

ANALISIS DEFECT PADA HASIL PENGELASAN PLATE KONSTRUKSI BAJA DENGAN METODE SIX SIGMA

Rohimudin Rohimudin, Gerry Anugrah Dwiputra, Supriyadi Supriyadi
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Serang Raya
Email: rohim.id@outlook.com; gerry.adp@gmail.com; supriyadimti@gmail.com

Abstrak – Dari pengamatan pada perusahaan konstruksi diperoleh Cacat pengelasan plate konstruksi baja yang sering muncul didapati delapan macam defect berupa porosity, UnderCut, Overlap, Porosity, Under fill, Slag, Inclusion, Pin Hole, End Crater, Start Stop. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis defect yang sering muncul, mengetahui faktor penyebab serta memberikan solusi perbaikan. Penelitian ini menggunakan metode six sigma dengan tahapan DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control). berdasarkan pengolahan data diperoleh cacat pada hasil pengelasan yang sering muncul yakni undercut, porosity, overlap, under fill, spatter, pin hole, end crater dan start stop. Didapati cacat dominan dari pengolahan diagram pareto berupa Undercut 29%, Overlap 21%, Spatter 18%, Porosity 8%, keempat jenis defect tersebut mencapai 76%. Faktor penyebab terjadinya cacat (defect) pada hasil pengelasan yang ditinjau dari aspek mesin, manusia, metode, material dan lingkungan yaitu ampere pada mesin yang telah tidak stabil, operator yang kelelahan, operator kurang terampil, penyetulan ampere pada pengelasan yang terlalu besar, kurangnya pembersihan, jarak busur yang terlalu jauh, material kotor, material basah, lingkungan yang kurang nyaman dan terjadinya hembusan angin disekitar area pengelasan. Beberapa perbaikan yang dapat dilakukan adalah pengecekan peralatan sebelum pekerjaan dimulai, perbaikan preparation pra pengelasan berupa dilakukannya pembersihan terhadap material yang akan dilakukan pekerjaan pengelasan, perbaikan teknik pengelasan, peningkatan disiplin dan motivasi kerja karyawan dan area yang akan dilakukan pekerjaan pengelasan harus dicover dengan terpal tahan air dan angin agar terlindung dari angin dan hujan. Hasil perbaikan mampu menurunkan nilai DPMO dari angka 51841 menjadi 35377, dan peningkatan nilai sigma dari sigma awal sebesar 1.7 mejadi 2.1.

Kata kunci: Cacat; DMAIC, Kualitas; Six Sigma

Abstract -- From the observations on the construction company, the plate welding defects in steel construction often appear eight types of defects in the form of porosity, Under Cut, Overlap, Porosity, Underfill, Slag, Inclusion, Pin Hole, End Crater, Start Stop. This study aims to determine the types of defects that often appear, find out the causes and provide remedial solutions. This study uses six sigma methods with the stages of DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control). Based on data processing obtained defects in the welding results that often appear namely undercut, porosity, overlap, underfill, spatter, pinhole, end crater, and start-stop. Found the dominant defect of processing Pareto diagrams in the form of Undercut 29%, Overlap 21%, Spatter 18%, Porosity 8%, all four types of defects reached 76%. Factors that cause defects in the welding results are seen from the aspects of the machine, human, method, material, and environment, namely the ampere in the machine that has been unstable, the operator is exhausted, the operator is less skilled, adjusting the ampere in the welding is too large, lack of cleaning, the distance of the bow is too far, the material is dirty, the material is wet, the environment is less comfortable, and the wind blows around the welding area. Some improvements that can be done are checking equipment before work begins, repairing pre-welding preparations in the form of cleaning the material to be carried out welding work, fixing welding techniques, increasing discipline and work motivation and the area to be carried out welding work must be covered with waterproof tarpaulin and the wind is protected from wind and rain. The improvement results can reduce the DPMO value from 51841 to 35377, and an increase in the sigma value from the initial sigma by 1.7 to 2.1.

Keywords: Defects; DMAIC, Quality; Six Sigma

PENDAHULUAN

Peningkatan kualitas suatu produk merupakan strategi perusahaan untuk meminimalkan jumlah cacat yang terjadi. Penurunan jumlah cacat membuat perusahaan mampu menekan biaya produksi yang berdampak ke tingkat persaingan perusahaan. Peningkatan kualitas tidak dapat dilakukan secara instan untuk mendapatkan hasil yang diharapkan. Karena itulah, peningkatan kualitas produk secara terus-menerus (*continuous improvement*) sangat perlu dilakukan oleh setiap perusahaan.

