,21)		Sesudah (level sigma 4)	
Jumlah cacat	Biaya Perbaikan	Jumlah cacat	Biaya Perbaikan
501 Titik Pengelasan	Rp.338.903,75/cacat	71 Titik Pengelasan	Rp.338.903,75/cacat
Rp. 169.790.778,8		Rp. 24.062.166,25	

Berdasarkan perbandingan biaya yang diuraikan pada tabel 8, maka PT. XYZ akan mampu menghemat biaya perbaikan hingga sekitar 85,82 % dari total biaya perbaikan dengan jumlah cacat 501 titik pengelasan.

5. Simpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa. Jenis kecacatan yang sering muncul dalam proses pengelasan di PT. XYZ adalah *slag inclusion* sebesar 35,37 %, *lack of fusion* sebesar 25,62 % dan *porosity* sebesar 21,82 % dari total keseluruhan *defect* yang terjadi. Sedangkan untuk jenis cacat *root concavity* memiliki persentase 9,42 % dan jenis cacat *undercut* memiliki persentase terkecil yaitu 7,8 %. Berdasarkan prinsip analisis menggunakan diagram pareto yaitu dengan aturan 80%-20%, dimana total presentase munculnya jenis kecacatan *Slag Inclusion*, *Lack of Fusion* dan *Porosity* sebesar 82,8 %, maka ditetapkan bahwa jenis cacat yang ditetapkan sebagai *Critical to Quality* (CTQ) pada proses pengelasan di PT. XYZ adalah cacat *Slag Inclusion*, *Porosity* dan *Lack of Fusion*.

Hasil dari pengukuran kapabilitas proses, diketahui bahwa nilai DPMO proses pengelasan di PT. Profab Indonesia adalah 43.958,93 dengan level sigma berada di 3,21 sigma. Hasil perhitungan DPMO ini menunjukkan bahwa dalam setiap satu juta kesempatan akan muncul 43.958,93 kecacatan pada proses pengelasan di PT. Profab Indonesia. Selain itu, berdasarkan hasil pengukuran stabilitas proses, bahwa terdapat 3 titik hasil pengelasan yang berada diluar batas kendali (out of control), sehingga dapat dinilai bahwa PT. Profab Indonesia belum sepenuhnya mampu mengendalikan kualitas proses pengelasan.

Berdasarkan diagram sebab-akibat, faktor yang mempengaruhi kecacatan proses pengelasan berasal dari faktor manusia, mesin, metode, material dan lingkungan. Selain itu, melalui hasil analisis FMEA dari kelima faktor yang mempengaruhi kecacatan proses pengelasan di PT. XYZ ditemukan bahwa, faktor yang paling kritis sebagai penyebab munculnya jenis cacat *slag inclusion* dan *lack of fusion* adalah faktor metode, sedangkan cacat *porosity* adalah faktor material.

Berdasarkan hasil analisis penyebab cacat menggunakan diagram sebab akibat dan analisis FMEA, maka dilakukan perancangan tabel *action plan* yang bertujuan untuk penanganan masalah penyebab kecacatan pengelasan untuk jenis kecacatan *slag inclusion*, *porosity* dan *lack of fusion*. Melalui perancangan tabel *action plan* tersebut diharapkan dapat mengurangi peluang munculnya penyebab cacat pengelasan di masa yang akan datang.

Daftar Pustaka

- Gaspersz, Vincent, & Avanti Fontana. (2011) *Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries* (Jilid Pertama). Bogor: Vinchristo Publication.
- Gaspersz, Vincent. (2002). *Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi dengan ISO 9001:2000, MNBQA DAN HACCP*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Gaspersz, Vincent. (2011). *Total Quality Management untuk Praktisi Bisnis dan Industri*. Bogor: Vinchristo Publication.
- Heizer, Jay &, Render, Barry. 2015. *Manajemen Operasi: Manajemen Keberlangsungan dan Rantai Pasokan*. Jakarta: Salemba Empat.
- International Trade Administration. (2016, Mei). 2017 Top Markets Report Upstream Oil and Gas Equipment. *Industry & Analysis*, 11-12. Tersedia: [www.trade.gov /topmarkets /pdf/Oil_and_Gas_Executive_Summary.pdf](http://www.trade.gov/topmarkets/pdf/Oil_and_Gas_Executive_Summary.pdf).
- Project Repair Rate. (2017). Data proyek Perusahaan XYZ. Batam: Perusahaan XYZ