Pada pengamatan hasil pengelasan plate konstruksi baja di daerah Cilegon, Banten didapati 8 macam defect berupa *Undercut* (cacat las berupa pengerukan atau coakan disisi pengelasan), *Porosity* (cacat las berupa rongga-rongga di area lasan, dimana terdapat sekumpulan gelembung gas yang terjebak di dalam area lasan), *Overlap* (cacat las berupa hasil pengelasan yang kurang melebur dengan sisi material inti), *Under fill* (cacat las berupa hasil pengelasan yang lebih rendah dibanding sisi lainnya yang melebihi toleransi), *Splatter* (cacat las berupa partikel logam losan yang terpercik saat pengelasan berlangsung berupa butiran-butiran kecil), *Pin Hole* (cacat las berupa satu lubang kecil yang terjadi akibat udara yang terperangkap di area lasan), *End Crater* (cacat las berupa retakan diakhir pengelasan), *Start Stop* (cacat las berupa sambungan yang tidak menyatu sempurna antar elektroda). Hal tersebut tentunya menjadi hambatan karena dengan banyaknya cacat maka semakin banyak pula biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk melakukan perbaikan serta menyita banyak waktu untuk melakukan perbaikan pada hasil pengelasan yang mengalami *defect*. Bilamana tidak segera ditangani dengan metode yang tepat untuk memperoleh perbaikan yang berkesinambungan dimasa mendatang tidak menutup kemungkinan *defect* pengelasan akan terus bertambah.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk permasalahan kualitas adalah six sigma. *Six sigma* sendiri merujuk kepada target kinerja operasi yang diukur secara statistik dengan hanya 3,4 cacat (*defect*) untuk setiap juta aktivitas atau peluang (Pyzdek & Keller, 2014). Six sigma merupakan filosofi yang menggunakan metodologi peningkatan berkelanjutan yang terstruktur untuk mengurangi variabilitas proses dan meminimalkan waste dalam proses bisnis dengan menggunakan alat dan teknik statistik (Banuelas & Antony, 2004). Fokus Six Sigma bukan pada menghitung cacat dalam proses, tetapi jumlah peluang dalam proses yang dapat

mengakibatkan cacat sehingga penyebab masalah kualitas dapat dihilangkan sebelum menjadi cacat (Jiju Antony, 2006; Gamal Aboelimged, 2010).

Tujuan penelitian ini yakni mengidentifikasi jenis cacat (*defect*) yang sering muncul dan paling dominan, mengidentifikasi faktor-faktor penyebab cacat (*defect*) paling dominan dan mencari kemungkinan faktor penyebab timbulnya kecacatan, mengetahui nilai sigma perusahaan. Hasil rekomendasi diharapkan mampu mengurangi permasalahan pada proses pengelasan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode six sigma berdasarkan data produksi dan kerusakan yang terjadi serta hasil wawancara dengan pihak-pihak yang terkait dengan proses ini. Tahapan Six Sigma yang akan dilakukan yakni DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) yang merupakan akronim untuk mendefinisikan masalah utama, mengukur proses atau praktik sistem sebelum melakukan perbaikan apa pun; menganalisis data awal untuk mengembangkan analisis akar penyebab; meningkatkan proses sistem melalui perbaikandan akhirnya fase kontrol di mana data dikumpulkan untuk menilai dampak dari perbaikan yang telah dilakukan (Silich et al., 2012)

Define

Define merupakan langkah operasional pertama dalam program peningkatan kualitas Six Sigma. Pada tahap ini akan dilakukan penentuan sasaran dan tujuan perbaikan dan identifikasi cacat produk. Tujuan dari tahap define dalam DMAIC adalah untuk menentukan ruang lingkup dan tujuan dari peningkatan kualitas sebagai persyaratan pelanggan dan untuk mengembangkan proses yang memberikan persyaratan ini (J Antony, Kumar, & Tiwari, 2005). Sebuah proyek harus penting untuk pelanggan (*voice of customer*) dan penting untuk bisnis. Stakeholder yang bekerja dalam proses dan pelanggan hilir perlu menyetujui kegunaan potensi proyek. Salah satu item pertama yang harus diselesaikan dalam menentukan define adalah project charter.

Measure

Tahap Measure atau pengukuran merupakan langkah operasional kedua dalam program peningkatan kualitas Six sigma. Tahap ini merupakan salah satu pembeda Six sigma dengan metoda pengendalian kualitas lainnya. Dalam fase ini, pengukuran yang dilakukan antara lain:

1. Menentukan CTQ (Critical To Quality)

Memilih atau menentukan karakteristik kualitas kunci atau CTQ (Critical To Quality) yang berhubungan langsung dengan kebutuhan spesifik pelanggan.

2. Menghitung nilai DPMO dan Nilai Sigma

DPMO merupakan suatu ukuran kegagalan dalam *Six Sigma* yang menunjukkan kerusakan suatu produk dalam satu juta barang yang diproduksi. Kriteria DPMO harus didefinisikan dengan teliti. Kerusakan dapat digambarkan dengan tidak bersih, tidak tepat atau tidak sesuai dengan standar. Nilai DPMO dari suatu produk menggambarkan rata-rata pengukuran pada suatu proses. Mengkonversi nilai DPMO ke nilai *sigma* menggunakan software microsoft excel dengan persamaan :

Nilai Sigma (σ) = Normsinv

Analyze

Dalam tahapan analyze, tujuannya adalah untuk menggunakan data dari tahapan measure untuk memulai menentukan hubungan sebab-akibat dalam proses dan memahami berbagai sumber variabilitas. Dengan kata lain, dalam menganalisis langkah kita ingin menentukan penyebab potensi cacat, masalah kualitas, masalah pelanggan, yang mengganggu jalannya proyek. Hal ini penting untuk memisahkan sumber variabilitas dalam penyebab umum dan penyebab khusus. merupakan langkah ketiga dalam proses Six Sigma. Tujuan dari fase ini adalah menganalisis sebab-sebab utama yang menyebabkan masalah pada proses. Pada penelitian ini sebab-sebab utama permasalahan tersebut dianalisis dengan diagram cause and effect diagram

Improve

Pada tahap ini direncanakan tindakan perbaikan untuk mengatasi atau mencegah terjadinya cacat pada produk yaitu penetapan sasaran dan alternatif untuk perbaikan dimana sebelum memulai perbaikan, terlebih dahulu ditetapkan sasaran yang ingin dicapai kemudian rekomendasi tindakan perbaikan berdasarkan hasil analisis yang diperoleh dari fase *Analyze* berupa faktor-faktor potensial penyebab terjadinya produk cacat. Hasil yang diharapkan adalah menurunkan nilai DPMO dan meningkatkan *level sigma*.

Control

Tahap *control* merupakan tahap operasional terakhir dalam proyek peningkatan kualitas Six sigma. Pada tahap ini hasil-hasil peningkatan kualitas didokumentasikan dan disebarluaskan, praktek-praktek terbaik yang sukses dalam

peningkatan proses distandarisasikan dan disebarluaskan. prosedur di dokumentasikan dan dijadikan sebagai pedoman kerja standar, serta kepemilikan atau tanggung jawab ditransfer dari tim Six sigma kepada pemilik atau penanggung jawab proses, yang berarti proyek *Six Sigma* berakhir pada tahap ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data merupakan kunci untuk menyelesaikan permasalahan yang dihadapi dan metode pengumpulan data sangat berpengaruh untuk mendapatkan data yang benar. Data yang dikumpulkan adalah data hasil pengelasan plate, data berupa jumlah produksi dan jumlah produk cacat mulai dari periode 18 Maret 2016 s/d 20 April 2016

Define

Dalam pelaksanaan proyek *six sigma*, terlebih dahulu ditentukan tujuan dan kriteria pemilihan dari proyek *Six Sigma* yang akan dijalankan. Adapun tujuan dari pelaksanaan proyek *Six Sigma* ini yaitu meningkatkan kualitas hasil pengelasan plate dengan meminimisasi jumlah produk cacat (*defect*) sampai pada tingkat terendah (*zero defect*), dengan mengendalikan faktor-faktor yang diindikasikan sebagai penyebab munculnya kecacatan produk.

Sedangkan kriteria pemilihan proyek *Six Sigma* yaitu mengendalikan jumlah cacat pada produk yang memiliki persentase kecacatan terbesar dari total seluruh produk cacat. Untuk menentukan tipe produk yang akan dijadikan objek penelitian, dilakukan perhitungan persentase kecacatan untuk semua tipe produk berdasarkan dari data-data produksi yang telah dikumpulkan.

Pada flowchart proses pengerjaan pekerjaan pengelasan plate untuk konstruksi baja akan dipaparkan mulai dari proses awal persiapan material yang akan dilakukan pekerjaan pengelasan hingga dilakukan inspeksi oleh bagian *quality control* pengelasan biasa disebut QCWI.

Penggambaran alur produksi bertujuan untuk memahami proses produksi secara terintegrasi, dan mengidentifikasi sumber-sumber potensial penyebab terjadinya kegagalan pada proses produksi yang berakibat pada munculnya produk cacat. Berdasarkan jenis cacat yang terjadi selama penelitian diperoleh jenis cacat dengan persentase terbesar yaitu *Undercut* 29%, *Overlap* 21%, *Spatter* 18%, *Porosity* 8%, keempat jenis *defect* tersebut mencapai 76%, dengan demikian peneliti fokus me-*reduce* keempat *defect* tersebut.

Measure

Tahap ini merupakan salah satu pembeda Six sigma dengan metoda pengendalian kualitas lainnya. Dalam fase ini, pengukuran yang dilakukan antara lain:

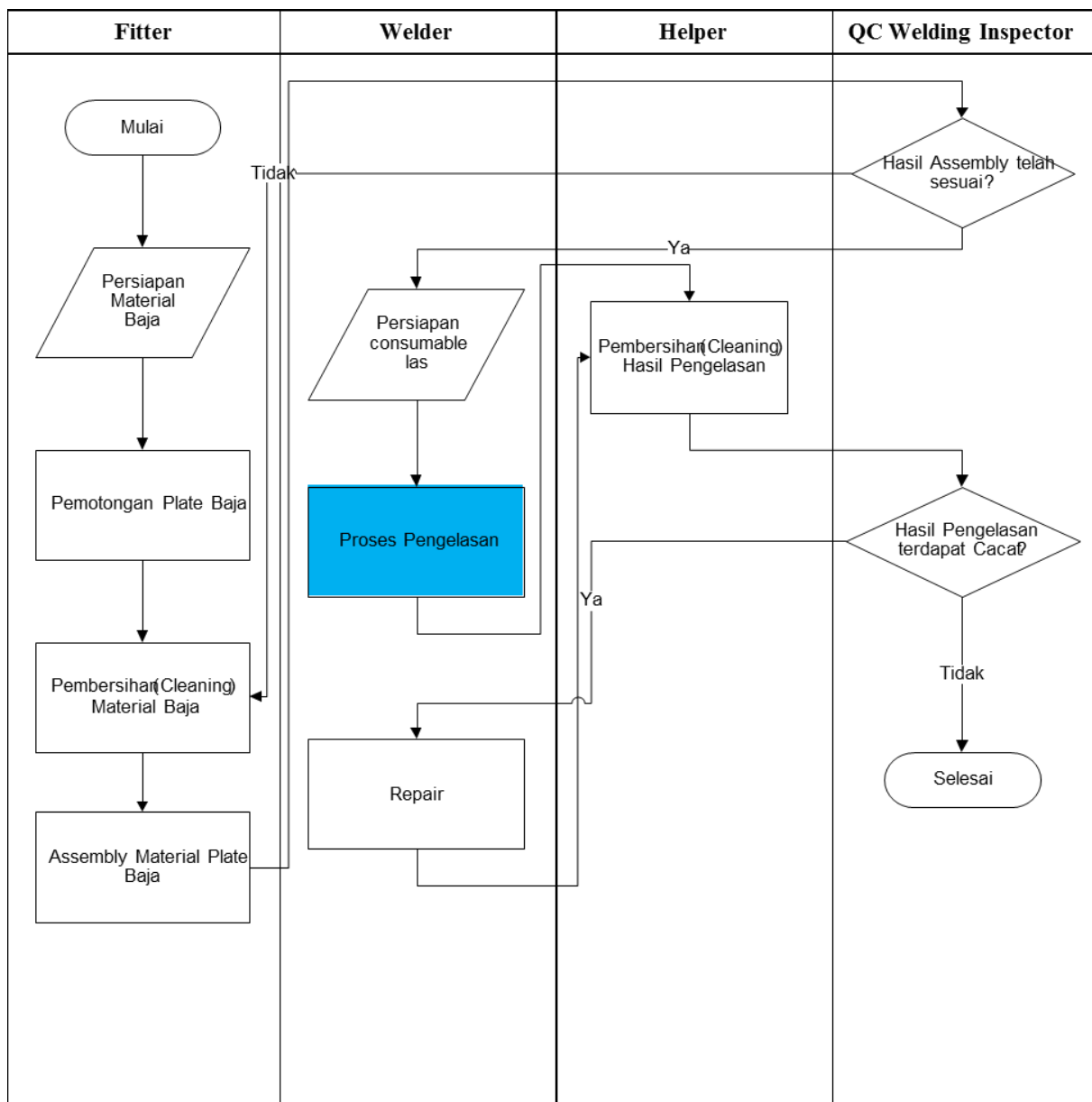
1. Menentukan CTQ (Critical To Quality)

Critical To Quality (CTQ) merupakan elemen dari proses/kegiatan yang berpengaruh langsung terhadap pencapaian kualitas yang diinginkan. Sebelum suatu produk dikategorikan sebagai produk cacat, maka kriteria-kriteria tentang

kegagalan atau kecacatan itu harus didefinisikan terlebih dahulu. Dalam terminologi *Six Sigma*, kriteria karakteristik kualitas yang mengakibatkan kecacatan disebut CTQ (*Critical To Quality*) (Tabel 1)

2. Menghitung nilai DPMO dan Nilai Sigma

DPMO (*Defect Per Million Opportunity*) adalah ukuran kegagalan dalam *six sigma* yang menunjukkan kegagalan persejuta kesempatan.



Gambar 1. Flowchart Proses Pekerjaan Pengelasan Plate

Tabel 1. CTQ Hasil Pengelasan Plate

No	Critical To Quality (CTQ)	Keterangan
1	<i>Undercut</i>	Kondisi dimana hasil pengelasan mengalami cacat berupa terdapat coakan disisi area pengelasan yang melebihi batas toleransi.
2	<i>Underfill</i>	kondisi dimana hasil pengelasan plate mengalami cacat berupa tinggi pengelasan atau yang biasa disebut <i>reinforcement</i> lebih rendah bahkan tidak muncukl sama sekali yang melebihi batas toleransi.
3	<i>Porosity</i>	Kondisi dimana hasil pengelasan mengalami cacat berupa terdapat sekumpulan rongga-rongga di area lasan disebabkan oleh udara yang terperangkap pada saat proses pengelasan berlangsung.
4	<i>Pin Hole</i>	Kondisi dimana hasil pengelasan mengalami cacat berupa cacat las berupa lubang kecil yang terjadi akibat udara yang terperangkap di area las-an.
5	<i>Overlap</i>	Kondisi dimana hasil pengelasan mengalami cacat berupa ketidak sempurnaan pada area pinggir pengelasan yang disebabkan oleh logam pengisi yang mengalir ke permukaan tidak menyatu sempurna dengan <i>base material</i>
6	<i>Spatter</i>	Kondisi dimana hasil pengelasan mengalami cacat berupa terdapat partikel logam logam yang terpercik saat pengelasan berlangsung berupa butiran-butiran logam kecil yang menempel di material.
7	<i>End Crater</i>	Kondisi dimana hasil pengelasan mengalami cacat berupa cacat las berupa retakan diakhir pengelasan
8	<i>Star Stop</i>	Kondisi dimana hasil pengelasan mengalami cacat las berupa sambungan yang tidak menyatu sempurna antar elektroda

Nilai DPMO hasil pengelasan plate konstruksi baja diperoleh dengan menggunakan persamaan yaitu:

$$\begin{aligned} \text{DPMO} &= \frac{\text{Jumlah Cacat}}{\text{Banyak Saample} \times \text{Jumlah CTQ}} \times 100000 \\ &= \frac{107}{258 \times 8} \times 100000 \\ &= 51841 \end{aligned}$$

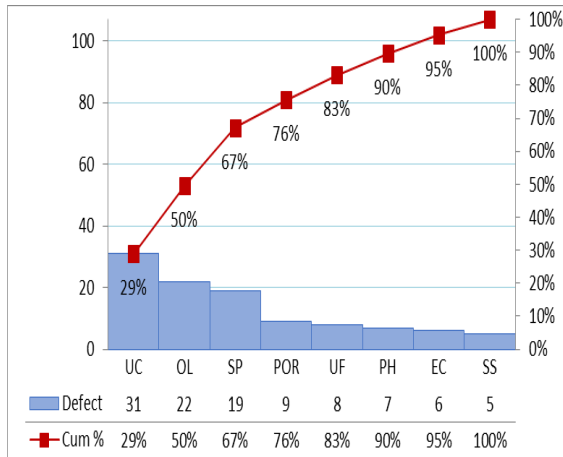
$$\begin{aligned} \text{Nilai Sigma } (\sigma) &= \text{Normsinv} \left(\frac{10^6 - \text{DPMO}}{10^6} \right) + 1.5 \\ &= \text{Normsinv} \left(\frac{10^6 - 51841}{10^6} \right) + 1.5 \\ &= 1.7 \end{aligned}$$

Nilai sigma (σ) merupakan ukuran dari kinerja perusahaan yang menggambarkan kemampuan dalam menghasilkan produk bebas cacat. Nilai DPMO dan nilai σ tersebut masih sangat jauh dari standar yang diterapkan oleh Six Sigma yang menghendaki nilai DPMO sebesar 3,4 dengan nilai sigma sebesar 6σ , dan persentase produk bebas cacat sebesar 99,99966 %. Semakin rendah nilai DPMO

mengakibatkan nilai σ akan semakin tinggi. Semakin tinggi nilai σ sebuah proses memperlihatkan bahwa proses tersebut semakin baik karena mampu menghasilkan produk bebas cacat yang semakin tinggi.

Analyze

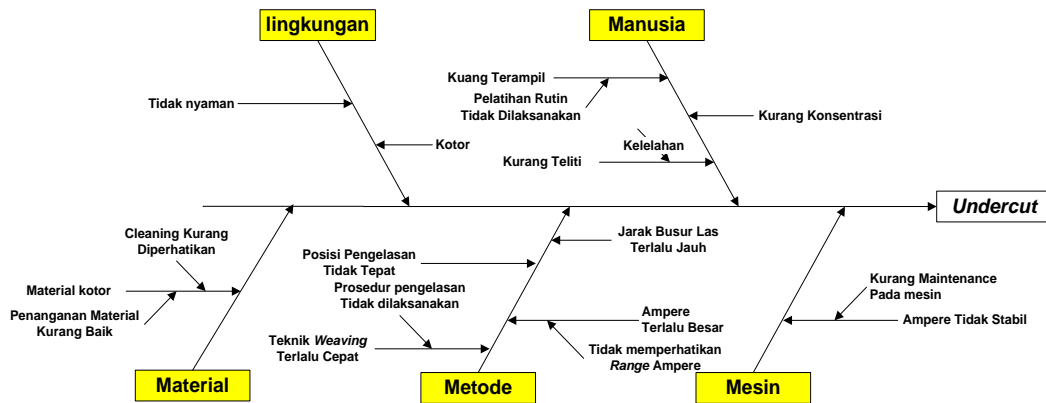
Langkah ketiga dalam program peningkatan kualitas metode *Six Sigma* adalah analisis. Tahap analisis merupakan fase mencari dan menentukan akar permasalahan. Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap data yang telah diperoleh. Analisis data ini perlu dilakukan untuk mengetahui sumber-sumber dan akar penyebab terjadinya penyimpangan terhadap spesifikasi produk yang ada, yang mana penyimpangan spesifikasi produk yang terjadi akan berdampak terhadap kualitas hasil pengelasan plate.



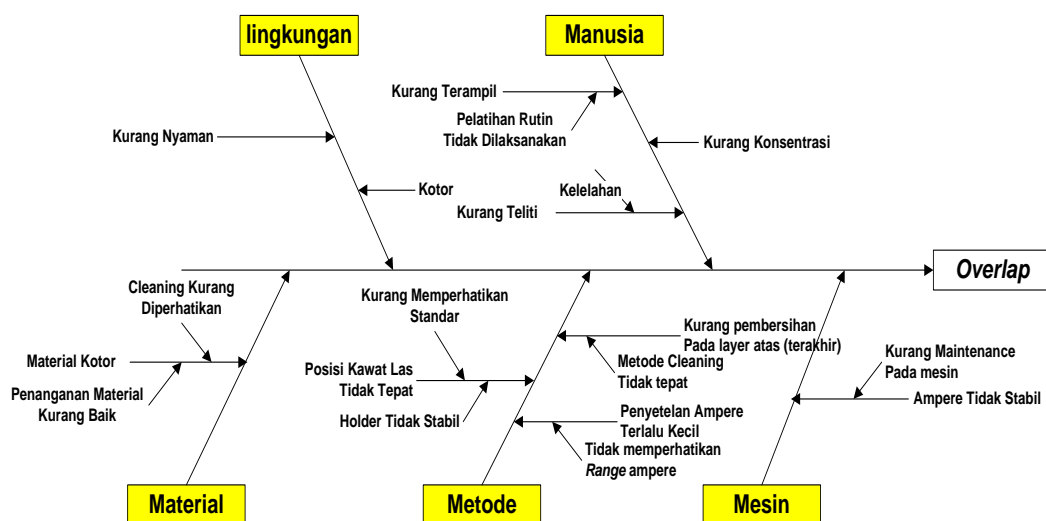
Gambar 2. Diagram Pareto Jenis Cacat Hasil Pengelasan

jenis cacat dengan persentase terbesar yaitu untuk jenis cacat *undercut*, *overlap*, *spatter* dan *porosity*, Persentase kumulatif untuk keempat jenis cacat tersebut mencapai 76%. Nilai tersebut sesuai dengan prinsip Pareto 80-20, dimana 80% produk cacat disebabkan oleh 20% jenis kecacatan. Sehingga untuk mengurangi jumlah produk cacat sampai tingkat 80% cukup dengan mengendalikan jenis cacat *undercut*, *overlap*, *spatter* dan *porosity*. Sebab jika mengendalikan semua jenis kecacatan yang ada akan menjadi tidak efisien karena akan memakan waktu, biaya dan tenaga yang sangat besar. Secara garis besar penyebab cacat yang terjadi dapat dilihat pada gambar 2 sampai gambar 5.

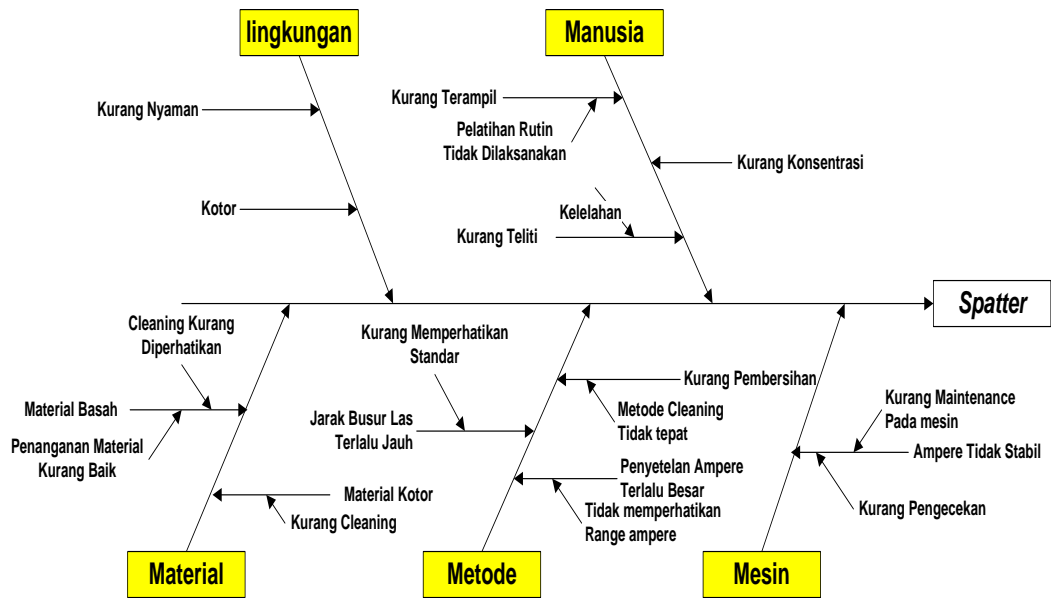
Dari Diagram Pareto (gambar 1) dilihat



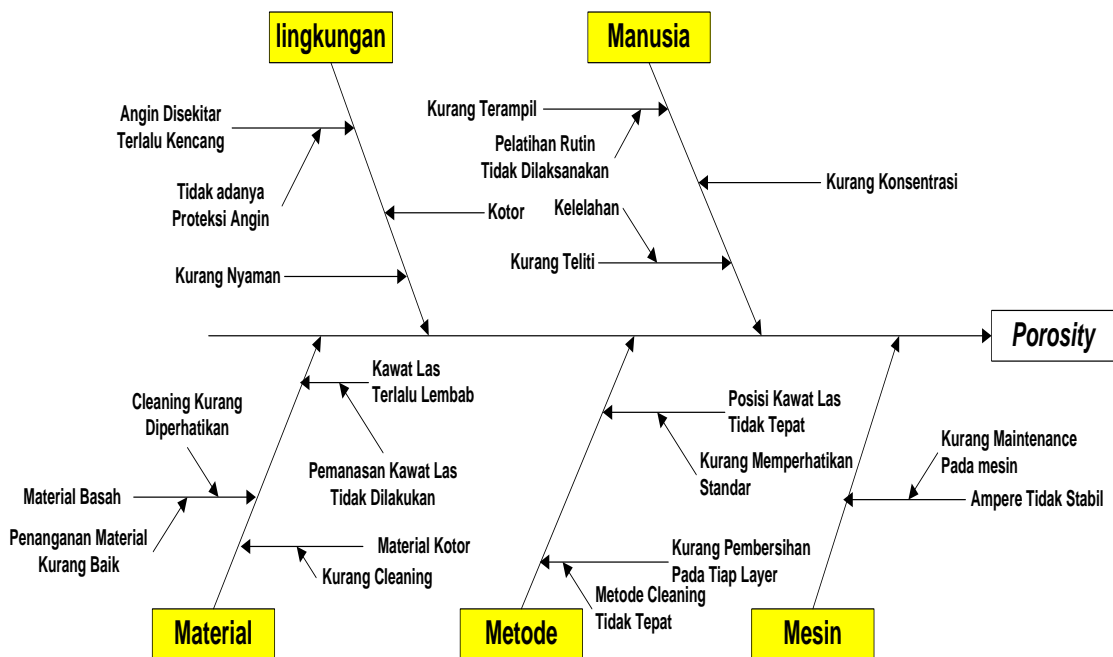
Gambar 2. Cause & Effect Diagram Penyebab Defect Undercut



Gambar 3. Cause & Effect Diagram Penyebab Defect Overlap



Gambar 4. Cause & Effect Diagram Penyebab Defect Spatter



Gambar 5. Cause & Effect Diagram Penyebab Defect Porosity

Dari uraian *Cause & Effect Diagram* diatas, dapat dilihat sumber penyebab terjadinya jenis cacat dominan pada hasil pengelasan plate. Faktor metode, manusia, dan lingkungan merupakan penyebab yang umum untuk semua jenis kecacatan yang ada. Sedangkan faktor

mesin dan material merupakan penyebab kecacatan bersifat khusus, dimana setiap jenis kecacatan biasanya disebabkan oleh kesalahan mesin dan material yang buruk. Namun ada beberapa kesamaan sumber penyebab terjadinya cacat antara ketiga jenis cacat

dominan dengan jenis kecacatan lainnya, khususnya yang disebabkan faktor mesin dan material/bahan yang dapat dilihat pada tabel 2. Jadi dengan mengendalikan semua faktor penyebab terjadinya keempat jenis cacat dominan, secara tidak langsung terdapat kemungkinan mengurangi terjadinya jenis cacat yang lain karena kesamaan faktor penyebabnya

Tabel 2. Kesamaan Faktor Penyebab Terjadinya Pengelasan

Jenis Cacat	<i>Undercut</i>	<i>Overlap</i>	<i>Spatter</i>	<i>Porosity</i>
<i>Underfill</i>	Teknik <i>Weaving</i> Terlalu Cepat	Ampere pengelasan terlalu kecil	-	-
<i>Pin hole</i>	-	-	-	Angin disekitar terlalu
<i>Star Stop</i>	-	-	Posisi kawat las tidak tepat	-
<i>End Crater</i>	-	-	-	Angin disekitar terlalu kencang

Improve

Improve (tahap perbaikan) merupakan tahapan keempat dalam perbaikan kualitas metode *Six sigma*. Pada tahapan perbaikan ini diterapkan suatu rencana tindakan peningkatan kualitas *Six sigma*, melalui perbaikan terhadap sumber-sumber penyebab terjadinya *defect*. Rencana perbaikan dilakukan terhadap segala sumber yang memiliki potensi terjadinya *defect* berdasarkan hasil analisis *Cause and Effect Diagram*.

Faktor mesin merupakan salah satu faktor penting pengaruhnya terhadap produk cacat. Untuk itu perlu dilakukan banyak perbaikan terhadap kondisi mesin dan peralatan produksi sehingga potensi produk cacat dapat dicegah yaitu:

1. Lakukan pemeriksaan dan penggantian setang las sesuai dengan jadwal *maintenance*. Perhatikan jika setang las telah longgar cukup kencangkan dengan menggunakan kunci L. Namun jika tidak memungkinkan untuk dilakukan pengencangan segera lakukan penggantian setang las dengan yang baru.
2. Periksa kondisi kabel yang menghubungkan mesin las dan setang las, bila ada yang terkelupas segera dilakukan perbaikan

dengan cara menyambung kembali.

3. Lakukan pemeriksaan terhadap kestabilan ampere setiap kali akan melaksanakan pekerjaan pengelasan, apakah ampere yang telah diatur pada mesin telah sesuai dengan output pada api las, bila tidak maka segera lakukan perbaikan oleh pihak *maintenance*.

Adapun dari segi material sebenarnya tidak memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap produk cacat, sebab material yang digunakan sebagai bahan baku sudah mendekati standar kualitas yang ditetapkan oleh perusahaan. Kecacatan akibat faktor material berasal dari kurang memperhatikan pembersihan (*cleaning*) awal pada saat material tersebut akan dilakukan pengelasan. Untuk itu perlu dilakukan perbaikan *preparation* pra pengelasan berupa dilakukannya pembersihan terhadap material yang akan dilakukan pekerjaan pengelasan.

Terdapat beberapa hal yang dinilai memberikan kontribusi terhadap kecacatan produk. Untuk itu perlu dilakukan perbaikan terhadap metode yang digunakan sehingga potensi produk cacat dapat dicegah yaitu:

1. Pada saat melakukan pengelasan perhatikan posisi kawat las agar tepat, posisi kawat yang tepat untuk melakukan pengelasan yakni $70^{\circ} \pm 10^{\circ}$.
2. Teknik ayunan kawat las (*weaving*) harus disesuaikan agar tidak melebihi batas kiri dan kanan, hal ini dilakukan agar hasil pengelasan tercegah dari cacat *undercut*.

Faktor manusia mempunyai pengaruh terhadap kecacatan produk. Kinerja karyawan yang kurang maksimal akan berpengaruh pada penanganan kualitas. Untuk itu perlu dilakukan perbaikan terhadap operator, sehingga potensi produk cacat dapat dicegah yaitu :

1. Melaksanakan pelatihan terjadwal terhadap setiap operator las/welder berupa pelatihan teori dan praktek.
2. Teliti sebelum melaksanakan pekerjaan pengelasan dengan cara melakukan persiapan alat dan parameter las yang baik sebelum pengelasan berlangsung.

Control

Control (tahap pengendalian) merupakan tahapan akhir dari perbaikan kualitas dengan metode *Six sigma*, tetapi juga merupakan sebuah langkah awal dari perbaikan terus menerus dan integrasi sistem *Six sigma*. Oleh karena itu dibutuhkan suatu pembakuan terhadap prosedur, pendokumentasian dan penyebarluasan dari tindakan perbaikan supaya kegagalan yang pernah terjadi dapat diminimalisasi bahkan tidak terulang kembali dimasa yang akan datang.

Tujuan dilakukannya *control* (pengendalian), supaya kegagalan yang pernah terjadi tidak terulang lagi. Adapun *control* (tahapan pengendalian) sebagai proyek *six sigma* yang menekankan terhadap pembakuan, pendokumentasian dan penyebarluasan tindakan yang telah dilakukan antara lain sebagai berikut:

1. Memeriksa mesin las sebelum dilakukannya proses pengelasan dan dilakukan *maintenance* secara berkala terhadap mesin, apabila ada yang bermasalah pada mesin dilakukakan pergantian elemen-elemen (*spare part*) yang terdapat pada mesin tersebut. Agar bekerja optimal selama berjalannya proses produksi.
2. Memeriksa setiap bagian-bagian kabel las dari mesin las menuju grounding maupun setang las, pastikan tidak ada yang terkelupas maupun putus.
3. Memeriksa setang las pada setiap saat akan digunakan, pastikan tidak ada setiap baut kencang agar dapat menjepit dengan sempurna.
4. Memeriksa dan mengatur ampere sebelum dilakukakan proses pengelasan agar arus yang keluar sesuai dengan yang diinginkan.
5. Memperhatikan teknik ayunan kawat las.
6. Melakukan perlindungan terhadap angin di area yang akan dilakukan pengelasan agar area yang akan dilakukan pengelasan steril dari angin.
7. Melaksanakan pembersihan (*cleaning*) pada material yang akan dilakukan pengelasan.
8. Melakukan perhitungan DPMO dan nilai *sigma* secara berkala tiap periodenya untuk mengetahui kemampuan proses dalam menghasilkan produk tanpa cacat per satu juta kesempatan.

Pengukuran DPMO (*Defect Per Million Opportunity*) sesudah perbaikan yang merupakan kegagalan dalam *six sigma* yang menunjukkan kegagalan persejuta kesempatan dilakukan dengan menganalisa data cacat produksi periode Juli 2016 hingga Agustus 2016. Dari hasil pengukuran diperoleh Nilai DPMO (*Defect Per Million Opportunity*) sesudah mengalami perbaikan mengalami penurunan dari 51841 menjadi 35377 dan nilai *sigma* mengalami peningkatan sebesar 0.4σ dari 1.7σ menjadi 2.1σ . Peningkatan nilai *sigma* yang terbilang sedikit hanya 0.4σ dikarenakan banyaknya hambatan-hambatan selama proses perbaikan seperti cuaca yang tidak menentu sering terjadi hujan, angin disekitar area pengelasan terlalu kencang, serta operator yang kelelahan

Biaya kegagalan kualitas atau Cost Of

Poor Quality (COPQ) sesudah perbaikan dihitung berdasarkan tabel produksi periode Juli 2016 hingga Agustus 2016, didapati penurunan biaya kegagalan kualitas atau Cost Of Poor Quality (COPQ) internal ditinjau dari material dan manpower menunjukkan penurunan dari biaya awal untuk material sebesar Rp. 616.000 menjadi Rp. 406.000, dan biaya untuk manpower mengalami penurunan dari biaya awal sebesar Rp. 4.224.000 menjadi Rp 2.784.000.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan diperoleh cacat pada hasil pengelasan yang sering muncul yakni *undercut*, *porosity*, *overlap*, *under fill*, *spatter*, *pin hole*, *end crater* dan *start stop*. Didapati cacat dominan dari pengolahan diagram pareto berupa *Undercut* 29%, *Overlap* 21%, *Spatter* 18%, *Porosity* 8%, keempat jenis *defect* tersebut mencapai 76%. Faktor penyebab terjadinya cacat (*defect*) pada hasil pengelasan yang ditinjau dari aspek mesin, manusia, metode, material dan lingkungan antara lain : ampere pada mesin yang telah tidak stabil, operator yang kelelahan, operator kurang terampil, penyeteran ampere pada pengelasan yang terlalu besar, kurangnya pembersihan, jarak busur yang terlalu jauh, material kotor, material basah, lingkungan yang kurang nyaman dan terjadinya hembusan angin disekitar area pengelasan. Beberapa perbaikan yang dapat dilakukan adalah pengecekan peralatan sebelum pekerjaan dimulai, perbaikan preparation pra pengelasan berupa dilakukannya pembersihan terhadap material yang akan dilakukan pekerjaan pengelasan , perbaikan teknik pengelasan, peningkatan disiplin dan motivasi kerja karyawan dan area yang akan dilakukan pekerjaan pengelasan harus dicover dengan terpal tahan air dan angin agar terlindung dari angin dan hujan. Hasil perbaikan mampu menurunkan nilai DPMO dari angka 51841 menjadi 35377, dan peningkatan nilai *sigma* dari *sigma* awal sebesar 1.7 mejadi 2.1. Hal ini berbanding lurus dengan penurunan *Cost Of Poor Quality* (COPQ) dari angka awal sebesar Rp. 616.000 menjadi Rp. 406.000 untuk biaya material, dan penurunan *Cost Of Poor Quality* (COPQ) dari angka awal sebesar Rp. 4.224.000 menjadi Rp 2.784.000 untuk biaya *manpower*.

DAFTAR PUSTAKA

- Antony, J. (2006). Six sigma for service processes. *Business Process Management Journal*, 12(2), 234–248.
- Antony, J., Kumar, M., & Tiwari, M. K. (2005). An application of Six Sigma methodology to reduce the engine-overheating problem in

- an automotive company. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 219(8), 633–646.
- Banuelas, R., & Antony, J. (2004). Six sigma or design for six sigma? *The TQM Magazine*, 16(4), 250–263.
- Gamal Aboelimged, M. (2010). Six Sigma quality: a structured review and implications for future research. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 27(3), 268–317.
- Pyzdek, T., & Keller, P. A. (2014). *The six sigma handbook* (Vol. 4). New York: McGraw-Hill Education.
- Silich, S. J., Wetz, R. V, Riebling, N., Coleman, C., Khoueiry, G., Abi Rafeh, N., ... Szerszen, A. (2012). Using six sigma methodology to reduce patient transfer times from floor to critical-care beds. *Journal for Healthcare Quality*, 34(1), 44–54.